



**HAL**  
open science

# Le Foot-Core : la panacée pour remédier à la faiblesse des muscles intrinsèques du pied ?

Tom Willemse

► **To cite this version:**

Tom Willemse. Le Foot-Core : la panacée pour remédier à la faiblesse des muscles intrinsèques du pied ?. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-03125272

**HAL Id: dumas-03125272**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03125272>**

Submitted on 29 Jan 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Le Foot-Core : la panacée pour remédier à  
la faiblesse des muscles intrinsèques du  
pied ?**

**Par Willemse Tom**

**Directeur de mémoire : Mr Philippe Le Tilly - MKDE**

## Table des matières

1	Introduction .....	1
2	Le foot core système.....	4
2.1	DEFINITION .....	4
2.2	HISTORIQUE D’UN PIED.....	5
2.3	ANATOMIE DU PIED .....	5
2.3.1	OSTEOLOGIE .....	6
2.3.2	PLAN MUSCULAIRE .....	7
2.4	STABILITE, AMORTIE, MAINTIEN.....	8
2.5	PHYSIOLOGIE DE L’APPUI .....	10
2.5.1	LORS DE L’APPUI STATIQUE.....	10
2.5.2	LORS DE LA MARCHÉ ET DE LA COURSE .....	10
2.6	LES PATHOLOGIES .....	11
2.7	LES PRINCIPES DE LA REEDUCATION.....	13
2.8	LES BIENFAITS DE LA REEDUCATION .....	15
2.9	A QUI S’ADRESSE LE FOOT-CORE ? .....	15
3	Méthodologie.....	16
3.1	Critère d’éligibilité .....	16
3.1.1	Type d’étude.....	16
3.1.2	Population.....	17
3.1.3	Intervention .....	17
3.1.4	Objectif et critères de jugement.....	18
3.2	Recherche documentaire .....	18
3.2.1	Recherche littéraire et professionnelle .....	18
3.2.2	Recherche informatique.....	18
3.3	L’extraction des informations et leurs analyses .....	19
3.3.1	La sélection.....	19
3.3.2	L’évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnés .....	19
3.4	Synthèse de la méthodologie de recherche et de sélection des études .....	20
4	Résultats .....	21
4.1	Description des études.....	21
4.1.1	Diagramme de flux et synthèse des études incluses .....	21
4.1.2	Etudes non incluses .....	23
4.1.3	Etudes incluses .....	23

4.2	Risque de biais des études incluses .....	38
5	Discussion .....	40
5.1	Analyse des principaux résultats .....	40
5.1.1	Apport sur le plan thérapeutique et rééducatif.....	40
5.1.2	Apport sur le plan biomécanique.....	42
5.1.3	Apport sur la qualité de vie et le plan social.....	44
5.2	Applicabilité des résultats en pratique clinique.....	46
5.3	Qualité des preuves .....	48
5.4	Les biais potentiels de la revue.....	49

**Conclusion**

**Annexes**

**Résumé**

**Remerciement**

## 1 Introduction

---

« Où la volonté est prompte, les pieds sont légers. » Proverbe Géorgien

*C'est le pied de compter en pied et de prendre son pied avec un jolie pied de nez.* Même si dans ce cas, « pied de nez » ne fait pas référence à notre organe locomoteur car l'usage latin renvoie déjà à des sens divergents.

Le pied, organe de la bipédie, de la locomotion et de la course. Objet de fétichisme pour certains mais maltraité par une majorité de la population. En effet, et ce depuis l'avènement du chaussage notre peton s'est désadapté et perd de son efficacité. Pourtant, il ne cesse de me surprendre par sa résilience, sa capacité à continuer à encaisser nos chocs, nos appuis, nos conduites, à dissiper nos traumatismes, évitant ainsi l'apparition de nombreuses pathologies. Et c'est cela que j'aimerais partager avec vous aujourd'hui, au travers de cette revue centré sur ce gardien discret qui ne cesse de veiller sur nous chaque jour, à chaque déplacement. C'est pour ranger une expression bien connue au placard que j'ai eu envie de rédiger un article sur le sujet ; « *Être bête comme ses pieds* », n'a jamais été aussi peu sensée, car notre cerveau lui doit beaucoup.

Au même titre que les mains, les pieds participent à notre évolution, qu'elle soit physiologique, mécanique mais aussi historique. Dans un premier temps si nous avons pu avancer jusqu'à présent c'est grâce à nos pieds, nous pouvons aller d'un point A à un point B, nous avons pu libérer les mains il y a de ça des milliers d'années, nous avons pu nous battre pour nos droits grâce à une évolution qui s'est faite il y a longtemps et si aujourd'hui nous pouvons continuer à faire tout cela, c'est notre pied qui nous l'offre en absorbant les chocs et les traumatismes, en dissipant l'apparition de pathologies ascendantes.

Commençons par un petit rappel, l'acquisition de la bipédie. C'est une libération, celle des mains et un développement, celui de notre cerveau. Le pied est une structure complexe comprenant de nombreuses articulations à degrés de liberté multiples jouant un rôle important dans la posture et la biomécanique.

C'est le premier contact... le premier appui... les premières sensations ; le pied et la voûte plantaire sont le point de départ mais aussi le point d'arrivée, la base et d'une certaine manière le sommet de notre relation avec notre environnement.

Comment s'est passé ce passage d'une quadrupédie à une bipédie ? Aurait-on un ancêtre commun bipède ? (1)

Une première hypothèse mais abandonnée, celle de l'environnement. Les premiers scientifiques étudiant la bipédie humaine ont tout d'abord pensé que la nécessité fait force de loi, un mécanisme Darwinien en somme.

Le changement du milieu environnant serait donc à l'origine de cette évolution, les australopithèques seraient passés de la forêt, environnement boisé, en hauteur et obstrué, à la savane, environnement dégagé nécessitant une vision à 360° pour survivre. Ils se seraient alors redressés progressivement, afin d'avoir un angle de vision supérieur et d'anticiper d'éventuelles agressions, de chasser mais aussi de gagner en hauteur, en carrure, devenant ainsi plus impressionnant.

Cette hypothèse, où l'individu évolue (et devient bipède) sous la pression de l'environnement, n'est plus développée à ce jour.

Une deuxième hypothèse, selon laquelle il ne s'agirait pas d'un fait nouveau, la bipédie serait un trait commun à tous les hominidés et non pas une évolution. Cette faculté n'est pas utilisée par tous à la même fréquence, mais elle est commune.

Une simple observation de la faune actuelle nous montre que l'homme n'est pas le seul à utiliser la bipédie comme moyen de locomotion. Les grands singes comme les chimpanzés, les bonobos ou les gorilles marchent régulièrement sur 2 jambes mais avec leur style propre...

On peut faire remonter les premières traces de bipédie à *Orrorin Tugenensis* (6 millions d'années) qui nous a laissé un squelette explicite sur ses aptitudes à la marche : un fémur très long, couronné d'une tête épaisse.

La bipédie existe depuis plus de 6 millions d'années, elle est utilisée aussi bien par nos ancêtres que par de grands singes actuels... Chez les hominidés, cette aptitude s'est amplifiée au fur et à mesure du temps pour devenir chez les hommes modernes l'unique moyen de locomotion, ce n'est donc pas un trait de différenciation. (1)

Partant maintenant sur un autre principe. Lorsque l'homme utilise une structure musculaire, celle-ci se renforce, (2) (3) donc au commencement, l'Homme se déplaçait pied nus, favorisant le travail de ses muscles intrinsèques, améliorant ainsi son amorti, son adaptabilité et sa force : celui-ci avait donc la capacité de s'adapter à toute sorte de terrain, à toute sorte de stimulus extérieur (4), (5). Mais l'évolution du pied a permis également la libération des mains développant ainsi l'adresse, elle a libéré la mâchoire de son rôle primaire, c'est-à-dire défensif et préhensile. Cette évolution a contribué au port vertical de la tête, favorisant le développement de la boîte crânienne et la croissance du cerveau.

Le développement de la voûte plantaire au cours de l'évolution de l'Homme a coïncidé avec l'accroissement des sollicitations du pied dès lors que les humains ont commencé à courir. Le mouvement et la stabilité de l'arche plantaire est commandée par les muscles intrinsèques et extrinsèques du pied (5). Depuis l'avènement du chaussage, notre organe relationnel est emmuré dans un réceptacle qui l'empêche de s'exprimer, déjouant ainsi sa capacité d'adaptation. Une articulation qui ne bouge pas est vouée à la désadaptation, il en va de même pour nos multiples articulations plantaires. Cependant, les muscles intrinsèques sont largement ignorés par les cliniciens et les chercheurs. En tant que tel, ces muscles sont rarement abordés dans les programmes de rééducation. Les soins apportés pour des problèmes liés au pied sont plus souvent axés sur le soutien du pied par un dispositif externe plutôt que de rééduquer ces muscles à fonctionner comme ils devraient.

Le pied a non seulement fait de l'homme le mammifère terrestre le plus mobile mais celui qui possède la vie de relation la plus développée. C'est un organe relationnel, de part sa fonction mais aussi sa qualité.

L'homme doit beaucoup au pied. Cet organe ne compte pas moins de 26 os, 16 articulations, 107 ligaments et 20 muscles intrinsèques qui lui ont permis d'acquérir la station debout, ce qui réorienta son crâne, ses yeux et sa bouche par déplacement du support de la tête c'est-à-dire du trou occipital en bas et en avant.

Le maintien de la station debout n'aurait pu se faire sans cette lente adaptation (2) ce qui permit la libération de sa main qui pu alors travailler, inventer l'art et l'outil et par là, assurer le développement du crâne, donc de l'intelligence.

Si le pied n'avait pas évolué vers son aspect d'aujourd'hui, notre vie se passerait sûrement dans les arbres, couvert de poils en poussant des cris inarticulés, à nous nourrir de bananes et, les sportifs, les danseurs, les podologues, les pédicures, les marchands de chaussures et les fétichistes seraient passés aux oubliettes de l'histoire.

Nous devons beaucoup à notre pied : la bipédie, la libération des mains, la locomotion, notre intelligence et j'en passe. Mais aujourd'hui nous ne le sollicitons plus comme il faut, nous l'oublions trop souvent au profit d'un soin trop centré : une gonalgie ou une lombalgie ? Traitement de la zone en question sans parfois se remettre en question et voir si ces problèmes ne découleraient pas d'un pied faible. En effet si le pied ne joue pas son rôle d'amortie, les chocs ne sont plus dissipés correctement et se répercutent directement au niveau du genou, qui n'a pas la capacité de s'adapter autant que notre organe plantaire. Le genou va alors se mettre en conflit et provoquer des douleurs au niveau de l'articulation sus-jacentes comme par exemple la hanche. (6)

C'est cette chaîne ascendante que je souhaite mettre en avant aujourd'hui. Il apparaît de plus en plus d'études et une ouverture sur ce domaine et je souhaite y apporter une vision supplémentaire.

Lorsque j'ai commencé mes recherches, j'ai pu m'apercevoir que le foot-core n'était que peu décrit. On parle de *barefoot therapy* ou travail des intrinsèques du pied mais tout cela appartient à un même principe : le foot core system ou stabilité de la base du pied. (7)

J'y reviendrai dans la suite. Il m'est paru judicieux de porter mon étude sur l'intérêt d'une prise en charge régulière du pied et de montrer son implication sur les pathologies ascendantes.

Ayant toujours eu des soucis aux genoux et aux hanches à cause d'une déformation de mon squelette du membre inférieur, j'ai pu constater avec mes études que le fait d'avoir un pied fort et une cheville solide, une bonne condition physique et une proprioception efficace permettait de réduire considérablement les troubles liés à cette déformation. Une vie de qualité commence par une bonne hygiène des pieds.

La problématique de cette revue de littérature serait :

**Un pied désadapté, faible et incapable d'accomplir son rôle pourrait-il être à l'origine de pathologies ascendantes et le foot-core en serait-il la panacée ?**

## 2 Le foot core système

### 2.1 DEFINITION

Nous allons commencer par mettre en place les termes et contextes abordés dans cette présentation en commençant par **le Foot Core system**. Le « **foot core system** » est un sujet encore controversé qui fait suite à une publication datant de fin 2013 dans le British Journal of Sports Medicine mettant en avant un nouveau modèle de compréhension de la biomécanique du pied notamment dans la course à pied. (7)

Détaillons d'abord ce que l'on entend par « core stability ». On pourrait traduire cela en français littéralement par la stabilité de la base.

La stabilité de base fait référence à la région du corps délimité par la paroi abdominale, le bassin, le bas du dos et le diaphragme. Les principaux muscles impliqués comprennent le muscle transverse de l'abdomen, les obliques internes et externes, le carré des lombes et le diaphragme. C'est l'action de contraction de ces muscles qui offre le soutien nécessaire à la colonne vertébrale et au bassin ainsi que la capacité à stabiliser le corps pendant le mouvement.

Maintien, support, stabilisation et équilibre en termes de pression. Nous pouvons retrouver ce système dans le pied également. Ici le mot base fait référence à la « posture du pied », ce concept est très populaire dans les médias anglo-saxons et est un concept important pour la prévention des blessures en course à pied, les lombalgies et les problèmes de posture.

La stabilité du pied se compose en sous-systèmes interagissant entre eux et fournissant les données sensorielles et la stabilité fonctionnelle permettant de s'adapter aux deux activités que sont la statique et la dynamique. L'interaction de ces sous-systèmes est très similaire au système de base lombo-pelvien.

Le foot core représente un ensemble entre la stabilité du pied et les techniques visant à l'améliorer et à la renforcer.

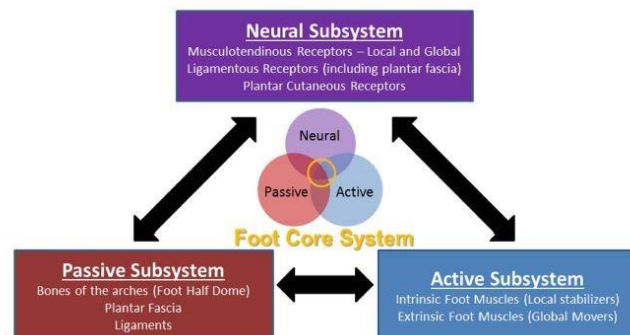
Les muscles intrinsèques plantaires du pied au sein du « **active subsystem** » et du « **neural subsystem** » jouent un rôle essentiel dans la posture du pied en tant que stabilisateurs locaux et en tant que mécanorécepteurs à la déformation du pied en charge. L'évaluation du système de base du pied peut donner un aperçu clinique quant à la capacité du pied à faire face aux exigences fonctionnelles. (7)

De plus, l'architecture et la musculature de l'arche médiale du pied se renforce et s'adapte constamment à l'augmentation de la charge notamment pendant la course à pied. C'est par cette nécessité de posséder une bonne stabilité et un bon contrôle de notre arche que le concept de gainage du pied a été promulgué par McKeon, (2015).(7)

Concrètement le foot core englobe une reprogrammation neuro-musculaire, un renforcement et une musculation des muscles intrinsèques du pied afin d'en augmenter ses capacités d'adaptation, d'amortie et donc du contrôle plantaire.

L'entraînement de la posture du pied commence en ciblant les muscles intrinsèques plantaires via l'exercice du « pied court » (8), semblable au renforcement abdominal, permettant l'amélioration de la capacité et du contrôle du système de base de pied.

Une nouvelle fois le concept développé dans cette étude n'est pas nouveau et fait largement référence à la posturologie et à la proprioception du corps humain. En revanche, d'appliquer ce concept strictement aux muscles intrinsèques du pied est effectivement une nouvelle piste d'étude qui mérite d'être explorée.





## 2.2 HISTORIQUE D'UN PIED

Le pied, comme tout notre être commence lors d'une rencontre.

Mais nous, nous allons directement 6 semaines après.

Au cours de cette semaine, soit 4 semaines depuis le moment de la fécondation, une partie importante de l'embryon sera complétée : le tube neural.

Elle est importante, car tout le système nerveux se développe à partir de cette structure : le cerveau, à l'une des extrémités du tube, de même que la moelle épinière et les nerfs. Les extrémités du tube se refermeront à la fin de cette semaine.

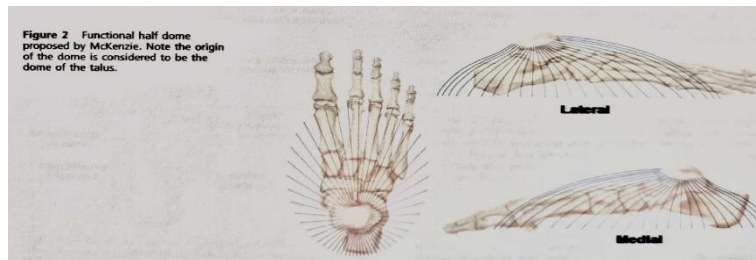
C'est aussi à partir de la 6<sup>e</sup> semaine que le cœur de l'embryon commence à battre.

L'embryon ressemble à un haricot duquel émergent des petits bourgeons qui constitueront les bras et les jambes. Le cou se profile également. Le cristallin des yeux et l'oreille interne amorcent leur développement tout comme certains organes : les poumons, l'estomac, le foie et le pancréas. C'est donc à la 6<sup>e</sup> semaine que l'ébauche de nos futurs petons commencent. Si en quelque sorte la 7<sup>e</sup> semaine est dédiée entièrement à notre cerveau, c'est à la 8<sup>e</sup> que nous commençons à bouger. Au bout des membres, on voit de petits bourgeons. Ils formeront les doigts et les orteils. On distingue aussi l'emplacement des coudes et des genoux. L'embryon n'est plus statique : il bouge le tronc et les membres. Il se déplace à l'intérieur de l'utérus, mais on ne le sent pas. À la fin de cette semaine, l'embryon mesure de 11 à 14 millimètres. Durant la 9<sup>e</sup> semaine, les bras et les jambes s'allongent et les articulations (coudes et genoux) se précisent. On voit aussi les poignets et chevilles se dessiner. À l'intérieur, les muscles et les nerfs prennent forme. A partir de la 11<sup>e</sup> semaine le fœtus bouge et continue de se développer. On va accélérer un peu et on se retrouve à la 20<sup>e</sup> semaine. Le fœtus est maintenant complètement formé. Il est de plus en plus familier avec le toucher. Il joue à attraper ses pieds et à joindre ses mains. C'est à ce moment qu'une partie de l'intégration de son corps commence et cela se poursuivra jusqu'à l'après naissance. (9)

Lorsque l'enfant est né, son pied va se développer en même temps que le nouveau né. Comme pour chaque étape de son développement le bébé commence par intégrer avant d'utiliser. Le pied est un outil inconnu, on ne sait pas s'en servir. Il faut donc le goûter, le toucher, le poser sur toute sorte de surface avant de s'en servir. Marcher pieds nus permet aux petits muscles du pied de travailler. Cela développe la stabilité de l'enfant, son équilibre, sa coordination et sa force musculaire. Marcher pieds nus lui permet aussi de découvrir la sensation du sol sous ses pieds.

## 2.3 ANATOMIE DU PIED

Il est composé de 26 os, 33 articulations, de muscles intrinsèques (courts, charnus et ils se logent tous faces plantaires sauf un) et de muscles extrinsèques (long, fibreux au niveau du pied, prenant leurs origines au niveau du tibia et de la fibula jambe). Le pied est une structure complexe comprenant de nombreuses articulations à degrés de liberté multiples jouant un rôle important dans la posture et la biomécanique. Le pieds se découpent en domes fonctionnels à partir du talus.



### 2.3.1 OSTEOLOGIE

Du point de vue de l'ostéologie (10):

- Le talus présente :
  - Une partie postérieure ; le corps, avec des surfaces articulaires supérieure, médiale et latérale en forme de poulie. La surface articulaire latérale présente un rebord qui reçoit la fibula, la surface médiale reçoit le tibia. Pincé entre deux malléoles, le talus ne peut réaliser que des mouvements de flexion extension.
  - Une partie antérieure ; la tête, convexe dans tous les sens, s'articule avec le naviculaire.
  - La face inférieure présente deux surfaces articulaires, une latérale concave d'avant en arrière, une médiale convexe d'avant en arrière. Cette configuration permet un emboîtement du talus sur le calcanéus.
  - Il ne présente aucune insertion musculaire. Il est par contre engagé par des tendons contribuant ainsi à sa stabilité
- Le calcanéus présente :
  - Un axe oblique en haut, en avant et en dehors, et seule sa partie postérieure est en contact avec le sol.
  - Une face supérieure se prolongeant en dedans pour former le sustentaculum tali, elle présente également en dehors, une surface articulaire latérale convexe d'avant en arrière et en dedans une surface articulaire concave située en partie sur le sustentaculum tali. Les deux surfaces articulaires sont inversement conformées par rapport à celles du talus. La partie postérieure est arrondie transversalement, ce qui favorise les mouvements de pronation-supination. Elle est également convexe et le tendon calcanéen s'enroule autour et s'y insère en bas.
  - La partie postérieure constitue un bras de levier d'une longueur favorable à l'action du triceps.
  - Sur sa face médiale se situent les tendons médiaux et sur sa face latérale on y observe deux tubercules correspondant aux zones de passages des tendons des fibulaires.
  - La face antérieure du calcanéus est de haut en bas concave puis convexe, de dedans en dehors convexe, et s'articule avec le cuboïde. Un rebord osseux supérieur empêche l'élévation de celui-ci et permet de légers mouvements de charnière.
- Le cuboïde présente :
  - Une face postérieure convexe puis concave de haut en bas et concave de dedans en dehors
  - Une face antérieure plane qui s'articule avec le 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> métatarsiens dont la facette articulaire est un plan oblique.
  - Une face médiale du cuboïde s'articule avec le 3<sup>ème</sup> cunéiforme et le naviculaire. Ceux-ci prennent appui sur le cuboïde.

- Le naviculaire présente :
  - La face postérieure du naviculaire est concave dans tous les sens et s'articule avec le talus.
  - Sa face latérale repose sur cuboïde. Sa face antérieure est plane et s'articule avec les 3 cunéiformes.
- Les cunéiformes s'articulent en arrière avec le naviculaire, également entre eux. Le 3<sup>ème</sup> repose sur le cuboïde avec lequel il s'articule. Ils s'articulent en avant avec les 3 premiers métatarsiens.
- Les 5 métatarsiens sont constitués
  - D'une base et chacune de bases s'articulent entre elles. Les bases des 3 premiers métatarsiens s'articulent avec les 3 cunéiformes et les bases du 1<sup>er</sup> et 5<sup>ème</sup> présentent un plan articulaire oblique. Le 2<sup>ème</sup> métatarsien s'encastre entre le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> cunéiformes, les 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> s'articulent avec le cuboïde.
  - D'un corps prismatique et d'une tête dont la surface articulaire est un condyle.
- Les phalanges :
  - Les 4 derniers orteils présentent 3 phalanges tandis que le 1<sup>er</sup> orteil n'en présente que 2.
  - Les extrémités distales des 1<sup>er</sup> et 2<sup>de</sup> phalanges ont une forme de poulie.
  - Ils ne présentent qu'un degré de liberté, en flexion-extension.
  - En arrière, elles s'articulent avec les têtes des métatarsiens (mouvements dans les 3 directions de l'espace, adaptation au terrain ; mouvements plus limités pour le 1<sup>er</sup> orteil)

### 2.3.2 PLAN MUSCULAIRE

Le plan musculaire recouvre la partie latérale et postérieure du tibia et la partie latérale de la fibula en ce qui concerne les muscles extrinsèques. (11)

- Les muscles intrinsèques agissent sur le pied avec des directions obliques, longitudinales et transverses par rapport à l'axe du pied. Ils viennent en renfort aux ligaments plantaires pour le maintien de la voûte. Cette action est statique.
- Les muscles extrinsèques agissent sur la cheville et sur le pied. En statique, leurs tendons face plantaire participent au maintien de la voûte.
- Le cadran hétérocinétique, les muscles passant au-devant de l'axe de flexion-extension de la cheville seront fléchisseurs, ceux passant derrière seront extenseurs. Les muscles passant en dehors de l'axe subtalaire seront abducteurs et pronateurs du pied, ceux passant en dedans seront adducteurs et supinateurs.

- D'un point de vue dynamique,
  - Les muscles tibiaux antérieur et l'extenseur de l'hallux réaliseront une flexion dorsale de la cheville, une adduction-supination du pied.
  - L'extenseur des orteils réalisera une flexion dorsale, une abduction-pronation du pied
  - Les muscles tibial postérieur, fléchisseur de l'hallux, fléchisseur commun des orteils et triceps sural réaliseront une flexion plantaire de la cheville, une adduction-supination.
  - Le long et court fibulaire réaliseront une flexion plantaire, abduction-pronation.
- D'un point de vue statique
  - Le soutien de l'arche médiale se fait grâce à l'action du long fléchisseur de l'hallux, du long fléchisseur des orteils, du tibial postérieur, par l'adducteur de l'hallux et le long fibulaire.
  - Le soutien de l'arche latérale se fait grâce au long fibulaire, au court fibulaire et à l'abducteur du 5<sup>ème</sup> orteil.
  - Le soutien de l'arche transversale se fait grâce au long fibulaire, au tibial postérieur et à l'adducteur de l'hallux.

Ainsi, pour le pied, les 4 couches musculaires des muscles intrinsèques jouent le rôle de stabilisateurs locaux de par leurs insertions anatomiques uniquement sous le pied (12). Ces muscles ayant une petite surface de section transversale sont donc les premiers stabilisateurs des arches. À l'inverse, les muscles extrinsèques du pied s'insérant principalement sur le tibia jouent quant à eux le rôle de mobilisateur du fait de leur surface de section transversale et leur bras de levier plus important. Cependant, en plus de leur rôle prépondérant dans le mouvement et la propulsion, leur orientation anatomique leur permet également dans la phase d'absorption d'être un soutien dynamique de renfort des intrinsèques.

#### **2.4 STABILITE, AMORTIE, MAINTIEN**

Nous allons ici développer les constituants du pied intervenant dans le maintien, mais surtout dans le système d'amortie. Un pied lorsqu'il est posé au sol possède plusieurs appuis, 7 au totaux pour répartir le poids du corps (90% par le tibia et 10% par la fibula. Pour dissiper, amortir ce poids le pied doit pouvoir se déformer, doit pouvoir s'adapter (4). En statique les structures plantaires, les ligaments, les muscles par leurs tonus suffisent au maintien de la voûte plantaire. Nous allons donc décrire ce maintien, les principaux constituant de cette amortie :

- Pour commencer nous allons parler du capiton plantaire. C'est un tissu graisseux dans des petites cloisons. Il faut voir ça comme une semelle et la partie talonnière est le premier système d'amortissement mis en jeu, lors de la marche. Le capiton plantaire assure l'amortissement des contraintes verticales et des contraintes de friction du sol.

- Le freinage excentrique mettant en jeu des muscles différents suivant la pose du pied. L'un des plus importants est celui du triceps sural assuré par le soléaire, les gastrocnémiens et l'aponévrose plantaire (le système tricipito-achilléo-aponévro-plantaire), car le triceps se continue jusqu'aux orteils. Lors de la réception médio-pied, la contraction excentrique (avec allongement) du triceps freine l'abaissement du talon pour amortir l'impact. Après la pose du talon, le triceps poursuit son rôle excentrique en freinant l'avancée de l'axe jambier. Lors d'une réception par le talon, la contraction excentrique du tibial antérieur freine l'abattement de l'avant-pied pour amortir l'impact et après l'abattement de l'avant-pied, la contraction excentrique du triceps freine l'avancée de l'axe jambier.

- Les arches plantaires, et comme vu précédemment elle est composée par 3 arches. Elles forment la voûte plantaire, créant ainsi un espace permettant l'amortissement. L'arche médiale est la plus haute, les tissus fibreux qui la soutiennent absorbent l'onde de choc en se déformant et restituent l'énergie lors de la propulsion (4). Les autres arches, antérieures et latérales, moins concaves absorbent moins l'onde de choc. La voûte permet au calcaneus de s'aligner avec le médio pied et notamment le cuboïde, cette mobilité est extrêmement importante.

- L'articulation sous-talienne et les ligaments de la cheville. Pour commencer, nous allons parler de l'angle entre l'axe jambier et l'axe du calcaneus autrement dit le valgus calcaneus. Ce valgus confère à l'articulation sous-talienne et aux ligaments de la cheville un rôle important d'amortissement et celui-ci se traduit par l'association d'une rotation interne du tibia et d'un petit écartement de l'extrémité inférieure de la fibula.

- L'aponévrose plantaire superficielle est une nappe fibreuse très peu extensible. Sa forme de voûte et la disposition de ses fibres lui permettent de se déformer lorsque le pied est en charge. Elle peut donc être considérée comme un système amortisseur. Son rôle est de limiter passivement l'aplatissement de la voûte plantaire et de limiter l'allongement du pied pendant sa mise en charge. Lorsque le poids du corps passe à la verticale du pied, l'aponévrose plantaire est mise en tension ce qui limite l'écrasement de la voûte.

- Les muscles suspenseurs plantaires participent tous à l'amortissement. Ils assurent un système de sanglage et limitent la déformation de la voûte plantaire pendant la phase de réception par une contraction excentrique de freinage.

A l'image d'un ressort, les tendons de ces muscles emmagasinent l'énergie produite par l'écrasement et la restituent en fin de phase d'appui pour la propulsion. (4) (5).

Les muscles tibial postérieur et long fibulaire sont rétro-malléolaires. La réflexion de ces deux tendons en arrière de la malléole donne une résultante dirigée obliquement en avant et en haut et qui contribue au soutien actif de la voûte plantaire. Le long fléchisseur de l'hallux a un rôle primordial de suspenseur du sustentaculum tali et du premier rayon du pied. Il limite le valgus du calcaneus lors de la phase d'amortissement. C'est-à-dire qu'il cravate l'arrière du tibia et du talus avant de passer contre la face médiale du calcaneus et permet de le maintenir lors du valgus.

L'effondrement de l'arche médiale est contrôlé par les contractions synergiques des muscles tibial postérieur, long fléchisseur de l'hallux et long fléchisseur des orteils. (13)

## 2.5 PHYSIOLOGIE DE L'APPUI

L'appui au sol donne des indications importantes sur les dérèglements posturaux de l'ensemble du corps de la coureuse ou du coureur. On distingue ainsi 3 types de « pied » :

- Les pronateurs,
- Les supinateurs,
- Les universels. (*Annexe*)

Le type de « pied » influence le reste du corps par le biais des chaînes musculaires. Le corps utilise en effet un système de chaînes reliant les muscles aux tendons et aux articulations. Ces chaînes musculaires constituent une véritable toile d'araignée ce qui explique par exemple les possibles répercussions d'un pied pronateur sur les parties sus-jacentes, pouvant expliquer des douleurs nucales par exemple. (14)

S'il offre une base de support à l'équilibre du corps humain lorsque nous sommes debout, c'est surtout lors de la marche et de la course qu'il se doit d'être stable pendant les 2 phases que sont : l'attaque du pas et la propulsion. C'est durant ces phases que le pied s'adapte constamment en absorbant les forces de réaction afin de pouvoir les retransmettre pour la propulsion. (4) (15)

### 2.5.1 LORS DE L'APPUI STATIQUE

Ce sont les muscles intrinsèques du pied qui ont un rôle clé lors de l'appui.

La voûte plantaire lors de l'appui en position statique est extrêmement importante car il s'agit d'un des 3 entrées de l'équilibre (la vue, la proprioception musculaire et articulaire, les informations vestibulaires). L'ensemble des petites articulations du pied, mobiles, permettent à tout moment de guider le cerveau via un ensemble d'informations sur la qualité du terrain, son aspect...

Les muscles, tendons et leurs capteurs proprioceptifs lors des déformations des articulations renseignent également le cortex cérébral. C'est donc lors de l'appui plantaire que notre équilibre se prépare. (16) (17)

### 2.5.2 LORS DE LA MARCHÉ ET DE LA COURSE

La marche humaine correspond à un mode de locomotion bipède avec activité alternée des membres inférieurs et maintien de l'équilibre dynamique. C'est une activité motrice fondamentale qui nécessite un apprentissage long et difficile pour devenir ensuite une réalisation quasi-automatique. Elle se caractérise par des périodes de double appui, où les 2 pieds sont en contact avec le sol séparant des périodes de simple appui. A chaque pas, s'effectue un appui commençant par une attaque par le talon, une pose de la voûte, puis de l'avant pied. Puis arrive la phase de propulsion où le triceps tire le talon, on se retrouve alors sur la pointe où la propulsion se fait.

Un cycle de marche peut être représenté par séquences. Ces séquences s'enchaînent depuis la pose du talon au sol jusqu'à la pose des 2 pieds au sol. Un cycle de marche complet peut être décomposé 3 phases principales :

- Une phase d'appui (60% du cycle)
- Une phase d'oscillation (40%)
- Le double appui

La marche met en jeu les articulations de la cheville, du genou, de la hanche et du bassin. Les mouvements de ces articulations sont indépendants et forment des angulations variables en fonction des séquences du cycle de marche. Je vais décrire ce qui se passe au niveau du pied. (18)

Lors de la phase d'appui, la réception ou phase taligrade le calcanéum attaque le sol, la cheville passe de 5° de flexion dorsale à 10° de flexion plantaire.

Lors de la phase suivante, intermédiaire ou plantigrade, le pied entre en plein contact avec le sol, on retrouve les actions décrites précédemment lors de l'amortie. La cheville réalise une flexion dorsale et passe de 10° de flexion plantaire à 20° de flexion dorsale.

La phase de fin d'appui ou digitigrade, le talon se décolle du sol par action du triceps sural. La cheville, quant à elle, revient en position neutre, elle passe de 20° de flexion dorsale à 0°. A la fin de cette phase le décolllement des orteils se fait du 5<sup>ème</sup> vers le 1<sup>er</sup> et la cheville passe en flexion plantaire de 0° à 5°.

Passons à la phase oscillante, pas d'appui seulement un mouvement de la cheville. Lors de la phase de double appui, période de transition entre la phase d'appui et la phase oscillante, on retrouve un équilibre et une stabilité importante. Au cours d'un pas, 2 phases de double appui se produisent :

- La première se situe au début du cycle de marche
- La seconde se situe à 45% du cycle de marche.

Lors du double appui, on retrouve l'attaque du talon pour la réception et la fin de la propulsion avec la phase digitigrade. Le pied offre une base de support à l'équilibre du corps humain lorsque nous nous trouvons en position orthostatique, c'est surtout lors de la marche et de la course, pendant les phases d'attaque et de propulsion où il se doit d'être particulièrement stable. C'est durant celles-ci que le pied s'adapte constamment en absorbant les forces de réaction afin de pouvoir les retransmettre pour la propulsion. De ce fait, le pied possède comme le quadriceps cette caractéristique de cycle étirement-détente à chaque cycle pas.

Il est maintenant certain que cette capacité « d'absorption-restitution » est rendue possible par la déformation de l'arche médiale du pied, elle-même contrôlée par les muscles intrinsèques et extrinsèques du pied.

## 2.6 LES PATHOLOGIES

Les risques d'un amortissement défaillant sont nombreux. Courir pieds nus ou avec des semelles fines était une activité innée. Je dis bien « était » car depuis l'avènement du chaussage, les choses ont changé. En effet des semelles épaisses assurant un amorti efficace ou le port de chaussures inadaptées ne permettent plus au pied de contrôler l'amorti : le tonus des muscles et les capacités proprioceptives du pied s'affaiblissent. La course n'est plus « naturelle » et de nombreuses pathologies découlent de la mauvaise capacité du pied à subir et à contrôler les micro-contraintes mécaniques de la course et ne serait-ce que de la marche.

Un pied instable, avec un contrôle amoindri ne dissipe pas suffisamment les chocs et les contacts. Les microtraumatismes répétés s'accumulent et les pathologies apparaissent. Ce tableau regroupe les pathologies du membre inférieur les plus fréquemment retrouvées et en annexe une explication pour chacune des pathologies. (6,14,19–23)

Le pied	Jambe	Genou	Cuisse	Hanche/dos
Fracture de stress des métatarsiens	Syndrome de stress tibial (périostite)	Syndrome fémoro-patellaire	Claquage quadriceps (Déchirure)	Coxarthrose
Métatarsalgie	Fracture de stress tibial (fracture de fatigue)	Syndrome de la bandelette ilio-tibial	Claquage des ischios-jambiers (Déchirure)	Syndrome de friction trochantérien
Fasciopathie plantaire (fasciites, aponévrosite, épine de Lenoir)	Tendinopathie achilléenne	Tendinopathie patellaire	Tendinopathie des ischios-jambiers	Lombalgie du coureur
Fibrome péryneural (névrome de Morton)	Syndrome de loge antérieur (syndrome du compartiment)			Tendinopathie du moyen fessier
Syndrome du coussinet graisseux (Talgie)	Ténosynovite du Tibial antérieur			Fracture de stress de la Hanche
Entorse de cheville	Claquage des gastrocnémiens (Déchirure)			Syndrome d'accrochage de la hanche

Une **déchirure de la plaque plantaire** est une blessure commune de l'avant-pied qui est causée par une surcharge répétitive. Celle-ci est un ligament se situant sur la face inférieure des articulations phalangiennes métatarsiennes, au niveau de la plante des pieds. Le rôle principal de ce ligament est de retenir le deuxième orteil vers le bas. Cette pathologie est fréquente lors des phases de course et de propulsion du fait du rôle du 2<sup>ème</sup> métatarsien. Les raisons de la surcharge peuvent être dues à l'anatomie de l'individu (par exemple, un métatarsien court ou un second métatarsien long), à une pronation excessive (roulement intérieur), aux joints hypermobiles et aux chaussures inadaptées, ce qui nous ramène à des intrinsèques faibles et leurs implications avec le stress mécanique. (21)

Ainsi, quand ils n'ont pas le bon fonctionnement, la fondation devient instable et mal-contrôlée pouvant provoquer des pathologies de surcharge de la structure podale tels que les fasciopathies plantaire. Considérée comme la pathologie la plus prévalente des blessures de sur-utilisation du pied (10% de la population au cours d'une vie) et la 3<sup>ème</sup> pathologie la plus courante en course à pied, (14) elle est reconnue comme faisant suite à des microtraumatismes répétés consécutif à la déformation excessive et non contrôlée de l'arche médiale du pied (22). Transversalement si les mécanismes lésionnels des pathologies du pied et la fonction des muscles intrinsèques du pied semblent être de mieux en mieux décrits, on peut s'apercevoir que l'importance de la musculature de l'arche du pied sur la prévalence des pathologies est sous-estimée par les professionnels de santé ainsi que les chercheurs en sciences du sport.



En effet, des recommandations de rééducation de l'hallux valgus, la tendinopathie du tibia postérieur et du tendon Achille, la périostite tibiale et les douleurs chroniques de jambe ne font jamais mention de renforcement des muscles intrinsèques du pied dans leur protocole. (24), (25), (26). L'intérêt d'étudier les effets du renforcement des muscles intrinsèques devient donc une nécessité. (12), (7)

## 2.7 LES PRINCIPES DE LA REEDUCATION

Le concept du gainage du pied se découpe selon ce schéma :

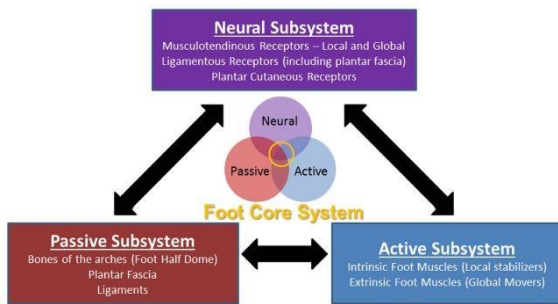


Figure issu du travail de (McKeon et Al., 2015)(7)

**Le système passif** du pied se compose, des os, des ligaments, des capsules articulaires permettant ainsi le maintien des différentes arches du pied. Il ne s'agit pas de structures séparées mais d'un complexe fonctionnant ensemble, responsable de la flexibilité du pied permettant à celui-ci de s'adapter aux charges et aux activités dynamiques. Les structures osseuses sont soutenues par les complexes ligamentaires. Cependant, si ces structures passives ont un rôle prédominant dans le soutien des arches du pied, le soutien actif par le bas de la part des muscles intrinsèques du pied et par le haut par la contraction des muscles extrinsèques du pied s'avère être primordial et nécessaire pour stabiliser le pied. En rééducation, il faut s'assurer que la mobilité des chacune des articulations du pied est respectés et que l'intégrité ligamentaires est présente ou supplée par un système musculaire efficace.

**Le système actif du gainage du pied** : Comme nous l'avons évoqué précédemment le système actif correspond à l'ensemble des muscles et des tendons ayant une insertion sur le pied. Les stabilisateurs locaux représentent les MIP puisqu'ils s'insèrent de manière proximale et distale sur le pied. À côté d'eux, les mobilisateurs globaux correspondent aux muscles extrinsèques du pied et ont leur origine sur le tibia, la fibula, le fémur et croisent la cheville pour s'insérer sur le pied.

Figure 5 Insertions of the extrinsic foot muscle tendons on the plantar surface of the foot. (A) The insertions of the flexor digitorum longus, flexor hallucis longus and peroneus longus are depicted. Note the longitudinal alignment of the flexor tendons as it relates to their functional contributions to longitudinal foot stability. The oblique alignment of the peroneus longus tendon and its midfoot orientation clearly supports the transverse arch. (B) The insertion of the tibialis posterior tendon is depicted with the tendons of figure 1A cut away. Note the widespread insertions of the tibialis posterior tendon across the tarsals and metatarsals elucidating its functional contributions to longitudinal and transverse arch stability.

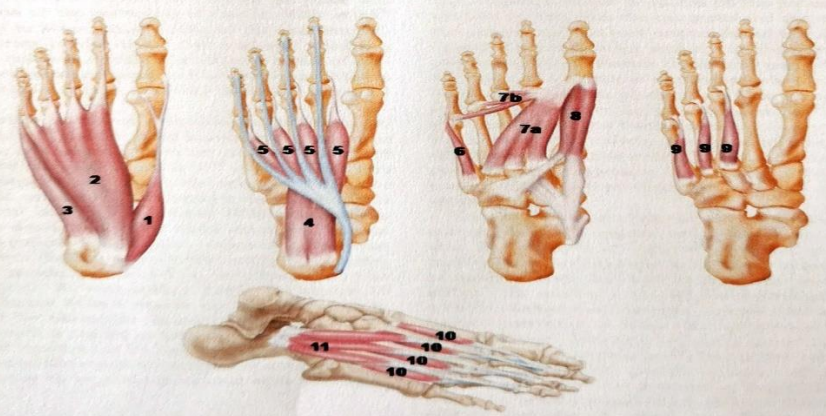
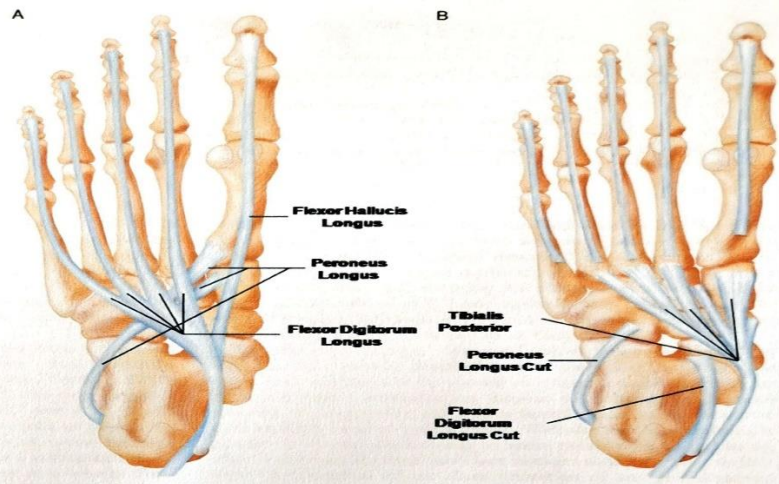


Figure 6 The intrinsic foot muscles are presented in their anatomic orientation within the four plantar layers and the dorsal intrinsic muscle. The numbers correspond to the muscles as follows: (1) abductor hallucis, (2) flexor digitorum brevis, (3) abductor digiti minimi, (4) quadratus plantae (note its insertion into the flexor digitorum tendon), (5) lumbricals (note their origin from the flexor digitorum longus tendon), (6) flexor digiti minimi, (7) adductor hallucis oblique (a) and transverse (b) heads, (8) flexor hallucis brevis, (9) plantar interossei, (10) dorsal interossei and (11) extensor digitorum brevis.

Les muscles intrinsèques du pied se décomposent donc en 4 couches musculaires situées sous la face palmaire du pied.

- 1<sup>ère</sup> couche : l'abducteur de l'hallux (1), le court fléchisseur des orteils (2) et l'abducteur du 5<sup>ème</sup> orteil (3)
  - 2<sup>ème</sup> couche : le carré plantaire (4) et les lombricaux (5)
- À l'inverse, les 2 dernières couches sont plus profondes.
- 3<sup>ème</sup> couche : le court fléchisseur du 5<sup>ème</sup> doigt (6), l'adducteur de l'hallux (7) et le court fléchisseur de l'hallux (8)
  - 4<sup>ème</sup> couche : les interosseux plantaires (11) et dorsaux (10)

La rééducation passe donc par un renforcement centré sur les muscles intrinsèques du pied, un rehaussement de l'arche médiale du pied et un travail proprioceptif. (3,7,12,16,17,27-29)

**Le système neural** du gainage du pied : Le système neural se compose des récepteurs sensoriels de l'aponévrose plantaire, des ligaments, des capsules articulaires, des muscles et des tendons impliqués dans les systèmes passif et actif. Il est aujourd'hui prouvé que la sensibilité plantaire est un élément primordial au maintien de l'équilibre postural statique et dynamique pendant la marche. Ceci est dû principalement à la contribution des récepteurs cutanés plantaires largement étudiés (7,12) faisant de l'ombre à la contribution sensorielle des muscles intrinsèques du pied qui reste encore peu clarifiée et étudiée. Il apparaît également qu'ils sont avantageusement positionnés pour pouvoir fournir des informations sensorielles immédiates sur la posture du dôme du pied par le biais du réflexe d'étirement « stretch reflex ». Ainsi, contrairement aux récepteurs sensoriels du système passif, le renforcement musculaire des muscles intrinsèques du pied et leurs capteurs permettrait d'augmenter leur sensibilité à la déformation du pied.

En conclusion, on peut donc s'apercevoir de l'importance des muscles intrinsèques du pied à la fois dans leur rôle de soutien du système passif par leurs contractions musculaires et à la fois dans leur rôle de transmetteur d'informations sensorielles sur l'évolution de la posture du dôme du pied. Le fonctionnement optimal de la dynamique du pied, est donc sous la dépendance de ces 3 systèmes afin de conserver une stabilité et une mobilité architecturale correcte tout au long du mouvement.

## **2.8 LES BIENFAITS DE LA REEDUCATION**

Comme vu précédemment, la rééducation centrée sur les muscles intrinsèques du pied, sur le rehaussement de la voûte apporterait de nombreux bienfaits. Selon les diverses sources et études nous pouvons avancer que cette rééducation permettrait de :

- Renforcer les muscles intrinsèques du pied, augmentant ainsi l'amortie, l'appui et la propulsion. Cela renforce également la qualité proprioceptive du pied.
- Limiter l'apparition de pathologie ascendante en évitant les microtraumatismes répétés lors de la marche ou de la course. Cela permettrait d'augmenter la résistance du pied lors des sur-utilisations.
- Diminuer les douleurs podales, gonalgie ou lombalgie par dissipation des chocs. (3,7,12,16,17,27)

## **2.9 A QUI S'ADRESSE LE FOOT-CORE ?**

A toute personne, tout simplement. Aujourd'hui nous utilisons tous des chaussures et malheureusement nos pieds ne sont plus aussi bien adaptés. Il s'adresse à tout patient en rééducation, car une investigation des muscles intrinsèques du pied me semble être une nécessité dans le bilan initial. Le renforcement des intrinsèques du pied doit se faire de manière automatique et cela commence par une prise de conscience. Il y a un lien entre les pathologies de cheville, les pathologies du segment jambier de la cuisse, les douleurs de hanche et de dos et souvent le point commun est une faiblesse des muscles intrinsèques. Ce n'est pas la cause des douleurs mais un facteur favorisant.

### 3 Méthodologie

#### 3.1 Critère d'éligibilité

##### 3.1.1 Type d'étude

J'ai choisi une revue systématique, car cela me permet de regrouper, de collecter, d'évaluer et de synthétiser des informations pour répondre à une question que je me suis posé. Cette question, bien défini, est issu d'une problématique travaillée. Ce type de revue se base sur un ensemble de sources littéraires et non littéraires répondant à des critères de sélection prédéfinis et stricts. Son évaluation est rigoureuse et critique avec une synthèse qualitative des résultats.

Concernant le type choisit pour répondre à ma problématique, j'ai opté pour une revue possédant un double caractère : *thérapeutique et étiologique*, et je me suis posé la question suivante :

**« La faiblesse des muscles intrinsèques du pied est-elle un facteur favorisant l'apparition de pathologies ascendantes et le Foot core une thérapeutique efficace ? »**

Autrement formulé :

**« Quel est l'efficacité du Foot core dans la prise en charge de la faiblesse des muscles intrinsèques du pied ? Cette faiblesse peut-elle être un facteur favorisant dans l'apparition de pathologies ascendantes, notamment au niveau du membre inférieur et du dos ? »**

Le but étant ici de montrer que la faiblesse de ces muscles est une cause de l'apparition de pathologies. Mais durant cette revue, je vais également démontrer l'intérêt du Foot Core dans la prise en charge kinésithérapique, que ce soit en traitement ou en prévention.

Pour trouver mes questions, je me suis appuyé sur le format PICO et j'en ai établis deux :

<b>Population</b>	<b>Tout patient, sportif ou non, sauf amputés du membre inférieur</b>
<b>Intervention</b> (Eléments soumis à évaluation, ici un facteur)	Foot core
<b>Comparateur</b>	Aucune prise en charge du pied ou traitement habituel
<b>Outcome</b> (Objectifs/critères de jugement)	Déterminer l'impact du foot core en thérapie préventif et curatif

<b>Population</b>	<b>Tout patient, sportif ou non, sauf amputés du membre inférieur</b>
<b>Intervention</b> (Eléments soumis à évaluation, ici un facteur)	Faiblesse des intrinsèques du pieds
<b>Comparateur</b>	Par rapport à un pied fort, musclés.
<b>Outcome</b> (Objectifs/critères de jugement)	Déterminer l'impact de la faiblesse des intrinsèques.

### 3.1.2 Population

L'ensemble de la population est concerné car nous sommes une majorité à porter de chaussures, une majorité à avoir une faiblesse des intrinsèques. Mais de manière spécifique cette étude s'adresse aux personnes souffrant de pathologies des membres inférieurs telles que les fasciites plantaires, les instabilités de cheville, les périostites tibiales, les patients ayant des douleurs aux pieds, les lombalgiques, les gonalgiques et coxalgiques. Cette liste n'est pas exhaustive et elle exclut les amputés du membre inférieur, les patients présentant des désordres neurologiques, cardio-vasculaires et systémiques.

### 3.1.3 Intervention

Comme énoncé dans le début de cette revue, le sujet de ce mémoire s'intéresse aux potentiels troubles causés par la faiblesse des intrinsèques et à la place du foot core dans la rééducation.

Dans les études sélectionnées, nous verrons que les techniques du foot core seront comparées à une absence de traitement pour évaluer son efficacité. Nous verrons également que ces études mettent en avant les effets d'une faiblesse des intrinsèques.

Pour répondre aux besoins de leurs études, les populations étant variées, les auteurs ont utilisé de nombreux outils de mesures. Ceux-ci sont déterminés en fonction de ce que les auteurs ont voulu évaluer ; voici la liste de ces outils :

- **L'Echelle Visuel Analogique** (Ou EVA) pour l'évaluation de la douleur.
- **Physical activity readiness** ou **PAR-Q**, permet d'identifier toute personne dont la pratique physique est inappropriée, c'est-à-dire de mauvaise qualité pouvant nuire au sujet et/ou inexistante, chez un individu sédentaire. Il s'agit d'un questionnaire donné pour sélectionner des individus dont la pratique physique ne présente aucun risque.
- **FAAM** ou **Foot and Ankle Ability Measure sport and Subscale**, est une évaluation complète de la performance physique chez les personnes atteintes d'une gamme de troubles de la jambe, de la cheville ou du pied.
- **FAOS** ou **Foot and Ankle Outcome Score** : Il s'agit d'une adaptation de la même échelle que celle du genou, elle cible la douleur (9items), les autres symptômes (7items), les fonctions de la vie quotidienne (17 items), sportives (5items) et la qualité de vie reportée à la cheville et au pied (5 items).



- **IdFAI ou Echelle d'identification de la fonctionnalité et de l'instabilité de la cheville** : Est un questionnaire développé pour détecter si les individus répondent aux critères minimaux nécessaires pour rentrer dans une population caractérisée par une Instabilité Fonctionnelle de la Cheville.
- **Godin-Leisure-time physical activity** : Permet de mesurer le degré de l'activité hebdomadaire d'un sujet.
- **Veterans Rand 12-items** : est une enquête sur la santé auto-administrée, brève, général, à multi-usages.
- **11-items Tampa** : Est une échelle évaluant la kinésiophobie d'un patient.
- **STAR excursion balance test** : Le SEBT est un test fonctionnel sur une jambe utilisé entre autres pour évaluer les instabilités externes de cheville.
- **Berard Scale** : est une échelle mesurant la fonction motrice notamment pour les maladies neuromusculaires.
- **Navicular Drop test** : Il est un des outils principaux pour représenter le déplacement de la tubérosité du naviculaire par rapport à une position neutre, c'est-à-dire l'articulation subtalaire relâchée en position orthostatique.

En annexe, on pourra retrouver le descriptif de chacun de ces outils d'évaluations.

Les facteurs de risque sont faibles, ils sont indépendants de la volonté des personnes concernées et implique une notion de sécurité (chute de poids, blessure musculaire par non-respect des protocoles, chute lors d'un test...). Les protocoles sont érigés en ce sens, pour prévenir l'ensemble des accidents.

### 3.1.4 Objectif et critères de jugement

L'objectif, comme décrit précédemment est de juger de l'implication de la faiblesse des muscles intrinsèques du pied dans l'apparition de pathologies et d'exposer les bénéfices du foot core. Afin de mieux appréhender mon sujet, j'ai discuté avec de nombreux professionnels, et ai effectué des recherches, lus des revues et après cela j'ai commencé la recherche et la sélection de mes articles.

## 3.2 Recherche documentaire

### 3.2.1 Recherche littéraire et professionnelle

J'ai commencé à m'intéresser au Foot core lors de mon stage de 3<sup>ème</sup> année auprès des kinésithérapeutes de Cabinet Prado Perier. Leurs expertises et leurs conseils m'ont permis de progresser dans l'avancement de mon projet professionnel. Le Foot core est devenu un axe récurrent dans ma prise en charge, et ce depuis les enseignements de mon directeur de mémoire, Mr Le Tilly et de son équipe. J'ai également lu les articles de Patrick.O McKeon (7) pour étayer mes connaissances.

### 3.2.2 Recherche informatique

C'est lors de la rédaction de l'introduction de mon mémoire que la véritable recherche a commencé. En effet, j'ai entrepris mes recherches grâce à des mots clés et grâce à des équations de recherche centrée sur le thème choisi.

Je me suis inspiré des mots clés utilisés par les auteurs des articles trouvés lors de ma première recherche avec le mot clé « Foot Core ». Par la suite, des mots récurrents ont fait leurs apparitions tels que : « Intrinsic Foot Muscle weakness », « Medial Longitudinal Arch », « Overuse Injury », « Short foot Exercise » ou encore « Foot Control ». L'ensemble de ces mots clés ne me permettait de cibler un tout optimal. J'ai donc mis en place une équation de recherche pour obtenir des résultats précis et ce grâce aux opérateurs booléens : AND, OR et NOT. Et en conclusion de ceci, j'ai obtenu :

### *Intrinsic Foot Muscle OR Medial Longitudinal Arch AND Strengthening.*

Il s'avère que ma recherche s'est avérée fastidieuse ; mon équation de recherche m'a donné un nombre relativement faible de donnée mais les articles en question m'ont donné une source conséquente d'études et de connaissances. Mon équation de recherche m'a permis de récupérer un peu plus d'un quart de mes articles sélectionnés. Le reste a été trouvé grâce aux articles similaires et les bibliographies.

C'est donc en cherchant parmi les articles similaires à ceux trouvés, au travers des multiples sources bibliographiques auxquelles j'ai eu accès, que j'ai pu sélectionner des articles de qualités, issus des bases de données validées

Je me suis servi principalement de PubMed et de PEDro mais j'ai surtout effectué des recherches de proche en proche, me servant des bibliographies, des références et des articles similaires aux articles trouvés. Cela m'a permis d'étayer et de collecter un maximum d'information sur le sujet. J'ai complété mes recherches grâce à de nombreuses autres ressources tel que La Clinique Du Coureur, Elsevier Mason ou encore les vidéos *Anatomie 3D Lyon*.

## **3.3 L'extraction des informations et leurs analyses**

### **3.3.1 La sélection**

L'ensemble de la littérature sélectionnée est en Anglais, et j'ai basé mes critères sur :

- Les articles centrés sur le pied et les chevilles, utilisant des techniques ciblées sur les intrinsèques du pied.
- Les populations devaient être mixtes, c'est-à-dire des sportifs et non sportifs. J'exclus les articles centrés sur les coureurs.
- Une Date de publication après l'année 2000
- Les études devaient être randomisées, en aveugle, et présentant un groupe contrôle ou étude de cohorte bien réalisée.

Lors de ma première recherche sur les bases de données j'ai trouvé 34 articles, à cela se rajoute les articles trouvés de proche en proche et venant d'autre sources et le total est monté à 91.

Lors de ma seconde recherche, 99 articles se sont présentés à moi.

La sélection s'est faite d'abord par le titre, l'abstract et puis lorsque ceci fut fait, j'ai commencé la dernière sélection par la lecture et l'évaluation de la qualité méthodologique.

### **3.3.2 L'évaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnés**

Pour évaluer la qualité des études sélectionnées, j'ai utilisé les grilles :

- PEDRO pour évaluer les essais cliniques randomisés.
- AMSTAR pour évaluer une revue systématique
- NEWCASTLE OTTAWA scale, pour évaluer les études de cohortes étiologiques.

En annexe un descriptif de chaque échelle.

### 3.4 Synthèse de la méthodologie de recherche et de sélection des études

Cette partie a pour but de préciser ma méthode de recherche. J'ai choisi de travailler sur un sujet encore peu décrit et il s'avère que je me suis posé une question avec un double caractère : **Etiologique et thérapeutique**.

Lors de mes recherches, il s'est avéré qu'une seule question de recherche me permettait d'avoir un nombre important d'articles répondant à mes critères et c'est grâce à ces études et leurs bibliographies, aux articles similaires que j'ai pu sélectionner mes articles.

J'ai donc inséré ma question, un nombre conséquent d'articles est sorti. J'en ai sélectionné plusieurs mais surtout j'ai accédé aux bibliographies, aux articles similaires et aux suggestions et cela ma permit d'étayer mais surtout de compléter ma sélection. Ce sont ces articles là qui composent en majorité ma revue.

Toute ma recherche s'est faite sur des bases de données (PEDro et PUBmed), mon cheminement s'est effectué de proche en proche, de bibliographies en articles, d'articles similaires en articles similaires.

De part la complexité de mon questionnement, la volonté de cette revue et le caractère particulier de ce sujet, ma recherche ne pouvait pas se présenter d'une autre manière.

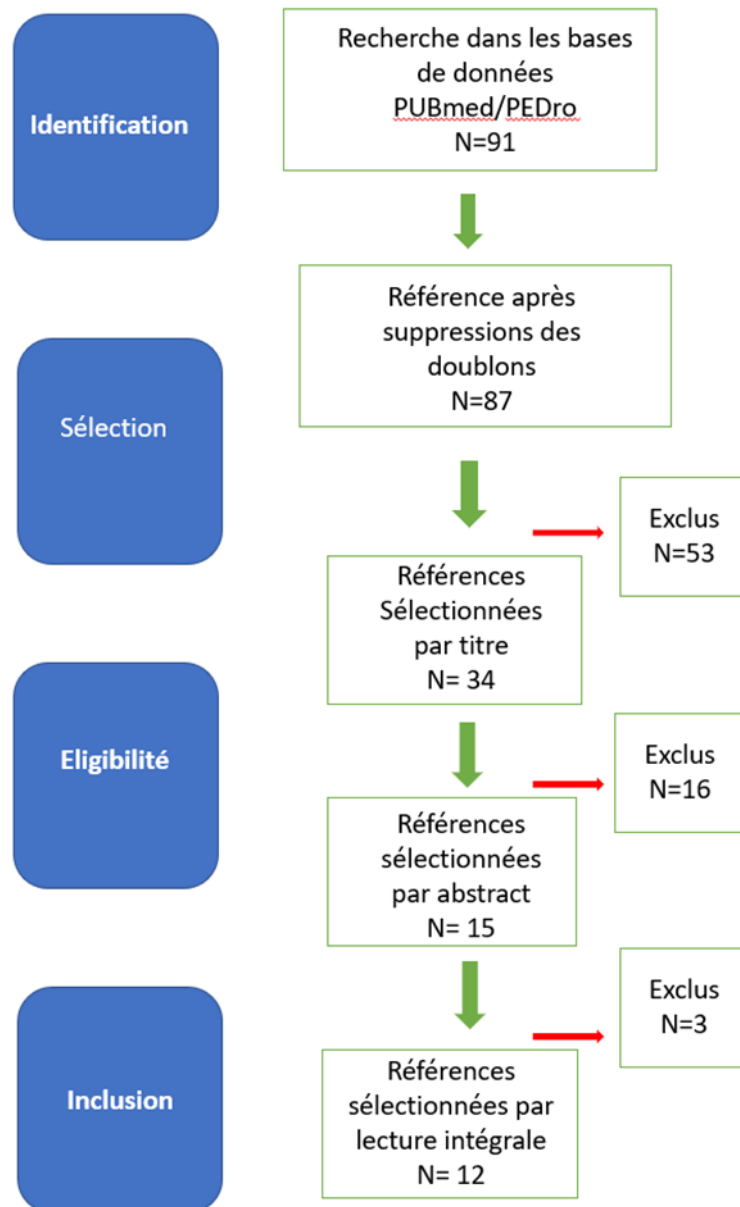


## 4 Résultats

### 4.1 Description des études

#### 4.1.1 Diagramme de flux et synthèse des études incluses

Le diagramme des flux permet de mettre en évidence les toutes premières étapes ainsi les premiers résultats. Il retrace mon cheminement dans ma recherche et ma sélection bibliographique.



L'ensemble des études exclues après la suppression des doublons a pu être intégré en tant que littérature grise.

Articles	Population	Intervention	Groupe Contrôle	Mesure des résultats Outils	Durée de l'intervention
<b>Chang &amp; Al, 2012 (19)</b>	Fasciite plantaire ( n = 8 )	Usage de l'IRM pour déterminer le volume musculaire.	Individu Sain ( n = 8 )	Revised foot function IRM associé à une logiciel	2H en tout
<b>Feger &amp; Al, 2016 (20)</b>	Instabilité de cheville ( n = 5 )	Usage de l'IRM, pour déterminer le volume musculaire	Individu sain ( n = 5 )	IRM FAAM IdFAI	Echauffement et 3 contractions maximal de 5 sec avec 15 secondes de repos
<b>McKeon &amp; Al, 2014 (7)</b>	Ensemble de la population	Foot Core	Ensemble de la population		Quotidien
<b>Fraser, Hertel 2017 (3)</b>	( n = 24 )	Short Foot Exercise	( n = 24 )	FAAM, IdFAI, VR-12, T-11	4 semaines Tous les jours
<b>Kamonseki &amp; Al, 2016 (28)</b>	Fasciite plantaire ( n = 83 )	Etirement seul (n1) Etirement+ renforcement des intrinsèques (n2) Etirement+ renforcement des muscles de la hanche (n3)	(n1 =28) (n2 =28) (n3 =27)	EVA FAOS SEBT	30 sec par série 3 séries de 15 rep, 3 fois tenue 1 min, 3 séries de 10rep 3 séries de 10rep
<b>Kelly &amp; Al, 2012 (2)</b>	( n = 10 )	Renforcement des intrinsèques	( n = 10 )	EMG	120 sec en position orthostatique 60 sec sur une jambe 3 fois
<b>Kelly &amp; Al, 2014 (5)</b>	( n = 9 )	Mise en charge des intrinsèques		EMG	Augmentation progressive des charges, 5sec Electricité à forte intensité, 3 contractions toutes les 15 sec)
<b>Kelly &amp; Al, 2014 (4)</b>	( n = 9 )	Marche et course		EMG et Balance	15 a 20 cycles de marches
<b>Kim &amp; Al, 2016 (16)</b>	( n = 14 )	Short foot exercise (N1) Semelles orthopédiques (N2)	( N1= 7 ) (N2=7)	Navicular Drop test	Maintien 15 sec 30min/j, 3/sem pendant 5 semaines
<b>Mulligan &amp; Cook, 2013 (27)</b>	( n = 21 )	Renforcement des muscles intrinsèques du pied		Navicular Drop Test Test de la musculature des intrinsèques	1h d'entraînement 3min par jour pendant 4 semaines, 30rep
<b>Latey &amp; Al, 2014 (6)</b>					Revue systématique, haute qualité
<b>McKeon et Fourchet, 2015 (12)</b>					Article scientifique

### 4.1.2 Etudes non incluses

Voici un tableau récapitulatif de l'ensemble des études non incluses après lecture intégrale des articles ainsi que les raisons de cette exclusion.

Etudes	Raison d'exclusions
<b>Johnson &amp; Al (23)</b>	- Population centrée sur des coureurs - Résultats peu concluants
<b>Moon &amp; Al (17)</b>	- Etudes limitée - Centré sur des coureurs
<b>Ridge &amp; Al (29)</b>	- Populations centrées uniquement sur des coureurs.

### 4.1.3 Etudes incluses

Concernant ma revue, j'ai sélectionné 12 articles, différents en termes de types d'études mais centrés sur les intrinsèques du pied. Ci-dessous, les descriptions de chacun des articles, c'est-à-dire sa méthodologie, sa population, les interventions réalisées et les résultats obtenus.

Elles sont classées par ordre alphabétique :

#### **Use of MRI for volume of tibialis posterior and plantar intrinsic foot muscles in healthy and chronic plantar fasciitis limbs. Chang & Al.,2012 (19)**

#### **L'usage de l'IRM pour déterminer le volume du tibial postérieur et des muscles intrinsèques du pied dans un membre sain et un membre atteint d'une fasciite plantaire chronique.**

Il s'agit d'une étude étiologique, car l'auteur souhaitait mettre en évidence un facteur de risque dans l'apparition d'une pathologie, la fasciite plantaire. Pour lui, une faiblesse des intrinsèques et/ou du tibial post peuvent expliquer l'apparition de cette pathologie.

Les personnes ont été recrutées grâce à des flyers distribués dans la rue via des vendeurs de chaussures de sport et par des cliniques médicales, et également par la presse universitaire et médiatique.

Les individus qui ont été recrutés avaient entre 30 et 60ans avec une fasciite plantaire chronique unilatérale et ont été **inclus uniquement** :

- Ceux ayant une douleur au talon constante
- Des douleurs sévères au talon au moins 5 fois par semaine.
- Douleurs à la palpation du talon.

Les participants ont également été scannés à l'IRM et ont été gardés uniquement ceux qui ont répondu non à toutes les questions du « Physical activity readiness » (Voire annexe) et ayant donné leurs consentements informés.

Les critères d'**exclusions** sont :

- Toute personne symptomatique depuis moins de 3 mois
- Injection locale de stéroïde dans les 2 derniers mois
- Arthrose dans les membres inférieurs
- Problèmes systémiques et/ou cardio-vasculaire
- Blessure ou trauma locaux
- Désordre neurologique, trouble neurologique
- Myopathie
- Infections locales et tumeurs
- Grossesse
- IMC supérieur à 35kg.m<sup>-2</sup>

Au total, 8 individus ont été inclus, 7 femmes et 1 homme avec une fasciite plantaire depuis 3 ans en moyenne. La moyenne d'âge est de 44,9ans, mesurant en moyenne 165,1cm, pesant 75,6kg. Ils ont été évalués sur leur niveau de déficience fonctionnelle grâce à l'Indice révisé de la fonction du pied (Revised foot function index). Le nombre de personnes dans le groupe sain a été ajusté en fonction du groupe atteint.

Les deux groupes ont effectué un examen complet grâce à l'IRM, tous dans la même position (sur le dos, cheville à 45° de flexion plantaire, membre inférieur stabilisé sans déformation des tissus mous, image frontale, sagittale et transversale, 25min pour chaque pied). L'examen pour les jambes s'est déroulé suivant le même protocole et a duré 50min pour une jambe.

L'examineur était en aveugle concernant l'ensemble des images acquises et a utilisé un logiciel de traitement d'images programmé par Matlab pour quantifier le diamètre des muscles. Il devait donc étudier le volume des muscles intrinsèques du pied et le volume du tibial postérieur, dans l'avant pied, l'arrière-pied et le pied entier.

Les résultats montrent une diminution du volume des muscles intrinsèques chez les personnes atteintes de Fasciite plantaire chronique par rapport au sujet sain, surtout dans l'avant pied et pas de différence significative entre les 2 groupes concernant le volume du tibial postérieur.

## **Diminished foot and ankle muscle volumes in young adult with chronic ankle instability**

*Feger & Al., 2016 (20)*

### **Diminution des muscles du pied et de la cheville chez des jeunes adultes ayant une instabilité chronique de la cheville.**

Il s'agit d'une étude de cohorte étiologique, regroupant 5 patients (1 homme et 4 femmes) avec une instabilité chronique de la cheville, la moyenne d'âge est de 23 ans, et un groupe sain avec la même moyenne d'âge et le même ratio Homme-Femme. Tous sont volontaires.

Les critères d'inclusion sont :

- Antécédent de pathologie plus importante qu'une simple entorse de cheville, avec des entorses remontant à plus de 1 an avant le début de l'étude.
- Des déficits fonctionnels causés par ce déficit de la cheville, reporté et quantifié par « The FAAM, Foot and Ankle ability measure sport scale » (voire annexe), avec un score inférieur à 75% et un score supérieur ou égale à 10 sur l'échelle d'identification de l'instabilité et de la fonctionnalité de la cheville (IdFAI) (voire annexe).
- Les sujets sains sont en tout point similaires aux sujets avec l'instabilité chronique de cheville.
- Tous les sujets sont actifs.

Les critères d'exclusion pour les 2 groupes sont :

- Chirurgie du membre inférieur
- Fracture ou trauma du membre inférieur
- Immobilisation du pied ou de la cheville de plus de 48h durant les 6 mois avant le début de l'étude ou tout autre condition pouvant entraver ou affecter la mesure du volume musculaire.
- Est aussi exclus les sujets ayant eu une entorse 6 semaines avant le début de l'étude.

Il s'agit donc d'une étude étiologique visant à comparer les volumes des muscles intrinsèques et extrinsèques du pied, les volumes des muscles de la cheville ainsi que leurs forces entre des sujets avec ou sans instabilité chronique de la cheville. Les variables indépendantes sont les groupes ; tandis que les variables dépendantes sont les tailles en rapport avec la masse normale du volume musculaire et la masse musculaire lors des mouvements de la cheville (flexion plantaire et dorsale, éversion et inversions). Un appareil IRM pour le foot et la cheville a été utilisé, faisant des images de la jambe jusqu'au bout du pied. Les 2 groupes ont subis le même protocole.

Les sujets ont rempli les questionnaires sur l'historique de santé générale, le Godin-Leisure-Time Physical activity questionnaire, le FAAM sur l'activité de la vie quotidienne ainsi que d'autres échelles sportives et l'IdFAI. Ils ont subi un échauffement protocolisé de 5min sur un tapis de marche, pour chaque position de test ils ont effectué des exercices à 50% et 75% d'effort maximal. 3 contractions volontaires maximales de 5 secondes avec 15 secondes de repos. Après que les 3 exercices pour chaque mouvement de la cheville eurent été réalisés, les exercices à 50% et 75% sont effectués pour chaque mouvement de l'autre cheville. Les auteurs ont utilisé un dynamomètre adapté à la cheville. Puis les chevilles ont été positionnées, en décubitus dorsal, de tel sorte à obtenir 20 images des condyles au calcaneus et 20 images du calcaneus aux orteils.

Les résultats ont été rassemblés, comparés à une base de données. Les examinateurs étaient en aveugles.

Il a été observé : un large déficit du volume musculaire des intrinsèques et des extrinsèques du pied et des muscles de la cheville chez mes patients présentant une instabilité chronique de la cheville par rapport à une groupe sain et équivalent en tout point.

## **The foot core system : A new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function**

*Mckeon & Al.,2014 (7)*

### **Le système de stabilité du centre du pied : un nouveau paradigme pour comprendre la fonction des muscles intrinsèques du pied.**

Il s'agit d'une revue publiée dans le British Journal of Sports Medicine en 2014. Les auteurs se sont appuyés sur de multiples ressources, références et connaissances pour écrire une revue sur l'importance des muscles intrinsèques du pied et l'intérêt de porter un intérêt sur le foot core system.

Ils ont commencé par montrer le lien entre le Core Stability et le pied. Les concepts applicables pour le caisson abdominal et le pelvis le sont également pour les muscles intrinsèques du pied.

Ils souhaitent donc proposer un nouveau paradigme en décrivant l'évolution de l'arche durant la locomotion, détaillé les sous-systèmes du foot core, revoir les évaluations et les traitements en y intégrant les concepts du core stability et pour finir discuter sur les nouvelles ouvertures de la recherche.

Cette revue pose des bases dont je vais me servir pour continuer mes recherches.

Les auteurs ont souhaité attirer notre attention sur l'intérêt du foot core, faire en sorte de relever notre arche médiale pour augmenter la fonction de notre pied. Ils ont apporté des preuves évidentes que le foot core est une réponse à notre nouveau mode vie et qu'un pied fort est un pied sain.

Ma revue portera sur le foot core mais aussi sur l'augmentation de pathologies en corrélation avec une faiblesse de notre arche médiale du pied.

**Effect of a 4 week intrinsic foot muscle exercise program on motor function : A preliminary randomized control trial.**

*John J. Fraser and Jay Hertel, 2017 (3)*

**Les effets d'un programme d'un mois d'exercices ciblés sur les muscles intrinsèques du pied sur les fonctions motrices : Un essai clinique randomisé préliminaire.**

Il s'agit d'un essai clinique contrôlé randomisé réalisé en double aveugle dans un laboratoire en Virginie et faisant partie d'un essai clinique plus large encore qui inclu les mêmes participants et réalisé par les mêmes auteurs. Il regroupe ici 24 participants, recrutés parmi un large public issu de la communauté universitaire, entre 18 et 50 ans, en bonne santé, actif sans antécédents de blessures au pieds ou a la cheville, n'ayant jamais réalisé d'exercices, centrés, sur les muscles intrinsèques du pieds.

12 Hommes et 12 femmes, entre 21 et 24 ans, IMC de 23,5Kg/m<sup>2</sup> en moyenne.

Ils ont été répartis aléatoirement en 2 groupes.

On a donc une étude parallèle réalisée en double aveugle où les variables indépendantes sont :

- Un groupe intervention (50% des participants) et un groupe contrôle ( 50% des participants) répartis de manière aléatoire.
- Le temps (pré-et post-traitement)
- Les exercices pour les intrinsèques (l'étalement des orteils (creusement de l'arche), l'extension du pouce, Extension du 5<sup>ème</sup> orteils)
- Les résultats des mesures (difficultés des taches, résultats cliniques des performances motrices, imagerie d'ultrasons pour les activations des muscles du pied.

Critère d'inclusion :

- Entre 18 et 50 ans, en bonne santé, actif sans antécédents de blessures au pied ou a la cheville, n'ayant jamais réalisé d'exercices, centrés, sur les muscles intrinsèques du pieds.

Critère d'exclusion :

- Antécédents, quels qu'ils soient, d'entorses de chevilles ou blessures au pied.
- Fracture du pied ou de la cheville
- Problème d'équilibre
- Diabète, grossesse
- Radiculopathies lombo-sacrées
- Une affection des tissus mous comme les syndromes de Marfan ou Ehlers-Danlos.
- Une contrindication absolue à la thérapie manuelle.

Les patients inclus ont bénéficié et signé un consentement éclairé. Ils ont remplis les échelles suivantes et leurs poids, leurs tailles, ainsi que la posture de leurs pieds ont été mesurés :

- FAAM activities of daily living et Sport subscales
- IdFAI
- Veterans Rand 12-items
- Health survey
- 11-Items tampa
- Godin-Leisure-time Exercice questionnaire.



Tous les participants ont été instruits verbalement, visuellement et guidé pour chacun des exercices, réalisés ensuite au maximum de leurs forces et de leurs capacités. Les participants ont été évalués sur les performances motrices (Berard scale), les difficultés perçues via la perception des participants et une échelle, et via les images des ultrasons (les patients étaient dès lors étendus sur le dos, les jambes en crochet, l'ultrason réglé et protocolisé à 55dB, 16hz, 3,5 cm de profondeur et standardisé pour les structures analysées (ici le pied et ses caractéristiques).

L'ensemble des attributions ont été faite en aveugles, les participants étaient entre les mains d'un professionnel certifié et entraîné. Le groupe contrôle n'a pas reçu de traitement et n'a pas modifié leur train de vie.

Le groupe intervention a été instruits pour chaque exercices :

- Exercice de pied court, rehaussement de l'arche médiale du pied, inclus en tant qu'exercice du quotidien
- L'étalement des orteils, extensions de tous les orteils, suivit de l'abduction du Pouce et du 5<sup>ème</sup> orteil.
- L'extension du pouce, les orteils collés au sol.
- Extension du 5<sup>ème</sup> orteil, les orteils et le pouce collés au sol.

Chaque exercice devait être réalisé tous les jours, sur une série normale. (Le nombre de répétitions dans la série n'est pas donné) et toutes les semaines les groupes interventions revenaient au laboratoire pour analyses, revoir et faire progresser si besoin les exercices, s'ils étaient correctement réalisés. Sur 1 mois.

Il y a un participant du groupe intervention qui a quitté l'étude pour cause médicale.

Les résultats montrent :

- Augmentation de la performance motrice
- Diminution de la difficulté de réalisation
- Pas de changement dans l'activation, ceux qui montraient qu'ils s'activent naturellement lors de la stabilisation du pied.

**Effect of stretching with and without muscle strengthening exercises for the foot and hip in patients with plantar fasciitis : A randomized controlled single blind clinical trial.**

*Kamonseki & Al, 2016 (28)*

**Les effets des étirements avec ou sans renforcement des muscles du pied et de la hanche chez les patients avec une fasciite plantaire : Un essai clinique randomisé, en simple aveugle.**

Il s'agit d'un essai clinique contrôlé randomisé ayant pour but de comparer les effets des étirements et du renforcement du pied et de la hanche avec des étirements seuls.

Les critères d'inclusion sont :

- Avoir entre 20 et 60ans, douleurs sur la face plantaire du talon ou de la portion intermédiaire de l'aponévrose plantaire avec
  - o Douleurs à la palpation
  - o Douleur insidieuse
  - o Douleurs accentuées en position orthostatique maintenue et/ou au repos, comme après les premiers pas au réveil.
  - o Une douleur diminuant après une activité légère.

Les critères d'exclusion sont :

- Antécédents de chirurgie ou de trauma du membre
- Fibromyalgie
- Affections neurologiques
- Tendinopathie achilléenne
- Metatarsalgie, syndrome du tunnel tarsien ou Syndrome du coussinet talonnier
- Entorse de cheville
- Renforcement ou intervention physiothérapique durant les 6 derniers mois
- IMC supérieur à 35Kg/m<sup>2</sup>
- Traitement médicamenteux.

365 personnes ont été recrutées, 282 ont été exclues à partir des critères d'éligibilité :

- 171 ne correspondaient pas à l'âge requis (entre 20 et 60ans)
- 17 avaient des symptômes datant de moins de 30 jours
- 20 ont refusé de participer
- 6 avaient un IMC supérieur à 35Kg/m<sup>2</sup>
- 7 prenaient un traitement médical
- 61 avaient une maladie associée pouvant prédisposer l'individu à avoir des douleurs au talon, un alignement altéré ou un trouble de la sensibilité ou un souci de cicatrisation.

83 patients ont donc été assignés aléatoirement et en aveugle dans les 3 groupes. Ils ont tous donné leurs consentements éclairés. Une base de données rassemblant les informations physiques et les données des pieds ont été rassemblées.

3 groupes ayant en commun :

- Étirement des fléchisseurs plantaires
- Étirement du triceps sural, gastrocnémiens et soléaire.
- Étirement du fascia plantaire
- Suivi dans une clinique par un physiothérapeute, toutes les semaines.
- Correction et ajustement.

Le premier groupe est le groupe avec étirements seuls, décrits juste au dessus. Les étirements sont maintenus 30 sec par série.

Le second groupe est le celui avec étirement plus renforcement des intrinsèques :

- 3 séries de 15 répétitions d'une griffe plantaire (serviette lesté et ajusté)
- Exercice du pied court (rehaussement de l'arche médiale, 3 fois 1min)
- Avec une bande élastique, inverseurs, éverseurs, flexion dorsale et plantaire, avec un plateau incliné pour ce dernier (3 séries de 10 répétitions).

Pour le troisième groupe, on rajoute des exercices pour la hanche :

- Abducteurs avec élastiques
  - Rotateurs latéraux selon 3 types.
- Le tout avec 3 séries de 10 répétitions pour chaque exercice.

Pour les mesures :

- Echelles visuel analogique de 0 à 10
- The foot and ankle outcome score (FAOS)
- Star excursion balance test pour l'équilibre.

Les résultats montrent une amélioration de symptômes sans pouvoir départager les trois techniques, mais les auteurs semblent s'accorder sur le fait que le renforcement des intrinsèques seraient un facteur protecteur.

## **Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand**

*Kelly & Al, 2012 (2)*

### **Recrutement des muscles intrinsèques du pied avec l'augmentation des demandes posturales.**

Le but de cette étude est de déterminer s'il y a une différence entre les modèles d'activation des muscles intrinsèques du pied pendant 2 tâches en position orthostatique. L'hypothèse est que lors d'une augmentation des demandes posturales, les muscles intrinsèques répondent en conséquence.

Il s'agit d'une étude cohorte, regroupant 10 hommes (en moyenne : 33ans, 76kg, 181cm) en bonne santé ne présentant pas d'antécédents de désordre neurologique, ni de blessure du membre inférieur dans les 6 mois précédant l'étude. Ils sont tous volontaires et ont donné leurs consentements éclairés, et ils ont été informés des caractères de cette étude.

Ils devront effectuer 2 tâches :

- Tenir en position orthostatique, 120 secondes, 1 fois.
- Tenir sur une jambe, 60 secondes, 3 fois.

Ces tâches seront effectuées sur une plateforme d'équilibre couplé à un logiciel de mesure. Les pieds sont à l'écart du bassin, les empreintes sont standardisées et protocolisées. En position sur un pied, celui-ci est au milieu de la plateforme sur une empreinte protocolisée.

Une aiguille d'acupuncture est utilisée pour cibler chaque muscle du pied testés. On utilise un électromyogramme pour analyser l'activation musculaire.

Les résultats montrent :

- Une activation et un recrutement majeure des muscles intrinsèques du pied lors d'une augmentation de la demande posturale.
- Lors d'un déséquilibre où le pied tangué et cherche à s'équilibrer, on observe un haut taux d'activation et de coordination musculaire de ces intrinsèques.

## **Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch**

*Kelly & Al, 2014 (5)*

### **Les muscles intrinsèques du pied ont la capacité de contrôler la déformation de l'arche longitudinale.**

Cet article examine la potentielle contribution des muscles intrinsèques du pied dans la biomécanique de la déformation de l'arche médiale du pied et dans son retour.

Les auteurs testent l'hypothèse selon laquelle l'activation des muscles plantaires tels que l'abducteur du pouce, les fléchisseurs plantaires et le carré plantaire est corrélée avec l'étirement musculaire en réponse avec une charge extérieure sur le pied et si cette activation de ces muscles génère suffisamment de force pour contrer cette déformation de l'arche.

Il s'agit d'une étude de cohorte regroupant 9 hommes en bonne santé (en moyenne 34 ans, 179cm, 86kg), sans antécédents de désordres neuromusculaires ni de blessures des membres inférieurs dans les 6 mois précédant l'étude. L'ensemble des participants a été informé et a donné son consentement éclairé. 2 expérimentations avec des équipements similaires ont été réalisés sur le groupe de participants pendant l'unique session.

*Expérimentation 1* : Le but est d'étudier la relation entre l'augmentation de charge sur le pied, la déformation du pied et l'activation des muscles intrinsèques.

Le sujet est assis, un outil d'augmentation des charges positionnées sur la cuisse juste au dessus du genou dans l'axe tibial. Les charges augmentent par palier de 25%, allant de 0% du poids du corps, à 150% de celui-ci. 5 secondes de mise en charge par palier.

Le sujet n'oppose pas de résistance aux vacillements, une plateforme de mesure est placée sous le pied et un appareil d'analyse (EMG intramusculaire) sont en place.

*Expérimentation 2* : Même appareillage, si ce n'est que les charges varient entre 50% et 100% du poids du corps. On rajoute une stimulation électrique individuelle de chaque muscle (3 contractions séparés de 15secondes, pour chaque muscle). L'essai est complet pour chacun des muscles testés lorsqu'ils sont passé sous les 2 charges, de manière aléatoire.

Une modélisation 3D est réalisé grâce à la plateforme et à de multiples capteurs.

Les résultats montrent pour :

- Expérimentations 1 : L'activation des muscles augmentent avec la charge en réponse a l'étirement provoqué par l'étirement et la déformation. Les intrinsèques répondent à la mise en charge et à l'augmentation des contraintes.
- Expérimentations 2 : l'électricité provoque les contractions individuelles de chacun des muscles, atténuant ou renversant la déformation de l'arche longitudinale. Cela démontre la capacité de cette arche à se déformer mais surtout à pouvoir à répondre à des charges, à redonner une force élastique, une force de propulsion et à restaurer l'énergie emmagasinée. Il s'agit d'un système de type ressort.

## **Active regulation of longitudinal arch compression and recoil during walking and running**

*Kelly & Al, 2014 (4)*

### **Régulation active de l'arche longitudinale durant les compressions et retour élastique durant la marche et la course.**

Cette étude a été rédigé par le même auteur et fait suite à la précédente. On garde la même population et le même protocole d'inclusion et d'exclusion, de consentement.

L'expérimentation se déroule ainsi :

- Exercice de marche à 1,25 m/sec, puis course à 2,78m/sec et ensuite à 3,89m/sec, et ce sur un tapis de marche instrumenté.
- Ils ont une adaptation d'une minute avant le début de l'essai. Les mouvements, la vitesse et les données musculaires sont enregistrés. Une série de 15 à 20 cycles de marche sera effectué.

Les données seront capturées par un système de modélisation 3D (capteurs, tapis avec plateformes intégrée), et aussi par une caméra 3D centrée sur 200hz.

Les informations captées par l'EMG sont intégrées simultanément avec les autres données. L'appareil à ultrasons sur le pied droit de chaque sujet, centré sur l'abducteur du 1, le fléchisseur des orteils et le carré plantaire.

Les résultats montrent que les muscles absorbent les contraintes, renforcent l'arche et redistribuent les forces lors de la marche et de la course. Ils agissent comme un conducteur de force entre le corps et le sol durant la locomotion.

## **The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamics balance of flexible flatfoot patient.**

*Kim & Al, 2016 (16)*

### **Les effets de l'exercice du pied court et d'une semelle de support de l'arche sur l'amélioration de l'arche médiale du pied et l'équilibre des patients avec un pied plat flexible.**

Le but de cette étude est de comparer l'application de l'exercice du pied court par rapport à l'application de semelle de support pour l'arche médiale du pied et de comparer les résultats sur l'équilibre et la posture du pied.

Il s'agit d'une étude de cohorte, regroupant 14 étudiants entre 21 et 26ans sélectionnés au hasard parmi l'ensemble des étudiants. Avant la sélection, chaque étudiant souhaitant participer à l'étude a été informé de tous les détails et a donné leur consentement éclairé.

La population :

- 10 hommes et 4 femmes, moyenne d'âge de 24ans, taille moyenne 169cm, poids moyen 64kgs. Ils ont été répartis aléatoirement dans 2 groupes, le groupe short foot exercise et le groupe insole.
- Les participants ont été sélectionnés lorsqu'ils présentaient un pied plat flexible avec une différence de 10cm ou plus au Navicular Drop Test (voir annexe) au niveau de la tubérosité naviculaire.
- Ceux qui réussissaient les exercices du membre inférieur séparément ou avait des hypoesthésies, fracture, luxation, trouble de la peau ou maladie cardio vasculaires étaient exclus.
- L'ensemble des participants ont un pied droit dominant.

Chaque participant du groupe Short foot exercise ont eu un topo sur les exercices à réaliser:

Assis sur une chaise, hanche et genou fléchit, dos droit, cheville à 90°, une serviette en papier sous le pied. Tirez la tête du premier métatarsien vers le talon sans fléchir les orteils et il faut tenir la position 20 secondes. Ils doivent ensuite creuser l'arche, maintenir la position 10sec, avec 5 secondes de pause. 30min par jour, 3 fois par semaine et sur 5 semaines.

Pour le second groupe, on place une semelle pour supporter l'arche médiale. La semelle est moulée et adaptée pour chaque sujet. Elle doit être portée à la marche et à la course sur terrain plat, 30min par jour, 3 fois par semaine sur 5 semaines.

Le test d'équilibre est d'effectué sur une balance spécial. Les tests se sont effectués pieds nus. Ils sont protocolisés et standardisés.

Les résultats montrent :

- Diminution des scores au navicular drop test pour le groupe short foot exercise, cela montre une stabilisation du pied.
- Diminution des pertes d'équilibre pour le groupe short foot exercise, pas de changement pour l'autre groupe.

Pour améliorer l'équilibre et l'arche médiale du pied sur un pied plat flexible, il apparait que réaliser des exercices centrés sur le pied est plus efficace que d'appliquer des semelles.

## **Relationships between intrinsic foot muscle weakness and pain : a systematic review**

**Latey & Al, 2014 (6)**

### **La relation entre faiblesse des muscles intrinsèques du pied et la douleur.**

Il s'agit d'une revue systématique regroupant 7 études évaluant la faiblesse des intrinsèques et l'apparition de douleur du pied et dont la qualité méthodologique moyenne (Moyenne réalisée grâce à l'ensemble des évaluations de la qualité méthodologiques des études incluses) est de 80% en moyenne. Cela signifie que cette revue inclut des articles de qualités.

Ils mettent en avant un lien significatif entre les douleurs du pieds et la faiblesse des intrinsèques.

## **Freeing The foot : Integrating the foot core system into rehabilitation for lower extremity injuries**

*Mckeon & Fouchet, 2015 (12)*

### **Libération du pied : L'intégration du foot core system dans la réhabilitation des blessures du membre inférieur.**

Il s'agit d'un article de revue paru en 2015, reprenant les fonctions et les contributions des muscles intrinsèques du pied, les conséquences d'une dysfonction et d'une fatigabilité anormale, l'intérêt de les travailler et comment nous pouvons le faire. Les auteurs développent également les caractéristiques et les qualités des muscles intrinsèques du pied.

Ils abordent l'entraînement point par point de ces muscles, en commençant par trouver la position subtalaire neutre ainsi que l'intégration du foot core training au quotidien et lors des activités dynamiques.

Ils en arrivent à la conclusion que les blessures des membres inférieurs peuvent provenir d'une faiblesse et d'une perte de contrôle des muscles intrinsèques du pied.



## **Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function**

*Mulligan & Cook, 2013 (27)*

### **Les effets d'un renforcement des muscles intrinsèques sur la morphologie et la fonction dynamique l'arche médiale du pied.**

Il s'agit d'une étude de cohorte regroupant 21 sujets (3 hommes et 18 femmes, en moyenne 26ans, taille moyenne 168cm, poids moyen 69kg), sains et volontaires. Ils ont tous été informés et ont donné leur consentement éclairé pour participer à cette étude.

La variable indépendante est le programme de 4 semaines de renforcement des muscles intrinsèques du pied. Les variables dépendantes sont le drop naviculaire, changement dans la hauteur de l'arche, performance des intrinsèques et les performances dans le Star Excursion Balance Test mesurés lors de la prise de donnée, à 4 semaines (fin du programme) et à 8 semaines (suivie).

Les critères d'exclusion :

- Aucun signe de douleur au niveau du pied
- Pas d'antécédent de syndrome fémoro-patellaires, ni de fasciite plantaire ou de dysfonction des muscles tibiaux
- Pas de maladie neurologique ou cardio-vasculaire

Le tout dans les 6 mois précédant l'étude et aucun des sujets n'a déjà eu affaire aux techniques de renforcement des muscles intrinsèques du pied. Les examinateurs sont en aveugles et tous les sujets sont assis sur des chaises surélevées avec les hanches et les genoux à 90° de flexion. L'examineur va mesurer la position de la tubérosité du naviculaire, sa hauteur, ainsi que celle de l'arche, la longueur du pied (du point le plus postérieur au bout du plus long orteils), la hauteur du dos du pied. L'ensemble de ces mesures est effectué sur chaque pied de chaque sujet. Les sujets vont ensuite se placer en position subtalaire neutre, 90% du poids sur un pied (position d'équilibre) et toutes les mesures sont de nouveau effectuées.

L'habileté des sujets de contrôler fonctionnellement la position du naviculaire et à utiliser leurs muscles intrinsèques a été évaluée par le test de la musculature intrinsèque du pied (IFMT).

Il a été demandé aux sujets de se mettre sur un pied, d'imaginer que celui-ci doit agripper le sol, pouvant également toucher le mur en cas de sensation de chute. Ils devaient rester immobile le plus longtemps possible, sans rotation du membre inférieur et ce pendant 30sec.

Puis après que l'ensemble des mesures eurent été effectuées, les sujets ont commencé le programme de renforcement :

- 1 heure de session d'entraînement pour ne pas avoir de compensation via les intrinsèques.
- 3 min par jours pendant 4 semaines d'exercices sensori-moteur. Chaque répétition est tenue 5 secondes avec 30 répétitions.
- Progression des exercices jusqu'à la position sur un pied.

Les résultats montrent que les exercices quotidiens apportent une amélioration des fonctions motrices, des performances, une amélioration de l'équilibres et une diminution du drop naviculaire.

## 4.2 Risque de biais des études incluses

Ci-dessous des tableaux synthétisant l'analyse de la validité interne de chacune des études incluses dans cette revue.

Cette validité interne s'appuie sur les critères de l'échelle PEDro :

- **Fraser & Al**, (3),
- **Kamonseki & Al**, (28),

Articles	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Total
Fraser & Al	X	X	X	X			X	X	X	X	X	8
Kamonseki & Al	X	X	X	X			X	X	X	X	X	8

Sur les critères de la Newcastle Ottawa scale :

- **Chang & Al** (19),
- **Feger & Al** (20),
- **Kelly & Al**, (2,4,5),
- **Kim & Al** (16),
- **Mulligan & Al** (27)

La **Newcastle Ottawa Scale** permet d'évaluer un article en lui attribuant des étoiles : si la méthodologie de sélection est bien réalisée, celle de comparaison également et que les résultats soient qualitatifs. L'article sera de :

**Bonne Qualité** : 3 ou 4 étoiles dans le domaine de la sélection ainsi que 1 ou 2 étoiles dans le domaine comparatif ainsi que 2 ou 3 étoiles dans le domaine des résultats.

**Qualité Juste** : 2 étoiles dans le domaine de la sélection ainsi que 1 à 2 étoiles dans le domaine comparatif ainsi que 2 ou 3 étoiles dans le domaine des résultats.

**Pauvre qualité** : 0 ou 1 étoile dans le domaine de sélection ou 0 étoile dans le domaine comparatif ou 0 ou 1 étoiles dans le domaine des résultats.

<b>Articles</b>	<b>Sélection</b>	<b>Comparaison</b>	<b>Outcome</b>
<b>Chang &amp; Al</b>	4 étoiles	2 étoiles	3 étoiles
<b>Feger &amp; Al</b>	3 étoiles	2 étoiles	3 étoiles
<b>Kelly &amp; Al</b>	4 étoiles	2 étoiles	3 étoiles
<b>Kelly &amp; Al</b>	4 étoiles	2 étoiles	3 étoiles
<b>Kelly &amp; Al</b>	4 étoiles	2 étoiles	3 étoiles
<b>Kim &amp; Al</b>	2 étoiles	2 étoiles	3 étoiles
<b>Mulligan &amp; Al</b>	4 étoiles	2 étoiles	3 étoiles

- et sur les critères de l'échelle AMSTAR pour la revue systématique de **Latey & Al** (6)  
La grille AMSTAR permet d'évaluer la qualité méthodologique d'une revue systématique.

<b>Revue systématique</b>	<b>Evaluation méthodologique</b>
<b>Latey &amp; Al</b>	13/16 points

Il faut savoir qu'un biais se définit comme une démarche ou un procédé pouvant engendrer une erreur dans les résultats obtenus. On peut retrouver des biais dans la sélection, l'évaluation, dans le suivi, dans l'attrition et des biais de confusion. En annexe, on retrouvera la définition de chacun des biais.

## 5 Discussion

---

### 5.1 Analyse des principaux résultats

Que pouvons nous tirer de cette revue ? Que nous apporte-t-elle ? C'est à ces questions que je souhaite répondre dans cette partie. La discussion s'ouvrira sur l'apport du foot-core en rééducation et ses bienfaits thérapeutiques, sur l'apport d'une musculature intrinsèque efficace sur le plan biomécanique et enfin ce que cela nous apporte sur notre qualité de vie et sur le plan social. Nous compléterons ainsi le tableau de prise en charge d'un patient, entité bio-psycho-social.

#### 5.1.1 Apport sur le plan thérapeutique et rééducatif

Le foot-core est un ensemble de techniques rééducatives centrées sur le pied. Nous pouvons nous en servir en amont, en prévention par une sensibilisation des personnes, des sportifs et des non-sportifs. Mais c'est aussi en aval que le foot-core fait ses preuves. Nous avons vu au travers des nos différents articles qu'un travail des muscles intrinsèques du pied apportaient de nombreux atouts.

En effet nous avons vu à de nombreuses reprises que les intrinsèques du pied intervenaient dans la protection de notre organisme, qu'ils permettaient ainsi de réduire l'impact de certaines pathologies, et à contrario une faiblesse de ceux-ci entraînerait de nombreux troubles :

Feger, au travers de son étude a montré qu'une instabilité chronique de cheville pouvait être reliée à une faiblesse des intrinsèques. Il a démontré qu'une atrophie des intrinsèques et des extrinsèques été présentes chez les patients souffrant d'instabilité chronique de la cheville et mais que chez ces patients, 90% présentaient une faiblesse des intrinsèques supérieure a la faiblesse des extrinsèques. Autrement dit, la majorité des muscles déficitaires se retrouve au niveau du pied. Cela montre une chose : les intrinsèques offrent une protection qui lorsqu'elle n'existe plus favorise l'apparition d'une instabilité lorsque les extrinsèques sont eux même en difficulté.(20)

Kamonesecki, lors dans son étude a montré que le renforcement des intrinsèques du pieds en cas de fasciite plantaire apportait une amélioration au même titre que les étirements. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les 3 groupes, mais il y a amélioration des scores de douleurs et des invalidités causées par la fasciite plantaire. L'amélioration est donc retrouvée dans tous les groupes, en regard de la douleur, de l'activité et dans la vie de tous les jours ( $p < 0,01$ ). (28)

Les étirements centrés sur le pied, les mobilisations des articulations plantaires, le renforcement des intrinsèques sont des techniques faisant partie intégrante du foot core (7,12), il apparait donc évident qu'il joue un rôle dans le traitement des fasciites plantaires.

Dans sa revue systématique, Latey démontre qu'il existe une corrélation entre faiblesse des intrinsèques et douleurs. Les patients présentant des douleurs au niveau du pied liées à des pathologies ou non (Fasciite Plantaires, entorse de cheville, métatarsalgie, bursite plantaire, déchirure de la plaque plantaire...), tous avaient un point commun : Une faiblesse des intrinsèques du pied, un déficit de la flexion des orteils et une douleur liée à cette faiblesse. (6)

Fraser a montré dans son étude qu'un programme d'entraînement des intrinsèques du pied sur 1 mois augmente de manière significative la fonction motrice du pied. En effet les sujets ont développé des aptitudes dans le contrôle de leurs pieds, dans la réalisation d'exercices spécifiques du foot core et dans la difficulté perçue pour les réaliser. En moyenne on remarque une augmentation de 14 points ( $p=0,06$ ). (3)

Et selon la revue publiée par McKeon et Fourchet, l'augmentation de la fonction motrice du pied entraîne une diminution importante de la prévalence des pathologies de surutilisations du membre inférieur. (12)

De son côté, Kim nous a montré les effets des exercices du pied court sur l'amélioration de l'arche médiale du pied et sur l'équilibre d'un sujet avec des pieds plats souples et compare ceci à l'utilisation de semelles de support de l'arche médiale. Les résultats sont sans appel, pour améliorer un pied plate souple, les exercices de pied court sont efficaces. En mesurant le drop naviculaire en début et fin d'études, l'auteur a pu constater que celui-ci est passé de 11,4 (+/- 1,6) mm à 7,7 (+/- 1,1) mm, alors que la semelle orthopédique n'apporte que peu de correction (12mm à 10mm), seulement un support efficace. Les deux techniques augmentent l'équilibre du sujet avec une efficacité plus marquée chez les sujets pratiquant les exercices de pieds courts. De 74% à 82% pour le groupe d'exercice du pied court, et 72% à 74% pour le groupe semelle. (16)

(Navicular Drop > 10mm), est le signe d'un affaissement de l'arche médiale du pied. (Neutral Foot, 6mm < Navicular drop < 9mm).

Dans un même contexte, Mulligan a démontré également que les exercices du pied court diminuent le drop naviculaire et augmentent de manière significative l'arche médiale du pied. Mais il a démontré également que le travail des intrinsèques du pied augmentait les fonctions dynamiques du pied et les performances lors des activités de la vie quotidienne et l'équilibre unipodale. Le drop naviculaire est passé de 12 à 10mm ( $p=0,04$ ), il y a eu une différence significative dans l'équilibre sur un pied chez les sujets ( $p<0,05$ ) ainsi qu'une amélioration dans le dynamisme et les fonctions motrices ( $p<0,05$ ).

Je souhaite à présent introduire quelques articles que je n'ai pas sélectionnés dans mon étude selon mes critères de sélection mais qui présente tout de même un intérêt certain pour étayer cette discussion. Lors de ma sélection, certains articles ont été exclus pour cause de population trop ciblée, mais dont les résultats sont tout de même intéressants.

En rééducation, Moon a démontré l'efficacité de l'exercice du pied court, base du foot-core, sur l'équilibre chez des coureurs présentant une pronation excessive du pied et un drop naviculaire important. En effet il a montré une amélioration de l'équilibre par augmentation de la surface d'équilibre dans tous les plans en comparaison avec la surface avant exercice ( $p<0,05$ ). (17)

Taddei a démontré qu'un protocole ciblé sur les exercices pour le pied augmente de manière efficace le volume et la force de propulsion des muscles intrinsèques des coureurs. Cela montre que la force des muscles intrinsèques est corrélée aux mécaniques de courses et aux performances de celles-ci. (30)

Ridge a montré que la marche avec des chaussures minimalistes (dont le drop est plus faible (<4mm), un avant pied plus large, une semelle plus souple, un poids léger) se rapprochant de la marche pieds nus améliore la qualité et la force des muscles du pied. Pendant 8 semaines, des sujets ont effectué une transition ; ils ont marché plusieurs fois par jours avec des chaussures minimalistes, augmentant progressivement la durée de port de celles-ci. Leurs muscles intrinsèques du pied se sont renforcés, leurs forces également. (29)

Ces résultats vont de pair avec ceux trouvés par Johnson, qui a effectué cette transition vers le minimalisme chez des coureurs. Il a montré une augmentation du volume des intrinsèques mais également une augmentation des œdèmes osseux, montrant bien la relation entre la faiblesse des muscles intrinsèques et les contraintes induites. (23)

Sur le plan thérapeutique, nous venons de voir l'intérêt du foot score, ses bienfaits. Ils sont nombreux : sur l'équilibre, la force, la fonction dynamique et motrice, la propulsion, les performances mais le plus important, les bienfaits sur la protection de l'organisme sur l'apparition de pathologie ascendante. Les muscles intrinsèques du pied sont directement impliqués dans cette protection.

### 5.1.2 Apport sur le plan biomécanique

Les muscles intrinsèques sont intimement liés au fonctionnement biomécanique du pied, aux capacités de notre organe plantaire et contribuent à sa morphologie. Ils sont les fondateurs de nos appuis, la base de notre stabilité, la propulsion et l'amorti lors des phases de marche, de course et même lors de notre statique. Notre mobilité optimale se joue avec la présence d'un pied fort, d'un pied stable, amortissant, propulsant, d'un pied capable de se déformer pour absorber et de reprendre sa forme restituant l'énergie emmagasinée lors de l'appui.

McKeon et Fourchet ont décrit avec précision la biomécanique du pied au travers de leurs revues. Découpant le pied en plusieurs structures imbriquées les unes avec les autres et en relation. On retrouve ainsi :

- Un système actif avec l'action des muscles intrinsèques et extrinsèques.
- Un système passif avec l'architecture du pied, le système d'arche, les fascias plantaires et les ligaments.
- Un système neural, avec les récepteurs proprioceptifs musculo-tendineux, ligamentaires et les récepteurs cutanés plantaires.

Le pied rentre ainsi dans une autre dimension, au même titre que la main qui possède plusieurs fonctions, le pied n'est plus un simple outil dédié à la mobilité. Il s'adapte aux variables environnementales, aux changements de tâches et d'activités, il protège, prévient, il module notre équilibre, notre organisme, notre posture et son impact sur le cerveau est extrêmement important : il lui envoie constamment des informations qui lui permettent d'agir par anticipation (notion de feed forward). Nous sommes pied-dépendant : la fatigue, les dysfonctions ou la faiblesse des intrinsèques jouent sur notre biomécanique en modifiant notre posture, notre force, notre dynamisme. L'activation des muscles intrinsèques varie dès que notre posture se modifie, dès que notre équilibre est en jeu, aux moindres changements notre pied est prêt.

Et c'est là toute la beauté de notre organe plantaire car il fait preuve d'une résilience démoniaque, car même faible, fatigué, nous continuons vivre, à faire nos activités. Le pied est une formidable machine d'adaptation, capable de limiter l'apparition de pathologies. (12)

L'auteur Luke A. Kelly nous l'a formidablement démontré au travers de trois revues parfaitement réalisées :

- Dans une première étude, Kelly a démontré que le recrutement des intrinsèques se faisait en corrélation avec les augmentations posturales. Ces muscles, particulièrement important dans le contrôle postural sont recrutés de manière hautement coordonnée pour stabiliser le pied et maintenir notre équilibre, que l'on soit sur 2 pieds ou 1 pied. Ils sont impliqués mais ne font pas tout, ils interagissent avec de nombreux autres muscles. (2)
- Dans un second article, Kelly a démontré que les muscles intrinsèques du pied avaient la capacité de contrôler la déformation de l'arche longitudinale. Lorsque la charge augmente, le pied s'adapte en contrôlant la rigidité de l'arche longitudinal et peut fournir au pied un effet de renforcement lors de la mise en charge du pied. Ce mécanisme actif de rigidification de la voûte a des implications importantes sur la façon dont les forces sont transmises pendant la locomotion et lors des activités posturales. Il a montré que l'arche longitudinal était capable de s'adapter de manière effective, avec des charges pouvant aller jusqu'à 150% du poids du corps. (5)
- Dans le 3<sup>ème</sup> article, l'auteur a démontré que l'arche pouvait s'adapter de manière active lors de la compression durant l'appui pour fournir derrière une énergie lors de la marche et la course. Ils contribuent ainsi à l'absorption des chocs, transformant ceci en retour élastique favorisant la marche et la course. Les muscles intrinsèques du pied permettent donc un gain de vélocité, une économie d'énergie, ils transmettent de manières efficaces les forces lors de la locomotion.(4)

Kim a montré également que les intrinsèques jouaient un rôle dans la formation de l'arche, dans l'équilibre. Le support du pied, le support de sa stabilité et de sa force est dans la constitution des muscles intrinsèques. Bio mécaniquement un pied est capable d'accomplir sa fonction si les intrinsèques sont efficaces. Kim l'a démontré dans son étude.(16)

Mulligan a également démontré que les intrinsèques permettaient de réduire l'effondrement de l'arche médiale du pied, et ce en réduisant le drop naviculaire. Cela permet d'augmenter la dynamique, l'efficacité du pied lors de ses fonctions posturales, d'équilibre, et lors des changements d'activités. (27)

D'autres auteurs ont contribué aux connaissances acquises sur le rôle biomécanique du pied. Ci-dessous quelques articles mais non inclus dans mon étude pour différentes raisons mais qui me paraît judicieux de citer car apportant des éléments importants.

Pour commencer Leardini a écrit sur la dimension morphologique du pied, en particulier l'avant, le milieu et l'arrière-pied durant les phases de la démarche. Son travail a permis l'acquisition de nombreuses connaissances sur le rôle de chaque partie du pied lors de la marche, sur la dynamique du déroulé du pas. Beaucoup de revues se basent sur ses travaux pour travailler leurs études.

Il a été démontré entre autres que le pied fonctionne comme une multitude d'entités, un ensemble d'articulations fournissant une adaptation incroyable aux multiples temps de marche, aux multiples terrains. Le pied, ce n'est pas seulement 16 articulations ; c'est un équilibre parfait entres des articulations, des orientations, des mouvements. (31)

Taddei a démontré que les muscles intrinsèques du pied affectent les mécaniques de marche et de course. Ils augmentent les performances en restituant les forces, en dissipant les chocs et amortissant les appuis. Nous pouvons ainsi dire que les intrinsèques du pieds ont un rôle important dans la biomécanique du pied. Ils sont les amortisseurs, absorbant et restituant l'énergie, dissipant les chocs et appuis, ils permettent la propulsion lors de la marche et de la course. Ils sont les garants de la stabilité, de l'équilibre et de la posture. Nos performances dépendent de la qualité de nos appuis.

### 5.1.3 Apport sur la qualité de vie et le plan social

L'Organisation Mondiale de la Santé a défini en 1994 la qualité de vie comme étant « *La perception qu'a un individu de sa place dans l'existence, dans le contexte de la culture et du système de valeurs dans lequel il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes. Il s'agit d'un large champ conceptuel, englobant de manière complexe la santé physique de la personne, son état psychologique, son niveau d'indépendance, ses relations sociales, ses croyances personnelles et sa relation avec les spécificités de son environnement.* » (32)

On peut ajouter à cette définition :

« *La qualité de vie découle de la définition du terme « santé », la santé n'étant pas seulement l'absence de maladie ou d'infirmité, mais un état total de bien-être physique, mental ou social* » (33)

La qualité de vie est liée au bien-être des pieds. En effet, un simple grain de sable sur un pied propre influe de manière non négligeable sur notre bien être psychique. Un caillou dans la chaussure lors d'une randonnée et nous voilà contraint de nous arrêter.

McKeon et Fourchet ont directement lié notre bien-être à celui de notre pied. Notre liberté, notre mobilité, nos performances, influant directement sur notre qualité de vie, sont dépendant de la force de nos intrinsèques, de leur capacité à accomplir leur rôle d'amortis, de propulsion et de stabilité. Notre évolution actuelle a été dépendante de notre capacité à nous mettre debout et la qualité de vie qui en découle est intimement lié à notre organe plantaire. La libération du pied de sa prison à lacets est bénéfique, et constitue le meilleur moyen de vivre en harmonie avec son peton, de prendre son pied avec le pied. (12)

Latey a montré que la douleur, les pathologies du membre inférieur et du dos sont en lien avec la qualité de notre pied. L'ensemble de nos activités imposent des charges, des impacts et des chocs, du stress mécanique, qui sont répartis sur nos pieds, en première ligne. Ils dissipent, absorbent et redistribuent, nous donnant la possibilité de continuer nos activités, participant à notre bien-être, empêchant les douleurs. Notre vie ne serait pas la même si nos pieds n'avaient pas évolué en ce sens. Latey a démontré que la présence d'un pied fort était déterminante pour notre qualité de vie. (6)

Notre santé passe par de nombreux aspects, elle est dépendante d'un équilibre, de relation entre différents organes et ce travail de recherche sur l'impact du pied m'a permis de comprendre que celui-ci est intimement lié à notre fonctionnement, et peut être que d'une certaine manière, il est bien plus important que son homologue palmaire.

Certes les qualités de cette dernière ne sont plus à prouver, tant ses actions et ses qualités et caractéristiques sont nombreuses mais sa principale arme est sa visibilité, là où le pied joue sur sa discrétion, tel un ange gardien que l'on ne remarque pas. Notre corps est une merveille et l'ensemble nous permet de jouir d'une qualité de vie exceptionnel.

S'il participe à notre bien-être, nos pieds sont un organe relationnel. Ils participent à notre mobilité qui nous permet de tisser des liens. Ils sont la base d'une des plus grandes communautés à travers le monde. Sans eux l'ensemble des coureurs ne partagerait pas une passion commune, une expression de liberté et une découverte de notre monde. Notre monde est vaste et c'est grâce à une répétition de pas sur des sentiers sableux, rocaillieux, glacés que nous avons pu découvrir des mondes uniques et diversifiés.

Liberté, bonheur, sport...

Estime de soi, confiance, revalorisation grâce aux performances...



Si nous pouvions nous rappeler ce que nous avons ressenti lors de nos premiers pas ? Ce que nos parents ou ce que vous avez ressenti lorsque votre enfant s'est mis à marcher ? Fierté ? Bonheur ? Un sentiment de liberté et une libération pour un dos qui souffre de cette position où vous le teniez par les mains... La marche est associée à nos vies comme le moyen d'obtenir la liberté, de vivre et d'explorer. La création de nos interactions sociales est possible grâce à notre capacité à nous déplacer. Les baroudeurs vous diront qu'ils ont vécu des expériences uniques après avoir marché, après s'être perdu mais qu'ils ont pu accéder à une zone uniquement grâce à leurs pieds. Les footballeurs et les coureurs des sports pieds-dépendants, leurs performances, leurs relations, leurs plaisirs, leurs vies tournent autour de cet organe.

Communication, interaction, relation...

Le lien entre un homme et ses pieds n'apparaît pas au premier regard, mais lorsque celui-ci n'accomplit pas son rôle nous nous en apercevons rapidement. C'est un lien discret et intime, protecteur et bienfaiteur, et aujourd'hui je tenais à mettre en avant ce héros silencieux, introverti qui ne s'étend pas sur sa capacité à nous protéger au quotidien, qui n'expose pas son aide indéfectible lors de nos activités. Il est là, il veille et nous lui devons beaucoup.

## 5.2 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Alors, est-ce que le foot core est applicable en pratique clinique ? Les différents articles sélectionnés et ceux que j'ai eu la chance de lire sont majoritairement en phase et témoignent d'une réelle efficacité du travail des muscles intrinsèques du pied et de leur relation avec l'apparition de pathologies ascendantes.

Selon l'HAS, les indicateurs de bonne pratique clinique mesurant les étapes clés tout au long de la prise en charge, permettant de mesurer et de garantir la qualité des soins dans ses trois dimensions : efficacité, sécurité des soins et un accès aux meilleurs soins. En pratique, l'application des résultats trouvés précédemment est possible, elle nécessite un bilan précis.

Toute prise en charge nécessite un bilan Masso-kinésithérapique précis, complet autant que possible. Nous devons prendre le patient dans sa globalité et prendre en compte chaque détail. Lorsque celui-ci est réalisé et qu'aucune contre-indication à une prise en charge du pied n'est décelé (infection, fracture non consolidée, lésion ligamentaire ou musculo-tendineuse non cicatrisée, problème vasculaire important, mycose infectieuse..., cette liste n'est pas exhaustive et dépendra de chaque patient), il faut obtenir le consentement éclairé du patient pour commencer cette prise en charge spécifique et régulière. Il faut savoir que le foot-core représente un panel de techniques centré sur le pied, techniques qui existent et qui ont fait leurs preuves, mais les connaissances peuvent parfois faire défaut. Tout professionnel s'est déjà heurté à un refus de la part du patient de traiter une zone en amont de la pathologie initiale. De nos jours, il faut traiter la zone douloureuse alors que le départ est ailleurs et il faut faire preuve de malice, de persuasion pour arriver à nos fins. Comment expliquer à un patient que sa lombalgie vient de son chaussage ? D'un problème de pied et de semelle ? Les connaissances sur les pieds sont une limite à la prise en charge et c'est pour cela qu'il faut informer le patient, l'aider à comprendre le rôle de son organe plantaire.

La deuxième exigence est de déterminer si le pied a réellement besoin d'une prise en charge ou si une simple information est nécessaire. En effet, même si les troubles plantaires sont des maux fréquents de nos jours, certaines personnes présentent des muscles intrinsèques efficaces. Il faut une prise de conscience, un échange d'information et cela de manière automatique. La prise en charge en soit dépendue du bilan des intrinsèques, articulaire du pied et de la mesure de la voûte plantaire. Si possible du drop naviculaire. L'établissement d'un lien entre une pathologie et un pied faible n'est pas réalisable de manière explicite mais de manière implicite il y a de forte de chance d'en trouver un.

Si lors de notre bilan du pied, nous trouvons :

- Un manque de mobilité dans nos différentes articulations du pied, entre notre médio et avant-pied, entre notre médio et arrière-pied.
- Une faiblesse au niveau de nos intrinsèques : abducteur du 1, abducteur du 5, carré plantaire, courts fléchisseurs des orteils, interosseux dorsaux et plantaires, le court fléchisseur du 5ème doigt, l'adducteur de l'hallux, le court fléchisseur de l'hallux, les lombricaux et le court fléchisseurs du 1.
- Une diminution des voûtes du pied, en particulier la voûte médiale. Elle est visible à l'œil et peut être quantifiée en mesurant le drop naviculaire.

Nous pouvons alors implicitement supposer d'un lien entre la pathologie et la faiblesse du pied.

Enfin nous pouvons aussi ajouter la formation du thérapeute même si la jeunesse de ce concept peut aujourd'hui lui faire défaut quant au nombre de formation existante.

En résumé, les résultats obtenus démontrent un réel intérêt à s'intéresser aux pieds. Ils montrent qu'une information et une prise conscience est nécessaire et apporteraient de nombreux bénéfices. Les pathologies précédemment citées nécessitent une prise en charge kinésithérapiques et le traitement du pied est une nécessité. Le pied doit faire partie intégrante de nos soins et il est trop souvent oublié. Et le véritable intérêt de ces résultats est la prévention. Nous devons faire prendre conscience de l'impact du pied sur notre santé. Et ces résultats le montrent parfaitement.

Le critère de jugement principal est l'implication des intrinsèques dans l'apparition de pathologie ascendante, et il me semble important que la prévention de pathologie est un aspect important dans notre métier. En effet, la prévention devient un de nos attributs principaux et représente même pratiquement l'intégralité de notre pratique en kinésithérapie du sport. La prévention améliore notre qualité de vie.

Il n'y a que peu d'effet indésirable si ce n'est la difficulté à intégrer des exercices difficiles, des mouvements compliqués et une rééducation peu « mouvementée », on a l'impression de « rien faire ». Nous sommes face à une barrière psychologique et la difficulté est la prise de conscience.

La maître-mot de cette revue est la prise de conscience d'une implication. C'est ce que cette revue souhaite véhiculer aujourd'hui. Ce n'est que très récemment que les chercheurs se sont penchés sur le foot-core et l'implication du pied et il est souhaitable que celui-ci entre dans une nouvelle dimension. Nous avons des kinésithérapeutes spécialisés sur la main, un jour peut-être, nous aurons des spécialistes du pied.

### 5.3 Qualité des preuves

Elle se base sur les critères d'évaluation des articles et sur la quantité et qualité des preuves.

Il existe de plus en plus de références sur le pied, le foot-core, et sur la faiblesse des intrinsèques. Chaque article met en avant une implication entre troubles et faiblesse des intrinsèques. Le pied est de plus en plus décrit et la quantité d'information et de connaissance est conséquente. Mais cette description est essentiellement centrée sur les sportifs, biaisant la population. C'est pour cela que je n'ai inclus que des études comprenant des populations classiques.

Cette qualité des preuves peut s'évaluer sous la forme de grades de recommandation : **A, B ou C**. L'HAS décrit le tableau suivant :

Grades des recommandations	Niveau de preuves scientifiques fourni par la littérature
<b>Grade A</b> Preuve scientifique établie	<b><u>Niveau 1 :</u></b> Essais comparatifs randomisés de forte puissance Méta-analyse d'essais comparatifs randomisés Analyse de décision fondée sur des études bien menées
<b>Grade B</b> Présomption scientifique	<b><u>Niveau 2 :</u></b> Essais comparatifs randomisés de faible puissance Etudes comparatives non randomisées bien menées Etudes de cohorte
<b>Grade C</b> Faible niveau de preuve scientifique	<b><u>Niveau 3 :</u></b> Etudes cas-témoins <b><u>Niveau 4 :</u></b> Etudes comparatives comportant des biais importants Etudes rétrospectives Séries de cas Etudes épidémiologiques descriptives (longitudinales ou transversales)

Cette revue de littérature est de **Grade B**, elle est fondée sur des études de qualité avec un niveau de preuves conséquent, apportant des données scientifiques établies. Mais l'évaluation réalisée peut présenter un biais du fait de l'expérience de l'auteur de cette revue.

#### 5.4 Les biais potentiels de la revue

Au sein de cette revue, nous pouvons relever certain biais potentiel, dont un non négligeable.

En effet même si les études incluses, la recherche, la méthodologie obéissent à des critères précis, respectés, sélectionnés, mon expérience dans la rédaction de revue de littérature n'est pas conséquente et même si j'ai pris des précautions, en respectant le maximum de consignes, je ne peux prétendre à l'établissement d'un travail qui réponde à toutes les demandes pour l'obtention d'une revue de Grade A.

Les articles inclus, les revus enregistrées, les informations trouvées sont de bonne qualité malgré des échantillons faibles mais se voulant représentatifs. La population restera à mon sens une limitation pour toutes les études.

Pour améliorer cette étude, une collaboration avec une personne d'expérience serait judicieuse. Il n'y a que très peu d'auteurs qui publient seuls.

L'ajout d'essai clinique randomisé de qualité serait un gain de puissance, un ajout de crédibilité également.

Les outils de mesure sont précis mais nous pouvons toujours en trouver de plus efficaces, de plus précis. Cela peut être un biais potentiel à cette revue.

L'ensemble des études incluses sont spécifiques et une globalité, une ouverture sur d'autres liens d'implication apporterait une précision supplémentaire. Ce manque de globalité est un biais potentiel à cette revue.

L'ensemble de ces articles apportent des résultats significatifs « statistiquement » mais aussi visuel. En effet, les auteurs ont constaté visuellement un effet et même s'il s'agit d'un biais potentiel, il n'en reste pas moins qu'il s'agit de résultat visible et qu'il faut continuer sur cette voie, continuer les recherches car c'est en constatant de ses propres yeux que les découvertes surgissent aux yeux de tous.

Ci-dessous le tableau d'analyse de la qualité méthodologique par la grille AMSTAR de cette revue.

<b>Revue systématique</b>	<b>Evaluation méthodologique</b>
<b>Willemse</b>	14/16 points

## Conclusion

Comment conclure une revue systématique ? Comment conclure un travail de plusieurs mois ? S'il s'agissait d'un roman, la conclusion serait une ouverture sur un future tome, avec une chute et l'ouverture d'une piste.

Dans le cas d'une revue, je pourrai dire que le foot core est un panel de techniques de prise en charge centré sur le pied, visant à renforcer les muscles intrinsèques du pied, de permettre un gain en mobilité et en puissance. J'ajouterais que ces gains seraient un atout pour notre bien-être, notre qualité de vie, nos performances sportives. Je pourrai dire tout cela, en effet.

J'aurais pu adjoindre également que travailler ses intrinsèques seraient une protection contre l'apparition de pathologies ascendantes au vu des résultats précédemment évoqués, une aide à la rééducation et à la prise en charge...

Ou bien je pourrais argumenter sur les bienfaits d'une prévention sur les troubles liés aux pieds, d'une information éclairée sur la rééducation de nos petons ou bien argumenter sur les bénéfices d'une prise de conscience sur les qualités du pied. Je pourrais car les arguments sont nombreux : amorti, protection, puissance, économie d'énergie...

Cela impliquerait une mention de la réalisation des exercices en pratique, et ce n'est pas très alléchant : l'extension de l'hallux tout en gardant les orteils vissés au sol, un creusement de la voûte sans griffer les orteils. On regarde notre pied s'agiter, assis sur une chaise. C'est vrai que je pourrais parler de tout cela mais ce ne serait pas très vendeur, c'est un frein qu'il faut apprendre à desserrer. Et cela passe d'abord par une prise de conscience.

En théorie et en pratique le foot-core est une ouverture vers une prévention des troubles du membre inférieur, et pour cela il faudrait un maximum de recherche, une prise de conscience massive des professionnels. La prise en charge du pied et sa libération serait la clé d'une prévention efficace.

C'est ainsi que je rédigerais la conclusion de cette revue mais je préfère conclure sur une phrase qui me tient à cœur et sur le fait que j'ai pris mon pied sur ce travail de recherche.

*« L'instinct guide nos pieds sur le chemin de la vie, ils sont là, garants de notre avancée »*

## Bibliographie

1. Deloison Y. Biométrie humaine et anthropologie. In: Biométrie humaine et Anthropologie. Société de biométrie humaine. Société de biométrie humaine; 1997. p. 147–50.
2. Kelly LA, Kuitunen S, Racinais S, Cresswell AG. Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. *Clin Biomech*. 2012 Jan;27(1):46–51.
3. Fraser JJ, Hertel J. Effects of a 4-Week Intrinsic Foot Muscle Exercise Program on Motor Function: A Preliminary Randomized Control Trial. *J Sport Rehabil*. 2019 May 1;28(4):339–49.
4. Kelly LA, Lichtwark G, Cresswell AG. Active regulation of longitudinal arch compression and recoil during walking and running. *J R Soc Interface*. 2015 Jan 6;12(102):20141076.
5. Kelly LA, Cresswell AG, Racinais S, Whiteley R, Lichtwark G. Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. *J R Soc Interface*. 2014 Apr 6;11(93):20131188.
6. Latey PJ, Burns J, Hiller C, Nightingale EJ. Relationship between intrinsic foot muscle weakness and pain: a systematic review. *J Foot Ankle Res*. 2014 Apr;7(S1):A51, 1757-1146-7-S1-A51.
7. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med*. 2015 Mar;49(5):290–290.
8. Exercice du Pied court [Internet]. La Clinique du Coureur; 2006. Available from: <https://az675379.vo.msecnd.net/media/2330354/12-renforcementpied.pdf>
9. Ross L. Naître et grandir [Internet]. Equipe Naître et grandir; 2014. Available from: <https://naitreetgrandir.com/fr/grossesse/>
10. Kok-Ting L. Anatomie du pied. Lyon, Anatomie 3D Lyon: Université de Lyon;
11. Kok-Ting L. Organisation et actions des muscles du pied.
12. McKeon PO, Fouchet F. Freeing the Foot. *Clin Sports Med*. 2015 Apr;34(2):347–61.
13. Kok-Ting L. Traumatologie et pathologie 3D des activités physiques. Lille: Université de Lille 2;
14. Ribeiro AP, Sacco ICN, Dinato RC, João SMA. Relationships between static foot alignment and dynamic plantar loads in runners with acute and chronic stages of plantar fasciitis: a cross-sectional study. *Braz J Phys Ther*. 2016 Feb;20(1):87–95.
15. Kelly LA, Farris DJ, Cresswell AG, Lichtwark GA. Intrinsic foot muscles contribute to elastic energy storage and return in the human foot. *J Appl Physiol*. 2019 Jan 1;126(1):231–8.

16. Kim E-K, Kim JS. The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(11):3136–9.
17. Moon D, Kim K, Lee S. Immediate Effect of Short-foot Exercise on Dynamic Balance of Subjects with Excessively Pronated Feet. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(1):117–9.
18. Kok-Ting L. *La marche.* Université de Lille: Université de Lille 2;
19. Chang R, Kent-Braun JA, Hamill J. Use of MRI for volume estimation of tibialis posterior and plantar intrinsic foot muscles in healthy and chronic plantar fasciitis limbs. *Clin Biomech.* 2012 Jun;27(5):500–5.
20. Feger MA, Snell S, Handsfield GG, Blemker SS, Wombacher E, Fry R, et al. Diminished Foot and Ankle Muscle Volumes in Young Adults With Chronic Ankle Instability. *Orthop J Sports Med.* 2016 Jun 23;4(6):232596711665371.
21. Moen MH, Bongers T, Bakker EW, Zimmermann WO, Weir A, Tol JL, et al. Risk factors and prognostic indicators for medial tibial stress syndrome: Risk factors and prognostic indicators for medial tibial stress syndrome. *Scand J Med Sci Sports.* 2012 Feb;22(1):34–9.
22. Wearing SC, Smeathers JE, Urry SR, Hennig EM, Hills AP. The Pathomechanics of Plantar Fasciitis: *Sports Med.* 2006;36(7):585–611.
23. Johnson A, Myrer J, Mitchell U, Hunter I, Ridge S. The Effects of a Transition to Minimalist Shoe Running on Intrinsic Foot Muscle Size. *Int J Sports Med.* 2015 Oct 28;37(02):154–8.
24. Bowring B, Chockalingam N. A clinical guideline for the conservative management of tibialis posterior tendon dysfunction. *The Foot.* 2009 Dec;19(4):211–7.
25. McPoil TG, Cornwall MW. The Relationship Between Static Lower Extremity Measurements and Rearfoot Motion During Walking. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996 Nov;24(5):309–14.
26. Winters M, Eskes M, Weir A, Moen MH, Backx FJG, Bakker EWP. Treatment of Medial Tibial Stress Syndrome: A Systematic Review. *Sports Med.* 2013 Dec;43(12):1315–33.
27. Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. *Man Ther.* 2013 Oct;18(5):425–30.
28. Kamonseki DH, Gonçalves GA, Yi LC, Júnior IL. Effect of stretching with and without muscle strengthening exercises for the foot and hip in patients with plantar fasciitis: A randomized controlled single-blind clinical trial. *Man Ther.* 2016 Jun;23:76–82.
29. Ridge ST, Olsen MT, Bruening DA, Jurgensmeier K, Griffin D, Davis IS, et al. Walking in Minimalist Shoes Is Effective for Strengthening Foot Muscles: *Med Sci Sports Exerc.* 2019 Jan;51(1):104–13.



30. Taddei UT, Matias AB, Ribeiro FIA, Bus SA, Sacco ICN. Effects of a foot strengthening program on foot muscle morphology and running mechanics: A proof-of-concept, single-blind randomized controlled trial. *Phys Ther Sport*. 2020 Mar;42:107–15.
31. Leardini A, Benedetti MG, Berti L, Bettinelli D, Nativo R, Giannini S. Rear-foot, mid-foot and fore-foot motion during the stance phase of gait. *Gait Posture*. 2007 Mar;25(3):453–62.
32. OMS. OMS-Définition de la qualité de vie. 1994.
33. HAS. Brochure de l’HAS. HAS; 2017.
34. Carrio C. La meilleure façon de courir. Thierry Souccar Editions. Vol. 1. Etas-Unis; 2009. 128 p.
35. La clinique du coureur. La Clinique du Coureur [Internet]. Available from: <https://lacliniqueducoureur.com/coueurs/je-suis-blesse/>
36. Kinesport. FAAM [Internet]. Available from: <https://www.kinesport.info/attachment/323992/>
37. Antalvite. EVA [Internet]. Available from: [http://www.antalvite.fr/pdf/echelle\\_visuelle\\_analogique.htm](http://www.antalvite.fr/pdf/echelle_visuelle_analogique.htm)
38. Newcastle Ottawa Scale.
39. PAR-Q N. Le PAR-Q [Internet]. NASM; Available from: [nasm.org](http://nasm.org)

## *Table des annexes*

- **Annexe 1** : Short Foot Exercise et exercice spécifique foot-core
- **Annexe 2** : Types de Pieds
- **Annexe 3** : Pathologies
- **Annexe 4** : FAAM
- **Annexe 5** : EVA
- **Annexe 6** : NOS
- **Annexe 7** : PAR-Q
- **Annexe 8** : PEDro
- **Annexe 9** : AMSTAR
- **Annexe 10** : Définition des biais

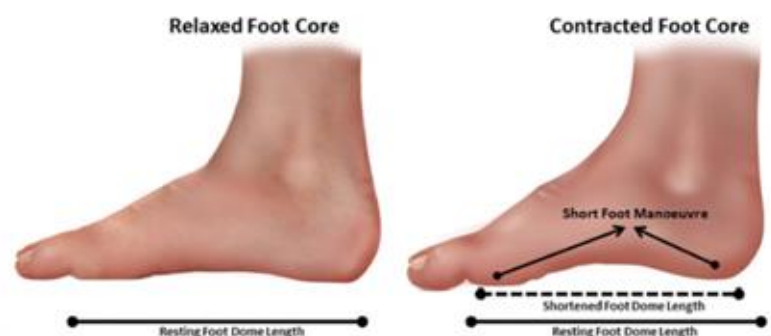
## Annexe 1

### Short Foot Exercise et exercice spécifique foot-core

#### Exemple d'une séance :

- Toute séance ciblée sur le pied commence par un bilan et par la recherche du **point subtalaire neutre**, c'est-à-dire un alignement du pied dans sa globalité. Pour cela il faut soulever la partie médiale du pied sans la latéral puis inversement sans un mouvement excessif du genou. Lorsque l'amplitude limite est trouvé, on demande une élévation maximale de la partie latérale et d'amener doucement la surface plantaire médial au sol jusqu'à ce que la tête du premier méta touche le sol. Cette position neutre est importante pour promouvoir à chaque répétition une sensibilisation du pied a l'absorption et a la propulsion.
- **Le short foot exercise** : Par un contrôle volontaire, il faut élever l'arche médial du pied, et diminuer la longueur du pied, via une contraction ciblée des intrinsèques. Cet exercice signe d'un éveil de notre pied.

Figure 7 The short foot manoeuvre is depicted. Note in the relaxed foot (left) the resting length of the foot (top image with solid black line). In the contracted position (right), note the change in foot length (dashed line) due to the short foot contraction drawing in the foot (arrows) from the relaxed condition (solid black line).

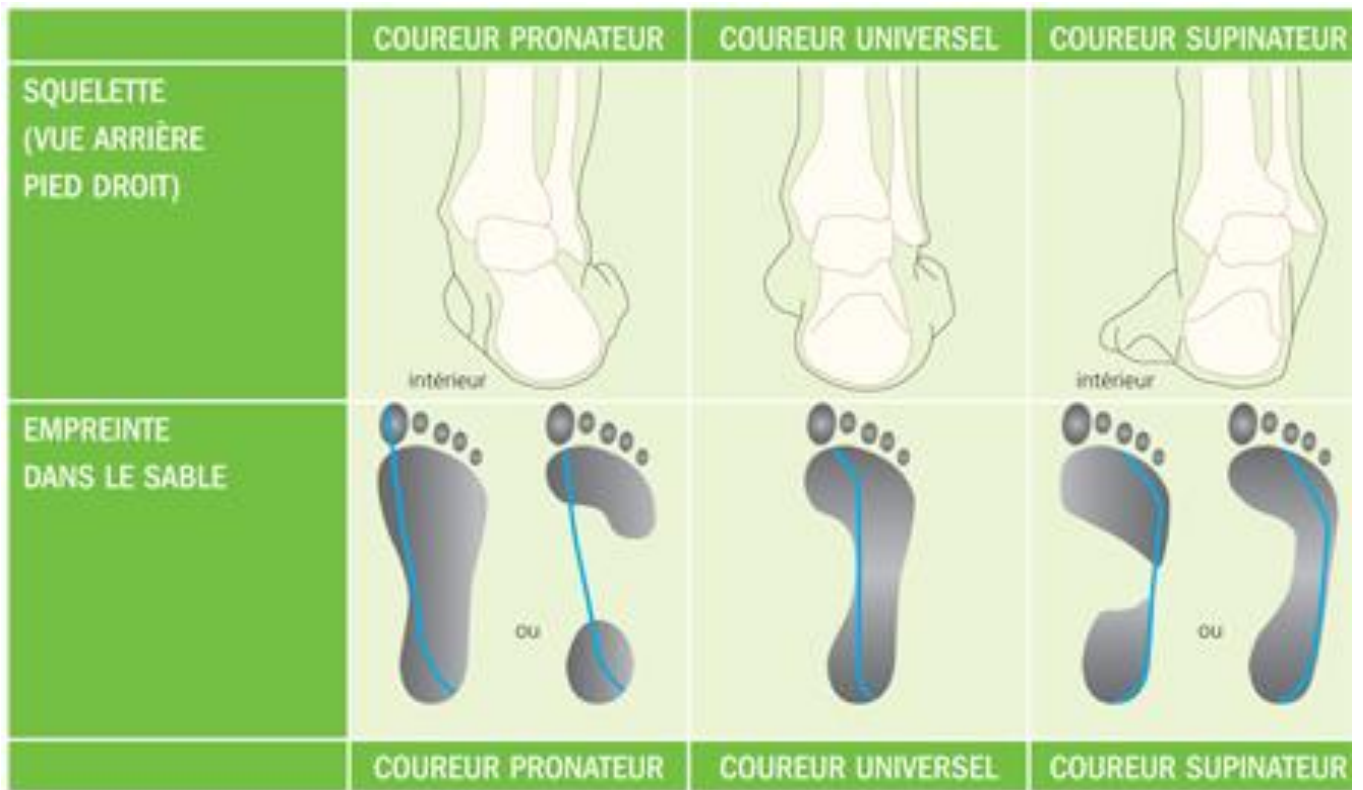


- **Figure issue de la revue de McKeon. (7)**
- **L'étalement des orteils** : Via une extension de tous les orteils, du pouce au 5<sup>ème</sup> orteils, suivit de l'abduction de l'hallux et du 5<sup>ème</sup>. Cet exercice est une des plus simple a réaliser.
- **L'extension de l'hallux**. Pour cet exercice, les 4 orteils doivent demeurer relâché tandis que le pouce se soulève ; on réalise une extension unique de l'hallux.
- **Extension du 5<sup>ème</sup> orteil** : Cette exercice consiste par un relâchement des 4 premiers orteils, et une extension unique du 5<sup>ème</sup>.

**Cette liste n'est pas exhaustive mais représente la base du foot-core et contient l'ensemble des exercices présentés dans cette revue.**

## Annexe 2 Types de Pieds

- Figure empruntée dans le livre de C. Carrio, l'auteur de *La meilleure façon de courir.* (34)



## Annexe 3

### Pathologies (35)

#### Pathologie Plantaire

- La **fracture de stress d'un métatarse** survient lorsqu'une trop grande charge est appliquée sur le pied. Une augmentation rapide du volume d'entraînement en côte ou en vitesse, causant ainsi une surcharge sur le devant du pied, peut créer une fracture de stress. La douleur est précise, localisée sur le dessus du pied, souvent en ligne avec le troisième ou le quatrième orteil, et est très invalidante. Souvent lié à un changement brutal (transition minimaliste trop rapide par exemple)
- La **métatarsalgie** désigne une douleur située sous le pied, au niveau du coussin graisseux, juste avant les orteils. L'appui répété ou inhabituel irrite ces structures. Une douleur en marchant se fera sentir pendant le déroulé du pied, principalement lors de l'appui sur l'avant-pied.
- L'**hallux valgus** est une déformation du gros orteil (hallux) vers le deuxième orteil, c'est-à-dire vers l'extérieur (valgus). Les principales causes de cette déformation sont un traumatisme ancien de l'articulation du gros orteil, la génétique – pour laquelle on ne peut pas faire grand-chose –, et l'environnement restreignant qu'est la chaussure. En effet, les chaussures qui ne respectent pas la forme du pied ou qui sont trop courtes ou trop étroites confinent le gros orteil dans une position non souhaitable et facilitent l'apparition de cette déformation en valgus.
- Des douleurs aiguës et ponctuelles de type brûlures, parfois associées à des engourdissements ou picotements, sont perçues à l'avant du pied. Le **fibrome pérynéural interdigital, communément appelé névrome de Morton**, est une inflammation et un épaissement d'un nerf particulier, irrité par la compression des os et ligaments adjacents. Le nerf interdigital affecté se situe la majorité du temps entre les os métatarsiens des troisième et quatrième orteil.
- Le **coussinet graisseux** est un assemblage de cellules graisseuses circonscrites dans des petites alvéoles fibreuses. Cette structure anatomique a comme rôle de protéger l'os de votre talon, le calcaneum, de l'impact au sol. Ce coussinet « absorbant » peut s'irriter, se fragiliser et même s'amincir si un stress plus important qu'à l'habitude lui est imposé.
- L'**entorse de la cheville** (élongation, déchirure ou rupture d'un ligament) se caractérise par un gonflement rapide, de la taille d'une balle de golf, juste en avant de la malléole externe. Elle est à différencier de la fracture par deux tests cliniques : 1) vous arrivez à marcher cinq pas sur votre jambe atteinte ; 2) la palpation de l'arrière de vos deux malléoles (les saillies de chaque côté de la cheville) et de la bosse sur le côté du pied (entre le petit orteil et le talon) n'est pas très douloureux.

## Pathologie du segment jambier

- La **périostite tibiale** ou « **medial tibial stress syndrome** » (MTSS) pour les scientifiques, se présente chez le coureur par une douleur à l'intérieur du tibia au-dessus de la malléole interne de la cheville. Cette pathologie apparaît après une surcharge sur la chaîne postérieure qui est occasionnée par toutes activités inhabituelles qui amènent le coureur davantage sur la pointe des pieds.
- La **fracture de stress du tibia** peut survenir à la suite d'une périostite tibiale non traitée et la poursuite d'activités physiques accentuant la douleur au niveau du tibia. Un point de douleur devient plus localisé et on peut parfois identifier un gonflement. Il s'agit en fait d'une microfracture, souvent non visible sur les rayons X.
- Capable de supporter des charges de tension impressionnante, le tendon d'Achille, reliant le mollet au talon, est le tendon le plus résistant du corps humain. C'est malheureusement aussi le tendon le plus fréquemment blessé chez les coureurs de longues comme de courtes distances. Principalement stressé par les entraînements de vitesse, les côtes et les sauts, ce tendon peut d'abord s'enflammer (tendinite), puis, si la douleur persiste plus de quelques semaines, laisser place à un tissu cicatriciel appelé tendinose. Toutes 2 font parties d'un ensemble appelés **Tendinopathies**
- Le **syndrome de loge antérieure** est souvent perçu comme une sensation de pression et/ou de compression en antérieur de la jambe. Lorsqu'un muscle est sollicité, il s'engorge d'eau et grossit. Il arrive que cette expansion de volume soit limitée, car le muscle se trouve à l'intérieur d'une loge composée d'os et de membranes fibreuses qui ont un étirement possible restreint. Pour certains coureurs, la pression à l'intérieur de la loge, dans laquelle le muscle travaille, devient suffisamment forte pour que des douleurs apparaissent. Parfois, cette pression comprime les nerfs qui cheminent à l'intérieur de la loge, ce qui engourdit le dessus du pied.
- **Ténosynovite du tibial antérieur**, est une pathologie très fréquente chez les ultra-traileurs, le tibial antérieur freine la descente du pied lors de l'attaque au sol du talon. Les descentes prolongées sont souvent la cause de ce type de blessures. La douleur est située juste en avant de la cheville et de la jambe. Il s'agit d'une inflammation de la gaine entourant le tendon.
- Le **claquage du mollet** est le plus fréquent des claquages chez le coureur d'endurance. Il implique une déchirure des fibres musculaires plus ou moins importante selon le grade de la pathologie, avec douleur à l'étirement, à la contraction et à la palpation. Cette condition se présente habituellement lors d'un mouvement rapide de poussée sur la pointe des pieds.

### Pathologie de cuisse

- **Un claquage musculaire du quadriceps** implique une déchirure des fibres musculaires plus ou moins importante selon le grade de la pathologie, avec douleur à l'étirement, à la contraction et à la palpation en avant de la cuisse. Cette condition se présente habituellement lors d'une accélération ou un mouvement à haute vitesse ou lors d'un changement de direction soudain.
- **Un claquage musculaire des ischios-jambiers** implique une déchirure des fibres musculaires plus ou moins importante selon le grade de la pathologie, avec douleur à l'étirement, à la contraction et à la palpation de l'arrière de la cuisse. Cette condition se présente habituellement lors d'une accélération ou un mouvement à haute vitesse ou lors d'un changement de direction soudain.

## Pathologie de la hanche

- L'arthrose localisée au niveau de la hanche se nomme **la coxarthrose**. L'arthrose est un processus de vieillissement normal au niveau de toutes les articulations. Les causes sont multiples, mais le facteur génétique et le traumatisme articulaire ponctuel sont les 2 facteurs les plus importants qui contribuent au développement de l'arthrose. Contrairement à la croyance populaire, la pratique de la course à pied n'augmente pas le risque de développer de l'arthrose. De plus, continuer de courir semble rendre bon nombre de coureurs arthrosiques plus confortables avec leur douleur. Continuer de bouger et stresser graduellement l'articulation atteinte semble être la meilleure façon de conserver une bonne fonction et de bien vieillir.
- La **bursite trochantérienne** (provoquant de la douleur sur le côté de la hanche) est une inflammation de la bourse de la hanche, une petite poche fibreuse close contenant du liquide et ayant pour but de diminuer la friction et la compression de la bandelette ilio-tibiale sur l'os trochantérien (partie dure sur le côté de votre hanche). Cette bandelette qui frotte est un gros tendon qui chemine sur toute la face latérale de la cuisse, de la taille jusqu'au genou. Lors de l'appui du pied au sol sa tension augmente puisque le bassin opposé s'affaisse légèrement. Un affaissement qui peut être exagéré si les muscles fessiers ne travaillent pas adéquatement.
- **Les lombalgies** : La course à haute vitesse, une amortie biaisée et les descentes de côtes augmentent de façon importante les chocs et les mouvements en extension des vertèbres lombaires. Ces mouvements inhabituels pour certains coureurs irritent les facettes articulaires vertébrales, ces articulations qui relient les vertèbres entre elles. En plus d'avoir une douleur dans le bas du dos, des douleurs référées peuvent parfois être ressenties dans les jambes et être associées dans certains cas à des engourdissements.
- La **tendinopathie proximale de l'ischio-jambier** est un problème fréquent chez la coureuse récréative. Souvent confondue par les professionnels de la santé avec les douleurs d'origine lombaire et les douleurs musculaires des muscles fessiers ou du muscle piriforme, cette blessure cause une douleur localisée sous le pli fessier. Elle est principalement reproduite avec un mouvement talon-fesse contre résistance. Il s'agit d'une atteinte de la zone d'insertion ou enthèse.
- La **tendinopathie du moyen fessier** est un problème plus souvent observé chez les coureurs de trail. Souvent confondue par les professionnels de la santé avec la bursite trochantérienne ou le syndrome de friction proximale de la bandelette, cette blessure cause une douleur localisée sur le côté de la hanche juste au-dessus de la partie dure qu'on appelle le trochanter. Elle est principalement reproduite avec un mouvement d'écartement des jambes (l'abduction) contre résistance.
- La **fracture de stress de la hanche** (du col fémoral) se caractérise par une douleur vive au haut de la cuisse. Une scintigraphie osseuse, suivi d'une résonance magnétique, permet d'identifier avec précision la zone atteinte. La partie inférieure est à « faible risque de complication », alors que la partie supérieure est à risque de déplacement et exige au moins le double de repos.



# Annexe 4

## FAAM

Name: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_



### Foot and Ankle Ability Measure (FAAM)

Please answer every question with one response that most closely relates to your condition within the past week. If the activity in question is limited by something other than your foot or ankle mark N/A.

	No difficulty	Slight difficulty	Moderate difficulty	Extreme difficulty	Unable to do	N/A
Standing	4	3	2	1	0	
Walking on even ground	4	3	2	1	0	
Walking on even ground without shoes	4	3	2	1	0	
Walking up hills	4	3	2	1	0	
Walking down hills	4	3	2	1	0	
Going up stairs	4	3	2	1	0	
Going down stairs	4	3	2	1	0	
Walking on uneven ground	4	3	2	1	0	
Stepping up and down curbs	4	3	2	1	0	
Squatting	4	3	2	1	0	
Coming up on your toes	4	3	2	1	0	
Walking initially	4	3	2	1	0	
Walking 5 minutes or less	4	3	2	1	0	
Walking approximately 10 minutes	4	3	2	1	0	
Walking 15 minutes or greater	4	3	2	1	0	
Home responsibilities	4	3	2	1	0	
Activities of daily living	4	3	2	1	0	
Personal care	4	3	2	1	0	
Light to moderate work (standing, walking)	4	3	2	1	0	
Heavy work (push/pulling, climbing, carrying)	4	3	2	1	0	
Recreational activities	4	3	2	1	0	

Name: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

How would you rate your current level of function during your usual activities of daily living from 0 to 100 with 100 being your level of function prior to your foot or ankle problem and 0 being the inability to perform any of your usual daily activities? \_\_\_\_\_%

*For patient use only. Reprinted with written permission from RobRoy Martin PhD, PT, CSCS.*

Name: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_



### Foot and Ankle Ability Measure (FAAM)

#### Sports Subscale

Because of your **foot and ankle** how much difficulty do you have with:

	No difficulty	Slight difficulty	Moderate difficulty	Extreme difficulty	Unable to do	N/A
Running	4	3	2	1	0	
Jumping	4	3	2	1	0	
Landing	4	3	2	1	0	
Starting and stopping quickly	4	3	2	1	0	
Cutting/lateral movements	4	3	2	1	0	
Low impact activities	4	3	2	1	0	
Ability to perform activity with your normal technique	4	3	2	1	0	
Ability to participate in your desired sport as long as you would like	4	3	2	1	0	

How would you rate your current level of function during your sports related activities from 0 to 100, with 100 being your level of function prior to your foot or ankle problem and 0 being the inability to perform any sports activities? \_\_\_\_\_%

*For patient use only. Reprinted with written permission from RobRoy Martin PhD, PT, CSCS.*

For PT: to score, add up all the numbers and divide by the highest number possible (if all questions are answered without any N/A, the highest number is 116).

- **Figure issu du document de KINESPORT (36)**

## Annexe 5

### EVA

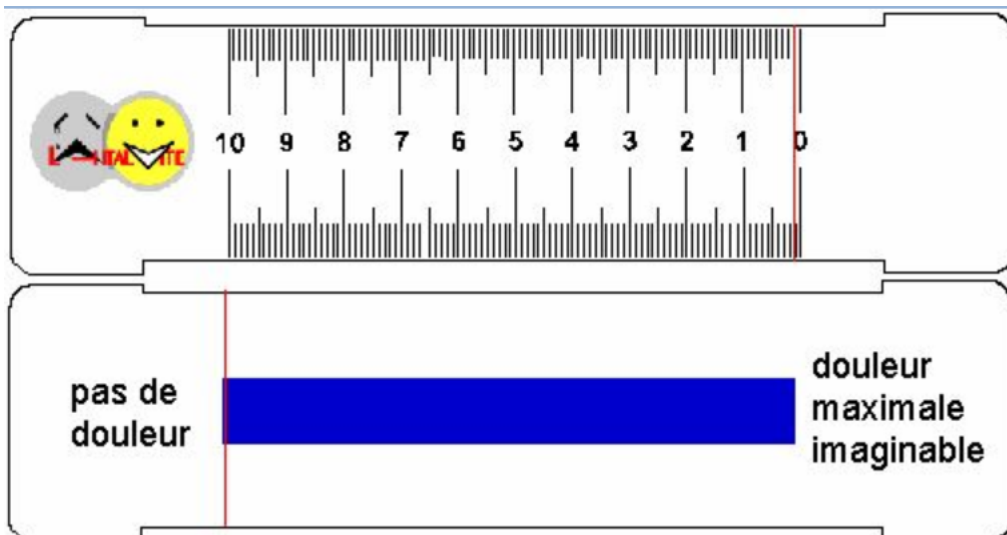
C'est une échelle d'auto-évaluation. Elle est sensible, reproductible, fiable et validée aussi bien dans les situations de douleur aiguë que de douleur chronique.

L'EVA se présente sous la forme d'une réglette en plastique de 10 cm graduée en mm, qui peut être présentée au patient horizontalement ou verticalement.

Sur la face présentée au patient, se trouve un curseur qu'il mobilise le long d'une ligne droite dont l'une des extrémités correspond à "**Absence de douleur**", et l'autre à "**Douleur maximale imaginable**".

Le patient doit, le long de cette ligne, positionner le curseur à l'endroit qui situe le mieux sa douleur.

Sur l'autre face, se trouvent des graduations millimétrées vues seulement par le soignant. La position du curseur mobilisé par le patient permet de lire l'intensité de la douleur, qui est mesurée en mm. (37)



# Annexe 6

## Newcastle Ottawa Scale

### Figure issu du Site NCBI.gov (38)

#### Newcastle-Ottawa Quality Assessment Form for Cohort Studies

Note: A study can be given a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Outcome categories. A maximum of two stars can be given for Comparability.

##### Selection

- 1) Representativeness of the exposed cohort
  - a) Truly representative (*one star*)
  - b) Somewhat representative (*one star*)
  - c) Selected group
  - d) No description of the derivation of the cohort
- 2) Selection of the non-exposed cohort
  - a) Drawn from the same community as the exposed cohort (*one star*)
  - b) Drawn from a different source
  - c) No description of the derivation of the non exposed cohort
- 3) Ascertainment of exposure
  - a) Secure record (e.g., surgical record) (*one star*)
  - b) Structured interview (*one star*)
  - c) Written self report
  - d) No description
  - e) Other
- 4) Demonstration that outcome of interest was not present at start of study
  - a) Yes (*one star*)
  - b) No

##### Comparability

- 1) Comparability of cohorts on the basis of the design or analysis controlled for confounders
  - a) The study controls for age, sex and marital status (*one star*)
  - b) Study controls for other factors (list) \_\_\_\_\_ (*one star*)
  - c) Cohorts are not comparable on the basis of the design or analysis controlled for confounders

##### Outcome

- 1) Assessment of outcome
  - a) Independent blind assessment (*one star*)
  - b) Record linkage (*one star*)
  - c) Self report
  - d) No description
  - e) Other
- 2) Was follow-up long enough for outcomes to occur
  - a) Yes (*one star*)
  - b) No

Indicate the median duration of follow-up and a brief rationale for the assessment above: \_\_\_\_\_

- 3) Adequacy of follow-up of cohorts
  - a) Complete follow up- all subject accounted for (*one star*)
  - b) Subjects lost to follow up unlikely to introduce bias- number lost less than or equal to 20% or description of those lost suggested no different from those followed. (*one star*)
  - c) Follow up rate less than 80% and no description of those lost
  - d) No statement

Thresholds for converting the Newcastle-Ottawa scales to AHRO standards (good, fair, and poor):

**Good quality:** 3 or 4 stars in selection domain AND 1 or 2 stars in comparability domain AND 2 or 3 stars in outcome/exposure domain

**Fair quality:** 2 stars in selection domain AND 1 or 2 stars in comparability domain AND 2 or 3 stars in outcome/exposure domain

**Poor quality:** 0 or 1 star in selection domain OR 0 stars in comparability domain OR 0 or 1 stars in outcome/exposure domain

# Annexe 7

## PAR-Q

Figure issu du site  
NASM (39)



### Data Collection Sheet

NAME: \_\_\_\_\_ DATE: \_\_\_\_\_

HEIGHT: \_\_\_\_\_ in.      WEIGHT: \_\_\_\_\_ lbs.      AGE: \_\_\_\_\_

PHYSICIANS NAME: \_\_\_\_\_ PHONE: \_\_\_\_\_

#### PHYSICAL ACTIVITY READINESS QUESTIONNAIRE (PAR-Q)

	Questions	Yes	No
1	Has your doctor ever said that you have a heart condition and that you should only perform physical activity recommended by a doctor?		
2	Do you feel pain in your chest when you perform physical activity?		
3	In the past month, have you had chest pain when you were not performing any physical activity?		
4	Do you lose your balance because of dizziness or do you ever lose consciousness?		
5	Do you have a bone or joint problem that could be made worse by a change in your physical activity?		
6	Is your doctor currently prescribing any medication for your blood pressure or for a heart condition?		
7	Do you know of <u>any</u> other reason why you should not engage in physical activity?		

*If you have answered "Yes" to one or more of the above questions, consult your physician before engaging in physical activity. Tell your physician which questions you answered "Yes" to. After a medical evaluation, seek advice from your physician on what type of activity is suitable for your current condition.*



#### GENERAL & MEDICAL QUESTIONNAIRE

Occupational Questions		Yes	No
1	What is your current occupation? _____		
2	Does your occupation require extended periods of sitting?		
3	Does your occupation require extended periods of repetitive movements? (If yes, please explain.) _____		
4	Does your occupation require you to wear shoes with a heel (dress shoes)?		
5	Does your occupation cause you anxiety (mental stress)?		
Recreational Questions		Yes	No
6	Do you partake in any recreational activities (golf, tennis, skiing, etc.)? (If yes, please explain.) _____		
7	Do you have any hobbies (reading, gardening, working on cars, exploring the Internet, etc.)? (If yes, please explain.) _____		
Medical Questions		Yes	No
8	Have you ever had any pain or injuries (ankle, knee, hip, back, shoulder, etc.)? (If yes, please explain.) _____		
9	Have you ever had any surgeries? (If yes, please explain.) _____		
10	Has a medical doctor ever diagnosed you with a chronic disease, such as coronary heart disease, coronary artery disease, hypertension (high blood pressure), high cholesterol or diabetes? (If yes, please explain.) _____		
11	Are you currently taking any medication? (If yes, please list.) _____ _____ _____		



# Annexe 8

## PEDro

### PEDro scale

1. eligibility criteria were specified	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
2. subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received)	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
3. allocation was concealed	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
4. the groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
5. there was blinding of all subjects	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
6. there was blinding of all therapists who administered the therapy	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
7. there was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
8. measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
9. all subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
10. the results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:
11. the study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where:

The PEDro scale is based on the Delphi list developed by Verhagen and colleagues at the Department of Epidemiology, University of Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). The list is based on "expert consensus" not, for the most part, on empirical data. Two additional items not on the Delphi list (PEDro scale items 8 and 10) have been included in the PEDro scale. As more empirical data comes to hand it may become possible to "weight" scale items so that the PEDro score reflects the importance of individual scale items.

The purpose of the PEDro scale is to help the users of the PEDro database rapidly identify which of the known or suspected randomised clinical trials (ie RCTs or CCTs) archived on the PEDro database are likely to be internally valid (criteria 2-9), and could have sufficient statistical information to make their results interpretable (criteria 10-11). An additional criterion (criterion 1) that relates to the external validity (or "generalisability" or "applicability" of the trial) has been retained so that the Delphi list is complete, but this criterion will not be used to calculate the PEDro score reported on the PEDro web site.

The PEDro scale should not be used as a measure of the "validity" of a study's conclusions. In particular, we caution users of the PEDro scale that studies which show significant treatment effects and which score highly on the PEDro scale do not necessarily provide evidence that the treatment is clinically useful. Additional considerations include whether the treatment effect was big enough to be clinically worthwhile, whether the positive effects of the treatment outweigh its negative effects, and the cost-effectiveness of the treatment. The scale should not be used to compare the "quality" of trials performed in different areas of therapy, primarily because it is not possible to satisfy all scale items in some areas of physiotherapy practice.

### Notes on administration of the PEDro scale:

All criteria	<b>Points are only awarded when a criterion is clearly satisfied.</b> If on a literal reading of the trial report it is possible that a criterion was not satisfied, a point should not be awarded for that criterion.
Criterion 1	This criterion is satisfied if the report describes the source of subjects and a list of criteria used to determine who was eligible to participate in the study.
Criterion 2	A study is considered to have used random allocation if the report states that allocation was random. The precise method of randomisation need not be specified. Procedures such as coin-tossing and dice-rolling should be considered random. Quasi-randomisation allocation procedures such as allocation by hospital record number or birth date, or alternation, do not satisfy this criterion.
Criterion 3	<i>Concealed allocation</i> means that the person who determined if a subject was eligible for inclusion in the trial was unaware, when this decision was made, of which group the subject would be allocated to. A point is awarded for this criteria, even if it is not stated that allocation was concealed, when the report states that allocation was by sealed opaque envelopes or that allocation involved contacting the holder of the allocation schedule who was "off-site".
Criterion 4	At a minimum, in studies of therapeutic interventions, the report must describe at least one measure of the severity of the condition being treated and at least one (different) key outcome measure at baseline. The rater must be satisfied that the groups' outcomes would not be expected to differ, on the basis of baseline differences in prognostic variables alone, by a clinically significant amount. This criterion is satisfied even if only baseline data of study completers are presented.
Criteria 4, 7-11	<i>Key outcomes</i> are those outcomes which provide the primary measure of the effectiveness (or lack of effectiveness) of the therapy. In most studies, more than one variable is used as an outcome measure.
Criterion 5-7	<i>Blinding</i> means the person in question (subject, therapist or assessor) did not know which group the subject had been allocated to. In addition, subjects and therapists are only considered to be "blind" if it could be expected that they would have been unable to distinguish between the treatments applied to different groups. In trials in which key outcomes are self-reported (eg, visual analogue scale, pain diary), the assessor is considered to be blind if the subject was blind.
Criterion 8	This criterion is only satisfied if the report explicitly states <i>both</i> the number of subjects initially allocated to groups <i>and</i> the number of subjects from whom key outcome measures were obtained. In trials in which outcomes are measured at several points in time, a key outcome must have been measured in more than 85% of subjects at one of those points in time.
Criterion 9	<i>An intention to treat analysis</i> means that, where subjects did not receive treatment (or the control condition) as allocated, and where measures of outcomes were available, the analysis was performed as if subjects received the treatment (or control condition) they were allocated to. This criterion is satisfied, even if there is no mention of analysis by intention to treat, if the report explicitly states that all subjects received treatment or control conditions as allocated.
Criterion 10	<i>A between-group statistical comparison</i> involves statistical comparison of one group with another. Depending on the design of the study, this may involve comparison of two or more treatments, or comparison of treatment with a control condition. The analysis may be a simple comparison of outcomes measured after the treatment was administered, or a comparison of the change in one group with the change in another (when a factorial analysis of variance has been used to analyse the data, the latter is often reported as a group x time interaction). The comparison may be in the form hypothesis testing (which provides a "p" value, describing the probability that the groups differed only by chance) or in the form of an estimate (for example, the mean or median difference, or a difference in proportions, or number needed to treat, or a relative risk or hazard ratio) and its confidence interval.
Criterion 11	<i>A point measure</i> is a measure of the size of the treatment effect. The treatment effect may be described as a difference in group outcomes, or as the outcome in (each of) all groups. <i>Measures of variability</i> include standard deviations, standard errors, confidence intervals, interquartile ranges (or other quantile ranges), and ranges. Point measures and/or measures of variability may be provided graphically (for example, SDs may be given as error bars in a Figure) as long as it is clear what is being graphed (for example, as long as it is clear whether error bars represent SDs or SEs). Where outcomes are categorical, this criterion is considered to have been met if the number of subjects in each category is given for each group.

- **Figure issu du site pedro.org**

[https://www.pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro\\_scale.pdf](https://www.pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale.pdf)

# Annexe 9

## AMSTAR

AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both

**1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?**

For Yes:

<input type="checkbox"/> Population	Optional (recommended)	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> Intervention	<input type="checkbox"/> Timeframe for follow-up	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Comparator group		
<input type="checkbox"/> Outcome		

**2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?**

For Partial Yes: The authors state that they had a written protocol or guide that included ALL the following:

<input type="checkbox"/> review question(s)	For Yes: As for partial yes, plus the protocol should be registered and should also have specified:	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> a search strategy	<input type="checkbox"/> a meta-analysis/synthesis plan, if appropriate, and	<input type="checkbox"/> Partial Yes
<input type="checkbox"/> inclusion/exclusion criteria	<input type="checkbox"/> a plan for investigating causes of heterogeneity	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> a risk of bias assessment	<input type="checkbox"/> justification for any deviations from the protocol	

**3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?**

For Yes, the review should satisfy ONE of the following:

<input type="checkbox"/> Explanation for including only RCTs	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR Explanation for including only NRSI	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> OR Explanation for including both RCTs and NRSI	

**4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?**

For Partial Yes (all the following):

<input type="checkbox"/> searched at least 2 databases (relevant to research question)	For Yes, should also have (all the following):	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> provided key word and/or search strategy	<input type="checkbox"/> searched the reference lists / bibliographies of included studies	<input type="checkbox"/> Partial Yes
<input type="checkbox"/> justified publication restrictions (e.g. language)	<input type="checkbox"/> searched trial/study registries	<input type="checkbox"/> No
	<input type="checkbox"/> included/consulted content experts in the field	
	<input type="checkbox"/> where relevant, searched for grey literature	
	<input type="checkbox"/> conducted search within 24 months of completion of the review	

**5. Did the review authors perform study selection in duplicate?**

For Yes, either ONE of the following:

<input type="checkbox"/> at least two reviewers independently agreed on selection of eligible studies and achieved consensus on which studies to include	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR two reviewers selected a sample of eligible studies and achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder selected by one reviewer.	<input type="checkbox"/> No

AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both

**6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?**

For Yes, either ONE of the following:

<input type="checkbox"/> at least two reviewers achieved consensus on which data to extract from included studies	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR two reviewers extracted data from a sample of eligible studies and achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder extracted by one reviewer.	<input type="checkbox"/> No

**7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?**

For Partial Yes:

<input type="checkbox"/> provided a list of all potentially relevant studies that were read in full-text form but excluded from the review	For Yes, must also have:	<input type="checkbox"/> Yes
	<input type="checkbox"/> Justified the exclusion from the review of each potentially relevant study	<input type="checkbox"/> Partial Yes
		<input type="checkbox"/> No

**8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?**

For Partial Yes (ALL the following):

<input type="checkbox"/> described populations	For Yes, should also have ALL the following:	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> described interventions	<input type="checkbox"/> described population in detail	<input type="checkbox"/> Partial Yes
<input type="checkbox"/> described comparators	<input type="checkbox"/> described intervention in detail (including doses where relevant)	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> described outcomes	<input type="checkbox"/> described comparator in detail (including doses where relevant)	
<input type="checkbox"/> described research designs	<input type="checkbox"/> described study's setting	
	<input type="checkbox"/> timeframe for follow-up	

**9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?**

**RCTs**

For Partial Yes, must have assessed RoB from:

<input type="checkbox"/> un concealed allocation, and	For Yes, must also have assessed RoB from:	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> lack of blinding of patients and assessors when assessing outcomes (unnecessary for objective outcomes such as all-cause mortality)	<input type="checkbox"/> allocation sequence that was not truly random, and	<input type="checkbox"/> Partial Yes
	<input type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome	<input type="checkbox"/> No
		<input type="checkbox"/> Includes only NRSI

**NRSI**

For Partial Yes, must have assessed:

<input type="checkbox"/> from confounding, and	For Yes, must also have assessed RoB:	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> from selection bias	<input type="checkbox"/> methods used to ascertain exposures and outcomes, and	<input type="checkbox"/> Partial Yes
	<input type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome	<input type="checkbox"/> No
		<input type="checkbox"/> Includes only RCTs

**10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?**

For Yes:

<input type="checkbox"/> Must have reported on the sources of funding for individual studies included in the review. Note: Reporting that the reviewers looked for this information but it was not reported by study authors also qualifies	<input type="checkbox"/> Yes
	<input type="checkbox"/> No

**11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?**

**RCTs**

For Yes:

<input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results and adjusted for heterogeneity if present.	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> AND investigated the causes of any heterogeneity	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted

**For NRSI**

For Yes:

<input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results, adjusting for heterogeneity if present	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> AND they statistically combined effect estimates from NRSI that were adjusted for confounding, rather than combining raw data, or justified combining raw data when adjusted effect estimates were not available	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
<input type="checkbox"/> AND they reported separate summary estimates for RCTs and NRSI separately when both were included in the review	

**12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?**

For Yes:

<input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR, if the pooled estimate was based on RCTs and/or NRSI at variable RoB, the authors performed analyses to investigate possible impact of RoB on summary estimates of effect.	<input type="checkbox"/> No
	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted

**13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?**

For Yes:

<input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR, if RCTs with moderate or high RoB, or NRSI were included the review provided a discussion of the likely impact of RoB on the results	<input type="checkbox"/> No

**14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?**

For Yes:

<input type="checkbox"/> There was no significant heterogeneity in the results	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR if heterogeneity was present the authors performed an investigation of sources of any heterogeneity in the results and discussed the impact of this on the results of the review	<input type="checkbox"/> No

**15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?**

For Yes:

<input type="checkbox"/> performed graphical or statistical tests for publication bias and discussed the likelihood and magnitude of impact of publication bias	<input type="checkbox"/> Yes
	<input type="checkbox"/> No
	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted

**16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?**

For Yes:

<input type="checkbox"/> The authors reported no competing interests OR	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> The authors described their funding sources and how they managed potential conflicts of interest	<input type="checkbox"/> No

Figure issu du site : <https://amstar.ca/docs/AMSTAR-2>  
 To cite this tool: Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamer C, Moran J, Moher D, Tugwell P, Welch V, Kristjansson E, Henry DA. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. BMJ. 2017 Sep 21;358:j4008.

## **Annexe 10**

### **Définition des biais**

- Le biais de sélection désigne une erreur systématique faite lors de la sélection des sujets à étudier, pouvant conduire à un échantillon d'étude non représentatif.
- Le biais d'évaluation concerne le fait de savoir si les patients, les thérapeutes ou les examinateurs sont « en aveugle » ou non.
- Le biais de suivi est constaté lorsque les 2 groupes étudiés ne sont pas suivis de la même manière durant l'étude.
- Le biais d'attrition est retrouvé lorsque les groupes initialement inclus et le groupe final est différent.
- Le biais de confusion est assujettis à une erreur d'appréciation entre les effets de la thérapie et les conséquences de la pathologie étudiés.

## Résumé

**Titre :** Le foot-core, la panacée pour la faiblesse des intrinsèques du pied ?

**Méthodologie :** Revue de littérature systématique de type thérapeutique et étiologique

Le but de ce mémoire a démontré l'implication de la faiblesse des muscles intrinsèques du pied dans l'apparitions de pathologie ascendante et d'étudier les bénéfices du foot-core.

Cette thérapeutique est basée sur un renforcement des intrinsèques, une mobilisation des articulations du pied et sur l'étirement de structure intrinsèque au pied.

L'implication des intrinsèques est implicite, on retrouve chez des sujets souffrant de pathologies du membre inférieur une constante qui est une faiblesse des muscles intrinsèques du pied.

Le foot-core est une rééducation majoritairement pratiquée chez les coureurs, mais elle est bénéfique pour tous les sujets, sportif ou non.

**Mots-clés :** Foot-core, Intrinsèques du pied, voûte médiale du pied, renforcement, blessure de sur-utilisation, drop naviculaire.

## Summary

**Title :** Foot-core, the panacea for the foot's intrinsic weakness ?

**Méthodologie :** Systematic review with therapeutic and etiologic literature.

The aim of this thesis is to demonstrate the implication of the weakness of intrinsic foot muscle in overuse injury of lower limb and to study foot-core benefits.

This therapeutic is based on the strengthening of the intrinsic's muscle, on foot joint's mobilization and on stretching of the foot structures.

Intrinsic's implication was implied, we found in subject with overuse injury of lower limb a constant : weakness of intrinsic foot muscle.

Foot-core is mainly found among runners but this therapeutic is beneficial for everyone.

**Keywords :** Intrinsic Foot Muscle weakness, Medial Longitudinal Arch, Overuse Injury, Short foot Exercise, Foot Control.



## Remerciement

Je pensais écrire mes premiers remerciements lors d'édition de mon premier roman, ce n'est pas le cas malheureusement.

Il me tient à cœur d'écrire cette partie car ce travail est l'aboutissement d'un parcours scolaire et d'étude qui resteront un long parcours, difficiles mais au combien riche de rencontre et d'acquisition de connaissances.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à mon éveil et qui m'ont soutenu tout au long de ce parcours :

- Le corps enseignant de Saint-Joseph De la Madeleine qui m'a permis d'intégrer les études supérieures.
- Marie, ma coach en médecine, elle ne lira sûrement jamais ces lignes mais ton aide et ton soutien ont changé ma vie, et je t'en remercie.
- L'IFMK de Marseille, il en faut du temps pour transformer un bébé kiné en MKDE, et je vous remercie de l'avoir prité, de m'avoir offert un soutien sans faille et une formation de qualité.
- Mes lieux de stages, et les professionnels qui ont été présent pour moi, je vous remercie pour tout vos conseils, votre aide et je vous souhaite une bonne continuation et surtout une vie heureuse.

Je tiens maintenant à remercier :

- ❖ Monsieur Philippe Le Tilly, mon maître de mémoire et maître du pied, pour ton aide, tes conseils, ta présence et ton expertise. Merci
- ❖ Ma famille, Pap's, Mam's Théo et Lili, vous avez toujours été là pour moi, à chaque étape de ma vie, chaque décision et vous m'avez toujours soutenu. Merci.
- ❖ Tous les lecteurs de ce travail, vos conseils m'ont été précieux et votre aide m'a beaucoup touché.
- ❖ Papou, pour ta relecture et ta collecte des fautes d'orthographe.
- ❖ Toute ma famille, paternel et maternel, pour tous les moments passé ensemble, cette joie que vous m'apportez et votre soutien indéfectible.
- ❖ Ma belle-famille qui m'a accueilli et m'a donné tout le support dont j'avais besoin pour avancer, merci.
- ❖ Cloé, ton aide, ton soutien, ton amour, ta présence m'ont permis d'avancer et de devenir l'homme que je suis aujourd'hui, merci d'être là pour moi.
- ❖ Et enfin mes amis, sans qui la vie serait moins intéressante, vous savez qui vous êtes et je vous remercie.

Merci à vous qui lisez ces lignes actuellement.

*A Opa*