

令和 4 年 6 月 5 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K19463

研究課題名(和文) RigidとFlexibleな扁平足における足部内の動きと力学的負荷の解明

研究課題名(英文) Intra-foot kinematics and kinetics in rigid and flexible flatfoot

研究代表者

高林 知也 (Takabayashi, Tomoya)

新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・講師

研究者番号：00780339

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は「RigidとFlexibleな扁平足における足部内の動きと力学的負荷の解明」である。扁平足をタイプに分ける前に、正常足と扁平足でランニング中の足部内の動きに違いがあるかを検証し、扁平足は正常足と比較して足部内の動きが過剰になっていることを明らかにした。次に、正常足者で足部内モーメントの妥当性について確認した。現在、我々が作成した扁平足をRigidとFlexibleに分類する基準値を用いて、扁平足のタイプでランニング中の足部内の動きと力学的負荷を解析している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ランニング障害の危険因子の一つに扁平足があるが、なぜ扁平足にランニング障害が起因するかは未だ不明であった。扁平足はランニング中に足部内の動きが過剰になっていたという本研究の結果は、扁平足者がランニング障害を発症しやすい一因を説明できる可能性が高い。また、現在扁平足をタイプに分けて力学的負荷の観点から障害発生機序を探っているため、扁平足に起因するランニング障害の発生機序の理由に迫ることができ、社会的に意義は高いと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is "elucidation of movement and mechanical load in the foot of rigid and flexible flatfoot". Before dividing the flatfoot into types, we examined difference in the movement in the foot during running between the normal foot and the flatfoot, and it was clarified that the flatfoot had excessive movement in the foot compared to the normal foot. Next, we confirmed the validity of the intra-foot moment in participants with normal foot. Currently, we are analyzing the movement and mechanical load in the foot during running with the type of flatfoot using our reference values.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：扁平足 ランニング 足部内の動き 足部内のモーメント

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

代表的な足部変形のひとつに扁平足があり、扁平足は多くのランニング障害の危険因子であることがわかっている。ランニング障害は慢性化しやすく再発率も高いため、障害の発症前に扁平足を治療し、障害を予防することが重要である。しかし、なぜ扁平足にランニング障害が頻発するかは不明であり、治療法も未確立である。

このような背景を受け、我々は扁平足に起因するランニング障害の発生機序を解明する研究に着手し(研究活動スタート支援[代表], 2016; 若手研究, 2018[代表]), 扁平足はランニング中に下腿の過内旋や足部の過回内(内側縦アーチの低下)が生じることを示した(Takabayashi, 2020; Takabayashi, 2020)。しかし、扁平足は足部内の動きが正常足より増加する(Levinger, 2010)、あるいは変わらないとの報告もあり(Shih, 2012)、見解が異なっていた。実際に、我々の研究結果でも、扁平足群のなかでも、下腿や足部の動きが異なる扁平足者が存在していた。

この先行研究および我々の研究結果を踏まえ、申請者は扁平足を細分化して捉える必要があると考え、扁平足を Rigid (非荷重でも内側縦アーチが低下) と Flexible (荷重によって内側縦アーチが低下) にタイプ分類する基準値を確立した(Takabayashi, J Foot Ank Surg, 2020)。この基準値を用いて扁平足を Rigid と Flexible なタイプに分類し、タイプ別で足部内の動きや力学的負荷の違いを検証することで、扁平足に起因する足部障害の発生機序を解明する新たな糸口になると考えた。

### 2. 研究の目的

Rigid と Flexible な扁平足で、ランニング中の後足部、中足部、前足部の動きの違いとショパール関節(後足部と中足部間)、リスフラン関節(中足部と前足部間)モーメントの違いを検証することを目的とした。第一に、足部内モーメントの解析方法は複雑なアルゴリズムであったため、正常足で解析方法の妥当性について検証した。

### 3. 研究の方法

正常足の健常男子大学生 14 名を対象とし、右足部と下腿に 15 個の反射マーカーを貼付した。なお、我々の先行研究(Takabayashi, 2017)でランニング中に足部内の動きには性差があることが報告されているため、本研究の被験者は男性に統一した。正常足の判別には Foot Posure Index (FPI)(Redmond, 2018)を使用した。FPI は足部を 6 項目からなる評価法で点数付けし、最終的にすべてのスコアを合計する。合計スコアが 0~+5 は正常足とした。FPI は先行研究で高い検者内・検者間の再現性が報告されており、動的な足部アライメントとも関連性が高い評価法である。対象者には事前に口頭及び書面にて研究内容に関する十分な説明を行い、同意を得た上で実施した。なお、本研究は所属機関の倫理審査委員会の承認を得たうえで実施した。

対象者に直径 9.5 mm の体表マーカーを右下腿・足部に貼付した。反射マーカーの貼付部位は妥当性と再現性が確認されている Rizzoli foot model(Leardini, 2007)を参考に、内果、外果、踵骨(アキレス腱付着部)、載距突起、腓骨筋腱滑車、舟状骨、立方骨、第 1 中足骨底、第 2 中足骨底、第 1 中足骨頭、第 2 中足骨頭、第 5 中足骨頭、母趾とした。

課題動作足での後足部接地ランニングとした。また、歩行時の足部内モーメントのデータと比較するために、歩行データも測定した。床反力計(Advanced Mechanical Technology Incorporation, USA)上に足圧計(Foot scan, RSscan International, Belgium)を固定し、ランニング中に生じる床反力と足圧を測定した。床反力計と足圧計のサンプリング周波数はそれぞれ 1200Hz と 300Hz とした。被験者は課題動作を 1 分以上事前に練習し、被験者が課題に慣れたことを確認した後に、課題の計測を実施した。なお、足圧計を右下肢で踏んだ試行を成功とした。反射マーカー位置の計測には赤外線カメラ 12 台を含む 3 次元動作解析装置(Vicon MX: Oxford Metrics Inc)を使用し、サンプリング周波数は 300Hz とした。

課題動作中に計測された下腿・足部の反射マーカー位置と床反力データに対し、それぞれ遮断周波数 12Hz と 50Hz の 2 次 Zero-lag Butterworth low-pass filter を施した。Rizzoli foot model に準じ、セグメントは下腿と後足部、中足部、前足部を定義した。本研究は Deschamps ら(2017)の報告に準じ、矢状面上における下腿と後足部間(足関節)モーメントと後足部と中足部間(ショパール関節)モーメント、中足部と前足部間(リスフラン関節)モーメントを計算した。ランニング中に計測された床反力と足圧データを用いて、各足部セグメントにおける床反力と足圧、床反力作用点を計算し、逆動力学的に関節モーメントを算出した。

解析区間は立脚期とし、床反力垂直成分の値から初期接地と爪先離地を決定した。立脚期を決定後に、各被験者で立脚期を時間正規化した(0~100%)。課題動作のスピードは立脚期における右上後腸骨棘の前方移動距離を立脚期時間で除すことにより計算した。本研究のデータ解析は Nexus ソフトウェア(Vicon)と Scilab 6.0.2(Enterprises, Versailles, France)を用いて実施された。

#### 4. 研究成果

歩行時の足部内モーメントは先行研究結果 (Deschamps, 2017) と類似していた。図1に矢状面および前額面上の足部内モーメントの結果を示す。矢状面および前額面上において、足関節モーメントが最も高値を示した。また、矢状面ではショパール関節モーメントがリスフラン関節モーメントと比較して高値を示したが、前額面ではリスフラン関節モーメントがショパール関節モーメントと比較して高値を示した。

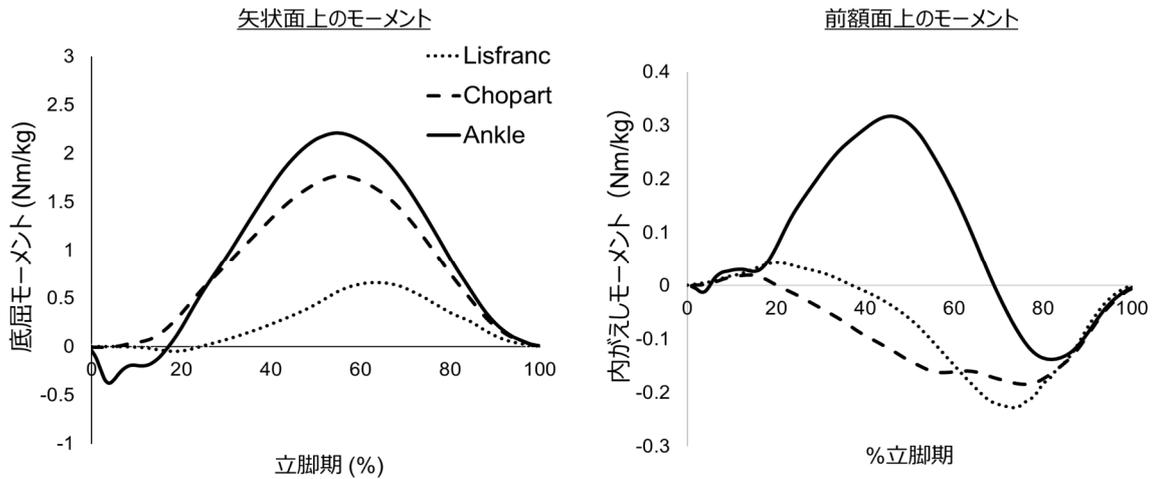


図1. ランニング中の足部内モーメント

以上の研究結果より、正常足者においてランニング中の足部内モーメントは定量化でき、足部内の関節でもモーメントの値が異なることが明らかになった。この結果をもとに、現在 Rigid と Flexible な扁平足でショパール関節およびリスフラン関節モーメントの違いを明らかにするため、解析を続けている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takabayashi Tomoya, Edama Mitsuaki, Inai Takuma, Nakamura Emi, Kubo Masayoshi	4. 巻 59
2. 論文標題 Effect of Gender and Load Conditions on Foot Arch Height Index and Flexibility in Japanese Youths	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Foot and Ankle Surgery	6. 最初と最後の頁 1144 ~ 1147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1053/j.jfas.2020.03.019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takabayashi Tomoya, Edama Mitsuaki, Inai Takuma, Kubo Masayoshi	4. 巻 39
2. 論文標題 Differences in rearfoot, midfoot, and forefoot kinematics of normal foot and flatfoot during running	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Orthopaedic Research	6. 最初と最後の頁 565 ~ 571
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jor.24877	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takabayashi Tomoya, Edama Mitsuaki, Inai Takuma, Kubo Masayoshi	4. 巻 115
2. 論文標題 Shank and rearfoot coordination and its variability during running in flatfoot	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanics	6. 最初と最後の頁 110119 ~ 110119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiomech.2020.110119	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高林知也, 江玉睦明, 稲井卓真, 久保雅義	4. 巻 23
2. 論文標題 ランニング中に生じる足部内のバイオメカニクス	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本基礎理学療法学雑誌, 総説	6. 最初と最後の頁 25 - 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明, 稲井卓真, 大森豪, 久保雅義
2. 発表標題 ランニング中のショパール関節およびリスフラン関節モーメントの定量化の試み
3. 学会等名 第31回臨床スポーツ医学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明, 大森豪
2. 発表標題 ランニング中に生じる足関節・ショパール関節・リスフラン関節モーメントの定量化
3. 学会等名 第47回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明
2. 発表標題 ランニング中に足部内で生じる力学的負荷の性差
3. 学会等名 第45回日本足の外科学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明, 稲井卓真, 久保雅義
2. 発表標題 正常足と扁平足の足部アライメントの違いがランニング中の下腿と後足部のcoordination variabilityに与える影響
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明, 稲井卓真, 久保雅義
2. 発表標題 正常足と扁平足の足部アライメントの違いがランニング中の後足部, 中足部, 前足部キネマティクスに与える影響
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明
2. 発表標題 正常足と扁平足におけるランニング時の後足部と下腿間の運動連鎖の違い
3. 学会等名 第12回JOSKAS
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関