

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：33401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06703

研究課題名(和文)ランニング支持期の後足部外反モーメントの発生機序(接地パターンによる機序の違い)

研究課題名(英文)Mechanical factors affecting foot eversion moment during the stance phase of running - Mechanical differences between foot strike patterns -

研究代表者

辻本 典央(Tsujimoto, Norio)

福井工業大学・スポーツ健康科学部・講師

研究者番号：20757520

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：ランニング支持期中に発生する床反力由来の後足部外反モーメントは、下肢慢性障害を誘発すると考えられている。本研究の目的は、このモーメントの発生機序を接地パターン毎に明らかにすることであった。分析の結果、後足部で接地する場合と、中足部や前足部で接地する場合とでは発生機序が異なっていた。これにより、障害予防のためにモーメント発生を抑制させる手段は、接地パターン毎に異なる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：It is considered that the external rearfoot eversion moment due to ground reaction force during running induces overuse injuries of the lower extremities. The purpose of this study was to clarify the primary factors inducing the moment in non-rearfoot strikers (midfoot or forefoot) and to compare the mechanics with that of rearfoot strikers. Results showed that there were different factors inducing the moment in the rearfoot and non-rearfoot strike groups. Therefore, different ways to decrease the magnitude of the moment are needed for different foot fall strike patterns to prevent overuse injuries of the lower extremities.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：ランニング 接地パターン 後足部外反 モーメント

1. 研究開始当初の背景

ランニングは多くの人々に親しまれているスポーツである。しかし、ランニングによる下肢慢性障害が、多くのランナーにおいて発生していることが報告されている (van Gent et al., 2007)。下肢慢性障害を引き起こす要因の 1 つに、支持中に生じる後足部外反動作があげられる (図 1)。通常の動作では問題はないが、過度に後足部外反動作が生じると、足底筋膜や膝へのストレスが加わり、下肢慢性障害に繋がると考えられている (Kwong et al., 1988; Nishikawa et al., 2002; Buchbinder et al., 1987)。

この後足部外反動作は床反力由来の後足部外反モーメントによって引き起こされている (Tsujimoto et al., 2017)。そのため、下肢慢性障害の予防や改善のためには、このモーメントの大きさを評価し、過度に大きな値を示すランナーに対してはモーメントの発生を抑制する必要がある。

モーメントの発生を抑制するためには、その発生機序を明らかにする必要がある。これまで、足部の後方 3 分の 1 の範囲で接地する、後足部接地のランナーについては、その発生機序が明らかにされてきた (Tsujimoto et al., 2017)。しかし、それ以外の接地パターンを示すランナーについては研究が行われていない。ランナーのうち、約 25% は後足部接地以外の接地パターンを示すことが報告されていることから (Hasegawa et al., 2007)、後足部接地以外においても、その発生機序の解明が必要であると考えられる。



図 1 後足部外反動作

2. 研究の目的

本研究の目的は、後足部接地以外のランナーにおける、床反力由来の後足部外反モーメントの発生機序を明らかにすることである。また、後足部接地のランナーにおけるデータと比較することで、接地パターン毎のモーメントの発生機序の特徴を明らかにすることである。

3. 研究の方法

被検者

過去 1 年間に下肢に障害を被ったことがなく、実験時に下肢に痛みがなかった健康な成人男性 25 名 (年齢: 21.5 ± 2.1 歳, 身長: 171.0 ± 6.2 cm, 体重: 65.9 ± 9.7 kg) を対象とした。

実験試技

10 台のカメラで構成されたモーションキ

ャプチャシステム (Vicon Nexus; MX T20) の中央部に床反力計を埋設した約 30m の走路上において、裸足でランニングを行わせた。走速度は 3.3 ± 0.17 m/s に規定した。規定の速度の範囲内で、かつ、右足が床反力計の上に接地した試技を成功試技とし、各被検者につき 5 回分の成功試技を収集し、足部動態の 3 次元データ (500Hz) と COP (圧力中心) を含む床反力データ (1000Hz) を取得した。

接地パターンの分類

各被検者の成功試技について、接地の瞬間における COP の位置が、足部長軸の後方 3 分の 1 の範囲内であった者を後足部接地のランナー (RF 群)、それ以外であった者を後足部接地以外のランナー (nRF 群) とした。その結果、RF 群は 14 名、nRF 群は 11 名となった。

分析項目

得られたデータから床反力由来の後足部外反モーメント (M_{tot}) を算出した。

また、 M_{tot} の発生要因として、 M_{tot} を構成する、床反力の側方成分由来の後足部外反モーメント (M_{xy}) と、床反力の垂直成分由来の後足部外反モーメント (M_z) を算出した。

さらに M_{xy} の発生要因として、足関節中心の高さ (aH) と、床反力の側方成分 (F_{xy}) を算出した。

また、 M_z の発生要因として、足関節中心に対する COP の側方距離 (a_cop) と、床反力の垂直成分 (F_z) を算出した (図 2)。

なお、本研究における側方は、水平面上における、足部長軸に対する垂直な方向とした。支持期の局面分け

本研究では、 M_{tot} が主に発生する支持期前半を分析対象とした。さらに、支持期前半を、支持期全体の 10% までの phase , その後、 F_z が最大値を迎えるまでの phase に分けて分析を行った。

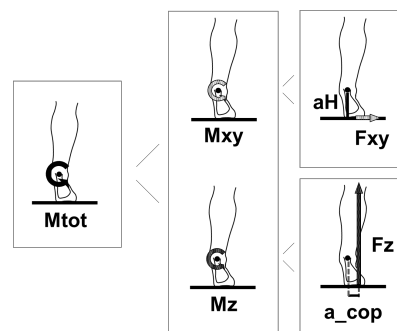


図 2 床反力由来の後足部外反モーメントを構成する要因

4. 研究成果

(1) M_{tot} に対する M_{xy} 、 M_z の寄与

接地から離地までを 100% で正規化した際の、各群の被検者における M_{tot} の平均波形を図 3 に示す。 M_{tot} は、接地直後に外反方向の値を示し、その後、接地中期において内反方向の値に切り替わった。これは RF 群、nRF 群ともに同様の傾向であった。

一方, M_{tot} を構成する M_{xy} , M_z においては, RF 群, nRF 群において違いが認められた。

RF 群では, 接地直後に M_{xy} が素早い外反方向の立ち上がりを示し, M_{tot} の大きさに貢献していた。その後は, M_z の大きさが M_{tot} の大きさの多くを占めていた (図 4)。

これに対し, nRF 群では接地直後に M_z が素早い外反方向の立ち上がりを示し, M_{tot} の大きさに貢献していた。その後は, M_{xy} , M_z の双方が, M_{tot} の大きさに貢献していることが示された (図 4)。

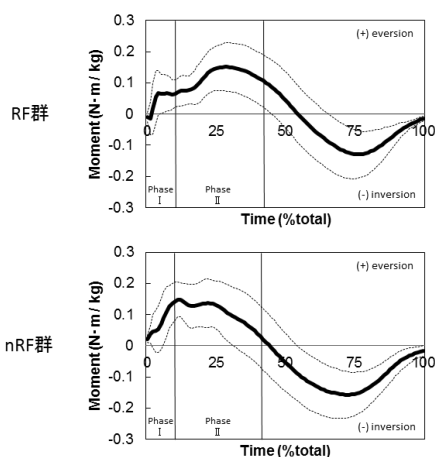


図 3 床反力由来の後足部外反モーメントの平均波形

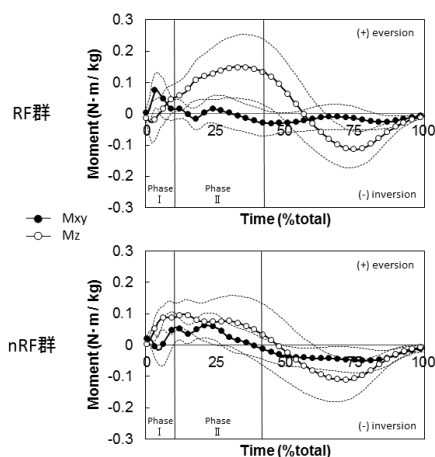


図 4 床反力の側方成分, 垂直成分由来の後足部外反モーメントの各平均波形

(2) M_{xy} , M_z に対する力とモーメントアームの寄与

後足部接地のランナーにおいて, 支持期中の M_{xy} の大きさには床反力の側方成分 (F_{xy}) の大きさが, M_z の大きさには足関節中心に対する COP の側方距離 (a_{cop}) の大きさが寄与していることが報告されている (Tsujiimoto et al., 2017). 本研究においても, phase I, phase II における M_{xy} , F_{xy} , M_z , a_{cop} の平均値を被検者毎に算出し, 被検者

間の相関を調べた。すると, いずれの群においても M_{xy} と F_{xy} の間, および M_z と a_{cop} の間に非常に強い有意な相関が認められた (図 5, 図 6)。

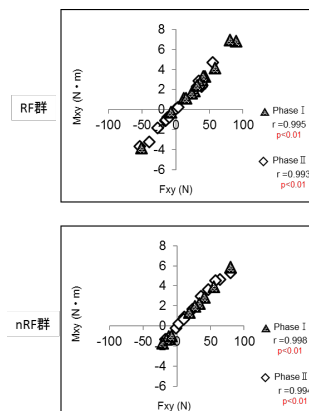


図 5 床反力の側方成分由来の後足部外反モーメントと床反力の側方成分との関係

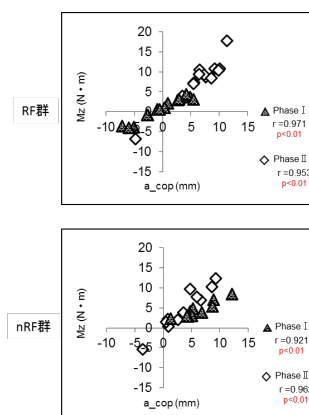


図 6 床反力の垂直成分由来のモーメントと足関節中心に対する足圧中心の側方距離との関係

(3) まとめ

後足部接地のランナーは, 接地直後に大きな床反力の側方成分を受けることで M_{xy} が立ち上がり, その後, 足関節中心に対する COP の側方距離が大きくなることで, M_z が発生することが示された。

一方, それ以外の接地パターンを持つランナーは, 後足部接地のランナーとは異なり, 接地直後から床反力の垂直成分に対する大きなモーメントアーム (足関節中心に対する COP の側方距離) を得ることで M_z が立ち上がり, その後, 床反力の側方成分の増大に伴って M_{xy} が生じていることが示された。

以上より, 接地パターンによって床反力由来の後足部外反モーメントの発生機序が異なることが明らかとなった。これは, モーメントの発生を抑制する方策が, 接地パターンによって異なることを示しており, 後足部接地のランナーだけでなく, 多くのランナーにおける下肢慢性障害の予防への有益な情報であると考えられる。

5. 主な発表論文等
(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

Tsujimoto, N., Nunome, H., and Ikegami, Y.
Primary mechanical factors contributing to foot eversion moment during the stance phase of running. *Journal of sports sciences*. 2017; 35(9):898-905. (peer review)

Tsujimoto, N., Nunome, H., and Ikegami, Y.
Does rearfoot eversion angle represent rearfoot external eversion moment during stance phase of running? *Proceedings of 34th International Conference on Biomechanics in Sports*, Available from <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/7087/6379>, 2016. (peer review)

[学会発表](計 4 件)

辻本典央, 水野貴正, 井上功一郎, 布目寛幸, 池上康男. ランニング支持期における後足部外反モーメントの発生要因-接地パターンによる比較-. 第24回日本バイオメカニクス学会大会. 立命館大学. 2016年9月12日.

Tsujimoto, N., Nunome, H., and Ikegami, Y.
Does rearfoot eversion angle represent rearfoot external eversion moment during stance phase of running? *The 34th Conference of International Society of Biomechanics in Sports*, Tsukuba (Japan), July 19, 2016.

辻本典央, 布目寛幸, 池上康男. 歩行時と走行時の支持期における後足部外反モーメントの発生機序. 日本体育学会第67回大会. 大阪体育大学. 2016年8月24日.

辻本典央, 野口雄慶, 横谷智久. 足圧中心軌跡を用いた後足部外反モーメントの評価に関する検討. 第28回日本体力医学会北陸地方会大会. 福井県立大学. 2016年6月5日.

6. 研究組織

(1)研究代表者

辻本 典央 (TSUJIMOTO Norio)
福井工業大学・スポーツ健康科学部・講師
研究者番号: 20757520

(2)研究協力者

池上 康男 (IKEGAMI Yasuo)
布目 寛幸 (NUNOME Hiroyuki)
水野 貴正 (MIZUNO Takamasa)
井上 功一郎 (INOUE koichiro)
松儀 怜 (MATSUGI Ryo)
松井 一洋 (MATSUI Kazuhiro)