

令和 2 年 4 月 27 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K17688

研究課題名（和文）扁平足の足部内に生じている協調運動と力学的負荷の解明

研究課題名（英文）Intra-foot coordination and kinetics in 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・助教

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）：本研究は正常足と扁平足で足部内の協調性パターンと力学的負荷を検証することを目的とした。はじめに、正常足と扁平足の足部内の違いに着目し、扁平足はランニング中に正常足と比較して過剰に後足部と中足部、前足部が動くことを明らかにした。さらに、足部内の力学的負荷の性差も検証し、ショパール関節モーメントとリスフラン関節モーメントに性差は認められないことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在世界的にランニング人口は増加し、扁平足のランナーは26%に及び、扁平足は足部ランニング障害の危険因子であるため、予防法の考案は必須である。しかし、扁平足に起因する足部障害発生機序は未解明であり、そのため予防法も未確立であった。本研究結果を挙げたことは扁平足に頻発する二次的な足部障害の予防法の考案につながり、社会的に貢献度が高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to investigate intra-foot coordination and kinetics in normal foot and flat foot. First, we focus on intra-foot kinematics during running, and clarified that rearfoot, midfoot and forefoot motion in flatfoot increased compared with normal foot. Additionally, we investigated gender difference of intra-foot kinetics, and clarified that no gender difference was found between the Chopart and Lisfranc joint moments.

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 足部内の力学的負荷 性差

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

扁平足は一般的に知られている足部変形疾患であり、健常成人で多くの発生率を占める。臨床的に、扁平足は後足部回内や内側縦アーチの低下を示すが、大部分は無症候性である。しかし、扁平足は様々なランニング障害の危険因子であり (Kaufman, 1999)、ランニング障害は一度発生すると慢性化しやすい。そのため、ランニング障害に対する適切な治療を展開するためには、扁平足におけるランニング障害の発生メカニズムを明らかにする必要がある。

ランニング障害の中でも中足骨疲労骨折や足底腱膜炎などの足部障害は扁平足に頻発し、発生率は全ランニング障害の 27% にも及ぶ (Levy, 2006)。しかし、扁平足に起因する足部障害発生機序は未解明であり、そのため予防法も未確立である。発生機序が未解明である要因として、扁平足の足部内 (後・中・前足部セグメント) の、時系列的な 2 つのセグメント角度の比率と力学的負荷を解明できていない点が挙げられる。

に関して、扁平足は後足部や前足部回内ピーク値が正常足より増加し、この違いは扁平足の足部障害発生に関与すると報告されている (Levinger, 2010)。一方、正常足の足部内の動きは扁平足より増加、あるいは変わらないとの報告もあり (Buldt, 2015)、一致した見解はない。この理由に、角度ピーク値は群間でタイミングが異なり、全時系列で比較できないことが挙げられる。実際角度ピーク値は群間の違いを検出できず、障害発生機序を探る方法として不十分であると指摘されている (Rodrigues, 2015)。近年、単一のセグメント角度ではなく、同じタイミングの 2 つのセグメント角度を、時系列的に比率で解析する方法が提唱され、障害発生機序の検出に有用であると報告されている (Rodrigues, 2015)。比率はセグメントの動きの優位性を示し、例えば扁平足は正常足より後足部回内/下腿内旋の比率が増加し (後足部がより動く)、この要因はランニング障害の膝蓋大腿関節痛の発生率を増加させる。このように比率の違いは障害発生機序に関与するが、扁平足の足部内に着目して比率は検証されていない。に関して、*in vitro* の研究でショパール関節やリスフラン関節に生じる力学的負荷は疲労骨折などの足部障害発生に関与することが報告されている (Richter, 2002; Lee, 2002)。そのため、扁平足に生じる足部障害も足部内の過剰な力学的負荷が関与していると考えられるが、*in vivo* では正常足の検証に留まっており、さらに *in vivo* の足部モデルの妥当性や力学的負荷の算出方法が問題視されている (Deschamps, 2017)。よって、扁平足と正常足で足部内の 2 つのセグメント角度の比率や力学的負荷の違いは不明であり、扁平足が足部障害を頻発する理由も未解明である。

2. 研究の目的

正常足と扁平足におけるランニング中の後足部、中足部、前足部の協調運動の違いと、後足部と中足部間 (ショパール関節) と中足部と前足部間 (リスフラン関節) モーメントの違いを明らかにし、扁平足に起因する足部障害の発生機序の一端を探ることとした。

当初はすぐに正常足と扁平足におけるランニング中の後足部、中足部、前足部の協調運動の違いを明らかにする予定であったが、第一に正常足と扁平足の足部内の動きの違いが明らかになっていなかった。この現状を踏まえ、まずは ランニング中の正常足と扁平足の足部内の動きの違いについて明らかにすることとした。また、足部内の力学的負荷を明らかにするうえで、扁平足と正常足のリクルートで男女差を考慮したほうがよいのか明らかになっていなかった。そのため、ランニング中における足部内の力学的負荷の性差を検証した。

3. 研究の方法

健常成人男性の正常足 14 名、扁平足 14 名を対象とした。対象者に対し直径 9.5 mm の体表マーカーを右下腿と足部に貼付し、自由速度でランニングを実施してもらった。反射マーカー位置は三次元動作解析装置で計測され、反射マーカー位置から後足部、中足部、前足部の角度を計算した。Statistical Parametric Mapping (SPM) を用いて時系列データに対してグループ間の角度の違いを検証した。

健常成人男性の正常足 7 名、扁平足 7 名を対象とした。対象者に対し直径 9.5 mm の体表マーカーを右下腿と足部に貼付し、自由速度でランニングを実施してもらった。先行研究 (Deschamps, 2017) に準じ矢状面上における足関節モーメントとショパール関節モーメント、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た。足関節中心は内果と外果の midpoint、ショパール関節中心は舟状骨と立方骨の midpoint、リスフラン関節中心は第 2 中足骨底とした。なお、立方骨は第 5 中足骨底と腓骨筋腱滑車間の遠位 2/3 のバーチャルマーカーとして計算された。足部セグメントの質量は、足部質量に対して後足部は 30%、中足部は 30%、前足部は 40% とした。これらのパラメータを用いて、逆動力学的に下腿と後足部間 (足関節) モーメント、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 (図 1)。

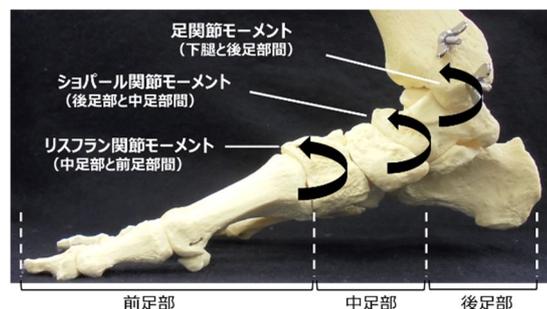


図1. 足関節モーメントとリスフラン関節モーメント、ショパール関節モーメント

4. 研究成果

本研究に参加したすべての被験者は後足部接地パターンであり、正常足と扁平足の間で被検者の特徴やランニングパラメーターに違いは認められなかった ($p > 0.05$)。SPMの結果、前額面上の動きのみに有意差を認め、扁平足は正常足と比較して有意に後足部と中足部が回内し、前足部は回していた(図2)。

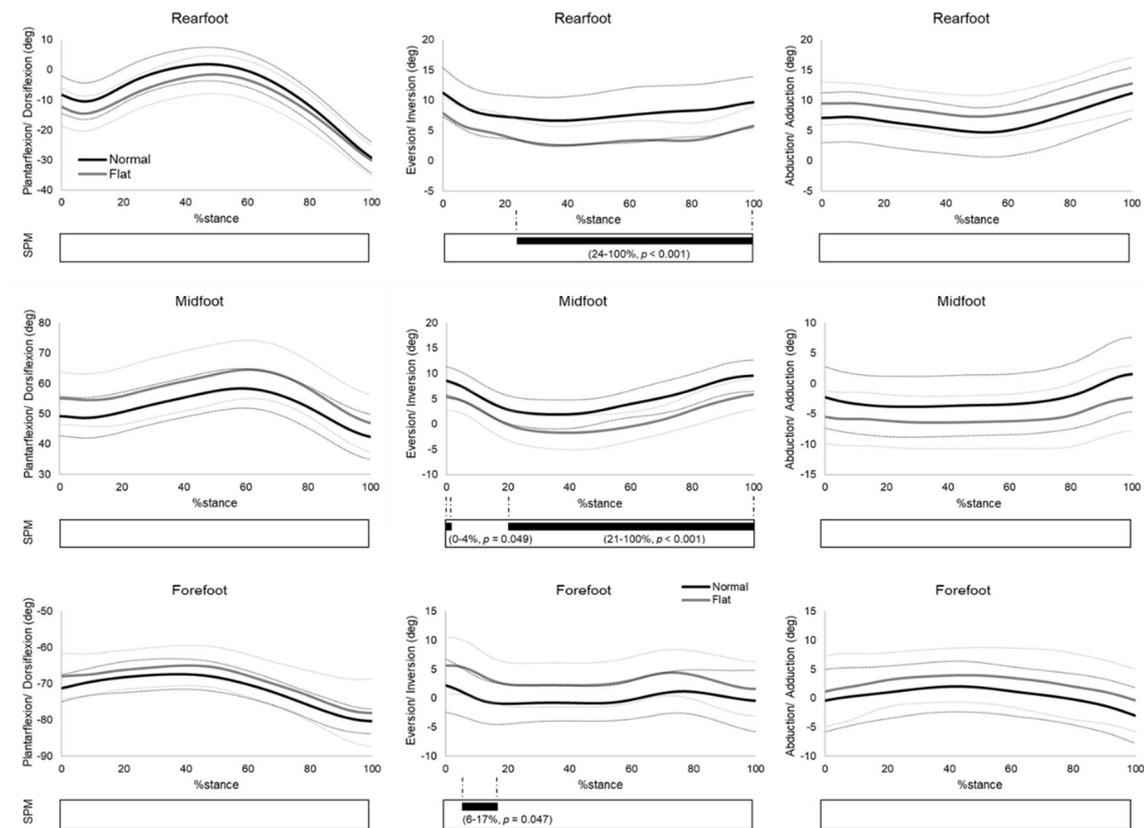


図2. 正常足と扁平足における足部内の動き

本研究に参加したすべての被験者は正常足であった。また、男性と女性の間でランニングスピードに違いは認められなかった。男女ともに足関節モーメントとショパール関節モーメント、リスフラン関節モーメントはランニングの立脚中期から後期にかけてピークを示し、男女で関節モーメントの波形パターンは類似していた。各関節モーメントの底屈モーメントピーク値に性差は認められなかった。

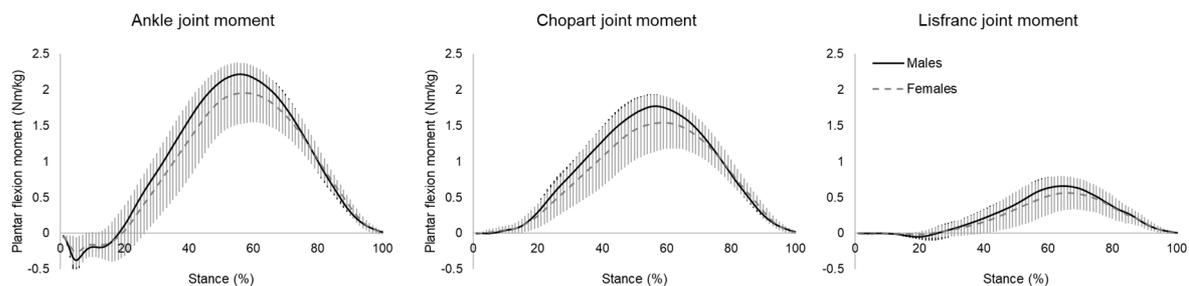


図3. 男性と女性におけるランニング中の足部内モーメント

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 T, Edama M, Inai T, Tokunaga Y, Kubo M.	4. 巻 26
2. 論文標題 A mathematical modelling study investigating the influence of knee joint flexion angle and extension moment on patellofemoral joint reaction force and stress	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Knee	6. 最初と最後の頁 1323-1329
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.knee.2019.10.010.	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 -

〔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, 久保雅義
2. 発表標題 荷重量と性差を考慮したarch height indexの基準値の作成
3. 学会等名 第2回足の構造と機能研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明
2. 発表標題 荷重量と性差を考慮したarch height flexibilityの基準値
3. 学会等名 第11回JOSKAS
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明
2. 発表標題 扁平足と正常足の足部アライメントの違いがランニング中の足底腱膜張力に与える影響
3. 学会等名 第44回日本足の外科学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高林知也, 小林 匠, 工藤慎太郎, 大森豪, 江玉睦明
2. 発表標題 大学女性アスリートにおけるCumberland Ankle Instability ToolとArch Height Indexの競技別特性
3. 学会等名 第30回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明, 大森豪, 稲井卓真, 久保雅義
2. 発表標題 膝関節角度と膝関節モーメントの変化が膝蓋大腿関節ストレスに及ぼす影響
3. 学会等名 第30回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高林知也, 江玉睦明, 稲井卓真, 徳永由太, 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膝蓋大腿関節ストレスに与える影響
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学術集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Vickie Samuels, 黒澤 和生, 赤坂 清和, 河西 理恵	4. 発行年 2019年
2. 出版社 南江堂	5. 総ページ数 346
3. 書名 運動学とバイオメカニクスの基礎	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----