

Projet de thèse  
en course à pied

## Focus sur un projet de thèse en course à pied au laboratoire Forme et Fonctionnement Humain

BENJAMIN LETROYE

MIKAËL SCOHIER

*Laboratoire Forme et Fonctionnement Humain  
Pôle de recherche en Sciences de la motricité du Cerisic  
Haute école Louvain-en-Hainaut  
Montignies-sur-Sambre*

[letroyeb@helha.be](mailto:letroyeb@helha.be)

[scohierm@helha.be](mailto:scohierm@helha.be)

**RÉSUMÉ.** – À ce jour, de nombreuses études ont analysé les différents aspects de la biomécanique de course et leurs effets sur le risque de blessures et l'économie de course. Malgré quelques divergences retrouvées au sein de la littérature scientifique, la tendance actuelle nous incite à croire qu'une augmentation de la fréquence de pas est une stratégie intéressante pour minimiser le risque de blessure et augmenter la performance des coureurs. Pourtant, l'étude des effets d'un entraînement réalisé à une fréquence de pas plus élevée que celle adoptée spontanément n'a pas encore été approfondie et les données actuelles ne nous permettent pas de connaître la pertinence d'un tel entraînement. C'est pourquoi l'objectif de notre projet de thèse est de proposer un entraînement spécifique destiné à augmenter la fréquence de pas afin d'observer l'évolution des paramètres physiologiques et biomécaniques de la course à la suite de cet entraînement.

**ABSTRACT.** – Numerous studies have analyzed running biomechanics and its effects on running-related injuries and running economy. Despite some discrepancies found in the scientific literature, current knowledge seems to show that increasing the running step frequency could be a good strategy to minimize the risk of injury and increase the performance of runners. Unfortunately, the effects of training at a step frequency higher than the spontaneous one have not been investigated yet and so, there are still unknowns. This is why the objective of our present project is to propose a specific training intended to increase the running step frequency and to observe the possible modifications of the running physiological and biomechanical parameters as a result of this training.

**MOTS CLÉS.** – Course à pied — Cadence — Économie de course — Blessures — Entraînement

**Plan de l'article**

1. Introduction
2. Contexte de l'étude
3. Description du projet
  - 3.1. Protocoles d'entraînement
  - 3.2. Séances d'évaluation

**1. Introduction**

La course à pied est une activité physique facile à pratiquer, peu onéreuse et dont les bienfaits sur la santé sont nombreux : diminution du risque de maladies cardiaques (Cheung *et al.*, 2017 ; Chomistek *et al.*, 2016 ; Ghorbani *et al.*, 2014 ; Kubota *et al.*, 2017 ; Lee *et al.*, 2014 ; Petrovic-Oggiano *et al.*, 2010), augmentation de la qualité du sommeil (Hartescu *et al.*, 2015 ; Wunsch *et al.*, 2017), diminution du risque de cancers (Moore *et al.*, 2016), diminution du risque de diabète (Williams, 2014), voire même diminution des maux de dos (Chatzitheodorou *et al.*, 2007 ; Garreta-Catala *et al.*, 2015), etc. L'impact positif sur les différents aspects de la santé a certainement contribué à faire de ce sport un des plus populaires dans le monde entier puisque le nombre d'adeptes ne cesse d'augmenter au fil des années (Hulteen *et al.*, 2017 ; van Dyck *et al.*, 2017). La pratique de la course à pied n'est toutefois pas sans risque et les blessures musculo-squelettiques sont fréquentes chez le coureur à pied (van Gent *et al.*, 2007). Il est important de détecter les facteurs de risques de ces blessures et d'adopter une technique de course si possible plus sécurisante tout en maintenant un niveau optimal de performance pour ceux qui le souhaitent. La recherche scientifique contribue à nous éclairer à ce propos et les études sur la course à pied sont nombreuses. Depuis quelques années, le laboratoire Forme et Fonctionnement Humain (FFH) de la Haute école Louvain-en-Hainaut (HELHa) participe à l'actualisation de nos connaissances dans ce domaine via la réalisation de différents travaux de recherche : analyse physiologique et biomécanique de la course à pied avec chaussures minimalistes (Baruffi, 2012 ; Belkacem, 2013 ; Huyghe, 2012 ; Kerbaul, 2016), influence des paramètres de l'entraînement et de la gestion de course sur la performance (Dhenin, 2018) et enfin prévalence et incidence des blessures dans une population de coureurs récréatifs (Baccarin, 2014).

Aujourd'hui, l'objectif du laboratoire FFH est de développer encore davantage les recherches dans le domaine de la course à pied. C'est pourquoi la HELHa a engagé Benjamin Letroye, depuis la rentrée académique 2017-2018, en lui octroyant un mandat de maître-assistant / chercheur. Diplômé en 2014

d'un Master en sciences de la motricité (éducation physique) obtenu à l'Université libre de Bruxelles avec grande distinction, il a précédemment travaillé dans le domaine du fitness pendant plusieurs années. Aujourd'hui, il dispense à la HELHa des activités d'apprentissage dans les sections de kinésithérapie et d'ergothérapie et a intégré le laboratoire FFH du pôle en Sciences de la motricité du Cerisic. Il devrait, fin 2018, entamer une thèse de doctorat réalisée en collaboration avec l'Université catholique de Louvain dont l'objectif serait d'évaluer l'effet d'une augmentation de la fréquence de pas, appelée plus communément cadence, sur la performance et le risque de blessures spécifiques.

## 2. Contexte de l'étude

Comme rappelé dans l'introduction, la course à pied est une activité populaire : c'est environ 8,5 millions de pratiquants qui ont été recensés en France en 2013 lors d'une enquête menée conjointement par la Fédération française d'athlétisme et SportLab® (Gaudin-Winer, 2014). Cette enquête nous apprend également qu'être en bonne condition physique et en bonne santé sont les deux principales raisons qui motivent les Français à pratiquer la course à pied. Or, si ses bienfaits pour la santé ne sont plus à démontrer (cf. Introduction), la course à pied est également associée à une incidence élevée de lésions musculo-squelettiques (Saragiotto *et al.*, 2014). Selon les études, le risque de blessures liées à la course à pied varie de 18 % à 92 % (Macera *et al.*, 1989 ; Saragiotto *et al.*, 2014 ; van Gent *et al.*, 2007 ; Wen *et al.*, 2007). Ces blessures peuvent être d'origines très variées : l'âge, les chaussures portées, une augmentation de la charge d'entraînement ou encore la façon de courir sont ainsi régulièrement cités comme facteurs de risque (van Gent *et al.*, 2007). Différentes pistes et stratégies de prévention sont dès lors proposées par la littérature. Notre intérêt s'est porté plus spécifiquement sur l'une d'entre elles : l'augmentation de la fréquence de pas. Pour une même vitesse de déplacement, augmenter la fréquence de pas consiste à raccourcir la longueur des pas et à en augmenter le nombre par unité de temps. En d'autres termes, il s'agit de courir avec davantage de petits pas.

Dans leur revue systématique, Schubert, Kempf, & Heiderscheit (2013) ont synthétisé les effets d'une telle intervention à partir de dix études où les sujets couraient à vitesse constante et à différentes fréquences de pas imposées variant de  $\pm 5\%$  à  $\pm 36\%$  de la fréquence de pas spontanée. Ils ont tout d'abord constaté qu'une augmentation de la fréquence de pas inférieure à 10 % de la fréquence spontanée a très peu d'influence sur la technique de course. Au-delà d'un tel seuil, les effets d'une modification de la fréquence de pas sont en revanche bien

plus nombreux. Ainsi, de nombreuses modifications cinétiques sont immédiatement observées : diminution du déplacement vertical du centre de masse, diminution du temps de contact au sol, diminution de la force de réaction du sol, atténuation des forces liées à l'impact au sol (en d'autres termes, atténuation des chocs) et enfin diminution de l'énergie absorbée par les articulations de la hanche, du genou et de la cheville. Au-delà de ces modifications cinétiques, des changements de la cinématique de course sont également observés suite à une augmentation de la fréquence de pas : diminution de la flexion du genou et de la flexion de hanche ainsi qu'une attaque du pied réalisée davantage sur l'avant du pied. Toutes ces observations permettent donc d'affirmer que l'augmentation de la fréquence de pas exerce une influence non négligeable sur la technique de course et sur de nombreux paramètres biomécaniques.

De manière très intéressante, certains auteurs ont montré que les modifications liées à une augmentation de la fréquence de pas pourraient avoir un double effet positif pour le coureur à pied.

Premièrement, cette stratégie pourrait prévenir l'apparition de certaines pathologies. La course à pied est un sport qui engendre un risque élevé de blessures de sur-utilisation au niveau du membre inférieur (Hreljac, 2004) et, plus précisément, au niveau de l'articulation du genou (van Gent *et al.*, 2007). Or, une augmentation de la fréquence de pas engendre, pour rappel, une diminution de la flexion du genou lors de la phase d'appui (Schubert, Kempf, & Heiderscheit, 2013), qui est associée à une diminution de la force de réaction articulaire au niveau du genou (Bonacci *et al.*, 2017; Lenhart *et al.*, 2014). Dès lors, nous pouvons supposer que ces modifications diminuent le risque des pathologies observées au niveau du genou chez le coureur à pied. À titre d'exemple, il a été plus précisément démontré que le stress sur l'articulation fémoropatellaire était moindre lors de chaque pas avec une augmentation de la cadence (Bonacci *et al.*, 2017), ce qui permet de « soulager » cette articulation et donc, du moins hypothétiquement, de diminuer le risque d'apparition du syndrome fémoropatellaire, qui est une blessure très fréquente en course à pied (van Gent *et al.*, 2007). Dans la mesure où l'augmentation de la fréquence de pas permet de diminuer le risque de certaines blessures, nous pourrions être amenés à encourager cette stratégie. Toutefois, il est important que celle-ci n'induisse pas un coût énergétique plus élevé, ce qui nous amène au second effet positif.

Deuxièmement, augmenter sa fréquence de pas permettrait d'améliorer son économie de course. La course à pied, telle que nous l'envisageons dans cette étude, est une épreuve d'endurance aérobie, c'est-à-dire que la majorité de l'énergie requise est fournie via des réactions métaboliques se déroulant au sein

des mitochondries et nécessitant la présence d'oxygène (Baker *et al.*, 2010). Notre capacité à consommer de l'oxygène est limitée par notre consommation d'oxygène maximale ( $VO_{2,max}$ ), généralement exprimée en  $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$  de poids corporel. Pour être plus performant, il convient d'augmenter sa  $VO_{2,max}$  ou de dépenser moins d'énergie pour une même activité. En course à pied, ce dernier point consiste à améliorer son économie de course. Aujourd'hui, il est évident que celle-ci est un facteur déterminant de la performance en course à pied sur moyenne et longue distances (Billat, 2001 ; Chapman & Levine, 2007). Plusieurs études ont montré que pour des valeurs similaires de  $VO_{2,max}$ , les athlètes ayant des coûts énergétiques plus faibles pendant la course sont généralement plus performants (Larsen, 2003 ; Saunders *et al.*, 2004). Dès lors, il est important d'étudier l'économie de course. De nombreuses études se sont intéressées à la relation entre celle-ci et la fréquence de pas (Cavanagh & Williams, 1982 ; de Ruiten *et al.*, 2014 ; Hafer *et al.*, 2014 ; Hamill *et al.*, 1995 ; Hunter & Smith, 2007 ; Snyder & Farley, 2011). Dans la plupart de ces études, les chercheurs ont défini pour chaque individu, à l'aide d'une fonction quadratique adéquate, la fréquence de pas énergétiquement optimale, c'est-à-dire celle à laquelle le coureur consomme le moins d'oxygène pour une même vitesse de déplacement. Il en ressort que les coureurs expérimentés ont une fréquence de pas spontanée très proche de la fréquence de pas optimale (avec une tendance légèrement inférieure), tandis que les coureurs novices ont une fréquence de pas spontanée toujours inférieure à la fréquence de pas optimale (Cavanagh & Williams, 1982 ; de Ruiten *et al.*, 2014 ; Hafer *et al.*, 2014 ; Hamill *et al.*, 1995 ; Hunter & Smith, 2007 ; Snyder & Farley, 2011). Du point de vue de l'économie de course, il semblerait donc également intéressant d'adopter une stratégie d'augmentation de la fréquence de pas. Il est tout de même important de noter qu'une augmentation de plus de 10 % pourrait augmenter le coût métabolique de l'ordre de 2 à 5 % chez les coureurs expérimentés qui ont déjà une fréquence de pas spontanée élevée (de Ruiten *et al.*, 2014).

*In fine*, pour toutes les raisons évoquées ci-dessus, la littérature nous incite à proposer, en tout cas aux coureurs récréatifs, d'augmenter la fréquence de leurs pas. Néanmoins, d'autres points nous invitent à rester prudents. Tout d'abord, nous avons vu qu'augmenter la fréquence de pas tend à engendrer une attaque du pied davantage sur l'avant de celui-ci. Or, il est établi que cela augmente le travail excentrique du muscle triceps sural (Ahn *et al.*, 2014 ; Almeida *et al.*, 2015). Il est donc possible qu'une modification trop brutale de la technique de course induise l'apparition d'autres pathologies liées aux conséquences d'une attaque réalisée davantage sur l'avant-pied : tendinopathies achilliennes, fatigue musculaire accrue au niveau des gastrocnémiens ou fracture de stress au niveau

des métatarsiens (Almeida *et al.*, 2015; Almonroeder *et al.*, 2013; Goos & Gross, 2012; Rooney & Derrick, 2013). Comme pour tout changement, nous pouvons supposer que modifier la fréquence de pas devrait se faire de manière progressive. Il est nécessaire d'observer les effets à long terme d'une telle stratégie afin de s'assurer qu'elle ne soit pas plus préjudiciable qu'elle ne semble l'être à court terme.

### 3. Description du projet

Si beaucoup de coureurs à pied sont à la recherche d'une performance optimale, éviter les blessures liées à cette pratique est encore plus important puisque la première motivation des coureurs relève de la santé (Dhenin, 2018). Dans cette optique, un grand nombre de pratiquants et d'entraîneurs sont constamment en recherche de nouvelles méthodes d'entraînement qui permettraient d'adapter l'organisme le plus efficacement et le plus rapidement possible aux contraintes importantes qu'engendre la course à pied. Étant donné l'influence positive d'une augmentation de la fréquence de pas sur les risques de certaines pathologies et sur l'économie de course (qui, rappelons-le, est un élément essentiel dans la recherche de performance au cours d'une épreuve d'endurance), il semblerait donc judicieux d'établir un programme d'entraînement en vue d'augmenter la fréquence de pas spontanée des coureurs. Cette augmentation, que les coureurs pourront facilement mettre en œuvre, pourrait aussi être considérée, en raison des changements mécaniques provoqués par une cadence majorée, comme une intervention intéressante pour récupérer et prévenir les blessures de surutilisation. C'est pourquoi l'objectif du présent projet de thèse est de proposer un entraînement destiné à augmenter la cadence de course pour ensuite observer, suite à cet entraînement, l'évolution des paramètres physiologiques, neuromusculaires et biomécaniques.

Actuellement, une étude préliminaire a déjà été menée afin de déterminer la reproductibilité de la fréquence spontanée. Six sujets, compris dans un échantillon de 25 sujets, ont ainsi couru sur tapis roulant à même vitesse à différents jours d'intervalle. L'expérience a été répétée trois fois et systématiquement. Il était d'abord demandé aux sujets de courir à leur fréquence de pas spontanée et ensuite de suivre différentes fréquences de pas imposées. L'analyse préliminaire des résultats semble indiquer que, à même vitesse, la cadence adoptée spontanément pour un sujet varie peu d'un jour à l'autre. De plus, le coût énergétique de la course à cadence spontanée ou aux différentes cadences imposées semblerait être assez reproductible. Notons également que le même patron de

course semble être reproduit au cours des différents essais. Si l'analyse détaillée confirme ces résultats préliminaires, ces différentes observations nous indiquent que la course à pied est un mode de locomotion reproductible et que les modifications observées ne sont pas d'ordre aléatoire. C'est pourquoi nous pouvons mettre en place un protocole d'entraînement destiné à observer les effets d'une augmentation de la fréquence de pas sur les paramètres cinétiques et cinématiques de la course à pied. L'objectif est aussi d'observer indirectement si un entraînement à cadence majorée permettrait de diminuer le risque de blessures et d'améliorer la performance de coureurs récréatifs. Pour ce faire, les sujets de notre étude seront amenés à s'entraîner à une cadence spécifique imposée en étant soumis aléatoirement soit au protocole « cadence optimale » (condition expérimentale) soit au protocole « cadence spontanée » (groupe contrôle). Quatre séances d'évaluation permettront d'observer les modifications cinématiques et cinétiques de la course à pied suite à l'entraînement à « cadence optimale » ou à « cadence spontanée ».

### 3.1. Protocoles d'entraînement

Le protocole d'entraînement « cadence optimale » consistera à courir sur un tapis roulant pendant 20 minutes à la cadence optimale du sujet, préalablement définie lors du prétest sur base de la consommation d'oxygène. Cette cadence sera induite à l'aide d'un métronome tout au long des séances d'entraînement. Cependant, au cours des différentes séances, nous allons réduire progressivement l'utilisation du métronome dans le but de favoriser l'apprentissage de cette nouvelle cadence. Le protocole d'entraînement « cadence spontanée » consistera également à courir sur un tapis roulant pendant 20 minutes, mais cette fois à la cadence spontanée du sujet adoptée lors du prétest. Cette cadence sera également induite par un métronome. L'utilisation du métronome diminuera dans les mêmes proportions que dans celles du premier protocole. Tous les sujets seront entraînés pendant 10 semaines. Il ne sera pas dit aux sujets de l'étude s'ils sont entraînés à leur cadence optimale ou spontanée. La seule consigne qui leur sera donnée sera de suivre le plus précisément possible la cadence imposée par le métronome et de suivre ce rythme même lorsque celui-ci sera « éteint ».

### 3.2. Séances d'évaluation

Quatre séances de tests permettront de suivre l'évolution des paramètres cinétiques et cinématiques de la course à pied de nos sujets. Ces séances, réparties minutieusement au cours du programme d'entraînement, permettront

également d'observer les qualités d'adaptation et d'apprentissage de l'être humain. Avant de proposer l'un des deux protocoles d'entraînement aux sujets, une séance de prétest sera effectuée afin de déterminer les cadences spontanée et optimale de chaque sujet ainsi que les caractéristiques de leur course à pied. Après cinq semaines d'entraînement, une seconde session de test sera menée, uniquement pour évaluer à nouveau la cadence spontanée (mid-test). Après 10 semaines d'entraînement, une séance de test identique à la séance de prétest sera à nouveau réalisée (post-test). Enfin, 4 semaines après la dernière séance d'entraînement, une dernière prise de mesures identique sera une nouvelle fois réalisée afin d'évaluer un éventuel effet du désentraînement (post-test +4).

Comme évoqué précédemment, le pré- et les post-tests serviront à déterminer les cadences spontanée et optimale, mais aussi toute une série d'autres variables, et ce aux différentes fréquences de pas imposées : la  $VO_2$  et la FC ainsi que des paramètres biomécaniques comme la longueur du pas, le déplacement vertical du centre de masse, l'angle d'inclinaison du pied et le pic de force verticale lors de l'impact au sol.

L'évaluation de la fréquence spontanée aux différentes étapes de l'entraînement devrait nous permettre d'observer s'il est possible de modifier sensiblement sa fréquence spontanée suite à un entraînement spécifique. L'intérêt de la mesure effectuée 4 semaines après l'entraînement consiste à vérifier si le sujet maintient cette « nouvelle » cadence spontanée dans le temps ou s'il tend inévitablement à adopter à nouveau la cadence spontanée observée lors du prétest. L'évaluation de tous les autres paramètres a pour objectif d'observer si un entraînement à une fréquence de pas plus élevée permet d'engendrer des modifications biomécaniques et physiologiques de la course à pied qui vont dans le sens d'une diminution des risques de blessures et d'une amélioration de la performance.

## Bibliographie

- Ahn, A.N., Brayton, C., Bhatia, T., & Martin, P. (2014). Muscle activity and kinematics of forefoot and rearfoot strike runners. *Journal of Sport and Health Science*, 3(2), 102-112. doi: 10.1016/j.jshs.2014.03.007
- Almeida, M.O., Davis, I.S., & Lopes, A.D. (2015). Biomechanical differences of foot-strike patterns during running: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(10), 738-755. doi:10.2519/jospt.2015.6019

- Almonroeder, T., Willson, J.D., & Kernozek, T.W. (2013). The effect of foot strike pattern on achilles tendon load during running. *Annals of Biomedical Engineering*, 41(8), 1758-1766. doi: 10.1007/s10439-013-0819-1
- Baccarin, C. (2014). *Cinématique de la course avec ou sans chaussures et évaluation des blessures du coureur minimaliste : comparaison avec une population de coureurs traditionnels* (TFE / Mémoire). Haute école Louvain en Hainaut, Montignies-sur-Sambre.
- Baker, J.S., McCormick, M.C., & Robergs, R.A. (2010). Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. *Journal of Nutrition and Metabolism*, ID 905612. doi: 10.1155/2010/905612
- Baruffi, R. (2012). *Étude comparative de la course à pied avec chaussures minimalistes et chaussures munies de semelles amortissantes. Partie II : Analyse de l'économie de déplacement* (TFE / Mémoire). Haute école Louvain-en-Hainaut, Montignies-sur-Sambre.
- Belkacem, M. (2013). *Étude comparative de la course à pied avec chaussures minimalistes et chaussures munies de semelles amortissantes : analyse cinématique et activité musculaire* (TFE / Mémoire). Haute école Louvain-en-Hainaut, Montignies-sur-Sambre.
- Billat, V.L. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle and long-distance running. Part 1: Aerobic training. *Sports Medicine*, 31, 13-31.
- Bonacci, J., Hall, M., Fox, A., Saunders, N., Shippersides, T., & Vicenzino, B. (2017). The influence of cadence and shoes on patellofemoral joint kinetics in runners with patellofemoral pain. *Journal of Science and Medicine of Sport*, 21(6), 574-578. doi: 10.1016/j.jsams.
- Cavanagh, P.R., & Williams, K.R. (1982). The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(1), 30-35.
- Chapman, R., & Levine, B.D. (2007). Altitude training for the marathon. *Sports Medicine*, 37 (4-5), 392-395.
- Chatzitheodorou, D., Kabitsis, C., Malliou, P., & Mougios, V. (2007). A pilot study of the effects of high-intensity aerobic exercise versus passive interventions on pain, disability, psychological strain, and serum cortisol concentrations in people with chronic low back pain. *Physical Therapy*, 87(3), 304-312. doi: 10.2522/ptj.20060080
- Cheung, W. (2017). Capsule commentary on Cheung et al., leisure-time physical activity and cardiovascular mortality in an elderly population in Northern Manhattan: A prospective cohort study. *Journal of General Internal Medicine*, 32(2), 189. doi: 10.1007/s11606-016-3923-8
- Chomistek, A.K., Henschel, B., Eliassen, A.H., Mukamal, K.J., & Rimm, E.B. (2016). Frequency, type and volume of leisure-time physical activity and risk of coronary heart disease in young women. *Circulation*, 134(4), 290-299. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.021516.

- De Ruiter, C.J., Verdijk, P.W., Werker, W., Zuidema, M.J., & de Haan, A. (2014). Stride frequency in relation to oxygen consumption in experienced and novice runners. *European Journal of Sport Science*, 14(3), 251-258. doi : 10.1080/17461391.2013.783627
- Dhenin, C. (2018). *Influence des paramètres de l'entraînement et de la gestion de course sur la performance et l'incidence des blessures lors d'un marathon* (TFE / Mémoire). Haute école Louvain en Hainaut, Montignies-sur-Sambre.
- Garreta-Català, I., Font-Vilà, F., Bustos-Bedoya, P., Cuadras-Pallejà, D., González-Cañas, L., & Balagué-Gea, F. (2015). Runners with back pain; to run or not to run? *Revue Médicale Suisse*, 11(481), 1438, 1440-1444.
- Gaudin-Winer, F. (2014). *Enquête : la course à pied à l'étude*. Récupéré le 26/09/2018 de <http://www.athle.fr/asp.net/main.news/news.aspx?newsid=11782>
- Ghorbani, F., Heidaramoghadam, R., Karami, M., Fathi, K., Minasian, V., & Bahram, M.E. (2014). The effect of six-week aerobic training program on cardiovascular fitness, body composition and mental health among female students. *Journal of Research in Health Sciences*, 14(4), 264-267.
- Goss, D.L., & Gross, M.T. (2012). A review of mechanics and injury trends among various running styles. *U.S Army Medical Department Journal*, 62-71.
- Hafer, J.F., Brown, A.M., deMille, P., Hillstrom, H.J., & Garber, C.E. (2015). The effect of a cadence retraining protocol on running biomechanics and efficiency: a pilot study. *Journal of Sports Science*, 33(7), 724-731. doi: 10.1080/02640414.2014.962573
- Hamill, J., Derrick, T., & Holt, K. (1995). Shock attenuation and stride frequency during running. *Human Movement Science*, 14(1), 45-60.
- Hartescu, I., Morgan, K., & Stevinson, C.D (2015). Increased physical activity improves sleep and mood outcomes in inactive people with insomnia: a randomized controlled trial. *Journal of Sleep Research*, 24(5), 526-534. doi: 10.1111/jsr.12297.
- Hreljac, A. (2004). Impact and overuse injuries in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 845-849.
- Hulteen, R.M., Smith, J.J., & Morgan, P.J. (2016). Global participation in sport and leisure-time physical activities: a systematic review and meta-analysis. *Preventive Medicine*. 95, 14-25. doi: 10.1016/j.ypmed.2016.11.027
- Hunter, I., & Smith, G.A. (2007). Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high-intensity run. *European Journal of Applied Physiology*, 100(6), 653-661. doi: 10.1007/s00421-007-0456-1
- Huyghe, M. (2012). *Étude comparative de la course à pied avec chaussures minimalistes et chaussures munies de semelles amortissantes. Partie I : analyse cinétique et cinématique* (TFE / Mémoire). Haute école Louvain en Hainaut, Montignies-sur-Sambre.
- Kerbaul, L. (2016). *Effet de la fréquence de pas sur l'économie de course : comparaison entre les coureurs traditionnels et minimalistes* (TFE / Mémoire). Haute école Louvain en Hainaut, Montignies-sur-Sambre.

- Larsen, H.B. (2003). Kenyan dominance in distance running. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 136(1), 161-170. doi:10.1016/S1095-6433(03)00227-7
- Lee, D.C., Pate, R.R., Lavie, C.J., Sui, X., Church, T.S., & Blair, S.N. (2014). Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk. *Journal of the American College of Cardiology*, 64(5), 472-481. doi: 10.1016/j.jacc.2014.04.058.
- Lenhart, R.L., Thelen, D.G., Wille, C.M., Chumanov, E.S., & Heiderscheid, B.C. (2014). Increasing running step rate reduces patellofemoral joint forces. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(3), 557-64. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182a78c3a.
- Macera, C., Pate, R., Powell, K., Jackson, K., Kendrick, J. & Craven, J. (1989). Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Archives of Internal Medicine*, 149, 2565-8. doi:10.1001/archinte.1989.00390110117026
- Moore, S.C., Lee, I.M., Weiderpass, E., Campbell, P., Sampson, J., Kitahara, C., Keadle, S., Arem, H., de Gonsalez, A., Hartge, P., Adami, H.O., Blair, C., Borch, K., Boyd, E., Check, D., Fournier, A., Freedman, N., Gunter, M., Johannson, M., Khaw, K.T., Linet, M., Orsini, N., Park, Y., Riboli, E., Robien, K., Schairer, C., Sesso, H., Spriggs, M., Van Dusen, R., Wolk, A., Matthews, C., & Patel, A. (2016). Association of leisure-time physical activity with risk of 26 types of cancer in 1.44 million adults. *JAMA Internal Medicine*, 176(6), 816-825. doi: 10.1001/jamainternmed.2016.1548
- Petrovic-Oggiano, G., Damjanov, V., Gurinovic, M., & Glibetic, M. (2010). Physical activity in prevention and reduction of cardiovascular risk. *Medicinski pregled*, 63(3-4), 200-207. doi: 10.2298/MPNS1004200P
- Kubota, Y., Evenson, K.R., Maclehorse, R.F., Roetker, N.S., Joshu, C.E., & Folsom, A.R. (2017). Physical activity and lifetime risk of cardiovascular disease and cancer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(8), 1599-1605. doi: 10.1249/MSS.0000000000001274.
- Rooney, B. & Derrick, T. (2013). Joint contact loading in forefoot and rearfoot strike patterns during running. *Journal of Biomechanics*, 46(13), 2201-2206. doi: 10.1016/j.jbiomech.2013.06.022
- Saragiotto, B.T., Yamato, T.P., Hespanhol Junior, L.C., Rainbow, M.J., Davis, I.S., & Lopes A.D. (2014). What are the main risk factors for running-related injuries? *Sports Medicine*, 44, 1153-1163. doi: 10.1007/s40279-014-0194-6
- Saunders, P.U., Pyne, D.B., Telford, R.D., & Hawley, J.A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465-485. doi: 10.2165/00007256-200434070-00005
- Schubert, A.G., Kempf, J., & Heiderscheid, B.C. (2013). Influence of stride frequency and length on running mechanics: a systematic review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 6(3), 210-217. doi:10.1177/1941738113508544

- Snyder, K.L., & Farley, C.T. (2011). Energetically optimal stride frequency in running: the effects of incline and decline. *Journal of Experimental Biology*, 214(12), 2089-2095. doi: 10.1242/jeb.053157
- van Dyck, D., Cardon, G., de Bourdeaudhuij, I., de Ridder, L., & Willem, A. (2017). Who participates in running events? Socio-demographic characteristics, psychosocial factors and barriers as correlates of non-participation- A pilot study in Belgium. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(11). doi: 10.3390/ijerph14111315.
- Van Gent, B.R., Siem, D.D., van Middelkoop, M., van Os, T.A., Bierma-Zeinstra, S.S., & Koes, B.B. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 469-480. doi:10.1136/bjism.2006.033548
- Wen, D.Y. (2007). Risk factors for overuse injuries in runners. *Current Sports Medicine Reports*, 6(5), 307-313. doi :10.1007/s11932-007-0067-y
- Williams, P.T. (2014). Reduced total and cause-specific mortality from walking and running in diabetes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(5), 933-939. doi: 10.1249/MSS.0000000000000197
- Wunsch, K., Kasten, N., & Fuchs, R. (2017). The effect of physical activity on sleep quality, well-being, and affect in academic stress periods. *Nature and Science of Sleep*, 9, 117-126. doi:10.2147/NSS.S132078