

Évaluation de l'équilibre postural et du patron de marche chez les individus adultes avec et sans fasciopathie plantaire

Mémoire

Laure Richer

Maîtrise en sciences cliniques et biomédicales de l'Université Laval offert en extension à l'Université du Québec à Chicoutimi

Maître ès sciences (M. Sc.)

Département des sciences de la santé
Université du Québec à Chicoutimi
Chicoutimi, Canada

Faculté de médecine
Université Laval
Québec, Canada

© Laure Richer, 2023

Évaluation de l'équilibre postural et du patron de marche chez les individus adultes avec et sans fasciopathie plantaire

Mémoire

Laure Richer

Sous la direction de :

Rubens A. da Silva, Directeur de recherche
Stéphane Sobczak, Codirecteur de recherche

Résumé

La fasciopathie plantaire est l'une des atteintes musculosquelettiques la plus commune aux pieds. Elle a une prévalence de 7% dans la population autant chez les hommes que chez les femmes et touche principalement la tranche d'âge se situant entre 45 et 64 ans. Le fascia plantaire a comme rôle le support des différentes arches plantaires ainsi que le transfert des forces durant les différentes phases de la marche. Une blessure à celui-ci peut avoir un impact sur la fonctionnalité de l'individu. Ce mémoire a pour but d'évaluer si la fasciopathie plantaire a un impact sur l'équilibre postural ainsi que le patron de marche dans différentes conditions. 30 participants (15 avec fasciopathie plantaire) ont eu à effectuer 5 tâches d'équilibre différentes sur une plateforme de force sur laquelle les déplacements du centre de pression étaient analysés pour évaluer le contrôle postural. Les participants devaient aussi effectuer un test de marche sur le système GaitRite en marchant selon 3 vitesses différentes pour l'évaluation de différentes données spatio-temporelles à la marche. De plus, différentes mesures du pied étaient effectuées pour évaluer la mobilité ainsi que la douleur. Aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée entre les deux groupes pour ce qui est des mesures cliniques du pied, excepté pour la douleur à la palpation qui était significativement plus élevée chez le groupe avec fasciopathie plantaire. Pour l'équilibre postural, une différence significative a été observée entre les deux groupes pour la variable aire de centre de pression ($p < 0,01$; $d = 0,08$) et vitesse d'oscillation dans la direction antéro-postérieure ($p = 0,022$; $d = 0,04$), suggérant une diminution du contrôle postural parmi les participants avec fasciopathie plantaire. Pour la marche, il a été démontré chez le groupe pathologique une diminution de la vitesse ($p < 0,01$; $d = 0,12$), la longueur des pas ($p < 0,01$; $d = 0,16$) et de la largeur des pas ($p < 0,01$; $d = 0,18$) par rapport au groupe contrôle durant les trois vitesses de marche effectuées. En conclusion, les individus atteints de fasciopathie plantaire présentaient une diminution du contrôle postural, surtout lors d'une tâche d'équilibre plus difficile (semi-tandem et unipodal) ainsi que des changements dans leur patron de marche comparativement à un groupe contrôle. Ces résultats ont des implications pour la prise en charge clinique associée aux limitations physiques comme l'équilibre et la marche des individus souffrant de fasciopathie plantaire lors d'un programme de réadaptation.

Mots-clés: Foot, Biomechanics, Rehabilitation, Balance, Gait, Plantar fasciitis

Table des matières

Résumé.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux.....	vi
Liste des abréviations, sigles, acronymes.....	vii
Dédicace.....	viii
Remerciements.....	ix
Avant-propos.....	xi
Introduction.....	1
Chapitre 1 : Recension des écrits.....	4
1.1 Fasciopathie plantaire.....	4
1.1.1 Définition.....	4
1.1.2 Facteurs de risques.....	4
1.1.3 Conséquences et impacts sur la qualité de vie de la fasciopathie plantaire.....	6
1.1.4 Physiopathologie de la fasciopathie plantaire.....	7
1.1.5 Biomécanique et posture du pied en relation avec la fasciopathie plantaire.....	8
1.1.6 Mesures d'évaluation et diagnostic.....	8
1.1.7 Approches thérapeutiques.....	9
1.2 Évidences sur l'impact de la fasciopathie plantaire sur la marche et l'équilibre postural.....	12
1.2.1 Impact de la fasciopathie plantaire sur la marche.....	12
1.2.2 Impact de la fasciopathie plantaire sur l'équilibre postural.....	14
1.3 Perspective d'une nouvelle étude sur le sujet.....	14
Chapitre 2 : La question de recherche.....	16
2.1 Objectifs et hypothèses.....	16
Objectifs général et spécifiques.....	16
Chapitre 3. Article scientifique pour répondre à la question de recherche, incluant la méthodologie et les résultats scientifiques.....	18
3.1 Résumé.....	19
3.2 Abstract.....	20
3.3 INTRODUCTION.....	21
3.4 MATERIALS AND METHODS.....	23

Study design	23
Participants	23
Procedure	24
Clinical measurements.....	24
Experimental protocol	25
Statistical analysis.....	26
3.5 RESULTS	27
Clinical foot measurements.....	27
Postural control measurements	27
Walking measurements	28
Correlation between clinical foot measurements and postural control and gait.....	28
3.6 DISCUSSION	29
CONCLUSION.....	33
References	34
Chapitre 4 : Discussion générale	50
4.1 Échantillon et profil des individus recrutés et perspective vers le vieillissement et la prévalence de ce problème dans la société	50
4.2 Conditions cliniques et mesures du pied chez les participants de l'étude.....	51
4.3 Effets de la fasciopathie plantaire sur l'équilibre postural.....	54
4.4 Effets de la fasciopathie plantaire sur la marche.....	55
4.5 Implication pour la réadaptation de la société	56
4.6 Limites de l'étude.....	56
4.7 Perspectives	57
Conclusion	58
Bibliographie	59
Annexe A : Questionnaires	69
Annexe B : Protocoles d'évaluation	76
Annexe C : Formulaire de consentement.....	81
Annexe D : Certificat éthique	90

Liste des figures

Figure 1 : Clinical measurements of foot.....	45
Figure 2 : Force Platform et GAITRite.....	46
Figure 3 : Postural control measurement results between groups and conditions.....	47
Figure 4 : Walking measurement with GaitRite results for group and speed comparisons	49

Liste des tableaux

Tableau 1 : Participants' characteristics	42
Tableau 2 : Biomechanical measurements of foot	42
Tableau 3 : Postural control measurement: ANOVA results	43
Tableau 4 : Walking measurement with GAITRite: ANOVA results	43
Tableau 5 : Coefficient correlation results for COP area parameter from balance.....	44
Tableau 6 : Coefficient of correlation results for gait analysis	44

Liste des abréviations, sigles, acronymes

A/P :	Antéro-postérieur
BMI / IMC:	Body mass index / Indice de masse corporelle
BP:	Bipodal
BPEC:	Bipodal eyes close / Bipodal yeux fermés
BPEO:	Bipodal eyes open / Bipodal yeux ouverts
CNESST :	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité au travail
COP :	Center of pressure / Centre de pression
FS :	Fast speed / Vitesse rapide
M/L :	Médio-latéral
MPJ:	Metatarsophalangeal joint / Articulation métatarso-phalangienne
NPC :	Neutral position of calcaneum / Position neutre du calcaneum
PAP :	Pain at palpation / Douleur à la palpation
PRP :	Plasma riche en plaquettes
PS :	Preferred speed / Vitesse de préférence
Q-APP :	Questionnaire d'aptitude à l'activité physique
ROM :	Range of motion / Amplitude de mouvement
RS:	Reduce speed / Vitesse réduite
ST:	Semi-Tandem
STEC:	Semi-tandem eyes close / Semi-tandem yeux fermés
STEO:	Semi-Tandem eyes open / Semi-tandem yeux ouverts
UP:	Unipodal

*À ma fille Rose, mon petit rayon de soleil
qui m'a accompagné dans la finition de ce mémoire.*

*J'espère, te transmettre le goût d'apprendre
Et d'aller au fond des choses!*

Remerciements

Voilà, je dépose ici le fruit de ces trois dernières années. Le travail que j'ai effectué a été accompagné de plusieurs autres accomplissements. En effet, au même moment où j'entamais mon travail pour ce mémoire je commençais aussi ma carrière de podiatre fraîchement diplômée, quelques mois plus tard le COVID est venu mettre quelques embûches sur mon chemin, mais ma détermination à mener ce projet à bien n'a pas failli, pour finir une grossesse et la naissance de ma fille Rose viennent finaliser le portait de ces trois dernières années. Au cours de mon parcours, j'ai été accompagné de plusieurs personnes qui m'ont permis de mener à bien le mémoire que vous lisez aujourd'hui.

Tout d'abord, un immense merci à Rubens A. da Silva, mon directeur de recherche, sans qui ce projet n'aurait jamais vu le jour. Il m'a aidé et soutenu dans toutes les étapes de ma maîtrise, autant dans la création et la réalisation de ce projet de recherche ou bien pour me soutenir dans mes différents cours de maîtrise, il a toujours répondu présent pour me donner de son temps et du support moral à travers mon parcours.

Aussi je tiens à remercier Stéphan Sobczak, mon codirecteur de recherche, qui nous a permis d'avoir un œil nouveau et critique sur le projet par ses différents commentaires et corrections tout au long du processus de recherche et de rédaction.

Un merci spécial à Guillaume Gagnon et Émilie Fortin qui ont donné de leur temps pour la collecte des données et les analyses des résultats de l'équilibre et de la marche. Plus spécifiquement à Guillaume Gagnon, pour avoir été présent lors de toutes les collectes de données et en plus d'avoir aussi fait le traitement des différentes données obtenues à l'aide de la plateforme de force et du GaitRite.

Je tiens à remercier tous les co-auteurs de l'article scientifique présenté dans ce mémoire pour le temps qu'ils ont donné dans la révisions de celui-ci.

Je remercie aussi tous les participants de ce projet pour le temps qu'ils m'ont accordé me permettant ainsi d'approfondir mes connaissances sur la fasciopathie plantaire.

Un gros merci à mes deux collègues à la clinique Maïka et Vicky qui m'ont permis de faire le recrutement au sein de la clinique et qui ont aussi participé au recrutement de patients pour mener à bien mon projet.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement mon conjoint Alexis qui m'a offert son soutien tout au long de ce projet, que ce soit par son écoute, sa présence ou le temps qu'il a donné à s'occuper de notre fille Rose pour me permettre de finaliser ce mémoire. J'en profite pour remercier tous les autres membres de ma famille qui m'ont soutenu de près ou de loin tout au long de mon parcours.

Pour finir, je remercie tous ceux qui ont pu contribuer à la réalisation et la réussite de ce projet sans toutes ses personnes, ce projet, serait encore probablement bien loin d'être fini.

Merci à tous!

Avant-propos

Ce mémoire traite des différences entre les participants atteints et non atteints de fasciopathie plantaire au niveau de la posture du pied, de l'équilibre postural et de la marche. Le chapitre 1 comporte les données contenues dans la littérature concernant la fasciopathie plantaire, ses causes, les approches diagnostiques et les traitements, ainsi que sur l'impact du problème musculosquelettique du pied sur l'équilibre postural et la marche. Le chapitre 2 traite de la recherche effectuée dans le cadre de ce projet de maîtrise, incluant un groupe-contrôle lors de la comparaison. Le chapitre 3 est constitué de l'article scientifique soumis au Journal The Foot: « Impact of plantar fasciitis on postural control and walking in young middle-aged adult ». Enfin, le chapitre 4 discute des différents résultats obtenus, en complémentarité avec ceux discutés dans l'article.

L'article intégré dans ce mémoire est accepté dans le journal « The Foot » - Manuscript YFOOT-D-21-00225. Je suis la première auteure de cet article. La mise en page originale de l'article a été modifiée pour se conformer aux exigences de la mise en page du document actuel.

Contribution des auteurs

Projet de recherche

- Conception : Laure Richer, Rubens A. daSilva
- Planification, organisation et exécution du projet : Laure Richer, Guillaume Gagnon, Émilie Fortin
- Recrutement des participantes : Laure Richer, Émilie Fortin.
- Analyse des données : Laure Richer, Émilie Fortin, Guillaume Gagnon, Rubens A. da Silva

Article

- Revue de littérature : Laure Richer
- Analyses statistiques : Laure Richer, Rubens A. da Silva
- Conception des tableaux, figures et graphiques et traitement des données : Laure Richer, Guillaume Gagnon, Émilie Fortin.

- Écriture de la version soumise : Laure Richer, Stéphane Sobczak, Rubens A. da Silva
- Révision critique de la version soumise : Rubens A. da Silva, Stéphane Sobczak, Suzy Ngomo, Karens Barros Parron Fernandes, Christina Cortis (collaborateurs)

Introduction

L'une des atteintes musculosquelettiques la plus commune aux pieds est la fasciopathie plantaire (Beeson, 2014; Natali, Pavan, & Stecco, 2010; Petraglia, Ramazzina, & Costantino, 2017). Celle-ci a une prévalence de 7% dans la population autant chez les hommes que chez les femmes (Beeson, 2014) et touche principalement la tranche d'âge se situant entre 45 et 64 ans (Thompson, Saini, Reb, & Daniel, 2014). Le fascia plantaire correspond à un ensemble de fibres de collagène organisées en trois bandes qui sont en continuité avec le tendon d'Achille, partant de la tubérosité médiale du calcanéum pour s'attacher à la base de la capsule de l'articulaire métatarso-phalangienne (Natali et al., 2010). Il a comme rôle le support des différentes arches plantaires ainsi que le transfert des forces durant les différentes phases de la marche (Natali et al., 2010; Park, Bang, & Park, 2018). Une blessure au fascia survient lorsqu'il présente des microdéchirures au niveau de son attache sur le calcanéum, similaire à ce qu'on pourrait observer lors d'une blessure tendineuse (Beeson, 2014). Plus précisément, la fasciopathie plantaire correspond à la présence de multiples microdéchirures entraînant une dégénérescence du fascia plantaire qui occasionne des douleurs importantes dans la portion plantaire médiale du talon (Monteagudo, de Albornoz, Gutierrez, Tabuenca, & Álvarez, 2018).

Les causes de la fasciopathie plantaire sont multiples et peuvent être autant de sources intrinsèques qu'extrinsèques ou même multifactorielles selon l'individu et son mode de vie (Beeson, 2014; Monteagudo et al., 2018). Le diagnostic repose principalement sur l'historique de la douleur, la durée des symptômes, la présence de douleur au matin ou après une période prolongée de repos, une douleur qui augmente selon le temps d'activité ou passer debout ainsi que sur la présence de douleur à la palpation de la tubérosité médiale du calcanéum (Thompson et al., 2014). Dans certains cas clinique, l'imagerie par échographie peut être utilisée pour préciser le diagnostic et l'amplitude du problème (Menz et al., 2019). De plus, certaines études ont montré une relation entre la fasciopathie plantaire et des limitations fonctionnelles telles que des faiblesses musculaires ou des troubles d'équilibre et de la marche, ce qui pourrait aussi avoir une valeur ajoutée lors de l'évaluation clinique par le thérapeute; soit de considérer la capacité fonctionnelle de l'individu. En effet, les causes associées à une limitation fonctionnelle chez cette patientèle pouvant affecter leur niveau d'équilibre postural et de locomotion peuvent être : la faiblesse des muscles fléchisseurs des pieds (Ağırman, 2018), la perte d'élasticité du fascia plantaire (Petrofsky, Donatelli, Laymon, & Lee, 2020) et/ou l'augmentation de la tension au tendon d'Achille

(Cheung, Zhang, & An, 2006). Malheureusement, les troubles d'équilibre mènent souvent à une augmentation des risques de chutes chez une patientèle plus vulnérable, déconditionnée, âgée et avec des problèmes plantaires (Menz, Morris, & Lord, 2006).

Plus précisément, l'étude menée par Ađırman en 2018 faisait la comparaison de 50 participants atteints de fasciopathie plantaire versus 19 participants sains. Des mesures d'équilibre postural prises à l'aide du système biodex *balance* et l'évaluation du risque de chute ont montrés que chez les individus symptomatiques il y avait un plus grand risque de chute et ce peu importe le groupe d'âge des participants de l'étude (jeunes ou âgées) (Ađırman, 2018). Dans une autre étude, dirigée par Gonçaves et al. (2017), une diminution de l'équilibre postural tant statique que dynamique a été observée chez les participants atteints de la fasciopathie plantaire par rapport aux participants sains (groupe contrôle) (Gonçaves et al., 2017). Les mesures statiques d'équilibre ont été effectuées à l'aide d'un test fonctionnel basé sur la notation des erreurs d'équilibre lors d'un test effectué tout d'abord sur une surface dure et stable et ensuite sur une surface de mousse instable. Tandis que celles dynamiques ont été effectuées à l'aide du test d'excursion d'équilibre en étoile (Gonçaves et al., 2017).

Il reste à savoir si ces résultats sont aussi généralisés pour d'autres conditions d'équilibre telles que ceux présentés dans la présente étude de maîtrise. En effet, il sera intéressant d'observer l'impact de cette dysfonction du pied lors des conditions d'équilibre en semi-tandem ou unipodal, qui représentent celles les plus proches des activités de la vie de tous les jours au niveau fonctionnel (da Silva, Bilodeau, Parreira, Teixeira, & Amorim, 2013; Marcio R. Oliveira et al., 2018). Peu d'études ont aussi évalué l'effet de la fasciopathie plantaire sur la marche de l'individu. Ces quelques études ont montré une réduction de la vitesse de marche chez les participants atteints de fasciopathie plantaire dans le but de diminuer la douleur ressentie (Thong-On et al., 2019) ainsi que des points de pression modifiés soit davantage vers l'avant-pied en comparaison aux individus sains (Phillips & McClinton, 2017). Or, la marche est une capacité fonctionnelle indispensable à l'individu pour conserver ses activités de tous les jours, l'état de bien-être et de qualité de vie face à la socialisation, l'autonomie et à l'Indépendance physique lors de la locomotion; plus particulièrement en vieillissant (Bullo et al., 2018; Gomeňuka et al., 2019).

Dans cette perspective, la présente étude de maîtrise vise à mieux comprendre l'impact de cette condition pathologique du pied sur les différentes tâches d'équilibre

postural fonctionnel (sur une plateforme de force) et sur le patron de marche à différentes vitesses chez des individus adultes d'âge moyen. La relation entre les mesures de morphologie du pied, ainsi que celles de la douleur plantaire et les mesures d'équilibre et de marche seront aussi étudiées dans la présente étude. Enfin, dans ce travail, l'originalité porte sur l'inclusion, dans un même devis expérimental, de mesure fonctionnelle sur l'équilibre et la marche à partir des deux approches de mesures technologiques (plateforme de force et le système GaitRite). Les mesures cliniques des pieds, posture et douleur, associée aux mesures biomécaniques de l'équilibre et de la marche ajoutent de la valeur à la nouveauté de la question de recherche dans le domaine investigué. En effet, ces mesures permettront de mieux comprendre le problème et son impact. De plus, les résultats vont contribuer à une meilleure prise en charge clinique des professionnels de santé comme les podiatres et les physiothérapeutes lors d'une analyse vers l'évaluation et le traitement pour cette population.

Chapitre 1 : Recension des écrits

1.1 Fasciopathie plantaire

1.1.1 Définition

Les pieds sont les extrémités du membre inférieur composés de 28 os (sans compter les possibles os surnuméraires), 33 articulations et 112 ligaments (Hillstrom et al., 2013). Ils jouent un rôle important dans le corps humain autant dans ses fonctions statiques que dynamiques (Hillstrom et al., 2013). La fasciopathie plantaire (Trojan & k. Tucker, 2019) est un trouble musculosquelettique commun affectant les pieds (Petraglia & al., 2017) et est connue comme étant une dégénérescence du fascia plantaire associée à une douleur dans la portion plantaire du talon et l'arche médiale (Monteagudo, & al., 2018; Thompson & al., 2014).

Le fascia plantaire est composée de fibres de collagène partant de la tubérosité calcanéenne et terminant au niveau des têtes métatarsiennes. Il se divise en trois bandes soit une médiale, une centrale et une latérale qui ont aussi une certaine continuité avec le tendon d'Achille. Le fascia présente un rôle important dans la mécanique du pied, il intervient au niveau des différentes phases de la marche que ce soit pour absorber ou transmettre les différentes forces auxquelles il est exposé (Natali & al., 2010). De plus, il est l'une des principales structures soutenant les différentes arches du pied (médial longitudinal, latéral longitudinal et transverse) en synergie avec les muscles intrinsèques (Park & al., 2018).

Le diagnostic de la fasciopathie plantaire est établi selon la présence de douleur au niveau de l'origine du fascia sur le calcanéum et l'historique de la douleur. Les individus mentionnent souvent des douleurs au moment des premiers pas le matin et lors d'une mise en charge prolongée (Thompson, & al., 2014). Des examens médicaux par imagerie peuvent être prescrits pour confirmer le diagnostic et objectiver le problème. L'échographie et la radiographie sont les deux modalités les plus fréquemment utilisés (Menz et al., 2019).

1.1.2 Facteurs de risques

Les facteurs de risque de la fasciopathie plantaire sont multiples et peuvent être autant intrinsèques qu'extrinsèques. Parmi les facteurs intrinsèques ayant démontré un

impact sur la fasciopathie plantaire, nous retrouvons : l'avancement en âge, l'obésité, les dysfonctions biomécaniques, les variantes anatomiques, certaines maladies systémiques (Diabète de type 2, Polyarthrite rhumatoïdes, etc.), etc. (Ağırman, 2018; Beeson, 2014; Cheung et al., 2006; Marcio R. de Oliveira, da Silva, Dascal, & Teixeira, 2014; Gautham, Nuhmani, & Kachanathu, 2015; Gonçalves et al., 2017; Irving, Cook, Young, & Menz, 2007; Maemichi et al., 2020; Monteagudo et al., 2018; Park et al., 2018; Stecco et al., 2013). Pour ce qui est des facteurs extrinsèques, ils comprennent le type d'occupation, l'environnement, le style de vie, la position de sommeil et l'activité physique (Beeson, 2014).

L'avancement en âge

Le processus de vieillissement apporte des changements biologiques au cours de la vie de l'individu (Marcio R. de Oliveira et al., 2014). En effet, le vieillissement a pour effet d'entraîner une diminution de la masse et de la force musculaire, une perte de mobilité et d'équilibre ainsi que des troubles de coordination (Marcio R. de Oliveira et al., 2014).

Plus précisément pour la fasciopathie plantaire, il a été démontré que l'augmentation de l'âge entraîne une diminution de l'élasticité du fascia plantaire ainsi qu'une diminution de la capacité d'absorption des chocs du tissu adipeux des talons, ce qui aurait pour effet de faciliter les blessures au niveau du fascia plantaire (Monteagudo et al., 2018). Ainsi, à partir de l'âge de 30-44 ans jusqu'à 80-96 ans il y a une diminution graduelle de l'épaisseur du coussin adipeux sous le talon lui faisant perdre de son élasticité et le rendant plus fragile aux blessures (Maemichi et al., 2020). Ainsi, cela augmenterait le risque de blessure au fascia plantaire, car celui-ci est davantage soumis aux différentes contraintes mécaniques sans cette protection.

L'obésité

Les personnes présentant un IMC élevé, soumettent les talons à un stress vertical plus grand pouvant entraîner des lésions au niveau des tissus mous et donc favoriser l'apparition de la fasciopathie plantaire (Irving & al., 2007; Monteagudo et al., 2018). De plus, l'augmentation de l'IMC serait en relation directe avec la perte d'élasticité du coussin adipeux dû à un œdème des tissus conjonctif et un changement structural suite à une dégénération du collagène présent (Beeson, 2014). Ces changements entraîneraient une surcharge et donc l'augmentation de l'épaisseur du fascia plantaire causant une

augmentation de tension sur celui-ci et de la pression focale, le rendant plus à risque aux blessures (Beeson, 2014).

Dysfonctions biomécaniques et variantes anatomiques

Différentes dysfonctions biomécaniques et variations anatomiques sont souvent concomitantes à la fasciopathie plantaire. Parmi celle-ci, la diminution de l'amplitude de mouvement au tendon d'Achille ou des changements anatomiques, tels, l'épaississement de son paratendon pourrait affecter le fascia plantaire (Cheung et al., 2006; Gonçalves et al., 2017; Stecco et al., 2013). D'autres éléments comme la faiblesse des muscles fléchisseurs du pied pourrait diminuer la stabilité du pied et augmenter les risques d'une fasciopathie plantaire (Ağırman, 2018).

Parmi les dysfonctions biomécaniques, le pied plat est l'une de celle qui revient communément en relation avec la fasciopathie plantaire. Selon certaines études, le pied plat pourrait causer un débalancement des charges au niveau des pieds ce qui aurait un impact sur la force musculaire ainsi que les amplitudes de mouvement ce qui pourrait favoriser un épaississement du fascia et entraîner une augmentation de tension sur celui-ci et donc l'affaiblir (Park et al., 2018).

Occupation / Style de vie

Le mode de vie peut dans certains cas augmenter le risque de développer une fasciopathie plantaire. En effet, le port de chaussures inadaptées au type d'activité pratiquée, devoir rester debout sur une période prolongée, particulièrement sur une surface dure, une augmentation rapide de l'activité physique ou un surentraînement peuvent favoriser la surcharge du fascia plantaire et être la cause d'une blessure (Beeson, 2014; Gautham et al., 2015). Ainsi, le type d'activité/sport ou même le travail d'une personne peuvent être un facteur de risque de la fasciopathie plantaire.

1.1.3 Conséquences et impacts sur la qualité de vie de la fasciopathie plantaire

La fasciopathie plantaire cause généralement des douleurs dans la portion plantaire des talons. Cette douleur peut être associée à de l'œdème et peut entraîner une dégénérescence du fascia et ainsi diminuer la qualité de vie des individus atteints

(Monteagudo et al., 2018; Rhim, Kwon, Park, Borg-Stein, & Tenforde, 2021). Les conséquences de cette pathologie peuvent être autant d'ordre physique que psychosocial (Bovonsunthonchai et al., 2019; Drake, Mallows, & Littlewood, 2018).

Au point de vue physique, les conséquences de la fasciopathie plantaire sont principalement dues à la présence de la douleur sous le talon qui entraîne un inconfort, une invalidité ainsi qu'une limitation des activités (Bovonsunthonchai et al., 2019). Les individus atteints de fasciopathie plantaire en viennent à éviter les activités en charge que ce soit en position statique à la marche ou à la course (Bovonsunthonchai et al., 2019). De plus, la présence des douleurs de fasciopathie plantaire entraîne une diminution de la vitesse de marche. La diminution de celle-ci entraîne une plus grande variabilité des différents paramètres de la marche, ce qui a pour impact d'augmenter le risque de chute chez les patients atteints (Bovonsunthonchai et al., 2019; Brown et al., 2015; Chaiwanichsiri, Janchai, & Tantisirawat, 2009). D'où l'intérêt de ce mémoire dans l'importance de faire une bonne évaluation des sujets souffrant de fasciopathie plantaire.

Du point de vue psychosocial, les évidences semblent aller vers un effet néfaste de la fasciopathie plantaire sur la condition psychologique de l'individu et sa qualité de vie. Selon une revue systématique datant de 2018, il a été conclu que la présence de douleur aux talons est modérément associée à la présence de dépression, d'anxiété et de stress de l'individu (Drake et al., 2018). Cette même revue a montré aussi qu'il existe une association modérée entre la sévérité de la douleur ainsi que de la perte de fonction physique avec la présence de stress, d'anxiété, de kinésiophobie et de catastrophisation chez les individus souffrant de douleur aux talons tels que la fasciopathie plantaire (Drake et al., 2018). Cette évidence spécifiquement met ainsi en lumière les conséquences pouvant aller jusqu'à affecter la santé durable, soit un état de santé autant physique, mentale et social tout au long de sa vie, de la population souffrant d'une telle dysfonction de la région plantaire.

1.1.4 Physiopathologie de la fasciopathie plantaire

La fasciopathie plantaire peut-être causée par des microdéchirures présentes au niveau de l'attache du fascia plantaire sur l'os du calcanéum ou dans ses fibres centrales (Gautham et al., 2015). Ces microdéchirures sont souvent dues à une surcharge affectant principalement la bande centrale du fascia plantaire causant une réponse inflammatoire et une dégénérescence du fascia plantaire (Gautham et al., 2015).

Les traumatismes répétés à chacun des pas peuvent aussi entraîner la chronicité de la réponse inflammatoire sur la région plantaire, ce qui en retour accélère le processus des changements dégénératifs souvent observés dans les fibres de collagène présentes dans le fascia plantaire (Glazer, 2009; Wearing, Smeathers, Urry, Hennig, & Hills, 2006). Ainsi, même dans une condition où il n'y a pas toujours la présence de cellules inflammatoires lors de la fasciopathie plantaire, il pourrait avoir une présence de changements dégénératifs importants affectant la fonction. Ce qui est similaire à ce que l'on peut observer lors d'une dégénérescence chronique des tendons tel une tendinose plutôt qu'une tendinite (Wearing et al., 2006).

1.1.5 Biomécanique et posture du pied en relation avec la fasciopathie plantaire

Le fascia plantaire sert de principal support de l'arche médial longitudinal du pied en rattachant la base du calcanéum (partie postérieure du pied), à l'avant des têtes métatarsiennes (partie antérieure du pied). En effet, grâce au mécanisme du treuil (Windlass) le fascia plantaire devient un levier rigide dans le pied, ce qui lui permet de faire le transfert de force entre l'arrière et l'avant du pied lors de la marche (Wearing et al., 2006).

À la marche, il est dans sa position la plus tendue à la fin de la phase d'appui lorsque les orteils sont en dorsiflexion et s'apprêtent à quitter le sol. Lors de la phase d'appui, il peut être étiré jusqu'à 9-12% de plus que sa longueur initiale (Gautham et al., 2015). La présence de pieds plats, de contracture des muscles gastrocnémiens ou d'un hallux valgus sévère pourrait selon certaines sources être reliée à la présence de la fasciopathie plantaire en augmentant le stress en tension appliqué sur le fascia plantaire et donc, en retour, affecter la marche (Monteagudo et al., 2018).

1.1.6 Mesures d'évaluation et diagnostic

Le diagnostic de la fasciopathie plantaire est un diagnostic clinique et repose principalement sur l'historique établi par l'individu touché (Thompson et al., 2014; Trojan & k. Tucker, 2019). Les patients décrivent généralement une douleur focale dans la portion plantaire du talon qui est augmentée lorsque les orteils sont placés en dorsiflexion, ce qui augmente la tension dans le fascia. De plus, les individus atteints présentent une dyskinésie post-statique (présence de douleur après repos) (Sawyer, Lareau, & Mukand, 2012). En clinique, pour répondre à ces éléments, un questionnaire autostructuré est souvent utilisé

lors de l'anamnèse pour mieux comprendre la plainte du patient et donc, apporter un diagnostic. Ainsi, le clinicien questionnera d'abord le patient sur la durée de la douleur, comment celle-ci a débuté ainsi que les causes de son apparition; si elle est présente au lever le matin ou à la suite d'un repos prolongé et si elle augmente selon l'activité pour ensuite confirmer le diagnostic avec la palpation.

Dans certains cas, l'imagerie peut être utilisée pour confirmer le diagnostic (Trojan & k. Tucker, 2019). Parmi les examens d'imagerie les plus utilisés, il est retrouvé l'échographie et la radiographie. L'échographie permet d'évaluer l'état du fascia plantaire lorsqu'il y a présence de douleur, par exemple l'observation d'un épaissement de plus de 4mm (par rapport à sa normale) de celui-ci permet d'envisager la présence de la fasciopathie plantaire (Menz et al., 2019). Lorsque possible, si le côté opposé n'est pas atteint, il peut être intéressant de faire la comparaison entre les deux côtés. Ce genre d'examen permet également de guider la prise en charge au niveau de l'efficacité d'un traitement proposé au patient avec fasciopathie plantaire (Menz et al., 2019; Trojan & k. Tucker, 2019).

D'autre part, la radiographie ne permet pas de confirmer le diagnostic, mais plutôt d'observer la présence d'une épine calcanéenne qui n'est pas pathognomonique de la fasciopathie plantaire puisqu'elle est retrouvée aussi fréquemment chez des individus asymptomatiques que chez les individus symptomatiques (Trojan & k. Tucker, 2019). Ainsi, ce genre d'examen peut être secondaire à la prise en charge de diagnostic pour cette dysfonction.

1.1.7 Approches thérapeutiques

Les traitements de la fasciopathie plantaire sont nombreux et peuvent être divisés selon qu'ils soient non chirurgicaux ou chirurgicaux. Parmi les traitements non chirurgicaux, il existe : la médecine physique, les orthèses plantaires, le taping, les attelles de nuit, les injections de corticostéroïdes ou de Plasma riche en plaquettes (PRP). Pour ce qui est des traitements chirurgicaux, une méthode souvent utilisée est la fasciotomie (Gautham et al., 2015; Monteagudo et al., 2018; Trojan & k. Tucker, 2019).

Ces traitements seront présentés individuellement dans les prochaines sections, malgré le fait que dans la présente étude de maîtrise l'intérêt passe surtout sur l'évaluation

clinique considérant les aspects de l'équilibre postural et de la marche face au problème de fasciopathie plantaire chez la population.

Médecine physique

La médecine physique inclut différents types de traitement passant par la thérapie manuelle comme des manipulations, mobilisations, massages doux, l'utilisation de points gâchettes ou bien d'autres types de traitement tel que des thérapies par laser, ultrasons ou par ondes de choc ou tout simplement différents exercices d'étirements et de renforcement (Gautham et al., 2015; Rhim et al., 2021).

La thérapie manuelle souvent utilisée en physiothérapie consiste à différentes manipulations périphériques ou mobilisations incluant les muscles, tendons, fascia, articulations et ligaments pouvant aider lors de la prise en charge du problème (Rhim et al., 2021). Il a été montré que cette approche est efficace pour diminuer la douleur du fascia à la suite d'une blessure (Fraser, Corbett, Donner, & Hertel, 2018). De plus, les effets de la thérapie manuelle peuvent être bonifiés lorsqu'elle est utilisée en parallèle avec les exercices de renforcement et d'étirement musculaire alentour du segment affecté (Fraser et al., 2018). Les exercices utilisés se concentrent principalement sur l'étirement du tendon d'Achille, car lorsque celui-ci perd en mobilité ou en souplesse cela peut favoriser l'apparition de la fasciopathie plantaire ; il y a aussi le renforcement des muscles intrinsèques des pieds qui contribuent pour la stabilisation de l'arche longitudinale médiale du pied (Monteagudo et al., 2018; Trojan & k. Tucker, 2019).

La thérapie par ultrasons consiste quant à elle à la transmission d'une onde acoustique dans le pied. Cet équipement, souvent utilisé pour diminuer la douleur, peut agir en augmentant la température du tissu visé et son extensibilité, ainsi que dans le but de changer la conductibilité nerveuse (Smallcomb, Khandare, Vidt, & Simon, 2021). En effet, cette approche est assez efficace lorsque comparée à d'autres pour augmenter la température des tissus (Gautham et al., 2015). La thérapie par laser quant à elle est utilisée pour accélérer le métabolisme et donc la guérison à l'aide d'un rayon lumineux projeté sur la peau du patient à une longueur d'onde précise (Rhim et al., 2021).

Enfin, les ondes de choc à haute pression sont appliquées sur les tissus endommagés permettant d'entraîner une hyperstimulation de l'analgésie, une stimulation de la néovascularisation et de la formation de collagène dans les tissus dégénératifs

(Gautham et al., 2015; Rhim et al., 2021). La thérapie par onde de choc a démontré avoir une bonne efficacité dans le traitement de la fasciopathie plantaire chronique chez les patients ne répondant pas au traitement conservateur de base (Schmitz, Császár, Rompe, Chaves, & Furia, 2013).

Orthèse plantaire

L'utilisation de l'orthèse plantaire est souvent administrée par les professionnels de la santé. De plus en plus, des individus souffrant de fasciopathie plantaire se font prescrire des orthèses plantaire pour diminuer la douleur et améliorer la fonction des pieds au niveau de la marche (Whittaker et al., 2018). On peut retrouver des orthèses préfabriquées ou bien faites sur mesures. Pour l'instant les recherches ne démontrent pas de différence significative dans le soulagement des douleurs entre les deux modèles (Rasenberg et al., 2016).

Ce genre de traitement conservateur semble mieux contrôler l'affaissement de l'arche longitudinale médiale lors de la marche afin de réduire la pronation excessive dans cette région tout en minimisant la tension sur le fascia plantaire et menant le pied à la position neutre. En effet, l'orthèse est aujourd'hui considérée comme un traitement de première ligne pour la fasciopathie plantaire (Gautham et al., 2015; Trojan & k. Tucker, 2019). Malgré les recommandations cliniques pour cette approche, il n'est pas possible de résoudre de façon complète le problème, mais cela permet souvent de diminuer considérablement les symptômes. (Anderson & Stanek, 2013)

Taping et attelles

Le taping est utilisé pour stabiliser les articulations subtalaires et ainsi diminuer la pronation. Pour ce qui est des attelles dans le traitement de la fasciopathie, il est recommandé d'utiliser une attelle de nuit pour maintenir la cheville dans une position neutre et ainsi empêcher la contracture des muscles gastrocnémiens (Trojan & k. Tucker, 2019).

Injections

Deux types d'injections sont utilisées dans le traitement de la fasciopathie plantaire : l'injection de corticostéroïde et l'injection de plasma riche en plaquettes (PRP). L'injection de corticostéroïdes est utilisée pour diminuer l'inflammation. Par contre, certains risques y

sont associés tels que l'atrophie du coussin adipeux sous le talon ainsi que la rupture du fascia (Trojan & k. Tucker, 2019). Le PRP quant à lui est utilisé pour stimuler la régénération tissulaire (Trojan & k. Tucker, 2019). À long terme, le PRP a démontré une plus grande diminution de la douleur que l'utilisation de corticostéroïdes, et ce en raison à sa capacité d'entraîner une guérison tissulaire contrairement aux corticostéroïdes qui sont uniquement anti-inflammatoires (Rhim et al., 2021; Singh, Madanipour, Bhamra, & Gill, 2017). En fait, l'injection de corticostéroïdes aurait une efficacité moindre en comparaison aux autres traitements mentionnés pour ce qui est de la diminution des symptômes et ce même à court terme (David, Sankarapandian, Christopher, Chatterjee, & Macaden, 2017).

Fasciotomie

La fasciotomie est le traitement chirurgical le plus commun en cas de fasciopathie plantaire et consiste au relâchement du fascia plantaire (Monteagudo et al., 2018). Par contre, le traitement chirurgical doit seulement être envisagé en cas d'échec des traitements conservateurs et non en priorité vu les complications qui peuvent en découler (Gautham et al., 2015; Rhim et al., 2021; Trojan & k. Tucker, 2019). Ce traitement est, toutefois, peu recommandé au vu des faibles résultats démontrés à la suite de son utilisation (Rhim et al., 2021).

1.2 Évidences sur l'impact de la fasciopathie plantaire sur la marche et l'équilibre postural

1.2.1 Impact de la fasciopathie plantaire sur la marche

La marche est une action simple que nous effectuons tous les jours mais qui nécessite l'utilisation de plusieurs systèmes soit : la vision, le système vestibulaire, les sensations périphériques, la force et le temps de réaction (Menz, Morris, & Lord, 2005). L'évaluation de la marche peut se faire de différentes manières; par la simple observation ou de façon plus complète sur papier avec de l'encre dans le but d'observer les différents points de pression et d'obtenir des mesures spatiales de la marche. Cette méthode est moins valide et fiable, car il exige de la précision humaine à bien développer et appliquer la mesure. De l'autre côté, il existe des appareils de haute technologie, des outils que l'on

insère dans les chaussures ou un tapis d'analyse permettant d'ajouter les mesures temporelles aux mesures spatiales (Menz, Latt, Tiedemann, Kwan, & Lord, 2004). Le GaitRite est un tapis d'analyse portatif permettant l'obtention de données temporelles et spatiales (Menz et al., 2004). Il a été démontré que ce système a une sensibilité similaire aux autres outils utilisés pour l'évaluation de la marche et de ses différents paramètres que ce soit la longueur ou la largeur du pas, la vitesse ou même la cadence et ce, peu importe la vitesse de marche (Bilney, Morris, & Webster, 2003; Menz et al., 2004; Webster, Wittwer, & Feller, 2005). Cependant, aucune autre étude n'a utilisé le GaitRite dans l'étude de la fasciopathie plantaire.

Les différents paramètres de la marche peuvent être modifiés selon différents aspects du pied. Il a été démontré que le type de pied pouvait changer les différents points de pression à la marche. Dans le cas d'un pied plat, les points de pression observés en statique sont davantage dans la portion médiale de celui-ci, soit dans l'arche médiale ainsi que dans le centre de l'avant-pied et dans la portion de l'hallux alors que dans le cas d'un pied creux, les points de pression vont être situés plus latéralement soit dans la portion latérale de l'avant-pied ainsi qu'au talon (Buldt, Allan, Landorf, & Menz, 2018). Dans la même ligne d'idées, les personnes souffrant d'une fasciopathie plantaire présentent elles aussi des modifications au niveau des paramètres spatiotemporels du pied. En effet, celles-ci présentent une diminution de l'appui au niveau de l'arrière-pied ainsi qu'une phase de contact augmentée, de même que la propulsion de l'avant-pied à la marche (Phillips & McClinton, 2017). Ces différences par rapport à ce qui est normalement observé entraînent des modifications de la mécanique du pied autant au niveau de l'arrière que de l'avant du pied, de la 1^{ère} articulation métatarso-phalangienne où les mouvements observés sont augmentés par rapport aux individus sains (Chang, Rodrigues, Van Emmerik, & Hamill, 2014). De plus, il a été démontré que les patients avec fasciopathie plantaire en plus d'avoir des différences au niveau des points de pression avaient aussi une diminution au niveau de la longueur du pas et du temps d'un pas (Yoo et al., 2017). Ainsi, les personnes souffrant de fasciopathie plantaire présenteraient une vitesse de marche réduite dans le but de limiter la douleur perçue à la marche (Chaiwanichsiri et al., 2009; Thong-On et al., 2019). Aussi, les modifications des différents paramètres de la marche ne seraient pas reliées au changement de vitesse, mais bien à la présence de la pathologie (Brachman et al., 2020).

1.2.2 Impact de la fasciopathie plantaire sur l'équilibre postural

L'équilibre postural est la capacité du corps de maintenir un état d'équilibre selon l'activité effectuée (Pollock, Durward, Rowe, & Paul, 2000). L'évaluation de l'équilibre postural peut se faire de multiples façons. Il existe différents test cliniques en statique et dynamique pour l'évaluer tels que le test d'excursion en étoile ou la système d'évaluation d'erreur d'équilibre, mais aussi il est possible de l'évaluer à l'aide d'une plateforme de force (Gonçalves et al., 2017). Cet outil permet de mesurer les différentes forces verticales au niveau de capteurs situés aux quatre coins de celle-ci permettant par la suite d'évaluer les différents paramètres horizontaux du centre de pression (Piirtola & Era, 2006). La plateforme de force permet d'évaluer les déficiences posturales autant chez les sujets jeunes que chez les personnes âgées (Márcio R. Oliveira et al., 2019; Piirtola & Era, 2006).

La présence de déformations ou de troubles biomécaniques, aux pieds, peut en partie affecter l'équilibre postural de différentes façons et par le fait même être en cause dans l'augmentation du risque de chute (Carvalho et al., 2015). Dans le cas de la fasciopathie plantaire, différentes études ont démontré une diminution de l'équilibre postural chez les individus atteints et tentent d'en expliquer les différentes causes possibles. Une première étude a démontré que lorsqu'une personne est atteinte de fasciopathie plantaire, le fascia perdrait de son élasticité ce qui entraînerait une diminution mineure de la proprioception et affecterait négativement l'équilibre du pied touché (Petrofsky et al., 2020). Une autre indique qu'en présence de fasciopathie plantaire, il se créerait une faiblesse des muscles fléchisseurs des pieds, ce qui entraînerait une diminution des capacités d'équilibre de l'individu. L'une d'elles explique que la fasciopathie plantaire est très fréquemment associée à une limitation d'amplitude en dorsiflexion de la cheville, ce qui aurait un impact sur l'équilibre postural (Gonçalves et al., 2017). Enfin, une dernière mentionne que le fascia plantaire servirait de stabilisateur pour l'arche médiale longitudinale du pied lors de la position stationnaire et que plus celui-ci est étiré, plus sa capacité de stabilisation diminue (Wearing et al., 2006).

1.3 Perspective d'une nouvelle étude sur le sujet

Avec le scénario présenté, il devient important de regrouper dans une seule étude les différents paramètres autant au niveau de l'équilibre que de la marche pour évaluer

l'impact de la fasciopathie plantaire sur ces mesures. Car aucune étude précédente ne regroupe toutes ces mesures, ainsi il n'y a que peu de données disponibles à ce sujet. À priori, une méthodologie plus robuste avec un scénario expérimental incluant différentes tâches d'équilibre et vitesses de marche permettrait une meilleure lecture de la problématique et de la généralisation des résultats pour des implications cliniques lors de la prise en charge de cette patientèle dans le domaine de la réadaptation. Sans compter aussi, le rôle préventif du thérapeute lors de l'évaluation précise du problème en utilisant ce genre de mesures valides et fiables. Cette étude permettra donc de rassembler ensemble ces différentes données et d'avoir une vue d'ensemble sur l'impact de la fasciopathie plantaire et s'il existe une interrelation entre les différentes variables statiques et dynamiques mesurées.

Ainsi, ce projet permettra d'enrichir et d'approfondir les connaissances sur la fasciite plantaire et ses conséquences possible au niveau de l'équilibre et de la marche spécifiquement. Le projet a pour but d'exposer une portion probablement peu prise en compte par les cliniciens lors de l'évaluation et du traitement de la fasciite plantaire. Ainsi, cela permettra possiblement d'apporter une nouvelle vision de cette pathologie.

Chapitre 2 : La question de recherche

La question de recherche de la présente étude de maîtrise est décrite autour des objectifs (généraux et spécifiques) mentionnés ci-dessous; dans le but de savoir : est-ce que la problématique de fasciopathie plantaire peut influencer les mesures d'équilibre (l'aire du COP, sa vitesse et sa fréquence) et de marche (vitesse, cadence, longueur et largeur de pas) des individus atteints comparativement à un groupe contrôle?

2.1 Objectifs et hypothèses

Objectifs général et spécifiques

Objectif général

L'objectif général de cette étude de maîtrise a été d'évaluer l'impact de la fasciopathie plantaire sur les mesures cliniques du pied, d'équilibre postural et de la marche chez des adultes symptomatiques en comparaison avec des adultes asymptomatiques.

La principale hypothèse est que la présence de la fasciopathie plantaire affecte négativement les capacités d'équilibre postural et la marche chez les adultes atteints.

Objectifs spécifiques

1. Comparer les individus atteints et non atteints de fasciopathie plantaire sur les mesures cliniques du pied telles que : la douleur à la palpation, la hauteur de l'arche plantaire, la position neutre de calcanéum, l'amplitude articulaire de mouvement maximal lors de la dorsiflexion de la cheville et de la 1^{ère} articulation métatarso-phalangienne;
2. Comparer les mesures de l'équilibre postural à partir des dérivés/paramètres du centre de pression provenant d'une plateforme de force entre les individus atteints et non atteints de fasciopathie plantaire lors de cinq différentes conditions d'équilibre (bipodal avec et sans vision, semi-tandem avec et sans vision, et unipodal).

3. Comparer la marche à partir des variables temporo-spatiales d'un système nommé GaitRite entre les individus atteints et non atteints de fasciopathie plantaire lors des différentes vitesses marche (habituelle, lente et rapide).
4. Déterminer les corrélations entre les mesures cliniques du pied, l'équilibre postural et les mesures spatiotemporelles de la marche chez les individus atteints de fasciopathie plantaire.

Chapitre 3. Article scientifique pour répondre à la question de recherche, incluant la méthodologie et les résultats scientifiques

Impact of plantar fasciitis on postural control and walking in young middle-aged adults

Laure Richer ^{a,b}, Emilie Fortin ^b, Guillaume Gagnon ^b, Suzy Ngomo ^{a,b}, Karen Barros Parron Fernandes ^c, Cristina Cortis ^d, Stéphane Sobczak ^e, Rubens A. da Silva ^{a, b, c, f*}

Affiliations

^a Programme de maîtrise en sciences cliniques et biomédicales, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), Saguenay, Québec, Canada, G7H 2B1.

^b Département des Sciences de la Santé, Centre intersectoriel en santé durable, Laboratoire de recherche BioNR, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), Saguenay, Québec, Canada, G7H 2B1.

^c Doctoral Program of Rehabilitation Sciences, University Pitagoras Unopar (UNOPAR), Londrina 86041-140, Parana, Brazil.

^d Department of Human Sciences, Society and Health, University of Cassino and Lazio Meridionale, Italy

^e Département d'Anatomie, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, Canada, G8Z 4M3.

^f Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Saguenay—Lac-Saint-Jean (CIUSSS SLSJ), La Baie Hospital, Saguenay, Québec, Canada, G7H 7K9.

*Auteur correspondant

Rubens A. da Silva, Ph.D., pht.
Département des Sciences de la Santé
Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)
555, boul. de l'Université
Saguenay G7H 2B1
418 545-5011, poste 6123
Email: rubens.dasilva@uqac.ca

Cet article est soumis et en révision au *Journal The Foot*

3.1 Résumé

Objectif : Cette étude a pour but d'évaluer si la fasciopathie plantaire a un impact sur l'équilibre postural ainsi que le patron de marche dans différentes conditions.

Méthodes : 30 participants (15 avec fasciopathie plantaire) ont eu à effectuer 5 tâches d'équilibre différentes sur une plateforme de force sur laquelle les déplacements du centre de pression étaient analysés pour évaluer le contrôle postural. Les participants devaient aussi effectuer un test de marche sur le système GaitRite en marchant selon 3 vitesses différentes pour l'évaluation de différentes données spatio-temporelles à la marche. De plus, différentes mesures du pied étaient effectuées pour évaluer la mobilité ainsi que la douleur.

Résultats : Aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée entre les deux groupes pour ce qui est des mesures cliniques du pied, excepté pour la douleur à la palpation qui était significativement plus élevée chez le groupe avec fasciopathie plantaire. Pour l'équilibre postural, une différence significative a été observée entre les deux groupes pour ce qui est de l'aire du centre de pression ($p < 0,01$; $d = 0,08$) et la vitesse d'oscillation dans la direction antéro-postérieure ($p = 0,022$; $d = 0,04$), suggérant une diminution du contrôle postural parmi les participants avec fasciopathie plantaire. Pour la marche, il a été démontré chez le groupe pathologique une diminution de la vitesse ($p < 0,01$; $d = 0,12$), la longueur des pas ($p < 0,01$; $d = 0,16$) et de la largeur des pas ($p < 0,01$; $d = 0,18$) par rapport au groupe contrôle durant les trois vitesses de marche effectuées.

Conclusion : Les individus atteints de fasciopathie plantaire présentaient une diminution du contrôle postural, surtout lors d'une tâche d'équilibre plus difficile (semi-tandem et unipodal) ainsi que des changements dans leur patron de marche comparativement à un groupe contrôle. Ces résultats ont des implications pour la prise en charge clinique associée aux limitations physiques comme l'équilibre et la marche des individus souffrant de fasciopathie plantaire lors d'un programme de réadaptation.

3.2 Abstract

Purpose: To assess if plantar fasciitis has an impact on postural control and walking pattern from gait analysis across different experimental conditions.

Methods: Thirty participants (n =15 with plantar fasciitis) performed 5 different balance tasks on a force platform, and the center of pressure (COP) was computed for postural control analysis. Participants were also asked to walk at 3 different speeds on a gait analysis system to compute the spatial-temporal parameters. Clinical foot measurements (pain, mobility) were also collected through all participants.

Results: Clinical foot measurements showed no significant difference between the two groups; except for pain palpation in plantar fasciitis group. Significant differences were observed between the two groups for COP area displacement sway ($p < 0.01$; $d = 0.08$) and velocity ($p = 0.022$; $d = 0.04$), where the fasciitis group reported poorer postural control than control mainly during more challenging balance tasks (semi-tandem, unipodal). Plantar fasciitis group reported a decrease of gait velocity ($p < 0.01$; $d = 0.12$), step length ($p < 0.01$; $d = 0.16$) and step width ($p < 0.01$; $d = 0.18$) when compared to the healthy group across walking speed tests.

Conclusions: Individuals with plantar fasciitis report poor postural control and changes in walking pattern across three speeds performance.

Key words: Foot, Biomechanics, Rehabilitation, Balance, Gait, Plantar fasciitis

3.3 INTRODUCTION

The plantar fascia is made up of collagen fiber split into three bands connecting the medial tuberosity of the calcaneum to the metatarsal heads in continuity with the Achilles tendon (Natali et al., 2010) and with the function of support for plantar arches and the transfer of forces during the different cycles of gait (Natali et al., 2010; Park et al., 2018). However, the self-perceived pain in the plantar part of the heel is often caused by micro tears in the plantar fascia, including these passive structures similar to a tendon injury often called classic foot plantar disorder (Beeson, 2014). Fascia injuries can be due to multiple causes and explained by intrinsic, extrinsic, or the sum of several risk factors such as overuse, overweight, prolonged weight-bearing, limited ankle joint dorsiflexion, muscular weakness, and unbalance (Beeson, 2014). In addition, aging is related to degenerative processes and chronic diseases or systemic conditions such as diabetes (Abate, Schiavone, Di Carlo, & Salini, 2012) or rheumatologic predictors of plantar fasciitis (Cunnane, Brophy, Gibney, & Fitzgerald, 1996). Type of foot, lifestyle, and occupation are other factors that can increase plantar dysfunction (Beeson, 2014; Monteagudo et al., 2018).

Plantar fasciitis is a common musculoskeletal foot disorder (Petraglia et al., 2017), with a prevalence of 7% across adults (Beeson, 2014). This disorder can equally affect both men and women (Beeson, 2014) and is prevalent in adults aged 45 to 64 (Thompson et al., 2014). A plantar fasciitis diagnosis is primarily based on the history of pain (i.e., frequently present in the morning during the first steps or in a prolonged upright posture with overload) reported by the patient, as well as on the pain perceived during palpation of the medial tuberosity of the calcaneum (Thompson et al., 2014). Pain during palpation can be exacerbated by active plantar flexion of the foot or passive dorsiflexion (Glazer, 2009). Imagery can also be used to clarify the diagnosis, such as using an ultrasound system (Menz et al., 2019). The ultrasound allows to assess the thickness of the fascia, the presence of tears, and the swelling of the tissues, which could be injured with the fasciitis (Menz et al., 2019). X-ray is another method but only allows to observe the presence of a calcaneal spur with no relation to pain (Menz et al., 2019). Presence or absence of a calcaneal spur does not allow to establish a diagnosis of plantar fasciitis, since its presence is not related to the onset of pain (Menz et al., 2019). The pathogenesis of plantar fasciitis is like tendinosis. Effectively, when there is an overload or excessive strain on the plantar fascia, this produces microtears, activating the inflammatory response. Since the traumas are repeated at each

step, inflammation becomes chronic and degenerative changes occur in the plantar fascia, especially in the collagen fiber (Glazer, 2009; Wearing et al., 2006). However, inflammatory cells are not always present in the injured tissue, such as in chronic tendon disorders which are more like tendinosis than tendinitis (Wearing et al., 2006).

Overall, the main physical limitations are associated with fasciitis and muscular weakness (Ağırman, 2018), reduction of fascia elasticity (Petrofsky et al., 2020), and finally tension in the Achilles tendon (Cheung et al., 2006). These limitations can further cause proprioception impairment and, consequently, poor postural balance, increasing the risk of falls in older people (Ağırman, 2018; Gonçalves et al., 2017; Petrofsky et al., 2020). In fact, in the presence of plantar fasciitis, thickening of the fascia leads to a loss of elasticity, which directly interferes with the transfer of forces from the back to the front of the foot, consequently affecting proprioception and balance performance (Petrofsky et al., 2020). Therefore, increased tension in the Achilles tendon can affect the plantar fascia, due to reduced height of the arch and increased pressure on the forefoot (Cheung et al., 2006). This phenomenon can impact both static and dynamic balance control (Ağırman, 2018; Gonçalves et al., 2017; Petrofsky et al., 2020).

Although plantar fasciitis affects balance, nothing is known about its impact on walking, based in spatial-temporal gait analysis. It would be interesting to generalize the few findings in literature on a same experimental design using both postural control outcomes from Center of Pressure (COP) measurement under force platform and gait parameters (i.e., cadence, velocity, and other things). In fact, no study has compared the effect of this disorder on static and dynamic task conditions related to balance and walking, which are indispensable for an individual's functionality from activities of daily life. Or, balance and walking are often used to determine individual functionality, prevent disability and mainly future risk of falls associated with the aging process. Thus, to better answer this literature from a more robust experimental protocol and to complete the results from other authors that have assessed only static balance conditions (Petrofsky et al., 2020), the present study aimed to assess, for the first time, the impact of plantar fasciitis on postural control during five balance tasks and on walking performance across three different gait speed analysis in early middle-aged adults. For both conditions, it was expected that individuals suffering from plantar fasciitis would present poor postural control and changes on walking pattern as compared to healthy-control.

3.4 MATERIALS AND METHODS

Study design

An experimental cross-sectional design was performed between October 2020 and March 2021 at the *Clinique universitaire de physiothérapie* of the XXX in collaboration with the *Clinique podiatrique du Saguenay*.

Participants

A total of 30 participants separated into two groups of 15, the pathological group (with plantar fasciitis) and the control group (without plantar fasciitis) were selected among the voluntary population from local community. A power sample calculation was based on a previous study (Petrofsky et al., 2020) and allowed us to say that our sample was enough with a significant level of 0.05 and a power of 0.80. From the mean values of the center of pressure sway under force plate during a tandem (feet apart) balance task with eyes closed in adults with plantar fasciitis ($10.91 \pm 8.56 \text{ cm}^2$) vs. without pathology ($4.67 \pm 1.58.5 \text{ cm}^2$), with Cohen's d (effect size) = 1.01, 30 participants would be needed ($n = 15$ with plantar fasciitis) to run an unpaired t-test between the groups (95% CI) with a power of 0.80.

The general inclusion criteria were being an adult man or woman aged 18 years +. Concerning the pathological group, the specific inclusion criteria were a diagnosis of plantar fasciitis, based on the history of pain (i.e., frequently present in the morning during the first steps or a prolonged upright posture with overload) reported by the patient, as well as the pain perceived during palpation of the medial tuberosity of the calcaneum (Thompson et al., 2014), within the past three months by a doctor specializing in podiatric medicine working at the *Clinique podiatrique du Saguenay (Saguenay, QC, Canada)*. The general exclusion criteria were having (1) surgery of the locomotor system (2) a malformation of the locomotor system (ex: intervertebral fusion), (3) diseases or syndromes that can affect the musculoskeletal, cardiovascular, respiratory, or nervous system, (ex: rheumatism, multiple sclerosis, fibromyalgia), (4) history of neurological conditions, without relation with foot problems (stroke, balance trouble) or vestibular damage (dizziness), (5) be unable to achieve the balance tasks, (6) undergoing medical treatment for plantar fasciitis at the time of testing.

The research project received ethical approval from the Human Research Ethics Committee at the XXX, Quebec, Canada (ethical certification number: 2020-404). Each participant signed the informed consent before their participation.

Procedure

The selection of the pathological participants was first established at the *Clinique podiatrique du Saguenay*, after all participants had participated in a one-hour laboratory session to sign the informed consent and data collection permission. All participants must complete a general survey and the Q-AAP (Questionnaire d'Aptitude à l'Activité Physique). After that, clinical foot measurements (detailed below), different static balance tasks, and walking measurements were performed. First, anthropometric measurements (height, weight, body mass index) were collected, followed by feet posture analysis, balance and gait measures.

Clinical measurements

Clinical measurements for the foot were (Figure 1):

Clinical measurements for the feet were (figure 1) arch height, calcaneum's neutral position, and range of motion. The arch height was measured by a ruler ($\pm 0,5$ mm); the reference point was the height of the prominence of the navicular. The evaluator put a dot on the prominence of the navicular and took the measurement between the dot and the floor (Razeghi & Batt, 2002). The neutral position of the calcaneum (NPC) in charge was performed with a goniometer. The angulation between the bisection of the calcaneum and the perpendicular to the floor was also measured (Cho, Park, & Nam, 2019; Razeghi & Batt, 2002). This measure allows to classify the foot, a NPC inferior to 4 degrees valgus is a flat foot, a NPC between 4-degree valgus and 4-degree varus is a neutral foot and a NPC superior to 4-degree varus is a cavus foot (Razeghi & Batt, 2002). The maximum of Range of Motion (ROM) in dorsiflexion at the first metatarsophalangeal joint (MPJ) (Carvalho et al., 2015) and the ankle joint was also assessed by a goniometer ($\pm 0.5^\circ$) from the Silverskiold test (Monteagudo et al., 2018).

Clinical measurements for balance and gait were (Figure 2):

For the static balance tests, the force plate – BIOMECH 400 (EMG system do Brasil, SP, Ltda) was used to quantify the vertical ground reaction force signals from sampled at 100 Hz. All force signals were filtered with a 35-Hz low-pass second-order Butterworth filter and converted into COP data using proper software, compiled with MATLAB routines (The Mathworks, Natick, MA). Afterward, stabilographic analysis of COP data led to the calculation of the two main postural control parameters across balance conditions (da Silva et al., 2013) (1) 95% confidence ellipse area of COP (Area COP in cm²), (2) mean velocity (VEL COP in cm/s) and (3) mean frequency (in Hz) for both anteroposterior (A/P) and mediolateral (M/L) directions of movement. For all balance tests, COP parameters were calculated for each subject's total duration of the trial. The validity and reliability of these parameters have been adequate (ICC > 0.85) for postural control analysis in different balance conditions (da Silva et al., 2013; Kadri et al., 2020).

For walking analysis during the study, the GaitRite system (GAITRite® Platinum Plus System 16' – 4.876 m, SN: Q209, CIR Systems Inc., Franklin, NJ, USA) was used. This system is comprised of an electronic mat that allows to take spatial and temporal gait measurements with a frequency sampling of 100Hz. During the experimental conditions, the main variables computed across three speeds were: Velocity (cm/s), cadence (step/min), step length (cm), and step width (cm) (Vieira et al., 2015; Webster et al., 2005). These gait parameters from GaitRite system report an excellent concurrent validity (ICC = 0.91–0.99) when compared to Vicon5121 system (Webster et al., 2005) as well as an excellent reliability in test-retest measurements (ICC = 0.85–0.93; (Bilney et al., 2003). In general, the reliability of this system (GAITRite® Platinum Plus System 16' – 4.876 m, SN: Q209, CIR Systems Inc., Franklin, NJ, USA) was found to be excellent for both young and older adults (Menz et al., 2004; Vieira et al., 2017), supporting their utilization for the first time in individuals with plantar fasciitis.

Experimental protocol

After familiarization, all participants had to carry out five different tasks on the force platform (Figure 2). Each task was standardized; participants were barefoot, with arms along the body. Three different foot positions were performed: Bipodal (BP), semi-tandem (ST) (the front foot was chosen by the participant) and unipodal (UP) (the participants chose the

support foot from preferred leg). For the bipodal and semi-tandem positions, the task was performed with eyes open (BPEO and STEO) and closed (BPEC and STEC). During the condition with their eyes open, participants had to look at a target that was on a wall 2 m away at eye-level (Marcio R. de Oliveira et al., 2014; Marcio R. Oliveira et al., 2018). Participants performed two 30-second trials for each balance task, and the average was retained for subsequent analysis (da Silva et al., 2013; Marcio R. Oliveira et al., 2018). An evaluator was near at all times to prevent fall risk, and the tasks were presented randomly for all participants (Marcio R. de Oliveira et al., 2014; Marcio R. Oliveira et al., 2018).

For gait analysis, the participants performed three conditions on walking system: 1) Preferred speed (PS) walk (speed usually used for daily activities), 2) reduced speed (RS) walk (slower than usual speed) and 3) fast speed (FS) walk (faster than usual speed). These three conditions were randomized and performed across 2 trials (Vieira et al., 2017). The mean from trials was used for analysis. A short time of rest (30 sec.) was applied between each condition. Again, one evaluator performed the walk in parallel to the system so the participant would feel more secure and to prevent any risk of falling.

Statistical analysis

All statistical analyses were performed with IBM® SPSS 20 software with an alpha level of 0.05. The normality of each variable was calculated with the Shapiro-Wilk test to determine which statistical analysis would be used. Overall, the Student's *t*-test was used to compare the anthropometric measurements and the clinical foot measurements across two groups (pathological vs. control). Two-way ANOVA with repeated measurements were used to evaluate the effects on two groups (group factor comparison) and to differences from balance and walking tasks (condition factor comparison for balance and walking) and the effects of interactions between them for each dependent variable (COP and gait parameters). When necessary, post hoc analysis, using the Tukey test was used to localise the differences between conditions (balance tasks or speed conditions when walking was analysed). The effect size (ES) of Cohen was also calculated when significance was obtained for any comparisons from the main variables investigated on ANOVA to determine the magnitude of changes (Portney & Watkins, 2000). The effect size was characterized as weak, moderate and strong effects, i.e., $d = 0.2$ is small, $d = 0.5$ medium and $d = 0.8$ large, respectively. Finally, ANCOVA analysis on main factors was applied if necessary to validate that the results are not confounded by age or BMI differences between groups.

3.5 RESULTS

Table 1 presents participant characteristics data (age, height, weight, and BMI). Significant differences between groups were reported for age ($p < 0.01$) and weight ($p = 0.035$), except for height ($p = 0.887$) and for BMI variables ($p = 0.051$).

Clinical foot measurements

The results showed no statistically significant difference between the two groups for all variables, except for pain related to palpation (see Table 2). Pain reported for the pathological group was 3/10 for the left foot and 4/10 for the right foot, with 0 for control. No pain-side effect was detected for any measurements in the pathological group ($p > 0.05$).

Postural control measurements

The results for postural control from ANOVA are presented in Table 3 for 5 balance conditions. Overall, the effects of interactions between groups and balance conditions were not significant ($p > 0.05$), except for variable mean frequency in M/L direction ($p < 0.01$), but with a weak ES $d = 0.10$. This last result was not expected because the difference observed was in favor of the control group with higher COP mean frequency values than the pathological group, mainly for BPEO (0.74 Hz vs. 0.50, respectively) and BPEC (0.78 vs. 0.57, respectively). However, group differences were observed mainly for area of COP ($p < 0.01$; $d = 0.08$) and COP velocity sway in A/P direction ($p = 0.022$; $d = 0.04$); which are the variables more sensitive to determine postural control deficits in a pathological group. Higher COP values for the pathological group indicated poorer postural control than healthy control (with low COP values) in all balance performance conditions (results illustrated in Figure 3).

Balance task conditions also varied significantly ($p < 0.01$; Table 3 for all COP parameters), where STEO, STEC, and UP produced more postural control challenges (higher COP values) than simple conditions (BPEO and BPEC) in both groups. Figure 3 illustrates these results for main COP parameters and sensitive effects of these conditions to discriminate between the two groups (pathological vs. control) mainly in STEC and UP.

At these two conditions (STEC and UP), pathological group (plantar fasciitis) reported more balance deficits than healthy-control mainly for Area COP variable (Figure 3A).

Walking measurements

The results for gait analysis from ANOVA are presented in Table 4 for three speed walking conditions. Again, the effects of interactions between groups and balance conditions were not significant ($p > 0.05$). Group-differences were observed mainly for velocity ($p < 0.01$; $d = 0.12$), step length ($p < 0.01$; $d = 0.16$) and step width ($p < 0.01$; $d = 0.18$) variables; where the pathological group (plantar fasciitis) reported lower values for these gait parameters as compared to healthy-control group across three speeds conditions, as illustrated also in Figure 4.

Walking speed conditions were significantly different between them ($p < 0.01$; Table 4 for all walking parameters) as expected; where FS produced more walking challenges than simple conditions such as PF and RS. In fact, when the speed was increased, then velocity, step length, and step width have higher values than during slower walking. Figure 4 illustrates these results for the main parameters and the sensitive effects between the experimental conditions to discriminate differences between the two groups (pathological vs. control) on walking pattern.

Correlation between clinical foot measurements and postural control and gait

Tables 5 and 6 report the coefficient correlations between foot measurements and balance (COP area variable) and gait (velocity variable), respectively. No systematic significant correlations were found between these measurements. In Table 5, it was observed only a moderate significant correlation between the ROM of the 1st MTP of the right foot and the BPEC balance condition ($r = -0.58$), while in Table 6, a moderate significant correlation was found between PAP of the left foot and velocity during FS walking condition ($r = 0.57$). All the other variables showed no or low correlation between them for the two tables presented.

3.6 DISCUSSION

This study aimed to compare participants with and without plantar fasciitis for the first time during five postural balance tasks under force platform and three speeds of walking activities under the gait analysis system, based on a technological measurement of biomechanics. Our hypothesis was confirmed. Plantar fasciitis compromises postural control mainly during challenge balance tasks and changes the walking patterns, especially during fast speed condition. Or pathological group reported higher COP values under force platform measurements, while reporting lower gait values compared to the healthy-control group, suggesting that these individuals have an increased risk of falling based on poor balance and decreased velocity during walking. These new results have implications for clinical decision-making during preventive and rehabilitation programs for individuals with plantar fasciitis.

For balance measurements, the results of present study were better illustrated for the area ellipse of COP sway and COP velocity in the A/P direction of movement. These two variables proved to be more sensitive for postural instability in the pathological group, because their values were higher than the healthy control group, mainly in more challenging balance tasks (semi-tandem and unipodal). These results are supported by a previous study (Piirtola & Era, 2006) and in agreement with Ađırman in a more recent study of 2018 (Ađırman, 2018), comparing 15 participants with fasciitis vs. 9 healthy across static and dynamic balance tasks on a system, namely Biodex balance. This system promotes a standardized and single balance protocol (Ađırman, 2018), which limit for some generalizations. However, Ađırman reported in their study that healthy-control group has better balance than the fasciitis group. From author, these results were explained by weakness of the plantar flexor muscles during balance performance (Ađırman, 2018). In addition, another study that assessed 25 individuals with plantar fasciitis (mean age 52 years) and 25 healthy controls (mean age 49 years) during different balance tasks using a force platform, as the present study did, also reported poor balance for the experimental fasciitis group. The authors' explanation was that there is reduced elasticity around the fascia, which decreases proprioception and affects balance of the injured feet (Petrofsky et al., 2020). In addition, a decrease in postural control is often associated with an increased risk of falling in individuals with plantar fasciitis, when compared to healthy individuals as suggested by authors (Petrofsky et al., 2020).

The originality of present study was that the balance tasks included are not systematic, such as the Biodex Balance system itself (Ağırman, 2018), and could better represent activities of daily living such as semi-tandem and unipodal conditions (da Silva et al., 2013; Marcio R. Oliveira et al., 2018). The unipodal condition is one of the most challenging and representative to assess postural control across adults and older individuals (da Silva et al., 2013; Marcio R. Oliveira et al., 2018) and often a condition used to predict the risk of falls. This is the first study to report the results for these conditions in individuals with plantar fasciitis and further includes a gait analysis within the same experimental set-up in same study, as will be discussed later. It is essential to remember that the changes in postural control found in the present study are not related to the differences of age or BMI between our two groups. Effectively, age has an impact on postural control and the risk of falling due to neuro-musculoskeletal alteration, while decreasing physiological function (Piirtola & Era, 2006). Here, the use of an ANCOVA with age effect proved that it was not the cause of the differences between the two groups, despite our limited sample size. In addition, the two groups reported differences related to weight, but not for the BMI variable, which has been proven not to be related to changes in postural control measurements (Jeong et al., 2021; Pereira et al., 2018). Thus, it could be assumed that modifications in postural control are caused in great part by the presence of a plantar fasciitis disorder and gradual alterations due to chronic pain (ex: proprioception deficit). In fact, these results may be explained by weakness of the plantar flexor muscles, a decrease in thickness of the plantar fascia or a reduced range of motion at the ankle (for example, the moderate correlation reported in the present study between the metatarsophalangeal joint and COP value), which are all factors that increase the pain related to plantar fasciitis, consequently affecting proprioception, balance, or gait performance as supported by the literature of issue (Ağırman, 2018; Carvalho et al., 2015; Gonçalves et al., 2017; Petrofsky et al., 2020).

Furthermore, the results of present study were supported in five balance tasks, including two more challenge conditions (semi-tandem and unipodal), which were sensitive enough to discriminate the two groups. These two challenge conditions increased the level of difficulty when compared to more simple tasks. This phenomenon was further supported for other studies that use a similar protocol, but comparing the postural balance in participants with and without chronic low back pain, older people, and Parkinson's disease, for example (da Silva et al., 2018; Marcio R. de Oliveira et al., 2014; Terra, Da Silva, Bueno, Ferraz, & Smaili, 2020). Furthermore, the plantar fascia has a stability effect for the

longitudinal medial arch of the foot during static stance and among patients with plantar fasciitis, and this capacity is diminished the higher the tension on the fascia (Wearing et al., 2006). This could explain why the pathological group has a poorer balance than the control group. In fact, the semi-tandem and unipodal conditions seem to be the ones that put more tension on the plantar fascia, which would explain why these are the two more challenging conditions.

With regard to gait analysis, this is the first study to compare subjects, with and without plantar fasciitis, during three speed-walking conditions. The present study results allowed us to conclude that plantar fasciitis modifies the walking pattern across different speeds. The pathological group showed a significant reduction in velocity, step length, and step width when compared to the control-group (as reported in Figure 4). These findings are in line with previous studies investigating walking in this population, which also reported a reduced step length for subjects with plantar fasciitis (Yoo et al., 2017). Only gait parameters was used rather than pressure variables, because the evidence supports that velocity and step length are the two main variables with strong correlations for functional balance tasks and risk of falling (Riis, Byrgesen, Kragholm, Mørch, & Melgaard, 2020). Effectively, it has already been shown that reduction in velocity and step length is strongly related to increased risk of falling, mainly in older people (Vieira et al., 2018). In addition, foot pain can cause reduced walking speed (Chaiwanichsiri et al., 2009), which is associated to the results from present study when a moderate correlation was obtained between pain palpation and gait velocity ($r > 0.50$) during our analysis. This result is in relation with another study describing that patients with plantar fasciitis walk slower to avoid pain, leading to reduced cadence and velocity (Thong-On et al., 2019). Moreover, it has been proven that modifications in gait performance are independent of gait speed in patients with plantar fasciitis (Brachman et al., 2020), so the different walk speeds evaluated during our study do not impact the results. The fact that three different speeds was evaluated here allows us to have more data to validate if the same effect was observed for the three different speeds. The same pattern was observed for each speed, the plantar fasciitis group has a slower walk, so the other parameters were modified accordingly.

The results of present study show that adults with plantar fasciitis would be more prone to falls than non-pathological subjects, based on valid and reliable gait parameters (Vieira et al., 2017). For the differences reported between the three speed conditions, it was observed that during increased walking speed, in parallel, an increase in velocity, step

length, and step width is observed. In fact, changes in walking speed caused a variation on gait parameters; for example, there is more variability in the walking pattern a faster speed, leading to an increased risk of falling (Brown et al., 2015). These results were illustrated in neurological diseases like Parkinson's (Nelson et al., 2002) and other orthopaedic clinical conditions (Picouveau et al., 2020). On the other hand, it has been reported that foot posture has an impact on plantar pressure, much like flat feet have a higher pressure peak on the medial aspect of the foot and cavus feet have a pressure peak more on the lateral column of the foot (Buldt et al., 2018). Specifically, people with plantar heel pain such as plantar fasciitis put more pressure on the forefoot than on the rearfoot, when walking (Phillips & McClinton, 2017) and present a modified kinematic for the rearfoot, the medial forefoot, the first metatarsal phalangeal joint due to the difference in ground reaction force with healthy individuals (Chang et al., 2014). These results from posture and pressure responses are often associated with walking pattern changes, which supports the originality of our results, in agreement with other studies for different pathologies and protocols.

Based on the study results, a moderate correlation was found between ROM of the 1st MPJ of the right foot and COP value during bipodal with eyes closed (BPEC), as well as between PAP of the left foot and gait velocity parameters during fast speed (FS) under the gait analysis system. These correlations could be explained, in part, by the results from poor balance performance and a decreased gait performance when compared to healthy control. The correlation between ROM of 1st MPJ and COP agrees with the results of another study that found that a loss of ROM at the 1st MPJ can cause an increase of the area COP due to a poorer mechanism of control (Carvalho et al., 2015). Another study found a link between plantar fasciitis and limited ROM at the 1st MPJ which caused increased tension to the plantar fascia (Aranda & Munuera, 2014) and the higher the tension on the plantar fascia, the lower the stability of the longitudinal arch of the foot. So, this correlation can explain why patients with plantar fasciitis have poorer balance. The correlation between PAP and reduced gait velocity are in relation with our previous findings of diminished walking speed among the pathological group, in an attempt to avoid pain (Thong-On et al., 2019) and the increased variability in gait parameters during high speed movements (Brown et al., 2015). However, no systematic and significant correlations were found for other COP and gait parameters, which limits the conclusions for a relationship between clinical foot measurements and balance and gait, therefore limiting our study conclusions. No other study has evaluated the correlation between these clinical variables for patients with plantar

fasciitis associated with COP measurements across five balance conditions, and/or gait analysis. In fact, previous studies have evaluated the correlations between foot posture and balance in a normal and aging population, reporting no significant correlation (Cote, Brunet, Gansneder, & Shultz, 2005; Mohd Said, Manaf, Bukry, & Justine, 2015), which in part also concurs with the present study (no systematic effects in correlations).

In summary, our results have clinical and research implications for balance rehabilitation programs for individuals regarding the aging process, as well as for prevention programs linked to musculoskeletal foot postural disorders. Foot posture characteristics are of concern, since cutaneous plantar afferent activity plays a significant role in the regulation of postural control and gait (Maki, Perry, Nome, & McIlroy, 1999). If individuals with foot postural disorders receive less afferent input from the plantar cutaneous receptors, they may have less efficient mechanisms of control of their upright posture during a single-leg stance, for example, and possibly to execute an efficient walking performance (Carvalho et al., 2015). However, our study has some limitations. First, there is some heterogeneity between the two groups regarding the age and weight of the participants. In addition, our power sample calculation was based on a previous study which also pointed out a limited lower sample size that may result in statistical errors (type 2 error), despite the sensitivity of the equipment (force platform or GaitRite) to discriminate balance and/or walking differences between groups. Muscular strength was not assessed between groups to evaluate if there is an impact on postural control and gait results. Also, the evaluation of the PAP was subjective and depended on the participants' pain tolerance, which may affect the results. The imagery could be useful to better determine the clinical status of the injured feet and the impact on balance and gait. From this work's perspective, it could be interesting to evaluate the effect of treatment such as plantar orthotics after some weeks of treatment, if it is possible to see an improvement in postural control and walking pattern. Adding these different elements to future work would allow a more specific evaluation of the impact of plantar fasciitis and the effect of one of its treatments to determine cause and effect through a longitudinal experimental design including a large sample and older people.

CONCLUSION

Individuals with plantar fasciitis reported poor postural control, mainly during more difficult balance tasks such as ST and UP than patients without this condition. These two balance-tasks were more sensitive to discriminate differences between them. In addition, gait parameters were affected by the pathology, where velocity, step length, and step width

were in low values compared to healthy individuals. These results could suggest an increased risk of falls for individuals with plantar fasciitis. In addition, our findings have implications for clinicians during balance and gait evaluation and retraining to manage individuals with plantar fasciitis during rehabilitation programs and prevent falls.

Conflicts of Interest

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author Disclosure Statement

There are no competing financial interests.

References

- Abate, M., Schiavone, C., Di Carlo, L., & Salini, V. (2012). Achilles tendon and plantar fascia in recently diagnosed type II diabetes: Role of body mass index. *Clinical Rheumatology*, 31(7), 1109–1113. <https://doi.org/10.1007/s10067-012-1955-y>
- Ağırman, M. (2018). Evaluation of balance and fall risk in patients with plantar fasciitis syndrome. *Sisli Etfal Hastanesi Tip Bulteni / The Medical Bulletin of Sisli Hospital*, 53(4), 426–429. <https://doi.org/10.14744/semb.2018.68736>
- Anderson, J., & Stanek, J. (2013). Effect of foot orthoses as treatment for plantar fasciitis or heel pain. *Journal of Sport Rehabilitation*, 22(2), 130–136. <https://doi.org/10.1123/jsr.22.2.130>
- Aranda, Y., & Munuera, P. V. (2014). Plantar fasciitis and its relationship with Hallux limitus. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 104(3), 263–268. <https://doi.org/10.7547/0003-0538-104.3.263>
- Beeson, P. (2014). Plantar fasciopathy: Revisiting the risk factors. *Foot and Ankle Surgery*, 20(3), 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2014.03.003>
- Bilney, B., Morris, M., & Webster, K. (2003). Concurrent related validity of GAITRite walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. *Gait & Posture*, 17, 68–74. <https://doi.org/10.1007/BF01527569>
- Bovonsunthonchai, S., Thong-On, S., Vachalathiti, R., Intiravoranont, W., Suwannarat, S., & Smith, R. (2019). Alteration of the multi-segment foot motion during gait in individuals with plantar fasciitis: A matched case-control study. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(4), 73–82. <https://doi.org/10.5277/ABB-01426-2019-02>
- Brachman, A., Sobota, G., Marszałek, W., Pawłowski, M., Juras, G., & Bacik, B. (2020).

- Plantar pressure distribution and spatiotemporal gait parameters after the radial shock wave therapy in patients with chronic plantar fasciitis. *Journal of Biomechanics*, 105, 109773. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109773>
- Brown, K. C., Hanson, H. M., Firmani, F., Liu, D., McAllister, M. M., Merali, K., ... Ashe, M. C. (2015). Gait Speed and Variability for Usual Pace and Pedestrian Crossing Conditions in Older Adults Using the GAITRite Walkway. *Gerontology and Geriatric Medicine*, 1, 233372141561885. <https://doi.org/10.1177/2333721415618858>
- Buldt, A. K., Allan, J. J., Landorf, K. B., & Menz, H. B. (2018). The relationship between foot posture and plantar pressure during walking in adults: A systematic review. *Gait and Posture*. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.02.026>
- Bullo, V., Gobbo, S., Vendramin, B., Duregon, F., Cugusi, L., Di Blasio, A., ... Ermolao, A. (2018). Nordic Walking Can Be Incorporated in the Exercise Prescription to Increase Aerobic Capacity, Strength, and Quality of Life for Elderly: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Rejuvenation Research*, 21(2). <https://doi.org/141-161>. doi: 10.1089/rej.2017.1921. Epub 2017 Nov 20. PMID: 28756746.
- Carvalho, C. E., da Silva, R. A., Gil, A. W., Oliveira, M. R., Nascimento, J. A., & Pires-Oliveira, D. A. A. (2015). Relationship between foot posture measurements and force platform parameters during two balance tasks in older and younger subjects. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(3), 705–710. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.705>
- Chaiwanichsiri, D., Janchai, S., & Tantisiriwat, N. (2009). Foot disorders and falls in older persons. *Gerontology*, 55(3), 296–302. <https://doi.org/10.1159/000181149>
- Chang, R., Rodrigues, P. A., Van Emmerik, R. E. A., & Hamill, J. (2014). Multi-segment foot kinematics and ground reaction forces during gait of individuals with plantar fasciitis. *Journal of Biomechanics*, 47(11), 2571–2577. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.06.003>
- Cheung, J. T. M., Zhang, M., & An, K. N. (2006). Effect of Achilles tendon loading on plantar fascia tension in the standing foot. *Clinical Biomechanics*, 21(2), 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.09.016>
- Cho, Y., Park, J. W., & Nam, K. (2019). The relationship between foot posture index and resting calcaneal stance position in elementary school students. *Gait and Posture*, 74(September), 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.003>
- Cote, K. P., Brunet, M. E., Gansneder, B. M., & Shultz, S. J. (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of Athletic Training*, 40(1), 41–46.
- Cunnane, G., Brophy, D. P., Gibney, R. G., & Fitzgerald, O. (1996). Diagnosis and treatment of heel pain in chronic inflammatory arthritis using ultrasound. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 25(6), 383–389. [https://doi.org/10.1016/S0049-0172\(96\)80003-5](https://doi.org/10.1016/S0049-0172(96)80003-5)
- da Silva, R. A., Bilodeau, M., Parreira, R. B., Teixeira, D. C., & Amorim, C. F. (2013). Age-related differences in time-limit performance and force platform-based balance

- measures during one-leg stance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(3), 634–639. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.01.008>
- da Silva, R. A., Vieira, E. R., Fernandes, K. B. P., Andraus, R. A., Oliveira, M. R., Sturion, L. A., & Calderon, M. G. (2018). People with chronic low back pain have poorer balance than controls in challenging tasks. *Disability and Rehabilitation*, 40(11), 1294–1300. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1294627>
- David, J. A., Sankarapandian, V., Christopher, P. R. H., Chatterjee, A., & Macaden, A. S. (2017). Injected corticosteroids for treating plantar heel pain in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2017(6). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009348.pub2>
- de Oliveira, Marcio R., da Silva, R. A., Dascal, J. B., & Teixeira, D. C. (2014). Effect of different types of exercise on postural balance in elderly women: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59(3), 506–514. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.08.009>
- Drake, C., Mallows, A., & Littlewood, C. (2018). Psychosocial variables and presence, severity and prognosis of plantar heel pain: A systematic review of cross-sectional and prognostic associations. *Musculoskeletal Care*, 16(3), 329–338. <https://doi.org/10.1002/msc.1246>
- Fraser, J. J., Corbett, R., Donner, C., & Hertel, J. (2018). Does manual therapy improve pain and function in patients with plantar fasciitis? A systematic review. *Journal of Manual and Manipulative Therapy*, 26(2), 55–65. <https://doi.org/10.1080/10669817.2017.1322736>
- Gatt, A., Mifsud, T., & Chockalingam, N. (2014). Severity of pronation and classification of first metatarsophalangeal joint dorsiflexion increases the validity of the Hubscher Manoeuvre for the diagnosis of functional hallux limitus. *Foot*, 24(2), 62–65. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2014.03.001>
- Gautham, P., Nuhmani, S., & Kachanathu, S. J. (2015). Plantar fasciitis - An update. *Bangladesh Journal of Medical Science*, 14(1), 3–8. <https://doi.org/10.3329/bjms.v14i1.17052>
- Glazer, J. L. (2009). An approach to the diagnosis and treatment of plantar fasciitis. *Physician and Sportsmedicine*, 37(2), 74–79. <https://doi.org/10.3810/psm.2009.06.1712>
- Gomeñuka, N. A., Oliveira, H. B., Silva, E. S., Costa, R. R., Kanitz, A. C., Liedtke, G. V., ... Peyré-Tartaruga, L. A. (2019). Effects of Nordic walking training on quality of life, balance and functional mobility in elderly: A randomized clinical trial. *PLoS ONE*, 14(1), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211472>
- Gonçalves, G. A., Kamonseki, D. H., Martinez, B. R., Nascimento, M. A., Lombardi Junior, I., & Yi, L. C. (2017). Static, dynamic balance and functional performance in subjects with and without plantar fasciitis. *Fisioterapia Em Movimento*, 30(1), 19–27. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.001.ao02>

- Hillstrom, H. J., Song, J., Kraszewski, A. P., Hafer, J. F., Mootanah, R., Dufour, A. B., ... Deland, J. T. (2013). Foot type biomechanics part 1: Structure and function of the asymptomatic foot. *Gait and Posture*, 37(3), 445–451. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.007>
- Irving, D. B., Cook, J. L., Young, M. A., & Menz, H. B. (2007). Obesity and pronated foot type may increase the risk of chronic plantar heel pain: A matched case-control study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 8, 1–9. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-8-41>
- Jarvis, H. L., Nester, C. J., Jones, R. K., Williams, A., & Bowden, P. D. (2012). Inter-assessor reliability of practice based biomechanical assessment of the foot and ankle, 1–10.
- Jeong, H., Wayne Johnson, A., Brent Feland, J., Petersen, S. R., Staten, J. M., & Bruening, D. A. (2021). Added body mass alters plantar shear stresses, postural control, and gait kinetics: Implications for obesity. *PLoS ONE*, 16(2), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246605>
- Kadri, M. A., Violette, M., Dallaire, M., de Oliveira, F. C. L., Lavallière, M., Ngomo, S., ... da Silva, R. A. (2020). The immediate effect of two lumbar stabilization methods on postural control parameters and their reliability during two balance tasks. *Journal of Manual and Manipulative Therapy*, 29(4). <https://doi.org/10.1080/10669817.2020.1864961>
- Lee, S. H., Suh, D. H., Kim, H. J., Jang, W. Y., Park, Y. H., Sung, H. J., & Choi, G. W. (2021). Association of Ankle Dorsiflexion With Plantar Fasciitis. *Journal of Foot and Ankle Surgery*, 60(4), 733–737. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2021.02.004>
- López-Plaza, D., Juan-Recio, C., Barbado, D., Ruiz-Pérez, I., & Vera-Garcia, F. J. (2018). Reliability of the Star Excursion Balance Test and Two New Similar Protocols to Measure Trunk Postural Control. *PM and R*, 10(12), 1344–1352. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.05.012>
- Maemichi, T., Tsutsui, T., Matsumoto, M., Iizuka, S., Torii, S., & Kumai, T. (2020). The relationship of heel fat pad thickness with age and physiques in Japanese. *Clinical Biomechanics*, 80, 105110. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105110>
- Maki, B. E., Perry, S. D., Nome, R. G., & McIlroy, W. E. (1999). Effect of facilitation of sensation from plantar foot-surface boundaries on postural stabilization in young and older adults. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 54(6), 281–287. <https://doi.org/10.1093/gerona/54.6.M281>
- Menz, H. B., Latt, M. D., Tiedemann, A., Kwan, M. M. S., & Lord, S. R. (2004). Reliability of the GAITRite® walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait and Posture*, 20(1), 20–25. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(03\)00068-7](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(03)00068-7)
- Menz, H. B., Morris, M. E., & Lord, S. R. (2005). Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(12), 1546–1552. <https://doi.org/10.1093/gerona/60.12.1546>

- Menz, H. B., Morris, M. E., & Lord, S. R. (2006). Foot and ankle risk factors for falls in older people: A prospective study. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(8), 866–870. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.8.866>
- Menz, H. B., Thomas, M. J., Marshall, M., Rathod-Mistry, T., Hall, A., Chesterton, L. S., ... Roddy, E. (2019). Coexistence of plantar calcaneal spurs and plantar fascial thickening in individuals with plantar heel pain. *Rheumatology (United Kingdom)*, 58(2), 237–245. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/key266>
- Michikawa, T., Nishiwaki, Y., Takebayashi, T., & Toyama, Y. (2009). One-leg standing test for elderly populations. *Journal of Orthopaedic Science*, 14(5), 675–685. <https://doi.org/10.1007/s00776-009-1371-6>
- Mohd Said, A., Manaf, H., Bukry, S. A., & Justine, M. (2015). Mobility and balance and their correlation with physiological factors in elderly with different foot postures. *BioMed Research International*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/385269>
- Monteagudo, M., de Albornoz, P. M., Gutierrez, B., Tabuenca, J., & Álvarez, I. (2018). Plantar fasciopathy: A current concepts review. *EFORT Open Reviews*, 3(8), 485–493. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170080>
- Nakale, N. T., Strydom, A., Saragas, N. P., & Ferrao, P. N. F. (2018). Association Between Plantar Fasciitis and Isolated Gastrocnemius Tightness. *Foot and Ankle International*, 39(3), 271–277. <https://doi.org/10.1177/1071100717744175>
- Natali, A. N., Pavan, P. G., & Stecco, C. (2010). A constitutive model for the mechanical characterization of the plantar fascia. *Connective Tissue Research*, 51(5), 337–346. <https://doi.org/10.3109/03008200903389127>
- Nelson, A. J., Zwick, D., Brody, S., Doran, C., Pulver, L., Roosz, G., ... Rothman, J. (2002). The validity of the GaitRite and the functional ambulation performance scoring system in the analysis of Parkinson gait. *NeuroRehabilitation*, 17(3), 255–262. <https://doi.org/10.3233/nre-2002-17312>
- Oliveira, Marcio R., Vieira, E. R., Gil, A. W. O., Fernandes, K. B. P., Teixeira, D. C., Amorim, C. F., & Da Silva, R. A. (2018). One-legged stance sway of older adults with and without falls. *PLoS ONE*, 13(9), e023887. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203887>
- Oliveira, Márcio R., Vieira, E. R., Gil, A. W. O., Teixeira, D. C., Amorim, C. F., & da Silva, R. A. (2019). How many balance task trials are needed to accurately assess postural control measures in older women? *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23(3), 594–597. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.04.004>
- Park, S. Y., Bang, H. S., & Park, D. J. (2018). Potential for foot dysfunction and plantar fasciitis according to the shape of the foot arch in young adults. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(3), 497–502. <https://doi.org/10.12965/jer.1836172.086>
- Pereira, C., da Silva, R. A., de Oliveira, M. R., Souza, R. D. N., Borges, R. J., & Vieira, E. R. (2018). Effect of body mass index and fat mass on balance force

- platform measurements during a one-legged stance in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 30(5), 441–447. <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0796-6>
- Petraglia, F., Ramazzina, I., & Costantino, C. (2017). Plantar Fasciitis in athletes: diagnostic and treatment strategies. A systematic review, 7 (1)(Muscles, Ligaments and Tendons Journals), 107–118.
- Petrofsky, J., Donatelli, R., Laymon, M., & Lee, H. (2020). Erratum: Petrofsky, J., et al. Greater Postural Sway and Tremor during Balance Tasks in Patients with Plantar Fasciitis Compared to Age-Matched Controls. *Healthcare* 2020, 8, 219. *Healthcare*, 8(4), 510. <https://doi.org/10.3390/healthcare8040510>
- Phillips, A., & McClinton, S. (2017). Gait deviations associated with plantar heel pain: A systematic review. *Clinical Biomechanics*, 42, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.12.012>
- Picouveau, A., Orsoni, N., Hardy, J., Mabit, C., Charissoux, J. L., & Marcheix, P. S. (2020). Analysis of the effects of arthrodesis of the hallux metatarsophalangeal joint on gait cycle: results of a GAITRite® treadmill test. *International Orthopaedics*, 44(10), 2167–2176. <https://doi.org/10.1007/s00264-020-04716-5>
- Piirtola, M., & Era, P. (2006). Force platform measurements as predictors of falls among older people - A review. *Gerontology*, 52(1), 1–16. <https://doi.org/10.1159/000089820>
- Pollock, A. ., Durward, B. ., Rowe, P., & Paul, J. . (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14, 402–406.
- Portney, L. G., & Watkins, M. P. (2000). *Validity and Reliability; in Prentice-hall(Ed.): Foundations of Clinical Research Applications to Practice* (2n ed). Upper Saddle River, New Jersey.
- Rasenberg, N., Fuit, L., Poppe, E., Kruijsen-Terpstra, A. J. A., Gorter, K. J., Rathleff, M. S., ... Van Middelkoop, M. (2016). The STAP-study: The (cost) effectiveness of custom made orthotic insoles in the treatment for plantar fasciopathy in general practice and sports medicine: Design of a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 17(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-0889-y>
- Razeghi, M., & Batt, M. E. (2002). Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait & Posture*, 15, 282–291.
- Rhim, H. C., Kwon, J., Park, J., Borg-Stein, J., & Tenforde, A. S. (2021). A systematic review of systematic reviews on the epidemiology, evaluation, and treatment of plantar fasciitis. *Life*, 11(12), 1–25. <https://doi.org/10.3390/life11121287>
- Riis, J., Byrgesen, S. M., Kragholm, K. H., Mørch, M. M., & Melgaard, D. (2020). Validity of the gaitrite walkway compared to functional balance tests for fall risk assessment in geriatric outpatients. *Geriatrics (Switzerland)*, 5(4), 1–7. <https://doi.org/10.3390/geriatrics5040077>
- Sawyer, G. A., Lareau, C. R., & Mukand, J. A. (2012). Diagnosis and management of heel and plantar foot pain. *Medicine and Health, Rhode Island*, 95(4), 125–128.

- Schmitz, C., Császár, N. B. M., Rompe, J. D., Chaves, H., & Furia, J. P. (2013). Treatment of chronic plantar fasciopathy with extracorporeal shock waves (review). *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/1749-799X-8-31>
- Singh, P., Madanipour, S., Bhamra, J. S., & Gill, I. (2017). A systematic review and meta-analysis of platelet-rich plasma versus corticosteroid injections for plantar fasciopathy. *International Orthopaedics*, 41(6), 1169–1181. <https://doi.org/10.1007/s00264-017-3470-x>
- Smallcomb, M., Khandare, S., Vidt, M. E., & Simon, J. C. (2021). Therapeutic ultrasound and shockwave therapy for tendinopathy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, Publish Ah*(8), 801–807. <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000001894>
- Stecco, C., Corradin, M., Macchi, V., Morra, A., Porzionato, A., Biz, C., & De Caro, R. (2013). Plantar fascia anatomy and its relationship with Achilles tendon and paratenon. *Journal of Anatomy*, 223(6), 665–676. <https://doi.org/10.1111/joa.12111>
- Terra, M. B., Da Silva, R. A., Bueno, M. E. B., Ferraz, H. B., & Smaili, S. M. (2020). Center of pressure-based balance evaluation in individuals with Parkinson’s disease: a reliability study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 36(7), 826–833. <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1508261>
- Thompson, J. V., Saini, S. S., Reb, C. W., & Daniel, J. N. (2014, December 1). Diagnosis and management of plantar fasciitis. *Journal of the American Osteopathic Association*. American Osteopathic Association. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2014.177>
- Thong-On, S., Bovonsunthonchai, S., Vachalathiti, R., Intravoranont, W., Suwannarat, S., & Smith, R. (2019). Effects of strengthening and stretching exercises on the temporospatial gait parameters in patients with plantar fasciitis: A randomized controlled trial. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 43(6), 662–676. <https://doi.org/10.5535/arm.2019.43.6.662>
- Trojan, T., & k. Tucker, A. (2019). Plantar fasciitis. *American Family Physician*, 99(12), 744.
- Vieira, E. R., da Silva, R. A., Severi, M. T., Barbosa, A. C., Amick, B. C., Zevallos, J. C., ... Chaves, P. H. M. (2018). Balance and gait of frail, pre-frail, and robust older hispanics. *Geriatrics (Switzerland)*, 3(3), 1–7. <https://doi.org/10.3390/geriatrics3030042>
- Vieira, E. R., Lim, H. H., Brunt, D., Hallal, C. Z., Kinsey, L., Errington, L., & Gonçalves, M. (2015). Temporo-spatial gait parameters during street crossing conditions: A comparison between younger and older adults. *Gait and Posture*, 41(2), 510–515. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.12.001>
- Vieira, E. R., Tappen, R., Gropper, S. S., Severi, M. T., Engstrom, G., De Oliveira, M. R., ... Da Silva, R. A. (2017). Changes on walking during street crossing situations and on dorsiflexion strength of older caribbean americans after an exercise program: A

pilot study. *Journal of Aging and Physical Activity*, 25(4), 525–532.
<https://doi.org/10.1123/japa.2016-0231>

Wearing, S. C., Smeathers, J. E., Urry, S. R., Hennig, E. M., & Hills, A. P. (2006). The pathomechanics of plantar fasciitis. *Sports Medicine*, 36(7), 585–611.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200636070-00004>

Webster, K. E., Wittwer, J. E., & Feller, J. A. (2005). Validity of the GAITRite® walkway system for the measurement of averaged and individual step parameters of gait. *Gait and Posture*, 22(4), 317–321. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.10.005>

Whittaker, G. A., Munteanu, S. E., Menz, H. B., Tan, J. M., Rabusin, C. L., & Landorf, K. B. (2018). Foot orthoses for plantar heel pain: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(5), 322–328. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097355>

Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3, 193–214.

Yoo, S. D., Kim, H. S., Lee, J. H., Yun, D. H., Kim, D. H., Chon, J., ... Han, Y. R. (2017). Biomechanical parameters in plantar fasciitis measured by gait analysis system with pressure sensor. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 41(6), 979–989.
<https://doi.org/10.5535/arm.2017.41.6.979>

Tableau 1 : Participants' characteristics

Variables	Control Group (n=15)	Pathological Group (n=15)	P value
Age	33.3 ± 13.8	50.1 ± 10.5	<0.001*
Height	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.1	0.887
Weight	76.4 ± 14.1	90 ± 19.1	0.035*
BMI	26.9 ± 4.9	31.5 ± 7.2	0.050

Data are expressed as mean ± SD (standard derivation).

BMI = body mass index.

* Significant group difference $p < 0.05$ (Student's *t*-test)

Tableau 2 : Biomechanical measurements of foot

Variables	Control group (n=15)	Pathological group (n=15)	P value (group)	P value (Effect side)	P value (interaction)
PAP (L)	0 ± 0	2.9 ± 2.5	<0.001*	0.498	0.498
PAP (R)	0 ± 0	3.7 ± 3.8			
NCP (L)	3.5 ± 2.6	3.0 ± 1.5	0.08	0.537	0.952
NCP(R)	3.8 ± 2.5	2.6 ± 1.8			
Arch height (L)	4.2 ± 0.6	4.5 ± 0.7	0.126	0.905	0.553
Arch height (R)	4.3 ± 0.6	4.6 ± 0.8			
ROM 1stMPJ (R)	44.3 ± 6.9	41.7 ± 9.9			
ROM ankle (R)	4.9 ± 2.8	4.7 ± 4.5			

All data are express as mean ± SD (standard derivation).

(L) = left. (R) = right. PAP = pain at palpation. NCP = neutral calcaneal position. ROM = range of motion. MPJ = metatarsophalangeal joint

* Significant group difference = $p < 0.05$ (Student's *t*-test)

Tableau 3 : Postural control measurement: ANOVA results

Variables	Two-way ANOVA results (<i>P</i> values)			Direction of effects ^a
	Groups (effect size)	Conditions (effect size)	Groups X Conditions (effect size)	
Aera CoP	<0.01 (0.08) *	<0.01(0.62) *	0.38 (0.03)	BPEO and BPEC < STEO, STEC and UP
Velocity A/P	0.02 (0.04) *	<0.01 (0.68) *	0.81 (0.01)	
Velocity M/L	0.13 (0.02)	<0.01 (0.78) *	0.24 (0.03)	
Frequency A/P	0.06 (0.02)	<0.01 (0.49) *	0.35 (0.03)	
Frequency M/L	<0.01 (0.08) *	<0.01 (0.51) *	<0.01 (0.10) *	

ANOVA results (*P* value) corresponding to the comparisons between the control group and pathological group (group factor) and between balance conditions (conditions factor) for the postural control measurement

* Significant differences between group (control vs. pathological) and between conditions (BPEO vs. BPEC vs. STEO vs. STEC vs. UP)

^a Directions of the effects when the conditions factor was significant. BPEO and BPEC show less instability than STEO, STEC and UP.

Tableau 4 : Walking measurement with GAITRite: ANOVA results

Variables	Two-way ANOVA results (<i>P</i> values)			Direction of effects ^a
	Groups (effect size)	Conditions (effect size)	Groups X Conditions (effect size)	
Velocity	<0.01 (0.12) *	<0.01(0.86) *	0.15 (0.04)	RD < PS < FS
Cadence	0.41 (0.01)	<0.01 (0.81) *	0.72 (0.01)	
Step length	<0.01 (0.16) *	<0.01 (0.74) *	0.67 (0.01)	
Step width	<0.01 (0.18) *	<0.01 (0.74) *	0.59 (0.01)	

ANOVA results (*P* value) corresponding to the comparisons between the control group and pathological group (group factor) and between balance conditions (conditions factor) for the walking measurement with GAITRite

* Significant differences between group (control vs. pathological) and between conditions (RS vs. PS vs. FS)

^a Directions of the effects when the conditions factor was significant. RS show diminished walk parameters compared to PS and FS.

Tableau 5 : Coefficient correlation results for COP area parameter from balance

Variables	BPEO	BPEC	STEO	STEC	UP
PAP (L)	0.41	-0.08	0.09	0.20	0.17
PAP (R)	0.16	0.19	0.06	0.30	-0.05
NCP (L)	0.39	0.11	-0.05	0.20	0.22
NCP (R)	0.47	0.20	0.10	0.25	0.21
Arch height (L)	0.07	0.03	-0.43	0.02	0.35
Arch height (R)	-0.03	-0.09	-0.47	0.06	0.24
ROM 1st MPJ (L)	-0.05	-0.43	-0.29	-0.68	-0.36
ROM 1st MPJ (R)	-0.02	-0.58*	-0.20	-0.43	-0.16
ROM ankle (L)	0.49	0.07	-0.16	-0.16	-0.12
ROM ankle (R)	0.41	0.03	-0.17	-0.13	-0.15

(L) = left. (R) = right. PAP = pain at palpation. NCP = neutral calcaneal position. ROM = range of motion. MPJ = metatarsophalangeal joint. BPEO = Bipodal eyes open. BPEC = Bipodal eyes close. STEO = Semi-tandem eyes open. STEC = Semi-tandem eyes closed. UP = Unipedal.

Tableau 6 : Coefficient of correlation results for gait analysis

Variables	PS	RS	FS
PAP (L)	0.25	-0.02	0.57*
PAP (R)	0.01	0.25	-0.02
NCP (L)	-0.47	-0.19	-0.08
NCP (R)	-0.43	-0.32	-0.11
Arch height (L)	0.12	0.38	0.38
Arch height (R)	0.17	0.46	0.36
ROM 1st MPJ (L)	-0.18	0.19	-0.01
ROM 1st MPJ (R)	-0.03	0.26	0.03
ROM ankle (L)	0.22	0.06	0.36
ROM ankle (R)	0.23	0.05	0.36

(L) = left. (R) = right. PAP = pain at palpation. NCP = neutral calcaneal position. ROM = range of motion. MPJ = metatarsophalangeal joint. PS = Preferred Speed. RS = Reduced Speed. FS = Fast speed.

Figure 1 : Clinical measurements of foot

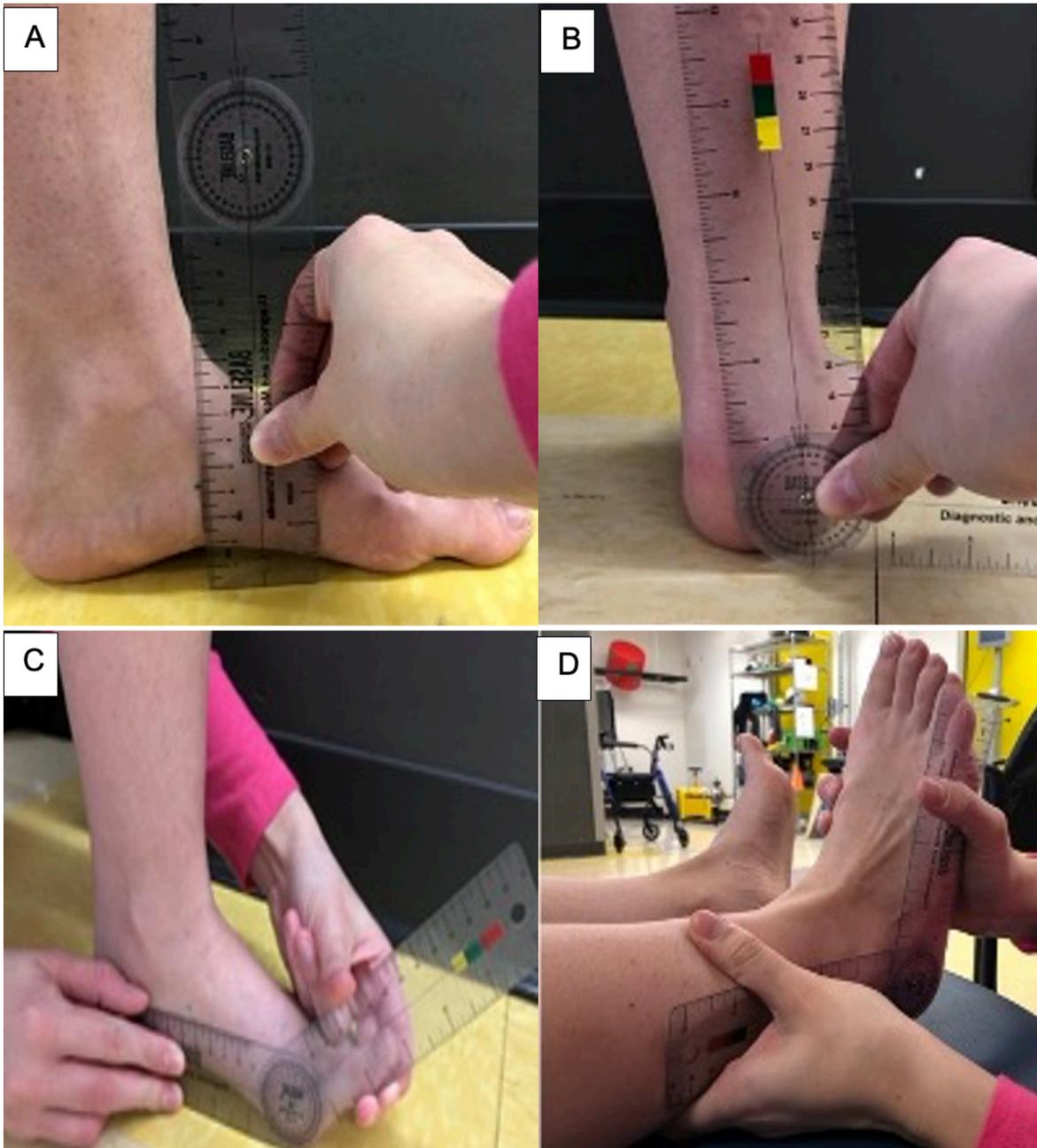


Figure 1: A) Arch height, B) Neutral position of the calcaneum, C) ROM 1st metatarsophalangeal joint, D) ROM ankle

Figure 2 : Force Platform et GAITRite

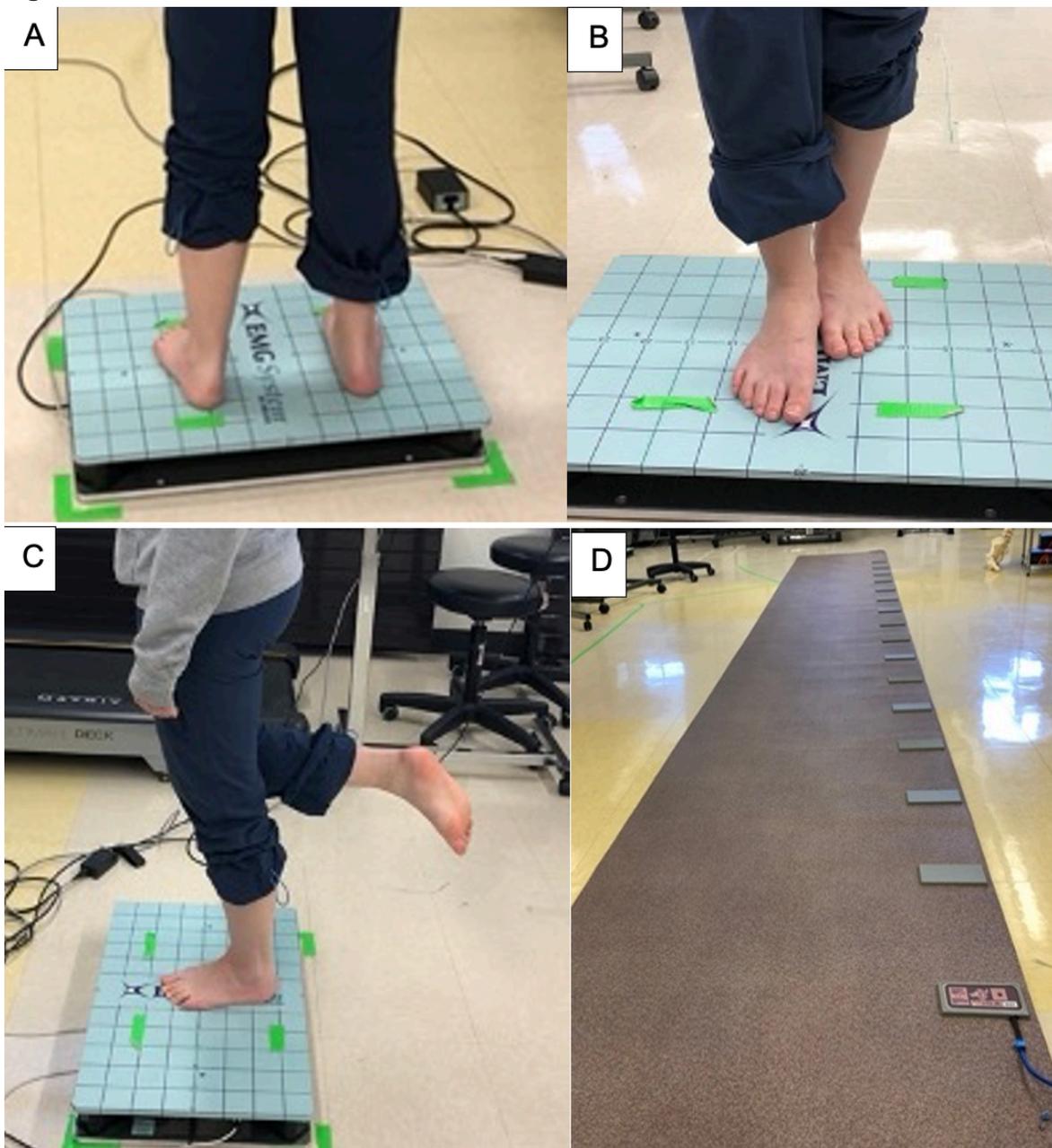
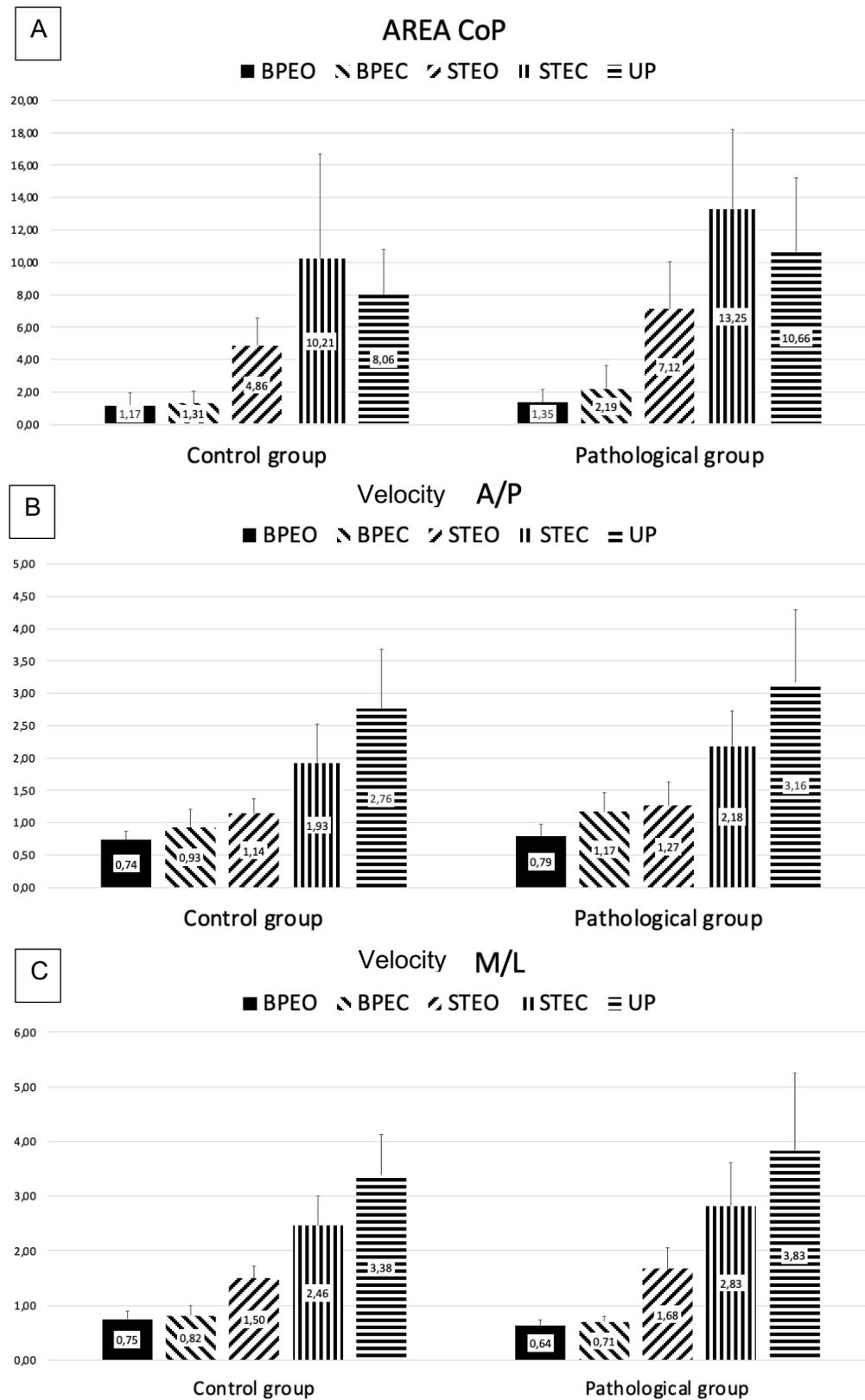
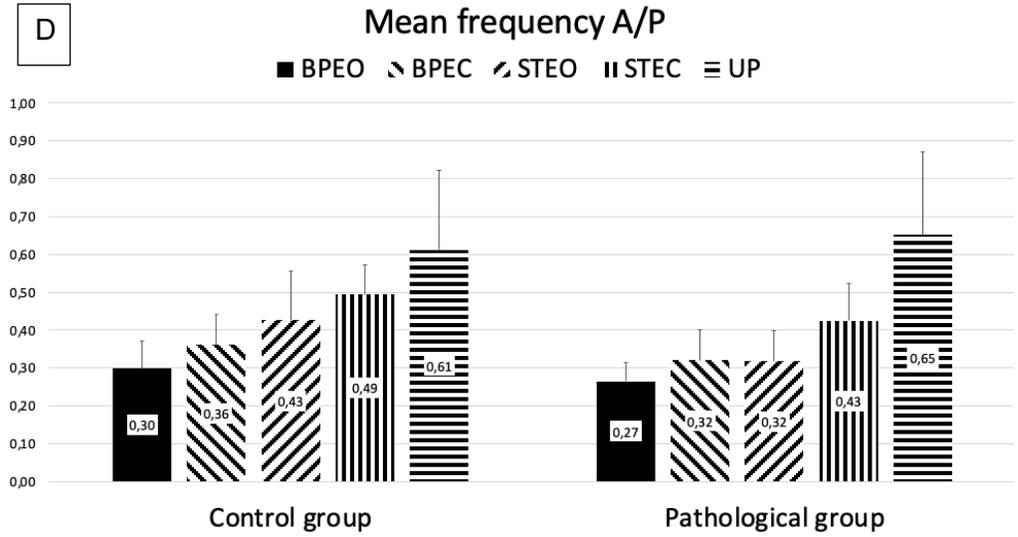


Figure 2: A) Bipodal position, B) Semi-tandem position, C) Unipodal position, D) GaitRite

Figure 3 : Postural control measurement results between groups and conditions



D



E

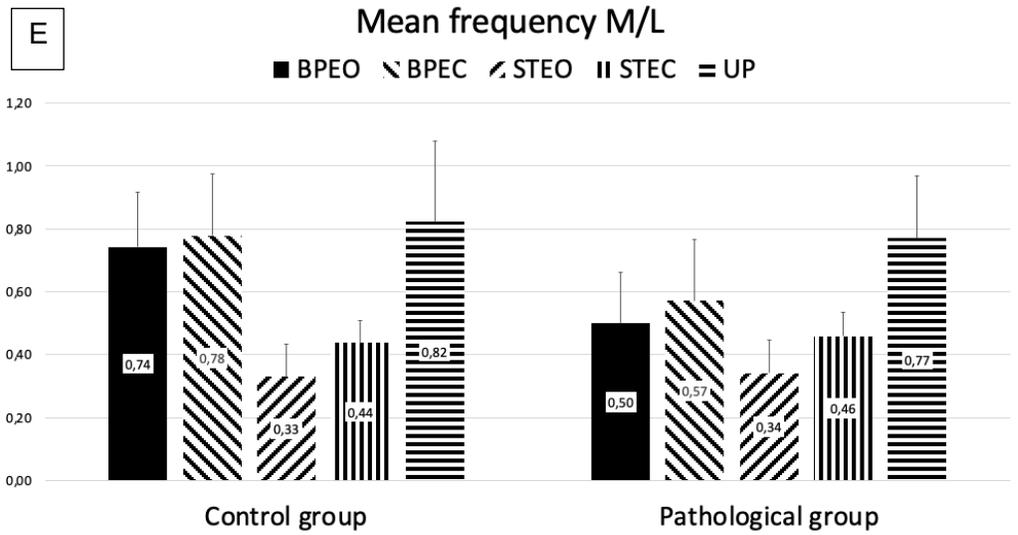


Figure 3: Area of COP (A); COP velocity sway in A/P (B) and in M/L (C), and mean frequency in A/P (D) and in M/L (E).

Figure 4 : Walking measurement with GaitRite results for group and speed comparisons

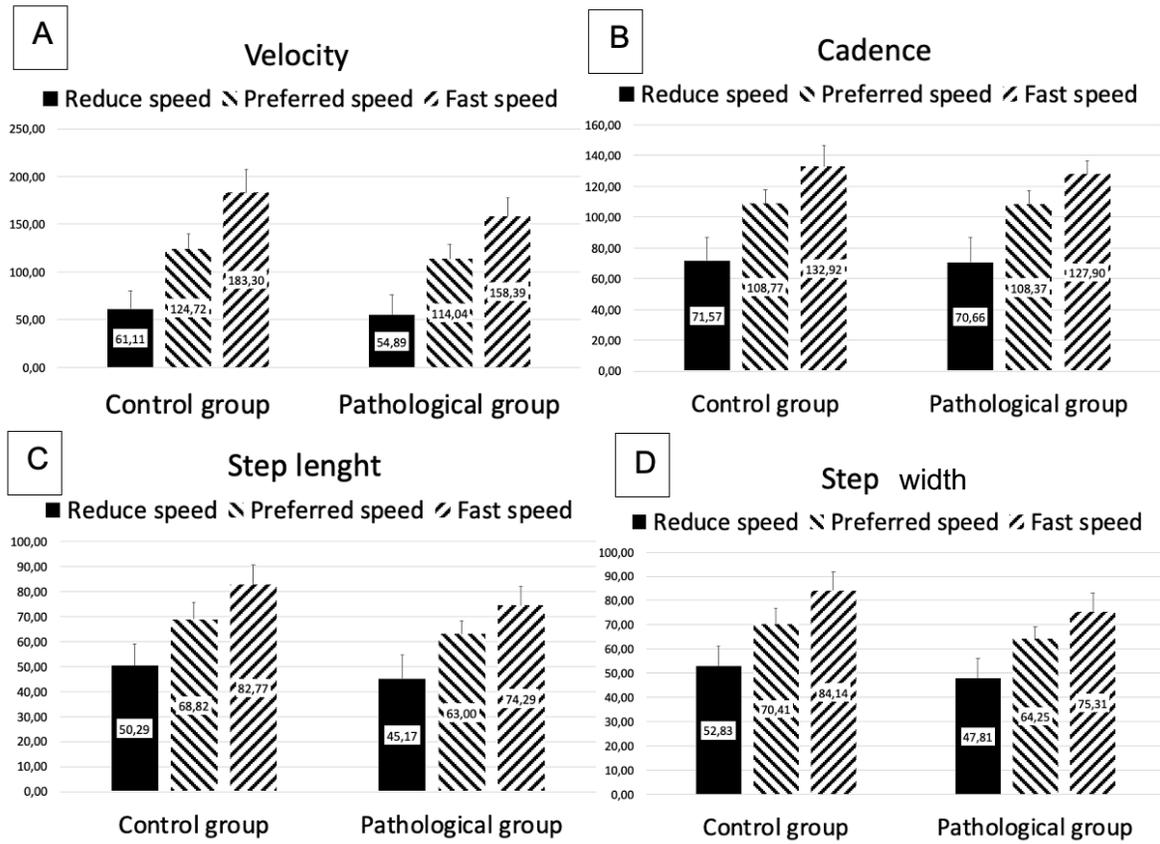


Figure 4: The gait parameters are velocity (A), cadence (B), step length (C) and step width (D).

Chapitre 4 : Discussion générale

La présente étude avait pour but de comparer les individus atteints de fasciopathie plantaire avec des individus sains (groupe-contrôle) pour la première fois, dans un même devis expérimental. Le tout incluant cinq différentes tâches d'équilibre effectuées sur une plateforme de force ainsi que l'évaluation de la marche exécutée à 3 différentes vitesses sur le système GaitRite, en plus de mesurer les aspects cliniques de la posture du pied et la douleur plantaire. Notre hypothèse était que la présence de la fasciopathie plantaire pourrait influencer les mesures d'équilibre et du patron de marche par rapport à la normale (au groupe contrôle). Cette hypothèse a été en partie confirmée. Les principaux résultats de la présente étude ont montré des valeurs moyennes du centre de pression plus élevées dans le groupe pathologique que le groupe contrôle, ce qui indique une instabilité posturale plus importante avec la pathologie et possiblement un risque de chutes augmenté chez cette patientèle. Cette instabilité posturale est davantage affectée lors des conditions plus difficiles d'équilibre, comme en appui semi-tandem et unipodal, avec une taille d'effet assez important de changement clinique entre les conditions. De plus, la présente étude a observé un changement des variables spatiotemporelles de marche chez la clientèle pathologique par rapport au groupe contrôle pour les différentes vitesses de marche. Ces résultats ont des implications lors de la prise en charge clinique de la fasciopathie plantaire, dans un but diagnostique de mieux comprendre le problème en prévention ou en intervention incluant l'évaluation et la prescription d'exercices pour l'équilibre et la marche chez cette patientèle. Ces résultats contribuent à enrichir la littérature sur le sujet pour les cliniciens en médecine physique et pour la réadaptation lors des limitations fonctionnelles retrouvées chez les individus souffrant de douleur plantaire.

4.1 Échantillon et profil des individus recrutés et perspective vers le vieillissement et la prévalence de ce problème dans la société

Le recrutement des participants a permis d'obtenir deux groupes égaux, l'un composé d'individus souffrant de fasciopathie plantaire ($n=15$) et l'autre d'individus sains ($n=15$). Les deux groupes présentent toutefois des différences aux niveaux de l'âge et du poids des participants. Tout d'abord, le groupe pathologique présente une moyenne d'âge plus élevée ($50 \pm 10,5$ ans) que le groupe contrôle ($33,3 \pm 13,8$ ans). Selon la littérature, l'âge des participants peut avoir un impact négatif sur les mesures d'équilibre postural et les risques de chutes dus à une diminution des

capacités neuromusculaires entraînant une baisse de la fonction physiologique avec l'avancement en âge (Piirtola & Era, 2006). Malgré la différence entre les groupes concernant l'âge, l'analyse par l'ANCOVA a confirmé les différences entre les groupes pour l'équilibre et la marche, indépendamment de ce facteur confondant. Cette analyse contribue alors pour les conclusions de la présente étude où les individus d'âge moyen ($50 \pm 10,5$ ans) souffrant de fasciopathie plantaire ont un déficit d'équilibre postural et un changement au niveau du patron de marche lors des différentes conditions expérimentales. Il est toutefois intéressant d'analyse que la moyenne d'âge du groupe pathologique correspond au groupe d'âge le plus touché par la fasciopathie plantaire. Ainsi, on peut se demander s'il n'est pas normal au vu de la pathologie que ce groupe présente une moyenne d'âge plus élevé. La deuxième différence entre les groupes correspond au poids; qui est aussi plus élevé chez le groupe avec fasciopathie plantaire ($90 \pm 19,1$ kg) par rapport au groupe contrôle ($64 \pm 4,1$ kg). Malgré cette différence au niveau du poids, il n'y a aucune différence significative entre les groupes pour la variable IMC, qui corrige et normalise ce facteur. De plus, selon la littérature, l'IMC n'affecte pas les mesures de l'équilibre postural sur une plateforme de force (Jeong et al., 2021; Pereira et al., 2018), ce qui supporte les résultats de la présente étude. Cependant, nous pouvons aussi prendre en considération qu'un IMC élevé ou du moins un surpoids est un facteur de risque de la fasciopathie plantaire. Tout comme pour l'âge il est donc normal de penser que ce groupe puisse présenter une différence par rapport au groupe contrôle. Or, il est assumé que les différences observées pour les principales mesures de l'étude, entre le groupe pathologique et le groupe sains, pourraient être plutôt associées à la présence de la fasciopathie plantaire.

4.2 Conditions cliniques et mesures du pied chez les participants de l'étude

Selon la littérature, la posture du pied aurait un impact au niveau des différents zones de pression du pied. Ainsi, une personne ayant des pieds plats présenterait davantage de zones de pression dans la portion médiale de ses pieds quant à une personne qui a les pieds creux, celle-ci seraient plus au niveau de la colonne latérale (Buldt et al., 2018). Ces changements entraîneraient des modifications de patron de marche selon le type de pied rendant l'individu plus sujet à différentes blessures ou problématique tels qu'une hypermobilité du 1^{er} rayon et un risque accru de fracture de stress du 2^e métatarse chez les patients avec un pied plat et un risque augmenté de fracture de stress dans la portion latérale de l'avant-pied chez ceux avec un pied creux (Buldt et al., 2018). De plus, la présence de différentes pathologies pourrait faire varier ces différents points de pression, dans le cas d'un individu souffrant de douleur au talon, tel que la

fasciopathie plantaire, la pression serait augmentée au niveau de l'avant-pied par rapport à l'arrière-pied à la marche (Phillips & McClinton, 2017). Ces différences au niveau des zones de pression et de leur réaction par rapport au sol entraineraient une variation de la cinématique de l'arrière-pied, de la portion médiale de l'avant-pied ainsi que de la 1^{re} articulation métatarso-phalangienne (Chang et al., 2014).

Dans la présente étude, les résultats des mesures de la posture du pied récoltées ne démontrent pas de différence significative entre le groupe pathologique et le groupe contrôle. En effet, lors de la mesure de la position neutre du calcanéum, la hauteur de l'arche et les amplitudes de mouvement à la cheville ainsi qu'à la première articulation métatarso-phalangienne les deux groupes présentaient des mesures similaires.

Les deux premières mesures soit la position neutre du calcanéum ainsi que la hauteur de l'arche sont deux mesures relativement simples qui permettent de catégoriser un pied soit comme étant plat, droit ou creux (Cho et al., 2019; Razeghi & Batt, 2002). Ces deux mesures sont fréquemment utilisées par les professionnels pour leur rapidité et leur faible cout d'utilisation, cependant comme ce sont des mesures statiques leur utilisation est limitée du fait qu'elles peuvent ne pas être représentatives de la dynamique du pied (Cho et al., 2019; Razeghi & Batt, 2002). Cependant , la mesure de la position neutre d u calcanéum a été démontré comme ayant une faible reproductibilité inter évaluateur donc pouvant amener une imprécision dans les mesures obtenues (Jarvis, Nester, Jones, Williams, & Bowden, 2012). Elles sont donc ici utilisées simplement dans le but d'évaluer s'il y a prédominance d'un type de pied par rapport à un autre chez les participants avec fasciopathie plantaire ce qui n'est pas le cas des résultats obtenus.

La mesure d'amplitude de mouvement en dorsiflexion de la cheville permet d'évaluer la présence d'une contracture des muscles gastrocnémiens. Le test le plus utilisé pour cette mesure est le test de Silverskiold, qui est utilisé dans la présente étude, qui permet selon la mesure obtenue lorsque le genou est plié ou allongé d'identifier s'il y a une contracture des muscles gastrocnémiens seuls ou associés avec une contracture du muscle soléaire (Nakale, Strydom, Saragas, & Ferrao, 2018). La présence d'une contracture des muscles gastrocnémiens est souvent associée avec un risque augmenté de fasciopathie plantaire, cependant certaines études démontrent qu'il n'y a pas de différence significative chez les participants avec fasciopathie plantaire par rapport à des participants sains pour le test de Silverskiold (Lee et al., 2021; Nakale et al., 2018), ce qui correspond avec les résultats obtenus lors de la présente étude. Cependant tout comme la mesure de la position neutre du calcanéum le test de Silverskiold démontre elle

aussi une faible reproductibilité inter évaluateur ce qui laisse supposer que la mesure est assez imprécise et donc possiblement fausser les résultats obtenus.

Quant à elle, la mesure d'amplitude de mouvement de la première articulation métatarso-phalangienne est souvent utilisée dans un but de détection de problème latent, puisque c'est une mesure importante pour l'analyse de la marche. En effet, une diminution d'amplitude de mouvement à cette articulation peut entraîner une augmentation importante de pression sous la première tête métatarsienne (Gatt, Mifsud, & Chockalingam, 2014). Certaines études ont démontré un lien entre la présence de fasciopathie plantaire et d'une limitation de cette mesure d'où son intérêt dans ce projet (Aranda & Munuera, 2014).

Dans la présente étude, certaines corrélations ont été observées entre les mesures cliniques du pied et celles de l'équilibre et de la marche. En effet, une corrélation statistiquement significative a été trouvée mettant en relation l'amplitude de mouvement à la 1^{ère} articulation métatarso-phalangienne et l'aire de centre de pression durant la tâche d'équilibre bipodal avec les yeux fermés ainsi qu'entre la valeur de douleur à la palpation et la vitesse de marche durant l'évaluation de la marche rapide sur le système GaitRite. La première corrélation discutée, permet de mettre en relation avec une étude précédente, démontrant qu'une diminution de l'amplitude de mouvement à l'articulation métatarso-phalangienne entraînerait une diminution du mécanisme de contrôle postural causant une augmentation de l'aire du centre de pression (Carvalho et al., 2015). Une autre étude a aussi établi la relation entre la diminution de l'amplitude de mouvement à la 1^{ère} articulation métatarso-phalangienne et la fasciopathie plantaire due à l'augmentation de tension dans le fascia plantaire. Or, la présence de la fasciopathie plantaire aurait comme impact de diminuer la stabilité de l'arche longitudinale du pied (Aranda & Munuera, 2014) et donc, d'augmenter sa tension. De plus, il a aussi été démontré dans une étude précédente que, pour parer à la douleur, les individus pathologiques diminueraient leur vitesse de marche (Thong-On et al., 2019) et qu'une modification de la vitesse de marche entraînerait une variabilité des paramètres de la marche pouvant entraîner un risque de chute augmenté (Brown et al., 2015).

Par conséquent, aux vues l'absence de différences significatives des mesures de posture du pied entre les deux groupes et qu'aucune autre corrélation n'ait été observée, cela limite la portée des conclusions que nous pouvons tirer des résultats obtenus par rapport à la relation entre la posture du pied, l'équilibre postural et la marche.

4.3 Effets de la fasciopathie plantaire sur l'équilibre postural

L'équilibre postural est la capacité du corps permettant de s'adapter au différent mouvement ou positions du corps dans le but de maintenir l'équilibre (Pollock et al., 2000). Elle tire son importance du fait que si nous perdons notre capacité de maintenir un bon équilibre postural, que la cause soit le vieillissement ou une maladie neurodégénérative, nous nous exposons à un risque de chute augmenter (Winter, 1995). Le contrôle postural peut être évalué de différente façon, il existe certains test dynamique permettant de l'évaluer tel que le test d'excursion en étoile (*Star excursion balance test*) ou bien le système d'évaluation d'erreur d'équilibre (*Balance error score système*) (Gonçalves et al., 2017; López-Plaza, Juan-Recio, Barbado, Ruiz-Pérez, & Vera-Garcia, 2018) ou bien il est possible d'utiliser une plateforme de force. La plateforme de force est l'un des outils le plus utilisés pour quantifier le contrôle postural et permet d'obtenir les mesures du centre de masse, telles que son déplacement et la vitesse de celui-ci (Piirtola & Era, 2006). C'est grâce à une plateforme de force que nous avons pu dans l'étude présenter évaluer l'impact de la fasciopathie plantaire sur l'équilibre postural. En effet, nos résultats ont démontré que la fasciopathie plantaire entrainerait une diminution du contrôle postural.

D'autres études ont précédemment évalué l'effet de la fasciopathie plantaire sur l'équilibre postural. Une première étude a fait la comparaison d'un groupe d'individus atteints de fasciopathie plantaire par rapport à un groupe sain au cours de différentes tâches d'équilibres statiques et dynamiques sur un système nommé, le Biodex balance, dans le but d'évaluer l'équilibre postural (Ağırman, 2018). Leur étude a démontré une diminution de l'équilibre chez le groupe pathologique qui serait expliqué par une faiblesse des muscles fléchisseurs au cours des tâches d'équilibre (Ağırman, 2018). Une deuxième étude a aussi fait la comparaison des deux groupes à l'aide d'une plateforme de force, comme utilisé dans la présente étude, au cours de différentes tâches d'équilibre démontrant aussi une diminution de l'équilibre postural chez les participants atteints de fasciopathie plantaire (Petrofsky et al., 2020). Les auteurs expliquent que cette diminution de l'équilibre serait due à la perte de l'élasticité du fascia plantaire qui aurait un impact sur la proprioception du pied blessé et donc affecterait l'équilibre (Petrofsky et al., 2020). Ainsi, la diminution de l'équilibre entrainerait un risque de chute augmenter chez les participants atteints de fasciopathie plantaire (Petrofsky et al., 2020), ce qui fait encore une fois le lien avec la présente étude.

Les résultats démontrent une augmentation de l'aire du centre de pression ainsi que de la vitesse de déplacement de celui-ci en A/P plus précisément lors des tâches présentant une difficulté augmentée, soit semi-tandem et unipodal. Tout d'abord, ces deux variables du COP sont les plus sensibles pour déterminer la présence d'instabilité posturale chez différentes populations (Piirtola & Era, 2006). De plus, les deux tâches d'équilibre sont assez utilisées pour évaluer le contrôle postural et la prévention de chutes (da Silva et al., 2013, 2018; Terra et al., 2020); en plus de bien représenter les activités quotidiennes (da Silva et al., 2013; Marcio R. Oliveira et al., 2018). L'avantage de ces postures sur une plateforme de force par rapport au système Biodex balance où les tâches sont fixes à une seule standardisation, est d'apporter une meilleure généralisation des résultats pour la littérature vers la validité externe de l'étude. Difficilement, les cinq tâches expérimentales utilisées dans la présente étude peuvent se faire sur un Biodex Balance où les résultats des études précédentes sur la fasciopathie plantaire ont été observés. Plus précisément, la condition unipodal étant plus difficile permet une meilleure représentation du contrôle postural (da Silva et al., 2013; Marcio R. Oliveira et al., 2018) en plus de mieux prédire le risque de chutes chez une population vieillissante et âgée de 65 ans et plus (Michikawa, Nishiwaki, Takebayashi, & Toyama, 2009)

4.4 Effets de la fasciopathie plantaire sur la marche

Dans cette étude, le système d'analyse de la marche, le GaitRite, a été utilisé pour la première fois dans l'évaluation d'individus avec et sans fasciopathie plantaire au cours de trois vitesses de marche différentes. Les résultats de la présente étude ont conclu que la présence de fasciopathie plantaire causerait une modification du patron de marche à travers les trois vitesses. En effet, les résultats ont montré une diminution significative de la vitesse de marche ainsi que de la longueur et de la largeur des pas chez les individus pathologiques. Les résultats sont d'ailleurs en accord avec ceux d'une étude précédente sur cette population démontrant une réduction de la longueur de pas chez les individus atteints de fasciopathie plantaire (Yoo et al., 2017). Cependant, dans cette étude seulement les différents paramètres de la marche et non les différentes variables reliées à la pression du pied à la marche ont été collectés, car dans la littérature, il a été démontré que la vitesse de marche ainsi que la longueur du pas qui sont des paramètres de la marche étaient les variables présentant la plus forte corrélation avec l'équilibre et le risque de chute (Riis et al., 2020). En effet, il a déjà été observé que chez la population vieillissante le risque de chute est augmenté lorsque la vitesse de marche et la longueur des pas étaient réduites (Vieira et al., 2018).

Dans la littérature, il est aussi démontré que la douleur aux pieds pouvait entraîner une diminution de la vitesse de marche (Chaiwanichsiri et al., 2009). Plus spécifiquement, les individus souffrant de fasciopathie plantaire marcheraient plus lentement de façon à diminuer la douleur ressentie ce qui entraînerait une diminution de la vitesse de marche et de la cadence (Thong-On et al., 2019). De plus, il a été prouvé que ces modifications des paramètres de la marche varient de façon indépendante à la vitesse de marche dans une population atteinte de fasciopathie plantaire (Brachman et al., 2020). Donc, les différentes vitesses de marche évaluées lors de l'étude n'impactent pas les résultats obtenus. L'évaluation de plusieurs vitesses de marche permet ici l'obtention de davantage de résultats démontrant le même effet sur différentes conditions évaluées. En effet, pour chaque vitesse évaluée, les participants atteints de fasciopathie plantaire présentaient une vitesse de marche diminuée, entraînant la modification subséquente des autres paramètres évalués. Or, lorsque la vitesse de marche augmente, il existe une augmentation de la longueur et de la largeur du pas par conséquent comme observé dans la littérature pour d'autres pathologies telles que la maladie de Parkinson (Nelson et al., 2002) et d'autres conditions orthopédiques (Picouveau et al., 2020). Il serait possible ainsi que les individus atteints de fasciopathie plantaire soient plus à risque à chuter (Vieira et al., 2017).

4.5 Implication pour la réadaptation de la société

Ces résultats ont des implications autant au niveau clinique qu'au niveau de la recherche pour la création des programmes d'évaluation plus précis. Ainsi il serait possible d'élaborer davantage de programmes de recherche cherchant à mieux comprendre l'impact de la fasciopathie plantaire. Il pourrait être intéressant dans le futur de refaire une étude regroupant autant des mesures de posture du pied, d'équilibre que d'évaluation de la marche en utilisant différentes mesure ou test pour valider les résultats obtenus dans cette présente étude. Ou bien même poussé l'investigation plus loin et étudier les effets des différents traitements sur les mesures d'équilibre et de marche dans le but d'identifier les traitements qui auront le meilleur impact sur la fonctionnalité de l'individu ainsi que sur le risque de chute de celui-ci.

4.6 Limites de l'étude

L'étude présente certaines limitations. Premièrement, l'hétérogénéité observée entre les deux groupes au niveau de l'âge et du poids des participants, bien qu'il ait été démontré que ces facteurs n'ont pas modifié les résultats par l'analyse ANCOVA. Aussi, le calcul de puissance a été fait à partir d'une étude qui notait le faible échantillon comme limite de leur étude ce qui correspond à une possible erreur statistique du type 2. Deuxièmement, certains des tests cliniques utilisés

présentait une faible sensibilité, tels que la mesure de la PNC et le test de Silverskiold. De plus, il aurait pu être intéressant d'évaluer s'il existait une différence de la force musculaire entre les deux groupes permettant d'évaluer si celle-ci avait un impact sur l'équilibre postural. Enfin, l'évaluation de la douleur par la palpation plantaire reste subjective, car elle peut varier selon la tolérance de chaque individu et la pression des doigts de l'évaluateur. Il serait bien aussi d'avoir utilisé une imagerie telle que l'échographie pour pouvoir mieux quantifier l'état de la pathologie et son impact sur l'équilibre postural et la marche.

4.7 Perspectives

Les perspectives de ce travail seraient d'évaluer l'impact d'un traitement de la fasciopathie plantaire, tel le port d'orthèses plantaire, sur l'équilibre postural et la marche. Ainsi, il serait intéressant de reprendre les mêmes mesures évaluées après quelques semaines de port d'orthèses plantaires dans le but d'observer de façon longitudinale si celle-ci améliore les performances des individus souffrant de fasciopathie plantaire lors des tâches d'équilibre et de marche, le tout avec un nombre de participants plus élevé.

Conclusion

Pour conclure, les individus atteints de fasciopathie plantaire présenteraient un trouble de l'équilibre postural lors des tâches d'équilibre plus complexes telles que les positions semi-tandem et unipodal par rapport au groupe contrôle. De plus, cette pathologie pourrait influencer le patron de marche, comme la vitesse et la longueur des pas comparativement à un groupe contrôle. Or, les individus atteints de fasciopathie plantaire présentent une diminution de la vitesse de marche entraînant une diminution de la longueur et largeur des pas. Ces résultats démontrent qu'il pourrait être bénéfique de poursuivre les investigations sur l'impact de la fasciopathie plantaire sur l'équilibre postural et la marche dans un but de pouvoir développer de meilleurs outils cliniques autant pour la réadaptation que la prévention.

Bibliographie

- Abate, M., Schiavone, C., Di Carlo, L., & Salini, V. (2012). Achilles tendon and plantar fascia in recently diagnosed type II diabetes: Role of body mass index. *Clinical Rheumatology*, 31(7), 1109–1113. <https://doi.org/10.1007/s10067-012-1955-y>
- Ağırman, M. (2018). Evaluation of balance and fall risk in patients with plantar fasciitis syndrome. *Sisli Etfal Hastanesi Tip Bulteni / The Medical Bulletin of Sisli Hospital*, 53(4), 426–429. <https://doi.org/10.14744/semb.2018.68736>
- Anderson, J., & Stanek, J. (2013). Effect of foot orthoses as treatment for plantar fasciitis or heel pain. *Journal of Sport Rehabilitation*, 22(2), 130–136. <https://doi.org/10.1123/jsr.22.2.130>
- Aranda, Y., & Munuera, P. V. (2014). Plantar fasciitis and its relationship with Hallux limitus. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 104(3), 263–268. <https://doi.org/10.7547/0003-0538-104.3.263>
- Beeson, P. (2014). Plantar fasciopathy: Revisiting the risk factors. *Foot and Ankle Surgery*, 20(3), 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2014.03.003>
- Bilney, B., Morris, M., & Webster, K. (2003). Concurrent related validity of GAITRite walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. *Gait & Posture*, 17, 68–74. <https://doi.org/10.1007/BF01527569>
- Bovonsunthonchai, S., Thong-On, S., Vachalathiti, R., Intiravoranont, W., Suwannarat, S., & Smith, R. (2019). Alteration of the multi-segment foot motion during gait in individuals with plantar fasciitis: A matched case-control study. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(4), 73–82. <https://doi.org/10.5277/ABB-01426-2019-02>
- Brachman, A., Sobota, G., Marszałek, W., Pawłowski, M., Juras, G., & Bacik, B. (2020). Plantar pressure distribution and spatiotemporal gait parameters after the radial shock wave therapy in patients with chronic plantar fasciitis. *Journal of Biomechanics*, 105, 109773. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109773>
- Brown, K. C., Hanson, H. M., Firmani, F., Liu, D., McAllister, M. M., Merali, K., ... Ashe, M. C. (2015). Gait Speed and Variability for Usual Pace and Pedestrian Crossing Conditions in Older Adults Using the GAITRite Walkway. *Gerontology and Geriatric Medicine*, 1,

233372141561885. <https://doi.org/10.1177/2333721415618858>

- Buldt, A. K., Allan, J. J., Landorf, K. B., & Menz, H. B. (2018). The relationship between foot posture and plantar pressure during walking in adults: A systematic review. *Gait and Posture*. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.02.026>
- Bullo, V., Gobbo, S., Vendramin, B., Duregon, F., Cugusi, L., Di Blasio, A., ... Ermolao, A. (2018). Nordic Walking Can Be Incorporated in the Exercise Prescription to Increase Aerobic Capacity, Strength, and Quality of Life for Elderly: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Rejuvenation Research*, 21(2). <https://doi.org/141-161>. doi: 10.1089/rej.2017.1921. Epub 2017 Nov 20. PMID: 28756746.
- Carvalho, C. E., da Silva, R. A., Gil, A. W., Oliveira, M. R., Nascimento, J. A., & Pires-Oliveira, D. A. A. (2015). Relationship between foot posture measurements and force platform parameters during two balance tasks in older and younger subjects. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(3), 705–710. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.705>
- Chaiwanichsiri, D., Janchai, S., & Tantisirawat, N. (2009). Foot disorders and falls in older persons. *Gerontology*, 55(3), 296–302. <https://doi.org/10.1159/000181149>
- Chang, R., Rodrigues, P. A., Van Emmerik, R. E. A., & Hamill, J. (2014). Multi-segment foot kinematics and ground reaction forces during gait of individuals with plantar fasciitis. *Journal of Biomechanics*, 47(11), 2571–2577. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.06.003>
- Cheung, J. T. M., Zhang, M., & An, K. N. (2006). Effect of Achilles tendon loading on plantar fascia tension in the standing foot. *Clinical Biomechanics*, 21(2), 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.09.016>
- Cho, Y., Park, J. W., & Nam, K. (2019). The relationship between foot posture index and resting calcaneal stance position in elementary school students. *Gait and Posture*, 74(September), 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.003>
- Cote, K. P., Brunet, M. E., Gansneder, B. M., & Shultz, S. J. (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *Journal of Athletic Training*, 40(1), 41–46.

- Cunnane, G., Brophy, D. P., Gibney, R. G., & Fitzgerald, O. (1996). Diagnosis and treatment of heel pain in chronic inflammatory arthritis using ultrasound. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 25(6), 383–389. [https://doi.org/10.1016/S0049-0172\(96\)80003-5](https://doi.org/10.1016/S0049-0172(96)80003-5)
- da Silva, R. A., Bilodeau, M., Parreira, R. B., Teixeira, D. C., & Amorim, C. F. (2013). Age-related differences in time-limit performance and force platform-based balance measures during one-leg stance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(3), 634–639. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.01.008>
- da Silva, R. A., Vieira, E. R., Fernandes, K. B. P., Andraus, R. A., Oliveira, M. R., Sturion, L. A., & Calderon, M. G. (2018). People with chronic low back pain have poorer balance than controls in challenging tasks. *Disability and Rehabilitation*, 40(11), 1294–1300. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1294627>
- David, J. A., Sankarapandian, V., Christopher, P. R. H., Chatterjee, A., & Macaden, A. S. (2017). Injected corticosteroids for treating plantar heel pain in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2017(6). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009348.pub2>
- de Oliveira, Marcio R., da Silva, R. A., Dascal, J. B., & Teixeira, D. C. (2014). Effect of different types of exercise on postural balance in elderly women: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 59(3), 506–514. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.08.009>
- Drake, C., Mallows, A., & Littlewood, C. (2018). Psychosocial variables and presence, severity and prognosis of plantar heel pain: A systematic review of cross-sectional and prognostic associations. *Musculoskeletal Care*, 16(3), 329–338. <https://doi.org/10.1002/msc.1246>
- Fraser, J. J., Corbett, R., Donner, C., & Hertel, J. (2018). Does manual therapy improve pain and function in patients with plantar fasciitis? A systematic review. *Journal of Manual and Manipulative Therapy*, 26(2), 55–65. <https://doi.org/10.1080/10669817.2017.1322736>
- Gatt, A., Mifsud, T., & Chockalingam, N. (2014). Severity of pronation and classification of first metatarsophalangeal joint dorsiflexion increases the validity of the Hubscher Manoeuvre for the diagnosis of functional hallux limitus. *Foot*, 24(2), 62–65. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2014.03.001>
- Gautham, P., Nuhmani, S., & Kachanathu, S. J. (2015). Plantar fasciitis - An update.

Bangladesh Journal of Medical Science, 14(1), 3–8.

<https://doi.org/10.3329/bjms.v14i1.17052>

Glazer, J. L. (2009). An approach to the diagnosis and treatment of plantar fasciitis. *Physician and Sportsmedicine*, 37(2), 74–79. <https://doi.org/10.3810/psm.2009.06.1712>

Gomeñuka, N. A., Oliveira, H. B., Silva, E. S., Costa, R. R., Kanitz, A. C., Liedtke, G. V., ... Peyré-Tartaruga, L. A. (2019). Effects of Nordic walking training on quality of life, balance and functional mobility in elderly: A randomized clinical trial. *PLoS ONE*, 14(1), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211472>

Gonçalves, G. A., Kamonseki, D. H., Martinez, B. R., Nascimento, M. A., Lombardi Junior, I., & Yi, L. C. (2017). Static, dynamic balance and functional performance in subjects with and without plantar fasciitis. *Fisioterapia Em Movimento*, 30(1), 19–27. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.001.ao02>

Hillstrom, H. J., Song, J., Kraszewski, A. P., Hafer, J. F., Mootanah, R., Dufour, A. B., ... Deland, J. T. (2013). Foot type biomechanics part 1: Structure and function of the asymptomatic foot. *Gait and Posture*, 37(3), 445–451. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.007>

Irving, D. B., Cook, J. L., Young, M. A., & Menz, H. B. (2007). Obesity and pronated foot type may increase the risk of chronic plantar heel pain: A matched case-control study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 8, 1–9. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-8-41>

Jarvis, H. L., Nester, C. J., Jones, R. K., Williams, A., & Bowden, P. D. (2012). Inter-assessor reliability of practice based biomechanical assessment of the foot and ankle, 1–10.

Jeong, H., Wayne Johnson, A., Brent Feland, J., Petersen, S. R., Staten, J. M., & Bruening, D. A. (2021). Added body mass alters plantar shear stresses, postural control, and gait kinetics: Implications for obesity. *PLoS ONE*, 16(2), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246605>

Kadri, M. A., Violette, M., Dallaire, M., de Oliveira, F. C. L., Lavallière, M., Ngomo, S., ... da Silva, R. A. (2020). The immediate effect of two lumbar stabilization methods on postural control parameters and their reliability during two balance tasks. *Journal of Manual and Manipulative Therapy*, 29(4). <https://doi.org/10.1080/10669817.2020.1864961>

- Lee, S. H., Suh, D. H., Kim, H. J., Jang, W. Y., Park, Y. H., Sung, H. J., & Choi, G. W. (2021). Association of Ankle Dorsiflexion With Plantar Fasciitis. *Journal of Foot and Ankle Surgery*, 60(4), 733–737. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2021.02.004>
- López-Plaza, D., Juan-Recio, C., Barbado, D., Ruiz-Pérez, I., & Vera-Garcia, F. J. (2018). Reliability of the Star Excursion Balance Test and Two New Similar Protocols to Measure Trunk Postural Control. *PM and R*, 10(12), 1344–1352. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.05.012>
- Maemichi, T., Tsutsui, T., Matsumoto, M., Iizuka, S., Torii, S., & Kumai, T. (2020). The relationship of heel fat pad thickness with age and physiques in Japanese. *Clinical Biomechanics*, 80, 105110. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.105110>
- Maki, B. E., Perry, S. D., Nome, R. G., & McIlroy, W. E. (1999). Effect of facilitation of sensation from plantar foot-surface boundaries on postural stabilization in young and older adults. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 54(6), 281–287. <https://doi.org/10.1093/gerona/54.6.M281>
- Menz, H. B., Latt, M. D., Tiedemann, A., Kwan, M. M. S., & Lord, S. R. (2004). Reliability of the GAITRite® walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait and Posture*, 20(1), 20–25. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(03\)00068-7](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(03)00068-7)
- Menz, H. B., Morris, M. E., & Lord, S. R. (2005). Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(12), 1546–1552. <https://doi.org/10.1093/gerona/60.12.1546>
- Menz, H. B., Morris, M. E., & Lord, S. R. (2006). Foot and ankle risk factors for falls in older people: A prospective study. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(8), 866–870. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.8.866>
- Menz, H. B., Thomas, M. J., Marshall, M., Rathod-Mistry, T., Hall, A., Chesterton, L. S., ... Roddy, E. (2019). Coexistence of plantar calcaneal spurs and plantar fascial thickening in individuals with plantar heel pain. *Rheumatology (United Kingdom)*, 58(2), 237–245. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/key266>

- Michikawa, T., Nishiwaki, Y., Takebayashi, T., & Toyama, Y. (2009). One-leg standing test for elderly populations. *Journal of Orthopaedic Science*, *14*(5), 675–685.
<https://doi.org/10.1007/s00776-009-1371-6>
- Mohd Said, A., Manaf, H., Bukry, S. A., & Justine, M. (2015). Mobility and balance and their correlation with physiological factors in elderly with different foot postures. *BioMed Research International*, *2015*. <https://doi.org/10.1155/2015/385269>
- Monteagudo, M., de Albornoz, P. M., Gutierrez, B., Tabuenca, J., & Álvarez, I. (2018). Plantar fasciopathy: A current concepts review. *EFORT Open Reviews*, *3*(8), 485–493.
<https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170080>
- Nakale, N. T., Strydom, A., Saragas, N. P., & Ferrao, P. N. F. (2018). Association Between Plantar Fasciitis and Isolated Gastrocnemius Tightness. *Foot and Ankle International*, *39*(3), 271–277. <https://doi.org/10.1177/1071100717744175>
- Natali, A. N., Pavan, P. G., & Stecco, C. (2010). A constitutive model for the mechanical characterization of the plantar fascia. *Connective Tissue Research*, *51*(5), 337–346.
<https://doi.org/10.3109/03008200903389127>
- Nelson, A. J., Zwick, D., Brody, S., Doran, C., Pulver, L., Rooz, G., ... Rothman, J. (2002). The validity of the GaitRite and the functional ambulation performance scoring system in the analysis of Parkinson gait. *NeuroRehabilitation*, *17*(3), 255–262.
<https://doi.org/10.3233/nre-2002-17312>
- Oliveira, Marcio R., Vieira, E. R., Gil, A. W. O., Fernandes, K. B. P., Teixeira, D. C., Amorim, C. F., & Da Silva, R. A. (2018). One-legged stance sway of older adults with and without falls. *PLoS ONE*, *13*(9), e023887. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203887>
- Oliveira, Márcio R., Vieira, E. R., Gil, A. W. O., Teixeira, D. C., Amorim, C. F., & da Silva, R. A. (2019). How many balance task trials are needed to accurately assess postural control measures in older women? *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *23*(3), 594–597. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.04.004>
- Park, S. Y., Bang, H. S., & Park, D. J. (2018). Potential for foot dysfunction and plantar fasciitis according to the shape of the foot arch in young adults. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *14*(3), 497–502. <https://doi.org/10.12965/jer.1836172.086>

- Pereira, C., da Silva, R. A., de Oliveira, M. R., Souza, R. D. N., Borges, R. J., & Vieira, E. R. (2018). Effect of body mass index and fat mass on balance force platform measurements during a one-legged stance in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 30(5), 441–447. <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0796-6>
- Petraglia, F., Ramazzina, I., & Costantino, C. (2017). Plantar Fasciitis in athletes: diagnostic and treatment strategies. A systematic review, 7 (1)(Muscles, Ligaments and Tendons Journals), 107–118.
- Petrofsky, J., Donatelli, R., Laymon, M., & Lee, H. (2020). Erratum: Petrofsky, J., et al. Greater Postural Sway and Tremor during Balance Tasks in Patients with Plantar Fasciitis Compared to Age-Matched Controls. *Healthcare* 2020, 8, 219. *Healthcare*, 8(4), 510. <https://doi.org/10.3390/healthcare8040510>
- Phillips, A., & McClinton, S. (2017). Gait deviations associated with plantar heel pain: A systematic review. *Clinical Biomechanics*, 42, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.12.012>
- Picouleau, A., Orsoni, N., Hardy, J., Mabit, C., Charissoux, J. L., & Marcheix, P. S. (2020). Analysis of the effects of arthrodesis of the hallux metatarsophalangeal joint on gait cycle: results of a GAITRite® treadmill test. *International Orthopaedics*, 44(10), 2167–2176. <https://doi.org/10.1007/s00264-020-04716-5>
- Piirtola, M., & Era, P. (2006). Force platform measurements as predictors of falls among older people - A review. *Gerontology*, 52(1), 1–16. <https://doi.org/10.1159/000089820>
- Pollock, A. ., Durward, B. ., Rowe, P., & Paul, J. . (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, 14, 402–406.
- Portney, L. G., & Watkins, M. P. (2000). *Validity and Reliability; in Prentice-hall(Ed.): Foundations of Clinical Research Applications to Practice* (2n ed). Upper Saddle River, New Jersey.
- Rasenberg, N., Fuit, L., Poppe, E., Kruijzen-Terpstra, A. J. A., Gorter, K. J., Rathleff, M. S., ... Van Middelkoop, M. (2016). The STAP-study: The (cost) effectiveness of custom made orthotic insoles in the treatment for plantar fasciopathy in general practice and sports medicine: Design of a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 17(1),

1–9. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-0889-y>

- Razeghi, M., & Batt, M. E. (2002). Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait & Posture*, *15*, 282–291.
- Rhim, H. C., Kwon, J., Park, J., Borg-Stein, J., & Tenforde, A. S. (2021). A systematic review of systematic reviews on the epidemiology, evaluation, and treatment of plantar fasciitis. *Life*, *11*(12), 1–25. <https://doi.org/10.3390/life11121287>
- Riis, J., Byrgesen, S. M., Kragholm, K. H., Mørch, M. M., & Melgaard, D. (2020). Validity of the gaitrite walkway compared to functional balance tests for fall risk assessment in geriatric outpatients. *Geriatrics (Switzerland)*, *5*(4), 1–7. <https://doi.org/10.3390/geriatrics5040077>
- Sawyer, G. A., Lareau, C. R., & Mukand, J. A. (2012). Diagnosis and management of heel and plantar foot pain. *Medicine and Health, Rhode Island*, *95*(4), 125–128.
- Schmitz, C., Császár, N. B. M., Rompe, J. D., Chaves, H., & Furia, J. P. (2013). Treatment of chronic plantar fasciopathy with extracorporeal shock waves (review). *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *8*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/1749-799X-8-31>
- Singh, P., Madanipour, S., Bhamra, J. S., & Gill, I. (2017). A systematic review and meta-analysis of platelet-rich plasma versus corticosteroid injections for plantar fasciopathy. *International Orthopaedics*, *41*(6), 1169–1181. <https://doi.org/10.1007/s00264-017-3470-x>
- Smallcomb, M., Khandare, S., Vidt, M. E., & Simon, J. C. (2021). Therapeutic ultrasound and shockwave therapy for tendinopathy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, Publish Ah*(8), 801–807. <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000001894>
- Stecco, C., Corradin, M., Macchi, V., Morra, A., Porzionato, A., Biz, C., & De Caro, R. (2013). Plantar fascia anatomy and its relationship with Achilles tendon and paratenon. *Journal of Anatomy*, *223*(6), 665–676. <https://doi.org/10.1111/joa.12111>
- Terra, M. B., Da Silva, R. A., Bueno, M. E. B., Ferraz, H. B., & Smaili, S. M. (2020). Center of pressure-based balance evaluation in individuals with Parkinson's disease: a reliability study. *Physiotherapy Theory and Practice*, *36*(7), 826–833. <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1508261>
- Thompson, J. V., Saini, S. S., Reb, C. W., & Daniel, J. N. (2014, December 1). Diagnosis and

management of plantar fasciitis. *Journal of the American Osteopathic Association*. American Osteopathic Association. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2014.177>

Thong-On, S., Bovonsunthonchai, S., Vachalathiti, R., Intiravoranont, W., Suwannarat, S., & Smith, R. (2019). Effects of strengthening and stretching exercises on the temporospatial gait parameters in patients with plantar fasciitis: A randomized controlled trial. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 43(6), 662–676. <https://doi.org/10.5535/arm.2019.43.6.662>

Trojan, T., & k. Tucker, A. (2019). Plantar fasciitis. *American Family Physician*, 99(12), 744.

Vieira, E. R., da Silva, R. A., Severi, M. T., Barbosa, A. C., Amick, B. C., Zevallos, J. C., ... Chaves, P. H. M. (2018). Balance and gait of frail, pre-frail, and robust older hispanics. *Geriatrics (Switzerland)*, 3(3), 1–7. <https://doi.org/10.3390/geriatrics3030042>

Vieira, E. R., Lim, H. H., Brunt, D., Hallal, C. Z., Kinsey, L., Errington, L., & Gonçalves, M. (2015). Temporo-spatial gait parameters during street crossing conditions: A comparison between younger and older adults. *Gait and Posture*, 41(2), 510–515. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.12.001>

Vieira, E. R., Tappen, R., Gropper, S. S., Severi, M. T., Engstrom, G., De Oliveira, M. R., ... Da Silva, R. A. (2017). Changes on walking during street crossing situations and on dorsiflexion strength of older caribbean americans after an exercise program: A pilot study. *Journal of Aging and Physical Activity*, 25(4), 525–532. <https://doi.org/10.1123/japa.2016-0231>

Wearing, S. C., Smeathers, J. E., Urry, S. R., Hennig, E. M., & Hills, A. P. (2006). The pathomechanics of plantar fasciitis. *Sports Medicine*, 36(7), 585–611. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636070-00004>

Webster, K. E., Wittwer, J. E., & Feller, J. A. (2005). Validity of the GAITRite® walkway system for the measurement of averaged and individual step parameters of gait. *Gait and Posture*, 22(4), 317–321. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.10.005>

Whittaker, G. A., Munteanu, S. E., Menz, H. B., Tan, J. M., Rabusin, C. L., & Landorf, K. B. (2018). Foot orthoses for plantar heel pain: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(5), 322–328. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097355>

Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3, 193–214.

Yoo, S. D., Kim, H. S., Lee, J. H., Yun, D. H., Kim, D. H., Chon, J., ... Han, Y. R. (2017). Biomechanical parameters in plantar fasciitis measured by gait analysis system with pressure sensor. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 41(6), 979–989.
<https://doi.org/10.5535/arm.2017.41.6.979>

Annexe A : Questionnaires

Informations générales

Code pour dénominalisation des données : _____ Date : _____

I. Informations démographiques et anthropométriques:

Sexe : _____ Âge : _____
Poids : _____ Grandeur : _____
IMC : _____

II. Questions pour personne SANS fasciite plantaire :

2.1 Avez-vous déjà eu un mal au niveau plantaire des pieds ? _____ (O / N) Si oui, veuillez répondre aux prochaines questions de cette section en rapport avec votre dernier épisode de mal de dos.

2.2 Quand cela s'est-il passé approximativement (soyez le plus précis possible; date ?) ?

2.3 Où se situait le mal (à l'arrière, sur les côtés, en dessous)
? _____

2.4 Combien de jours a duré ce mal ? _____

2.5 Avez-vous manqué des jours de travail ? _____ (O / N) Si oui, combien de jours :

2.6 Avez-vous consulté un professionnel de la santé (médecin, chiropraticien, physiothérapeute ou autre) _____ (O / N)

2.7 À combien de reprises avez-vous eu mal au niveau plantaire des pieds dans la dernière année ? _____

III. Questions pour personne AVEC fasciite plantaire:

//3.1 Nous aimerions savoir à quel point votre fasciite plantaire vous fait mal **en ce moment même**. La ligne ci-dessous est une échelle allant de « absolument aucune douleur » à « la pire douleur qu'on puisse imaginer ». Choisissez un point sur cette ligne afin d'indiquer l'intensité de votre douleur et marquez ce point à l'aide d'un X. Exemple :

|-----|

Absolument aucune douleur la pire douleur qu'on puisse imaginer

3.2 Depuis combien de temps est-ce que votre fasciite plantaire est quotidienne ou presque quotidienne?

Indiquez l'année (et le mois si possible) : _____

3.3 Utilisez-vous des médicaments pour atténuer les douleurs de votre fasciite plantaire?
_____ (O/N)

Si oui, lesquels ? :

Si oui, à quelle fréquence ?

3.4 Utilisez-vous d'autres traitements ou consultez-vous un professionnel de la santé pour votre fasciite plantaire? _____(O/N)

Si oui, lesquels ? : _____

Si oui, à quelle fréquence ? : _____

IV. Questions pour tous :

4.1 Avez-vous des douleurs autres qu'au niveau plantaire des pieds (dos, articulations, douleurs musculaires). Si oui, veuillez décrire le site et l'intensité de la douleur (échelle de 0 à 10 où 0 = « absolument aucune douleur » et 10 = « la pire douleur qu'on puisse imaginer »):

4.2 Avez-vous consommé du café aujourd'hui ?

Si oui, à quelle heure: _____ et combien de tasses: _____

4.3 Avez-vous consommé de l'alcool aujourd'hui ?

Si oui, à quelle heure: _____ et combien de verres: _____

4.4 Avez-vous fait de l'activité physique hier ?

Si oui, quelle activité: _____ et pendant combien de temps: _____

4.5 Avez-vous fait de l'activité physique aujourd'hui ?

Si oui, quelle activité: _____ et pendant combien de temps: _____

Informations complémentaires :

Âge : / Sexe :

Taille : / Poids :

Problèmes de santé/conditions associées :

Antécédents médicaux :

Antécédents chirurgicaux :

Médication :

Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique (Q-AAP)

//Évaluation pré- post- programme. Code sujet : _____ Date : _____ Heure : _____

Pour la plupart des gens, le fait de devenir plus actif ne présente pas de risques de santé majeurs. Cependant, en cas de doute, veuillez remplir le questionnaire ci-dessous.

Certaines personnes devraient consulter leur médecin avant d'entreprendre un programme soutenu d'activités physiques. Pour savoir si c'est votre cas, répondez aux sept questions ci-dessous. Le Q-APP vise à aider les personnes de 15 à 69 ans à déterminer si elles devraient consulter un médecin avant d'entreprendre un programme d'activités physiques. Quant aux personnes de plus de 69 ans qui ne sont pas habituées à faire de l'exercice de façon régulière, elles devraient certainement consulter leur médecin avant de commencer.

	OUI	NON
1. Votre médecin vous a-t-il déjà dit que vous souffriez d'un problème cardiaque et que vous ne deviez participer qu'aux activités physiques prescrites et approuvées par un médecin?		
2. Ressentez-vous une douleur à la poitrine lorsque vous faites de l'activité physique?		
3. Au cours du dernier mois, avez-vous ressenti des douleurs à la poitrine lors des périodes autres que celles où vous participez à une activité physique?		
4. Éprouvez-vous des problèmes d'équilibre reliés à un étourdissement ou vous arrive-t-il de perdre connaissance?		
5. Avez-vous des problèmes osseux ou articulaires qui pourraient s'aggraver par une modification de votre niveau de participation à une activité physique?		
6. Des médicaments vous sont-ils actuellement prescrits pour contrôler votre tension artérielle ou un problème cardiaque (par exemple, des diurétiques)?		
7. Connaissez-vous une autre raison pour laquelle vous ne devriez pas faire de l'activité physique?		

Si vous avez répondu OUI à une de ces questions, consultez votre médecin avant de faire davantage d'activités physiques.

Si vous avez répondu NON à toutes ces questions, vous pouvez dès maintenant commencer à faire davantage d'activités physiques sans danger pour votre santé. Mais n'oubliez pas de commencer lentement et d'augmenter peu à peu votre rythme; c'est la façon la plus agréable et la plus sécuritaire de procéder.

Source: S. Thomas, J. Reading, and R. J. Shephard. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Can J Spt Sci* 17 (4) :338-345, 1992.

ECHELLE DE LA DOULEUR (version : douleur actuelle)

Nous aimerions connaître votre douleur **en ce moment même**. La ligne ci-dessous est une échelle allant de « absolument aucune douleur » à « la pire douleur qu'on puisse imaginer ». Choisissez un point sur cette ligne afin d'indiquer l'intensité de votre douleur et marquez ce point à l'aide d'un X.

Exemple :



absolument aucune
douleur

la pire douleur qu'on
puisse imaginer

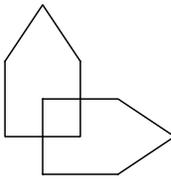
Échelle numérique d'évaluation de la douleur sur 11 points

(Version: Pire douleur de la dernière semaine)

Encerle-s'il vous plaît un chiffre pour indiquer l'intensité de la douleur correspondant à la **pire douleur** que vous avez ressentie **durant la semaine dernière**.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pas de		Légère	Inconfortable	Forte	Horrible	Insupportable				
Douleur										

MINI-MENTAL TEST DE FOLSTEIN

Score maximal	Score	
5	ORIENTATION (1 point par réponse juste) - En quelle année sommes-nous ? - Quelle saison ? - Quel mois ? - Quelle est la date ? - Quel est le jour ?
5	- Dans quelle pays sommes-nous ? - Quelle ville ? - Quel département ? - Quel est le nom de l'hôpital ? (ou adresse du médecin) - Quelle salle ? (ou endroit, cabinet, etc,...)
3	APPRENTISSAGE Donner 3 noms d'objets au rythme de un par seconde (ex : cigare, fleur, porte) ; à la répétition immédiate compter 1 par réponses correctes. Répéter jusqu'à ce que les 3 mots soient appris. Compter le nombre d'essais (ne pas coter).
5	ATTENTION ET CALCUL Compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois. Arrêter après 5 soustractions. Noter le nombre de réponses correctes.
3	RAPPEL Demander les 3 noms d'objets présentés auparavant (1 point par mot correct)
9	LANGAGE - Dénommer un stylo, une montre (2 points) - Répéter : "Il n'y a pas de mais, ni de si, ni de et" (1 point) - Exécuter un ordre triple : "Prenez un papier dans la main droite, pliez le en deux et jetez le sur le plancher" (1 point par item correct) - Copier le dessin suivant (1 point) : Tous les angles doivent être présents  - Ecrire une phrase spontanée (au moins 1 sujet et 1 verbe, sémantiquement correcte, mais la grammaire et l'orthographe son indifférentes (1 point)
TOTAL (30)	
Apprécier le niveau de vigilance sur un continuum : Vigile Obnubilé Stupeur Coma		

Détérioration intellectuelle légère entre 21 et 15 points ; modérée entre 5 et 15 ; sévère au-dessous de 5

Annexe B : Protocoles d'évaluation

Standardisation de la technique de mesure de l'équilibre postural avec la plateforme de force.

Objectif de la mesure :

- **Mesure de l'équilibre postural avec une plateforme de force lors des postures bipodal et semi-tandem.**

Nombre d'essais et temps de passation :

-2 x 30 secondes

Unité :

- Paramètres du centre de pression calculés avec la plateforme de force

Position du patient :

- Les tâches d'équilibre comportaient deux postures, sur la plateforme de force, distribuées aléatoirement : 1) bipodal, les deux jambes écartées vis-à-vis les épines iliaques antérieures en posture debout ; 2) bipodal les yeux fermés, 3) semi-tandem, avec la jambe de préférence vers l'avant ; 4) idem 3 avec les yeux fermés, et 5) unipodal jambe de préférence.
- Pour les tâches d'équilibre, pieds nus, les bras le long du corps et en silence.

PS : Pour des questions de sécurité, durant toutes les tâches d'équilibre, l'évaluateur doit se tenir près du participant. Des rubans seront accolés sur la plateforme à l'extrémité de l'hallux des participants pour qu'ils se positionnent au même endroit à chaque essai.

Consignes au patient:

- Avant la tâche :
 - o Nous allons réaliser une mesure visant à connaître l'équilibre postural lors de la posture debout bipodale (appui de 2 jambes) et semi-tandem (pieds collés légèrement avance celui de préférence). Quand je dirai go, vous allez rester en calme, statique en posture debout sur la plateforme de force en regardant un point fixe sur le mur lors de l'essai avec les yeux ouverts. Lors des essais avec les yeux fermés, je vais mettre une bande pour couvrir la vision. Pendant le test, vous pouvez respirer normalement. Avez- vous des questions ?
- Pendant la tâche:
 - o Statique, silence, respiration normale, regarde sur la cible si les yeux ouverts.
 - o 2 essais de 30 seconds chaque avec un temps de repos de 30 seconds entre chaque essai. Entre condition d'équilibre, 1 minutes de repos.

Cotation :

- Répéter l'évaluation 2 x pour chaque condition d'équilibre.
- Le score retenu est la moyenne sur 2 essais.

Références :

- Oliveira MR, **da Silva RA**, Dascal JB, Texeira DC. Effect of different types of exercise on postural balance in elderly women: a randomized controlled trial. Archives of Gerontology and Geriatrics, 2014, v. 59, p. 506-514, 2014.
- Marcio Rogerio de Oliveira, Edgar Ramos Vieira, Andre Wilson Gil**, Karen BP Fernandes Denilson Castro, Teixeira Cesar Ferreira Amorim, **Rubens Alexandre da Silva**. One-legged stance sway of older adults with and without falls. PLoS ONE, 2018, 13(9): e0203887
- Terra MB, **da Silva, Rubens A.**, Bueno MEB, Ferraz HB, Santos SM. Center of pressure-based balance evaluation in individuals with Parkinson's disease: A reliability study. Physiotherapy theory and practice, 2018, Online, 1-8. DOI:10.1080/09593985.2018.1508261.
- **Da Silva Rubens**, Vieira ER, Fernandes KB, Andraus RA, Oliveira MR, Sturion LEA, Calderon MG. People with chronic low back pain have poorer balance than controls in challenging tasks. Disabil Rehabil. 2018 Jun ;40(11) :1294-1300. Doi : 10.1080/09638288.2017.1294627. Epub 2017 Mar 10.

Standardisation de la technique de mesure de marche avec le système GaitRite.

Objectif de la mesure :

- **Mesurer les paramètres de marche (ou patron de marche) avec le système GaitRite.**

Nombre d'essais et temps de passation :

- 2 x par condition (tapis de 6 mètres de distance) – temps alloué de 20 secondes pour la collecte de données avec l'ordinateur, mais variable d'un patient à l'autre.
- Les conditions devront être aléatoire :
 - condition #1 : vitesse habituelle
 - condition #2 : vitesse lente
 - condition #3 : vitesse rapide

Unité :

- Paramètres de marche calculés avec le GaitRite (ex : vitesse, cadence etc.)

Position du patient :

- Posture debout pour la locomotion avec ou sans assistance sur le tapis, les yeux ouverts, les bras libres au long du corps ou avec assistance, et avec soulier.

PS : Pour des questions de sécurité, durant le test, une ceinture de sécurité de chute sera placée à la région lombaire et l'évaluateur doit se tenir près du participant (à l'extérieur du tapis) tout au long la durée du test.

Consignes au patient:

- Avant la tâche :
 - o Nous allons réaliser une mesure visant à connaître la marche durant 2 vitesses : habituelle et rapide ; cette dernière en étant encore confortable et sécuritaire aussi. Quand je dirai go, vous allez marcher sur la distance totale du tapis de 6 mètres, avec les yeux ouverts. Pendant le test, vous pouvez respirer normalement. Avez- vous des questions ?
- Pendant la tâche:
 - Marche en silence, respiration normale, garder yeux ouverts jusqu'à la

- fin du test.
- 2 essais de 20 secondes chaque avec un temps de repos de 30 secondes entre chaque essai et ceci pour chaque condition (habituelle et rapide)

Cotation :

- Répéter l'évaluation 2 fois pour chaque condition
- Le score retenu pour tous les paramètres de marche sera la moyenne sur 2 essais pour chaque condition.

Références :

- Vieira ER, **da Silva Rubens A**, Severi MT, Barbosa A, Amick B, Zevallos J, Martinez I, Chaves P. Balance and Gait of Frail, Pre-Frail, and Robust Older Hispanics. *Geriatrics* 2018, 3(3), 42; <https://doi.org/10.3390/geriatrics3030042>.
- Vieira ER, Tappen R, Gropper S, Severi S, Engstrom G, Oliveira MR, Barbosa AC, **da Silva Rubens**. Changes on Walking During Street Crossing Situations and on Dorsiflexion Strength of Older Caribbean Americans after an Exercise Program: A Pilot Study. *J Aging Phys Act.* 2017 Oct 1;25(4):525-532. doi: 10.1123/japa.2016-0231. Epub 2017 Sep 1.
- Vieira ER, Lim HH, Brunt D, Hallal CZ, Kinsey L, Errington L, Gonçalves M. Temporo-Spatial gait parameters during street crossing conditions: comparison between younger and older adults. *Gait Posture.* 2014. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.12.001.

Annexe C : Formulaire de consentement

Formulaire d'information et de consentement

1.TITRE DU PROJET

Évaluation de la relation entre la morphologie du pied, l'équilibre posturale et à la marche chez des individus adultes et aînés avec et sans fasciite plantaire.

2.RESPONSABLE (S) DU PROJET DE RECHERCHE

2.1 RESPONSABLE

Rubens da Silva, pht Ph.D. - chercheur principal, professeur-chercheur à l'Unité d'enseignement en physiothérapie, Département des sciences de la santé, UQAC.

2.2 CO-CHERCHEUR

- Stephane Sobczak – co-chercheur, professeur-chercheur, Département d'anatomie, UQTR.
- Louis-David Beaulieu – collaborateur (UQAC)

2.3 ÉTUDIANTS

- Étudiante au programme de maîtrise en sciences cliniques et biomédicales de l'UQAC: Laure Richer
- Tout autre étudiant/stagiaire sous la supervision du Pr Rubens da Silva ayant dûment rempli et signé la déclaration d'honneur pour le respect de la confidentialité et des politiques en éthique à la recherche

3.PRÉAMBULE

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable du projet ou aux autres membres du personnel affecté au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

4. NATURE, OBJECTIF (S) ET DEROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

4.1 DESCRIPTION DU PROJET DE RECHERCHE

La fasciopathie plantaire est un trouble musculo squelettique, connue comme étant une dégénérescence du fascia plantaire associée à la sensation de douleur au niveau plantaire du talon. Ce trouble touche autant les hommes que les femmes entre 45 et 64 ans et augmente avec l'âge. Selon les statistiques de 2017 de la CNESST, 38 910 dossiers ouverts concernaient des troubles musculo-squelettiques de type traumatique dont 900 au niveau des pieds. Des évidences démontrent aussi une possible relation de cause-effet sur le nombre d'heure passé en position debout ou à marcher avec le risque de développer une fasciite plantaire, ce qui est en effet un facteur de risque important pour de nombreux travailleurs actifs. Cependant, les méthodes diagnostiques pour la fasciopathie plantaire ne font pas encore consensus dans la littérature sur le sujet. À ce jour, le diagnostic se base principalement sur l'histoire de la douleur perçue par le patient, la sensation de douleur à la palpation, l'observation de déformation en planus ou cavus du pied et une diminution de l'amplitude de mouvement au niveau de la cheville. De plus, il y a peu d'études qui ont bien caractérisé les individus avec fasciite plantaire sur les mesures d'équilibre postural et à la marche. Or, il est devenu fort intéressant pour notre équipe de recherche d'investiguer l'impact de cette dysfonction plantaire sur la fonctionnalité de l'individu, incluant les capacités d'équilibre postural et de patron de marche; ainsi que d'observer l'impact de la forme de la voûte plantaire et de cette condition clinique chez les jeunes adultes travailleurs et les personnes âgées retraités, celles souvent avec un risque de chutes.

Par ailleurs, plusieurs traitements sont présentement utilisés dans le traitement de cette condition clinique au pied autant au niveau conservateur que chirurgical. Parmi les traitements conservateurs les plus utilisés, l'orthèse plantaire démontre une certaine efficacité à la diminution des douleurs malgré le peu d'études significative effectuée sur le sujet. Dans le but du présent projet, il serait intéressant de savoir si l'utilisation d'une orthèse plantaire pendant quatre semaines pourrait apporter des bénéfices sur les symptômes cliniques, comme la douleur, ainsi que la fonctionnalité d'un individu atteint de fasciite plantaire quant à l'état d'équilibre postural et de marche. De plus, une comparaison de ces effets sur différentes tranches d'âges est souhaitable en fonction des changements neuromusculaires et ostéo-articulaires apportés par le processus de vieillissement avec le temps.

4.2 OBJECTIF(S) SPECIFIQUE(S)

L'objectif de ce projet de recherche est de déterminer s'il existe une relation entre la fasciite plantaire et la fonctionnalité basée sur la capacité d'équilibre postural et du patron de marche chez les individus atteints de cette dysfonction et de déterminer l'effet de l'utilisation d'une orthèse plantaire (méthode d'intervention) pendant une période de quatre semaines sur ces mesures fonctionnelles chez cette clientèle.

4.3 DEROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

Pour participer à la présente étude, vous devez premièrement répondre à certaines conditions. L'équipe de recherche vérifiera par téléphone la plupart des critères d'éligibilité à cette étude avec vous. En revanche, advenant que l'examen clinique réalisé au début de la première séance révèle que vous ne correspondez pas à certains de ces critères, l'évaluation devra se terminer.

Les critères d'inclusion de l'étude feront en sorte de sélectionner que des gens volontaires. Les sujets en bonne santé devront présenter aucun épisode de douleur au niveau des pieds ou de diagnostic de douleur plantaire nécessitant une intervention médicale. Les critères d'inclusion additionnels propres aux sujets avec fasciite plantaire sont : (1) présence d'une douleur plantaire depuis plus de 3 mois (2) avec diagnostic de fasciite plantaire uni ou bilatéral effectué par un professionnel du domaine et (3) être âgé entre 18 et 80 ans.

Pour les personnes âgées, les critères d'inclusion additionnels sont: âge \geq 65 ans, être physiquement indépendant (capable de se présenter de façon autonome au laboratoire et de réaliser les tests) et présenter un bon état cognitif (supérieur à 21 dans Mini-Mental State Examination).

Les critères d'exclusion généraux pour tous les participants seront: Les critères d'exclusion généraux pour tous les participants seront: (1) chirurgie de l'appareil locomoteur; (2) malformation de l'appareil locomoteur (ex : fusions intervertébrales); (3) certains syndromes ou maladies systémiques ou

dégénératives pouvant s'attaquer au système musculo-squelettique, cardiovasculaire (dépistage avec QAAP), respiratoire ou nerveux (rhumatisme, sclérose en plaque, fibromyalgie); (4) antécédents d'atteinte neurologique autre que celles découlant des problèmes plantaires (troubles d'équilibre, histoire d'AVC) et d'atteinte vestibulaire (vertige); (5) être incapable de réaliser les tests d'équilibre; et (6) bénéficier de traitement médical au moment des tests. Étant donné que la plupart des patients âgés prennent des médicaments, il sera difficile d'exclure tous ceux qui le font alors ces patients seront caractérisés pour cette composante lors des analyses. Il est connu que les médicaments psychotropes (antidépresseurs et tranquillisants), anxiolytiques, sédatifs et hypnotiques, entre autres peuvent augmenter affecter le contrôle postural et augmenter les risques de chutes, et donc, le dose et la quantité prise par jour seront analysées par les évaluateurs afin d'assurer la réalisation ou non du protocole expérimental.

4.4 NATURE DE VOTRE PARTICIPATION

Vous participerez à une séance d'une durée variable d'environ 2h00, qui aura lieu à la Clinique universitaire de physiothérapie de l'université du Québec à Chicoutimi, situé au 574 rue Jacques-Cartier Est, site Gymnase porte D0-1030, Chicoutimi (Québec) G7H 1Z5. Les règles sanitaires en vigueur à l'Université du Québec à Chicoutimi et de la clinique universitaire de physiothérapie - CUpt (ex : distanciation physique, lavage des mains, port du masque, etc.) seront respectées en tout temps.

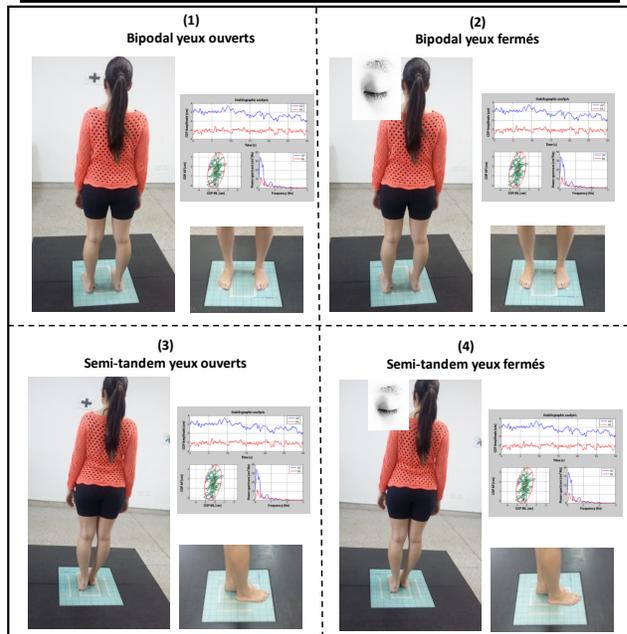
L'équipe de recherche de ce projet est affiliée à la clinique universitaire de physiothérapie de l'UQAC. Nous prendrons d'abord le temps de vous expliquer le projet et de répondre à toutes questions que vous pourriez avoir. Puis, si vous souhaitez toujours participer à la suite de l'explication du projet, nous signerons ensemble le présent formulaire de consentement. Par la suite, quelques questionnaires seront remplis avec vous, afin de recueillir certaines informations pertinentes, comme vos antécédents médicaux et votre niveau d'activité physique. Par la suite, une séance de familiarisation avec l'équipement et le protocole sera réalisée avec vous. Pour plus de détails sur la nature de ces évaluations, veuillez consulter le tableau au-dessous pour leur séquence et leur description (avec illustrations).

Pour les participants sélectionnés pour l'utilisation d'orthèses plantaire une deuxième séance se fera 4 semaines après le début de l'utilisation de celle-ci. Les mêmes tâches mentionnées seront donc réévaluées en plus d'un questionnaire sur la satisfaction par rapport à l'utilisation de l'orthèse plantaire.

TABLEAU -Tableau illustré dans la page suivante

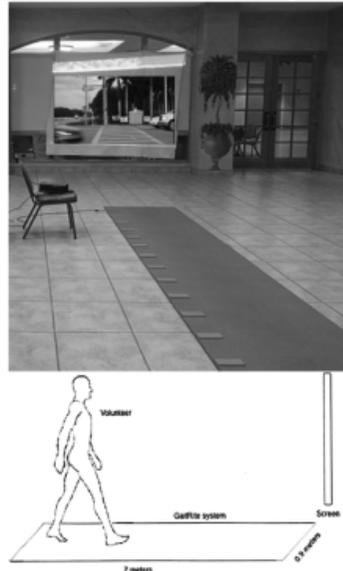
PARTIE 1 – Préparation (40 min.)
1. Vérification de certains critères d'inclusion pour l'étude et anamnèse (5 min)
2. Questionnaires (tels que le niveau d'activité physique, l'état cognitif, la douleur (20 min));
3. Mesures anthropométriques telles que poids, grandeur (5 min);
4. Mesures biomécaniques des pieds (hauteur de l'arche, position calcanéenne, amplitude de mouvement à la 1 ^{re} AMT et à la cheville (10 min);
PARTIE 2 - Évaluation équilibre postural et marche (1 h 30 min.)

A) Tâches d'équilibre sur la plateforme de force



Chaque tâche d'équilibre sera exécutée deux fois durant 30 secs et avec 30 secs de pause entre les essais. Deux minutes de pause seront accordées entre les tâches. Pendant cette tâche des signaux d'EMG seront collectées en simultané.

B) Évaluation de la marche sur le système GaitRite



Les participants compléteront les tests sous trois conditions : (1) vitesse de marche habituelle, comme utilisées pour les activités de tous les jours ; 2) marche simulant une traversée de rue durant un temps régulier de 10 secondes pour respecter la distance du tapis GaitRite, en sachant que, certaines rues, le temps accordé est de 20 secondes ; et 3) marche simulant une traversée de rue avec un temps réduit de 5 secondes, bien que les panneaux soient préprogrammés à 20 s pour traverser la rue. Pendant cette tâche des signaux d'EMG seront collectées en simultané.

5. AVANTAGES, RISQUES ET INCONVÉNIENTS PERSONNELS POUVANT DÉCOULER DE VOTRE PARTICIPATION

Risques/inconvénients

Il n'y a pas de risque en ce qui concerne votre participation à ce projet. Les examens cliniques sont ceux habituellement utilisés en clinique de podiatrie et physiothérapie et représentent donc des risques réduits pour vous. Il est possible que les évaluations en laboratoire engendrent des courbatures musculaires légères ou de la fatigue. En effet, les courbatures lors des postures d'équilibre dans les tests sont normales dans une période de 24 à 72 heures suivant l'expérimentation. Si c'est le cas, vos muscles pourront être sensibles lors de l'exécution de certaines activités. Afin de minimiser ces risques, les mesures suivantes seront mises en place : des pauses seront offertes et des pauses supplémentaires seront offertes au besoin, à votre demande, l'intensité de la douleur ou de l'inconfort monitoré à l'aide d'outils clinique. Une attention pour hydrater le corps sera aussi en place, alors un verre d'eau sera toujours disponible pour le participant. De plus, une attention particulière sera portée au confort quant à l'installation des électrodes de l'électromyographie.

L'équipement utilisé, comme la plateforme de force, pour mesurer l'équilibre et le GaitRite, pour analyser la marche, comportent des éléments pour assurer votre sécurité. Ce sont des instruments statique (sans aucune perturbation/mouvement) qui sont placés au sol. De plus, pour assurer les inconvénients possibles lors d'une perte de contrôle de mouvement, un évaluateur sera toujours présent. Les tâches d'équilibre et de marche réalisées sont d'intensité légère, ce qui réduit les risques de blessure. Lors des tests, advenant que vous ressentiez une douleur ou un inconfort que vous jugez inapproprié, vous serez libre d'arrêter la séance. Sinon, mise à part que le projet nécessite de vous déplacer à la clinique de physiothérapie pour une séance de deux heures, aucun autre risque/inconvénient associé à votre participation à ce projet de recherche n'est anticipé.

Avantages

Mise à part la satisfaction de participer à la création de nouvelles connaissances scientifiques qui pourront éventuellement servir à améliorer les soins en physiothérapie et la prise en charge de la clientèle souffrant d'une fasciite plantaire autant chez les jeunes adultes travailleurs que chez les personnes âgées.

6.CONFIDENTIALITÉ ET UTILISATION DES RÉSULTATS

Toutes les informations recueillies seront utilisées pour cette étude seulement. Votre dossier sera codé de façon qu'il demeure anonyme. Plus précisément, un code aléatoire vous sera attribué avant votre arrivée au laboratoire, et sera utilisé pour identifier tout document papier ou fichier informatique qui sera utilisé/produit dans le cadre des expérimentations. Les documents contenant des informations nominales (nom, adresse), c'est-à-dire le présent *Formulaire d'information et de consentement concernant la participation* et le document contenant la liste des codes aléatoires, seront conservés à part dans un classeur protégé situé dans le bureau du responsable du projet (le Pr. Rubens A. da Silva) et accessible seulement par celui-ci. De plus, toutes les données nominales seront détruites après une période de 7 ans suivant la fin du projet, et les données anonymes seront conservées pendant une période de 25 ans. Si vous souhaitez que vos données soient détruites, simplement en avisant le responsable du projet à l'intérieur de la période de 7 ans de conservation de vos données nominales. Au-delà de cette période de 7 ans, il ne sera plus possible de demander la destruction de vos données, car les informations identificatoires auront été détruites.

Cependant, à des fins de contrôle du projet de recherche, votre dossier de recherche pourrait être consulté par une personne mandatée par le comité d'éthique de la recherche des établissements de l'UQAC ou par l'unité de l'éthique du ministère de la Santé et des Services sociaux, qui adhère à une politique de stricte confidentialité.

Les informations recueillies pourront être utilisées à des fins de communications scientifiques, professionnelles et/ou d'enseignement. Bien sûr, il est entendu que les résultats de l'étude seront divulgués de manière que rien ne permette de vous identifier.

7.PARTICIPATION VOLONTAIRE ET DROIT DE RETRAIT

Il est possible de vous retirer du projet de recherche sans donner de raison, et ce, sans qu'il y ait de préjudices. Il est entendu qu'en acceptant de participer à cette étude, vous ne renoncez à aucun de vos droits. Les chercheurs collaborateurs ainsi que l'équipe de recherche sont responsables du déroulement du présent projet de recherche. Nous nous engageons à respecter les obligations énoncées dans ce document et également à vous informer de tout élément qui serait susceptible de modifier la nature de votre consentement.

8.INDEMNITÉ COMPENSATOIRE

Aucune indemnité compensatoire ne vous sera remise.

9.PERSONNES-RESSOURCES

Si vous souhaitez avoir plus d'information concernant l'étude elle-même, certaines de ses modalités ou encore ses droits en tant que participant à cette étude, contacter le chercheur principal Monsieur Pr. Dr. Rubens da Silva, (418) 545-5011, poste 6123.

Pour toute question d'ordre éthique concernant votre participation à ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec la coordonnatrice du Comité d'éthique de la recherche (418-545-5011 poste 4704) ou la ligne sans frais 1-800-463-9880 poste 4704 ou encore directement via le courriel au : cer@uqac.ca

10. CONSENTEMENT DU PARTICIPANT

Dans le cadre du projet intitulé « Évaluation de la relation entre la morphologie du pied, l'équilibre posturale et à la marche chez des individus adultes et âgés avec et sans fasciite plantaire », j'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement et je comprends suffisamment bien le projet pour que mon consentement soit éclairé. Je suis satisfait des réponses à mes questions et du temps que j'ai eu pour prendre ma décision.

Si je dois me retirer de l'étude avant d'avoir pu compléter l'expérimentation,

<i>j'autorise <input type="checkbox"/></i>	<i>que les données recueillies suite à ma participation soient tout de même utilisées pour des fins scientifiques par les membres de l'équipe de recherche identifiée dans le présent « Formulaire d'information et de consentement concernant la participation ».</i>
<i>je n'autorise pas <input type="checkbox"/></i>	

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Je comprends que je suis libre d'accepter de participer et que je pourrai me retirer en tout temps de la recherche et exiger la destruction des données recueillies si je le désire, sans aucun préjudice ni justification de ma part. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement m'a été remise.

Nom et signature du participant

Date

Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué au participant à la recherche les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

Signature et engagement du chercheur responsable du projet

Je certifie qu'un membre autorisé de l'équipe de recherche a expliqué au participant à la recherche les termes du formulaire, qu'il a répondu à ses questions et qu'il lui a clairement indiqué qu'il pouvait à tout moment mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée au participant à la recherche.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

11. AUTORISATION DE PRENDRE CONTACT AVEC VOUS POUR UN PROJET FUTUR

Nous apprécions votre participation à notre projet de recherche intitulé « *Évaluation de la relation entre la morphologie du pied, l'équilibre posturale et à la marche chez des individus adultes et aînés avec et sans fasciite plantaire* » et nous voudrions savoir si vous êtes intéressé(e) à être contacté(e) pour éventuellement participer à d'autres projets et ce, pendant la période autorisée de conservation de vos données nominales. Si c'est le cas, nous vous demandons la manière dont vous préférez être contacté. Cette autorisation ne représente pas un engagement à participer, vous pourrez à ce moment accepter ou refuser sans aucun préjudice ou justification de votre part.

J'accepte d'être contacté(e) par le chercheur responsable du présent projet ou un membre de son équipe pour participer à d'autres études réalisées dans le même domaine de recherche et ce, de la manière suivante :

Numéro de téléphone : _____

Adresse courriel : _____

Adresse Postale : _____

Je n'accepte pas d'être contacté(e) par le chercheur responsable du présent projet ou un membre de son équipe pour participer à d'autres études réalisées dans le même domaine de recherche.

Nom et signature du participant *Date*

Nom et signature de la personne qui obtient l'autorisation *Date*

Annexe D : Certificat éthique

Ce mémoire de maîtrise a fait l'objet d'une certification éthique. Le numéro du certificat est le 202-404