

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

**LA PRÉVENTION DES BLESSURES EN COURSE À
PIED, ÉTAT DES LIEUX ET RÔLE DU MASSEUR-
KINÉSITHÉRAPEUTE D'APRÈS LA LITTÉRATURE.**

Mémoire présenté par **Charlotte RIGONI**
Étudiante en 3^{ème} année de masso-kinésithérapie,
en vue de l'obtention du Diplôme d'État
de Masseur-Kinésithérapeute
2014-2017

SOMMAIRE

| | |
|--|------------|
| 1. INTRODUCTION..... | 1. |
| 2. MÉTHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE..... | 2. |
| 2.1. Choix du sujet..... | 2. |
| 2.2. Base de données..... | 3. |
| 3. NOTIONS SUR LA COURSE À PIED : CADRE THÉORIQUE..... | 4. |
| 3.1. Caractérisation d'un cycle et d'une foulée..... | 4. |
| 3.2. Les différents types de foulées..... | 6. |
| 3.2.1. La course taligrade..... | 7. |
| 3.2.2. La course minimaliste..... | 6. |
| 3.2.3. La course de sprint..... | 8. |
| 3.3. Les forces appliquées sur l'appareil musculo-squelettique lors de la course à pied | 8. |
| 3.4. L'influence d'autres facteurs sur la biomécanique de course | 11. |
| 3.4.1. La course de sprint..... | 11. |
| 3.4.1.1. La fatigue..... | 11. |
| 3.4.1.2. Le sexe..... | 12. |
| 3.4.1.3. L'anatomie et la biomécanique..... | 13. |
| 3.4.1.4. L'anatomie et la biomécanique..... | 14. |
| 3.4.1.5. Perte de flexibilité..... | 14. |
| 3.4.2. Les facteurs extrinsèques | 15. |
| 3.4.2.1. Perte de flexibilité..... | 15. |
| 3.4.2.2. Les chaussures..... | 16. |
| 3.4.2.2.1. Les chaussures minimalistes..... | 16. |
| 3.4.2.2.2. Les chaussures traditionnelles..... | 17. |
| 3.4.3. Les erreurs d'entraînement | 18. |
| 4. NOTIONS SUR LA COURSE À PIED : CADRE THÉORIQUE..... | 18. |

| | |
|---|------------|
| 4.1. Le Bilan au cabinet..... | 18. |
| 4.1.1. Evaluation et anamnèse..... | 18. |
| 4.1.2. Evaluation fonctionnelle..... | 19. |
| 4.1.3. Evaluation biomécanique..... | 19. |
| 4.1.4. Evaluation orthopédique..... | 20. |
| 4.2. Traitement masso-kinésithérapique..... | 18. |
| 4.2.1. Diminuer l'impact sur le squelette..... | 21. |
| 4.2.1.1. Modifier l'attaque au sol..... | 21. |
| 4.2.1.2. Modifier la cadence | 21. |
| 4.2.1.3. Modifier l'inclinaison du tronc..... | 22. |
| 4.2.1.4. Réduire l'interférence avec le sol..... | 22. |
| 4.2.2. Améliorer l'alignement..... | 23. |
| 4.2.3. Etre progressif..... | 23. |
| 4.2.3.1. La règle des « 3P »..... | 23. |
| 4.2.3.2. La modulation des entrainements | 24. |
| 4.2.4. Les étirements..... | 24. |
| 4.2.5. Échauffement..... | 24. |
| 4.3. Les 10 règles d'or : conseils..... | 25. |
| | |
| 5. DISCUSSION..... | 27. |
| 5.1. Le vaste choix des stratégies..... | 27. |
| 5.2. Les difficultés rencontrées dans ce mémoire..... | 28. |
| | |
| 6. CONCLUSION..... | 29. |

RÉSUMÉ

La course à pied est devenue l'une des activités sportives les plus populaires dans le monde, le nombre de coureurs ayant grandement augmenté au cours de ces 40 dernières années. Cependant, la conséquence première à cette popularité croissante est l'augmentation des blessures musculo-squelettiques (plus de 50% de blessures chaque année).

Partant de ce constat, nous nous sommes intéressés à l'influence des corrections des facteurs intrinsèques et extrinsèques dans la modification de la biomécanique de course. Pour cela, nous avons réalisé une recherche bibliographique afin de déterminer le rôle du masseur-kinésithérapeute auprès des athlètes débutants comme confirmés pour diminuer ces statistiques.

La modification des interférences avec le sol, de l'attaque au sol de la cadence et de l'inclinaison du tronc contribue à adopter une biomécanique efficace afin de réduire le risque de survenue de blessures. Le conseil au sujet des modulations d'entraînements, des étirements et de l'échauffement permet de réduire l'incidence des blessures de surentraînements.

Ce travail permettra aux masseurs-kinésithérapeutes d'intervenir dans un rôle de prévention primaire face aux blessures et permettra aux coureurs d'être acteurs dans le choix de leur matériel et de leur biomécanique de course.

MOTS –CLÉS : Blessures, course à pied, consignes, chaussures, prévention.

KEY-WORDS : Injuries, running, instructions, shoes, preventions.

1. INTRODUCTION

Pratiquer une activité physique et sportive est devenu un phénomène de mode avec un développement impressionnant. En effet, le nombre de pratiquants est aujourd'hui 8 fois supérieur à celui de 1949, avec des sports de plus en plus variés [1]. Le nombre de sportifs licenciés français est estimé à l'heure d'aujourd'hui à plus de 17 millions [2], et environ 30 millions de personnes pratiquent une activité physique ou sportive. Parmi ces sports, nous notons la nette progression de la course à pied depuis une dizaine d'années. Cette dernière séduit de plus en plus de monde. Le nombre de pratiquants est passé en quelques années de 6 à 8,5 millions selon la fédération française d'athlétisme [3]. Cet engouement est dû notamment aux bienfaits de la course à pied divulgués par les médias tels que « la course à pied fait maigrir », « la course à pied renforce votre cœur », « la course à pied vous rend heureux »... mais également parce que la pratique du « running » nécessite peu de matériel et peut se pratiquer partout en un minimum de temps.

Le « jogging » pratiqué de façon occasionnelle il y a quelques années se transforme en sport tendance qui séduit aussi bien les hommes que les femmes. Cette popularité grandissante en fait le sport le plus pratiqué en France à l'heure actuelle avec 25% de la population qui consacre une partie de son temps à une pratique récréative ou régulière.

En effet, la pratique régulière de la course à pied est reconnue comme une source de santé, de bien-être et d'épanouissement [4]. Cependant, comme toute activité sportive, la pratique de la course à pied n'est pas sans risque, elle peut être responsable d'accidents ou de blessures. Entre 35 et 55% des « runners » sont victimes chaque année d'une blessure plus ou moins sérieuse [5]. Les blessures les plus fréquentes retrouvées en course à pied sont la tendinopathie d'Achille, les périostites tibiales, le syndrome fémoro-patellaire, le syndrome de la bandelette ilio-tibiale, l'aponévrosite plantaire. De par la recrudescence de ces blessures, les coureurs sont de plus en plus fréquemment retrouvés dans la patientèle du masseur-kinésithérapeute. Ce dernier est régulièrement amené à recevoir des sportifs de tous niveaux

dans son cabinet et il peut également en prendre en charge sur le terrain dans le cadre des entraînements et des compétitions. Il aura un rôle dans le soin du sportif mais aussi dans le conseil et la prévention afin de réduire les risques de récurrences ou l'apparition d'autres blessures.

La blessure musculo-squelettique peut entraîner l'échec d'une compétition, d'une performance, ou même de toute une saison. Lorsque le sportif se blesse, il voudra guérir au plus vite pour reprendre la préparation physique le plus tôt possible et ne pas perdre son niveau sportif. Cette démarche est coûteuse sur le plan économique mais aussi sur le plan de la gestion de la saison du sportif puisqu'elle expose au risque accru de récurrences. Ainsi, il apparaît primordial de prévenir la survenue des blessures pour ne pas compromettre toute une saison sportive, en évitant les récurrences et donc la chronicisation de ces blessures [6]. Dans ce contexte, une réflexion concernant les stratégies de prévention de la blessure en course à pied doit être menée.

A travers ce mémoire, nous nous sommes donc demandé quels sont les facteurs intrinsèques et extrinsèques sur lesquels le masseur-kinésithérapeute peut agir afin de diminuer les contraintes mécaniques s'exerçant sur le membre inférieur de l'athlète lors de la course à pied et ainsi prévenir la récurrence des blessures.

2. MÉTHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1. Choix du sujet

La course à pied est un sport pratiqué dans le monde entier. La prise en charge des blessures ainsi que la prévention de leur survenue et de leur récurrence sont des domaines qui nous concernent tout particulièrement. Nous avons donc décidé de comparer les différentes

prises en charge masso-kinésithérapiques retrouvées dans la littérature actuelle afin de répondre au mieux aux attentes de nos patients à venir.

2.2. Base de données

Pour répondre à notre problématique : « Quels sont les facteurs intrinsèques et extrinsèques sur lesquels le masseur-kinésithérapeute peut agir afin de diminuer les contraintes mécaniques s'exerçant sur le membre inférieur de l'athlète lors de la course à pied et ainsi prévenir la récurrence des blessures chez les athlètes ? », nous avons réalisé notre recherche bibliographique à l'aide de différentes bases de données :

Les mots clés utilisés en français ont été les suivants : blessures, course à pied, consignes, chaussures, prévention. Les mots clés anglais étaient : injuries, running, instructions, preventions, shoes.

Cette recherche documentaire s'est effectuée sur une période allant de septembre 2016 à février 2017. Elle concerne une période de publication incluant les dix dernières années afin d'obtenir des articles pertinents, basés sur les données actuelles de la science. A travers nos recherches, nous avons obtenu 3362 ressources sous forme d'articles et/ou ouvrages :

- **PUBMED** (Medline) : 1 résultat avec l'ensemble des mots-clés injuries, running, prevention, shoes et 2978 résultats avec les mots clés injuries, running.
- **PEDro** : 0 résultat avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, prévention, chaussures mais 36 résultats avec les mots-clés injuries, running.
- **REEDOC-IRR** : 0 résultat avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, prévention, chaussures mais 38 résultats avec le mot clé course à pied.
- **PETALE** : 0 résultat avec les mots-clés injuries, running, instructions, prevention, shoes mais 30 résultats avec les mots-clés injuries, running.
- **Cochrane Library** : 1 résultat avec les mots-clés injuries, running, shoes, prevention mais 47 résultats avec les mots-clés injuries, running.

- **KINEDOC** : 0 résultat avec les mots-clés blessure, course à pied, prévention, consignes mais 45 résultats avec le mot clé course à pied.
- **EM-premium** : 233 résultats dont 222 en français et 11 en anglais avec les mots-clés course à pied et blessures.

Ainsi, pour répondre à notre problématique, nous avons sélectionnés 69 références bibliographiques. Aucun article n'a été trouvé sur l'importance des consignes lors de la pratique de la course à pied. Notre bibliographie dispose de **61** articles dont **7** méta-analyses, **7** ouvrages, **1** conférence / support vidéo. En dehors des revues de littératures et des méta-analyses sélectionnées au cours de nos recherches, la majorité des publications sont des études prospectives ou rétrospectives appliqués sur un ou plusieurs champs nous intéressants, cependant, elles comportent des biais importants. Elles correspondent à un grade de recommandation de niveau C selon la Haute Autorité de Santé ; et sont considérées comme faibles par leur niveau de preuve.

3. NOTIONS SUR LA COURSE À PIED : CADRE THÉORIQUE

3.1. Caractérisation d'un cycle et d'une foulée

La course à pied à allure régulière se caractérise comme un cycle alternatif de foulées [7]. Ce dernier se répète à l'identique et se définit par l'intervalle de temps et d'espace séparant l'instant de pose d'un pied jusqu'au moment de pose suivant de ce même pied. Un cycle de course se compose de deux foulées consécutives et symétriques : une foulée droite et une foulée gauche. Ainsi, la foulée peut être définie par une mesure au sol de la distance entre deux appuis successifs.

Par ailleurs, un cycle se compose de deux phases : une phase d'appui et une phase de suspension. Le rapport de temps lors de la course à pied est d'environ 40% en phase d'appui et 60% en phase de suspension [8]. La phase d'appui se découpe en trois temps :

- un temps d'amortissement, (phase taligrade)
- un temps de soutien, (phase plantigrade)
- et un temps de poussée ou de propulsion (phase digitigrade).

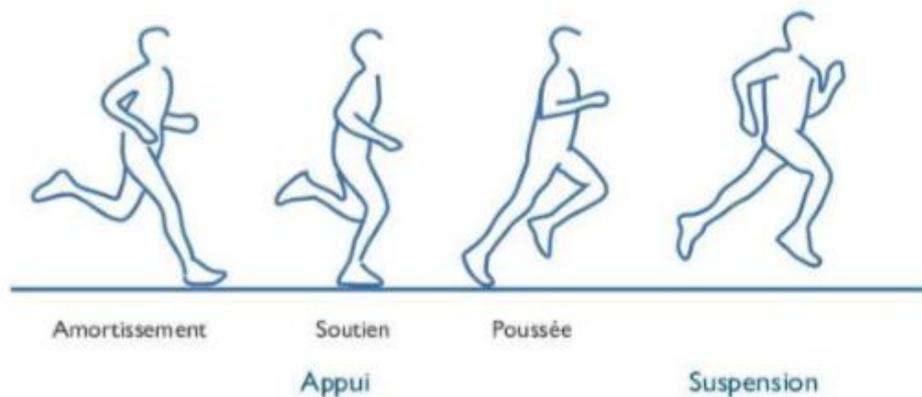


Figure 1 : les différentes phases d'un cycle de foulée, tiré de Volodalen.com

La phase de suspension se définit lorsque les deux pieds ne sont plus en contact avec le sol. Dans le cas des foulées traditionnelles, l'amortissement débute à l'instant où le pied entre en contact avec le sol et se termine lorsque la projection du centre de gravité coïncide avec la verticale de l'appui. Dès lors, des forces s'appliquent sur le corps du coureur:

- une force de soutien, dirigée vers le haut
- et une force frénatrice, dirigée vers l'arrière [9].

La phase de soutien correspond au moment où le centre de gravité est à l'aplomb de l'appui au sol. Pendant ce temps de soutien, la force sert à soutenir le centre de gravité [9].

La phase de poussée vient après le temps de soutien et se termine quand le pied quitte le sol. Pendant ce temps de poussée, la force exercée par le coureur sur le sol est orientée dans le

sens du déplacement [8]. Elle est composée d'une force de soutien et d'une force accélératrice [9].

De plus, la foulée en course à pied peut se caractériser par sa fréquence [8]. La fréquence de foulée correspond au rapport du nombre de foulées en fonction d'un temps donné (nombre de foulées par seconde).

3.2. Les différents types de foulées

La foulée se décrit également par le type de pose de pied. Il en existe trois types [10]:

- l'attaque talon,
- l'attaque mi-pied ou médio-pied,
- et l'attaque avant-pied.



Figure 2 : Les différents types de pose de pied

3.2.1. La course taligrade

Lors d'une prise d'appui talon, appelée « rear foot », c'est le talon qui touche en premier le sol [11]. Selon Larson, cette technique de course est employée par plus de 70% des coureurs [12] et s'est largement développée depuis que les chaussures de « confort » ont pris leur lettre de noblesse (depuis 1970). En effet, à la suite d'un nombre de pratiquants toujours plus important, les fabricants de chaussures ont réalisé des investissements afin d'élaborer de nombreux modèles pour répondre aux attentes des coureurs. La conception de ces chaussures a été formulée autour de 5 axes : le confort, l'amorti, le dynamisme, l'adhérence et la stabilité du pied. [13]

La position du corps lors de l'attaque du talon est la suivante :

- talon légèrement en avant de l'aplomb du bassin,
- bassin antéversé,
- genou en flexion (déverrouillage : flexion de 15° environ)
- et cheville en position neutre (90° par rapport à la jambe) ou fermée.

Le membre qui oscille passe la majorité de sa course en arrière du bassin. L'action freinatrice et amortissante est due à la position du talon lors de l'attaque, en avant de l'aplomb du bassin. C'est une foulée postérieure caractérisée de cycle arrière.

3.2.2. La course minimaliste

La prise d'appui mi-pied consiste à attaquer le sol avec la tête des métatarsiens ou le milieu du pied (position du pied plus ou moins à plat). C'est la technique de course la plus « naturelle », assimilée à une course pratiquée pied nu. Pour ressentir l'effet de cette foulée, il suffit de se déchausser ou de porter des chaussures de type minimaliste. Cette technique de course utilise un amortisseur naturel, favorisé par la contraction excentrique de différents

muscles de façon concomitante (grand fessier, quadriceps, triceps sural, muscles rétro-malléolaires et muscles suspenseurs plantaires) avec les composants ostéo-articulaires comme l'aponévrose plantaire, les ligaments de la cheville et du pied, ainsi que les articulations subtalaires, de Chopart et de Lisfranc [14].

Cependant, seulement 23% des coureurs l'utilisent [11]. Le pied se posant au niveau de l'aplomb du bassin, celui-ci est axé. Le membre oscillant va monter vers le torse, genou fléchi, avant de se tendre. Le membre passe plus vite vers l'avant du bassin (qui s'antéverse) et il y évolue plus longtemps, ceci juste avant de poser le pied à l'aplomb. Cette posture provoque un déséquilibre avant qui favorise la propulsion. C'est une foulée antérieure caractérisée de cycle avant.

Nous pouvons associer la course minimaliste à une approche « Lift and Kiss ». Cette méthode proposée par Jason Robillard dans *The barefoot Running Guide* consiste à obtenir un pied rasant le sol (lift) tout en le posant sans choc (kiss) lors de l'appui qui se veut le plus silencieux possible.

3.2.3. La course de sprint

Enfin, la prise d'appui avant-pied strict, plutôt réservée au sprint (griffé) se retrouve chez 3% des coureurs. Elle consiste à attaquer le sol avec la pointe de pied et la tête des métatarsiens [11]. Dans les études menées à ce sujet, la littérature ne différencie pas la prise mi-pied de la prise avant-pied.

3.3. Les forces appliquées sur l'appareil musculo-squelettique lors de la course à pied

Chaque fois que le coureur dépose le pied au sol, le corps reçoit des forces d'impact (VLR : vertical loading rate) [15]. En réponse à cet impact, il se crée une force de réaction du

sol (GRF : ground reaction force) en réponse à l'impact créé par la jambe. Cette force de collision a une amplitude égale à 2 à 3 fois le poids du corps [16].

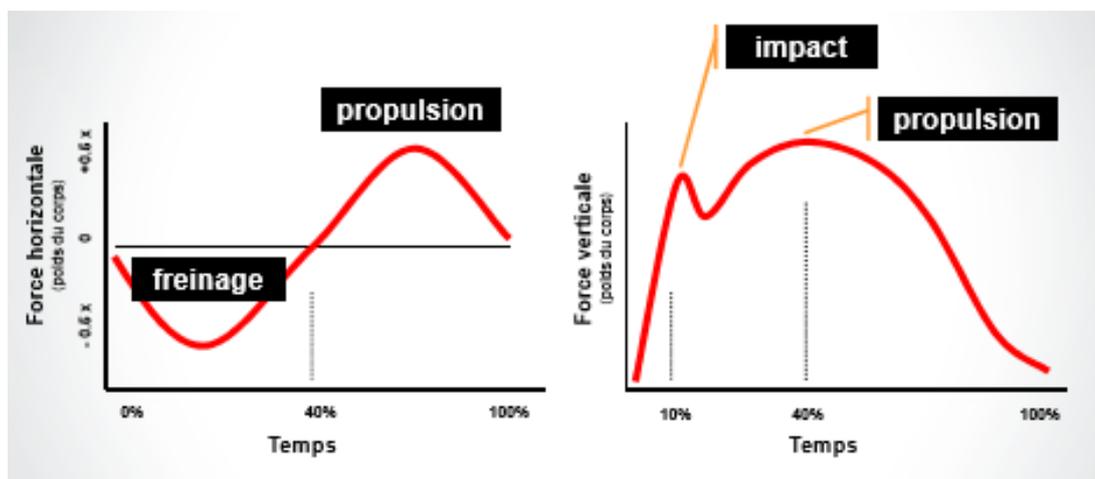


Figure 3 : représentation du « GRF ». tiré de lacliniqueducoureur.com

Lorsque le coureur est chaussé et opte pour une prise d'appui talon, on remarque deux pics de forces d'impact sur la courbe de force de réaction au sol. Selon Giandolini [11], il y a une forme passive et une forme active. Le pic passif est créé suite à la production d'une force d'impact lorsque le pied est déposé au sol. Cela crée des vitesses de force d'impact importantes très précocement dans la phase d'appui [17]. Le pic actif représente l'accélération volontaire du coureur lors de la poussée, encore appelée la propulsion. Il est créé lorsque les muscles se contractent en réaction à la force d'impact [9]. Les impacts associés à l'attaque du talon sont des forces soudaines avec de hautes vitesses et de hautes amplitudes d'impact qui se propagent rapidement dans le corps et qui pourraient, par conséquent, contribuer à un risque de blessures [15].

Zadpoor et Nikooyan [18], dans une méta-analyse regroupant 13 études, concluent que la vitesse de force d'impact "VLR" est associée aux fractures de stress du membre inférieur et non la force de réaction du sol "GRF". Même si la méta-analyse incluait toutes les fractures de stress des membres inférieurs, les fractures de stress tibiales ont été celles qui ont influencé les statistiques reliant les fractures au VLR.

De même, une méta-analyse incluant 18 études réalisée par Van der Worp et al. [19] conclut que la vitesse de l'application de la charge était plus grande dans les études qui analysaient les patients avec une histoire de fractures de stress ET une histoire de n'importe quelle autre pathologie, comparé au groupe contrôle au cours d'études qui étaient toutes rétrospectives.

L'amorti de la force de réaction au sol (GRF) permet d'éviter l'onde de choc réactionnelle à l'impact, et diminue ainsi l'incidence des blessures du membre inférieur [20]. La technique de prise d'appui mi-pied, permet d'amortir la force de réaction au sol par les tissus mous (voûte plantaire, tendon d'Achille, triceps sural...). En effet, le coureur attaque le sol avec la jambe fléchie (flexion plantaire de cheville, flexion de genou, flexion de hanche) à un certain degré mettant en jeu le système musculaire [9]. La flexion du membre inférieur peut être assimilée à un « piston » assurant ainsi efficacement l'amorti et le retour vers la propulsion. Lors d'une prise d'appui talon, le coureur attaque le sol jambe tendue, talon en premier. Dès lors, l'onde de choc va se propager dans les structures osseuses et les articulations jusqu'au rachis lombaire [11].

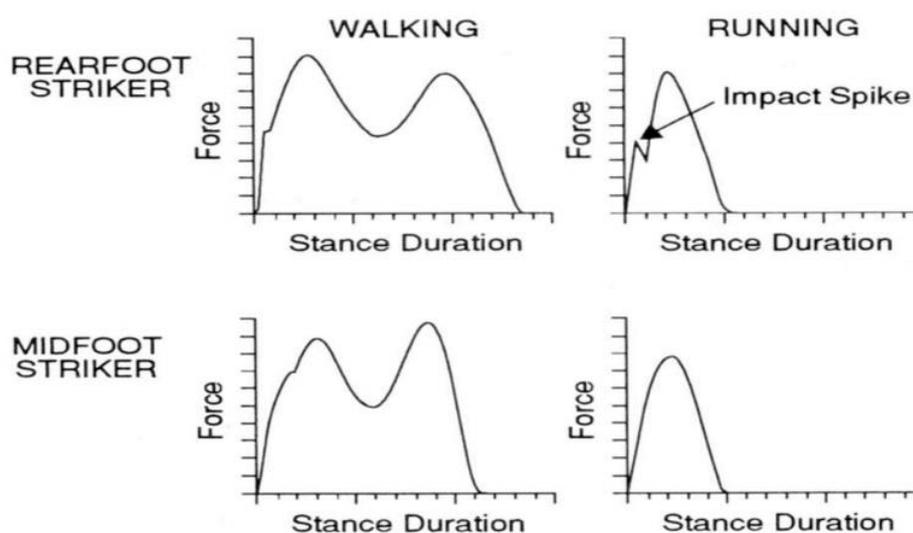


Figure 4 : « Vertical Loading Rate » en fonction du type de course [21]

Pour conclure, plusieurs forces sont appliquées sur le membre inférieur du coureur lorsqu'il pratique sa discipline. Lors de la phase d'appui, la force de réaction au sol est très importante (2 à 3 fois le poids du corps). La phase amortissante permet d'absorber la force de réaction au sol et évite la propagation de l'onde de choc. Dès lors, deux questions se posent : est-ce les contraintes de la course à pied qui entraînent des vices biomécaniques et donc des blessures? Ou alors est-ce la mauvaise technique de course qui entraîne des blessures par une mauvaise acceptation des contraintes lors de la course à pied?

3.4. L'influence d'autres facteurs sur la biomécanique de course

Outre les forces extérieures et la variation du stress mécanique s'appliquant sur le membre inférieur de l'athlète, on remarque également des facteurs intrinsèques et extrinsèques qui peuvent modifier la biomécanique de course chez un athlète pratiquant un marathon comme chez un joggeur débutant.

On considère que le corps s'adapte dans la mesure où le stress appliqué n'est pas plus grand que sa capacité d'adaptation. La cause des blessures de surutilisation en course à pied est majoritairement conséquente à une maladaptation du corps au stress mécanique, aux facteurs intrinsèques ou extrinsèques. L'adaptation du corps est la meilleure des méthodes afin d'avoir une action préventive sur les blessures de surutilisation.

3.4.1. Les facteurs intrinsèques

3.4.1.1. La fatigue

La fatigue est un phénomène multidimensionnel complexe, auquel les individus réagissent différemment. D'un point de vue biomécanique, Derrick, and al [22] ont noté une diminution de l'atténuation de l'onde de choc à cause des pics d'impact augmentés à la jambe.

L'accélération de l'impact sur la jambe durant l'attaque du talon augmente significativement, probablement parce que les muscles sont fatigués et ont donc une moins bonne capacité de protection. Concernant les modifications du patron de course, il n'y a aucun consensus quant à l'impact de la fatigue sur la longueur de la foulée. En effet, des études montrent que la longueur de la foulée diminue avec la fatigue, pendant que d'autres montrent qu'elle ne varie pas ou même qu'elle augmente [23, 24, 25]. Ces différences relèvent de la grande variabilité des réponses interindividuelles à la fatigue. Outre la longueur de la foulée, on remarque que la fatigue incite les coureurs à prendre une prise d'appui talon.

Une étude de Larson et al. en 2011 a montré qu'au fur et à mesure d'une course, avec la fatigue, les coureurs médio-pied adoptaient une prise d'appui talon [26]. Ils ont étudié le type de foulées des coureurs chaussés lors d'un marathon. Au passage du dixième kilomètre, 88.9% des coureurs attaquaient le sol avec l'arrière pied. Les autres utilisaient l'avant pied ou le médio pied ou courraient de façon asymétrique. Au trente-deuxième kilomètre, la grande majorité des coureurs plantigrades étaient passés à une attaque taligrade. Aucune correspondance n'a pu être établie entre le type de foulée et le temps de course. Cependant, ce changement de patron pourrait être expliqué par le fait que les coureurs qui attaquent avec l'avant-pied mettent une charge excentrique sur la cheville et sur les muscles du mollet entraînant ainsi une fatigue de ceux-ci. Un changement de patron de course évite donc de les fatiguer davantage [26].

3.4.1.2. Le sexe

D'autre part, on remarque des différences biomécaniques entre le sexe féminin et le sexe masculin. En général, les femmes ont un bassin plus large que celui des hommes, faisant en sorte que l'alignement des membres inférieurs entre les deux sexes diffère [27]. Avec cette forme du bassin, les femmes ont une antéversion fémorale et un genou valgum plus prononcés. Ces différences augmentent donc leur risque d'avoir une torsion externe du tibia, une pronation excessive de l'avant-pied et une valgisation de l'arrière pied [27].

3.4.1.3. L'anatomie et la biomécanique

Etroitement lié au sexe des individus, l'anatomie varie en fonction de chacun. Nous n'avons pas retrouvé de consensus dans la littérature. Après analyse du type de pied, de la posture statique du pied, de l'angle Q, de la longueur des membres inférieurs en ce qui concerne l'anatomie, nous avons retrouvé dans les données de la littérature qu'il n'existait pas de lien entre une particularité installée et les pathologies associées [28-29]. Sauf dans les cas où cette modification est secondaire à un changement aigu (perte de force secondaire problème neurologique ou perte d'amplitude suite à ancienne blessure ex : entorse cheville il y a quelques mois...). En effet, si le problème est congénital, notre corps y est déjà adapté...

De la même façon au niveau de la biomécanique, à la suite de nos recherches dans la littérature afin de connaître la relation entre la biomécanique d'un individu donné et sa propension à être sujet aux blessures, nous avons constaté qu'il était intéressant d'analyser le « navicular drop » [30], le type de pied, qu'il soit pronateur, supinateur ou qualifié de pied « normal », la rotation du tibia, le vecteur en valgus ou varus du genou ou encore l'attitude de la hanche (adduction et en rotation interne par exemple) [31]. L'analyse clinique de la biomécanique de course consiste à quantifier la force d'impact (bruit, VLR) et la fréquence des pas, associé à une analyse visuelle de bas en haut (vue antérieure) et de haut en bas (vue latérale)[32].

De façon similaire au point de vue anatomique, nos recherches ont conclu qu'il est intéressant d'analyser les différents paramètres énoncés ci-dessus mais qu'il n'y a généralement pas de lien entre une particularité biomécanique installée et les pathologies de l'appareil locomoteur [30-31-33]. Cette constatation est évidemment à nuancer lorsqu'il existe une modification de la cinématique de façon secondaire consécutivement à un changement aigu chez le sujet.

3.4.1.4. Les dysfonctions musculaires

Comme pour l'anatomie et la biomécanique, le lien entre une dysfonction musculaire et un risque augmenté de blessure n'est pas clairement établi. [34-35-36]

Une diminution de force ou un déséquilibre musculaire peut entraîner un changement de patron de recrutement et par conséquent favoriser une blessure [34], particulièrement lorsque cette modification est récente. Nous retrouvons assez souvent une faiblesse des muscles fessiers (moyen fessier,...) [35] ou encore des rotateurs externes de la hanche ce qui entraîne une dynamique plus ou moins optimale lors de la course. Les principales causes de cette faiblesse sont liées à des problèmes ligamentaires, neurologiques, relatifs à d'anciennes blessures ou à des habitudes.

3.4.1.5. Perte de flexibilité

Une diminution de la capacité d'étirement d'un muscle peut entraîner une modification de la biomécanique de course. En effet, une perte de flexibilité au niveau des ischio-jambiers, du quadriceps, ou du psoas qui sont tous les trois des muscles prenant insertion sur le bassin peuvent entraîner une limitation d'amplitude du bassin, et donc une perturbation du schéma de course. Les étirements musculaires ne sont pas efficaces pour augmenter la température d'un muscle [37]. Ils ne préviennent pas des courbatures et ne contribuent pas à améliorer la récupération post entraînement. Néanmoins, l'étirement musculaire régulier, à distance des entraînements, a une influence positive sur l'incidence des blessures [37-38]. L'étirement musculaire avant l'activité ne diminue pas l'incidence des blessures et pourrait même l'augmenter. De fait, l'étirement d'un muscle dans ses amplitudes extrêmes augmente temporairement sa tolérance à la douleur et altère ainsi ses mécanismes de protection à l'étirement.

Il est toutefois nécessaire de nuancer l'intérêt d'obtenir une souplesse musculaire. Il est conseillé de s'assouplir afin de normaliser les rétractions musculaires, à distance des entraînements, et de se focaliser sur les muscles proximaux. Il est déconseillé de réaliser des étirements sur les muscles distaux tels que les triceps suraux, particulièrement avant un entraînement [38].

Pour conclure quant à la prise en charge masso-kinésithérapique des facteurs intrinsèques propres au coureur, il sera pertinent :

- D'identifier les changements récents.
- D'observer et d'évaluer la force musculaire et la souplesse.
- D'évaluer la biomécanique avec des tests fonctionnels.

3.4.2. Les facteurs extrinsèques

3.4.2.1. La surface

Des facteurs extrinsèques tels que la surface de course modifient l'aspect biomécanique de la foulée. Les coureurs aussi bien amateurs que confirmés sont souvent appelés à s'entraîner sur différentes surfaces [39]. On retrouve les terrains communs aux footings tels que l'asphalte, le béton et le gazon naturel, mais aussi des surfaces plus spécifiques telles que les pistes d'athlétisme en caoutchouc synthétique (tartan). Comme ces surfaces ont des souplesses différentes, certaines seraient susceptibles d'entraîner des impacts plus importants que d'autres sur le système musculo-squelettique et ainsi augmenter le risque de blessures.

En comparaison avec une surface molle, courir sur une surface dure n'augmente pas la prévalence des blessures. Une surface de nature irrégulière contribue à stimuler les réflexes d'absorption intrinsèque. Néanmoins, il faudra être prudent avec les changements de surface.

Une surface dure va entraîner [40-41] :

- Une augmentation des comportements de modération d'impact
- Une augmentation de la triple flexion : la charge augmente sur la chaîne postérieure et médiale et va diminuer sur la chaîne antérieure.

Une surface molle va entraîner [40-41] :

- Une augmentation des comportements de stabilité
- Une augmentation de la pronation au niveau du pied et de la base de sustentation : la charge augmente sur la chaîne médiale.

Sur une surface régulière, un vice mécanique répété intrinsèque ou extrinsèque augmente le risque de blessure de surutilisation si le corps n'est pas adapté. C'est le cas par exemple lorsque nous courrons toujours du même côté de la route.

Sur une surface irrégulière, le risque de blessures d'origines traumatique est nettement augmenté. Cependant, travailler sur ce type de surface permet d'augmenter la proprioception, la variété du patron moteur et la cadence de course.

Enfin, de l'inclinaison de la pente dépend la nature du stress mécanique appliqué. Dès lors que nous montons une côte d'au moins 9%, la force d'impact diminue pour laisser place à une augmentation de la force de propulsion [41]. A l'inverse, le fait de descendre une côte d'au moins 9% va augmenter la force d'impact et la phase de freinage [42].

3.4.2.2. Les chaussures

3.4.2.2.1. Les chaussures minimalistes

La chaussure minimaliste est une chaussure interférant minimalement avec les mouvements naturels du pied, de par sa grande flexibilité (longitudinale et torsionnelle), son faible dénivelé, son faible poids (inférieur à 200g), sa faible épaisseur au talon, et l'absence de technologies de stabilité et de contrôle du mouvement [43]. Les chaussures sont classées selon leur indice minimaliste calculé à l'aide d'une échelle de 0 à 5 autour des six critères énoncés ci-dessus. Plus le score de la chaussure est élevé, meilleur sera son indice minimaliste [annexe IV].

L'utilisation de chaussures minimalistes modifie la biomécanique de course, incitant le coureur à adopter une foulée de type minimaliste (attaque médio-pied) en réduisant la longueur du pas et en augmentant la cadence de course [43].

Les coureurs habitués aux chaussures minimalistes sont moins à risque de blessures que les coureurs habitués aux chaussures traditionnelles/maximalismes. Toutefois, il est nécessaire de nuancer nos propos :

- D'une part, la majorité des personnes chaussées en minimaliste réalisent des distances moindres que les personnes chaussées avec des baskets traditionnelles [44].
- D'autre part les coureurs habitués aux chaussures traditionnelles/maximalismes qui changent pour des chaussures minimalistes sont plus à risque de blessures [45-46].

3.4.2.2.2. Les chaussures traditionnelles

Dans l'objectif de répondre aux attentes de coureurs toujours plus nombreux, les fabricants ont conçu des chaussures autour de 5 axes : le confort, l'amorti, le dynamisme, l'adhérence et la stabilité du pied [13].

Dans ces chaussures, nous retrouvons différents éléments caractéristiques : un contrefort, une semelle extérieure (semelle d'usure), une semelle intermédiaire (amortissant l'impact), une semelle interne (d'hygiène), une tige (tissu de recouvrement) et un système de laçage. Les chaussures traditionnelles pèsent entre 200 et 450g environ.

L'utilisation de chaussures à haut potentiel amortissant modifie la biomécanique naturelle de course en réalisant la promotion de l'attaque au sol par le talon [47-48] et en réduisant l'alignement du genou [49]. De plus, l'utilisation de ce type de chaussures favorise le ralentissement de la cadence de course [50], modifie les séquences d'activation musculaire, la proprioception et l'équilibre [51-52].

3.4.3. Les erreurs d'entraînement

Nous appellerons les erreurs d'entraînements toutes les modifications en volume, en intensité non progressives favorisant à la fois une modification du patron de course mais aussi le risque de survenu des blessures.

4. PRISE EN CHARGE MASSO-KINÉSITHÉRAPIQUE DU COUREUR

Le masseur-kinésithérapeute joue un rôle clé dans la prise en charge du coureur mais aussi dans le conseil auprès du patient pour prévenir les risques de récurrence.

4.1. Le Bilan au cabinet

4.1.1. Evaluation et anamnèse

La prise en charge de chaque patient est unique, et afin d'être optimal dans le conseil au patient, nous devons contextualiser chaque cas de façon la plus précise possible. Il sera donc judicieux en plus d'un interrogatoire classique concernant le nombre d'année de pratique sportive, le nombre de kilomètres parcourus par semaine de porter attention :

- au volume d'entraînement réalisé par semaine, en nombre et en intensité
- au type de chaussures portées par le patient et leur état d'usure [13]
- aux changements récents (de chaussures, de surface, de volume...)
- aux blessures antérieures propres à chaque patient

4.1.2. Evaluation fonctionnelle

La course à pied est une succession de sauts sur un pied, l'évaluation du patient se doit d'être dynamique, la prise de mesures statiques ne suffit pas, [31] nous utilisons différents tests [53]:

- Tests de mise en charge avec réalisation de squats bilatéraux et en progression de squats unipodaux pour la flexion. Afin d'évaluer les extensions, réalisation de « long stride on step », et de « body torque » pour analyser les rotations [16][48].
- Tests en chaîne ouverte : observation de la dynamique ABCD (ce sont les 4 phases de la séquence de la foulée du coureur).

4.1.3. Evaluation biomécanique

L'évaluation biomécanique consiste à analyser le patron de course du patient. L'objectif étant de déceler une biomécanique protectrice d'une biomécanique non protectrice chez ce dernier [54]. L'analyse se fait sur tapis roulant [55] car l'observation du patient est plus aisée et l'utilisation d'un tapis ne modifie quasiment pas la cinématique de course. Afin d'affiner l'observation dans les trois plans de l'espace, des outils technologiques simples tels que les smartphones permettent de simplifier l'évaluation du patron de course (iPhone 6 permet de réaliser des vidéos à 120 images par seconde avec une qualité de 720p ; en comparaison l'œil humain permet une analyse à 6 images par seconde).

L'analyse s'effectue selon un axe spatial et temporel :

- Spatial : mesure de la longueur de pas, de la largeur de pas, de la longueur d'une foulée, et de l'angle du pied.
- Temporel : mesure de la cadence, du temps d'appui, du temps d'une foulée

Une technique dite « inefficace » a un coût énergétique élevé [54] et présente une augmentation de la phase de freinage, un placement du talon en avant du centre de masse, une augmentation de la force d'impact (VLR), une augmentation du temps de contact au sol et une augmentation du déplacement vertical. De plus nous constatons chez ce type de patron de course une diminution de la stabilité de l'alignement et une diminution de la fréquence des pas (cadence).

A l'inverse, une technique dite « efficace » a un coût énergétique minimal [54] et présente une mise en charge au sol proche du centre de gravité avec une tendance de pose du pied en médio-pied, une augmentation de la modération d'impact, une diminution du temps de contact au sol et du déplacement vertical. De plus, la fréquence des pas se situe autour de 180/minute [50].

Enfin, l'analyse du bruit et de la fluidité de la foulée sont des données importantes à prendre en compte par le masseur-kinésithérapeute.

4.1.4. Evaluation orthopédique

L'analyse de l'état des chaussures est essentielle pour une prise en charge optimale. L'usure, particulièrement si elle est focalisée sur une zone de la semelle, et l'indice minimaliste, sont les deux domaines à ne pas négliger. Nous avons vu précédemment que la chaussure est la principale influence des biomécaniques non protectrices [56][57]. De plus, la présence ou non de semelle orthopédique correctrice dans la chaussure est un élément important à prendre en compte.

4.2. Traitement masso-kinésithérapique

En tant que masseur-kinésithérapeute, nous avons un rôle majeur dans la prévention des blessures chez nos patients. C'est en associant conseil, éducation aux bonnes pratiques et corrections que nous leur donnons toutes les clés de la prévention des blessures qui pourraient les toucher au cours de la pratique de leur activité physique.

4.2.1. Diminuer l'impact sur le squelette

4.2.1.1. Modifier l'attaque au sol

Lors d'une attaque talon associée à des chaussures traditionnelles, la voûte plantaire est moins sollicitée. Les renforts de la chaussure offrent un bon contrôle et une bonne stabilisation de l'arrière pied grâce à sa coque rigide [58]. Néanmoins, les études montrent que l'absorption dans les chaussures augmente le stress sur le squelette (autre que le pied et la chaîne postérieure) [59][60]. Le passage d'une foulée taligrade pour une foulée minimaliste contribue à réduire l'incidence de certaines pathologies en diminuant la vitesse de force d'impact au sol et le stress tissulaire sur les articulations telles que le genou, la hanche et le rachis [61][62].

Cette modification de l'attaque au sol permet une augmentation des apports proprioceptifs au niveau du pied, un allègement de la foulée, une augmentation de la cadence et un renforcement musculaire global.

Pour parvenir à modifier sa foulée, le patient pourra profiter d'une rétroaction clinique guidée par le masseur-kinésithérapeute. L'objectif étant d'acquiescer de façon progressive le nouveau patron de course avec des consignes simples telles que « courir sans bruit ».

4.2.1.2. Modifier la cadence

Pour minimiser la force d'impact, le temps de contact au sol, le déplacement vertical, la perte d'énergie et le risque de blessure, tout en maximisant l'efficacité de la foulée, il est préférable d'augmenter la fréquence de ses pas au-dessus de 170 pas/min. Les entraînements de qualité (intervalles, seuil, etc.) devraient se situer entre 180 et 185 pas/min.

Le « gait retraining » énoncé par Creaby en 2015[63] permet d'orienter le patient afin qu'il parvienne à courir à la cadence ciblée à l'aide d'outils comme l'accélérométrie. Il existe des outils portables et simples à mettre en place au cabinet, garantissant un meilleur résultat à long terme [64].

4.2.1.3. Modifier l'inclinaison du tronc

Dans la même optique de minimisation des contraintes articulaires et de favorisation des performances, les recherches de Christopher Powers [65] ont conclu qu'une augmentation de flexion de la hanche et du genou diminuait les compressions de l'articulation tibio-fémorale. Nous pouvons donc diminuer les forces d'impact avec différentes stratégies positionnelles. La force des muscles extenseurs de la hanche influence la quantité de flexion du tronc.

Des exercices de renforcement et de proprioception permettent de travailler cette nouvelle position. [**Annexe V**]

4.2.1.4. Réduire l'interférence avec le sol

De façon étroitement lié avec l'attaque du pas, la chaussure doit être adaptée à la biomécanique de course du patient [56]. Le masseur-kinésithérapeute aura deux possibilités :

- Accompagner le patient vers une transition minimaliste. Un transfert vers le minimalisme augmente l'incidence des blessures si la transition est trop rapide. Il convient de respecter la règle du « 1minute de plus par entraînement, et 1 mois pour chaque 10-20% d'indice minimaliste gagné » [67].
- Conserver la chaussure traditionnelle et y ajouter si besoin une orthèse plantaire.

4.2.2. Améliorer l'alignement

L'amélioration de l'alignement structurel chez le patient passe majoritairement par un renforcement global des membres inférieurs et du tronc. Les exercices de renforcement sont réalisés en dynamique à vitesse rapide. L'objectif principal est de travailler sur la phase de recrutement musculaire pour y ajouter la force et l'endurance.

L'intérêt est de réaliser des exercices dans les amplitudes utilisées en course à pied, selon un mode excentrique pour atténuer la force d'impact, et selon un mode concentrique pour favoriser la propulsion à chaque foulée. [**Annexe V**]

4.2.3. Etre progressif

4.2.3.1. La règle des « 3P »

Dans la prise en charge du patient au cabinet, nous appliquerons comme pour tous les sports la règle des « 3 P » :

- **P**ersonnalisation : Selon réponse aiguë aux interventions
- **P**rescription : Intégrer les corrections au cours des entraînements et changer les chaussures de course...
- **P**ratique : Règle du “1 min de + / entraînement”

C'est le domaine essentiel à ne pas sous-estimer. Chaque modification trop brutale entraîne un stress important que le corps ne pourra pas gérer, et entraînera un effet inverse à l'effet escompté, au lieu de contribuer à prévenir les blessures, le déséquilibre pourra entraîner une désadaptation, et favoriser ces dernières.

4.2.3.2. La modulation des entraînements

En association avec les « 3P », il est nécessaire de moduler les entraînements, c'est-à-dire alterner entre des phases de charge et de décharge, le tout entrecoupé de périodes de repos. L'essentiel est de gérer le stress physiologique et le stress mécanique pour éviter le surentraînement et le risque de blessure [68]. Un microcycle de « repos relatif » est important pour s'assurer d'une récupération physiologique (endurance) et neuro-hormonale (vitesse).

Les adaptations du système musculo-squelettique, directement reliées au stress mécanique, sont moins malléables. Il est donc préférable de progresser plus lentement sur ce domaine, mais de ne pas décharger le stress mécanique.

Au cours d'une saison, afin de moduler les entraînements, il est conseillé de réaliser des changements au fil des mois du dénivelé, et du type de surface [33]. De même, la variation de volume se doit de respecter une échelle de progression : 10% supplémentaire par semaine au maximum. (10 minutes de plus sur une sortie par semaine) [33]. Enfin, la progression en intensité respecte la règle suivante : pour une séance située à 70-85% de la fréquence cardiaque maximale, nous appliquerons une augmentation de 3% par semaine.

4.2.4. Les étirements

Les étirements musculaires ne sont pas efficaces pour augmenter la température d'un muscle, ils ne préviennent pas les courbatures [37], ils ne contribuent pas à améliorer la récupération post-entraînement [38].

L'étirement musculaire régulier, à distance des entraînements, a une influence positive sur l'incidence des blessures [37]. L'étirement musculaire avant l'activité ne diminue pas l'incidence des blessures et pourrait même l'augmenter. Nous conseillons à nos patients de réaliser des étirements statiques, lents et progressifs, à froid, à distance des entraînements (le plus quotidiennement possible). L'intérêt est optimisé en incluant du PNF (Facilitation neuromusculaire proprioceptif) c'est-à-dire en associant une contraction isométrique maximale du muscle agoniste de 2 secondes suivi d'un étirement de 5 secondes), pour finir avec un étirement continu de 30s et plus pour les tissus inertes [38].

4.2.5. Échauffement

L'échauffement permet de préparer le corps aux exigences de l'entraînement au niveau biomécanique, neurologique, et physiologique. Il contribue à augmenter la température par un jogging progressif de 15 à 20 minutes couplé à des étirements balistiques fonctionnels progressifs associés à un réveil neurophysiologique par :

- des ABCD, bonding, jambes tendues,
- des accélérations progressives (sur 30m, jusqu'à 110% de la vitesse d'entraînement)

4.3. Les 10 règles d'or : conseils

BIEN S'ENTOURER : L'encadrement médical et sportif d'un coureur, que ce soit un athlète de haut niveau ou un jogger occasionnel, doit être fait par un professionnel compétent, spécialisé et compréhensif. Pour ces raisons précises, le coureur ne doit jamais accepter des recommandations finales de professionnels (physio, chiro, MD,...) non coureurs.

KEEP IT SIMPLE : Être prudent dans la médicalisation et la complexification d'une condition. Éviter les traitements répétés sans évolution. Éviter les chirurgies. Ne pas choisir

l'orthèse plantaire comme première option. Avoir une chaussure simple, basse, près des sensations du sol.

LE CORPS S'ADAPTE : Le corps s'adapte dans la mesure où le stress appliqué n'est pas plus grand que sa capacité d'adaptation. La majorité des blessures de surutilisation proviennent d'une surcharge sur les structures anatomiques (os, cartilage, tendon, muscle...). Chaque nouveau stimulus se doit donc d'être intégré progressivement (volume, intensité, dénivelé, surface, changement de chaussure).

L'EFFICACITÉ EST DANS LE RYTHME : Pour minimiser la force d'impact, la perte d'énergie et le risque de blessure, tout en maximisant l'efficacité de la foulée, il est préférable d'augmenter la fréquence de ses pas au-dessus de 170 pas/min. Les entraînements de qualité (intervalles, seuil, etc.) devraient se situer entre 180 et 185 pas/min.

LA SURFACE KENYANE : Les surfaces planes (route, piste, tapis roulant) imposent à chaque foulée une régularité de mouvement et donc, une répétition des vices biomécaniques. La meilleure surface est le cross-country, surface ferme et irrégulière qui permet une grande variété de mouvements d'adaptation au niveau des membres inférieurs.

L'ÉCHAUFFEMENT : LE SECRET DES PROS : Pour se préparer à l'entraînement, il faut : augmenter la température par un jogging progressif de 15 à 20 minutes et pratiquer des étirements balistiques fonctionnels progressifs (éducatifs + tempos progressifs)

SOUPLESSE : OUI ET NON : La souplesse statique pré-entraînement ne devrait se pratiquer que SI les rétractions musculaires influencent suffisamment la biomécanique pour créer une pathologie ou une détérioration de l'efficacité mécanique.

NATURELLEMENT FORT : Courir ou marcher pieds nus le plus souvent possible est un bon moyen de solidifier les structures de soutien responsables de l'absorption naturelle... et ainsi prévenir bon nombre de blessures. Le corps peut aussi être solidifié par un programme de stabilisation, de renforcement et de proprioception spécifique.

VARIÉTÉ D'ACTIVITÉS, VARIÉTÉ DE MOUVEMENTS, VARIÉTÉ DE STRESS... : Lorsque l'on est blessé, le repos complet est rarement le meilleur traitement. Une activité de transfert est recommandée aussitôt que possible... en bref, du cardio sans douleur.

ON EST CE QUE L'ON MANGE / UN ESPRIT SAIN DANS UN CORPS SAIN : Les aliments que l'on ingère sont les constituants mêmes de notre corps. Qualité, variété et équilibre sont les mots d'ordre lorsque l'on parle de nutrition de l'athlète. Le plaisir, l'attitude positive, les bonnes habitudes de vie ont des influences directes sur le corps et les blessures, par des systèmes physiologiques complexes (hormones, système nerveux, etc.).

5. DISCUSSION

5.1. Le vaste choix des stratégies

Le kinésithérapeute a en sa possession un panel d'outils extrêmement varié afin de prendre en charge et de prévenir la récurrence des blessures chez des patients pratiquants la course à pied. Tous les axes de traitements ne sont pas applicables à chacun. C'est au thérapeute de s'adapter au patient en fonction de son bilan afin d'appliquer au mieux ces techniques en respectant l'individualité de chacun.

Dans le cas du choix de la chaussure la plus adaptée au patient, nous avons exposé les atouts des deux principaux types de chaussures sans tenir compte des antécédents propres aux patients. C'est la singularité de chacun qui entraîne des biais dans notre argumentaire. Un patient ayant des antécédents de blessures aux mollets, ou au pied ne sera pas un candidat favorable à l'usage d'une chaussure minimaliste [56][67].

De même, au sujet de l'intérêt de porter des orthèses plantaires [7] pour corriger le pied ne fait pas l'unanimité. Le manque d'études de qualité ne permet pas de connaître de façon claire l'effet de l'orthèse plantaire dans le traitement des blessures chez le coureur. Les changements cinématiques amenés par l'orthèse plantaire «correctrice» sont faibles et non systématiques, parfois inverses aux résultats attendus [69].

Les études recensées n'ont pas de niveau de preuve équivalent. Elles n'ont pas toutes la même fiabilité et la plupart des conclusions d'études restent hypothétiques. Ainsi l'interprétation des résultats est à prendre avec précautions. Les effets des exercices ou les axes de prise en charge sont démontrés mais pas toujours prouvés. Quand ces derniers sont prouvés, cela concerne assez souvent la prévention d'une pathologie en particulier et non des blessures dans leurs globalités. De même, nous n'avons pas trouvé d'études axées exclusivement sur le rôle du kinésithérapeute dans la prévention des blessures en course à pied.

Enfin, il est nécessaire de préciser que de nombreuses études au sujet des chaussures (minimalistes comme maximalistes) sont commandées par les fabricants eux-mêmes.

5.2. Les difficultés rencontrées dans ce mémoire

Initialement, ce mémoire devait être destiné aux masseurs-kinésithérapeutes libéraux afin de les aider face aux questions de leurs patients pendant leur prise en charge au cabinet. Cependant, les résultats au début de nos recherches étant abondants, nous avons dû effectuer

une revue de littérature. Concernant le plan du rapport final, il est axé sur deux domaines principaux, répondant à la problématique, qui sont les facteurs intrinsèques et extrinsèques sur lesquels le thérapeute peut intervenir afin de prévenir la survenue ou la récurrence des blessures.

Notre sujet étant vaste, le nombre d'articles étudié a été important et la réalisation du tri a été relativement difficile. Nous n'avons pas pu utiliser toutes les revues publiées, les sources sont non exhaustives. Peu d'études concernent le rôle du kinésithérapeute dans le conseil auprès du patient et dans l'analyse préventive de sa biomécanique de course avant l'apparition d'une blessure. Nous n'avons pas pu développer de façon plus approfondie l'analyse biomécanique de la foulée en raison des consignes restrictives relatives au nombre de pages du mémoire.

6. CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons utilisé les données de la littérature des dix dernières années afin de répondre à notre problématique qui était : « quels sont les facteurs intrinsèques et extrinsèques sur lesquels le masseur-kinésithérapeute peut agir afin de diminuer les contraintes mécaniques s'exerçant sur le membre inférieur de l'athlète lors de la course à pied et ainsi prévenir la récurrence des blessures chez les athlètes ? ».

Cette revue de littérature n'englobe pas toutes les techniques de préventions possibles intéressant le domaine de la course à pied. Beaucoup de mémoires traitent de la prévention des blessures dans le milieu du sport en énumérant toutes les stratégies préventives. Nous avons choisis d'orienter ce travail selon deux axes principaux : l'intervention du masseur-kinésithérapeute pour corriger les facteurs biomécaniques intrinsèques et extrinsèques de l'athlète pour minimiser les contraintes qui s'exercent sur lui.

Pour les blessures non traumatiques touchant le milieu sportif, nous ne pouvons nous limiter à une approche ponctuelle et symptomatique, en effet, l'aspect technique ne peut être négligé. C'est donc par l'analyse de la foulée du sportif que toute la stratégie préventive découle.

Les moyens thérapeutiques mis en œuvre sont issus de ce constat. Ils seront axés sur la correction biomécanique afin de diminuer l'impact sur le squelette en réduisant les interférences avec le sol, sur la modification de l'attaque au sol et de la cadence ainsi que de l'inclinaison du tronc. Le thérapeute interviendra dans l'éducation du patient à l'aide de conseils et de consignes sur la progression de l'entraînement et sa modulation, sur la bonne pratique des étirements et sur la réalisation d'un échauffement.

A l'heure actuelle, le kinésithérapeute n'est pas en première ligne pour jouer un rôle préventif dans la survenue des blessures en course à pied car il intervient majoritairement suite à une première blessure. Il serait intéressant de trouver des moyens de diffusion des bonnes pratiques en amont de la survenue d'une première blessure.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CNSOF. Livre Blanc du sport français.(2006) Paris : CNSOF: 66-8. [Internet]. [cité 7 dec 2016]. Disponible sur: http://franceolympique.com/files/File/publications/Livre_blan_c du_sport_francais/Livre_blan_c_CNOSF_fr.pdf
- [2] Ministère des sports (2013), de la jeunesse, de l'éducation populaire et de la vie associative. Les chiffres clés du: 5-7. [Internet]. [cité 7 dec 2016]. Disponible sur: http://www.sports.gouv.fr/IMG/pdf/ccs_juin_2014.pdf
- [3] Athlé Santé Loisir - Pratiques | Fédération Française d'Athlétisme [Internet]. [cité 1 avr 2017]. Disponible sur: <http://www.athle.fr/asp.net/main.html/html.aspx?htmlid=4795>
- [4] INSERM. Activité physique : contextes et effets sur la santé. Paris : INSERM, (2008) : 147-193. [Internet]. [cité 7 dec 2016]. Disponible sur: <http://www.ipubli.inserm.fr/>
- [5] Le top 10 des blessures du runner [Internet]. Runners.fr. 2012 [cité 7 avr 2017]. Disponible sur: <http://runners.fr/blessures-du-coureur-le-top-10/>
- [6] Julia M, Croisier J-L, Perrey S; and al (2013),. Prévention des troubles musculo-squelettiques chez le sportif. Montpellier: Sauramps Médical; 2013. (Acquisitions en médecine physique et de réadaptation; vol. 1 vol. (233p.)).
- [7] Leboeuf, F., Leluardière, F. A. De, Lacouture, P and al (2006) Étude biomécanique de la course à pied, 1–16.
- [8] Ziltener, J.-L., (2011) Aspects physiologiques et biomécaniques de la course à pied : Journée scientifique des HU
- [9] Giandolini, M. (2014) Impact et contraintes musculo-tendineuses en course à pied : effets de la chaussure et de la technique de pose de pied. Kinésithérapie Scientifique, pp. 15-19.
- [10] Giandolini, M., Poupard, T., Gimenez, P and al., (2014) A simple field method to identify foot strike pattern during running. Journal of Biomechanics, 47(7), 1588–1593. <http://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.03.002>
- [11] Adjadj, L. E. A., & Chesaux, D. (2014). Influence des chaussures minimalistes sur la

biomécanique de la course : recommandations d'usage Étudiante Bachelor – Filière
Physiothérapie Étudiant Bachelor – Filière Physiothérapie

- [12] Larson P, Higgins E, Kaminski J, Decker T, Preble J, Lyons D, et al. Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *J Sports Sci.* déc 2011;29(15):1665-73.
- [13] DAUM, Bernard, Pied et chaussure de sport. *EMC podologie 2001 ; 9(2) :1-9. Article 27-140-A-62*
- [14] Université de Lyon. Vidéo 3D. GRAND, Jean-Michel. Le pied amortisseur, principaux mécanismes. Rappel l'amortissement de la sous talienne se traduit par l'association d'une rotation interne du tibia et d'un petit écartement de l'extrémité inférieure de la fibula [En ligne] <https://www.youtube.com/watch?v=-MAxyf6SzVE> (consulté le 21/02/17)
- [15] Butler RJ, Crowell HP, Davis IM. Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* juill 2003;18(6):511-7.
- [16] Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, et al. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature.* 28 janv 2010;463(7280):531-5.
- [17] Altman AR, Davis IS. Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries. *Curr Sports Med Rep.* oct 2012;11(5):244-50.
- [18] Zadpoor AA, Nikooyan AA. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: A systematic review. *Clinical Biomechanics.* 1 janv 2011;26(1):23-8.
- [19] Van der Worp H, Vrielink JW, Bredeweg SW. Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* avr 2016;50(8):450-7.
- [20] Hayes P, Caplan N. Foot strike patterns and ground contact times during high-calibre middle-distance races. *J Sports Sci.* 2012;30(12):1275-83.
- [21] Papa JA. Athletic and Sport Issues in Musculoskeletal Rehabilitation (Musculoskeletal Rehabilitation Series). *J Can Chiropr Assoc.* sept 2012;56(3):234.

- [22] Derrick TR, Dereu D, McLean SP. Impacts and kinematic adjustments during an exhaustive run. *Med Sci Sports Exerc.* juin 2002;34(6):998-1002.
- [23] Dutto DJ, Smith GA. Changes in spring-mass characteristics during treadmill running to exhaustion. *Med Sci Sports Exerc.* août 2002;34(8):1324-31.
- [24] Gerlach KE, White SC, Burton HW, Dorn JM, Leddy JJ, Horvath PJ. Kinetic changes with fatigue and relationship to injury in female runners. *Med Sci Sports Exerc.* avr 2005;37(4):657-63.
- [25] Mizrahi, J., Verbitskya, O., Isakovb, E, (2000). Effect of fatigue on leg kinematics and impact acceleration in long distance running. *Human Movement Science*, 19(2), 139–151.
- [26] Larson P, Higgins E, Kaminski J, Decker T, Preble J, Lyons D, et al. Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *J Sports Sci.* déc 2011;29(15):1665-73.
- [27] Prather, H., & Hunt, D. (2005). Issues unique to the female runner. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 16(3), 691–709
- [28] Neal BS, Barton CJ, Gallie R, O'Halloran P, Morrissey D. Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture.* mars 2016;45:69-82.
- [29] Hegedus EJ, Cook C, Fiander C, Wright A. Measures of arch height and their relationship to pain and dysfunction in people with lower limb impairments. *Physiother Res Int.* sept 2010;15(3):160-6.
- [30] Spörndly-Nees S, Dåsberg B, Nielsen RO, Boesen MI, Langberg H. The navicular position test – a reliable measure of the navicular bone position during rest and loading. *Int J Sports Phys Ther.* sept 2011;6(3):199-205.
- [31] Whatman C, Hume P, Hing W. Kinematics during lower extremity functional screening tests in young athletes - are they reliable and valid? *Phys Ther Sport.* mai 2013;14(2):87-93.
- [32] Dicharry J. Kinematics and kinetics of gait: from lab to clinic. *Clin Sports Med.* juill 2010;29(3):347-64.

- [33] Bredeweg SW, Buist I, Kluitenberg B. Differences in kinetic asymmetry between injured and noninjured novice runners: a prospective cohort study. *Gait Posture*. sept 2013;38(4):847-52.
- [34] Luedke LE, Heiderscheid BC, Williams DSB, Rauh MJ. Association of isometric strength of hip and knee muscles with injury risk in high school cross country runners. *Int J Sports Phys Ther*. nov 2015;10(6):868-76.
- [35] Ramskov D, Barton C, Nielsen RO, Rasmussen S. High eccentric hip abduction strength reduces the risk of developing patellofemoral pain among novice runners initiating a self-structured running program: a 1-year observational study. *J Orthop Sports Phys Ther*. mars 2015;45(3):153-61.
- [36] Ramskov D, Nielsen RO, Sørensen H, Parner E, Lind M, Rasmussen S. The design of the run Clever randomized trial: running volume, -intensity and running-related injuries. *BMC Musculoskelet Disord*. 23 avr 2016;17:177.
- [37] Jamtvedt G, Herbert RD, Flottorp S, Odgaard-Jensen J, Håvelsrud K, Barratt A, et al. A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *Br J Sports Med*. nov 2010;44(14):1002-9.
- [38] Kay AD, Blazeovich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc*. janv 2012;44(1):154-64.
- [39] Dixon, S. J., Collop, a C., & Batt, M. E. (2000). Surface effects on ground reaction forces and lower extremity kinematics in running. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(11), 1919–26.
- [40] Milgrom C, Radeva-Petrova DR, Finestone A, Nyska M, Mendelson S, Benjuya N, et al. The effect of muscle fatigue on in vivo tibial strains. *J Biomech*. 2007;40(4):845-50.
- [41] Gottschall JS, Kram R. Ground reaction forces during downhill and uphill running. *J Biomech*. mars 2005;38(3):445-52.
- [42] Sheehan RC, Gottschall JS. Preferred step frequency during downhill running may be determined by muscle activity. *J Electromyogr Kinesiol*. août 2013;23(4):826-30.
- [43] Esculier J-F, Dubois B, Dionne CE, Leblond J, Roy J-S. A consensus definition and rating scale for minimalist shoes. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2015;8:42.

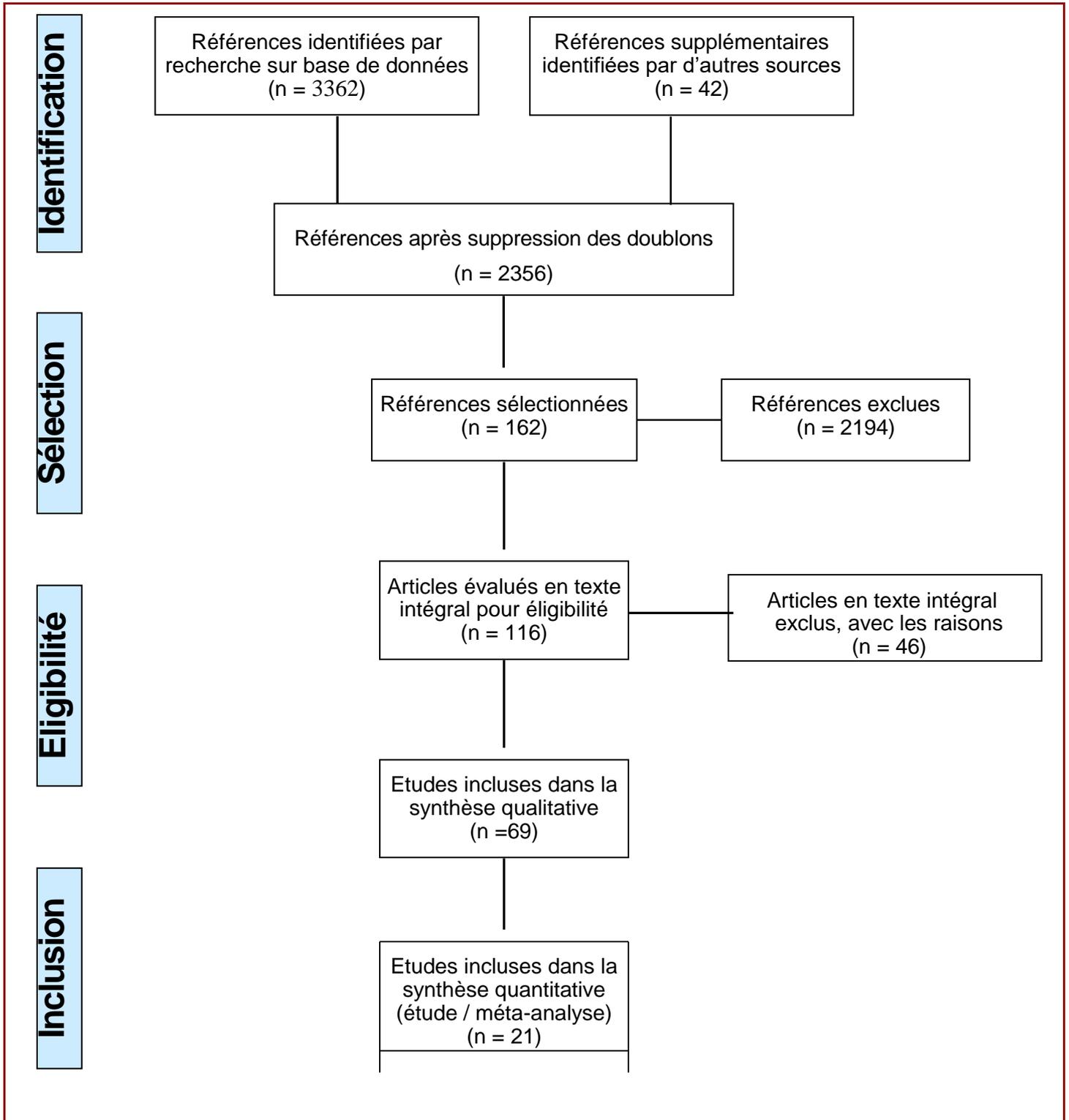
- [44] Altman AR, Davis IS. Prospective comparison of running injuries between shod and barefoot runners. *Br J Sports Med.* 1 avr 2016;50(8):476-80.
- [45] Ryan M, Elashi M, Newsham-West R, Taunton J. Examining injury risk and pain perception in runners using minimalist footwear. *Br J Sports Med.* août 2014;48(16):1257-62.
- [46] Goss DL, Gross MT. Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. *US Army Med Dep J.* déc 2012;25-30.
- [47] Tam N, Astephen Wilson JL, Coetzee DR, van Pletsen L, Tucker R. Loading rate increases during barefoot running in habitually shod runners: Individual responses to an unfamiliar condition. *Gait Posture.* 2016;46:47-52.
- [48] Fredericks W, Swank S, Teisberg M, Hampton B, Ridpath L, Hanna JB. Lower extremity biomechanical relationships with different speeds in traditional, minimalist, and barefoot footwear. *J Sports Sci Med.* juin 2015;14(2):276-83.
- [49] Radzimski AO, Mündermann A, Sole G. Effect of footwear on the external knee adduction moment - A systematic review. *Knee.* juin 2012;19(3):163-75.
- [50] Hall JPL, Barton C, Jones PR, Morrissey D. The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis. *Sports Med.* déc 2013;43(12):1335-53.
- [51] Squadrone R, Rodano R, Hamill J, Preatoni E. Acute effect of different minimalist shoes on foot strike pattern and kinematics in rearfoot strikers during running. *J Sports Sci.* 2015;33(11):1196-204.
- [52] Hardin EC, van den Bogert AJ, Hamill J. Kinematic adaptations during running: effects of footwear, surface, and duration. *Med Sci Sports Exerc.* mai 2004;36(5):838-44.
- [53] Magrum E, Wilder RP. Evaluation of the injured runner. *Clin Sports Med.* juill 2010;29(3):331-45.
- [54] Støren Ø, Helgerud J, Hoff J. Running stride peak forces inversely determine running economy in elite runners. *J Strength Cond Res.* janv 2011;25(1):117-23.
- [55] Fellin RE, Manal K, Davis IS. Comparison of lower extremity kinematic curves during

- overground and treadmill running. *J Appl Biomech.* nov 2010;26(4):407-14.
- [56] Shih Y, Lin K-L, Shiang T-Y. Is the foot striking pattern more important than barefoot or shod conditions in running? *Gait Posture.* juill 2013;38(3):490-4.
- [57] Almeida MO, Davis IS, Lopes AD. Biomechanical Differences of Foot-Strike Patterns During Running: A Systematic Review With Meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* oct 2015;45(10):738-55.
- [58] BRIGAUD, Frédéric. *La course à pied, posture, biomécanique, performance.* Gap : Editions. Désiris, 2013, 176p. ISBN : 978-2-36403-054-1.
- [59] Sinclair J, Mcgrath R, Brook O, Taylor PJ, Dillon S. Influence of footwear designed to boost energy return on running economy in comparison to a conventional running shoe. *J Sports Sci.* 2016;34(11):1094-8.
- [60] Baltich J, Maurer C, Nigg BM. Increased vertical impact forces and altered running mechanics with softer midsole shoes. *PLoS ONE.* 2015;10(4):e0125196.
- [61] Kulmala J-P, Avela J, Pasanen K, Parkkari J. Forefoot strikers exhibit lower running-induced knee loading than rearfoot strikers. *Med Sci Sports Exerc.* déc 2013;45(12):2306-13.
- [62] Daoud AI, Geissler GJ, Wang F, Saretsky J, Daoud YA, Lieberman DE. Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. *Med Sci Sports Exerc.* juill 2012;44(7):1325-34.
- [63] Creaby MW, Franettovich Smith MM. Retraining running gait to reduce tibial loads with clinician or accelerometry guided feedback. *J Sci Med Sport.* avr 2016;19(4):288-92.
- [64] Crowell HP, Davis IS. Gait retraining to reduce lower extremity loading in runners. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* janv 2011;26(1):78-83.
- [65] Tsai L-C, Powers CM. Increased hip and knee flexion during landing decreases tibiofemoral compressive forces in women who have undergone anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* févr 2013;41(2):423-9.
- [67] Cauthon DJ, Langer P, Coniglione TC. Minimalist shoe injuries: three case reports. *Foot (Edinb).* sept 2013;23(2-3):100-3.

- [68] Gabbett TJ, Ullah S. Relationship between running loads and soft-tissue injury in elite team sport athletes. *J Strength Cond Res.* avr 2012;26(4):953-60.
- [69] Boldt AR, Willson JD, Barrios JA, Kernozek TW. Effects of medially wedged foot orthoses on knee and hip joint running mechanics in females with and without patellofemoral pain syndrome. *J Appl Biomech.* févr 2013;29(1):68-77.

ANNEXES

ANNEXE I : diagramme de flux inspiré des lignes « P.R.I.S.M.A » 2009



ANNEXE II : chaussures minimalistes VS chaussures maximaliste



Selon Blaise Dubois, «la chaussure minimaliste est une chaussure interférant minimalement avec les mouvements naturels du pied, de par sa grande flexibilité, son faible dénivelé, son faible poids, sa faible épaisseur au talon, et l'absence de technologies de stabilité et de contrôle du mouvement »



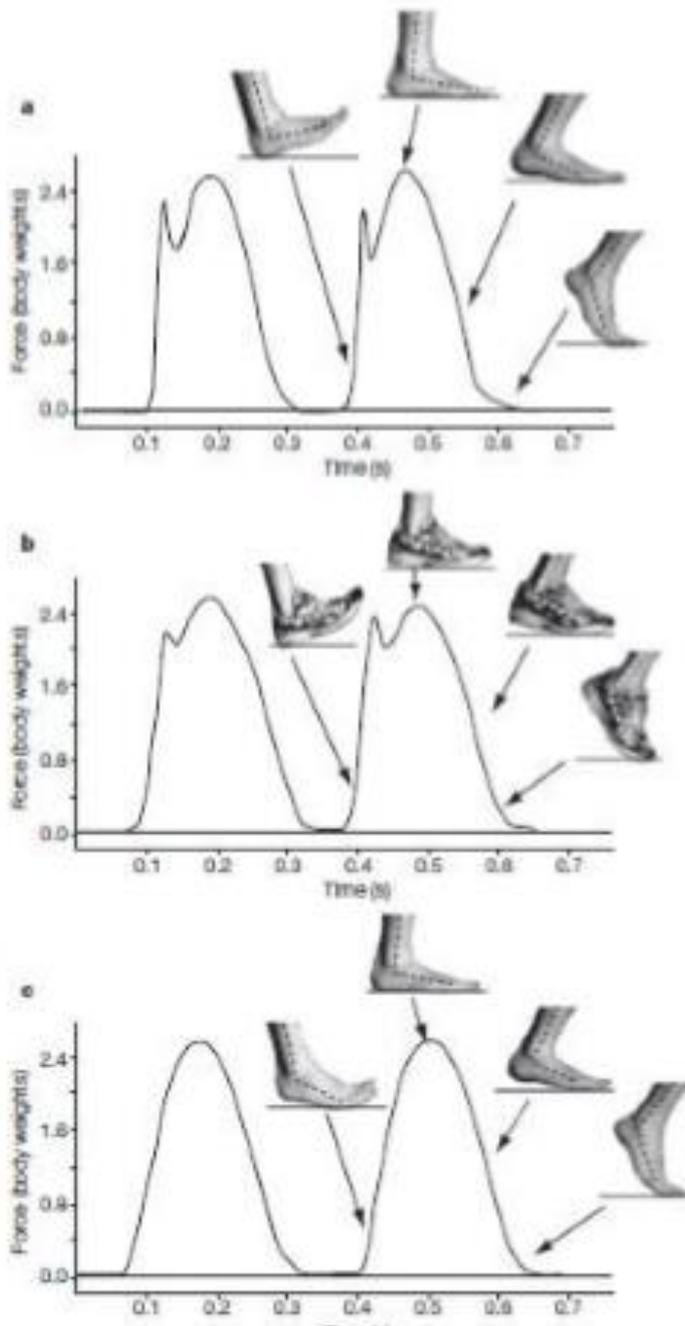
Augmentation de l'indice minimaliste



Source : <http://www.i-run.fr>



ANNEXE III : comparaison du GRF en fonction du type de course



Source : Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel and al, (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. Nature. 463;531-535.

ANNEXE IV : mesure de l'indice minimaliste d'une chaussure



Poids :

5 = moins de 125g

4 = de 125g à moins de 175g

3 = de 175g à moins de 225g

2 = de 225g à moins de 275g

1 = de 275g à moins de 325g

0 = 325g et plus



Épaisseur au talon

5 = moins de 8 mm

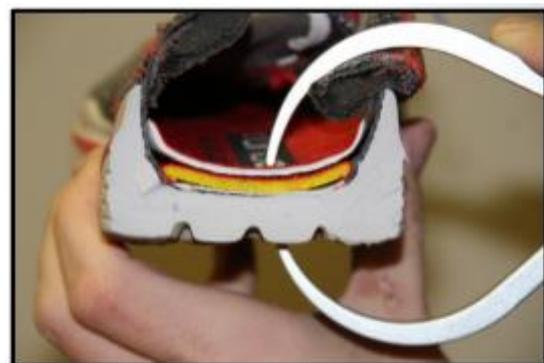
4 = de 8 mm à moins de 14 mm

3 = de 14 mm à moins de 20 mm

2 = de 20 mm à moins de 26 mm

1 = de 26 mm à moins de 32 mm

0 = 32 mm et plus



Dénivelé (drop)

5 = moins de 1 mm

4 = de 1 mm à moins de 4 mm

3 = de 4 mm à moins de 7 mm

2 = de 7 mm à moins de 10 mm

1 = de 10 mm à moins de 13 mm

0 = 13 mm et plus



Technologies de stabilité et de contrôle du mouvement

5 = Aucune

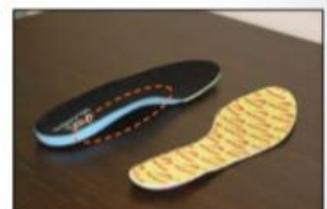
4 = 1 technologie

3 = 2 technologies

2 = 3 technologies

1 = 4 technologies

0 = 5 ou 6 technologies



Flexibilité (longitudinale)

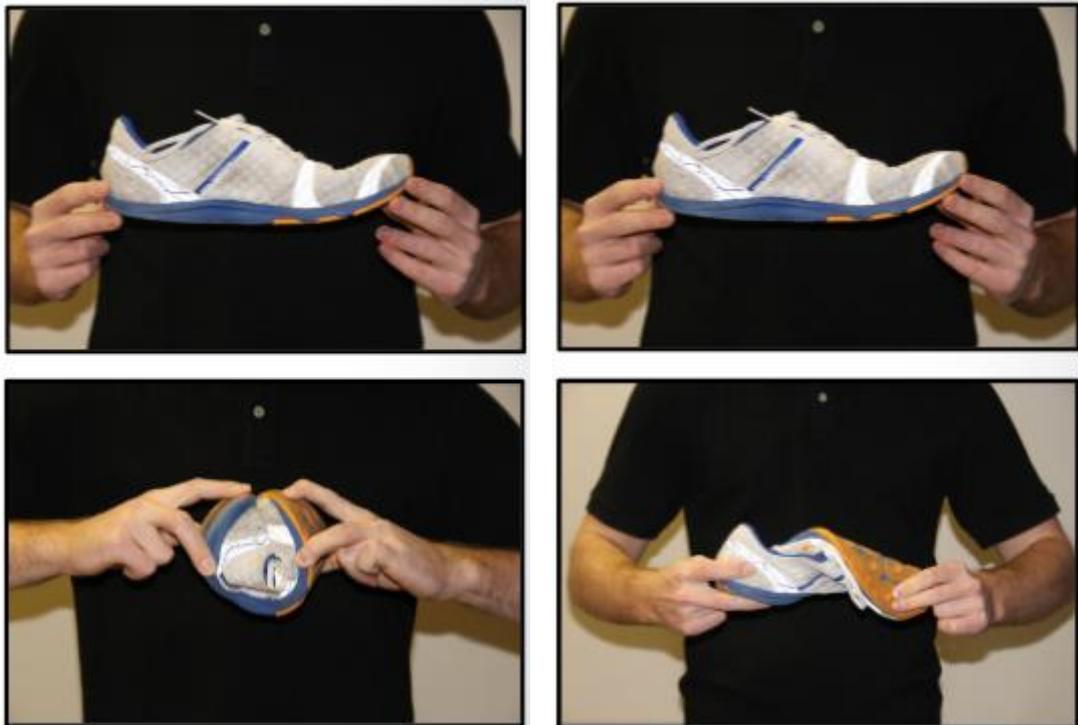
- 2.5 = Résistance minimale à la déformation longitudinale (la chaussure peut être roulée sur elle-même sur plus de 360 degrés)
- 2 = Légère résistance à la déformation longitudinale (le bout antérieur de la chaussure atteint le bout postérieur de la chaussure, avec une déformation longitudinale maximale de 360 degrés)
- 1.5 = Résistance modérée à la déformation longitudinale (le bout antérieur de la chaussure n'atteint pas le bout postérieur, mais un angle d'au moins 90 degrés est formé entre les parties antérieure et postérieure de la chaussure)
- 1 = Forte résistance à la déformation longitudinale (un angle entre 45 et 90 degrés est formé entre les parties antérieure et postérieure de la chaussure)
- 0.5 = Très forte résistance à la déformation longitudinale (bien que la déformation longitudinale soit possible, un angle maximal de 45 degrés peut être formé entre les parties antérieure et postérieure de la chaussure)
- 0 = Résistance extrême à la déformation longitudinale (les forces appliquées ne changent pas de façon significative l'angle formé entre les parties antérieure et postérieure de la chaussure)

Flexibilité (Torsionnelle)

- 2.5 = Résistance minimale à la torsion (la partie antérieure de la chaussure est tournée sur 360 degrés; le dessous de la partie antérieure est orienté en inférieur après une torsion complète, pendant que la partie postérieure reste orientée vers le bas)
- 2 = Légère résistance à la torsion (la partie antérieure de la chaussure est tournée d'au moins 180 degrés, mais à moins de 360 degrés; le dessous de la partie antérieure est orienté au moins vers le haut, pendant que la partie postérieure reste orientée vers le bas)
- 1.5 = Résistance modérée à la torsion (la partie antérieure de la chaussure est tournée d'au moins 90 degrés, mais à moins de 180 degrés; le dessous de la partie antérieure est au moins orienté vers le côté pendant que la partie postérieure reste orientée vers le bas)
- 1 = Forte résistance à la torsion (la partie antérieure de la chaussure est tournée au moins 45 degrés, mais à moins de 90 degrés; le dessous de la partie antérieure ne peut atteindre le côté pendant

que la partie postérieure reste orientée vers le bas) 0.5 = Très forte résistance à la torsion (une déformation torsionnelle est possible, mais la partie antérieure de la chaussure atteint moins de 45 degrés)

0 = Résistance extrême à la torsion (les forces torsionnelles ne changent pas de façon significative l'orientation de la partie antérieure de la chaussure relativement à la partie postérieure)



ANNEXE V : exercices de renforcement (lacliniqueducoureur.com)

STEP DOWN

Correction active

- Pied aligné selon capacité
- Arche soutenue activement
- Genou aligné avec le 2e orteil
- Crêtes iliaques dans le même plan horizontal



EXERCICES « CORE »

Gainage global des 4 faces.



EXERCICE SUR BALLON SUISSE

Travail de la proprioception du tronc et du bassin



STEP DOWN ET SA PROGRESSION

Contrôle actif de la triple flexion et des muscles fessiers.



EXERCICES FONCTIONNELS A, B, C, D :

