



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation  
Département Masso-Kinésithérapie

**Mémoire N°1891**

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du

**Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie**

Par

**MICHON Loan**

**LES ROLES DES FASCIAS DANS LA MARCHE HUMAINE ET LA COURSE A  
PIED DE LONGUE DUREE : UNE SCOPING REVIEW**

**THE ROLES OF FASCIAS IN HUMAN WALKING AND LONG-DISTANCE  
RUNNING: A SCOPING REVIEW**

Directeur de mémoire

**THIRIET Patrice**

**Année 2022-2023**

**Session 1**

Membres du jury

**THIRIET Patrice**

**JAUDOIN Denis**

**ADAMIAK Sandrine**



## CHARTRE ANTI-PLAGIAT DE LA DREETS AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

La Directions régionales de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (DREETS) délivre sous l'autorité du préfet de région les diplômes paramédicaux et du travail social.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue, que les directives suivantes sont formulées.

Elles concernent l'ensemble des candidats devant fournir un travail écrit dans le cadre de l'obtention d'un diplôme d'État, qu'il s'agisse de formation initiale ou de parcours VAE.

La présente charte définit les règles à respecter par tout candidat, dans l'ensemble des écrits servant de support aux épreuves de certification du diplôme préparé (mémoire, travail de fin d'études, livret2).

Il est rappelé que « le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou des idées originales d'un auteur, sans lui en reconnaître la paternité, par des guillemets appropriés et par une indication bibliographique convenable »<sup>1</sup>.

**La contrefaçon** (le plagiat est, en droit, une contrefaçon) **est un délit** au sens des articles L. 335-2 et L. 335-3 du code de la propriété intellectuelle.

### **Article 1 :**

Le candidat au diplôme s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

### **Article 2 :**

Le plagiaire s'expose à des procédures disciplinaires. De plus, en application du Code de l'éducation<sup>2</sup> et du Code de la propriété intellectuelle<sup>3</sup>, il s'expose également à des poursuites et peines pénales.

### **Article 3 :**

Tout candidat s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, cette charte dûment signée qui vaut engagement :

**Je soussigné(e) MICHON Loan**

**Atteste avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat élaborée par la DREETS Auvergne-Rhône-Alpes et de m'y être conformé(e)**

**Je certifie avoir rédigé personnellement le contenu du livret/mémoire fourni en vue de l'obtention du diplôme suivant :**

**Fait à LYON**

**Le 12/04/2023**

**Signature**

**Z**ér  **Plagiat**



<sup>1</sup> Site Université de Nantes : <http://www.univ-nantes.fr/statuts-et-chartes-usagers/dossier-plagiat-784821.kjsp>

<sup>2</sup> Article L331-3 : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics »

<sup>3</sup> Article L122-4 du Code de la propriété intellectuelle



Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation  
Département Masso-Kinésithérapie

**Mémoire N°1891**

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du

**Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie**

Par

**MICHON Loan**

**LES ROLES DES FASCIAS DANS LA MARCHE HUMAINE ET LA COURSE A  
PIED DE LONGUE DUREE : UNE SCOPING REVIEW**

**THE ROLES OF FASCIAS IN HUMAN WALKING AND LONG-DISTANCE  
RUNNING: A SCOPING REVIEW**

Directeur de mémoire

**THIRIET Patrice**

**Année 2022-2023**

**Session 1**

Membres du jury

**THIRIET Patrice**

**JAUDOIN Denis**

**ADAMIAK Sandrine**

# Université Claude Bernard Lyon 1

Président  
**Frédéric FLEURY**

Vice-président CA  
**REVEL Didier**

## **Secteur Santé**

Institut des Sciences et Techniques de  
Réadaptation  
Directeur  
**Jacques LUAUTE**

U.F.R. de Médecine Lyon Est  
Directeur  
**RODE Gilles**

U.F.R d'Odontologie  
Directeur  
**Jean Christophe MAURIN**

U.F.R de Médecine Lyon-Sud Charles  
Mérieux  
Directrice  
**PAPAREL Philippe**

Institut des Sciences Pharmaceutiques  
et Biologiques  
Directrice  
**DUSSART Claude**

Département de Formation et Centre de  
Recherche en Biologie Humaine  
Directeur  
**SCHOTT Anne-Marie**

Comité de Coordination des  
Etudes Médicales (CCEM)  
**COCHAT Pierre**



## **Institut Sciences et Techniques de la Réadaptation Département MASSO-KINESITHERAPIE**

Directeur ISTR  
**Jacques LUAUTE**

**Équipe de direction du département de Masso-kinésithérapie :**

Directeur de la formation  
**Charles QUESADA**

Responsables des travaux de recherche  
**Denis JAUDOIN**

Référents d'années  
**Ilona BESANCON**  
**Edith COMEMALE**

Référent formation clinique  
**Ayodélé MADI**

Référent projets pédagogiques  
**Denis JAUDOIN**

Responsable de scolarité  
**Audrey MOIRON**

## **Remerciements :**

Je tiens à remercier différentes personnes qui ont permis la réalisation de ce travail.

Tout d'abord merci à Monsieur THIRIET Patrice, directeur de ce mémoire qui a su m'apporter son regard d'expert sur les fascias. Merci pour sa disponibilité et ses réponses à mes différentes interrogations.

Merci également à Monsieur BOUDRAHEM Samir pour son apport méthodologique et sa supervision.

Merci à Monsieur QUESADA Charles et Monsieur GIRARDIN Léon pour leurs relectures et leurs avis.

Merci à Madame MICHON Carole pour sa relecture de la syntaxe et de l'orthographe.

## Liste des acronymes :

MK : Masseur-Kinésithérapeute

FNC : Fascia Nomenclature Committee

ITB : Bandelette ilio tibiale

AH : Acide hyaluronique

LPS : Ligne postérieure superficielle

LAS : Ligne antérieure superficielle

LAP : Ligne antérieure profonde

LL : Ligne latérale

LS : Ligne spirale

LB : Lignes brachiales

LF : Lignes fonctionnelles

ATP : Adénosine triphosphate

FP : Fascia plantaire

TFL : Tenseur du fascia lata

NA : Non applicable

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>1. CADRE THEORIQUE</b>	<b>3</b>
1.1 <i>Contexte</i>	3
1.1.1 UNE ABSENCE DE CONSENSUS SUR LES DEFINITIONS	3
1.1.2 UNE THEORIE EVOLUTIONNISTE DECRITE PAR LIEBERMANN	5
1.1.3 RESUME DES CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES FASCIAS	7
1.1 <i>Concepts</i>	10
1.2.1 MACRO ET MICRO-ANATOMIE DES FASCIAS PROFONDS	10
1.2.2 BIOTENSEGRITE ET TRANSMISSION DE FORCE DES FASCIAS	12
1.2.3 LES CHAINES MYOFASCIALES DE LA MARCHÉ HUMAINE ET DE LA COURSE A PIED LENTE	14
1.2.4 LA MARCHÉ ET LA COURSE A PIED DE LONGUE DUREE	16
1.3 <i>Population</i>	17
1.3.1 CHOIX DE LA POPULATION POUR L'ÉTUDE	17
1.3.2 POURQUOI UNE SCOPING REVIEW	17
<b>2. MATERIEL ET METHODE</b>	<b>17</b>
2.1 <i>Critères de sélection : inclusion et exclusion</i>	18
2.1.1 POPULATION	18
2.1.2 CONCEPT	19
2.1.3 CONTEXTE	19
2.1.4 LES CRITERES D'INCLUSION	19
2.1.5 LES CRITERES D'EXCLUSION	19
2.2 <i>Les sources d'informations</i>	20
2.3 <i>La stratégie de recherche</i>	20
2.3.1 CHOIX DES MOTS CLES	20
2.3.2 CONSTRUCTION DES EQUATIONS DE RECHERCHE	22
2.4 <i>Le processus de sélection des études</i>	25
2.4.1 IDENTIFICATION DES DOUBLONS	25
2.4.2 SELECTION PAR TITRE ET RESUME	26
2.4.3 SELECTION PAR ARTICLE TEXTE ENTIER	26
2.5 <i>Évaluation critique des sources de preuve</i>	27
2.6 <i>Extraction des données</i>	31
<b>3. RESULTATS</b>	<b>32</b>
3.1 <i>Diagramme de flux</i>	32
3.2 <i>Les sources de preuve par base de données</i>	33
3.3 <i>Caractéristiques des articles</i>	38
3.3.1 DESIGN DES REFERENCES INCLUSES	38
3.3.2 TABLEAU D'EXTRACTION DES DONNEES	40
3.4 <i>Synthèse des résultats</i>	52
3.4.1 ORIGINE DES ETUDES INCLUSES	52
3.4.2 LES DIFFERENTS PARAMETRES FASCIAUX INVESTIGUES ET LEURS OUTILS DE MESURES	54
3.4.3 SYNTHÉSE DE L'ORIGINE DES ETUDES, DES PARAMETRES INVESTIGUES ET DES RESULTATS DES ETUDES	55
<b>4. DISCUSSION</b>	<b>56</b>
4.1 <i>Résumé des preuves</i>	56
4.2 <i>Réponse à la problématique</i>	58
4.3 <i>Limites de l'étude</i>	60
4.4 <i>Les fascias, un organe absent de la plaquette de formation des Masseurs-kinésithérapeutes</i>	60
<b>5. CONCLUSION</b>	<b>61</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>63</b>

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau I: Échelle PEDro .....	29
Tableau II: Extraction des données des articles inclus dans l'étude (modèle).....	31
Tableau III: Les références incluses dans l'étude .....	33
Tableau IV: Design des références incluses .....	38
Tableau V: Extraction des données incluses dans l'étude .....	40

## TABLE DES FIGURES

Figure 1: Diagramme de flux du processus de sélection des références .....	32
Figure 2: Diagramme du nombre d'études par pays d'origine .....	52
Figure 3: Diagramme du nombre d'études par thématique.....	52
Figure 4: Diagramme du nombre d'études par base de données (doublons inclus).....	53
Figure 5: Nombre d'études par paramètre investigué.....	54
Figure 6: Diagramme du nombre d'études par outil de mesure.....	54

## RÉSUMÉ

**CONTEXTE** : Le fascia est aujourd'hui considéré comme un organe à part entière, définis pour la première fois en 1651 par CROOKE ce tissu a souvent été négligé par les domaines de la physiologie humaine et de la santé. Intégré dans un système fascial et myofascial il possède des rôles qui restent encore mal connu. Ce travail a pour but de faire un état des lieux des connaissances scientifiques, en s'appuyant sur la littérature actuelle, sur les rôles des fascias dans la marche humaine et la course à pied de longue durée. **MÉTHODE** : Ce travail a été fait sous la forme d'une Scoping Review. 10 bases de données ont été investiguées et ont permis d'identifier 683 articles qui par la suite ont été triés et analysés pour en inclure 17. **RÉSULTATS** : Deux structures fasciales ont systématiquement et uniquement été relevées, le fascia plantaire et la bandelette iliotibiale. Des rôles d'emmagasinement et transmission d'énergie ont pu être identifiés. D'autres éléments laissent penser que ces structures fasciales tiennent une place importante dans la locomotion humaine, notamment par la modification de leurs caractéristiques sous la contrainte et leurs pathologies fréquemment associées à la marche ou à la course. **DISCUSSION** : Les limites de cette étude sont le faible nombre et niveau de preuve des études incluses. **CONCLUSION** : Peu de rôles ont pu être identifiés sur des résultats portant sur seulement deux structures fasciales. Le manque de preuves scientifiques d'un point de vue quantitatif et qualitatif laisse ouvert le champ de l'exploration de la place des fascias dans la locomotion humaine. Bien que le domaine d'anatomie descriptive des fascias soit aujourd'hui bien connu.

**MOTS CLÉS** : Fascia, Système fascial, Marche, Course à pied de longue durée, Rôle

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The fascia is today considered as an organ in its own right, defined for the first time in 1651 by CROOKE, this tissue has often been neglected by the fields of human physiology and health. Integrated into a fascial and myofascial system, it has roles that are still poorly understood. The aim of this work is to review the current state of scientific knowledge, based on the current literature, on the roles of fascia in human walking and long-distance running. **METHODS:** This work was done in the form of a Scoping Review. 10 databases were searched and 683 articles were identified, which were then screened and analysed to include 17 articles. **RESULTS:** Two fascial structures were systematically and uniquely identified, the plantar fascia and the iliotibial band. Energy storage and transmission roles were identified. Other elements suggest that these fascial structures play an important role in human locomotion, notably by the modification of their characteristics under stress and their pathologies frequently associated with walking or running. **DISCUSSION:** The limitations of this study are the low number and level of evidence of the included studies. **CONCLUSION:** Few roles could be identified based on results for only two fascial structures. The lack of scientific evidence from a quantitative and qualitative point of view leaves open the field of exploration of the role of fascia in human locomotion. Although the field of descriptive anatomy of fascia is now well known.

**KEYWORDS:** Fascia, Fascial system, Long-distance running, Role, Walking



# INTRODUCTION

J'ai découvert les fascias à travers l'utilisation du Fat-Tool®, un outil dit d'abrasion fascial utilisé par Jérôme SIMIAN dans la préparation physique de Kévin MAYER, un décathlonien français. Je me suis interrogé sur cet outil et j'ai mené mes propres recherches sur le sujet. Ayant été étudiant en première année de cursus STAPS, j'ai suivi des cours d'anatomie où le terme de fascias a été très brièvement introduit par le maître de conférence. L'idée de découverte d'un nouvel organe reliant les muscles, les organes et s'étendant de la tête aux pieds m'intriguait.

J'ai ensuite entendu parler des travaux de Jean-Claude GUIMBERTAUX avec notamment sa vidéo « Promenade sous la peau » où l'on y voit des images de microstructures anatomiques de fascias. Passionné de préparation physique j'ai suivi les interviews de Charles POLIQUIN, un préparateur canadien d'athlètes olympiques et spécialiste dans le gain de force. Il a évoqué les fascias comme un élément important dans la production de force au cours d'un mouvement mais aussi comme un système encore méconnu.

Je suis ensuite entré en formation de Masso-Kinésithérapie et eu la chance d'assister aux cours d'anatomie de monsieur Patrice THIRIET. Un de ses cours était destiné à une introduction sur le tissu conjonctif et les fascias. C'est à partir de ce moment que je me suis réellement interrogé sur ce tissu. Quel est son véritable rôle ? Pourquoi en parle-t-on si peu ? De quoi est-il composé ? A-t-il un rôle de transmission de force musculaire ? Je me suis alors naturellement penché sur les fascias lors du choix de la thématique de mon mémoire, et dirais-je même sur le système fascial. Après avoir échangé avec Mr THIRIET sur le sujet nous en sommes venus à parler de mollets, de mollets d'athlètes de haut niveau, coureurs, cyclistes, sprinters, triathlètes. C'est alors que l'on a fait une observation simple. La taille et la répartition des tissus des mollets semblaient différer selon la pratique du sportif. Pourquoi ? Pourquoi les marathoniens ont un galbe musculaire petit, situé en haut de la loge postérieure de la jambe, avec un tendon d'Achille long, épais. Pourquoi les cyclistes professionnels ont globalement un galbe musculaire large, volumineux qui descend proche de l'articulation de la cheville avec une portion tendineuse courte ? C'est alors que la notion d'adaptation des mollets aux contraintes, aux chocs, m'a semblé être un élément important dans l'organisation tissulaire des mollets. J'ai souhaité orienter mon mémoire sur ce sujet mais ne trouvant aucune littérature sur ce thème je me suis rabattu sur une thématique plus globale et peut être davantage rattachée aux problématiques du Masseur-Kinésithérapeute (MK). Le MK est très

souvent confronté à rééduquer les patients à la marche et cela dans beaucoup de champs cliniques. Neurologie, traumatologie, rhumatologie ... Il est aussi en première ligne pour prendre en soins les personnes présentant des pathologies du coureur à pied en traumatologie du sport, débutant, amateur ou professionnel mais majoritairement sur des individus qui courent à faible allure, selon leur capacité et leur niveau.

Pratiquant de nombreuses activités physiques notamment le triathlon, le cyclisme et l'ultra trail j'ai pu analyser mes sensations au cours de ces différentes pratiques. J'ai pu observer une augmentation du volume des gastrocnémiens après plusieurs mois d'entraînements en cyclisme au détriment d'entraînements en course à pied. Cette observation était corrélée à une sensation de perte de réactivité, de vivacité d'appuis en course à pied, mais aussi d'apparition de gênes, douleurs à la voûte plantaire. Inversement lors de phases d'entraînements ciblés sur la course à pied où les gênes disparaissaient rapidement au détriment d'une perte de force de pédalage. Mon corps s'adaptait à la pratique du moment, avec ou sans chocs. Je me demande alors qu'elles ont été ces adaptations. La proportion de fascias dans mes segments jambiers a-t-elle augmenté lorsque je m'entraînais avec des chocs ? L'organisation fasciale a-t-elle été modifiée ? Comment ?

Jeanne TONDUT, triathlète professionnelle vainqueur de l'Ironman de Nice 2021 et doctorante à l'université Lyon 1 soulève également ce questionnement : « J'ai pratiqué des sports où mon corps n'était pas habitué à subir des chocs. Quand j'ai commencé la course pour le triathlon, j'étais souvent blessée ».

Ce cheminement et ces interrogations m'ont conduit vers une problématique globale et rapprochée de la pratique du MK :

**En s'appuyant sur la littérature actuelle, quels sont les rôles des fascias dans la marche humaine et la course à pied de longue durée ?**

# 1. CADRE THEORIQUE

## 1.1 CONTEXTE

### 1.1.1 UNE ABSENCE DE CONSENSUS SUR LES DEFINITIONS

Les fascias permettent de donner la forme et la fonction à chaque organe et d'assurer une continuité entre eux. Ce sont des tissus qui enveloppent l'ensemble des organes du corps humain. Depuis l'utilisation de ce terme la communauté scientifique ne parvient pas à s'accorder sur une définition des fascias (Bordoni et al., 2022). Ce terme renvoyait à différentes notions au cours du temps.

C'est CROOKE en 1651 qui est visiblement le premier à parler de fascias comme étant un tendon membraneux. En 1788 HALL évoque une simple partie membraneuse. En 1844 CRUVEILHIER parle d'une « forte bande aponévrotique ». Beaucoup d'auteurs y apporteront leurs avis jusqu'en 2016. « Une section de tissu membraneux et fibreux dense enveloppant les organes internes » (GODMAN 1824). « Une couche distincte superficielle ou profonde, de tissu conjonctif » (ELLIS 1840). « Une gaine, une feuille ou toute autre masse dissécable de tissu conjonctif » (FCAT 1998). « Le composant de tissu mou du système de tissu conjonctif qui imprègne le corps humain en formant une matrice tridimensionnelle continue de soutien structurel » (Findley & Schleip 2007). Le fascia renvoie donc à différentes parties du corps et cela renforce les propos tenus par STANDRING en 2016 qui met en avant le fascia comme étant une expression « générique » plutôt que scientifiquement précise. Il en va de même pour MYERS, selon lui « le mot fascia s'est échappé de ses limites traditionnelles » et pour SCHLEIP « les médias ainsi que de nombreux cliniciens utilisent fréquemment le terme fascia de manière non conventionnelle ». De nos jours, les médias jouent un rôle important dans la formation de la pensée du public, de sorte que leur utilisation non conventionnelle de ce terme a déjà un effet généralisé, surtout si l'on considère la forte croissance récente des publications relatives au fascia » (Adstrum et al., 2017).

Jusqu'en 2016 aucun consensus n'a pu être fait pour accorder les scientifiques sur la définition du fascia.

Hélène LANGEVIN, professeure de la Harvard Medical School de Boston, spécialiste des fascias les définit dans un article intitulé : « Fascia Mobility, Proprioception, and

Myofascial Pain » comme étant : « des feuilles de tissus conjonctifs qui forment des plans d'interconnexions couvrant tout le corps, entourant et séparant les muscles, et créant des interfaces biomécaniques entre eux. Les fascias sont composés de tissus conjonctifs mal disposés mais étroitement tissés qui peuvent supporter des charges de traction élevées. Les plans fasciaux sont séparés par des plans de tissus conjonctifs « lâches » qui permettent aux fascias de glisser les uns par rapport aux autres » (Langevin, 2021). Cette définition reste aujourd'hui largement valable et répandue.

Un premier groupe formé par la Fascia Research Society en 2014, le Fascia Nomenclature Committee (FNC), a été chargé de définir le fascia. Ce comité intégrait des thérapeutes du mouvement, kinésithérapeutes, ostéopathes, médecins, chiro praticiens, praticiens du mouvement, chercheurs en sciences fondamentales. Ils ont utilisé la méthode Delphi permettant de favoriser un consensus. C'est un outil d'enquête, utilisé en particulier en gestion de projet. Elle vise à former un groupe d'experts structuré et représentatif afin de les consulter de manière itérative pour en tirer des consensus et des divergences. Chaque expert est questionné en profondeur sur le sujet et ses réponses vont permettre de questionner davantage les autres experts et ainsi de suite. Après l'utilisation de cette méthode les scientifiques n'arrivent pas à tomber d'accord et mettent en avant l'indispensabilité de dissocier le terme « Un fascia » comme étant l'unité dissécable du terme « Le système fascial » renvoyant à toutes les fonctions et propriétés mécaniques de ce tissu.

Le premier renvoyant à « **une gaine, une feuille ou tout autre agrégat dissécable de tissu conjonctif qui se forme sous la peau pour attacher, enfermer, séparer les muscles et autres organes internes** » (Stecco & Schleip, 2016) . Le but de cette définition est de caractériser l'unité anatomique du fascia, avec une vue isolée de celui-ci.

Le second à « **un continuum tridimensionnel de tissus conjonctifs mous, contenant du collagène, lâches et fibreux denses, qui imprègnent le corps. Il comprend des éléments tels que le tissu adipeux, l'adventice, les gaines neurovasculaires, les aponévroses, les fasciae profonds et superficiels, l'épineurium, les capsules articulaires, les ligaments, les membranes, les méninges, les expansions myofasciales, le périoste, les rétinacula, les septa, les tendons, les fasciae viscéraux et tous les tissus conjonctifs intramusculaires et intermusculaires, y compris l'endo-/peri-/épimysium. Le système fascial interpénètre et entoure tous les organes, les muscles, les os et les fibres nerveuses, dotant le corps d'une structure fonctionnelle et fournissant un**

**environnement qui permet à tous les systèmes corporels de fonctionner de manière intégrée.** » (Bordoni et al., 2022).

À noter que toutes ces structures dérivent d'un même feuillet embryonnaire à savoir le mésoderme. Cette définition renvoie davantage au réseau auquel appartiennent les fascias et à cet ensemble complexe qui interagit avec les autres organes. En parlant du système fascial ce comité parle « d'un réseau de tissus en interaction, interreliés, interdépendants, formant un ensemble complexe, qui collaborent tous à l'exécution d'un mouvement ». (Stecco & Schleip, 2016).

Ainsi ces deux termes fascia et système fascial sont à dissocier et à utiliser avec prudence. L'un comme étant l'unité anatomique dissécable et l'autre comme étant le réseau de tissus en interaction formant un ensemble complexe. Ces deux termes seront intégrés comme mots clés dans les équations de recherche afin de se rapprocher de l'exhaustivité sur le sujet.

Carla Stecco décrit dans son Atlas fonctionnel du système fascial humain deux types de fascias. Le fascia superficiel comme étant une couche membraneuse qui sépare le tissu adipeux sous-cutané en deux, et le fascia profond qui renvoie à toutes les couches fibreuses qui relient les différents éléments du système musculosquelettique, transmet les contraintes de force musculaire à distance. Deux types de fascias profonds sont décrits, les fascias aponévrotiques qui font références à l'ensemble des gaines des loges musculaires, par exemple l'aponévrose de la loge postérieure de la jambe. Les fascias épimysiaux faisant quant à eux références aux enveloppes propres à chaque muscle définissant leur forme, taille, volume. Étant reliés directement au système musculosquelettique ce sont ces fascias profonds qui semblent être les plus impliqués dans la marche et la course à pied de longue durée.

### 1.1.2 UNE THEORIE EVOLUTIONNISTE DECRITE PAR LIEBERMANN

Daniel LIEBERMANN est paléoanthropologue à l'université de Harvard et professeur en sciences biologique et biologie de l'évolution humaine. Il s'intéresse notamment à la place des fascias dans l'évolution de l'homme. Il tient en 2018 une conférence à Berlin intitulée : « L'évolution de la marche et de la course chez l'homme et cas du tractus ilio-tibial et de l'aponévrose plantaire ». Son argumentation se base sur la comparaison entre l'Homme et le chimpanzé mais aussi sur deux structures anatomiques, la voûte plantaire et la bandelette ilio

tibiale (ITB). Il met en avant la méconnaissance de l'origine des pathologies touchant ces structures, fasciite plantaire, syndrome de l'ITB. Il déclare sur la fasciite plantaire : « L'inflammation à l'origine de la fasciite plantaire provient d'une sursollicitation des tissus conjonctifs qui soutiennent l'arche plantaire en raison de la faiblesse et de la sous-utilisation des muscles intrinsèques du pied ». La relation entre tissu conjonctif et muscle est mis en avant comme un ensemble indissociable et fonctionnant ensembles. L'aponévrose plantaire joue un rôle de treuil pendant la marche et de ressort pendant la course. De même pour l'ITB dont l'origine des pathologies de cette structure ne permet pas un consensus.

Daniel LIEBERMANN propose une approche évolutionniste pour comprendre comment ces structures conjonctives ont évolué. Comment sont-elles reliées aux fonctions locomotrices de l'Homme, à leurs évolutions ? Il aborde dans un premier temps la quadrupédie et la bipédie d'un point de vue énergétique et cinématique. Il avance que la bipédie est plus économe et compare la locomotion de l'Homme à celle du chimpanzé, bipédie versus quadrupédie. En termes de dépense énergétique une année de quadrupédie reviendrait à avoir dépensé énergétiquement l'équivalent de trente marathons de plus qu'une année de bipédie. Daniel LIEBERMANN s'interroge sur l'évolution de l'ITB et de l'aponévrose plantaire à partir d'étude sur cadavres et d'analyse de la marche d'Hommes et de singes. L'ITB est chez les humains plus épaisse et dispose de trois fois plus d'insertions musculaires que chez le chimpanzé. D'un point de vue cinématique LIEBERMANN s'est aperçu que l'ITB subissait son maximum de tension lors de la phase de propulsion à la marche bipède en position d'extension de genou et de hanche, ce que ne permet pas la quadrupédie, les genoux et les hanches restant fléchis. D'un point de vue de la restitution d'énergie élastique l'ITB de l'Homme est capable d'en stocker 15 à 20 fois plus. La composante des adducteurs lors de la bipédie comme la quadrupédie n'exerce que peu de contraintes sur l'ITB dans le plan frontal. LIEBERMANN compare alors l'ITB à un « balancier élastique » qui emmagasine et restitue de l'énergie dans le plan sagittal lors de la marche ou de la course bipède.

En ce qui concerne l'évolution de l'aponévrose plantaire. Elle est tout d'abord présente chez l'Homme et le chimpanzé. LIEBERMANN compare la force et raideur des muscles plantaires entre deux populations, l'une portant des chaussures l'autre non ou avec un chaussage minimaliste. Il observe des muscles plus épais, des pieds plus larges et rigides chez la population sans chaussures. Il pose alors l'hypothèse que la fasciite plantaire serait causée par une sursollicitation de la partie conjonctive de la voûte plantaire liée à la faiblesse des muscles intrinsèques du pied.

La bipédie permettrait donc le développement de ces structures anatomiques adaptées à la locomotion bipède.

Ainsi ces structures anatomiques fasciales, l'ITB et l'aponévrose plantaire, ont également subi une évolution et il semblerait qu'elles se soient adaptées et développées dans le contexte de locomotion bipède. Des structures qui apparaissent comme indispensables à la marche et la course à pied.

C'est alors que la notion d'emmagasinement et restitution d'énergie lors de la locomotion apparaît comme indispensable pour l'économie d'énergie de nos ancêtres. En prenant l'exemple du pied, on sait que la voûte plantaire joue un rôle essentiel dans le stockage et la restitution d'énergie lors de la locomotion, en partie grâce à ses tissus passifs permettant une diminution significative du coup énergétique de cette dernière. Les muscles intrinsèques du pied jouent aussi un rôle important dans ce processus, cependant leur implication reste minoritaire vis-à-vis des tissus conjonctifs passifs de la voûte plantaire. C'est pour cela que l'on parle de la théorie du ressort de la voûte plantaire qui permet une économie d'énergie métabolique. La compression de cette voûte permet l'emmagasinement de l'énergie élastique, que ce soit lors de la marche ou de la course. Ce stockage n'évolue pas proportionnellement avec la déformation de la voûte plantaire, on retrouve la majorité du stockage effectué lors des 25 derniers pourcents de la compression (ou déformation de la voûte). D'où une plus grande quantité d'énergie élastique stockée en course à pied par rapport à la marche, lié à une plus grande compression lors de l'impact du pied au sol (Stearne et al., 2016).

### 1.1.3 RESUME DES CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES FASCIAS

Ce résumé se base sur quatre ouvrages de spécialistes des fascias. On y retrouve L'Atlas Fonctionnel du Système Fascial Humain de Carla Stecco, Anatomy Trains de Tom Myers, Biomécanique Fonctionnelle de Michel Dufour ainsi que Fascia et Sport de Robert Schleip. Une première partie portera sur des données anatomiques, descriptives et structurelles. La seconde sur des éléments fonctionnels.

Le fascia qu'il soit épimysial ou aponévrotique fait partie de la famille des tissus conjonctifs propres, dans laquelle il appartient au groupe des tissus conjonctifs denses réguliers à organisation en plusieurs couches. Il se divise en deux catégories comme expliqué

précédemment en un fascia superficiel et profond. Ces structures sont vascularisées et innervées.

Leur composition est de l'ordre de 5% de cellules (fibroblastes) et 95% de matrice extracellulaire composée de fibre de collagène et d'eau (Schleip, 2020).

Le fascia superficiel adhère au fascia profond et joue un rôle dans l'intégrité de la peau. Il soutient en particulier les veines, pour assurer leur perméabilité, mais aussi le tissu adipeux en définissant son organisation. Enfin il permet le glissement de la peau sur le système musculaire. Les nerfs sous-cutanés sont protégés des mouvements excessifs par le fascia superficiel car ils traversent les différents plans fasciaux selon une direction oblique. Les corpuscules de Ruffini et Pacini présents dans le fascia superficiel permettent de contrôler ces mouvements.

Le fascia profond, épimysial ou aponévrotique, fait référence aux gaines fibreuses bien délimitées qui maintiennent et recouvrent un groupe de muscles ou qui servent à l'insertion d'un muscle large. Ils se prolongent avec le périoste, le paratendon, la gaine neurovasculaire et les capsules fibreuses des articulations.

Le fascia aponévrotique peut transmettre les forces musculaires à distance. Le fascia lata, le fascia crural, le fascia brachial, le fascia thoraco-lombaire en sont des exemples. Du tissu conjonctif lâche se trouve entre les couches adjacentes de fascias profonds et explique certaines réponses mécaniques de ce dernier.

Le fascia épimysial fait référence aux couches fibreuses fines qui enveloppent un muscle, lui conférant sa forme et sa structure. Leur champ d'action est plus localisé, spécifique à chaque muscle. Le périmysium et l'endomysium sont des fascias épimysiaux (Stecco, 2020).

D'après Tom Myers le fascia unit nos cellules. Cet auteur décrit trois réseaux holistiques, un réseau nerveux faisant référence au système nerveux, un réseau liquidien faisant référence au système vasculaire et un réseau fibreux ou système fascial. Ce dernier est composé d'éléments fibrillaires, du collagène, de l'élastine et de la réticuline. Ce système permettrait de soutenir le corps humain en mouvement par le jeu de forces de tensions et de compressions. Le développement de ce réseau fibreux interviendrait aux environs de la deuxième semaine du développement (Myers Tom, 2018).

D'un point de vue fonctionnel le fascia superficiel fonctionne avec les réticulums cutanés afin de permettre le mouvement indépendant de la peau et des muscles. La répercussion des contraintes appliquées sur la peau sur les tissus sous-cutanés est alors atténuée, de même pour les effets néfastes de la contraction musculaire sur la peau.

Le fascia profond quant à lui présente la capacité d'agir comme un tendon en transmettant des forces de contractions musculaires d'un segment à un autre. Cette capacité est due à l'orientation des faisceaux de fibres de collagènes, donnant ainsi la capacité au fascia profond de fournir une résistance lorsque les forces de tractions appliquées sont multidirectionnelles.

Le fascia aponévrotique présente aussi la propriété de viscoélasticité qui renvoie à la capacité de réorganiser ses composants fibreux associée aux déplacements des phases liquides au cours du temps. La conformation multicouche entre le fascia aponévrotique et le tissu conjonctif lâche entrainerait une capacité à résister aux contraintes transmises aux fascias par leurs insertions avec le système musculo-squelettique. La capacité à s'adapter localement aux effets de la contraction musculaire serait aussi présentes.

Le fascia épimysial est un des principaux contributeurs à la résistance mécanique des muscles. Son organisation aide à gérer le comportement mécanique du muscle qu'il délimite. Il confère une résistance dans la même direction que les fibres musculaires. Il participe également à la transmission des forces musculaires. Contention et transmetteur de forces sont ses deux principales fonctions (Stecco, 2020).

D'une manière plus globale le fascia s'inscrirait aussi comme une structure de tenségrité distributrice de tensions ayant une efficacité maximale. Un équilibre de structures tension-dépendantes se mettrait en place pour permettre au corps de se mouvoir, et ce, grâce aux tensions appliquées par le système fascial, permettant de maintenir l'ensemble des systèmes en équilibre. Myers avance aussi la présence de cellules contractiles au seins des fascias, les myofibroblastes, responsables d'une contraction très lente s'établissant sur 20 à 30 minutes et se maintenant pendant plusieurs heures avant de céder lentement.

Une organisation des fascias existerait sous forme de chaîne, intégrée à un système de chaîne myofasciale (Myers Tom, 2018).

Selon Schleip la morphologie des fascias est faite pour répondre principalement à une tension plutôt qu'à une compression. « La conformation spécifique d'un tissu fascial dépend de l'histoire locale de ces forces de tensions. » (Schleip, 2020). Si le tissu reçoit des

contraintes unidirectionnelles alors le système fascial exprimera ces contraintes sous la forme d'un tendon ou ligament. En revanche si les contraintes sont multiples, autant dans leur nature que dans leur orientation le tissu s'exprimera sous forme d'une membrane en forme de maillage fibreux alvéolaire laxo. Une étude de 2007 a montré que les muscles transmettaient jusqu'à 40% de leur force de contraction aux tendons des muscles adjacents par des connexions fasciales (Huijing, 2009).

Plusieurs transmissions de force ont été montrées. Le grand fessier et le grand dorsal controlatéral via le fascia thoraco-lombaire. Le biceps fémoral et le fascia érecteur du rachis via le ligament sacro-tubéral. Le biceps brachial et les fléchisseurs de l'avant-bras via l'expansion aponévrotique du biceps ou encore le grand fessier avec les muscles de la partie inférieure de la jambe par le tractus iliotibial.

Schleip évoque l'existence d'une capacité des tendons et des aponévroses à stocker et libérer de l'énergie cinétique liée à la condition physique du sujet. Plus le tissu aura subi des contraintes, plus son organisation fibrillaire sera optimisée pour répondre à cette contrainte, cela se traduit par une augmentation de son élasticité.

Au niveau des membres inférieurs si les fascias des pieds et des jambes ont une résilience correcte il y aura moins besoin d'amortir les chocs externes par une chaussure. La course pieds nus ou minimaliste impliquerait une plus grande capacité de stockage élastique. Schleip met en avant l'importance de l'hydratation de ce tissu, composé à 95% d'eau, afin de maintenir des propriétés viscoélastiques optimales (Schleip, 2020).

## 1.1 CONCEPTS

### 1.2.1 MACRO ET MICRO-ANATOMIE DES FASCIAS PROFONDS

Carla Stecco est docteur en médecine, chirurgienne orthopédiste, professeure en anatomie humaine et science du mouvement à l'université de Padoue en Italie. Elle publie en octobre 2020 un atlas fonctionnel du système fascial humain dont sont tirées les définitions des fascias superficiels et profonds vu précédemment. Les fascias profonds sont directement liés au système musculosquelettique et font partie intégrante du système myofascial. Deux déclinaisons de ces fascias existent, les fascias aponévrotiques qui comprennent les fascias profonds des membres, le fascia thoraco lombaire et la gaine du muscle droit de l'abdomen. La deuxième déclinaison est celle des fascias épimysiaux dont font partie les fascias profonds du tronc et les épimysiums des muscles des membres.

En ce qui concerne l'anatomie microscopique des fascias aponévrotiques, il est possible d'observer à l'œil nu de nombreux faisceaux de fibres se dirigeant dans différentes directions. Ils sont composés de deux à trois couches de faisceaux pour une épaisseur moyenne de 277 $\mu$ m. Ces fascias possèdent une forte résistance à la traction, dans toutes les directions et s'apparentent à un tissu conjonctif dense et régulier. Ils se différencient avec les aponévroses par leur composition en trois couches, ces derniers n'étant formés que de fibres de collagène unidirectionnelles. Les fibres élastiques sont pratiquement absentes de ces fascias, on en retrouve cependant dans le tissu conjonctif lâche, disposé entre les couches fibreuses adjacentes permettant leur glissement. Les cellules majoritaires dans le fascia sont les fibroblastes, on y trouve aussi quelques myofibroblastes dont la présence peut être considérée comme étant une réaction des fibroblastes à une contrainte mécanique excessive. En cas d'hyper réaction on parle de processus pathologique augmentant le tonus basal des fascias et causant des pathologies comme la maladie de Dupuytren.

L'acide hyaluronique (AH) a été mis en évidence dans la couche interne du fascia profond par la présence de cellules sécrétrices. Il permet la lubrification et le glissement normal des tissus et articulations. Tout changement de la concentration en AH peut entraîner une dysfonction. La vascularisation de ce tissu est bonne, il a été montré la présence d'artérioles de 0,3 à 0,5 mm entre les sous-couches superficielles et profondes du fascia. Le système veineux et lymphatique y est aussi présent. Au niveau de l'innervation de ces fascias aponévrotiques, plusieurs études montrent qu'ils sont richement innervés et que les fibres nerveuses sont étroitement liées aux vaisseaux et aux composants fibreux. Cette innervation n'est pas homogène, elle est majoritaire dans les sous-couches superficielles et intermédiaires, mais pratiquement absente dans les couches profondes. Les expansions myofasciales désignent les connexions entre le muscle ou son tendon au fascia aponévrotique. Leurs rôles restent cependant inconnus. Les orientations de ces expansions sont précises et suggèrent qu'elles jouent un rôle fonctionnel spécifique notamment en permettant un rétrocontrôle réciproque entre les muscles et le fascia. Les rétinaclums apparaissent comme des renforts, des épaissements des fascias profonds avec insertions dans les os. Ce sont les tissus fasciaux les plus innervés. Ils permettent de percevoir les mouvements osseux et contractions musculaires grâce à leurs insertions à des zones spécifiques.

Les fascias épimysiaux font références à toutes les couches fibreuses enveloppant un muscle et définissant sa forme et sa structure. Ils sont plus fins que les fascias aponévrotiques et leur rôle est plus localisé. Ils servent de points d'encrage aux fibres musculaires. Certains

fascias profonds en font partie, comme pour ceux des muscles grand pectoral, grand dorsal, deltoïde. Leur épaisseur est de 150 à 200  $\mu\text{m}$  et ils sont composés de 15% d'élastine. L'une de leurs caractéristiques les plus importantes est leur proximité avec les muscles sous-jacents, qu'il en est impossible de dissocier les fonctions et caractéristiques du fascia épimysial de celles du muscle associé. Même s'ils sont plus fins, ces fascias s'organisent aussi en trois couches, la couche interne composée de fibres de collagène organisées de manière anarchique, la couche intermédiaire, de même composition mais avec une organisation en réseau et la couche externe composée de fibres de plus gros diamètre et orientée dans une direction spécifique.

L'AH est aussi présent entre les couches afin d'assurer des glissements avec un minimum de friction. Le pérимysium est décrit comme étant une fine couche fibreuse étroitement liée aux fascias épimysiaux. Il reste cependant plus profond dans le muscle en le divisant en faisceaux. L'endomysium est encore plus profond, il est en contact direct avec la fibre musculaire, la délimite et s'étend sans interruption jusqu'au pérимysium. D'un point de vue mécanique ces fascias contribuent à la résistance des muscles aux contraintes subies principalement pour des forces de tractions parallèles aux fibres. Ils font aussi partie des facteurs de transmission de force musculaire par le biais d'un équilibre entre le tonus basal du muscle et la tension des fascias épimysiaux. L'innervation de ces fascias se fait par le biais de leurs relations avec les fuseaux neuromusculaires du muscle. Ces fuseaux gèrent le rapport tension longueur du muscle et sa contraction. Il a été observé que la tension du fascia épimysial liée à la contraction du muscle associé apparaît avant la contraction. Avant de déclencher la contraction les fuseaux neuromusculaires prennent l'information du niveau de tension du fascia épimysial afin de permettre une réponse musculaire adaptée. Si le niveau de tension du fascia est trop élevée la contraction qui suit sera altérée et entrainera une diminution du mouvement et de la force produite (Stecco, 2020).

### 1.2.2 BIOTENSEGRITE ET TRANSMISSION DE FORCE DES FASCIAS

La tenségrité est composée de deux mots, tension et intégrité. Ce concept traduit le maintien de l'intégrité d'une structure via des tensions constantes et compressions discontinues, comme cela est utilisé en architecture urbaine afin de permettre à un édifice de se tenir sur lui-même. On parle alors d'une structure auto-stabilisante. Le terme de biotenségrité renvoie au même concept mais s'applique dans le domaine de la biologie, du vivant et donc du corps humain. La première transposition de ce modèle au corps humain date de 1977 avec un modèle tenségritif de la colonne vertébrale. Le terme de biotenségrité a été proposé pour la première fois sur ce modèle en 2007 avec les tensions exercées par le

système musculaire, les os et articulations jouant le rôle de compressions discontinues (Vora et al., 2010).

Le système fascial étant étroitement lié voir même intégré au système musculaire permet une communication systémique et transmission de force entre ces tissus. Cette transmission de force s'effectue à plusieurs échelles, entre intra, inter et extra musculaire (Huijing, 2009). Le tissu myofascial joue alors un rôle de tenseur et les os et articulations toujours de compression discontinue. Ce maillage de tensions et de contraintes permet au corps de s'adapter en permanence aux mouvements, postures qu'il produit et cela grâce à la précontrainte des éléments de tensions qui laissent une marge de manœuvre de mouvement à l'ensemble du corps.

Ce concept de biotenségrité peut être représenté comme une structure solide et intégrée au corps humain permettant son support, ses mouvements et cela grâce au système musculaire qui permet le maintien des tensions exercées par le système fascial sur l'ensemble des os et articulations. Cela permet de donner une structure au corps et de la conserver lors du mouvement. Le nom donné à ce nouveau modèle est RAIN pour Rapid Adaptability of Internal Network (Bordoni et al., 2018).

La présence de cellules contractiles a été démontrée au sein des fascias plantaires, cruraux, lombaire, latas et gastrocnémiens. La plupart de ces cellules sont des myofibroblastes issus du processus de différenciation du fibroblaste en cellule musculaire. Cette différenciation a lieu en fonction de la charge mécanique absorbée par le tissu. Plus cette charge sera importante plus le néomyofibroblaste développera sa force contractile, sachant que le myofibroblaste est capable de développer une force contractile deux fois supérieure à celui du fibroblaste. Le fascia subit donc des charges mécaniques lors des mouvements du corps qui lui confère ses propriétés contractiles (Wilke et al., 2018).

D'après une étude de 2005 le fascia lombaire au niveau de L3 serait capable de développer une force allant jusqu'à 38N, largement suffisante pour influencer la dynamique musculosquelettique (Schleip et al., 2005). Le fascia est donc capable de modifier sa rigidité, mais pas seulement par la voie de la contraction cellulaire. En 2012 Schleip et al étirent le fascia lombaire après avoir rendu non viable les myofibroblastes de celui-ci. Ils ont observé une réponse de durcissement du fascia après l'avoir déformé ainsi qu'une perte de sa teneur en eau. La modification de cette teneur influence donc le comportement viscoélastique du fascia (Schleip et al., 2012).

Il existe des preuves de transmission de force myofasciale chez l'Homme in vivo. Prenons l'exemple d'une étude qui avait pour objectif d'étudier la déformation musculaire du

membre inférieur à partir d'une flexion passive imposée de genou via des images par IRM. Des déformations ont été observées pour le muscle soléaire, alors que l'angle de la cheville restait fixe durant la prise de mesure. Le soléaire ne permettant pas de mouvement du genou par sa situation anatomique, semble subir des déformations à partir des gastrocnémiens. Ces derniers jouent un rôle de point de départ dans la transmission de force entre les gastrocnémiens et le soléaire de par leur proximité anatomique via le tendon d'Achille (Huijing et al., 2011). Les effets potentiels de la transmission de force myofasciale s'étendraient jusqu'à la position des articulations et la proprioception (Wilke et al., 2018).

### 1.2.3 LES CHAINES MYOFASCIALES DE LA MARCHE HUMAINE ET DE LA COURSE A PIED LENTE

Le concept des lignes ou chaînes myofasciales renvoie à un tissu myofascial organisé en chaînes au sein du corps humain. On parle de « continuité myofasciale » pour décrire la connexion entre deux structures, par exemple entre le muscle dentelé antérieur et l'oblique externe. Le terme de « méridien myofascial » décrit par Tom MYERS est défini comme une interconnexion des éléments tendineux, musculaires sous forme de ligne de traction (Myers Tom, 2018). Ce concept suggère qu'une force peut y être transférée notamment entre les muscles d'une chaîne disposés en série. Des études histologiques confirment que la transmission d'une force mécanique se produit entre les composants d'une chaîne myofasciale (Wilke et al., 2018).

D'un point de vue anatomique plusieurs chaînes sont décrites. D'après Tom Myers le corps humain dispose de sept chaînes principales, la ligne postérieure superficielle (LPS), la ligne antérieure superficielle (LAS), la ligne latérale (LL), la ligne spirale (LS), les lignes brachiales (LB), les lignes fonctionnelles (LF) et la ligne antérieure profonde (LAP). Seules les lignes brachiales (LB) ne sont pas composées de muscles des membres inférieurs. Les six autres chaînes apparaissent directement impliquées dans la course à pied et marche humaine, même si le membre supérieur reste essentiel à la locomotion. Chaque chaîne possède ses propres fonctions du mouvement.

La LPS permet de réaliser l'ensemble des mouvements d'extension, notamment de hanche, de cheville, de tronc, de tête mais aussi la flexion du genou. On y retrouve pour le membre inférieur des composants tel que le fascia plantaire, le triceps sural, les ischio-jambiers.

À contrario pour la LAS sa fonction du mouvement est orientée vers la flexion du membre inférieur et du tronc excepté pour le genou et la tête où elle vise à les maintenir en

extension. On y retrouve principalement les muscles de la face antérieure des membres inférieurs ainsi que les droits de l'abdomen et les sternocléidomastoïdiens.

La LL participe à la création d'inclinaisons du tronc et de la tête, d'abduction des membres inférieurs. Son rôle principal est de stabiliser le tronc et les membres inférieurs pour permettre aux autres lignes d'effectuer un mouvement. Elle est composée essentiellement des éléments myofasciaux latéraux suivants, long et court fibulaire, tractus iliotibial, tenseur du fascia lata, moyen fessier, grand fessier, obliques externes et internes. Une chaîne qui jouera alors un rôle de stabilisateur du corps dans le plan frontal lors de la locomotion humaine afin de faciliter le mouvement des autres chaînes dans le plan sagittal.

En ce qui concerne la LS, elle vise à créer et contrôler les rotations du corps et comme la LL a une fonction orientée vers la stabilisation. Elle partage des structures avec la LL dont les fibulaires, le tractus iliotibial, le tenseur du fascia lata et les obliques. Les érecteurs du rachis font également partie de cette chaîne.

Les LB, subdivisées en quatre sous lignes, ont pour fonction de permettre l'interaction du corps avec son environnement via la préhension. Ces lignes se fondent harmonieusement dans les autres lignes, spécialement avec les lignes latérales, spirales et fonctionnelles. Elles sont composées de l'ensemble des muscles du membre supérieur et quelques muscles du tronc dont les trapèzes et rhomboïdes.

Les lignes suivantes sont les LF, subdivisées en trois sous lignes, permettent de conférer davantage de puissance et de précision aux mouvements des membres. Ce sont elles qui se mettent en tension lors d'un lancer de javelot ou d'un service au tennis. Elles contrebalancent aussi simplement la giration des ceintures à la marche par l'intermédiaire des stabilisateurs du bassin et des épaules. Beaucoup de muscles composent ces chaînes mais il apparaît important de noter qu'ils possèdent tous une insertion sur le tronc ou, et, les ceintures. Le bassin est amené comme un point d'ancrage central de cette chaîne.

Pour terminer la LAP est définie plutôt comme un espace tridimensionnel que comme une ligne. C'est la chaîne de l'adduction de hanche et de la respiration. Elle partage d'autres fonctions avec les autres lignes mais n'en est pas l'actrice principale. Elle est profonde et recouverte dans sa quasi-totalité par d'autres fascias. Les muscles la composant sont profonds et se répartissent des pieds à la tête, on y retrouve entre autres le tibial postérieur, les adducteurs, le psoas, le diaphragme et les muscles hyoïdiens.

Ainsi ces chaînes partagent des fonctions parfois proches et des muscles communs. Leurs points d'accroche sont osseux et intègrent parfois des structures ligamentaires. Toutes ces lignes ont été disséquées en un seul élément continu afin de témoigner de leur existence (Myers Tom, 2018). On peut constater que l'ensemble de ces lignes jouent un rôle dans la

marche humaine et course à pied lente. Que ce soit pour stabiliser les segments avec les LS, les LL ou pour produire les mouvements du cycle avant et arrière avec les LF, LPS, LAS, allant même jusqu'à la synchronisation de la respiration avec la LAP.

#### 1.2.4 LA MARCHÉ ET LA COURSE A PIED DE LONGUE DUREE

L'Homme utilise différents moyens pour se déplacer, la marche est le moyen le plus économique et naturel. Elle lui permet de réaliser de très longue distance, ce qui ne se retrouve chez aucune autre espèce de mammifère. Elle peut être définie comme : « un déplacement consistant en une translation de l'ensemble du corps, consécutive à des mouvements de rotations. Elle utilise une répétition de mouvements des segments corporels pour déplacer le corps vers l'avant tout en maintenant l'équilibre. » (*Analyse quantifiée de la marche*, s. d.). On la décompose souvent en cycles, eux même constitués de 4 phases, l'attaque du pas, la phase unipodale, la phase de propulsion et la phase aérienne.

La course à pied est l'autre moyen de locomotion de l'être humain. Elle permet d'aller plus vite mais peut être tenue moins longtemps que la marche. On peut la définir comme étant un moyen de locomotion bipède plus rapide que la marche, caractérisée par des phases d'attaque du pied au sol, de propulsion et de suspension pendant laquelle les deux pieds ne touchent pas le sol. Par conséquent il n'y a pas de phase bipodale pendant la course.

La course à pied rapportée à l'Homme s'inscrit dans la durée. Il est doté d'une grande capacité d'endurance et d'une faible capacité de sprint comparé aux autres espèces mammifères. C'est pourquoi dans cette étude nous nous plaçons dans un contexte d'endurance que nous marquons par l'obligation d'être dans une situation de course de plus de 20 minutes au moment des mesures effectuées ou dans une situation où les sujets sont entraînés en endurance, donc sur des temps supérieurs à 20 minutes.

Pourquoi 20 minutes ? Parce que la filière énergétique aérobie devient de plus en plus majoritaire à partir de son délai d'intervention qui est d'environ 3 minutes. C'est la filière de l'endurance, métabolisant principalement des glucides et des lipides pour produire de l'adénosine triphosphate (ATP), indispensable à la contraction musculaire (Grappe, 2009).

On estime qu'à partir de 20 minutes d'effort à allure constante le sujet se trouve en quasi-totalité de dépendance à cette filière. Les autres systèmes, anaérobie alactique et aérobie lactique ne sont alors que très peu recrutés.

## 1.3 POPULATION

### 1.3.1 CHOIX DE LA POPULATION POUR L'ETUDE

Pour cette étude le choix de population est élargi à son maximum. Étant donné la faible quantité d'articles sur le sujet il est impossible de se permettre d'isoler une population cible. Il apparaît donc cohérent d'utiliser pour cette étude une population humaine avec des sujets sains et/ou pathologiques. Ces mots clés ne rentrant pas dans les équations de recherche afin de ne pas réduire les champs de recherche. L'objectif étant d'analyser l'importance des fascias dans la marche humaine et course à pied de longue durée sans nécessairement de contexte pathologique.

### 1.3.2 POURQUOI UNE SCOPING REVIEW

Le choix du format de cette étude s'est naturellement tourné vers la revue de la portée (ou scoping review). Le seul terme « fascias » sur PubMed donne 24 893 articles, on peut alors imaginer la diversité de sujet de ses articles. En revanche on trouve une très faible quantité de littérature une fois le sujet précisé dans PubMed, « fascias and walk and run » 5 articles. Les équations de recherches ont donc été étoffées afin de tendre vers l'exhaustivité. La méconnaissance du monde scientifiques, notamment en France, sur les fascias amène également à s'orienter sur la scoping review. À noter que les programmes d'enseignements des formations de Masso-Kinésithérapie n'intègrent pas les fascias et qu'il reste au bon vouloir des responsables de formation de chaque école de rajouter des cours d'initiation aux domaines qu'ils souhaitent. Les objectifs de ce type d'étude sont d'établir un état des lieux des connaissances actuelles sur un sujet donné, de faire part des lacunes de preuves d'un sujet.

La question de recherche d'une scoping review n'a pas pour but de montrer la faisabilité, l'efficacité ou la fiabilité d'une technique et ne se prête donc pas au modèle de la revue systématique de la littérature, pourtant méthode de référence scientifique. Sans population très ciblée et avec le but d'explorer la littérature actuelle afin de répondre à la problématique la scoping review est le modèle qui se prête le mieux à cette étude.

## 2. MATERIEL ET METHODE

Afin de mener à bien cette revue la checklist de la PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Méta-analyses extension for Scoping Reviews) a été utilisée pour

définir les étapes de méthode et rédaction. Cette checklist est tirée de la PRISMA pour les revues de la littérature standard et adaptée aux scoping reviews (Tricco et al., 2018). Ce type de revue est de plus en plus fréquent et c'est pour cela qu'un groupe de 24 experts a été créé pour établir cette checklist et ainsi définir des lignes directrices de conception de ces revues.

La scoping review est prévue pour répondre à différentes attentes :

- Clarifier des notions et concepts de la littérature.
- Identifier des lacunes de contenu dans la littérature.
- Examiner une méthodologie de recherche sur un sujet.
- Réaliser un état des lieux sur un sujet encore peu documenté

Ce travail se place dans ce dernier point, le rôle des fascias dans la marche humaine et course à pied de longue durée n'étant pas encore clairement établi.

Notre question de recherche étant : **En s'appuyant sur la littérature actuelle, quels sont les rôles des fascias dans la marche humaine et la course à pied de longue durée ?**

## 2.1 CRITERES DE SELECTION : INCLUSION ET EXCLUSION

Une première sélection est faite sur le titre et le résumé avec des critères d'inclusions afin d'isoler les articles qui traitent de la problématique. Ensuite, les articles sont lus entièrement afin d'y relever les critères d'exclusion potentiellement présents.

### 2.1.1 POPULATION

Comme expliqué précédemment la population ciblée dans cette étude n'est pas précise. Elle est même le plus large possible en restant bien entendu chez l'Homme in vivo. Cela implique que des populations saines et pathologiques pourront être incluses dans la revue.

Nous excluons donc uniquement les études portant sur les animaux et les cadavres.

### 2.1.2 CONCEPT

Les articles devront traiter des fascias et de la marche ou course à pied humaine de longue durée, supérieur à 20 min.

Les caractéristiques du fascia devront être mesurées ou explorées afin d'établir et d'observer des potentielles variations structurelles (densité, longueur, innervation ...).

Les résultats devront être interprétés en lien avec la marche ou course à pied de longue durée afin d'être exploitables par la suite.

### 2.1.3 CONTEXTE

Le contexte de l'étude n'apparaît pas comme un critère indispensable, le but étant d'intégrer un maximum de données quel que soit son contexte d'application et de réalisation, du moment que cela n'ajoute pas de biais à l'étude.

### 2.1.4 LES CRITERES D'INCLUSION

Après lecture des titres et résumés les articles incluses possèdent :

- Le terme fascia ou un de ses synonymes ou un de ses termes proches, identifié comme mot clé dans l'équation de recherche.
- Un lien direct entre fascia et mouvement lié à la marche ou à la course à pied humaine.

### 2.1.5 LES CRITERES D'EXCLUSION

Après lecture complète des articles incluses par titre et résumé nous excluons les articles :

- Ne traitant pas de la marche ou de la course à pied de longue durée, supérieure ou égale à 20 min.

- Une mesure d'une des caractéristiques du fascia (tension, longueur, densité, innervation, douleur si tissu pathologique ...).
- Une interprétation des résultats liée à la marche ou course à pied humaine.

NB : Il est important de noter que les études portant sur le muscle tenseur du fascia lata sans directement mentionner la bandelette iliotibiale ont été inclus. Ce muscle étant étroitement lié à la bandelette.

## 2.2 LES SOURCES D'INFORMATIONS

Dix bases de données ont été investiguées. Dont PubMed, Google Scholar, SportDiscus, EM Premium, Embase, Cochrane Library, Web of science, PEDro, Lissac et Pascal et Francis. Ces deux dernières n'ont apporté aucun résultat. La sélection des articles s'est donc faite sur huit bases de données. L'accès à ses bases a été fait via le portail universitaire de l'Université Claude Bernard de LYON 1.

## 2.3 LA STRATEGIE DE RECHERCHE

La stratégie de recherche consiste à établir une liste de mots clés en liens avec le sujet. Quatre catégories ont été choisies. Celle des fascias, de la course à pied, de la marche et celle des phénomènes biomécaniques. Ensuite l'ensemble des synonymes ou termes proches de ces catégories ont été choisis. Une fois ces mots clés établis il a fallu construire des équations pertinentes et uniques pour chaque base de données. L'objectif étant qu'elles soient le plus proche les unes des autres afin d'obtenir une similarité dans les résultats. Une fois l'équation définie le nombre d'articles correspondant a été exporté sur la bibliothèque de Zotero afin de tous les conserver et préparer la phase de tri.

### 2.3.1 CHOIX DES MOTS CLES

Les mots clés ont été choisis en français puis traduits grâce à la plateforme HeTop.

Dans la catégorie des fascias on retrouve les termes :

Fascia\*

Fascia/diagnostic imaging\*

Fascia/physiology\*

Fascia / anatomy & histology\*

Tension response of deep fascia

Myofascial, myofascial force transmission

Connective tissue

Fascia lata

Iliotibial band

Crural fasciae

Plantar fascia

Plantar aponeurosis

Dans la catégorie de la course à pied on retrouve les termes :

Running\*

Runners

Running / physiology\*

Running economy

Human running

Dans la catégorie de la marche on retrouve les termes :

Walking

Walkers

Walking / physiology\*

Motion

Gait

Dans la catégorie des phénomènes biomécaniques on retrouve les termes :

Biomechanical Phenomena

Stretch

Stretching

Innervation

Sensory innervation myofascial

Active fascial contractility

Fascial plasticity

Energy storage

Range of Motion, Articular

Stress, Mechanical

### 2.3.2 CONSTRUCTION DES EQUATIONS DE RECHERCHE

Les équations de recherche ont été construites de façon à être les plus exhaustives possible en utilisant les connecteurs logiques OR et AND. L'objectif était qu'au moins un mot clé de chaque catégorie soit présent dans chaque article. Si rien n'est spécifié après les équations suivantes, cela signifie que la recherche a été effectuée dans l'article complet (titre, résumé et texte intégral).

Il est important de noter que les articles ont été exportés de toutes les bases de données le 11/10/2022.

#### **PubMed:**

(Fascia\* or connective tissue or collagen or Fascia/diagnostic imaging\* or Fascia/physiology\* Or Fascia / anatomy & histology\* or tension response of deep fascia or Myofascial or myofascial force transmission or Fascia lata or iliotibial band or Crural fasciae or Plantar fascia or plantar aponeurosis) AND (Running\* or Human running Or Runners Or Running / physiology\* Or running economy) or (Walking Or Walkers Or Walking / physiology\* Or Motion Or Gait) AND (Biomechanical Phenomena Or stretch\* or stretching or innervation or sensory innervation myofascial Or active fascial contractility Or fascial plasticity Or energy storage or foot or Range of Motion, Articular or Stress, Mechanical)

248 résultats

### **Google Scholar:**

fascia running mechanical phenomena walking human walk run connective tissue myofascial motion gait walker runner

8 résultats (en article de revue).

### **SportDiscus:**

(Fascia\* or connective tissue or collagen or Fascia/diagnostic imaging\* or Fascia/physiology\* Or Fascia / anatomy & histology\* or tension response of deep fascia or Myofascial or myofascial force transmission or Fascia lata or iliotibial band or Crural fasciae or Plantar fascia or plantar aponeurosis)

AND

(Running\* or Human running Or Runners Or Running / physiology\* Or running economy) or (Walking Or Walkers Or Walking / physiology\* Or Motion Or Gait)

AND

(Biomechanical Phenomena Or stretch\* or stretching or innervation or sensory innervation myofascial Or active fascial contractility Or fascial plasticity Or energy storage or foot or Range of Motion, Articular or Stress, Mechanical)

235 résultats (recherche dans le résumé de l'article).

### **Embase:**

(Fascia\* or "connective tissue" or collagen or "Fascia/diagnostic imaging\*" or "Fascia/physiology\*" Or "Fascia / anatomy & histology\*" or "tension response of deep fascia" or Myofascial or "myofascial force transmission" or "Fascia lata" or "iliotibial band" or "Crural fasciae" or "Plantar fascia" or "plantar aponeurosis") AND (Running\* or "Human running" Or Runners Or «Running / physiology\*" Or "running economy") AND (Walking Or Walkers Or "Walking / physiology\*" Or Motion Or Gait) AND ("Biomechanical Phenomena" Or stretch\* or stretching or innervation or "sensory innervation myofascial" Or "active fascial contractility" Or "fascial plasticity" Or "energy storage" or foot or "Range of Motion, Articular" or "Stress, Mechanical")

44 résultats

**PEDro:**

fascia\* walk\* run\*

(Tous les termes avec « AND »)

1 résultat

**Cochrane Library:**

(Fascia\* or connective tissue or collagen or tension response of deep fascia or diagnostic imaging\* or physiology\* Or anatomy & histology\* or Myofascial or myofascial or Fascia lata or iliotibial band or Crural fasciae or Plantar fascia or plantar aponeurosis)

AND (sur la page du site)

(Running\* or Human running Or Runners Or Running physiology\* Or running economy) or

(Walking Or Walkers Or Walking physiology\* Or Motion Or Gait)

AND (sur la page du site)

(Biomechanical Phenomena Or stretch\* or stretching or innervation or sensory innervation myofascial Or active fascial contractility Or fascial plasticity Or energy storage or foot or range of motion or Stress, Mechanical)

38 résultats en trials (recherche avancée, remise des parenthèses et les AND et OR sélectionnés sur la page du site).

**EM Premium:**

+(Fascia\* "connective tissue" collagen "tension response deep fascia" Myofascial "myofascial force transmission" Fascia lata iliotibial band Crural fasciae Plantar fascia plantar aponeurosis) +(Running\* Human running Runners "running economy" Walking Walkers Motion Gait) + ("Biomechanical Phenomena" stretch\* stretching innervation sensory "innervation myofascial" "active fascial contractility" "fascial plasticity" "energy storage" foot "Range Motion, Articular" "Stress, Mechanical")

EM PREMIUM permet de classer par pertinence les articles trouvés avec notre équation de recherche, j'ai inclus seulement les 30 premiers articles sur 126, les suivants étant annoncés

à seulement 40% de corrélation avec mon équation, en lisant les titres des articles je me suis aperçu qu'au-delà des 30 premiers aucun ne traitait des domaines investigués.

30 résultats.

### **Web Of Science:**

AB= ((Fascia\* or "connective tissue" or collagen or "tension response of deep fascia" or Myofascial or "myofascial force transmission" or "Fascia lata" or "iliotibial band" or "Crural fasciae" or "Plantar fascia" or "plantar aponeurosis") AND (Running\* or "Human running" Or "running economy") AND (Walking\* Or Motion Or Gait) AND ("Biomechanical Phenomena" Or stretch\* or innervation or "sensory innervation myofascial" Or "fascial plasticity" Or "energy storage" or foot))

79 résultats dont 1 rétracté d'après Zotero.

Au total ces recherches nous ont permis d'obtenir 683 articles.

## **2.4 LE PROCESSUS DE SELECTION DES ETUDES**

La sélection des études s'est faite en utilisant la bibliothèque Zotero et un tableur Excel afin de pouvoir effectuer une sauvegarde du tri, d'avoir une possibilité de retour et de pouvoir établir une vérification. Tout a été retranscrit dans Zotero afin de rédiger le diagramme de flux correspondant au processus de sélection.

### **2.4.1 IDENTIFICATION DES DOUBLONS**

Cette phase consiste à éliminer les articles présents sur plusieurs bases de données. Pour cela un système de comparaison ligne par ligne a été effectué sur Excel. Un code couleur et un tri des auteurs par ordre alphabétique ont facilité l'opération.

100 doublons ont pu être identifiés et supprimés de la liste, réduisant le total à 583 articles.

## 2.4.2 SELECTION PAR TITRE ET RESUME

Une fois les doublons identifiés et supprimés il a fallu lire l'ensemble des titres et résumés des articles afin de sélectionner les articles qui présentaient les deux critères d'inclusions pour le titre et le résumé. Ces critères ont été définis précédemment.

Les deux critères devaient être tous les deux présents pour permettre l'inclusion de l'article. Même si le premier critère ne permettait pas l'inclusion le deuxième a systématiquement été investigué.

Un article inclus était notifié du chiffre 1 sur Excel, non inclus d'un 0. À la fin de la lecture des 583 articles un tri a été appliqué pour ne faire apparaître que les articles notifiés d'un 1. La liste correspondante permet alors de créer une nouvelle bibliothèque Zotero avec les articles inclus.

Après cette sélection 139 articles ont été inclus.

## 2.4.3 SELECTION PAR ARTICLE TEXTE ENTIER

Les 139 articles ont alors été lus dans leur intégralité afin d'établir la sélection. Les critères d'exclusions étaient au nombre de trois et ont été définis précédemment. Il suffisait de la présence d'un seul des trois critères pour exclure l'article de l'étude.

La procédure est restée la même en utilisant un fichier Excel et une bibliothèque Zotero.

Après lecture des 139 articles, 17 ont été retenus pour l'inclusion finale du tri.

## 2.5 ÉVALUATION CRITIQUE DES SOURCES DE PREUVE

Afin relever la qualité des articles une évaluation méthodologique a été faite grâce à l'échelle PEDro afin de faire émerger les potentiels biais des études et leur attribuer un score méthodologique sur onze critères. L'approche GRADE ne sera pas utilisée dans cette revue car elle consiste à conclure sur le choix d'utiliser ou non une technique de traitement, ce qui n'est pas l'objectif de notre étude.

Cette échelle PEDro se destine davantage aux études qui évaluent un traitement. Celle inclus dans cette étude n'en évaluent pas. C'est pour cela que les critères 6, 9 et 11 qui renvoient à un traitement sont systématiquement notés Non Applicable (NA). On peut alors se baser sur une note maximale de 8 critères validés et non de 11. Cette échelle reste cependant pertinente pour témoigner de la qualité méthodologique des articles inclus.

Voici les onze critères de l'échelle PEDro qui ont été utilisés :

1. Les critères d'éligibilité ont été précisés.
2. Les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement).
3. La répartition a respecté une assignation secrète.
4. Les groupes étaient similaires au début de l'étude et au regard des indicateurs pronostiques les plus importants.
5. Tous les sujets étaient "en aveugle".

6. Tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle".
  
7. Tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels.
  
8. Les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenus pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes.
  
9. Tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôlée conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter".
  
10. Les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels.
  
11. Pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité.

Tableau I: Échelle PEDro

Articles (Auteurs, dates)	Critère 1	Critère 2	Critère 3	Critère 4	Critère 5	Critère 6 (NA)	Critère 7	Critère 8	Critère 9 (NA)	Critère 10	Critère 11 (NA)	Score /11
Alabau-Dasi et al. (2022)	+	NA	NA	-	-	NA	+	+	NA	NA	NA	3
Baker et al. (2018)	+	-	-	+	-	NA	-	+	NA	+	NA	4
Chen et al. (2019 -05)	+	NA	NA	NA	-	NA	-	+	NA	NA	NA	3
Foch et al. (2015)	+	-	-	+	-	NA	-	+	NA	+	NA	4
Gaudreault et al. (2013)	+	NA	NA	+	NA	NA	+	+	NA	+	NA	5
Genfen (2003)	+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+	NA	+	NA	3
Hall et al. (2015)	-	NA	NA	NA	-	NA	-	+	NA	NA	NA	1
Lee et al. (2010)	-	NA	NA	NA	-	NA	-	+	NA	NA	NA	1
Miller et al. (2007)	+	-	-	+	NA	NA	-	+	NA	+	NA	4
Noehren et al. (2014)	+	-	-	+	NA	NA	-	+	NA	+	NA	4

Pinnington et al. (2005)	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+	NA	NA	NA	1
Rubio-Peiroten et al. (2021)	+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+	NA	NA	NA	2
Shiotani et al. (2020)	+	-	-	+	-	NA	-	+	NA	+	NA	4
Shiotani et al. (2021)	-	-	-	+	-	NA	-	+	NA	+	NA	3
Wearing et al. (2007)	-	-	-	-	-	NA	-	+	NA	+	NA	2
Welk et al. (2015)	+	-	-	-	-	NA	+	+	NA	+	NA	4
Zhang et al. (2006)	+	-	-	-	-	NA	+	+	NA	+	NA	4

NA : Non Applicable

## 2.6 EXTRACTION DES DONNEES

La stratégie d'extraction des données fut la suivante :

Le nombre de participant dans l'étude.

La caractéristique des participants (sportifs / sédentaires, sain / pathologique, sexe, âge).

Le type de paramètre du fascia investigué dans l'étude et ses mesures.

Le type d'outil de mesure de la caractéristique.

La conclusion sur la marche ou la course de longue durée.

Un tableau a été utilisé pour synthétiser les données extraitées.

Tableau II: Extraction des données des articles inclus dans l'étude (modèle)

Auteurs	Nombre de participants	Âge moyen	Sexe	Type de population (coureurs / sédentaire, sains/pathologique/)	Type de paramètre investiguée et valeurs finale	Type d'outils de mesure	Conclusion sur la marche ou la course

### 3. RESULTATS

#### 3.1 DIAGRAMME DE FLUX

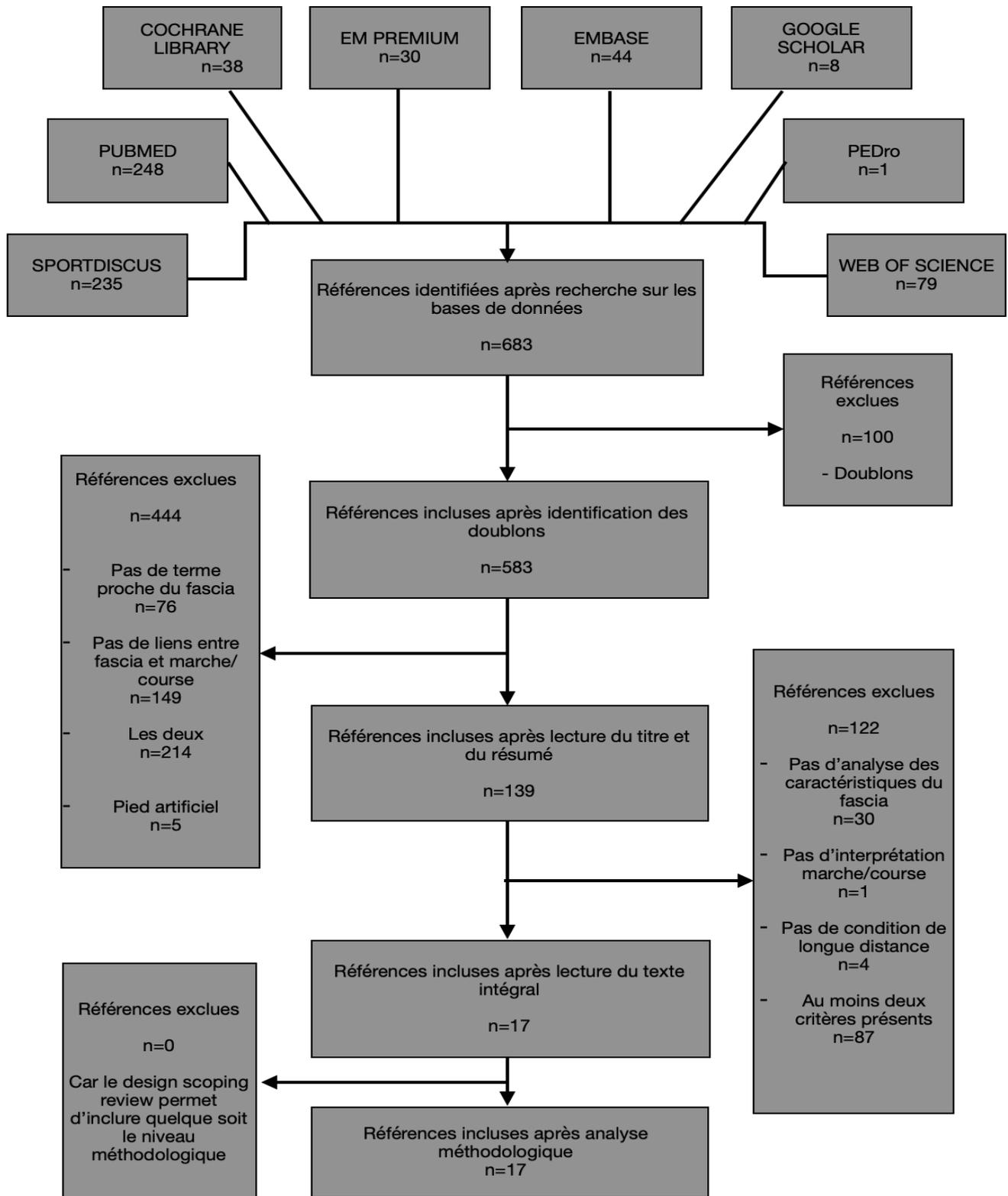


Figure 1: Diagramme de flux du processus de sélection des références

## 3.2 LES SOURCES DE PREUVE PAR BASE DE DONNEES

Tableau III: Les références incluses dans l'étude

Auteurs/ Année	Pays	Titre de l'article	Revue de publication	Thématique	Base de données
Alabau-Dasi et al. (2022)	Espagne	Variations in the Thickness of the Plantar Fascia After Training Based in Training Race. A Pilot Study	The Journal of Foot & Ankle Surgery	Fascia plantaire (FP)	PubMed
Baker et al. (2018)	USA	Differences in Knee and Hip Adduction and Hip Muscle Activation in Runners with and Without Iliotibial Band Syndrome	PM&R Journal	Bande iliotibiale (ITB)	PubMed
Chen et al. (2019 -05)	Chine	Ultrasound elastographic assessment of plantar fascia in	Journal of Biomechanics	FP	PubMed

		runners using rearfoot strike and forefoot strike			
Foch et al. (2015)	USA	Associations between iliotibial band injury status and running biomechanics in women	Gait& Posture	ITB	PubMed
Gaudreault et al. (2013)	USA	Relationship Between Knee Walking Kinematics and Muscle Flexibility in Runners	Journal Of Sport Rehabilitation	ITB	PubMed
Genfen (2003)	Israël	The in vivo elastic properties of the plantar fascia during the contact phase of walking	Foot &Ankle International	FP	SportDiscus
Hall et al. (2015)	USA	Sonographic Evaluation of the Plantar Heel in Asymptomatic Endurance Runners	Original Research	FP	PubMed

Lee et al. (2010)	USA	Rarefoot eversion has indirect effects on plantar fascia tension by changing the amount of arch collapse	The Foot	FP	SportDiscus
Miller et al. (2007)	USA	Lower extremity mechanics of iliotibial band syndrome during an exhaustive run	Gait & Posture	ITB	PubMed SportDiscus Web of Science
Noehren et al. (2014)	USA	Assessment of Strength, Flexibility, and Running Mechanics in Men with Iliotibial Band Syndrome	Journal Of Orthopaedic& Sport Physical Therapy	ITB	PubMed
Pinnington et al. (2005)	Australie	Kinematic and electromyography analysis of submaximal differences running on a firm surface compared with soft, dry sand	Journal Of Applied Physiology	ITB	Web of science

Rubio-Peiroten et al. (2021)	Espagne	Relationship between Connective Tissue Morphology and Lower-Limb Stiffness in Endurance Runners. A Prospective Study	International Journal of Environmental Research and Public Health	FP	PubMed
Shiotani et al. (2020)	Japon	Acute effects of long-distance running on mechanical and morphological properties of the human plantar fascia	Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports	FP	PubMed SportDiscus
Shiotani et al. (2021)	Japon	Track distance runners exhibit bilateral differences in the plantar fascia stiffness	Scientific reports	FP	PubMed
Wearing et al. (2007)	Australie	Plantar Fasciitis: Are Pain and Fascial Thickness Associated with Arch Shape and Loading?	Ptjournal	FP	SportDiscus

Welk et al. (2015)	Angleterre	Use of high-resolution ultrasound to measure changes in plantar fascia thickness resulting from tissue creep in runners and walkers	Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics	FP	PubMed
Zhang et al. (2006)	Belgique	The morphology of foot soft tissues is associated with running shoe type in healthy recreational runners	Journal of Science and Medicine in Sport	FP	PubMed

### 3.3 CARACTERISTIQUES DES ARTICLES

#### 3.3.1 DESIGN DES REFERENCES INCLUSES

Parmi les études incluses on retrouve :

9 études transversales

1 étude de cas

4 études comparatives

1 étude descriptive

1 descriptive et comparative

1 étude observationnelle prospective

Ce sont des études de niveau 4, c'est-à-dire de faible niveau de preuve scientifique.

Tableau IV: Design des références incluses

Auteurs	Type d'étude
Alabau-Dasi et al. (2022)	Transversale
Baker et al. (2018)	Transversale
Chen et al. (2019 -05)	Étude de cas
Foch et al. (2015)	Transversale
Gaudreault et al. (2013)	Descriptive et comparative
Genfen (2003)	Transversale
Hall et al. (2015)	Descriptive

Lee et al. (2010)	Transversale
Miller et al. (2007)	Comparative
Noehren et al. (2014)	Transversale
Pinnington et al. (2005)	Transversale
Rubio-Peirotten et al. (2021)	Observationnelle prospective
Shiotani et al. (2020)	Comparative
Shiotani et al. (2021)	Comparative
Wearing et al. (2007)	Comparative
Welk et al. (2015)	Transversale
Zhang et al. (2006)	Transversale

### 3.3.2 TABLEAU D'EXTRACTION DES DONNEES

Tableau V: Extraction des données incluses dans l'étude

Auteurs	Nombre de participants	Âge moyen	Sexe	Type de population (coureurs / sédentaire, sains/ pathologique/)	Type de paramètre investiguée et valeurs finale	Type d'outils de mesure	Conclusion sur la marche ou la course
(Alabau-Dasi et al., 2022)	24	38,2	18 hommes 6 femmes	Coureurs/sains	Épaisseur du fascia plantaire Augmentation de l'épaisseur de 0,2 à 0,4 mm après la course.	Ultrasons	La course continue provoque un épaissement des fascicules du fascia plantaire.
(Baker et al., 2018)	30	32,185	16 hommes 14 femmes	Coureurs sains et pathologiques	Activation du muscle tenseur du fascia lata (TFL).	Électromyogramme	Dès 3min de course les coureurs blessés ont un valgus qui s'accroît et une augmentation de l'activation du TFL.  Au bout de 30min de course la différence est moins marquée.
(Chen et al., 2019)	35	25,6	NR	Coureurs sains Attaquants avant pied (14).	Élasticité du fascia plantaire.	Élastographie par ultrasons	Les attaquants avant pied avaient une élasticité du fascia plantaire

				Attaquants arrière-pied (21).	<p>Vitesse de l'onde de cisaillement pour les attaquants avant pied 6,20 h/s.</p> <p>6,67 h/s pour les attaquants arrière-pied</p> <p>Épaisseur du fascia plantaire (pas de différence significative).</p>		<p>significativement inférieure à celle des attaquants arrière-pied.</p> <p>Pas de différences significatives sur l'épaisseur du fascia plantaire.</p>
(Foch et al., 2015)	27	25,4	27 femmes	<p>Coureuses Saines n= 9</p> <p>Pathologique n= 9</p> <p>Anciennement pathologique n= 9</p>	<p>Flexibilité de la bandelette iliotibiale.</p> <p>Les coureuses actuellement blessées possédaient une plus faible extensibilité de la bandelette iliotibiale (15°) que les coureuses blessées antérieurement et les coureuses saines (22°).</p>	Test de Ober à l'inclinomètre.	Le syndrome de la bandelette iliotibiale diminue l'extensibilité de la bandelette iliotibiale chez les coureuses.

					Sur l'angle d'adduction de la hanche		
(Gaudreault et al., 2013)	34	44	NR	Coueurs n=18 Sédentaires n=16	Flexibilité de la bandelette iliotibiale.  Angle d'adduction  Coueurs : -3,1° Sédentaires : 6,4°  Tension de la bandelette iliotibiale (présence ou absence selon test de Ober)  11/18 pour les coueurs  1/16 pour les sédentaires.	Test de Ober au goniomètre.	L'ITB est moins flexible chez les coueurs.  Tension de l'ITB plus fréquente chez les coueurs.
(Gefen, 2003)	2	31	2 femmes	Sédentaires saines. (Évaluées sur la marche).	Les propriétés élastiques du fascia plantaire,	Plateforme optique sensible à la pression et système de	La déformation du fascia plantaire augmente au cours du déroulement du

					<p>notamment la relation tension-déformation.</p> <p>L'énergie élastique emmagasinée dans le fascia plantaire depuis le contact avec la voûte plantaire jusqu'à l'élévation du talon se situe entre 6,5 et 7,9 joules.</p> <p>Déformation maximale du fascia plantaire : 13mm</p>	<p>fluoroscopie radiographique pour enregistrer les mouvements du squelette.</p>	<p>pas pour atteindre son maximum au moment du décollage des orteils.</p> <p>Le fascia plantaire se déforme et emmagasine de l'énergie au cours de la marche.</p>
(Hall et al., 2015)	39	39,3	20 hommes 19 femmes	Coureurs(euses) sains(es)	<p>Épaisseur et texture du fascia plantaire.</p> <p>Épaisseur moyenne : 3,78 mm à droite et 3,87 mm à gauche.</p> <p>35% des pieds présentaient un fascia plantaire anormalement épaissi (&gt;4mm).</p>	Échographie doppler	<p>Une grande variabilité a été observée dans l'épaisseur du fascia plantaire.</p> <p>Une grande proportion de coureurs d'endurance présente des anomalies structurelles sur le plan échographique du fascia plantaire. Dans l'épaisseur ou la texture.</p>

					52% des fascias plantaires présentaient une texture normale selon une norme d'hypoéchogénéité.		
(Lee et al., 2010)	28	24,33	28 hommes	Coureurs sains	<p>La tension du fascia plantaire en fonction de l'éversion du pied.</p> <p>L'effet direct de l'éversion sur la tension du fascia plantaire avait un coefficient de 0,143.</p> <p>La tension du fascia plantaire a été mesurée à 350,35 N en phase médiane à 4,5 m/s.</p>	Le système d'analyse de performance Ariel et une plateforme de force.	L'éversion du pied n'est pas n'est pas un bon prédicteur de la tension du fascia plantaire.
(Miller et al., 2007)	16	Sains 26,4 Anciennement pathologique 27,5	NR	8 sains 8 avec antécédents de syndrome de la bandelette iliotibiale.	Flexibilité de l'ITB.  Ober (patho) Droit : 17,5° Gauche : 15,9°	Test de Ober et Ober modifié (à 90° flexion de genou).	Les coureurs pathologiques ont démontré plus de déformation que les coureurs sains.

					<p>Ober (contrôle) Droit : 19,9° Gauche : 17,0°</p> <p>Ober modifié (patho) Droit : 12,6° Gauche : 13,2°</p> <p>Ober modifié (contrôle) : Droit : 13,9° Gauche : 15,2°</p> <p>Déformation de l'ITB à la phase d'appui au sol.</p> <p>7,5% pour le groupe contrôle.</p> <p>8,5% pour le groupe pathologique.</p>		Pas de différences sur la flexibilité de l'ITB.
--	--	--	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------------------

(Noehren et al., 2014)	34	30,8	34 hommes	17 sains 17 avec le syndrome de la bandelette iliotibiale.	Flexibilité de la bandelette iliotibiale.  Contrôle : 18,8° Pathologique : 17,6°	Test de Ober à l'inclinomètre.	La flexibilité de la bandelette iliotibiale est moins importante chez les patients pathologiques.  Les résultats sont considérés comme statistiquement significatifs mais cliniquement non pertinents.
(Pinnington et al., 2005)	8	24,5	8 hommes	Coueurs sains	Activation du muscle tenseur du fascia lata.  À 8km/h, L'EMG était 1,7 fois plus important que sur surface dure.  À 11km/h, L'EMG était 1,38 fois plus important que sur surface dure.  Ces résultats ne sont statistiquement pas significatifs.	Électromyogramme	Augmentation de recrutement du TFL lors d'une course sur sable par rapport à une course sur surface dure. Cela pour des vitesses de 8 et 11 km/h. (Non significatif)

<p>(Rubio-Peiotén et al., 2021)10/05/2023 07:51:00</p>	<p>14</p>	<p>27,4</p>	<p>14 hommes</p>	<p>Coueurs sains</p>	<p>Épaisseur du fascia plantaire.</p> <p>Relation entre l'épaisseur du fascia plantaire et la raideur des membres inférieurs (chaussé) : - 0,395 (coefficient de Pearson).</p> <p>Relation entre l'épaisseur du fascia plantaire et la raideur des membres inférieurs (pieds nus) : 0,516 (coefficient de Pearson).</p> <p>Épaisseur du fascia plantaire (chaussé). Groupe rigide : 2,37mm Groupe moins rigide : 2,89 mm</p>	<p>Ultrasons</p>	<p>La course pied nus de coueurs rigides des membres inférieurs est associé à un épaissement du fascia plantaire à la course. Ce qui ne se retrouve pas en condition chaussé.</p> <p>(Résultats non significatifs).</p>
--------------------------------------------------------	-----------	-------------	------------------	----------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

					<p>Épaisseur du fascia plantaire (pieds nus). Groupe rigide : 3,11mm Groupe moins rigide : 2,73mm</p> <p>(Pvalue&gt;0,05)</p>		
(Shiotani et al., 2020)	20	22,3	20 hommes	10 coureurs sains 10 sédentaires sains	<p>Épaisseur du fascia plantaire.</p> <p>Épaisseur du fascia plantaire, effet significatif du temps p-value=0,015.</p> <p>Sans effet principal de groupe p=0,947.</p> <p>Sans effet de l'interaction entre les groupes p=0,115.</p>	Échographie et imagerie de cisaillement supersonique.	<p>Les coureurs de fond induisent des diminutions transitoires et spécifiques de la rigidité du fascia plantaire au cours du temps de course.</p> <p>La partie proximale du fascia plantaire serait la zone la plus confronté aux contraintes mécaniques.</p>

					(Pas de valeurs numériques présentes).		
(Shiotani et al., 2021)	20	22,3	20 hommes	10 coureurs (sains) de fond sur piste (course dans le sens anti-horaire).  10 sédentaires sains.	Rigidité du fascia plantaire  Épaisseur du fascia plantaire. (Rapport gauche/droite) Coureurs : 97,8 % Sédentaires : 98,8 % (Non significatif).  Vitesse de l'onde de cisaillement (rapport gauche/droite) Coureurs : 105,1 % Sédentaires : 97,7%	Échographie	Le fascia plantaire est plus rigide dans le pied gauche des coureurs. Lié à leur course dans le sens anti-horaire sur la piste.  L'épaisseur de fascia plantaire n'était pas significativement différente entre les groupes.
(Wearing et al., 2007)	20	47,5	6 hommes 14 femmes	10 sédentaires pathologiques (3 hommes/ 7 femmes)	Épaisseur du fascia plantaire  Pathologique membre lésé : 6,1mm	Échographie	Le fascia plantaire était plus épais chez les sujets pathologiques que chez les sujets sains.

				10 sédentaires sains (3 hommes/ 7 femmes)  (Marche)	Pathologique membre sain : 4,2mm  Sains : 3,5mm		L'épaisseur est liée à la forme statique de la voûte plantaire.
(Welk et al., 2015)	61	25,7	32 hommes 29 femmes	36 marcheurs sains  25 coureurs sains	Épaisseur du fascia plantaire  L'épaisseur a diminué de 0,06mm après la course pour les coureurs  L'épaisseur a diminué de 0,03mm après la marche pour les marcheurs  (Non significatif)	Ultrasons	Il n'y a pas de changement significatif dans l'épaisseur du fascia plantaire après 10 min de marche et 30 min de course chez des marcheurs et coureurs.  L'épaisseur partie moyenne du fascia plantaire semble être celle où les variations sont les plus importantes.
(Zhang et al., 2018)	38	26,5	26 hommes  12 femmes	Coureurs sains	Épaisseur du fascia plantaire (selon le type de chaussage).	Ultrasons	Les coureurs avec chaussure minimaliste semblent avoir un fascia plantaire plus fin.

					<p>En proximal</p> <p>Chaussures neutres : 3,2 mm</p> <p>Chaussures de maintien : 3,3 mm</p> <p>Minimaliste : 2,9 mm</p> <p>Pieds nus : 3,0 mm</p>		<p>La morphologie du tissu mou (fascia plantaire entre autres est associé au type de chaussage).</p>
--	--	--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------

NR= Non Renseigné

### 3.4 SYNTHÈSE DES RESULTATS

#### 3.4.1 ORIGINE DES ETUDES INCLUSES

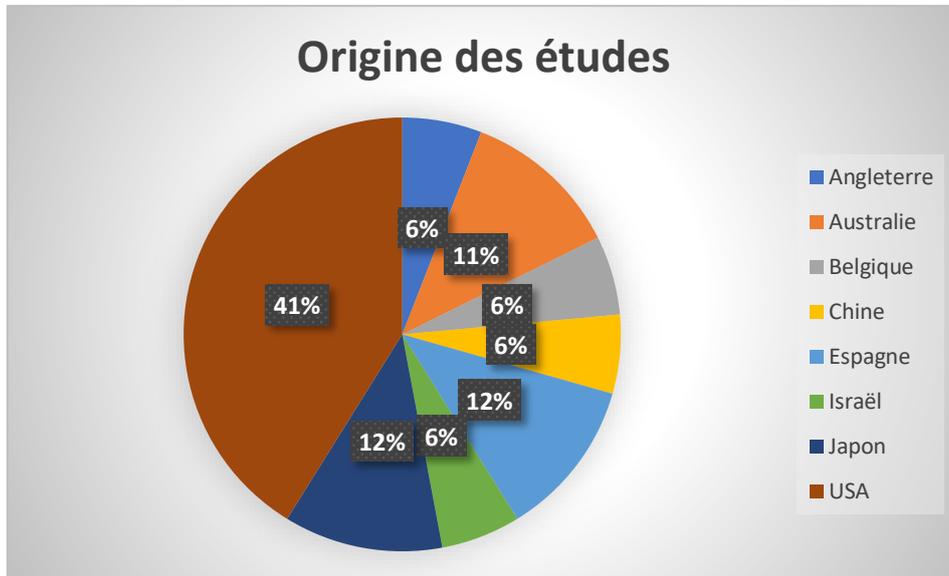


Figure 2: Diagramme du nombre d'études par pays d'origine

Comme montré ci-dessus la majorité des études proviennent des USA. Seulement trois ont été réalisées en Europe.

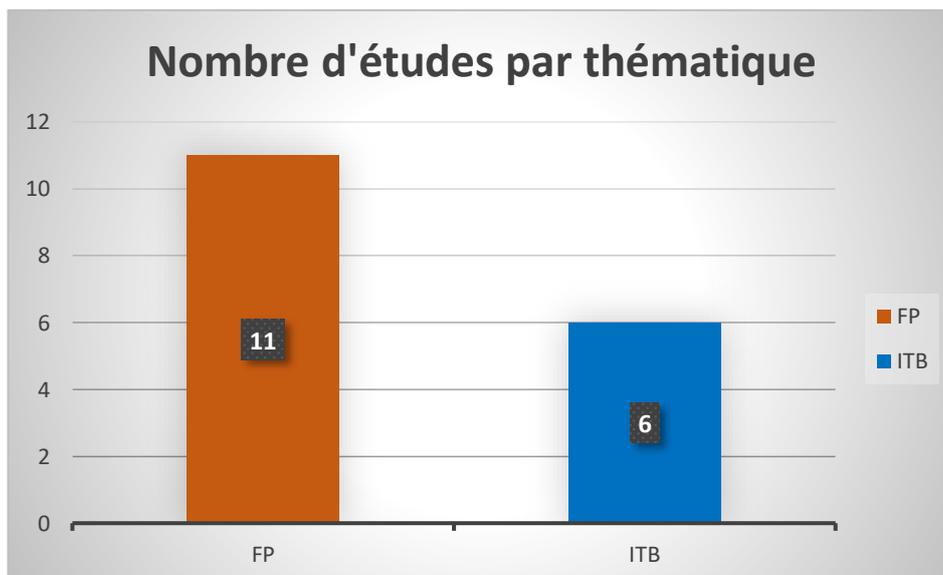


Figure 3: Diagramme du nombre d'études par thématique

Le fascia plantaire est la structure fasciale la plus investiguée.

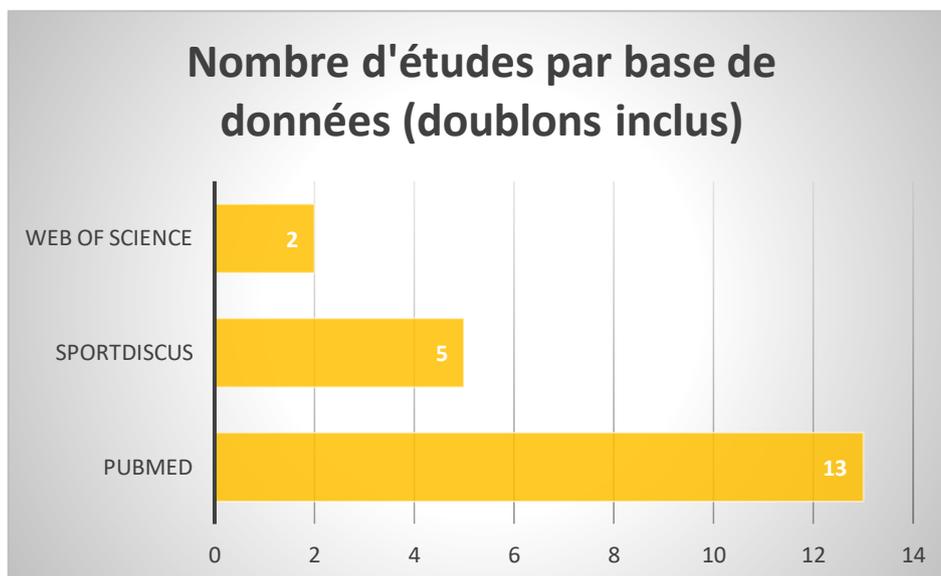


Figure 4: Diagramme du nombre d'études par base de données (doublons inclus)

PubMed est la base de données la plus représentée dans les études incluses. Seules trois bases de données sur les dix investiguées possèdent des références incluses.

### 3.4.2 LES DIFFERENTS PARAMETRES FASCIAUX INVESTIGUES ET LEURS OUTILS DE MESURES

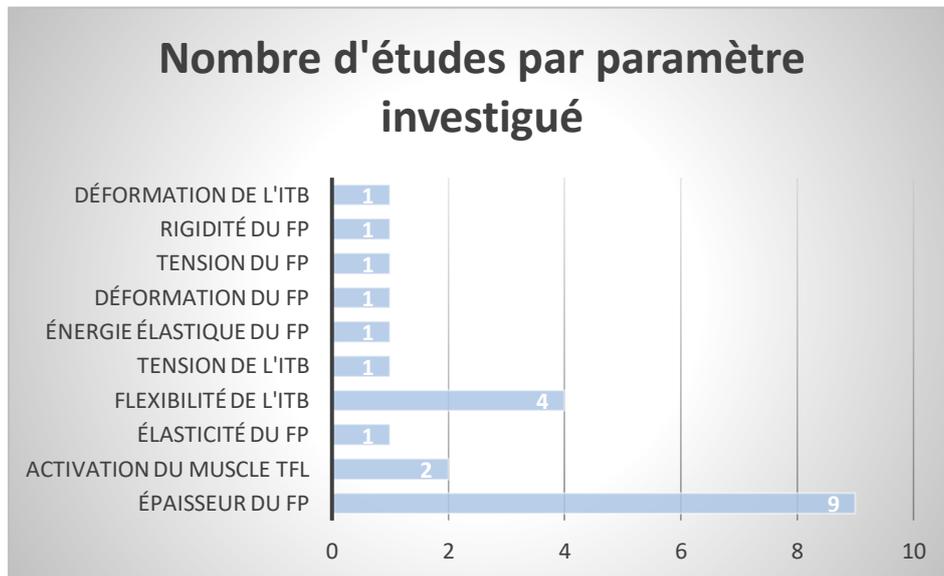


Figure 5: Nombre d'études par paramètre investigué

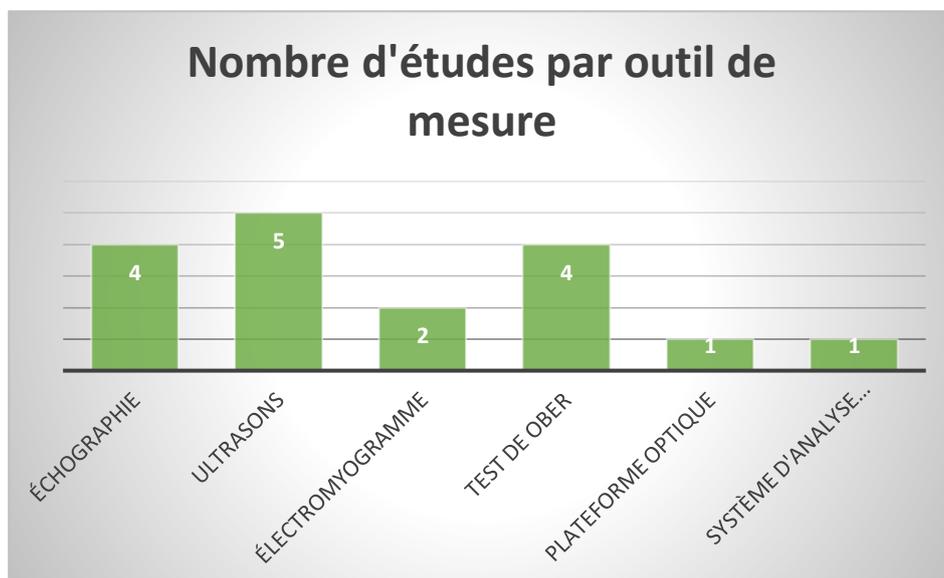


Figure 6: Diagramme du nombre d'études par outil de mesure

### 3.4.3 SYNTHÈSE DE L'ORIGINE DES ÉTUDES, DES PARAMÈTRES INVESTIGUÉS ET DES RÉSULTATS DES ÉTUDES

Concernant la fiabilité des résultats :

- Près de la moitié des études annoncent des résultats non statistiquement significatifs.
- Toutes les études sont des niveaux de preuves 4, soit, les plus faibles.
- La taille des effectifs est souvent proche de 25 sujets.
- Le score méthodologique donné par l'échelle PEDro est souvent très faible, en moyenne 3,1/8.

Les résultats des études ne peuvent être comparés entre eux car ils ne sont pas évalués dans les mêmes situations et conditions d'expériences.

Cependant nous pouvons synthétiser :

Concernant les résultats sur fascia plantaire :

- Une épaisseur du fascia plantaire supérieure à 4mm est un signe diagnostique de la fasciite plantaire.
- L'effet direct de la marche et de la course ne semble pas apporter de modification de l'épaisseur du FP.
- Les sujets pathologiques (fasciite plantaire) semblent posséder un fascia plantaire plus épais.
- Les coureurs avec des chaussures minimalistes semblent avoir un FP plus fin.
- Les coureurs de fond sur piste semblent posséder un FP gauche plus rigide (lié au sens anti-horaire de course).
- La partie proximale du FP serait la zone la plus confrontée aux contraintes mécaniques.

- Le FP se déforme, emmagasine et restitue de l'énergie élastique au cours de la marche qui se situerait entre 6,5 et 7,9 joules.

Concernant les résultats sur la bandelette iliotibiale :

- Les sujets pathologiques (syndrome de la bandelette iliotibiale) semblent avoir une augmentation de l'activation du muscle TFL en début de course.

- Les sujets pathologiques semblent avoir une diminution de la souplesse de l'ITB mesuré par l'amplitude d'adduction de hanche au test de Ober.

- Chez les sujets sains les coureurs semblent avoir une moins grande souplesse de l'ITB que les sédentaires.

## 4. DISCUSSION

### 4.1 RESUME DES PREUVES

Tout d'abord il semble inapproprié de parler de preuves. L'ensemble des études sont de niveau de preuve 4 correspondant à un faible niveau de preuve scientifique. Les scores méthodologiques sont faibles. Très peu d'études possèdent les mêmes critères de réalisation, il n'est donc pas possible de comparer leurs résultats.

Cependant le choix du design de la Scoping Review a été fait en conséquence. Ce choix a permis de ne pas tenir compte du score méthodologique, du design de l'étude et des potentiel biais pour l'inclusion finale des références. Ces éléments sont en revanche relevés pour donner ou non du poids aux résultats de l'étude.

L'objectif de ce mémoire était d'utiliser le design de la Scoping Review pour réaliser un état des lieux des preuves existantes dans la littérature sur le rôle des fascias dans la marche humaine et la course à pied de longue durée. Ce sujet reste encore très peu investigué avec seulement 17 études qui traitent de cette thématique. Aucun critère d'inclusion ne portait sur la population (nombre, sexe, pathologie ...) afin d'élargir le champ des possibilités de résultat. Comme en introduction plusieurs auteurs travaillent sur les fascias mais il semble encore trop tôt pour établir leur rôle précis dans la locomotion humaine.

Les résultats nous ont permis d'isoler deux structures fasciales liées à la locomotion et largement retrouvées dans la littérature. Celle du fascia plantaire et de la bandelette iliotibiale. La présence de ses deux structures s'explique par leurs pathologies aujourd'hui clairement identifiées. La fasciite plantaire et le syndrome de la bandelette iliotibiale. L'intégralité des études porte sur ces deux structures et leur rôle n'est encore pas clairement établi.

Cependant certains éléments peuvent être relevés :

- Une structure fasciale serait capable d'emmagasiner et restituer de l'énergie élastique en se déformant à la marche. On peut émettre l'hypothèse que ce phénomène se retrouve aussi lors de la course.

- Le fascia plantaire et l'ITB peuvent devenir pathologiques à la marche et à la course de longue durée.

- Marcher ou courir ne semble pas apporter de modifications structurelles instantanées.

- Le type de chaussage associé à de la course longue durée à long terme semble apporter des modifications structurelles du fascia plantaire.

- Le fascia plantaire semble se rigidifier et s'affiner sous l'influence des contraintes de la course de longue durée.

- Les coureurs entraînés enraidissent leur ITB par rapport à des personnes sédentaires. Mais on retrouve également des ITB plus tendus chez les sujets pathologiques.

- En cas de syndrome de l'ITB le muscle TFL semble être davantage recruté pendant la course.

Il est regrettable que certains fascias ne soient pas abordés dans la littérature, notamment le fascia lombaire et les chaînes myofasciales. Il en va de même pour certains paramètres du fascia dont nous connaissons l'existence, notamment au niveau de son innervation et de sa capacité à renvoyer des informations nociceptives.

Ces éléments, associés à la faible diversité de structures fasciales présentes dans les bases de données montrent bien les progrès à faire dans l'investigation des rôles des fascias dans la locomotion humaine.

## 4.2 REPONSE A LA PROBLEMATIQUE

Rappelons la problématique de ce mémoire :

En s'appuyant sur la littérature actuelle, quels sont les rôles des fascias dans la marche humaine et la course à pied de longue durée ?

Avec ce travail nous ne sommes pas en mesure d'affirmer avec certitude les preuves qui ont été identifiées dans les articles pour des raisons de manque de niveau de fiabilité de leurs résultats. C'est pour cela que ce design de Scoping Review a été choisi, il nous permet de faire l'état des lieux du sujet à un instant T et d'émettre des hypothèses quant aux résultats finaux.

Il est important de rappeler que ce travail est valable pour une recherche effectuée le 11/10/2022. Tout élément publié après cette date pourrait remettre en cause les résultats de ce travail.

Ainsi, au vu des résultats, nous pouvons identifier différents rôles que les fascias peuvent tenir dans la marche humaine et la course à pied de longue durée.

- Tout d'abord la propulsion est un élément incontournable et indispensable à la marche et course humaine. Il est identifié, aujourd'hui, que certaines structures notamment musculaires comme le triceps sural participent à cette propulsion. Le fascia plantaire aurait lui aussi un rôle à jouer dans ce paramètre, et cela en tant que structure capable de se déformer pour emmagasiner de l'énergie élastique (lors de la pose du pied au sol) et de la restituer afin de permettre cette propulsion.
- Ensuite le FP semble tenir un rôle dans l'économie de course. Sa rigidité diffère selon la quantité de contrainte qui lui est appliquée. Plus un sujet sera entraîné à la course à pied plus il semble y avoir de chance que son FP se soit rigidifié et affiné. Le fascia

étant une structure majoritairement passive, mais capable de se contracter, sera alors plus performant pour emmagasiner et restituer cette énergie élastique et permettre aux éléments musculaires de la propulsion d'être moins sollicités, améliorant ainsi l'économie de course du sujet.

- L'ITB tiendrait un rôle similaire à celui du FP dans la propulsion. Les sujets entraînés semblent augmenter la rigidité de leur ITB. On peut alors supposer que cette rigidité permettrait également d'augmenter la capacité de l'ITB à emmagasiner et restituer de l'énergie à la course. Mais aussi d'économiser le coût musculaire lié à l'activation du muscle TFL. Ce coût musculaire augmentant sur des surfaces de course molles, qui ne favorisent pas l'emmagasinement d'énergie par les structures passives (tendons, fascias ...) par les déséquilibres qu'elles créent.
- D'autres rôles semblent être tenus par ces deux structures mais ne sont pas clairement identifiables. Elles sont toutes les deux liées à des pathologies en liens avec la course à pied et largement représentées dans les études de ce travail. Des modifications structurelles peuvent être observées chez les sujets pathologiques ce qui nous laisse penser que le FP et l'ITB tiennent d'autres rôles importants à la marche et à la course à pied de longue durée. On peut suggérer un rôle de protection en renvoyant des informations nociceptives au sujet.
- D'autres éléments semblent intéressants à investiguer. Notamment les rôles d'autres structures fasciales, comme le fascia thoraco-lombaire, dans la locomotion humaine. Des rôles de soutien et de synchronisation avec les membres supérieurs peuvent être imaginés.
- De même pour les chaînes myofasciales, notamment celles qui relient les membres supérieurs aux membres inférieurs en passant par le tronc et décrites par T. MYERS. Celles-ci pouvant tenir un rôle dans la coordination et synchronisation des ceintures et membres à la locomotion.

### 4.3 LIMITES DE L'ETUDE

Les limites de cette étude s'orientent autour du niveau de preuves des références incluses. Seulement 17 articles ont été investigués et aucun ne possède les mêmes critères d'inclusion, de population, rendant difficile la comparaison des résultats.

Le faible niveau de preuves des études incluses (Grade C) ne permet pas d'exposer les résultats comme étant des preuves scientifiques. La majorité des études étaient transversales.

Les scores méthodologiques évalués par l'échelle PEDro sont faibles et ne permettent pas de donner du poids aux résultats.

Seulement deux structures fasciales sont investiguées, toutes deux appartenant aux membres inférieurs. Ce qui tend à restreindre la marche et la course à l'utilisation des membres inférieurs. Il est cependant connu que les membres supérieurs, les ceintures et le tronc sont essentiels à une bonne locomotion.

### 4.4 LES FASCIAS, UN ORGANE ABSENT DE LA PLAQUETTE DE FORMATION DES MASSEURS-KINESITHERAPEUTES.

Nous avons pu remarquer au travers de ce travail que la grande majorité des études portaient sur deux pathologies du tissu fascial, la fasciite plantaire et le syndrome de la bandelette iliotibiale.

Aujourd'hui et à juste titre, le traitement du tissu fascial appelé « fasciathérapie » est considéré comme étant une pratique relevant du charlatanisme par l'ordre des Masso-kinésithérapeutes, faute de preuves scientifiques sur le sujet.

Cependant il peut paraître surprenant que ce « nouvel » organe ne fasse pas partie des plaquettes de formation des Masseurs-kinésithérapeutes (MK). Ces professionnels de santé étant considérés comme des spécialistes de la marche et de la course humaine se doivent de connaître la structure et le fonctionnement biomécanique du corps humain.

Les liens entre système fascial et système musculaire semblent évidents. C'est pourquoi il apparaît légitime de s'interroger sur la pertinence d'intégrer à la plaquette de formation des MK l'organe fascial, d'un point de vue anatomique afin de donner davantage d'outils aux professionnels pour interpréter et comprendre le fonctionnement du corps humain. Ce domaine anatomique étant déjà largement investigué par des auteurs reconnus, notamment Carla STECCO avec son livre Atlas fonctionnel du système fascial humain, Hélène LANGEVIN, Jean-Claude GUIMBERTAUX, Tom MYERS avec son livre Anatomy Trains ou encore Robert SCHLEIP avec son livre Fascia et Sport.

## 5. CONCLUSION

Ce travail de mémoire sous forme de Scoping Review a porté sur une analyse de 17 études incluses à partir de 683 articles issus de 10 bases de données différentes. Deux structures sont revenues de manières systématiques, le fascia plantaire et la bandelette iliotibiale. Tout comme deux pathologies associées à ces dernières, la fasciite plantaire et le syndrome de la bandelette iliotibiale.

Peu de rôles à la marche humaine et course à pied de longue durée ont pu être relevés avec des études de faible niveau de preuves qui reflètent un manque de connaissances scientifiques sur le sujet.

On retrouve cependant un rôle d'emmagasinement et restitution d'énergie, par le biais d'une déformation de ce tissu, essentiel à la propulsion à la marche ou à la course. On a pu également remarquer que la contrainte mécanique augmentait leur rigidité et pouvait être à la fois un témoin d'une meilleure économie de course, ou marche, mais aussi un signe retrouvé dans un tissu pathologique.

Il reste encore beaucoup de structures fasciales à investiguer pour comprendre leurs places dans la locomotion humaine. Un organe à part entière qui reste encore à explorer.



## BIBLIOGRAPHIE

Adstrum, S., Hedley, G., Schleip, R., Stecco, C., & Yucesoy, C. A. (2017). Defining the fascial system. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(1), 173-177. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.11.003>

Alabau-Dasi, R., Nieto-Gil, P., Ortega-Avila, A. B., & Gijon-Nogueron, G. (2022). Variations in the Thickness of the Plantar Fascia After Training Based in Training Race. A Pilot Study. *The Journal of Foot and Ankle Surgery : Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, S1067-2516(22)00054-0. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2022.02.008>

*Analyse quantifiée de la marche : Mode d'emploi.* (s. d.). Revue Medicale Suisse. Consulté 7 février 2023, à l'adresse <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2015/revue-medicale-suisse-490/analyse-quantifiee-de-la-marche-mode-d-emploi>

Baker, R. L., Souza, R. B., Rauh, M. J., Fredericson, M., & Rosenthal, M. D. (2018). Differences in Knee and Hip Adduction and Hip Muscle Activation in Runners With and Without Iliotibial Band Syndrome. *PM & R : The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 10(10), 1032-1039. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.04.004>

Bordoni, B., Lintonbon, D., & Morabito, B. (2018). Meaning of the Solid and Liquid Fascia to Reconsider the Model of Biotensegrity. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.2922>

Bordoni, B., Mahabadi, N., & Varacallo, M. (2022). Anatomy, Fascia. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493232/>

Chen, T. L.-W., Agresta, C. E., Lipps, D. B., Provenzano, S. G., Hafer, J. F., Wong, D. W.-C., Zhang, M., & Zernicke, R. F. (2019). Ultrasound elastographic assessment of plantar fascia in runners using rearfoot strike and forefoot strike. *Journal of Biomechanics*, 89, 65-71.

Foch, E., Reinbolt, J. A., Zhang, S., Fitzhugh, E. C., & Milner, C. E. (2015). Associations between iliotibial band injury status and running biomechanics in women. *Gait & Posture*, 41(2), 706-710. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.01.031>

Gaudreault, N., Fuentes, A., Mezghani, N., Gauthier, V. O., & Turcot, K. (2013). Relationship between knee walking kinematics and muscle flexibility in runners. *Journal of Sport Rehabilitation*, 22(4), 279-287. <https://doi.org/10.1123/jsr.22.4.279>

Gefen, A. (2003). The in vivo elastic properties of the plantar fascia during the contact phase of walking. *Foot & Ankle International*, 24(3), 238-244.

Grappe, F. (2009). *Cyclisme et optimisation de la performance : Science et méthodologie de*

*l'entraînement*. De Boeck Supérieur.

Hall, M. M., Finnoff, J. T., Sayeed, Y. A., & Smith, J. (2015). Sonographic Evaluation of the Plantar Heel in Asymptomatic Endurance Runners. *Journal of Ultrasound in Medicine : Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*, 34(10), 1861-1871. <https://doi.org/10.7863/ultra.14.12073>

Huijing, P. A. (2009). Epimuscular myofascial force transmission : A historical review and implications for new research. International society of biomechanics Muybridge award lecture, Taipei, 2007. *Journal of Biomechanics*, 42(1), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.09.027>

Huijing, P. A., Yaman, A., Ozturk, C., & Yucesoy, C. A. (2011). Effects of knee joint angle on global and local strains within human triceps surae muscle : MRI analysis indicating in vivo myofascial force transmission between synergistic muscles. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 33(10), 869-879. <https://doi.org/10.1007/s00276-011-0863-1>

Langevin, H. M. (2021). Fascia Mobility, Proprioception, and Myofascial Pain. *Life*, 11(7), 668. <https://doi.org/10.3390/life11070668>

Lee, S. Y., Hertel, J., & Lee, S. C. (2010). Rearfoot eversion has indirect effects on plantar fascia tension by changing the amount of arch collapse. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 20(2-3), 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2010.06.003>

Miller, R. H., Lowry, J. L., Meardon, S. A., & Gillette, J. C. (2007). Lower extremity mechanics of iliotibial band syndrome during an exhaustive run. *Gait & Posture*, 26(3), 407-413. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.10.007>

Myers Tom. (2018). *Anatomy Trains*. Elsevier Masson.

Noehren, B., Schmitz, A., Hempel, R., Westlake, C., & Black, W. (2014). Assessment of strength, flexibility, and running mechanics in men with iliotibial band syndrome. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 44(3), 217-222. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.4991>

Pinnington, H. C., Lloyd, D. G., Besier, T. F., & Dawson, B. (2005). Kinematic and electromyography analysis of submaximal differences running on a firm surface compared with soft, dry sand. *European Journal of Applied Physiology*, 94(3), 242-253. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1323-6>

Rubio-Peiretén, A., García-Pinillos, F., Jaén-Carrillo, D., Cartón-Llorente, A., Abat, F., & Roche-Seruendo, L. E. (2021). Relationship between Connective Tissue Morphology and Lower-Limb Stiffness in Endurance Runners. A Prospective Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph18168453>

Schleip, R. (2020). *Fascia et Sport*. TITA Editions.

Schleip, R., Duerselen, L., Vleeming, A., Naylor, I. L., Lehmann-Horn, F., Zorn, A., Jaeger, H., & Klingler, W. (2012). Strain hardening of fascia : Static stretching of dense fibrous connective tissues can induce a temporary stiffness increase accompanied by enhanced matrix hydration. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 16(1), 94-100. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2011.09.003>

Schleip, R., Klingler, W., & Lehmann-Horn, F. (2005). Active fascial contractility : Fascia may be able to contract in a smooth muscle-like manner and thereby influence musculoskeletal dynamics. *Medical Hypotheses*, 65(2), 273-277. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2005.03.005>

Shiotani, H., Mizokuchi, T., Yamashita, R., Naito, M., & Kawakami, Y. (2020). Acute effects of long-distance running on mechanical and morphological properties of the human plantar fascia. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(8), 1360-1368. <https://doi.org/10.1111/sms.13690>

Shiotani, H., Yamashita, R., Mizokuchi, T., Sado, N., Naito, M., & Kawakami, Y. (2021). Track distance runners exhibit bilateral differences in the plantar fascia stiffness. *Scientific Reports*, 11(1), 9260. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88883-4>

Stearne, S. M., McDonald, K. A., Alderson, J. A., North, I., Oxnard, C. E., & Rubenson, J. (2016). The Foot's Arch and the Energetics of Human Locomotion. *Scientific Reports*, 6(1), 19403. <https://doi.org/10.1038/srep19403>

Stecco, C. (2020). *Atlas fonctionnel du système fascial humain*. TITA Editions.

Stecco, C., & Schleip, R. (2016). A fascia and the fascial system. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 20(1), 139-140. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.11.012>

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garrity, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) : Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>

Vora, A. J., Doerr, K. D., & Wolfer, L. R. (2010). Functional Anatomy and Pathophysiology of Axial Low Back Pain : Disc, Posterior Elements, Sacroiliac Joint, and Associated Pain Generators. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 21(4), 679-709. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2010.07.005>

Wearing, S. C., Smeathers, J. E., Sullivan, P. M., Yates, B., Urry, S. R., & Dubois, P. (2007).

Plantar Fasciitis : Are Pain and Fascial Thickness Associated With Arch Shape and Loading?  
*Physical Therapy*, 87(8), 1002-1008.

Welk, A. B., Haun, D. W., Clark, T. B., & Kettner, N. W. (2015). Use of high-resolution ultrasound to measure changes in plantar fascia thickness resulting from tissue creep in runners and walkers. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 38(1), 81-85.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2014.10.008>

Wilke, J., Schleip, R., Yucesoy, C. A., & Banzer, W. (2018). Not merely a protective packing organ? A review of fascia and its force transmission capacity. *Journal of Applied Physiology*, 124(1), 234-244. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00565.2017>

Zhang, X., Delabastita, T., Lissens, J., De Beenhouwer, F., & Vanwanseele, B. (2018). The morphology of foot soft tissues is associated with running shoe type in healthy recreational runners. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(7), 686-690.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.11.008>

