MINISTÈRE DE LA SANTÉ

RÉGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE

DE NANCY

L'INFLUENCE DU CHAUSSAGE ET DES CONSIGNES DANS LA PRATIQUE DE LA COURSE A PIED

Mémoire présenté par Julien REB

étudiant en 3ème année de masso-kinésithérapie

en vue de l'obtention du diplôme d'Etat

de Masseur-Kinésithérapeute

2014-2015.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ .....

1. INTRODUCTION 1

2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE 2
2.1 Présentation de la course à pied type 4
2.2 La chaussure minimaliste (fig. 2).....5
2.3 La course minimaliste 5
2.3.1 Présentation d'une foulée minimaliste 5
2.3.2 Le Lift and Kiss (fig. 3).....6
2.3.3 La posture (fig. 4).....6
2.3.4 L'amplitude de la foulée.....7
2.3.5 La cadence 7
2.3.6 Les avantages.....8
2.3.7 Les limites 10
2.4 La chaussure traditionnelle (fig. 6) 10
2.5 La course taligrade 11
2.5.1 Présentation d'une foulée taligrade (fig. 7). 11
2.5.2 Les avantages.....13
2.5.3 Les inconvénients 14

3. ÉTUDE 15
3.1 Présentation de l'étude 15
3.1.1 Critère d'inclusion 15
3.1.2 Critères d'exclusion.....15
3.1.3 Population étudiée 15
3.2 Matériel et méthode.....16
3.2.1 Le tapis roulant 16
3.2.2 Les segments corporels (fig.12). 16
3.2.3 La caméra 17
3.2.4 Le logiciel.....17

3.3 Protocole 17
3.3.1 L'échauffement.....18
3.3.2 Les enregistrements.....18
3.3.3 Les paramètres mesurés.....19
3.4 Méthode statistique 20
3.5 Précaution.....20

4. RÉSULTATS.....21
4.1 Présentation des résultats 21
4.2 Traitement statistique des résultats 21
4.3 Biais.....24

5. DISCUSSION.....25
5.1 Par rapport à l'attaque du pied au sol.....25
5.2 Par rapport à la flexion de genou 26
5.3 Par rapport aux angulations de la hanche.....26
5.4 Par rapport à la verticalité du tronc 27
5.5 Par rapport au temps de contact au sol.....27
5.6 Par rapport à la fréquence de pas 28
5.7 Par rapport aux consignes de course 28

6. CONCLUSION.....29

TITRE

L’influence du chaussage et des consignes dans la pratique de la course à pied

AUTEUR

REB Julien

RÉSUMÉ

En 2014, la France recensait environ 8,5 millions d’adeptes de la course à pied. Troisième sport le plus traumatique avec 79% de blessures chaque année, la course à pied génère des forces dynamiques et complexes à notre structure musculo-squelettique.

A partir de ce constat, nous nous sommes intéressés à l’influence du chaussage et de l’apport de consignes dans la modification de la biomécanique de course. Pour cela, nous avons réalisé une étude comparative randomisée en simple aveugle, en sélectionnant vingt sujets qui pratiquent régulièrement une activité sportive. Chaque sujet a réalisé deux passages : le premier en étant chaussé avec des chaussures traditionnelles et le deuxième en courant pieds nus. Les deux passages ont été réalisés sur tapis roulant. Notre étude permet d’analyser et de sortir des hypothèses sur l’importance du chaussage et de l’apport de consignes dans la pratique de la course à pied. Dans cette étude, nous constatons que le chaussage influence la pose d’appui initial. L’apport de consignes améliore la prise de conscience et l’exigence d’une foulée en course à pied. A partir de ces résultats, il est possible d'orienter les coureurs vers un chaussage adapté et leur apporter les consignes nécessaires à leur pratique.

Ce travail permettra aux masseurs-kinésithérapeutes d’intervenir dans un rôle de prévention primaire face aux blessures et permettra aux coureurs d’être acteur dans le choix de sa chaussure et de la nécessité de disposer d’une biomécanique de course la plus performante possible.

MOTS-CLÉS

Blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures.

Injuries, running, instructions, barefoot, shoes.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout particulièrement :

– Mme Husson, ma référente de mémoire, pour m'avoir constamment encadré tout au long de la réalisation de ce travail.

– M. Boisseau, mon directeur de mémoire, pour ses précieux conseils vis-à-vis de mes recherches.

– M. Fourchet et M. Dubois pour leur aide et leur expérience.

– Ma famille, mes proches et ami(e)s qui m'ont aidé dans l'élaboration de ce mémoire et pour leur soutien.

1. INTRODUCTION

En 1970 apparaît en Europe, aux Etats-Unis et en Amérique du Sud une nouvelle forme de course. Les pratiquants investissent de nouveaux lieux tels que les parcs, les rues, les routes. De plus en plus d'adeptes se réunissent autour de ce concept qui offre plusieurs formes de libertés. Un sport sans modèle, sans entraîneur, sans horaire à respecter, avec le sentiment d'aller où l'on veut et surtout quand on le veut. C'est, en fait, ce que certains d'entre nous appellent aujourd'hui : "courir pour rien." Mais alors, pourquoi courir s'il n'y a rien au bout ? En fait, nous courons tous dans un but ; cela peut aller du simple plaisir à la performance, en passant par la volonté de maigrir. Ajoutons même à cette liste la fonction la plus élémentaire : le déplacement.

James Fixx, auteur du bestseller dans les années 1970 « Courir à son rythme pour vivre mieux », préconisait dans son ouvrage que « le pied doit venir frapper le sol avec le talon et se dérouler sur la plante pour pousser enfin sur les orteils ». Il précisait : « ne courez jamais sur les pointes, vous auriez des courbatures aux mollets et vous risqueriez une tendinite » [26].

Les équipementiers, toujours à l'affût du moindre mouvement de la demande, ont répondu au boom du Jogging en innovant en permanence dans des chaussures permettant de mieux amortir en courant sur le talon et d'y associer confort et stabilité. La suprématie des coureurs Kenyans et Ethiopiens lors des compétitions internationales a incité les occidentaux à repenser une idée préconçue, celle de courir uniquement sur les talons. Ainsi, lors de l'épreuve du marathon aux Jeux Olympiques de Rome en 1960, Abede Bikila remporta l'épreuve. Jusque-là rien de transcendant. Ce coureur est entré dans la légende en reproduisant ce que l'Homme fait depuis la nuit des temps, courir pieds nus. Mais, au-delà de cet exemple quasiment unique, une statistique dérange : 79% des athlètes pratiquant la course à pied se blessent au moins une fois par an [57] et ce, malgré l'évolution constante des modèles de baskets.

En 2010, le professeur Lieberman du département de biologie d'évolution humaine à Harvard, publie une étude sur la foulée de coureurs américains et kenyans [37]. Il en ressort une gestuelle différente entre les deux populations. Ces coureurs ont une phase d'amorti taligrade, médio-pied ou avant-pied. Dans son étude, tous les coureurs habitués à courir

chaussés ont un appui sur le talon, et ce grâce aux différentes couches d'amortis des chaussures. Comparativement, 80% des Kenyans courent pieds nus avec un appui sur le médio-pied ou sur l'avant-pied [37].

A ce jour, il ne ressort aucune étude scientifique précise permettant de dire vers quel chaussage et/ou quelle foulée s'orienter. Le plus simple est de s'intéresser de près aux avis des nombreux experts traitant du sujet. C'est peut-être le seul moyen de ressortir les avantages et les inconvénients en termes d'amorti, de confort, de stabilité, d'économie d'énergie ou de prévention contre les blessures. Il est donc important de comprendre les avantages mais aussi les inconvénients de courir avec un appui talon, médio-pied, ou avant-pied.

C'est à partir de ce constat que nous pouvons nous demander, *quelles modifications pouvons-nous apporter à un coureur pour qu'il puisse s'équiper de la chaussure la plus adaptée et ainsi adopter la meilleure gestuelle sans qu'il ne se blesse ?*

Pour cela, nous avons réalisé une étude comparative randomisée en simple aveugle, en sélectionnant vingt sujets volontaires qui pratiquent régulièrement une activité physique. Il s'agit donc de voir si un coureur à pied est capable de modifier spontanément sa pose d'appui en lui modifiant le chaussage tout en lui donnant ou non des consignes avant la course.

Dans un premier temps, les aspects biomécaniques d'une foulée minimaliste et d'une foulée taligrade seront étudiés et décrits. Pour compléter cette première partie, nous réaliserons une analyse de la chaussure minimaliste et traditionnelle. Dans un deuxième temps, les critères de réalisation de mon étude seront abordés pour en aboutir sur des résultats concrets. Pour conclure, nous effectuerons une analyse qualitative des mesures à l'aide d'une discussion comparative avec la littérature.

Ce travail permettra d'apporter aux masseurs-kinésithérapeutes une synthèse des pratiques actuelles dans le domaine de la prévention primaire en course à pied, et permettra au coureur d'être acteur dans le choix de sa chaussure et de prendre conscience de sa biomécanique de course.

2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Pour répondre à ma problématique : *« Quelles modifications pouvons-nous apporter à un coureur pour qu'il puisse s'équiper de la chaussure la plus adaptée et adopter la meilleure*

gestuelle sans qu'il ne se blesse ? », nous avons réalisé notre bibliographie à l'aide des différentes bases de données suivantes :

Les mots-clés utilisés en français ont été: **blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures,** et en anglais : **injuries, running, instructions, barefoot, shoes.**

Cette recherche s'est effectuée sur une période de publication allant de 1985 à Février 2015. A travers nos recherches, nous avons obtenu 5 002 ressources sous forme d'articles et/ou d'ouvrages. On retrouve dans :

- Pubmed : 1 résultat avec l'ensemble des mots-clés injuries, running, instructions, barefoot, shoes et 3689 résultats avec les mots clés injuries, running.
- EM-Premium : 992 résultats en français et 33 résultats en anglais avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures.
- Cochrane Library : 0 résultat avec les mots-clés injuries, running, instructions, barefoot, shoes mais 27 résultats avec comme mots-clés injuries, running.
- PETALE : 0 résultat avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures mais 9 résultats avec le mot-clé course à pied.
- PEDro : 0 résultat avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures mais 31 résultats avec injuries, running.
- REEDOC-IRR : 0 résultat avec blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures mais 37 résultats avec le mot-clé course à pied.
- http://kinesitherapie-ergotherapie.blog.univ-lorraine.fr/v : 0 résultat avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures mais 1 ouvrage avec les mots-clés blessures et 37 références avec le mot-clé course à pied.
- KINEDOC : 0 résultat avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures mais 42 avec le mot-clé course à pied.
- Le catalogue des bibliothèques universitaires de Lorraine http://catalogue.bu.univ-lorraine.fr : 0 référence avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures mais 75 résultats avec le mot-clé course à pied.
- Les revues scientifiques françaises en kinésithérapie :
  KS Mag : 0 résultat avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures et 5 articles avec le mot-clé course à pied.

Kinésithérapie la revue : 30 résultats avec les mots-clés blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures.

Au final, pour répondre à notre problématique, nous avons sélectionné 61 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 15 articles, 11 ouvrages, 27 études de cohorte, 3 conférences et supports vidéos, 1 méta-analyse, 2 revues de littérature, 1 sondage randomisé, 1 étude épidémiologique rétrospective. La plupart des publications sont des études prospectives ou rétrospectives comportant des biais importants. Elles correspondent à un grade de recommandations de niveau C selon la Haute Autorité de Santé. Elles sont considérées comme faibles par leur niveau de preuve.

2.1 Présentation de la course à pied type

La course à pied est une succession d'appuis unipodaux qui sollicite le squelette et un ensemble de structures musculo-tendineuses. Il existe 4 phases dans une foulée :

- Une phase d'impulsion.
- Une phase dite de suspension, où aucun des deux pieds ne sont plus au contact avec le sol.
- Une phase d'amortissement.
- Une phase de soutien.

Il faut percevoir le membre inférieur comme un ensemble d'articulations qui s'empilent. C'est une cinétique qui n'est pas innée et bien souvent non maîtrisée. L'analyse d'une foulée s'effectue dans les 3 plans de l'espace. Il faut alors tendre vers une symétrie et une harmonisation des différents segments afin d'équilibrer les différentes pressions et tensions au sein des articulations. L'axe optimal pour le membre inférieur correspond à l'axe mécanique du membre inférieur (fig. 1).

Cette position respecte au mieux la physiologie des empilements des articulations. Les pieds joints, cet axe est dans un plan frontal, légèrement incliné vers l'intérieur et vers le bas de 3 à 5 degrés par rapport à l'horizontale pour chaque jambe. C'est un axe passant par le

centre de la tête fémorale, le centre de l'échancrure intercondylienne, le centre de la ligne bimalléolaire. Ces 3 points correspondent à l'axe mécanique du membre inférieur [20]. Si le genou est dévié seulement d'1 degré vers le dehors, on parle de genu varum.

2.2 La chaussure minimaliste (fig. 2)

Pour qu'une chaussure soit classée dans la catégorie minimaliste, elle doit se rapprocher le plus possible d'un comportement biomécanique comparable aux pieds nus.

De plus, la souplesse de la semelle est souvent liée à son épaisseur. Cela veut dire qu'elle doit être la plus fine et plate possible afin de limiter les interfaces entre le sol et le pied. Dubois et Brossard conseillent une hauteur de drop avoisinant zéro millimètre [7]. Le « drop » est le différentiel de hauteur entre l'avant et l'arrière pied. En s'approchant de zéro, le pied repose sur le sol comme s'il était non chaussé.

La largeur de la toebox (boîte à orteils) doit être aménagée afin que les orteils disposent suffisamment d'espace pour pouvoir se déplacer et non être maintenus les uns contre les autres. Mais les orteils peuvent aussi être séparés individuellement comme le propose Vibram avec son produit phare les FiveFingers.

L'épaisseur de la semelle sous la voûte plantaire doit être inférieure à 15 millimètres selon Blaise Dubois [19]. Pour Brossard et Dubois [7], l'épaisseur n'est pas un critère essentiel même si ces auteurs accordent que plus elle est fine, moins elle amortit. Le contact entre le pied et la route sera meilleur.

Le poids de la chaussure doit être inférieur à 200 grammes.

2.3 La course minimaliste

2.3.1 Présentation d'une foulée minimaliste

Cette technique s'exprime sur un principe très simple : l'apport de nouvelles sources proprioceptives et l'utilisation d'un système amortisseur naturel. Cette foulée est réalisée grâce à une contraction excentrique de différents muscles participant à l'amortissement. On y retrouve le grand fessier, le quadriceps, le triceps sural, les muscles rétro-malléolaires soutenant et amortissant la voûte plantaire comme le tibial postérieur et le long fibulaire mais

aussi des muscles suspenseurs plantaires. S'ajoutent les composants ostéo-articulaires comme l'aponévrose plantaire, les ligaments de la cheville et du pied ; le capiton plantaire ; et les articulations subtalaires, de Chopart et de Lisfranc [56].

Pour ressentir l'effet de cette foulée, il suffit de se déchausser ou de porter des chaussures de type minimaliste. Mais passer à ce type de course n'est pas sans risque, il est donc vivement conseiller d'effectuer un travail de transition en réapprenant les bons gestes. Un défaut biomécanique ou un déficit de renforcement musculaire peut engendrer des blessures. Acquérir une foulée minimaliste repose sur différents critères.

2.3.2 Le Lift and Kiss (fig. 3)

Cela pourrait se résumer à lever puis à « embrasser » le pied avec le sol. Cette approche proposée par Jason Robillard dans The barefoot Running Guide [51] cherche par des moyens simples à nous faire comprendre l'acquisition de la gestuelle. Tout d'abord, ne plus penser à courir sur le talon. Cela implique que le pied doit être « rasant » (lift) tout en le posant « sans choc » (kiss) lors de l'appui. Le moment du « kiss » s'effectue quand l'autre pied effectue le « lift ». Lors de l'appui, c'est l'avant-pied ou le médio-pied qui entre en contact avec le sol. Celui-ci doit être délicat et le plus silencieux possible.

2.3.3 La posture (fig. 4)

Le pied doit se situer à l'aplomb du centre de gravité. Ainsi, le centre de gravité est en avant des appuis et doit faciliter le déplacement. Cela provoque un déséquilibre avant qui favorise la propulsion. Un travail musculaire dans un mode excentrique est réalisé au niveau du quadriceps, du triceps sural et des extra et intrinsèques du pied lors de l'amortissement. Le psoas, quant à lui, engendre une antéversion du bassin en le tractant vers l'avant. Le balancement des bras doit être synchrone à celui des jambes. Il est conseillé d'avoir les coudes fléchis entre 100 et 120 degrés afin d'utiliser les bras comme stabilisateur mais aussi comme propulseur [5]. Enfin, pour que la posture soit optimale, le regard doit être dirigé devant soi en regardant l'horizon.

2.3.4 L'amplitude de la foulée

Il convient de dire que la foulée d'un coureur minimaliste est réduite d'au moins un tiers par rapport à un coureur talon [7]. La jambe n'est pas lancée vers l'avant et le pied n'attaque pas par le talon. On observe une diminution de la longueur de la foulée et du temps de contact au sol. Le déroulement du pas dans une foulée avant-pied s'effectue par la face antéro-externe, ou pied à plat lors d'un appui médio-pied [7]. La phase dite de propulsion termine le cycle. Pour analyser cette foulée, il faut reprendre la chronophotographie. Nous observons une trajectoire qui représente un cycle (fig. 5) appelé « poulaine ». Une poulaine peut prendre des formes multiples en fonction de la posture (cycle avant, cycle arrière), de la vitesse, de la fatigue et de la variation du terrain (sable, tartan, route …).

2.3.5 La cadence

De nombreux ouvrages nous indiquent que le nombre de 180 pas/minute semble être le plus adapté [4–5–34–53-54]. Il est conseillé de ne pas descendre sous les 160 pas/minute et de ne pas dépasser les 190 pas/minute. Pour favoriser cet apprentissage, nous pouvons compter trois pas par seconde ou utiliser un métronome. Cette cadence permet une foulée dynamique afin que le corps reste le plus stable et le plus aligné possible lors de l'appui [4-5-6-53-54].

La recommandation actuelle pour effectuer une transition est une bascule progressive des chaussures de running classiques vers des chaussures minimalistes [4-18-54]. Il est important de respecter les étapes de la transition afin d'éviter des pathologies comme une tendinite du tendon d'Achille, des contractures du triceps et des déchirures musculaires. C'est un processus où le coureur doit être à l'écoute de son corps et de ses capacités physiques. Il doit être vigilant face à des tiraillements, aux courbatures et à de nouvelles zones de tensions douloureuses. Le coureur doit apprendre à doser son « stress mécanique » voire à faire une pause [18].

2.3.6 Les avantages

Sur un plan traumatique, la foulée minimaliste est moins traumatisante et plus efficace. Chumanov et al. démontrent que la hanche subit moins de contrainte en abduction et en rotation interne [11]. D'après le Dr Lieberman, courir sur le talon serait 7 fois plus traumatique lors de la phase d'amortissement [37]. L'augmentation de la flexion de genou permet d'atténuer l'onde de choc lors du contact au sol. Pieds nus, les coureurs avec une foulée avant-pied produisent une force verticale de 0,6 ± 0,2 P (P : poids du corps). Dans les mêmes conditions de test, les coureurs taligrades pieds nus ont une force verticale d'environ 1,9 ± 0,7 P. En condition chaussée, cette même foulée amortit mieux une partie de la force 1,7 ± 0,5 P. Cela s'explique par les matériaux élastiques des chaussures modernes. Lors d'une prise d'appui avant-pied, le bras de levier est plus important, ce qui permet de mieux absorber l'onde de choc qu'en courant sur le talon [37]. La prise d'appui avant-pied est donc la plus adaptée dans la phase d'amortissement. L'US Army-Baylor University a constaté une baisse des blessures chez les coureurs portant des chaussures minimalistes [31].

Courir avec une foulée minimaliste augmente l'activité électromyographique des gastrocnémiens et des fibulaires en les pré-activant avant la phase d'appui. Cardetti constate une diminution du recrutement musculaire du tibial antérieur d'environ 30% [9]. Le risque d'entorse de cheville est alors réduit tout comme les tendinopathies des releveurs des pieds [38]. Heiderscheit montre que lors de la phase d'appui, le travail en adduction de la hanche est diminué [34]. Il en ressort aussi que le tibia subit moins d'accélération avec une augmentation de la fréquence de pas de 5%. Le stress articulaire serait alors soulagé. Heiderscheit estime que le genou subit une diminution d'énergie entre 20 à 34% lorsque la fréquence de pas est augmentée entre 5 à 10% [34]. Il y a une diminution du déplacement vertical du centre de masse d'environ 76% entre la fréquence la plus basse et la plus élevée [24]. Lorsque la raideur de la jambe est importante, le membre inférieur absorbe mieux l'onde de choc [34].

La prise d'appui avant-pied permet de neutraliser les mouvements du terrain et protège contre les instabilités du sol. L'arche antérieure du pied s'adapte en fonction du sol [5]. L'appui s'effectuant par la partie antéro-externe du pied, il est important lors de la phase de suspension que le pied et l'articulation subtalaire soient bien positionnés. Les mouvements latéraux du terrain sont mieux absorbés grâce au complexe de torsion entre l'avant-pied et l'arrière-pied. L'activation de ce complexe de torsion renforce la protection du genou. La

moindre déficience biomécanique se répercuterait sur les articulations sus-jacentes. La prise d'appui la plus optimale correspond à l'axe mécanique où le membre inférieur se situe vers l'intérieur de 3 à 4 degrés par rapport à la verticalité [5].

Courir avec une amplitude de foulée plus petite permet de diminuer les tensions au sein du triceps et du tendon d'Achille. Un pied mobile et renforcé permet de contrôler plus facilement la pronation excessive et autres mouvements impliqués dans les blessures [5]. Courir sur l'avant-pied renforce les muscles du pied et améliore la proprioception [50]. En effet, en courant sur l'avant-pied, la face plantaire du pied va envoyer plus d'informations au système nerveux central. Cela lui permettra de recevoir des informations sensorielles qui amélioreront la stabilité. Une foulée minimaliste permettrait de contrôler naturellement le mouvement d'hyper-pronation, à condition que le pied soit renforcé.

Dans une foulée avant-pied, lors de l'appui, le soléaire et les ischio-jambiers luttent contre le phénomène de tiroir antérieur. Associé à la co-contraction du quadriceps, le genou est renforcé et protégé dans le plan antéro-postérieur [5-48]. La foulée avant-pied peut être conseillée lors d'une reprise sportive après une rupture du ligament croisé antérieur.

La foulée minimaliste est adaptée pour des efforts endurants, c'est-à-dire à 65-75% de la vitesse maximale aérobie. Cette intensité d'effort correspond à une allure de course intense qui permet d'évaluer les capacités d'un coureur à un instant T dans le but de déterminer des perspectives chronométriques et d'élaborer un planning d'entraînement [5]. Courir avec des chaussures minimalistes agit aussi sur la performance en apportant un gain dans la consommation en oxygène et permet d'être plus performant [46]. Sur des efforts de plus longues distances, comme sur marathon, une préparation physique spécifique est fortement recommandée. La fatigue provoque une modification de la posture et de la foulée du coureur [36].

Enfin, cette technique permet de supprimer le port d'une orthèse plantaire. Le but de courir en minimaliste est de réduire au maximum les interfaces avec le sol. En augmentant les informations proprioceptives au niveau plantaire, cette pratique tente de corriger la posture et la gestuelle lors de l'exécution du mouvement. Le pied redevient l'amortisseur naturel grâce au tendon d'Achille qui emmagasine l'énergie lors de la réception et la restitue lors de la poussée [5].

2.3.7 Les limites

Le minimalisme engendre des contraintes. Une pratique barefoot peut provoquer des problèmes d'abrasion du pied lors du contact avec le sol. Ces douleurs plantaires réduisent la performance [2-7-38]. Par ailleurs, il est compliqué de concevoir une course barefoot lors de conditions météorologiques difficiles comme des périodes de gel hivernal, de températures extrêmes, etc. Le pied se retrouve alors confronté à des risques de brûlures ou engelures. Il est nécessaire d'adapter son chaussage et ses tenues lors de sa pratique [7].

La limite sociale peut également apparaître comme un frein. Courir pieds nus dans nos civilisations occidentales n'est pas une pratique courante, contrairement à certaines régions africaines et néo-zélandaises. Nos normes nous ont dicté des codes dans les tenues vestimentaires, mais aussi au niveau de notre chaussage. Ainsi, les regards et les critiques des autres peuvent être difficiles à supporter [7].

Sur le plan traumatique, courir sur l'avant-pied peut faire apparaître de nouvelles douleurs comme des tendinites du long extenseur des orteils, une tendinite du tendon d'Achille, ou des fractures des métatarses [7].

2.4 La chaussure traditionnelle (fig. 6)

Suite à l'explosion du nombre de coureurs, les fabricants de chaussures ont investi des milliards de dollars afin d'élaborer de nombreux modèles dans le but de répondre aux attentes des coureurs. Les fournisseurs ont développé la conception de cette chaussure autour de 5 axes : le confort, l'amorti, le dynamisme, l'adhérence et la stabilité du pied.

Dans ces chaussures, nous retrouvons différents éléments comme :

- Un contrefort. Il se situe en arrière du pied et englobe le calcanéum et la partie distale du tendon d'Achille [14].
- Une semelle extérieure (semelle d'usure). C'est un élément qui est au contact direct avec la surface du terrain. Elle a un rôle important dans la stabilité mais surtout sur l'adhérence. Elle est dans la majorité des cas en caoutchouc [14].

- Une semelle intermédiaire. C'est une région importante dans la chaussure traditionnelle. C'est la zone qui amortit l'impact. C'est dans cette partie que les fabricants ont investi massivement afin d'instaurer de nouvelles technologies (gel, air, mousse, glycérine …). La semelle intermédiaire vient apporter du confort à la voûte plantaire grâce aux matériaux élastiques et absorbants. Elle est davantage développée au niveau de l'arrière pied [14].

- Une semelle interne (semelle de propreté). C'est l'interface entre le pied et la semelle extérieure. Elle doit être confortable et amovible pour faciliter le séchage. Sa matière est en polyuréthane mais elle peut être remplacée par une orthèse moulée (semelles) afin d'adapter la morphologie du pied à la chaussure [14].

- Une tige. C'est un tissu qui recouvre le pied et qui a la particularité d'être aéré afin d'évacuer la transpiration produite pendant l'effort. Elle permet d'assurer le confort et la stabilité du pied [14].

- Un système de laçage. Il permet d'adapter la pression qu'exerce la tige sur le pied [14].

Le poids d'une paire de chaussures traditionnelles varie entre 200 grammes pour un usage en compétition, et jusqu'à plus de 400 grammes pour l'entraînement et pour les coureurs de plus de 75 kilogrammes.

2.5 La course taligrade

2.5.1 Présentation d'une foulée taligrade (fig. 7).

Selon Larson, cette technique de course est utilisée par plus de 88,9% des coureurs [36]. La course taligrade se définit par quatre phases :

- Une phase de réception. Elle s'effectue par le talon contrairement à la foulée minimaliste. C'est une phase importante car elle ne doit pas ralentir le mouvement. La réception doit se faire en douceur pour réduire au maximum l'onde de choc. Le pied au contact du sol se retrouve en flexion dorsale de cheville [58].

- Une phase de soutien. Le pied et la jambe se retrouvent en appui total. Ils reçoivent le poids du corps. Ces segments se retrouvent à la perpendiculaire par rapport au sol. Les musculatures intrinsèques et extrinsèques du pied se retrouvent en tension. Les structures ligamentaires et aponévrotiques sont alors mises en tension afin d'éviter de lutter contre l'effondrement de l'arche médiale du pied [58].

- Une phase d'impulsion. Elle arrive à la fin du déroulement du pas. C'est à ce moment qu'on parle de propulsion. Après avoir déroulé sur le bord externe, le pied effectue une flexion plantaire par une impulsion de l'hallux. Le poids du corps est entraîné vers l'avant. Il prépare à la phase de suspension. La foulée est rasante avec un genou qui ne monte pas très haut contrairement au sprint. Cela privilégie l'économie de course. Une transmission d'énergie est assurée par le triceps sural grâce au tendon Achilléen et se prolonge à travers l'aponévrose plantaire pour finir vers le long fléchisseur de l'hallux [58].

- Une phase de suspension. C'est une phase où il n'y a aucun contact avec le sol. Bhat et Dugan appellent cette phase la « float phase ». Ce temps augmente avec la vitesse [21].

Eric Viel indique que « la course à pied n'est pas une marche à vitesse accélérée, c'est une activité neuromusculaire et équilibratrice qui fait appel à des capacités identifiables » [57]. Selon une étude de M. Esnault, la course taligrade se décompose en deux durées [23] : (fig. 8)

- Une durée d'amorti correspondant à 20% du cycle de course.
- Une durée de propulsion correspondant à 80% du cycle de course.

A travers un plateau d'enregistrement (fig. 9), il en ressort une courbe dite « en cloche ». Chaque pic (ou sommet) correspond à une frappe du pied contre le sol. Le tracé se divise en 3 parties : (fig. 10)

- Le premier pic (Z1) correspond à la réception sur le talon du coureur sur la plateforme. C'est un pic aigu et bref. C'est le pic passif de réception. Il représente 164% du poids du corps [25].

- Z2 correspond à une période où le pied va effectuer une inversion. Le pied va reproduire le schéma de marche en déroulant le pied par la partie latérale après l'attaque talon. Son impact représente 62% du poids de corps [23].

- Le deuxième pic (Z3) est dit actif. Il s'explique par l'impulsion donnée par la contraction concentrique des muscles lorsque le sujet rebondit et va vers l'avant [23]. Pour Lieberman et Zadpoor et al, ce pic contribuerait à un risque de blessures [37-60].

Lors de la prise d'appui sur le talon, une onde de choc se propage à travers les masses musculaires, les tissus osseux, les tissus conjonctifs, les muscles et les disques intervertébraux. La surface portante talonnière représente 23 cm² et peut représenter, chez un sujet de 70 kilogrammes, 200% du poids du corps suivant le type de surface (asphalte – gazon) [23]. Cette vibration se dissipe ou se transforme en énergie cinétique et gravitationnelle.

Pendant la course, le pied au sol effectue lors de chaque appui des mouvements complexes impliquant le tibia, le talus et le calcanéum. Une rotation tibiale simultanée s'ajoute aux mouvements des pieds. L'attaque du sol se fait par le bord externe du talon voire parfois chez le coureur supinateur, par le bord externe du pied. Puis lors de l'appui unipodal, le pied s'affaisse vers l'intérieur. Ensuite, pendant la phase d'oscillation du membre inférieur libre, le pied se replace en position d'inversion [58].

2.5.2 Les avantages

La course taligrade présente plusieurs avantages. Elle sollicite différemment la mobilité de l'arche médiale plantaire grâce aux renforts et aux orthèses. Lors d'une attaque talon, la pression verticale de l'arche interne du pied est réduite de 44%, et la tension de courbures de 78,62% [38]. Grâce aux renforts de la chaussure, la voûte plantaire est moins sollicitée. Ces renforts offrent un bon contrôle et une bonne stabilisation de l'arrière pied grâce à sa coque rigide [5].

Grâce aux différentes couches de semelles, l'impact au sol est diminué. Elles rajoutent une épaisseur de matières élastiques lors de l'appui [5]. La répartition de l'onde de choc est

mieux diffusée grâce aux matériaux absorbants. Cela permettrait d'agir sur les risques de blessures [17].

2.5.3 Les inconvénients

Courir pieds nus sur les talons est moins amortissant qu'en étant chaussé. Le capiton graisseux est moins absorbant que les semelles élastiques [37].

Les chaussures traditionnelles sont plus rigides à cause de leurs matériaux [4-5-6]. Elles limitent la mobilité des 1er et 5ème métatarsiens dans le plan sagittal à cause des renforts d'orteils [58]. Les chaussures accentuent les pressions sur les 2ème, 3ème et 4ème métatarsiens [45]. Le pied est moins mobile et les contraintes musculaires sont moins bien réparties qu'en courant pieds nus ou en chaussures minimalistes [4-5-6]. Les chaussures traditionnelles tentent de guider et de corriger le pied. Ce confort limite toute adaptation de l'avant-pied face à des sols irréguliers [5]. De plus, la chaussure traditionnelle de course ne fournit aucune protection au pied lors des translations et des rotations contrairement à des chaussures pour la pratique du handball ou de tennis [58].

Les semelles diminuent l'apport proprioceptif. Webster affirme que les semelles épaisses réduisent la proprioception [59]. Cette réduction d'informations proprioceptives associée à une attaque par le bord externe du pied sont des facteurs de risques dans l'entorse de cheville [58].

La chaîne postérieure est davantage mise en tension durant une course taligrade. Lors de l'impact au sol, la jambe est tendue et est située en avant du centre de gravité. La contraction excentrique des ischio-jambiers accentue une fragilité à la jonction myo-tendineuse [5-58]. Nous rencontrons davantage de blessures aux genoux et des douleurs lombaires par défaut d'empilements articulaires. Cela s'explique par une mauvaise dissipation de l'onde de choc lors d'une attaque taligrade [5].

Sur le plan de la performance, courir sur le talon force le coureur à aller chercher un appui en avant du centre de gravité. Plus la longueur de la foulée est grande, plus l'absorption de l'énergie est importante. Même si la chaussure traditionnelle permet de fournir un amortissement confortable au coureur, les matériaux des semelles absorbantes tendent à allonger le temps de réaction au sol. Cette augmentation du temps de contact réduit ainsi les

performances et augmente le stress articulaire [58]. Enfin, le déroulement du pas dans une foulée taligrade restitue moins d'énergie élastique accumulée par les tendons comme lors d'une foulée minimaliste [8].

3. ÉTUDE

3.1 Présentation de l'étude

L'étude s'est déroulée durant la semaine 51 de l'année 2014 au sein de l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie à Nancy en tenant compte de la disponibilité des locaux et des emplois du temps des sujets.

3.1.1 Critère d'inclusion

- Pratique d'une activité physique régulière (au moins une fois par semaine).

3.1.2 Critères d'exclusion

- Pathologies orthopédiques, neurologiques, respiratoires et/ou cardiaques.
- Blessures datant de moins de 6 mois.
- Sujet portant des chaussures minimalistes dans sa pratique sportive.

3.1.3 Population étudiée

20 sujets ont répondu de façon volontaire à l'étude. On y retrouve 10 femmes et 10 hommes dont l'âge moyen est de 23,05 ± 3,47, la taille moyenne de 174,75 ±9 et le poids moyen de 66,3 ± 9. Les sujets ne présentaient pas de critères d'exclusion pour participer à l'expérimentation. Tous les sujets ont pris connaissance, lu, rempli et signé le formulaire de consentement éclairé, la procédure et les conditions de l'expérimentation [annexe I - II].

3.2 Matériel et méthode

L'activité étudiée fut la course à pied sur tapis roulant en chaussures traditionnelles et pieds nus. Les sujets ont été répartis de manière aléatoire en deux groupes. Le premier groupe dit « contrôle » n'a reçu aucune consigne alors que le second groupe « transition » a reçu des consignes simples et directement applicables lors du passage pieds nus. Chaque sujet a couru à sa propre allure de footing, spontanée et confortable [11]. Cette étude eut pour but de mesurer l'influence des consignes et du chaussage sur la pose d'appui et sur la biomécanique du sujet.

3.2.1 Le tapis roulant

Il s'agit d'un tapis roulant de la marque HomeForm (Run 20, HomeForm, HomeForm, ASIE). (fig. 11)

3.2.2 Les segments corporels (fig.12).

Les repérages des segments corporels osseux ont été réalisés par palpation. Ils sont les suivants :

- Pour le tronc (thorax, abdomen, bassin) : bord latéral de l'acromion - face latérale du grand trochanter.
- Pour la cuisse : face latérale du grand trochanter - condyle latéral du fémur.
- Pour la jambe : condyle latéral du fémur - malléole latérale.
- Pour le pied : malléole latérale - tête du 5° métatarsien.

3.2.3 La caméra

Hero3, GoPro,Woodman Labs, San Mateo, Californie, USA enregistre en mode Narrow et 1080p à 50 images par seconde. Chaque enregistrement a été réalisé dans un plan sagittal.

3.2.4 Le logiciel

TEAMPRO version 5.5.10925.0 , DARTFISH, DARTFISH, Fribourg, Switzerland est un logiciel permettant le traitement du mouvement. Il permet d'analyser de manière avancée différentes vidéos, de zoomer et de décomposer des mouvements sportifs. Il permet aussi d'ajouter des annotations et des commentaires. C'est un logiciel fréquemment utilisé dans le secteur du sport de haut niveau.

3.3 Protocole

Le choix du groupe pour chaque sujet a été défini de manière aléatoire. Vingt enveloppes fermées ont été posées sur une table : dix enveloppes contenaient les cartons « contrôle », et les dix autres les cartons « transition ». Chaque sujet a tiré une enveloppe. Seul l'opérateur connaissait le groupe attribué au sujet.

Les différents repérages osseux ont été marqués par une croix sur un morceau d'adhésif de type Elastoplast au marqueur noir (fig. 12). Au niveau de la chaussure, un adhésif a été apposé au regard de la tête du 5ème métatarsien. Les sujets étaient vêtus de manière à ce que les repérages soient visibles à l'œil nu. L'hygiène a été respectée par un nettoyage du matériel après chaque sujet. Le tapis a été réglé sur une pente positive de 1% afin de recréer la contrainte d'une condition extérieure [27]. Bien que nous soyons sur tapis roulant, la foulée reste très similaire à une condition extérieure comme courir sur sol dur [59].

Chaque groupe a effectué les mêmes séquences de course. L'allure de course a été déterminée par chaque coureur lors d'un échauffement de cinq minutes avec des chaussures traditionnelles. Elle correspondait à son allure de course spontanée lors d'un footing.

L'examinateur interrogeait régulièrement le sujet afin qu'il exprime durant son échauffement sa perception de l'intensité à l'effort. La valeur doit être comprise entre 12 et 13 sur l'échelle de Borg 6-20 [1]. Une surveillance de la fréquence cardiaque a été effectuée par un cardio fréquencemètre de la marque GARMIN (VIVOFIT, Garmin, Olathe, Kansas, USA) afin d'être certain que les sujets ne courent pas trop vite (fig. 13).

Sans interruption après l'échauffement, la première séquence de course s'est déroulée en chaussures traditionnelles et a duré trois minutes. A la fin de cette séquence, un repos en position assise d'une durée de trois minutes s'est effectué. Cette pause permet au sujet de se déchausser et d'aborder la deuxième séquence pieds nus d'une durée de trois minutes également.

Le groupe « contrôle » n'a reçu aucune consigne. Le groupe « transition » a reçu les consignes suivantes :

- « Raccourcissez votre foulée ».
- « Attaquez par l'avant-pied ».
- « Faites le moins de bruit possible ».

3.3.1 L'échauffement

L'échauffement s'est effectué sur tapis roulant et a duré cinq minutes. Cet échauffement a permis au coureur de s'habituer au tapis. Les sujets étaient alors chaussés avec leurs chaussures traditionnelles de course.

3.3.2 Les enregistrements

Chaque sujet a réalisé deux séquences enregistrées. L'enregistrement a été déclenché à la deuxième minute de chaque séquence et il a duré 1 minute, le sujet ignorait quand il se déroulait. Un repos en position assise de 3 minutes a été effectué entre les deux

enregistrements. Il a permis au sujet de retirer ses chaussures et de se préparer pour l'enregistrement suivant.

3.3.3 Les paramètres mesurés

Les mesures ont été faites sur l'hémicorps gauche. Dans une étude, il est révélé qu'il n'y a pas de différence significative entre les amplitudes d'une foulée droite et gauche [49].

Nous avons mesuré :

Pendant toute la minute de l'enregistrement :

– La fréquence de pas.

Lors du premier appui de l'enregistrement :

– Le type d'appui.

Une foulée taligrade ou rearfoot strike (RF) [29-33-36] a été attribuée lorsque l'impact initial du pied s'est effectué par la partie postérieure du calcanéum et quand l'angle de pose de pied était supérieur à 8 degrés [30].

Une foulée à plat ou midfoot strike (MF) [29-33-36] a été attribuée lorsque l'impact initial du pied s'est effectué par un angle de pose de pied compris entre 8 et – 1,6 degrés [30]. Le contact des métatarses et du talon avec le sol est quasiment simultané.

Une foulée avant-pied ou forefoot strike (FF) [29-33-36] a été attribuée lorsque l'impact initial du pied s'est effectué par une attaque avant-pied et que l'angle de pose de pied était inférieur à 1,6 degrés [30]. La cheville est alors en flexion plantaire. Le contact initial se fait par les métatarses, le talon peut descendre lentement jusqu'au sol [13].

Rappel : La position neutre de référence correspond à la position anatomique, ce qui signifie que la plante du pied forme un angle de 90 degrés avec la jambe. Dans cette position, il existe un angle d'environ 115 degrés entre le segment jambier et la tête du 5ème métatarsien.

A la 30ème seconde d'enregistrement et sur une moyenne de 3 foulées :

– Les temps de contact au sol.

– Les angulations suivantes :

1ère mesure : pied – cheville.

2ème mesure : flexion du genou.

3ème mesure : tronc – cuisse.

4ème mesure : inclinaison du tronc (segment tronc par rapport à la verticale passant par le grand trochanter).

3.4 Méthode statistique

Nous avons utilisé le logiciel STATISTICA© version 10 pour réaliser l'analyse statistique. Nous avons vérifié l'asymétrie et l'aplatissement de la distribution (Skewness et Kurtosis en anglais). L'échantillon suit une loi normale à 95% puisque la valeur du coefficient d'aplatissement divisé par son erreur-type est inférieur à +/- 2. Nous avons comparé les distributions observées et attendues par une droite de Henry. Puis, nous avons testé si les répartitions observées s'écartent significativement d'une répartition normale à l'aide du test statistique Shapiro-Wilk. Nous rejetons toute hypothèse si W est inférieur à 0,9. Enfin, nous avons effectué une analyse des variances de type ANOVA à mesures répétées avec un effet principal et deux ordres d'interaction. Cela nous a permis de tester la significativité statistique entre les moyennes à l'aide de la valeur-p.

3.5 Précaution

Chaque sujet a couru avec l'attache de sécurité du tapis. La descente du tapis s'est déroulée en présence de l'opérateur afin d'éviter une éventuelle chute. Pendant le test, l'opérateur a surveillé les signes cliniques du sujet (fréquence cardiaque, dyspnée) dans le but de détecter un éventuel malaise durant l'effort. Au moins une personne formée aux premiers secours se situait au sein du bâtiment. L'institut de formation dispose d'un défibrillateur facilement accessible situé dans le hall d'entrée. La situation géographique de l'ILFMK permet une intervention d'une équipe SMUR ou des pompiers en moins de 6 minutes (SMUR

à 1,1 km et caserne des pompiers à 2,2 km). Par mesure de précaution, chaque sujet a dû présenter un certificat médical ou une licence sportive en cours de validité pour l'année 2014 – 2015. Chaque sujet a pris connaissance d'une lettre d'information et a signé un consentement éclairé pour participer à cette étude.

4. RÉSULTATS

4.1 Présentation des résultats

20 sujets ont répondu de façon volontaire à l'étude. On y retrouve 10 femmes et 10 hommes dont l'âge moyen est de 23,05 ans ± 3,47, la taille moyenne de 174,75 cm ±9, le poids moyen de 66,3 kg ± 9, la vitesse moyenne de 9,75 km/h ± 1.7, un effort moyen en Mets à 10,65 ± 1,75 et une fréquence de pas moyen par minute de 161.8 ± 10.39.

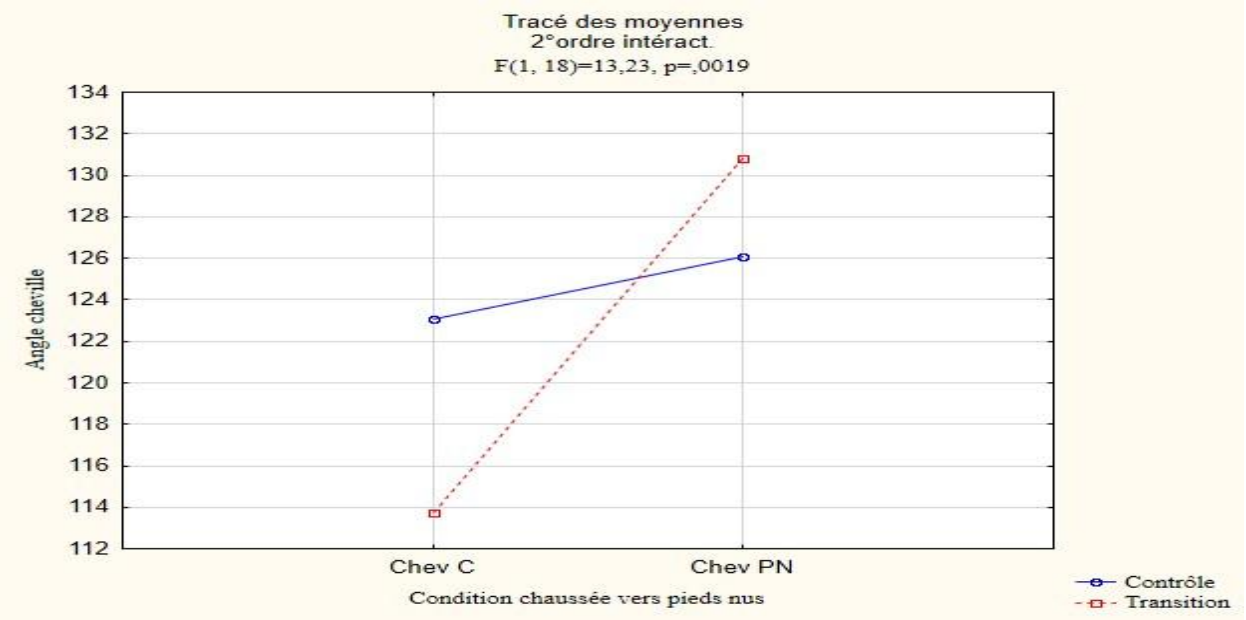
Rappel : métabolisme basal = 1 M.E.T. 1 M.E.T. = 3,5 ml d'O2 / Kg / min.

Exemple : faire de la corde à sauter est une activité qui réclame 10 METs et correspond à une activité physique intense > 6 METs.

4.2 Traitement statistique des résultats

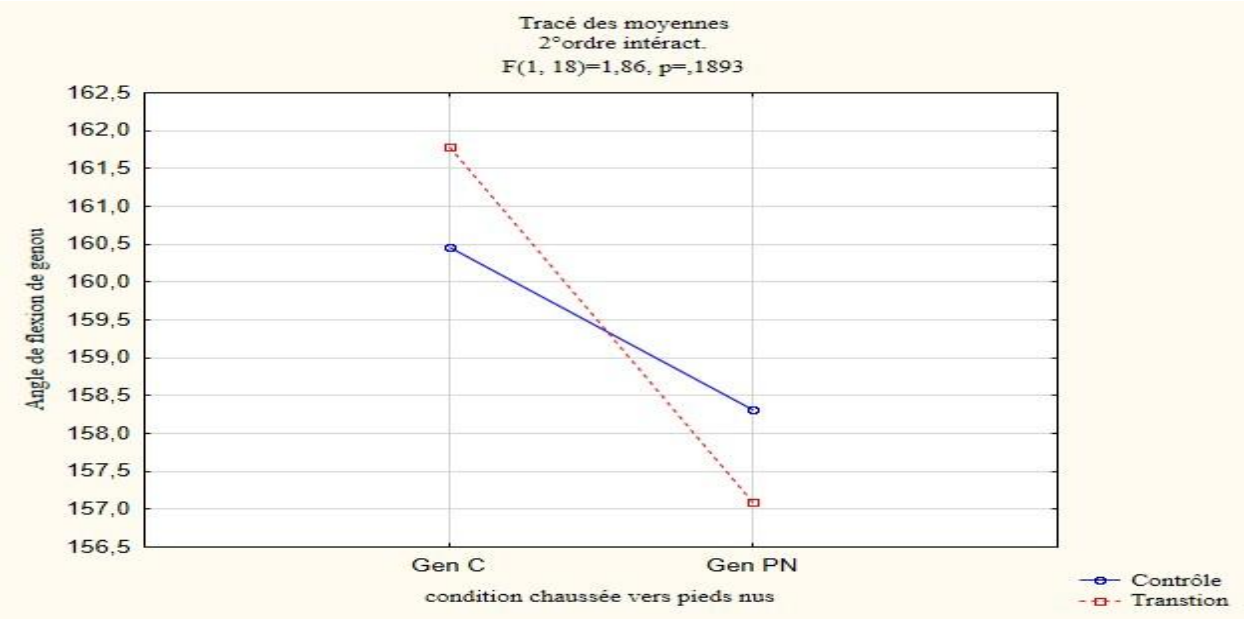
Les résultats des différents tests sont résumés sous forme de graphiques présentant un tracé de moyennes avec deux ordres d'interaction. La comparaison s'effectue entre une variable et les groupes en condition chaussée puis pieds nus.

Analyse de l'angle de la cheville selon les groupes et suivant le chaussage.



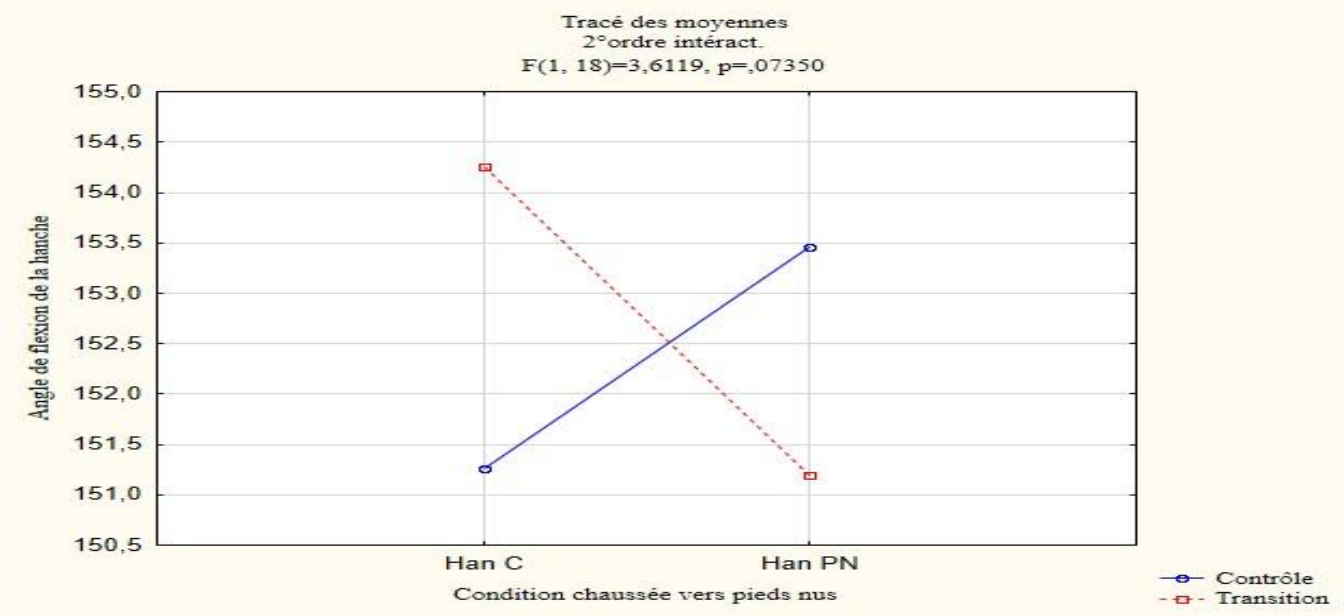
Nous observons que les deux groupes sont significativement différents au début de l'étude. Mais lors de leur passage pieds nus, il s'avère que ces deux groupes augmentent leur flexion plantaire. Cette augmentation est plus importante dans le groupe « transition ». Nous pouvons en conclure que lors du passage pieds nus, la flexion plantaire est augmentée (p=0,0019).

Analyse de l'angle du genou selon les groupes et suivant le chaussage.



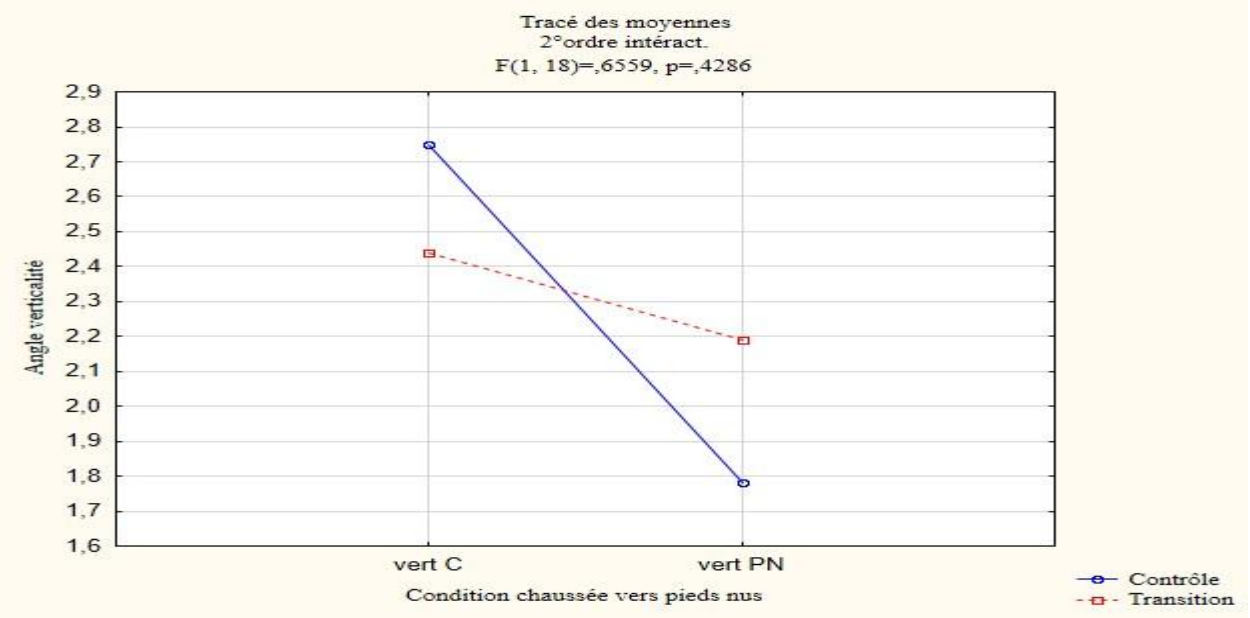
Nous observons que les deux groupes sont peu différents au début de l'étude. Mais lors de leur passage pieds nus, il s'avère que ces deux groupes augmentent leur flexion de genou. Cette augmentation est plus importante dans le groupe « transition ». Nous pouvons en conclure que lors du passage pieds nus, la flexion de genou est augmentée mais ce n'est pas statistiquement significatif (p=0,893).

Analyse de l'angle de la hanche selon les groupes et suivant le chaussage.



Nous observons que les deux groupes sont significativement différents au début de l'étude. Lors de leur passage pieds nus, il s'avère que le groupe « contrôle » diminue leur flexion de hanche et que le groupe « transition » l'augmente. Nous pouvons supposer que les consignes apportées au groupe « transition » lors du passage pieds nus permettent d'augmenter la flexion de hanche. Ce résultat a tendance à être statistiquement significatif (p=0,07350).

Analyse de l'angle de la verticalité selon les groupes et suivant le chaussage



Nous observons que les deux groupes sont significativement peu différents au début de l'étude. Lors de leur passage pieds nus, il s'avère que les deux groupes ont tendance à devenir similaires. Les deux groupes effectuent un redressement de leur posture lors du passage pieds nus. Ce redressement est plus important dans le groupe « contrôle ». Nous pouvons supposer que les consignes ne sont pas d'une grande importance dans le redressement du tronc mais que le fait de courir pieds nus améliore la posture. A noter que ce résultat n'est pas statistiquement significatif (p=0.4286).

4.3 Biais

Une marge d'erreur de ± 5 degrés est observée après une seconde mesure des paramètres. Seule la mesure de l'angle tronc - vertical dispose d'une marge d'erreur de ± 1 degré. Les consignes données au groupe « transition » lors du passage pieds nus viennent influencer la pose d'appui, et la moyenne de l'angle pied-cheville sur les 3 foulées.

5. DISCUSSION

5.1 Par rapport à l'attaque du pied au sol

De nombreuses publications [7-18-19-30-33-37] démontrent que 75% des sujets courent sur le talon lorsqu'ils sont chaussés. Notre étude coïncide avec leurs résultats puisque 75% de nos sujets courent également sur le talon lorsqu'ils sont chaussés.

Bishop & al. démontrent dans une étude [3] qu'un coureur avec des chaussures se retrouve avec une dorsiflexion de cheville augmentée de 12 degrés par rapport aux coureurs pieds nus. Lieberman trouve, quant à lui, des valeurs augmentées de 7 à 10 degrés entre les coureurs pieds nus et ceux chaussés [37]. Nous rejoignons ces auteurs dans leurs résultats. Nos sujets ont un angle de dorsiflexion de cheville augmentée de 10 degrés lorsqu'ils sont chaussés. Ce qui représente un gain de 9,11%.

90% des sujets de notre étude changent d'appui suivant le chaussage [38]. L'ensemble des sujets de notre étude sont des coureurs qui ont toujours couru dans des conditions chaussées. Notre étude rejoint les conclusions de Hamil et Liberman [32-37] qui démontrent que le type de chaussage modifie la pose d'appui. Cependant, une étude de Larson observe lors d'un marathon que les 90% de coureurs qui attaquaient avant-pied et les 60% de coureurs médio-pieds ont changé leur pose d'appui pour attaquer par le talon lors du passage au 32ème kilomètre par rapport à leur passage au 10ème kilomètre. La fatigue viendrait donc modifier la pose d'appui.

Altman & Davis et Lieberman [2-38] démontrent que des coureurs continuent à courir sur le talon en étant pied nus. Dans notre étude, 80% des sujets du groupe « contrôle » ont modifié spontanément leur pose d'appui soit en courant sur l'avant-pied ou le médio-pied. 20% du groupe « contrôle » ont gardé la même pose d'appui lors du passage pieds nus. Nous pourrions nous demander si un temps d'adaptation plus long serait nécessaire pour observer une modification dans leur phase d'appui.

5.2 Par rapport à la flexion de genou

Lieberman annonce que l'amplitude maximale est atténuée de 10% à cause du talon [38]. Notre étude ne va pas dans son sens et montre que les écarts se situent autour de 2% ± 2,59. La hauteur du drop de la chaussure n'aurait donc pas une grande signification sur la modification de l'angle du genou.

Heiderscheit et al. [34] annoncent qu'une augmentation de la fréquence de pas augmente la flexion de genou. Malgré une augmentation de la fréquence de 7,68% ± 8,47 dans le groupe « transition », nos résultats ne sont pas statistiquement significatifs par rapport au groupe « contrôle ». Contrairement à ce que nous pouvions croire, notre étude démontre que l'articulation du genou n'est pas la zone qui subit le plus de modifications.

Cependant, lors d'une rencontre avec Dubois et Esculier aux JFK 2015 [18], ces deux cliniciens canadiens expliquaient que le genou se retrouve davantage en flexion. D'autres auteurs comme Séhel évoquent au travers de la technique du Light Feet Running (pose d'appui médio-pied) que la flexion de genou doit être naturellement plus importante pour se situer sous le centre de gravité [53]. Il serait donc intéressant d'analyser de nouveau la flexion de genou avec comme consigne supplémentaire « Pliez plus votre genou lors de l'appui ».

Mizrahi indique une diminution de l'angle de flexion de genou post fatigue [42]. Il observe que le genou est moins en extension juste avant et après l'impact au sol. D'autres auteurs contredisent Mizrahi, avançant que la flexion serait augmentée à cause des répétitions des contractions excentriques du quadriceps et des ischios-jambiers [35]. Le muscle étant fatigué, sa capacité à se contracter efficacement serait alors réduite. Dans notre étude, nous ne pouvons pas nous exprimer sur cette problématique car le temps de course est trop court. Il serait intéressant de faire de nouvelles analyses après un effort intensif.

5.3 Par rapport aux angulations de la hanche

Dans l'étude de Lopes, les douleurs lombaires représentent 5.5% des prévalences des blessures en course à pied [39]. L'onde de choc et la posture en hyperlordose prolongée lors de la course talon serait alors néfaste pour le rachis. Le pic passif lors d'une course talon serait-il le responsable de ces douleurs ? Dans notre étude, nous cherchons à vérifier si le

passage sur une foulée avant-pied modifie l'angulation de la hanche et de la verticalité du tronc. Il en ressort une augmentation de flexion de hanche de 1,92% ± 2,82 pour le groupe « transition » contre une augmentation de 1,32% ± 2,2 pour le groupe « contrôle ». Le fait de passer pieds nus modifie peu l'angulation de la hanche. Cependant, les consignes reçues par le groupe « transition » influencent l'interprétation de nos résultats. Nous observons que les sujets ont tendance à augmenter la flexion de genou une fois qu'ils passent pieds nus contrairement au groupe « contrôle » qui la réduise.

5.4 Par rapport à la verticalité du tronc

Pour ce qui est de la verticalité, les données de l'étude ne sont pas significatives. Cependant, nous pouvons observer que les sujets qui ont tendance à projeter le tronc vers l'avant se redressent lors de leurs passages pieds nus. A travers mes recherches, seul Teng étudie l'influence de la posture du tronc sur l'impact énergétique du membre inférieur [55]. Il en ressort que la flexion du tronc dans le plan sagittal a une influence significative sur la hanche et le genou. Pour Teng, le fait d'augmenter l'antéflexion du tronc permettrait de réduire la charge du genou sans augmenter la demande biomécanique au niveau de la cheville. Dubois rappelle lors d'une de ses conférences au JFK 2015 à Lille que dans un traitement lombaire Mckenziste, la préférence directionnelle se situe à 70% des cas dans un mouvement d'extension [18]. Dubois utilise la course à pied comme un outil de rééducation. Il serait intéressant de poursuivre ces études afin de voir si la course à pied peut être utilisée comme une démarche préventive contre les douleurs lombaires.

5.5 Par rapport au temps de contact au sol

Notre étude se rapproche de celle de Dutto & Smith qui observent que 60% des sujets ont modifié leur temps de contact [22]. Dans notre étude, 85% des sujets ont vu leurs temps de contact être modifié lors du passage pieds nus. Chambon & al. observent que plus la semelle intermédiaire est fine, plus le temps de contact au sol se réduit [10]. Dans notre étude, nous pouvons observer une tendance à ce que le temps de contact soit raccourci lorsque l'épaisseur de la semelle est réduite. 50% des sujets ont réduit leurs temps de contact au sol,

15% ont gardé le même et 35% l'ont augmenté. Pour améliorer ce paramètre, il serait intéressant de disposer d'une caméra plus puissante. Un enregistrement calibré au minimum à 120 fps permettrait d'avoir des résultats plus précis sur la capture et l'analyse des appuis.

5.6 Par rapport à la fréquence de pas

Lieberman indique que les coureurs récréatifs courent à une cadence comprise entre 150 et 160 pas par minute en condition chaussée [38]. Dans notre étude, la fréquence de pas des sujets en condition chaussée est de 161,8 ± 10,39. Pieds nus, Lieberman constate une fréquence entre 175 et 182 pas/min. Dans notre étude, nous nous situons à 169,45 ± 12,69 pas/min. Nos résultats coïncident avec les résultats du professeur Lieberman.

Heiderscheit et al. émettent une hypothèse sur la relation entre la fréquence de pas et le taux de blessures [34]. Ainsi, si la fréquence augmente, alors le risque de blessures pourrait être réduit. Les auteurs préconisent d'augmenter la fréquence de pas dans un but préventif face aux blessures. A l'heure actuelle, il existe une étude qui démontre qu'après une heure de course la fréquence de pas diminue de 1 à 2% [35-42]. Il serait intéressant d'avoir plus de retour sur la relation entre la fréquence de pas et les incidences des blessures.

5.7 Par rapport aux consignes de course

A ma connaissance, il n'existe aucune étude évaluant l'importance d'apporter des consignes verbales dans l'apprentissage d'une foulée avant-pied et/ou médio-pied. Seul Crowel s'est intéressé à l'importance d'un feedback visuel en temps réel pour adapter la gestuelle [12]. A l'aide de notre étude, nous ne pouvons qu'émettre des hypothèses quant à l'apport de consignes verbales chez un coureur souhaitant effectuer une transition vers une foulée avant-pied et / ou médio-pied. Par conséquent, l'apport de consignes permettrait de modifier la posture du sujet. L'objectif est de faire prendre conscience aux coureurs de la fréquence de pas, d'une pose d'appui sur l'avant-pied et d'une réception la plus douce possible lors de l'impact. Ces instructions sont les principaux éléments pour une foulée économique et dynamique.

Il est important de ne pas donner plus de trois consignes. Nous avons observé lors d'un test pré-étude qu'au-delà de trois consignes, les sujets se concentrent trop et réalisent à peine, une seule consigne correctement. D'autres consignes peuvent venir compléter l'acquisition d'une foulée avant-pied mais elles seront données plus tard et seulement si les trois premières consignes sont acquises et automatisées. Le coureur doit veiller à rester dans le respect de la non douleur face aux nouvelles sollicitations musculaires qu'il va engendrer.

Notre étude révèle que 100% des sujets du groupe « transition » (100% de coureurs talon avant les consignes) ont parfaitement intégré la consigne principale, celle de poser l'avant-pied lors du passage pieds nus. Cependant, nous observons qu'un temps d'adaptation est parfois nécessaire avant d'avoir un mouvement automatisé.

Enfin, 20% des sujets du groupe « contrôle » continuent à courir sur le talon lors du passage pieds nus. A la fin du protocole, ces sujets expriment faire « plus de bruit » quand ils sont en chaussure. Durant les enregistrements, nous observons que ces sujets cherchent à modifier leur foulée pour réduire ce bruit. Il serait intéressant de voir leur comportement sur un sol plus abrasif (asphalte) et avec un temps de course plus important.

6. CONCLUSION

En tant que professionnel de santé, le masseur-kinésithérapeute a un rôle incontestable dans la préparation physique, les soins et la rééducation du sportif blessé. Il reçoit fréquemment une population pratiquant une activité physique. La course à pied étant la base fondamentale de nombreux sports, il est de son ressort de fournir les bonnes informations et conseils auprès des sportifs. Une enquête de Rothschild évoque que 75,7% des coureurs seraient intéressés de modifier leur pose d'appui pour aboutir à une foulée minimaliste [52]. Les pratiques se voient alors être repensées grâce aux études scientifiques. Malheureusement, le marketing agressif des fabricants continue à orienter les coureurs vers une foulée unique. Celle-ci ne sont d'ailleurs pas basée sur des preuves scientifiques. Les milliards investis dans la recherche et le développement des chaussures n'ont pas permis de concevoir une chaussure parfaite pour la pratique de la course à pied. Malgré une absence totale d'évidence base

médecine (EBM) dans ce domaine, 79% des coureurs continuent à utiliser cette foulée taligrade.

Richard et al [50] ont tenté via une recherche d'essai clinique randomisé de démontrer l'influence du matelassage dans l'incidence des blessures. Au final, aucune étude ne montre les effets globaux attendus par l'amorti de la chaussure traditionnelle. L'incidence sur la fréquence des blessures reste floue [2] même si Dubois en déduit que le facteur principal est la quantité de stress mécanique [18]. Les praticiens ne peuvent donc pas se baser sur l'évidence base médecine (EBM) mais sur l'avis d'experts. C'est une approche difficile vu les quantités de supports et les opinions contradictoires entres les experts. A l'heure actuelle, aucune évidence scientifique ne préconise une pratique en particulier. Cependant, Dubois résume à travers un poster des recommandations dans le choix du chaussage [18]. C'est une manière simple et rapide qui permet d'orienter les coureurs dans le choix de sa chaussure.

A travers notre étude, nous souhaitons savoir si, en plus de modifier le type de chaussage, l'apport de consignes peut modifier la biomécanique du coureur. D'après les résultats de notre étude, l'apport de consignes lors de la pratique de la course à pied est important. Elles permettent de faire prendre conscience de l'exigence de la technique sportive. Courir est un geste qui paraît naturel mais qui nécessite un apprentissage. Trop de pratiquants courent comme ils marchent.

Les feedbacks audios et visuels sont importants car ils permettent d'apporter de nouvelles informations proprioceptives et de corriger la posture, l'objectif étant de se rapprocher d'une foulée performante, économique et la moins traumatique possible. Cependant prudence ! Vouloir modifier à tout prix sa pose d'appui n'est pas sans risque. Il est important que le coureur sache pourquoi et comment il doit modifier sa foulée.

En conclusion, la biomécanique de la course à pied est un domaine complexe qui est fortement étudiée de nos jours. Les études démontrent que le changement dans la pose d'appui n'est pas sans risque. Nous rejoignons beaucoup d'auteurs comme Dubois, Davis, Altman qui jugent qu'il n'y a pas de raison de vouloir changer de foulée si le coureur ne se blesse pas. La plus grosse erreur dans la transition serait de l'effectuer trop vite et trop tôt. L'organisme a besoin de temps avant de s'adapter aux nouvelles contraintes que peut exiger une course sur l'avant-pied. Courir sur l'avant-pied présente plusieurs avantages et permettrait

d’intervenir sur l’incidence des blessures. Il est donc nécessaire de poursuivre les études sur l’intérêt du chaussage et sur l’importance d’une pose d’appui adaptée. A l’heure actuelle, il n’existe aucun retour sur les programmes de transition de foulée. Il serait donc intéressant d’en avoir un.

BIBLIOGRAPHIE

[1] AIGROZ, Ph. *Echelle de Borg*. [En ligne] http://www.hopital-pae.ch/fitness/article/echelle_de_borg_sport.pdf (consulté le 14/03/2015).

[2] ALTMAN, Allison R., DAVIS, Irene S. Barefoot running: biomechanics and implications for running injuries. *Current sports medicine reports*, 2012, vol. 11, n° 5, p. 244-250 DOI : 10.1249/JSR.0b013e31826c9bb9.

[3] BISHOP, Mark, FIOLKOWSKI, Paul, CONRAD, Bryan, *et al.* Athletic footwear, leg stiffness, and running kinematics. *Journal of athletic training*, 2006, vol. 41, n° 4, p. 387.

[4] BRIGAUD, Frédéric. *Guide de la foulée avec prise d'appui avant-pied*. Gap : Éditions. Désiris, 2015, 96 p. ISBN : 978-2-36403-097-8.

[5] BRIGAUD, Frédéric. *La course à pied, posture, biomécanique, performance*. Gap : Éditions. Désiris, 2013, 176 p. ISBN : 978-2-36403-054-1.

[6] BRIGAUD, Frédéric. *La marche et la performance sportive: optimisation de la marche, de la course, du saut*. Gap : Éditions Désiris, 2011, 128 p. ISBN : 978-2-915418-89-7.

[7] BROSSARD, Frédéric, DUBOIS, Daniel, FUMAT, Carole. *Barefoot & minimalisme: courir naturel*. Paris : Amphora, 2012, 176 p. ISBN : 978-2-85180-831-8.

[8] BRUGGEMENN, Gert-Peter, POTTHAST, Wolfgang, BRAUSTIEN, Björn et al., 2005. Effect of increased mechanical stimuli on foot muscles functional capacity. *In Proceedings of the International Society of Biomechanics XXth Congress*.

[9] CARDETTI, Matthieu, Mémoire 2014. *Influence Du Chaussage Sur Les Caractéristiques Biomécaniques de La Course À Pied et Sur L'activité Électrique de Deux Muscles : Le Tibial Antérieur et Le Soléaire*. Bordeaux, IFMK Bordeaux.

[10] CHAMBON, Nicolas, DELATTRE, Nicolas, GUÉGUEN, Nils, *et al.* Is midsole thickness a key parameter for the running pattern ? *Gait & posture*, 2014, vol. 40, n° 1, p. 58-63. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.02.005.

[11] CHUMANOV, Elizabeth S., WILLE, Christa M., MICHALSKI, Max P., *et al*. Changes in muscle activation patterns when running step rate is increased. *Gait & posture*, 2012, vol. 36, n° 2, p. 231-235. DOI : 10.1016/j.gaitpost.2012.02.023.

[12] CROWELL, Harrison Philip, DAVIS, Irene S. Gait retraining to reduce lower extremity loading in runners. *Clinical biomechanics*, 2011, vol. 26, n° 1, p. 78-83. DOI : 10.1016/j.clinbiomech.2010.09.003.

[13] COURTAIS, Franck. Janvier 2013. *La cheville et le pied / Mesures goniométriques - centimétriques.* [En ligne] http://kine.centre.pagesperso-orange.fr/cours%20IFMK/2012%202013/PIEDgonioword2013.pdf (consulté le 14/03/2015).

[14] DAUM, Bernard. Pied et chaussure de sport. *EMC Podologie 2001 ; 9(2):1-9. Article 27-140-A-62.*

[15] DERRICK, TIMOTHY R., HAMILL, JOSEPH, et CALDWELL, GRAHAM E. Energy absorption of impacts during running at various stride lengths. *Medicine and science in sports and exercise*, 1998, vol. 30, n° 1, p. 128-135.

[16] DE WIT, Brigit, DE CLERCQ, Dirk, AERTS, Peter. Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. *Journal of biomechanics*, 2000, vol. 33, no 3, p. 269-278.

[17] DIVERT, C., MORNIEUX, G., FREYCHAT, P., *et al.* Barefoot-shod running differences: shoe or mass effect ? *International journal of sports medicine*, 2008, n° 29, p. 512-18. DOI : 10.1055/s-2007-989233.

[18] DUBOIS, Blaise. 5èmes Journées Francophones de Kinésithérapie, 5, 6 et 7 février 2015, Lille, Société Française de Physiothérapie. Conférence (vidéo + audio).

[19] DUBOIS Blaise. *La clinique du coureur, cours et conférence.* [En ligne] http://www.lacliniqueducoureur.com/fr/cours-conferences (consulté le 14/03/2015).

[20] DUFOUR, Michel, PILLU, Michel. *Biomécanique fonctionnelle: rappels anatomiques, stabilités, mobilités, contraintes : membres, tête, tronc*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier-Masson, 2009, 568 p. ISBN : 978-2-294-08877-3.

[21] DUGAN, Sheila A., BHAT, Krishna P. Biomechanics and analysis of running gait. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 2005, vol. 16, n° 3, p. 603-621. DOI : 10.1016/j.pmr.2005.02.007.

[22] DUTTO, Darren J., SMITH, Gerald A. Changes in spring-mass characteristics during treadmill running to exhaustion. *Medicine and science in sports and exercise*, 2002, vol. 34, n° 8, p. 1324-1331.

[23] ESNAULT, M. Les Contraintes Exercées Sur Le Pied Du Coureur de Longue Distance d'après l'analyse des tracés enregistrés sur la plate-forme de forces. *Annales de Kinésithérapie,* 1985, t. 12, n° 1-2, pp. 21-33.

[24] FARLEY, Claire T., GONZALEZ, Octavio. Leg stiffness and stride frequency in human running. *Journal of biomechanics*, 1996, vol. 29, n° 2, p. 181-186.

[25] Fédération française d'athlétisme. Fédération Française d'athlétisme - Enquête : La course à pied à l'étude. Chiffres mesurés entre avril et septembre 2013, avec l'agence SportLab. [En ligne] http://www.athle.fr/ASP.NET/MAIN.NEWS/NEWS.ASPX?NEWSID=11782 (consulté le 14/03/2015).

[26] FIXX, James Fuller, REVEMMAT, Marie-Alyx. *Jogging: courir à son rythme pour vivre mieux*. Paris: Editions R. Laffont, 1978, 285 p. ISBN : 978-2221001462.

[27] FOURCHET, François, KELLY, Luke, HOROBEANU, Cosmin, *et al.* Impact of High Intensity Running on Plantar Flexor Fatigability and Plantar Pressure Distribution. *Journal of athletic training*, 2014, 49 (3). DOI : 10.4085/1062-6050-49.3.90.

[28] GAUDIN-WINER, Florian. *Enquête : La course à pied à l'étude. Fédération française d'athlétisme*. Disponible sur www.athle.fr/asp.net/main.news/news.aspx?newsid=11782 (consulté le 7 avril 2014).

[29] GIANDOLINI, Marlène. Impact et Contraintes Musculo-Tendineuses En Course À Pied : Effets de La Chaussure et de La Technique de Pose de Pied. *Kinésithérapie scientifique*, 2014, n° 560, p. 15-19.

[30] GIANDOLINI, Marlène, POUPARD, Thibaut, GIMENEZ, Philippe, et al. A simple field method to identify foot strike pattern during running. *Journal of biomechanics*, 2014, vol. 47, n° 7, p. 1588-1593. DOI : 10.1016/j.jbiomech.2014.03.002.

[31] GOSS, Donald L., GROSS, Michael T. Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. *U.S. Army Medical Department Journal*, December, 2012, p. 25-30.

[32] HAMILL, Joseph, RUSSELL, Elizabeth M., GRUBER, Allison H., *et al.* Impact characteristics in shod and barefoot running. *Footwear Science*, 2011, vol. 3, n° 1, p. 33-40.

[33] HASEGAWA, Hiroshi, YAMAUCHI, Takeshi, KRAEMER, William J. Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2007, vol. 21, n° 3, p. 888-893. DOI : 10.1519/R-22096.1.

[34] HEIDERSCHEIT, Bryan C., CHUMANOV, Elizabeth S., MICHALSKI, Max P., *et al.* Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Medicine and science in sports and exercise*, 2011, vol. 43, n° 2, p. 296-302. DOI : 10.1249/MSS.0b013e3181ebedf4.

[35] HUNTER, Iain, SMITH, Gerald A. Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high-intensity run. *European journal of applied physiology*, 2007, vol. 100, n° 6, p. 653-661. DOI : 10.1007/s00421-007-0456-1.

[36] LARSON, Peter, HIGGINS, Erin, KAMINSKI, Justin, *et al.* Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *Journal of sports sciences*, 2011, vol. 29, n° 15, p. 1665-1673. DOI : 10.1080/02640414.2011.610347.

[37] LIEBERMAN, Daniel E., VENKADESAN, Madhusudhan, WERBEL, William A., *et al.* Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*, 2010, vol. 463, no 7280, p. 531-535. DOI : 10.1038/nature08723.

[38] LIEBERMAN, Daniel E. What we can learn about running from barefoot running : an evolutionary medical perspective. *Exercise and sport sciences reviews*, 2012, vol. 40, n° 2, p. 63-72. DOI : 10.1097/JES.0b013e31824ab210.

[39] LOPES, Alexandre Dias, HESPANHOL, Luiz Carlos, YEUNG, Simon S., *et al.* What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? *Sports medicine*, 2012, vol. 42, n°10, p. 891-905. DOI : 10.1007/BF03262301.

[40] MANOLOVA, A *Sciences de sport*. Chapitre 2 : Description anatomique du mouvement - Segments corporels et articulations. [En ligne] http://www.sci-sport.com/theorie/001-02.php#segcorp (consulté le 14/03/2015).

[41] MIOLANE, Thierry. Évolution des chaussures de running. *Revue du Podologue*, 2014, vol 10, n° 55, p.18–23. DOI : 10.1016/j.revpod.2013.12.002.

[42] MIZRAHI, Joseph, VERBITSKY, Oleg, ISAKOV, Eli, *et al.* Effect of fatigue on leg kinematics and impact acceleration in long distance running. *Human movement science*, 2000, vol. 19, n° 2, p. 139-151.

[43] MONDENARD, Jean Pierre de. *Les Réponses du spécialiste. 4, Le Jogging en "questions" : du footing à la course de fond*. Paris : Amphora, 1988, 228 p. ISBN : 978-2-851800-81-7.

[44] MORIN, J. B., SAMOZINO, P., ZAMEZIATI, K., *et al.* Effects of altered stride frequency and contact time on leg-spring behavior in human running. *Journal of biomechanics*, 2007, vol. 40, n° 15, p. 3341-3348. DOI : 10.1016/j.jbiomech.2007.05.001.

[45] NUNNS, Michael, HOUSE, Carol, FALLOWFIELD, Joanne, *et al.* Biomechanical characteristics of barefoot footstrike modalities. *Journal of biomechanics*, 2013, vol. 46, n° 15, p. 2603-2610. DOI : 10.1016/j.jbiomech.2013.08.009.

[46] PAULSON, S., BRAUN, W. A. Mechanical and physiological examination of barefoot and shod conditions in female runners. *International journal of sports medicine*, 2014, vol. 35, n° 9, p. 789-793. DOI : 10.1055/s-0034-1367064.

[47] PERL, Daniel P., DAOUD, Adam I., LIEBERMAN, Daniel E. Effects of footwear and strike type on running economy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2012, vol. 44, n° 7, p. 1335-43. DOI : 10.1249/MSS.0b013e318247989e.

[48] QUELARD, B., RACHET, O., SONNERY-COTTET, B., *et al.* Rééducation postopératoire des greffes du ligament croisé antérieur. *EMC - Kinésithérapie - Médecine physique*, 2010, vol. 26, n° 240, p. C10. DOI:10.1016/S1283-0887(10)43946-8.

[49] RAMANATHAN, A. K., KIRAN, P., ARNOLD, G. P., *et al.* Repeatability of the Pedar-X® in-shoe pressure measuring system. *Foot and Ankle Surgery*, 2010, vol. 16, n° 2, p. 70-73. DOI:10.1016/j.fas.2009.05.006.

[50] RICHARDS, Craig E., MAGIN, Parker J., CALLISTER, Robin. Is your prescription of distance running shoes evidence-based ? *British journal of sports medicine*, 2009, vol. 43, n°3, p. 159-162. DOI:10.1136/bjsm.2008.046680.

[51] ROBILLARD, Jason. *The Barefoot Running Book : A Practical Guide to the Art and Science of Barefoot and Minimalist Shoe Running*. Allendale, Mich. : Barefoot Running Press, 2010.

[52] ROTHSCHILD, Carey E. Primitive running : a survey analysis of runners' interest, participation, and implementation. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 2012, vol. 26, n° 8, p. 2021-2026. DOI : 10.1519/JSC.0b013e31823a3c54.

[53] SOLARBERG, Sehel. *Courir Léger - Light Feet Running : le guide pour optimiser votre foulée.* Vergèze *:* Editions Thierry Souccar, 2015, 160 p. ISBN : 978-2365490863

[54] SOLARBERG, Sehel. *Courir Léger - Light Feet Running : théorie, initiation et pratique de la foulée médio-pied.* Paris : Editions ACLC, 2013, 129 p.

[55] TENG, Hsiang-Ling et POWERS, Christopher M. Influence of Trunk Posture on Lower Extremity Energetics during Running. *Medicine and science in sports and exercise*, 2014. DOI : 10.1249/MSS.0000000000000436

[56] 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 14/03/2015).

[57] VAN GENT, Bobbie RN, SIEM, Danny D., VAN MIDDELKOOP, Marienke, *et al.* Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners : a systematic review. *British journal of sports medicine*, 2007, vol. 41, n° 8, p. 469-480. DOI : 10.1136/bjsm.2006.033548.

[58] VIEL, Eric. *La Marche humaine, la course et le saut : biomécanique, explorations, normes et dysfonctionnements*. Paris: Masson, 2000, 267 p.

[59] VOLODALEN Laboratoire. *Etude du tapis roulant*. [En ligne] http://www.volodalen.com/54laboratoire/laboratoire-tapis-roulant.htm (consulté le 14/03/2015).

[60] WEBSTER, Kate E., KINMONT, Christian J., PAYNE, Rebecca, *et al.* Biomechanical differences in landing with and without shoe wear after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Biomechanics*, 2004, vol. 19, n° 9, p. 978-981. DOI : 10.1016/j.clinbiomech.2004.06.012.

[61]ZADPOOR, Amir Abbas, NIKOOYAN, Ali Asadi, et ARSHI, Ahmad Reza. A model-based parametric study of impact force during running. *Journal of biomechanics*, 2007, vol. 40, n° 9, p. 2012-2021. DOI : 10.1016/j.jbiomech.2006.09.016.

ANNEXES

ANNEXE I

Formulaire de consentement éclairé

Je soussigné(e) :

Nom

Prénom

Né(e) le

Certifie avoir été pleinement informé(e) :

Des modalités de déroulement de cette étude portant sur la biomécanique en course à pied

Que j'ai la possibilité de poser toutes les questions qui me paraîtront utiles pour la bonne compréhension de la note d'information, et de recevoir des réponses claires et précises.

D'avoir disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision.

Que je me porte volontaire à cette étude en sachant que je peux arrêter ma participation à tout moment sans avoir à me justifier.

Que j'accepte le traitement informatisé des données personnelles en conformité avec les dispositions de la loi 78/17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, modifiée par la Loi n° 2004-801 du 6 août 2004 de la commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL), relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel. En particulier, j'ai noté que je pourrais exercer, à tout moment, un droit d'accès et de rectification de mes données personnelles, en m'adressant à REB Julien – jreb54@gmail.com

Que mes données personnelles seront rendues anonymes, avant d'être intégrées dans un rapport ou une publication scientifique.

Que toutes les données et informations me concernant resteront strictement confidentielles.

Je donne mon accord :

Pour participer à cette étude dans les conditions citées ci-dessus.

Pour que les vidéos et/ou photos enregistrées à l'occasion de cette étude soient conservées, traitées et diffusées sous couvert de l'anonymat.

Fait à ……..……, le ……

Signature de l'investigateur

Signature du sujet
précédée de la mention « lu et approuvé »

ANNEXE II

Formulaire d'information

Etude sur la biomécanique et le chaussage en course à pied.

Madame, Monsieur,

Courir. Quoi de plus simple que d'alterner un pied devant l'autre.

La pratique de la course à pied a évolué au cours des siècles, et notamment sous l'impulsion de Pierre de Coubertin, fondateur du Comité International Olympique. Lors des premiers Jeux Olympiques en 1896, l'athlétisme représentait alors la discipline reine, particulièrement grâce au marathon.

Cependant, depuis les années 1960, la suprématie des coureurs kenyans et éthiopiens lors des compétitions internationales a incité les occidentaux à repenser une idée préconçue, celle de courir uniquement sur les talons.

Des millions de modèles de baskets vendues et d'investissements plus tard, il subsiste toujours un problème majeur pour ses pratiquants : la blessure. Chaque année, 79% des athlètes pratiquant la course à pied se blessent au moins une fois par an.

En 2013, la Fédération Française d'Athlétisme recense 8,5 millions de Français pratiquant la course à pied contre 6 millions au début des années 2000.

Les kinésithérapeutes sont donc amenés à rencontrer ces sportifs dans les centres de soins et cabinets libéraux. Le kinésithérapeute est bien souvent considéré par le patient comme le professionnel majeur dans le retour à la pratique sportive.

Afin d'évoluer sur nos pratiques et d'améliorer notre rôle dans la prévention des blessures, je souhaite étudier la biomécanique du coureur à pied et la transition de la foulée.

Ainsi, afin de mieux connaitre les mécanismes qui interviennent lors de la course, je vous propose d'étudier la qualité de votre cinétique de course dans différentes situations.

Pour cela, il vous sera demandé de courir sur un tapis roulant avec vos chaussures habituelles puis de courir pieds nus.

Un échauffement de 5 minutes sera effectué afin d'évaluer un niveau d'effort qui correspond à votre propre allure de footing, spontanée et confortable. Je vous demanderai comment vous ressentez l'effort à l'aide d'une échelle évaluant l'intensité de l'effort, et vous porterez un cardiofréquencemètre afin de s'assurer que vous ne courez pas trop vite.

Juste après l'échauffement, nous réaliserons deux séquences de course d'une durée de 3 minutes chacune. La première s'effectuera pieds chaussés puis la seconde pieds nus. Une période de repos sera prévue entre les différents tests.

Il est prévu un enregistrement vidéo durant chaque séquence. Afin de permettre un repérage osseux précis lors des enregistrements, le port d'une tenue adaptée pour la pratique de la course à pied est demandé. Ainsi le port d'un débardeur et un collant type cycliste est conseillé. Les tenues larges sont à éviter.

Au cours des tests, une personne est à vos côtés afin de prévenir tout risque de chute.

Votre participation à cette étude est librement consentie et il vous est possible de la quitter à tout moment sans aucun préjudice pour vous.

Vous n'aurez aucune charge financière à supporter.

Bien entendu, les données et informations recueillies resteront strictement confidentielles.

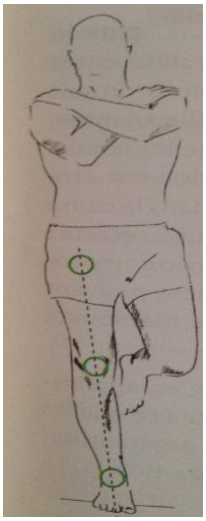


Figure 1 : axe mécanique du membre inférieur [5]

Figure 2 : Chaussures minimaliste

Lift and kiss Attaque talon

Figure 3 : Comparaison d'une foulée minimaliste versus talon

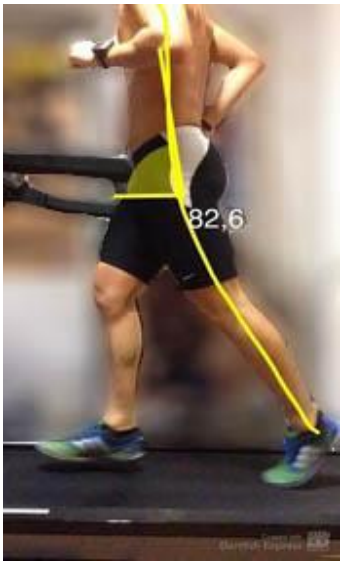


Figure 4 : Inclinaison antérieure du tronc favorisant la propulsion

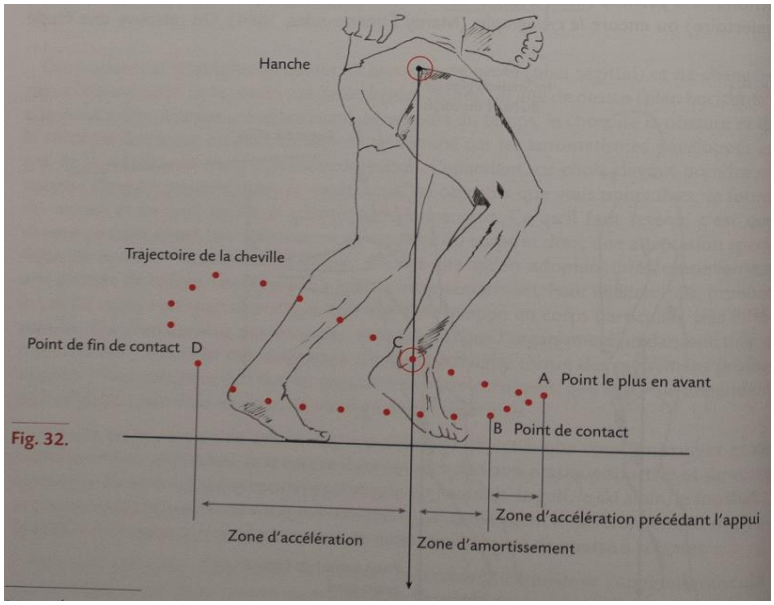


Figure 5 : Exemple d'un cycle ou poulaine [5]

Figure 6 : Chaussure traditionnelle ou dite maximaliste

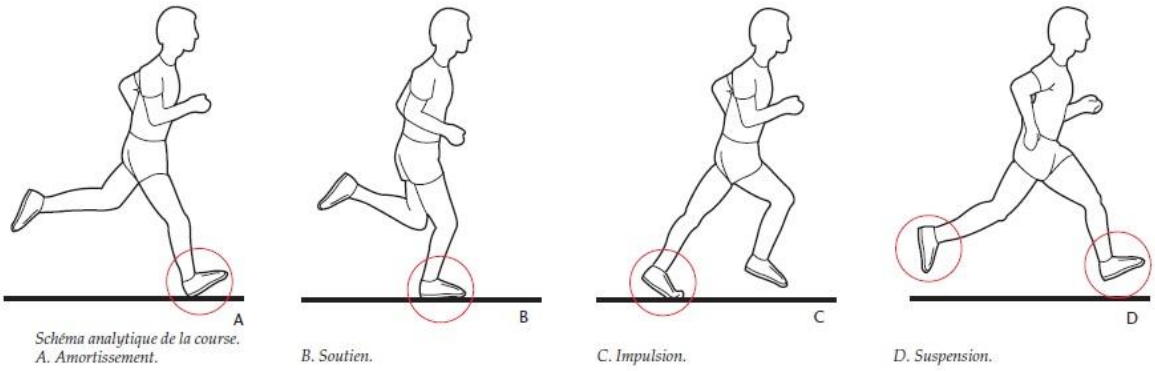


Figure 7 : Les phases d'une foulée taligrade [9]

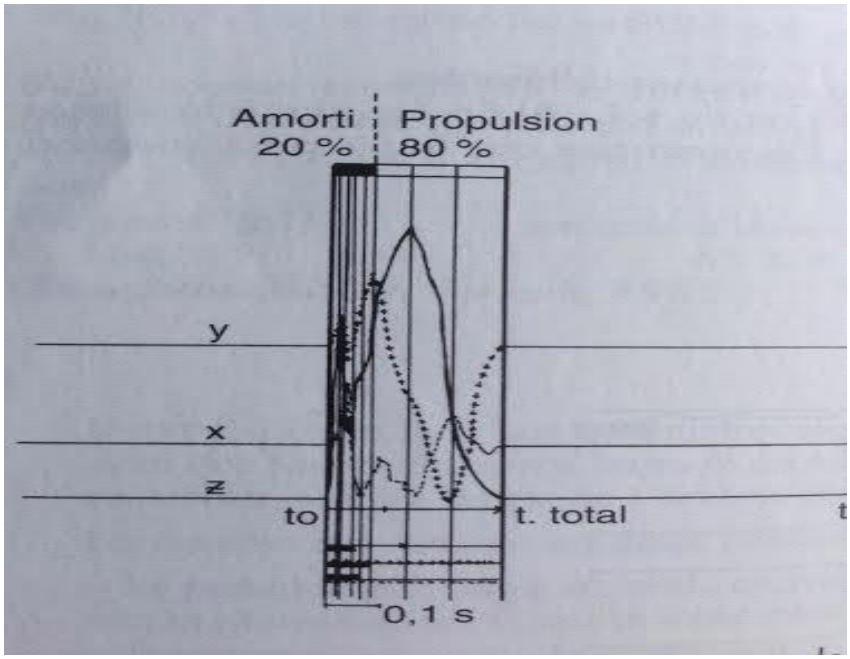


Figure 8 : Le pied subit trois forces réactionnelles lors de l'appui. On retrouve ainsi une composante verticale (Z), une antéropostérieure (Y) et une latérale (X) [23]

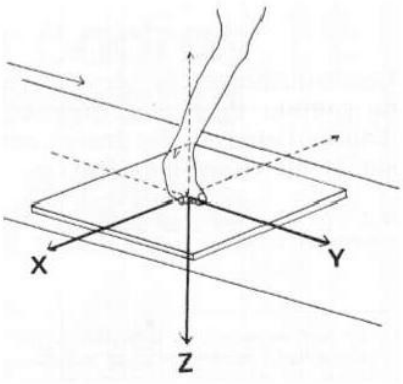


Figure 9 : La plate-forme et les trois directions des vecteurs de force exercées lors du passage du pied [23]

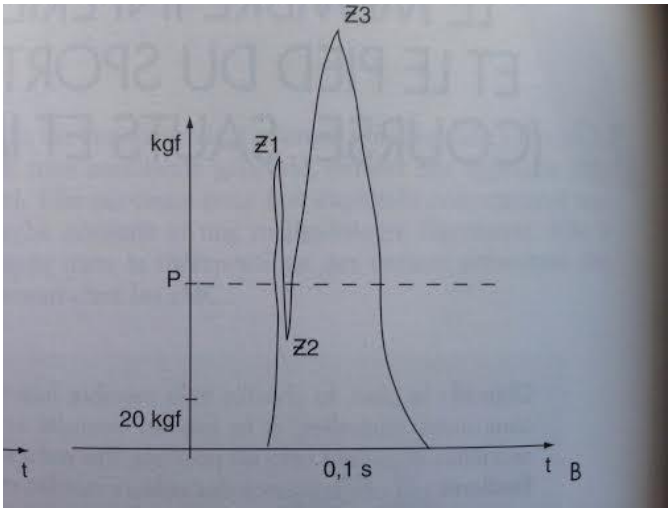


Figure 10 : Tracé sur le plateau des forces du contact pied/sol [23]

Figure 11 : Tapis de course HOMEFORM RUN 20

Figure 12 : Marquage des repères osseux

Figure 13 : Montre GARMIN VIVOFIT

TITRE

L’influence du chaussage et des consignes dans la pratique de la course à pied

AUTEUR

REB Julien

RÉSUMÉ

En 2014, la France recensait environ 8,5 millions d’adeptes de la course à pied. Troisième sport le plus traumatique avec 79% de blessures chaque année, la course à pied génère des forces dynamiques et complexes à notre structure musculo-squelettique.

A partir de ce constat, nous nous sommes intéressés à l’influence du chaussage et de l’apport de consignes dans la modification de la biomécanique de course. Pour cela, nous avons réalisé une étude comparative randomisée en simple aveugle, en sélectionnant vingt sujets qui pratiquent régulièrement une activité sportive. Chaque sujet a réalisé deux passages : le premier en étant chaussé avec des chaussures traditionnelles et le deuxième en courant pieds nus. Les deux passages ont été réalisés sur tapis roulant. Notre étude permet d’analyser et de sortir des hypothèses sur l’importance du chaussage et de l’apport de consignes dans la pratique de la course à pied. Dans cette étude, nous constatons que le chaussage influence la pose d’appui initial. L’apport de consignes améliore la prise de conscience et l’exigence d’une foulée en course à pied. A partir de ces résultats, il est possible d'orienter les coureurs vers un chaussage adapté et leur apporter les consignes nécessaires à leur pratique.

Ce travail permettra aux masseurs-kinésithérapeutes d’intervenir dans un rôle de prévention primaire face aux blessures et permettra aux coureurs d’être acteur dans le choix de sa chaussure et de la nécessité de disposer d’une biomécanique de course la plus performante possible.

MOTS-CLÉS

Blessures, course à pied, consignes, pieds nus, chaussures.

Injuries, running, instructions, barefoot, shoes.