

Liste des abréviations

[illegible]

Plan

RESUME

INTRODUCTION

MATÉRIELS ET MÉTHODES

RÉSULTATS

DISCUSSION

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DES MATIERES

ANNEXES

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

RESUME

Objectif : Evaluer la masse musculaire des membres inférieurs chez les patients présentant une AOMI à type d'ischémie d'effort.

Matériels et Méthodes : Nous avons réalisé une étude rétrospective monocentrique de janvier 2010 à janvier 2016. Les patients inclus devaient présenter une ischémie d'effort unilatérale confirmée par une oxymétrie d'effort des membres inférieurs réalisée au CHU d'Angers. Seuls les patients présentant une ischémie d'effort unilatérale avec une différence de 10mmHg entre les deux mollets ont été inclus. Les patients ayant eu une chirurgie, un traumatisme des membres inférieurs ou un alitement prolongé ont été exclus. Les patients devaient tous avoir bénéficiés d'une tcPO2 d'effort et un angioscanner des membres inférieurs la même année. Le critère de jugement principal était la différence de masse musculaire entre le mollet ischémique et le mollet non ischémique à l'effort. L'évaluation de la différence de masse musculaire entre le mollet ischémique et le mollet non ischémique a été réalisée par une analyse de surfaçage des groupes musculaires des mollets sur des coupes transversales scanographiques. Les critères de jugement secondaire étaient l'évaluation de la différence de perfusion musculaire entre les deux mollets et l'évaluation de la différence de masse musculaire et de perfusion musculaire en fonction des valeurs d'IPSC de repos.

Résultats : 61 patients ont été inclus, chaque patient était son propre témoin. Les résultats sur le critère de jugement principal montraient une différence de masse musculaire statistiquement significative entre le mollet ischémique et le mollet non ischémique à l'effort ($p=0,02$) ; avec une masse musculaire du côté ischémique moins importante que la masse musculaire du côté non ischémique. Les résultats sur les critères de jugement secondaires ne montraient pas de différence statistiquement significative.

Conclusion : Cette étude montre la présence d'une diminution de la masse musculaire des membres inférieurs chez les patients présentant une AOMI au stade d'ischémie d'effort.

INTRODUCTION

La sarcopénie est définie comme une diminution de la masse, de la force et de la performance musculaire ^[1]. La sarcopénie peut être à l'origine d'une détérioration de l'état physique pouvant se traduire par une augmentation du risque de chute, une incapacité progressive à effectuer des activités de la vie quotidienne aboutissant à une perte d'autonomie ^[1-3]. La sarcopénie est également au centre du concept de fragilité et est reconnue comme un facteur de risque de morbi-mortalité ^[3-7]. Néanmoins, cette diminution de masse musculaire peut être retardée par une action de prévention de santé publique ciblée sur l'adulte d'âge moyen. La sarcopénie est un phénomène multifactoriel dont l'ensemble des mécanismes n'a pas été totalement élucidé ^[1,2,4]. Des facteurs participent à son développement comme l'âge, la sédentarité, le diabète, les maladies inflammatoires chroniques, les pathologies rénales et hépatiques ^[2,4,8]. Ces facteurs de risque sont également connus pour être associés à la pathologie athéromateuse, une autre cause de morbi-mortalité dans la population générale ^[2,9].

L'artériopathie oblitérante des membres inférieurs (AOMI) est la plus fréquente des artériopathies des membres inférieurs ^[10-12]. L'AOMI est définie comme un rétrécissement du calibre des artères à destination des membres inférieurs qui entraîne une perte de charge hémodynamique avec ou sans traduction clinique dont le meilleur témoin est la chute de l'index de pression systolique de cheville (IPSC). La conséquence est une ischémie des tissus en aval des lésions artérielles ^[10-14]. La prévalence de l'AOMI est de 11% dans la population française ^[15]. Cette affection peut se présenter selon différents tableaux cliniques symptomatiques selon la classification de Leriche et Fontaine : l'ischémie d'effort ou claudication intermittente, l'ischémie critique plus ou moins associée à des troubles trophiques. Ces derniers sont très différents par leur pronostic et leur prise en charge thérapeutique. En plus d'une atteinte vasculaire locale, des répercussions plus globales peuvent également être présentes, avec un risque augmenté d'ischémie cardiaque et cérébrale associée ^[11-14]. L'AOMI et la sarcopénie exposent à une augmentation de la morbi-mortalité et à une altération de la qualité de vie. Elles représentent toutes deux un problème de santé publique grandissant, impliquant

également des coûts de santé importants ^[1,10,13]. Actuellement quelques études scientifiques démontrent l'existence de voies communes dans la pathogénèse de l'AOMI et la diminution de masse musculaire ^[12,16-18]. Dans la littérature, peu d'études se sont intéressées à l'évaluation de la masse musculaire dans la sarcopénie des membres inférieurs chez les patients présentant une AOMI à type d'ischémie à l'effort ^[19-21]. L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la masse musculaire des membres inférieurs chez les patients présentant une AOMI à type d'ischémie d'effort. L'objectif secondaire de notre étude est d'évaluer la perfusion musculaire au repos des masses musculaires des mollets chez ces patients.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Design de l'étude

Nous avons réalisé une étude rétrospective monocentrique, de janvier 2010 à janvier 2016, incluant les patients présentant une AOMI au stade d'ischémie d'effort unilatérale. Le diagnostic ischémie d'effort devait être confirmé par mesure de la pression transcutanée en oxygène (tcPO₂) d'effort des membres inférieurs réalisée dans le laboratoire d'explorations fonctionnelles vasculaires du CHU d'Angers. L'ischémie d'effort objectivée devait correspondre au côté symptomatique, être unilatérale et n'intéresser que le mollet. Chaque patient inclus avait également bénéficié d'un angioscanner des membres inférieurs dans l'année de la tcPO₂ d'effort. Les patients ayant eu une chirurgie, un traumatisme des membres inférieurs ou un alitement prolongé ont été exclus, afin de limiter les facteurs pouvant influencer la masse musculaire des membres inférieurs.

Le critère de jugement principal de notre étude est la différence de masse musculaire entre le mollet symptomatique et le mollet asymptomatique. L'évaluation de la masse musculaire des mollets a été réalisée par une analyse de surfacage des groupes musculaires du mollet symptomatique et du mollet asymptomatique sur des coupes transversales scanographiques. Les valeurs obtenues pour le mollet asymptomatique ont été désignées comme les valeurs témoins.

Les critères de jugement secondaires de notre étude sont :

- l'évaluation de la différence de perfusion musculaire entre le mollet symptomatique et le mollet asymptomatique,
- l'évaluation de la différence de masse musculaire en fonction des IPSC de repos,
- l'évaluation de la différence de perfusion musculaire en fonction des IPSC de repos.

La perfusion musculaire a été évaluée en analysant le pic correspondant à la densité Hounsfield la plus représentée sur la distribution de l'histogramme de fréquence d'unité Hounsfield de chacune des coupes. La différence de perfusion musculaire des mollets a été déterminée en comparant la densité Hounsfield du pic du mollet symptomatique avec celle du mollet asymptomatique. Les IPSC de repos de chaque membre inférieur ont également été recueillis.

Procédure d'épreuve de marche sur tapis roulant avec mesure de tcP02

L'oxymétrie d'effort est un test standardisé permettant d'affirmer l'origine artérielle de l'ischémie d'effort [22-25]. Le patient cesse l'effort de marche dès lors que la symptomatologie douloureuse habituelle le contraint à s'arrêter. Durant l'épreuve d'effort, une sonde de référence thoracique est placée sur l'une des scapulas et des sondes périphériques sont quant à elles disposées en regard des loges musculaires d'intérêt sur chaque membre inférieur soit deux sondes fessières et deux sondes au niveau des mollets (Figure 1). Notre protocole habituel consiste, après deux minutes de repos debout, en une augmentation progressive de la vitesse à 3,2km/h en une minute. Cette vitesse est maintenue et associée à une pente de 10%. A l'arrêt du tapis, la récupération du patient est enregistrée pendant 10 min ou plus. La tcP02 d'effort permet de mesurer l'indice de DROP (Delta from Resting Oxygen Pressure) correspondant à la variation d'oxymétrie transcutanée du membre inférieur au niveau du mollet moins la variation au niveau thoracique (valeur de référence). Une variation importante, soit une diminution supérieure à 15mmHg est considérée comme significative, témoignant d'une ischémie d'effort [22-25]. Seuls les patients présentant une ischémie avec une différence de DROP de 10 mmHg entre la jambe symptomatique et la jambe asymptomatique ont été inclus, garantissant le caractère unilatéral de l'atteinte ischémique. Chaque patient pouvant ainsi être son propre témoin.

Evaluation de la masse musculaire par l'angioscanner

Comme appliqué dans d'autres études, l'analyse de surfacage permettant l'évaluation des masses musculaires des mollets a été réalisée sur des coupes transversales d'angioscanner [16-18]. L'épaisseur de coupe était millimétrique. Le niveau de coupe d'intérêt a été défini à 20 cm en dessous du bord supérieur de la patella. Des reconstructions multiplanaires nous ont permis d'extraire chacune des coupes à étudier. L'étape de surfacage a été réalisée à l'aide du logiciel Image J. Ce logiciel permet de différencier les tissus musculaires des tissus graisseux ou osseux par le biais de leur densité Hounsfield respective. L'échelle Hounsfield est une échelle quantitative décrivant la radiodensité. Les

masses musculaires sont définies par des valeurs de densité s'échelonnant de 0 à 200 unités Hounsfield (UH). La moelle osseuse présente une densité proche de celle des muscles. Nous l'avons donc extraite afin de ne pas biaiser l'analyse en surévaluant la masse musculaire. Les valeurs de densité Hounsfield de chaque pixel, comprises entre 0 et 200 UH ont été analysées sous forme d'histogramme. Le surfacage est obtenu par la mesure de l'aire sous la courbe. Cette procédure a été réalisée à la fois pour le côté symptomatique et asymptomatique.

Evaluation de la perfusion musculaire par l'angioscanner

L'angioscanner permet l'étude du tissu musculaire et de sa perfusion artérielle ^[26]. L'évaluation de la perfusion musculaire est basée sur la distribution du produit de contraste lors de son passage à travers le tissu musculaire. Il existe une relation linéaire entre la concentration du produit de contraste et la densité Hounsfield des pixels ^[26]. Ainsi les anomalies de la perfusion musculaire peuvent être identifiées comme des zones hypodenses contenant une quantité réduite de produit de contraste. Nous avons réalisé des histogrammes de fréquence d'unité Hounsfield pour les coupes symptomatiques et asymptomatiques. Les pics de perfusion correspondent aux valeurs d'atténuations maximales.

Mesure IPSC de repos

Les IPSC ont été calculés en divisant la pression obtenue au niveau de chaque jambe par la pression obtenue au niveau de l'artère humérale homolatérale ^[27]. Nous avons pris la pression systolique jambière la plus élevée entre l'artère tibiale antérieure et l'artère tibiale postérieure. Les IPSC ont été recueillis de manière bilatérale.

Analyse statistique

Les données étaient répertoriées dans une base de données Excel. L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SPSS version 15.0 (SPSS Inc, Chicago Illinois). Le test de Mann-Whitney a été utilisé pour analyser des échantillons indépendants de petite taille. Pour tous les tests statistiques, une valeur de $p < 0,05$ était considérée comme statistiquement significative.

RÉSULTATS

Population

Entre janvier 2010 et janvier 2016, 266 patients présentant une AOMI au stade d'ischémie d'effort unilatérale du mollet ont bénéficié d'un test de marche sur tapis roulant dans le service des Explorations Fonctionnelles Vasculaires du CHU d'Angers. Ce test objectivait une différence de DROP de 10 mmHg entre la jambe symptomatique et asymptomatique (Figure 2).

Quatre-vingt-sept patients ont également bénéficié d'un angioscanner des membres inférieurs (Figure 3).

Parmi eux, vingt-six patients (29,9%) ont été exclus :

- 3 patients (3,4%) avaient un test d'effort non interprétable,
- 3 patients (3,4%) ont été exclus pour des importations incomplètes d'images scanographiques non réalisées au CHU d'Angers,
- 1 patient (1,2%) n'avait pas bénéficié d'angioscanner dans l'année du test d'effort,
- 11 patients (12,7%) présentaient un antécédent de chirurgie vasculaire des membres inférieurs,
- 7 patients (8%) présentaient un antécédent de chirurgie orthopédique du membre inférieur,
- 1 patient (1,2%) avait été alité de manière prolongée (AVC),

Au total 61 patients (70,1%) ont été inclus dans l'étude. L'ensemble des résultats est représenté dans le diagramme de flux de la population (Figure 4).

L'âge moyen des patients était de 65,6 +/- 10,6 ans dont 48 hommes (78,7%). Le poids moyen était de 75,6 +/- 15,6 kg et la taille moyenne de 169,2 +/- 8,4 cm. L'indice de masse corporelle moyen était de 26,5 +/- 4,3 kg/m². Concernant les facteurs de risque cardio-vasculaires, 24 patients (39,3%) avaient un tabagisme actif, 14 patients (22,9%) présentaient un diabète de type 2, 31 patients (50,8%) une hypercholestérolémie et 25 patients (40,9%) une hypertension artérielle. Ces résultats sont reportés dans le tableau I. Cinquante-cinq patients (90,1%) bénéficiaient d'un traitement par antiagrégant plaquettaire, 13 patients (21,3%) étaient traités par antidiabétiques oraux. Quinze patients (24,5%) avaient un traitement par bêtabloquant, 37 patients (60,6%) un

traitement hypolipidémiant de type statines et 35 patients (57,3%) un anti hypertenseur. Les résultats sont reportés dans le tableau II.

Evaluation de la différence de masse musculaire en fonction des valeurs de tcP02

Les patients présentant une ischémie d'effort du mollet droit avaient une différence du nombre de pixels correspondant à la masse musculaire de 27 ± 107 SDM entre les deux mollets. Ces patients avaient une masse musculaire du mollet droit significativement inférieure à celle du mollet gauche ($p=0,02$). Les résultats étaient également significatifs pour les patients symptomatiques à gauche, avec une différence de -399 ± 131 SDM (Figure 5). Le coefficient de corrélation de la différence du nombre de pixels par rapport à la différence de DROP est non significatif. Il n'y a pas de relation directe entre la sévérité de l'ischémie d'effort et la différence de masse musculaire entre les deux mollets.

Evaluation de la différence de perfusion musculaire en fonction des valeurs de tcP02

Nous avons réalisé des histogrammes de fréquence d'unité Hounsfield pour les coupes symptomatiques et asymptomatiques (Figure 6). La différence d'unité Hounsfield chez les patients présentant une ischémie d'effort du mollet droit est de $-0,6 \pm 0,6$ SDM entre les deux mollets. La différence d'unité Hounsfield est de $-2,2 \pm 1,8$ SDM en cas d'ischémie d'effort du côté gauche (Figure 7). Il n'y a pas de différence statistiquement significative ($p=0,78$) de perfusion musculaire entre la jambe ischémique à l'effort et la jambe controlatérale. Le coefficient de corrélation ($R=0,07$) de la différence de perfusion musculaire par rapport à la différence de DROP est non significatif. Il n'y a pas de relation directe entre la sévérité de l'ischémie d'effort et la perfusion musculaire au repos.

Evaluation de la différence de masse musculaire et de la perfusion musculaire en fonction des valeurs d'IPSC

Il n'est pas mis en évidence de différence statistiquement significative de masse musculaire entre la jambe avec des IPSC de repos abaissés et la jambe controlatérale avec des IPSC de repos dans les

limites de la normale ($p=0,43$) (figure 8). Nous ne trouvons pas non plus de différence statistiquement significative de perfusion musculaire de repos entre la jambe avec des IPSC de repos abaissés et la jambe controlatérale avec des IPSC dans les limites de la normale ($p=0,53$) (figure 9).

DISCUSSION

Notre étude a permis de mettre en évidence la présence d'une diminution de la masse musculaire du mollet homolatéral à l'ischémie d'effort, pouvant être le signe d'une sarcopénie chez les patients claudicants.

L'ischémie d'effort des membres inférieurs se traduit cliniquement par une claudication intermittente. Elle s'exprime par une douleur à type de crampe, survenant progressivement au cours de la marche toujours dans le même territoire musculaire. Cette douleur augmente avec la poursuite de l'effort et son intensité oblige le patient à s'arrêter après une certaine distance de marche maximale. La claudication intermittente intéresse le plus souvent le mollet ^[28-29]. Les artères fémorales et poplitées sont les sites préférentiels de l'athérome ^[30]. Nous avons choisi d'inclure des patients présentant une ischémie d'effort. En effet à ce stade, la prévention secondaire a une place et un impact important sur la morbi-mortalité et sur la prise en charge thérapeutique.

Des études histopathologiques et scanographiques s'intéressant aux muscles des mollets ont mis en évidence, significativement, la présence d'une diminution de masse musculaire chez les patients présentant une AOMI tous stades confondus ^[16-19,31]. Quelques études histopathologiques se sont intéressées spécifiquement aux patients présentant une ischémie d'effort ^[19-21]. Une étude a évalué la surface musculaire des mollets des rats atteints d'ischémie d'effort ^[32]. Un groupe de rats a bénéficié d'une ligature chirurgicale de l'artère fémorale afin d'induire une hypoperfusion musculaire exclusivement à l'effort. Une stimulation externe entraînait des contractions musculaires répétées pour obtenir un modèle de rats « claudicants artériels ». Ces derniers présentaient une diminution significative de la masse musculaire du mollet ischémique à l'effort. Ces études suggèrent que l'hypoperfusion musculaire répétée est un facteur pouvant favoriser la diminution de la masse musculaire.

La sarcopénie a été identifiée comme un facteur de mauvais pronostic dans de nombreuses pathologies et notamment chez les patients atteints d'AOMI ^[3,16]. L'étude de Yutak M et al. a démontré qu'une sarcopénie était associée à une mortalité plus élevée chez les patients atteints d'AOMI ^[3]. Dans notre étude, la masse musculaire du mollet a été évaluée grâce aux coupes

scanographiques. L'évaluation de la masse musculaire en coupe transversale scanographique est une méthode qui a déjà été utilisée dans d'autres études ^[3,16-18]. Mitsiopoulos N et al. ont montré que ce mode d'analyse fournissait une estimation fiable de la surface musculaire comparativement aux mesures anatomiques directes réalisées sur cadavre ^[33]. Le niveau de coupe d'intérêt a été défini à 20 cm en dessous du bord supérieur de la patella afin d'obtenir une bonne reproductibilité des mesures. Ce niveau de coupe nous a permis d'avoir la masse musculaire la plus dense de la jambe permettant l'extraction d'un maximum de données et ainsi d'une meilleure analyse de la densité musculaire.

Pour l'inclusion, l'ischémie d'effort était objectivée par la tcPO2 d'effort et devait correspondre au côté symptomatique, être unilatérale et n'intéressait que le mollet. Ainsi, chaque patient était son propre témoin pour diminuer les éventuels biais d'ajustement. Des études ont démontré que la tcPO2 reflétait fidèlement, non pas l'oxygénation de la peau, mais bien l'oxygénation du muscle squelettique ^[34,35]. La pertinence et la reproductibilité de la tcPO2 d'effort ont été plusieurs fois démontrées chez les patients présentant une AOMI et plus particulièrement au stade d'ischémie d'effort ^[23-25]. Dans la littérature, la mesure des IPSC avant et après l'effort reste un examen de référence pour le diagnostic de l'ischémie d'effort ^[25]. Par ailleurs, une corrélation entre les mesures de DROP et des valeurs d'IPSC lors du test d'effort sur tapis roulant a été démontrée ^[25].

Nous n'avons pas mis en évidence de relation entre la masse musculaire et les valeurs d'IPSC. Dans la littérature, McDermott MM et al. rapportent une diminution de la masse musculaire chez les patients avec des IPSC de repos $<0,90$ ^[17]. Dans cette étude, les patients présentant des IPSC entre 0,90 et 1,40 ne présentaient pas de diminution de masse musculaire ^[17]. Ils se sont également intéressés aux patients présentant une asymétrie d'IPSC d'au moins 0,20 entre les deux jambes. Dans ces sous-groupes, il a été mis en évidence une diminution de masse musculaire du côté de l'IPSC le plus bas.

Il n'a pas été mis en évidence, dans notre étude, de différence de perfusion musculaire entre le mollet symptomatique et le mollet asymptomatique sur des coupes scanographiques. L'évaluation de la perfusion musculaire était réalisée au repos. La perfusion musculaire ne semble pas différer entre

les deux mollets au repos car l'anomalie de perfusion est présente essentiellement à l'effort. D'autres études ont démontré l'existence d'une différence significative de perfusion musculaire des mollets à l'exercice chez des patients présentant une AOMI avec des IPSC de repos altérés. Selon Wu W-C et al. plus les IPSC sont altérés plus la perfusion musculaire est diminuée ^[30]. La perfusion musculaire était appréciée non pas par l'angioscanner mais par IRM ASL. Plusieurs imageries permettent d'évaluer la perfusion musculaire : la tomographie par émission de positons, l'imagerie par résonance magnétique, la tomodensitométrie et l'échographie de contraste ^[30,37-39]. En soins courants, les patients artériopathes bénéficient d'angioscanner des membres inférieurs et non pas d'IRM. Par ailleurs, l'angioscanner est une technique validée pour évaluer la perfusion myocardique ^[26].

La physiopathologie complexe de l'AOMI implique différents phénomènes : une réduction du flux sanguin, des modifications métaboliques ou encore la dégénérescence des structures nerveuses, endothéliales et musculaires ^[40-44]. Des études histopathologiques, biochimiques et biomoléculaires montrent des modifications du muscle squelettique gastrocnémien chez les patients présentant une ischémie d'effort ^[19-21,45-47]. Le principal mécanisme physiopathologique de la claudication intermittente est l'ischémie induite par l'exercice des membres symptomatiques, qui est suivie par une reperfusion au repos. La répétition de ces cycles d'ischémie/reperfusion se révèle être responsable d'une myopathie chez les patients présentant une claudication intermittente ^[45-50]. Cette myopathie est principalement caractérisée par un dysfonctionnement mitochondrial, une accumulation de radicaux libres et une augmentation du stress oxydatif ^[45-52]. Elle est marquée par une atrophie des myofibres avec une diminution des myofibres de type 2 comparativement aux myofibres de type 1 ; entraînant une diminution de la tolérance à l'effort ^[50-52]. L'inadéquation entre la demande d'oxygène et l'apport d'oxygène pendant l'exercice induit une réponse inflammatoire qui entraîne une dysfonction endothéliale et une dénervation musculaire, aggravant la faiblesse musculaire ^[12,41].

Notre étude présente quelques limites. Premièrement, l'ischémie d'effort était déclarée par le patient et confirmée par le spécialiste car elle répondait aux critères de la claudication intermittente. Aucun questionnaire standardisé n'a été réalisé pour mieux caractériser la symptomatologie. En effet

l'ancienneté de la symptomatologie n'a pas été recueillie. Une symptomatologie récente aurait pu induire un résultat faussement négatif par l'absence de retentissement significatif sur la masse musculaire. La présence d'une ischémie d'effort peut entraîner une diminution de l'activité physique et entraîner secondairement une diminution de la masse musculaire en lien avec la sédentarité. De plus, le positionnement des membres inférieurs lors de la réalisation du scanner est aléatoire pouvant induire une asymétrie d'acquisition des images. De plus, nous nous sommes intéressés par choix à un seul versant de la sarcopénie, à savoir la diminution de la masse musculaire. En effet, la force et la performance musculaire ont déjà été évaluées dans d'autres études ^[16-19]. Par ailleurs, notre étude est de faible effectif. Une population plus importante aurait permis d'améliorer la puissance statistique. Dans notre étude, nous avons mis en évidence une diminution de masse musculaire chez les patients claudicants. Cette diminution a également été mise en évidence chez les patients présentant une ischémie chronique ^[3]. Ainsi, la masse musculaire des membres inférieurs semble diminuer progressivement au cours de l'évolution de l'AOMI. Il serait intéressant de classer objectivement la diminution de masse musculaire en corrélation avec le stade clinique de l'AOMI. Actuellement, l'AOMI est diagnostiquée et traitée en fonction de la présentation clinique, de l'évaluation hémodynamique et de l'imagerie artérielle. L'évaluation scanographique de la masse musculaire pourrait orienter et optimiser la prise en charge thérapeutique de chaque patient. Un outil de suivi de l'AOMI intégrant l'évaluation de la masse musculaire serait pertinent à instaurer. Il permettrait d'améliorer le pronostic du patient en intervenant plus précocement et plus intensivement, afin de prévenir le déclin de l'AOMI. Nous pourrions également évaluer les effets sur la cinétique d'évolution de la masse musculaire après prise en charge thérapeutique médicale et ou chirurgicale.

CONCLUSION

Jusqu'à présent peu d'études se sont intéressées à la sarcopénie chez l'artériopathe. Les patients ayant une ischémie d'effort des membres inférieurs peuvent présenter une diminution de la masse musculaire. La diminution de la masse musculaire est le premier signe de sarcopénie, qui est un indicateur de fragilité des patients. L'évaluation de la sarcopénie chez les patients présentant une ischémie d'effort pourrait permettre une meilleure appréciation de la sévérité de l'artériopathie. L'appréciation scanographique de la masse musculaire pourrait être un outil déterminant pour graduer la maladie et améliorer le suivi des patients artériopathes afin d'optimiser l'attitude thérapeutique et ainsi intervenir plus précocement à un certain stade.

BIBLIOGRAPHIE

1. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. juill 2010;39(4):412-23.
2. Sanada K, Iemitsu M, H, Yamamoto K. A cross sectional study of sarcopenia in Japanese men and women : reference values and association with cardiovascular risk factors and metabolic syndrome. *Murakami*. 2012;49(6):715-7.
3. Matsubara Y, Matsumoto T, Aoyagi Y. Sarcopenia is a prognostic factor for overall survival in patients with critical limb ischemia. *J Vasc Surg*. avr 2015;61(4):945-50.
4. Atkins JL, Whincup PH, Morris RW. Sarcopenic obesity and risk of cardiovascular disease and mortality: a population-based cohort study of older men. *J Am Geriatr Soc*. févr 2014;62(2):253-60.
5. Masuda T, Shirabe K, Ikegami T. Sarcopenia is a prognostic factor in living donor liver transplantation. *Liver Transpl*. avr 2014;20(4):401-7.
6. Harimoto N, Shirabe K, Yamashita Y-I. Sarcopenia as a predictor of prognosis in patients following hepatectomy for hepatocellular carcinoma. *Br J Surg*. oct 2013;100(11):1523-30.
7. Zhou G, Bao H, Zeng Q. Sarcopenia as a prognostic factor in hepatolithiasis-associated intrahepatic cholangiocarcinoma patients following hepatectomy: a retrospective study. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8(10):18245-54.
8. Abbatecola AM, Chiodini P, Gallo C. Pulse wave velocity is associated with muscle mass decline: Health ABC study. *Age Dordr*. avr 2012;34(2):469-78.
9. Ochi M, Kohara K, Tabara Y. Arterial stiffness is associated with low thigh muscle mass in middle-aged to elderly men. *Atherosclerosis*. sept 2010;212(1):327-32.
10. Diehm C, Allenberg JR, Pittrow D. Mortality and Vascular Morbidity in Older Adults With Asymptomatic Versus Symptomatic Peripheral Artery Disease. *Circulation*. nov 2009;120(21):2053-61.

11. Sprengers RW, Janssen KJM, Moll FL. SMART Study Group. Prediction rule for cardiovascular events and mortality in peripheral arterial disease patients: data from the prospective Second Manifestations of ARterial disease (SMART) cohort study. J Vasc Surg. déc 2009;50(6):1369-76.
12. Cooke JP, Chen Z. A Compendium on Peripheral Arterial Disease. Circulation Research. avr 2015 ; 116(9):1505-8.
13. Dormandy JA, Murray GD. Reprinted article « The fate of the claudicant--a prospective study of 1969 claudicants ». Eur J Vasc Endovasc Surg. sept 2011;42 Suppl 1:S4-6.
14. Muluk SC, Muluk VS, Kelley ME. Outcome events in patients with claudication: a 15-year study in 2777 patients. J Vasc Surg. févr 2001;33(2):251-257-258.
15. Boccalon H, Lehert P, Mosnier M. Appréciation de la prévalence de l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs en France à l'aide de l'index systolique dans une population à risque vasculaire. Journal des Maladies Vasculaires. mars 2008;25(1):38.
16. McDermott MM, Liu K, Tian L. Calf muscle characteristics, strength measures, and mortality in peripheral arterial disease: a longitudinal study. J Am Coll Cardiol. mars 2012;59(13):1159-67.
17. McDermott MM, Hoff F, Ferrucci L. Lower Extremity Ischemia, Calf Skeletal Muscle Characteristics, and Functional Impairment in Peripheral Arterial Disease. J Am Geriatr Soc. mars 2007 55(3):400-6.
18. McDermott MM, Ferrucci L, Guralnik J. Pathophysiological changes in calf muscle predict mobility loss at 2-year follow-up in men and women with peripheral arterial disease. Circulation. sept 2009;120(12):1048-55.
19. Koutakis P, Myers SA, Cluff K. Abnormal myofiber morphology and limb dysfunction in claudication. J Surg Res. juin 2015;196(1):172-9.
20. Koutakis P, Weiss DJ, Miserlis D. Oxidative damage in the gastrocnemius of patients with peripheral artery disease is myofiber type selective. Redox Biol. 2014;2:921-8.
21. Cluff K, Miserlis D, Naganathan GK. Morphometric analysis of gastrocnemius muscle biopsies from patients with peripheral arterial disease: objective grading of muscle degeneration. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. août 2013;305(3):R291-299.

22. Abraham P, Picquet J, Vielle B. Transcutaneous oxygen pressure measurements on the buttocks during exercise to detect proximal arterial ischemia: comparison with arteriography. *Circulation*. avr 2003;107(14):1896-900.
23. Abraham P, Picquet J, Bouyé P. Transcutaneous oxygen pressure measurements (tcPO₂) at ankle during exercise in arterial claudication. *Int Angiol*. mars 2005;24(1):80-8.
24. Signolet I, Henni S, Colas-Ribas C. Prevalence and Causes of Normal Exercise Oximetry in the Calf in Patients with Peripheral Artery Disease and Limiting Calf Claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. avr 2016;51(4):572-8.
25. Hourdain J, Bartoli M, Abraham P. Apport de la pression transcutanée en oxygène d'effort dans l'évaluation de la claudication intermittente : comparaison aux IPS. oct 2013 ;38(5):313.
26. Varga-Szemes A, Meinel FG, De Cecco CN. CT myocardial perfusion imaging. *AJR Am J Roentgenol*. mars 2015;204(3):487-97.
27. Crawford F, Welch K, Andras A. Ankle brachial index for the diagnosis of lower limb peripheral arterial disease. *Cochrane Database Syst Rev*. sept 2016;9:CD010680.
28. Gasparini M, Sabovic M, Gregoric ID. Increased fatigability of the gastrocnemius medialis muscle in individuals with intermittent claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. août 2012;44(2):170-6.
29. Yeboah K, Pупlampu P, Ainuson J. Peripheral artery disease and exertional leg symptoms in diabetes patients in Ghana. *BMC Cardiovasc Disord*. avr 2016;16:68.
30. Wu W-C, Mohler E, Ratcliffe SJ. Skeletal muscle microvascular flow in progressive peripheral artery disease: assessment with continuous arterial spin-labeling perfusion magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*. juin 2009;53(25):2372-7.
31. Koutakis P, Miserlis D, Myers SA. Abnormal accumulation of desmin in gastrocnemius myofibers of patients with peripheral artery disease: associations with altered myofiber morphology and density, mitochondrial dysfunction and impaired limb function. *J Histochem Cytochem*. avr 2015;63(4):256-69.

32. Hain BA, Dodd SL, Judge AR. IκBα degradation is necessary for skeletal muscle atrophy associated with contractile claudication. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. mars 2011;300(3):595-604.
33. Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol*. juill 1998;85(1):115-22.
34. Partovi S, Aschwanden M, Jacobi B. Correlation of muscle BOLD MRI with transcutaneous oxygen pressure for assessing microcirculation in patients with systemic sclerosis. *J Magn Reson Imaging*. oct 2013;38(4):845-51.
35. Salman M, Glantzounis GK, Yang W. Measurement of critical lower limb tissue hypoxia by coupling chemical and optical techniques. *Clin Sci*. févr 2005;108(2):159-65.
36. Bouyé P, Picquet J, Jaquinandi V. Reproducibility of proximal and distal transcutaneous oxygen pressure measurements during exercise in stage 2 arterial claudication. *Int Angiol*. juin 2004;23(2):114-21.
37. Pollak AW, Meyer CH, Epstein FH. Arterial spin labeling MR imaging reproducibly measures peak-exercise calf muscle perfusion: a study in patients with peripheral arterial disease and healthy volunteers. *JACC Cardiovasc Imaging*. déc 2012;5(12):1224-30.
38. Isbell DC, Epstein FH, Zhong X. Calf Muscle Perfusion at Peak Exercise in Peripheral Arterial Disease: Measurement by First-Pass Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging. *J Magn Reson Imaging*. mai 2007;25(5):1013-20.
39. Lindner JR, Womack L, Barrett EJ. Limb Stress-Rest Perfusion Imaging With Contrast Ultrasound For The Assessment Of Peripheral Arterial Disease Severity. *JACC Cardiovasc Imaging*. mai 2008;1(3):343-50.
40. Regensteiner JG, Wolfel EE, Brass EP. Chronic changes in skeletal muscle histology and function in peripheral arterial disease. *Circulation*. févr 1993;87(2):413-21.
41. Hiatt WR, Armstrong EJ, Larson CJ. Pathogenesis of the limb manifestations and exercise limitations in peripheral artery disease. *Circ Res*. 24 avr 2015;116(9):1527-39.

42. Brass EP, Hiatt WR. Acquired skeletal muscle metabolic myopathy in atherosclerotic peripheral arterial disease. *Vasc Med.* 2000;5(1):55-9.
43. Askew CD, Green S, Walker PJ. Skeletal muscle phenotype is associated with exercise tolerance in patients with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg.* mai 2005;41(5):802-7.
44. McDermott MM. Lower Extremity Manifestations of Peripheral Artery Disease. *Circulation Research.* avr 2015 ; 116(9):1540-50.
45. Pipinos II, Shepard AD, Anagnostopoulos PV. Phosphorus 31 nuclear magnetic resonance spectroscopy suggests a mitochondrial defect in claudicating skeletal muscle. *J Vasc Surg.* mai 2000;31(5):944-52.
46. Koutakis P, Weiss DJ, Miserlis D. Oxidative damage in the gastrocnemius of patients with peripheral artery disease is myofiber type selective. *Redox Biol.* 2014;2:921-8.
47. Hammarsten J, Bylund-Fellenius AC, Holm J. Capillary supply and muscle fibre types in patients with intermittent claudication: relationships between morphology and metabolism. *Eur J Clin Invest.* août 1980;10(4):301-5.
48. Pipinos II, Judge AR, Zhu Z. Mitochondrial defects and oxidative damage in patients with peripheral arterial disease. *Free Radic Biol Med.* juill 2006;41(2):262-9.
49. Brass EP, Hiatt WR, Green S. Skeletal muscle metabolic changes in peripheral arterial disease contribute to exercise intolerance: a point-counterpoint discussion. *Vasc Med.* Nov 2004;9(4):293-301.
50. Gohil R, Lane TRA, Coughlin P. Review of the adaptation of skeletal muscle in intermittent claudication. *World Journal of Cardiovascular Diseases.* juill 2013;03(04):347.
51. Thompson JR, Swanson SA, Haynatzki G. Protein concentration and mitochondrial content in the gastrocnemius predicts mortality rates in patients with peripheral arterial disease. *Ann Surg.* mars 2015;261(3):605-10.

52. Albani M, Megalopoulos A, Kiskinis D. Morphological, histochemical, and interstitial pressure changes in the tibialis anterior muscle before and after aortofemoral bypass in patients with peripheral arterial occlusive disease. *BMC Musculoskelet Disord.* 2002;3:8.

LISTE DES FIGURES



Figure 1: Test de tcpO2 d'effort sur tapis roulant.

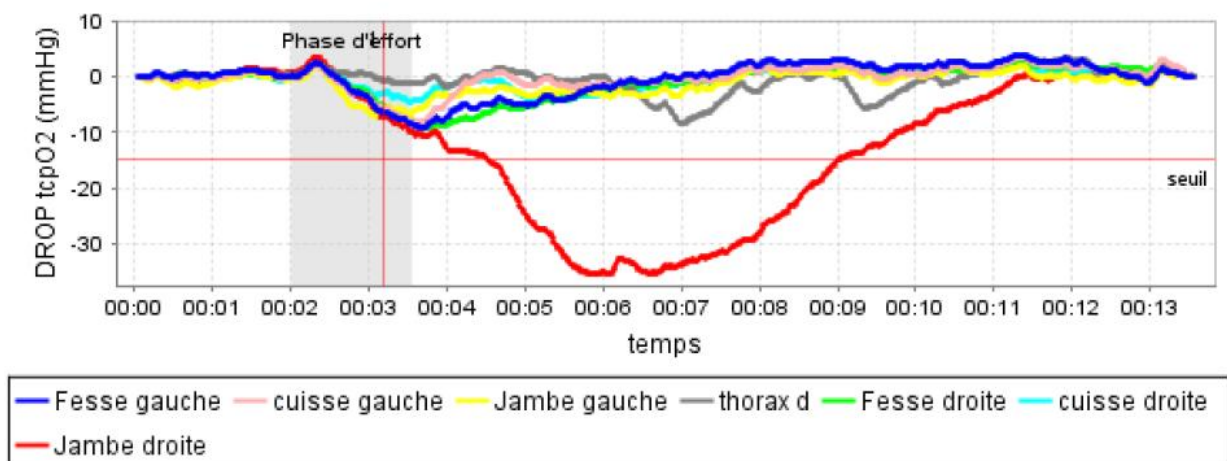


Figure 2: Courbe de tcpO2 d'effort.

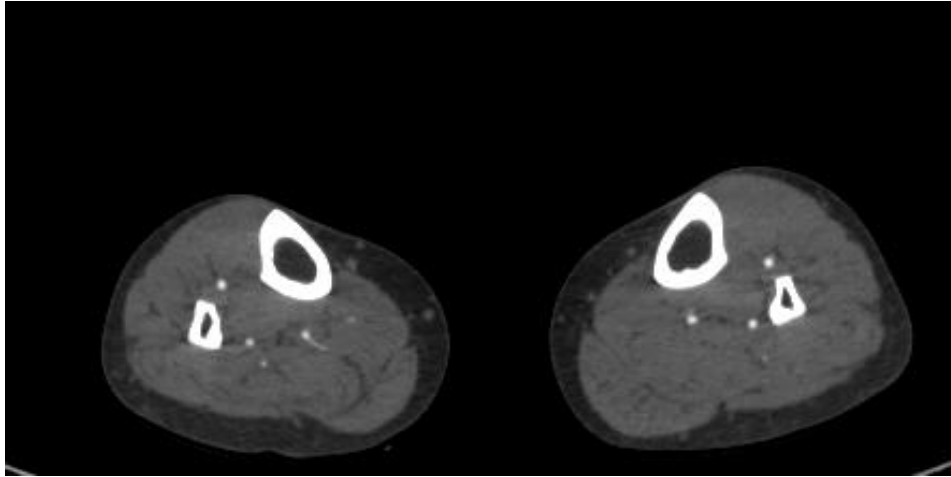


Figure 3: Coupe transversale d'angioscanner au niveau des mollets.

Sur cette coupe scanographique, le nombre de pixels avec des UH comprises entre 0 et 200 est de 10054 pour le mollet gauche et de 8467 pour le mollet droit.

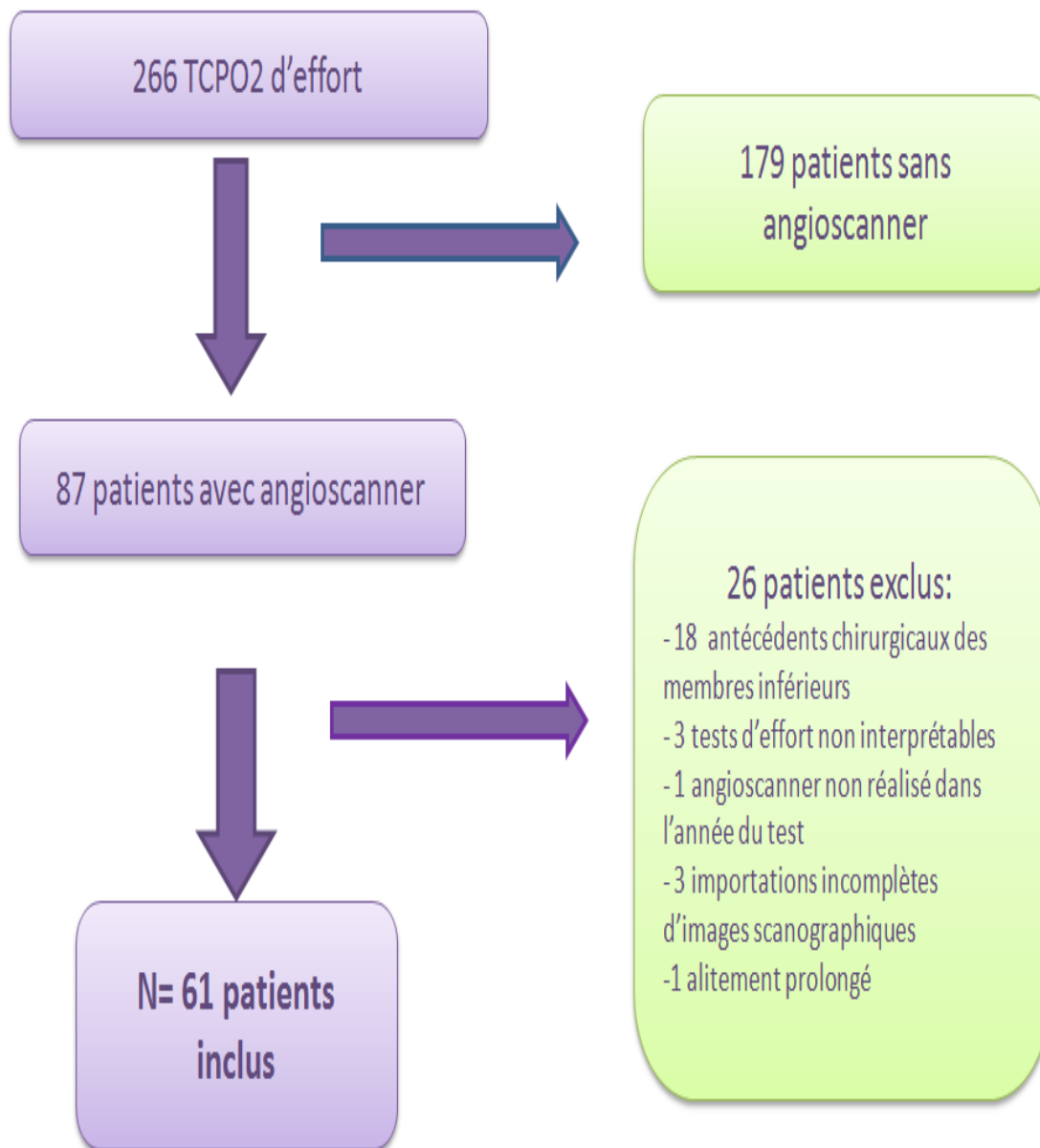


Figure 4: Diagramme de flux.

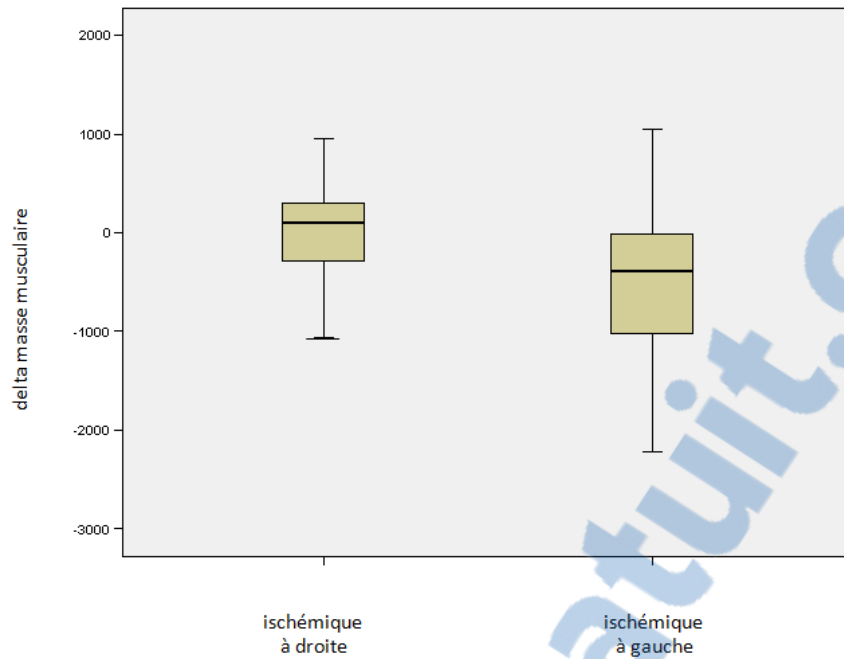


Figure 5: Différence de masse musculaire en fonction des valeurs de tcPO2.

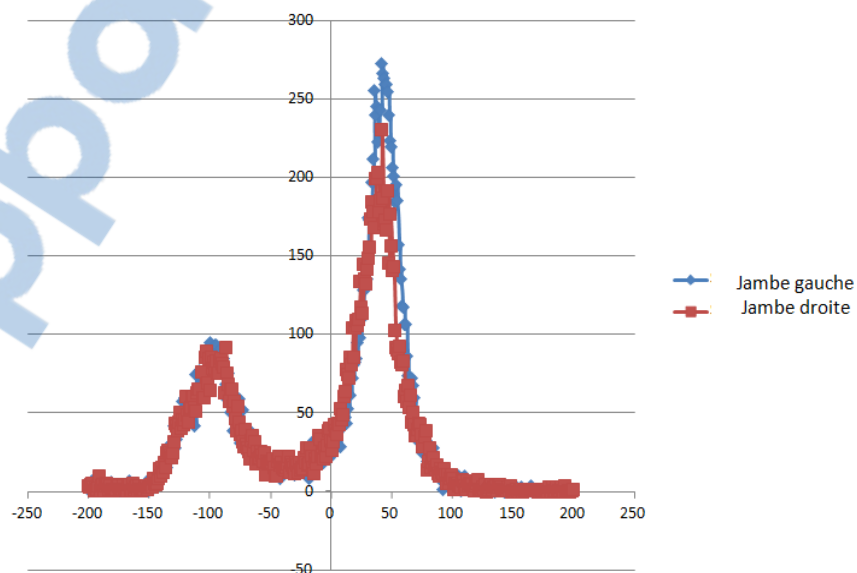


Figure 6: Histogramme de répartition des pixels en fonction de leur densité Hounsfield.

Ici, la valeur d'atténuation maximale pour le mollet gauche est de 252 UH et de 190 UH pour le mollet droit.

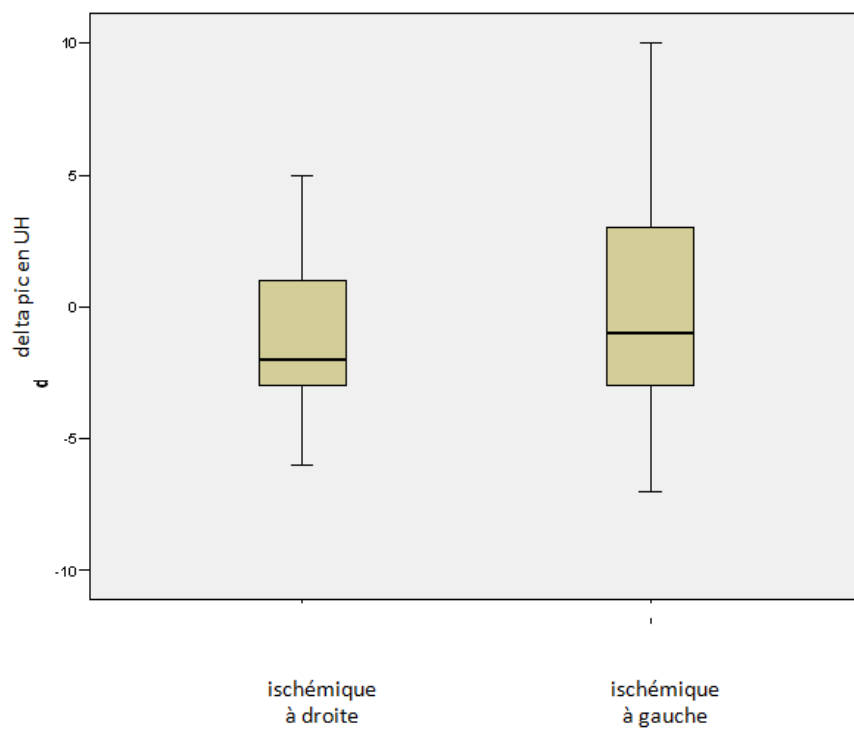


Figure 7: Différence de perfusion musculaire en fonction des valeurs de tcPO2.

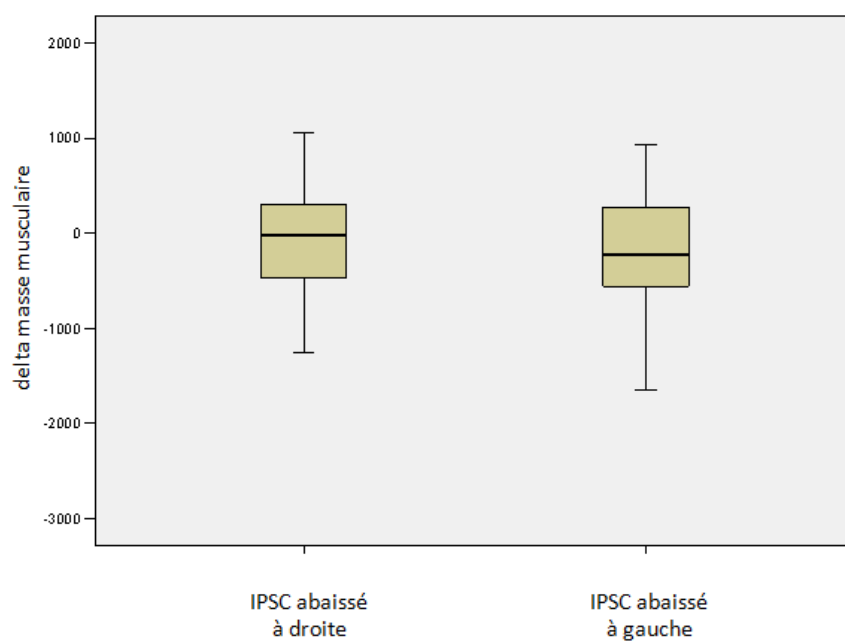


Figure 8: Différence de masse musculaire en fonction des valeurs d'IPSC.

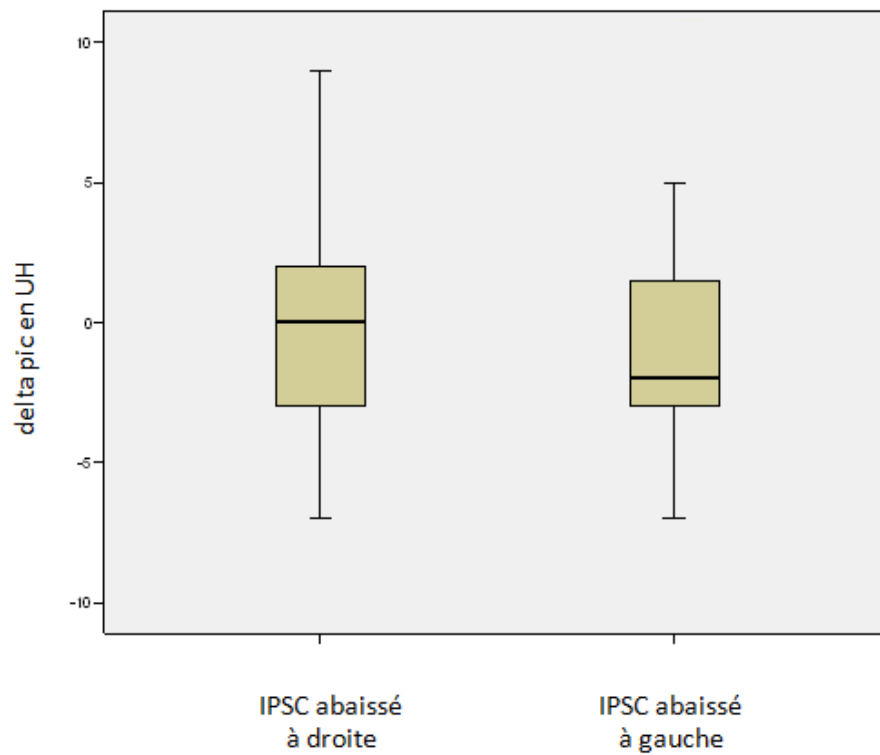


Figure 9: Différence de perfusion musculaire en fonction des valeurs d'IPSC.

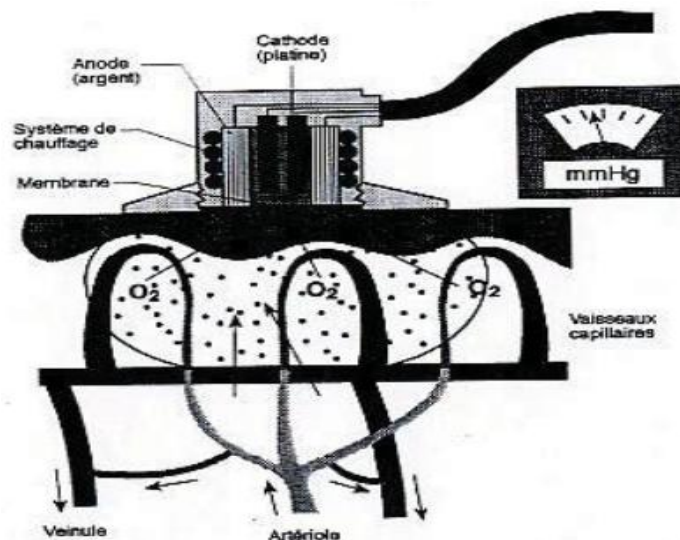


Figure 10: Électrode polarographique de Clark.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: caractéristiques de la population

Caractéristiques	Moyenne +/- écart type ou N (%)
Age (années)	65,6 +/- 10,6
Hommes	48 (78,7%)
Poids (kg)	75,6 +/- 15,6
Taille (cm)	169,2 +/- 8,4
Indice de masse corporelle (kg/m ²)	26,5 +/- 4,3
Tabagisme	
-Actif	24 (39,4%)
-Sevré	18 (29,5%)
Diabète	14 (22,9%)
Hypertension artérielle	25 (40,9%)
Hypercholestérolémie	31 (50,8%)

Tableau II: traitements médicamenteux de la population

Traitements	N (%)
Antiagrégant plaquettaire	55 (90,1%)
Antidiabétiques oraux	13 (21,3%)
Bétabloquant	15 (24,5%)
Hypolipédémiant	37 (60,6%)
Anti hypertenseur	35 (57,3%)

TABLE DES MATIERES

RESUME.....	1
INTRODUCTION.....	2
MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	4
RÉSULTATS.....	8
DISCUSSION	11
CONCLUSION.....	15
BIBLIOGRAPHIE.....	16
LISTE DES FIGURES.....	22
LISTE DES TABLEAUX	28
TABLE DES MATIERES.....	30
ANNEXES.....	I

ANNEXES

Tcp02 : Pression d'Oxygène mesurée à travers la peau

Il s'agit de mesurer la pression partielle d'oxygène à travers la peau. Cette mesure a été développée en succédané de la mesure de la pression partielle en O₂ du sang artériel en réanimation néonatale (Huch 1969, Eberhard 1972).

Le principe de la méthode consiste à étudier la PO₂ cutanée en hyperémie. Une hyperémie reproductible est obtenue grâce à un chauffage de l'électrode entre 40 et 45°C. (Figure 10). La température de chauffage est habituellement réglée sur 44°C car elle permet d'obtenir l'hyperémie maximale sans avoir de sensation de brûlure de l'électrode. Le temps de stabilisation de l'électrode est d'une vingtaine de minutes. La tcp02 permet une appréciation chiffrée du degré d'ischémie tissulaire chez les patients artériopathes.

Chez les patients atteints d'ischémie d'effort, il n'est pas rare de constater que les valeurs de la tcp02 de repos ne se distinguent pas de celles enregistrées chez les sujets normaux. Cependant, les valeurs de tcp02 d'effort (test de marche sur tapis roulant) permettent de déterminer l'ischémie à l'effort.

**Evaluation de la masse musculaire par mesure scanographique chez les patients
artériopathes claudicants**

RÉSUMÉ

Objectif : Evaluer la masse musculaire des membres inférieurs chez les patients présentant une AOMI à type d'ischémie d'effort.

Matériels et Méthodes : Nous avons réalisé une étude rétrospective monocentrique de janvier 2010 à janvier 2016. Les patients inclus devaient présenter une ischémie d'effort unilatérale confirmée par une oxymétrie d'effort des membres inférieurs réalisée au CHU d'Angers. Seuls les patients présentant une ischémie d'effort unilatérale avec une différence de 10mmHg entre les deux mollets ont été inclus. Les patients ayant eu une chirurgie, un traumatisme des membres inférieurs ou un alitement prolongé ont été exclus. Les patients devaient tous avoir bénéficié d'une tcpO2 d'effort et un angioscanner des membres inférieurs la même année. Le critère de jugement principal était la différence de masse musculaire entre le mollet ischémique et le mollet non ischémique à l'effort. L'évaluation de la différence de masse musculaire entre le mollet ischémique et le mollet non ischémique a été réalisée par une analyse de surfacage des groupes musculaires des mollets sur des coupes transversales scanographiques. Les critères de jugement secondaire étaient l'évaluation de la différence de perfusion musculaire entre les deux mollets et l'évaluation de la différence de masse musculaire et de perfusion musculaire en fonction des valeurs d'IPSC de repos.

Résultats : 61 patients ont été inclus, chaque patient était son propre témoin. Les résultats sur le critère de jugement principal montraient une différence de masse musculaire statistiquement significative entre le mollet ischémique et le mollet non ischémique à l'effort ($p=0,02$) ; avec une masse musculaire du côté ischémique moins importante que la masse musculaire du côté non ischémique. Les résultats sur les critères de jugement secondaires ne montraient pas de différence statistiquement significative.

Conclusion : Cette étude montre la présence d'une diminution de la masse musculaire des membres inférieurs chez les patients présentant une AOMI au stade d'ischémie d'effort.

Mots-clés : sarcopénie, masse musculaire, angioscanner, tcpO2, ischémie d'effort.

Evaluation of muscle mass by CT measurement in patients with intermittent claudication

ABSTRACT

Objective: To evaluate the muscle mass of the lower limbs in patients with exercise claudication.

Materials and Methods: We performed a monocentric retrospective study from January 2010 to January 2016. The patients included had unilateral leg ischemia during exercise confirmed by exercise transcutaneous oxygen pressure measurement at the CHU of Angers. Only patients with unilateral leg ischemia during exercise with a difference of 10 mmHg between the two legs were included. Patients who underwent limbs surgery, lower extremity trauma or prolonged bed confinement were excluded. All the patients must have taken an exercise-tcPO₂ and a CT-scan of the lower limbs in the same year. The primary endpoint was the difference in muscle mass between the ischemic leg and the non-ischemic leg. The evaluation of difference in muscle mass between the ischemic leg and the non-ischemic leg was performed by a surfacing analysis of the muscle groups of the legs on cross-sectional cuts. The secondary endpoints were the evaluation of difference in muscle perfusion between the two legs and the evaluation of difference in muscle mass and muscle perfusion depending of rest IPSC values.

Results: 61 patients were included, each patient was his own control. Results on the primary endpoint showed a statistically significant difference in muscle mass between ischemic leg and non ischemic leg ($p = 0.02$), with smaller muscle mass on the ischemic side than on the non-ischemic side. The results on the secondary endpoints did not show any statistically significant difference.

Conclusion: This study highlights a reduction of muscle mass in the lower limbs in patients suffering from PAD with arterial claudication.

Keywords : sarcopenia, muscle mass, angioscanner, tcPO₂, exercise ischemia.