

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：34448

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K19815

研究課題名（和文）ランニング障害を引き起こす足部typeの解明 - 足部機能に基づく足部分類の開発 -

研究課題名（英文）Investigation for the foot type related to the running injury

研究代表者

工藤 慎太郎 (Kudo, Shintarou)

森ノ宮医療大学・総合リハビリテーション学部・教授

研究者番号：70737915

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は新たな足部type分類を定義し、ランニング障害の発生機序の一端を解明することを目的として行った。これまでの足部タイプは内側縦アーチの静止立位時の状態に基づいた扁平足やハイ・アーチなどの分類が行われてきた。しかし、ランニングなどのスポーツ障害は静止立位よりも大きな床反力を受けた際に発生する。そのため、足部タイプもランニングや歩行などの運動時の足部変化を考慮したタイプ分類が必要と考えた。特に本研究では代表的なランニング障害の一つであるmedial tibial stress syndromeに着目し、その発生には後足部と前足部間の過度な運動が関与する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

本研究の結果、代表的なランニング障害のMedial tibial stress syndromeを予防する上で、後足部に対する前足部の過度な運動が生じているタイプを抑制する必要があることが判明した。この成果はランニング障害発生機序を運動学的に捉えたことになり、障害予防に有効である。具体的には後足部に対する前足部の過度な運動を抑制するサポーターや靴などのFootwearの開発や運動療法の提案が今後可能になる。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to define a new foot type classification and to elucidate some of the mechanisms underlying the development of running disorders. Previously, foot types have been classified as flatfoot or high-arch on the basis of the state of the medial longitudinal arch during static standing. However, sports injuries such as running occur when the foot is exposed to greater ground reaction forces than in static standing. Therefore, it was deemed necessary to classify foot types based on how the foot changes during exercise such as running and walking. In particular, this study focused on medial tibial stress syndrome, a common running injury, and found that excessive forefoot movement relative to the hindfoot was involved in its development.

研究分野：理学療法学

キーワード：足部 三次元動作解析 ランニング障害 伸縮性歪みセンサー サポーター

1. 研究開始当初の背景

【ランニング障害の予防の重要性】

健康意識の高まりとともに、日常で特別な環境がなくともランニングは実施でき、年1回以上ランニングを行う人は2016年度では893万人、さらにこのうちの467万人が週1回以上のランナーであると推計されている。一方、ランニングの練習量の増加はランニング障害を惹起することは周知の事実である。そのためランニング障害の予防は、スポーツ選手だけでなく、スポーツ愛好家の運動習慣の維持にも繋がる。

【ランニング障害の発生要因】

足底腱膜炎やアキレス腱炎などの Heel cord injury や疲労骨折、Medial tibial stress syndrome (MTSS) がランニング障害として知られている。これらランニング障害の病態は、筋腱付着部の障害であり、下腿三頭筋や足内在筋、長趾屈筋の筋硬度がそれぞれ問題になる。近年の Systematic review では、ランニング障害の発生には、ランニング障害の既往歴が挙げられ、従来から疑われる扁平足やハイ・アーチなどの足部変形とランニング障害の関係は議論が分かれている。我々は、MTSS の発生には扁平足といった構造の変化のみでなく、前足部の柔軟性といった足部機能の関与を示している(Kudo. S. J Orthop Surg 2015)。

【足部の機能と機能的分類の開発】

足部の柔軟性は、荷重に伴いアーチを低下させ、荷重応力の緩衝機能を果たす。また側部は Windlass 機構と呼ばれる足趾伸展に伴い足部アーチの剛性を高める機能を有する。この足部の剛性は強い推進力を発揮する。つまり、正常な足部は荷重を緩衝するための柔軟性と推進力を得るための剛性を調整している。従来の足部 type の分類は主に、足部の構造に着目して分類している。一方、我々は Windlass 機構に着目し、歩行中の三次元解析から、剛性の強い扁平足の存在を明らかにし、そのような足部では小趾外転筋が萎縮していることを示した(現在投稿中)。このような足部に対してランニングのような連続的な負荷が加わると、筋硬度が高くなるため、ランニング障害が発生する可能性があると考えている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ランニングによる筋硬度の上昇率の高い足部 type を解明し、我々の試作した機能的足部サポーターが筋硬度変化に与える影響を検討し、ランニング障害の発生の因果関係を解明することである。

3. 研究の方法

本研究は系統立てた4つの実験を行った。

実験(1)

この研究では、35名67足を対象に、足部タイプの分類方法を開発するために歩行中の足の運動解析と内在筋の形態を比較した。歩行中に足の動作解析には Oxford foot model を行い、モーションキャプチャーシステムを使用して、下腿に対する後足部の運動と後足部に対する前足部の運動を解析した。また、Foot posture index-6items version を用いた静止立位の足部タイプと超音波画像を使用して足の内在筋の形態を評価した。足の動作解析の研究

結果から扁平足で立脚期の後半に前足部が内転するタイプと外転するタイプ，静止立位の足部アーチが正常で立脚期の後半に前足部が内転するタイプと外転するタイプの 4 タイプに分類し，歩行中の足部の運動および内在筋の形態について比較を行った．

実験(2)

足部のタイプが立位時の運動のみでなく，足部運動を考慮するとなると，足部の運動を簡便に定量的な評価を可能にするシステムが必要になったため，伸縮性歪みセンサーを用いた評価を試み，その再現性と妥当性を検証した．伸縮性歪みセンサーの貼付方法は先行研究に基づいた ND 法と我々が検討した Spring ligament の走行に貼付した SL 法とした．再現性の検討には検者内再現性を検討し，妥当性としては，Oxford foot model との比較検討を行った．

実験(3)

伸縮性歪みセンサーを用いることで後足部に対する前足部の運動を計測できることが明らかになった．そこで，その手法を用いて，軽度の扁平足を持つ成人を対象に，我々が考案した新しい弾性足装具の足の運動に及ぼす影響を調査した．被験者は開発した装具と開発した装具からアーチの伸張を抑制するフィルムを取り除いた偽装具を装着した状態で歩行，ランニングを行い，その際のアーチの歪みを伸縮性歪みセンサーで計測し，装具の効果を検証した．

実験(4)

実験 3 で我々の開発した装具は，後足部に対する前足部の運動を制御できることが確認された．そこで同装具を用いて長時間のランニングを行った際の筋硬度変化率を検証した．実験デザインはランダム化クロスオーバー比較試験とした．筋硬度の変化は超音波画像診断装置の剪断波エラストグラフィモードとした．ランニング後の筋硬度を機能的装具装着条件と偽装具装着条件で比較検討した．

4．研究成果

実験(1)

扁平足 + 内転タイプは正常アーチ + 外転タイプと比較して，歩行中の足部アーチの挙動が大きく，小指外転筋が萎縮していることが明らかになった．立脚期の後半で足部は床反力を生成するために剛性を高める必要があるが，荷重応答期においてアーチの過度な低下が生じることで，立脚期の後半で前足部の内転が増加すると考えられた．そのため，後足部に対する前足部の運動を制御することで扁平足という静止時の足部アライメントは変わらずとも，ランニング障害を引き起こしにくい足部になることが考えられた．

実験(2)

伸張性歪みセンサーを SL の走行に準じて貼付することで，歩行時の後足部に対する前足部の背屈・外がえしを評価できることが明らかになった．これらは足部アーチを低下させる運動である．換言すれば，伸張性歪みセンサーを用いることで靴や靴下，装具を装着した条

件においても、足部アーチの低下を定量的に評価できることが明らかになった。

実験(3)

我々の開発した機能的足部サポーターを装着することで、歩行中及びランニング中の足部アーチに生じる歪みを抑制できることが明らかになった。

実験(4)

機能的足部サポーターを装着して、1時間のランニングを行った際には長趾屈筋の筋硬度が偽サポーターを装着してランニングした際と比べて、有意に低値を示していた。なお、ランニング前の筋硬度は有意差を認めなかった。長趾屈筋は Medial tibial stress syndrome の発症に関わる重要な筋であり、距舟関節や距骨下関節の安定化に関わる筋である。この筋硬度上昇を抑制したことは機能的足部サポーターが MTSS の予防に有効な可能性を示唆したと考えられる。

【成果の総括】

ランニング障害を発生しやすい足部タイプは扁平足でかつ荷重応答期には足部の可動性が高く、蹴り出し時に足部の剛性が過度に高まる足と考えた。そのため、荷重応答期の足部拳動を抑制するサポーターを装着することで足部内関節の安定性が高まり、その安定化に作用する長趾屈筋の過度な使用を抑制できたと考える。今後はサポーターの実用化および、ランニング障害の予防効果を検証する必要がある。

5. 主な発表論文等

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

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Shintarou Kudo, Kodai Sakamoto | 4. 巻 93 |
| 2. 論文標題 Influence of a novel elastic foot orthosis in foot motion during locomotion in adults with mild flatfoot | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Gait and Posture | 6. 最初と最後の頁 59-63 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.gaitpost.2022.01.016. Epub 2022 Jan 22. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Sakamoto K, Tsujioka C, Sasaki M, Miyashita T, Kitano M, Kudo S | 4. 巻 86 |
| 2. 論文標題 Validity and reproducibility of foot motion analysis using a stretch strain sensor | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Gait and Posture | 6. 最初と最後の頁 180-185 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.gaitpost.2021.03.007. | 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 Kudo S, Sakamoto K, Shirakawa T | 4. 巻 32 |
| 2. 論文標題 Comparison of foot kinematics and the morphology of intrinsic musculature of the foot using a foot-type classification based on function | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science | 6. 最初と最後の頁 238-242 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1589/jpts.32.238 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Sakamoto K, Sasaki M, Tsujioka C, Kudo S | 4. 巻 19 |
| 2. 論文標題 An Elastic Foot Orthosis for Limiting the Increase of Shear Modulus of Lower Leg Muscles after a Running Task: A Randomized Crossover Trial | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Int J Environ Res Public Health | 6. 最初と最後の頁 15212 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ijerph192215212 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shintarou Kudo, Kodai Sakamoto |
| 2. 発表標題 Influence of the Functional foot supporter on the foot motion during locomotion |
| 3. 学会等名 International Society of Biomechanics (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 工藤慎太郎, 坂本航大 |
| 2. 発表標題 機能的足サポーターのランニング中の足部挙動に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本整形外科膝関節鏡スポーツ医学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 工藤慎太郎 |
| 2. 発表標題 足底腱膜炎に対する機能的足部サポーターの除痛効果の検討 - Pilot study |
| 3. 学会等名 大阪府理学療法学会 |
| 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 |
|---------|---------|
|---------|---------|