

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20043

研究課題名（和文）ランニング障害の予防を目的とした足部インナーマッスルトレーニングの開発

研究課題名（英文）Development of the intrinsic foot muscle training for the prevention of running-related injuries.

研究代表者

岡村 和典（Okamura, Kazunori）

県立広島大学・保健福祉学部（三原キャンパス）・助教

研究者番号：10823552

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、足部のインナーマッスルトレーニングをランニング障害に対する新たな予防方法として提案することである。本研究では歩行およびランニング中の足部内側縦アーチ（いわゆる土踏まず）の動態と足部インナーマッスルの筋機能との関係を調査し、特に足部の内側に位置するインナーマッスルの筋機能が内側縦アーチの動態に影響することを明らかにした。この結果から、足部インナーマッスルの機能強化を目的としたトレーニングがランニング障害の予防に重要であると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

足部の内側縦アーチが低下した扁平足は、ランニング障害発症の危険因子とされている。扁平足の症例は足部インナーマッスルの筋機能が低下していることが明らかにされているが、ランニング障害の予防を目的とした足部インナーマッスルトレーニングの重要性については認識が乏しい状況である。本研究では、足部のインナーマッスルトレーニングがランニング障害の予防を目的としたトレーニングとして重要であることを確認できたため、国民の健康増進において社会的意義は高いと考える。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to propose the intrinsic foot muscle training as a new preventive method for running-related injuries. In this research, we investigated the relationship between the kinematics of the medial longitudinal arch during walking and running, and the muscle function of the intrinsic foot muscles. We revealed that the muscle function of the intrinsic foot muscles located on the medial side of the foot influences the kinematics of the medial longitudinal arch. Based on these results, it is considered that training aimed at enhancing the function of the intrinsic foot muscles is crucial for the prevention of running-related injuries.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：足部 インナーマッスル ランニング ランニング障害 物理療法 超音波画像 動作解析

### 1. 研究開始当初の背景

健康志向の高まりは我が国のランニング人口は急激に増加させた。身近な健康増進法であるランニングだが、ランニング障害と呼ばれる下肢の痛みはその継続を困難にする。そのため、ランニング障害の予防は国民の健康増進において重要な課題である。

ランニング障害はいわゆる「使い過ぎ症候群」であり、足底腱膜炎や脛骨過労性骨膜炎などが代表である。これらの障害の発生には足部内側縦アーチ (以下 MLA) の低下が関与する。そのため、ランニング障害の予防には過度な MLA の低下を制限することが求められる。MLA は静的支持組織である関節包や靭帯と、動的支持組織である筋とによって支えられている。動的支持組織は下腿に起始を持つ外在筋(アウターマッスル)と足部内に起始を持つ内在筋(インナーマッスル)とに分けられ、過度に MLA が低下したいわゆる扁平足の症例は足部のインナーマッスルに機能低下を生じていることが明らかになっている。しかし、歩行やランニングといった動作中の MLA 動態と足部インナーマッスルの機能との関係は不明であり、ランニング障害の予防を目的とした足部インナーマッスルトレーニングの重要性については認識が乏しい状況にある。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、足部のインナーマッスルトレーニングをランニング障害に対する新たな予防方法として提案することである。

### 3. 研究の方法

#### (1) 扁平足症例の歩行中の MLA 動態と足部インナー・アウターマッスル機能との関係

扁平足症例 26 名を対象に、歩行立脚期中の MLA 動態と足部のインナーマッスルである母趾外転筋、短母趾屈筋、短趾屈筋およびアウターマッスルである長母趾屈筋、長趾屈筋、長腓骨筋の筋形態との関係を調査した。歩行立脚期中の MLA 動態は三次元動作解析装置を用いて測定し、体表マーカーを足部の 4 点 (踵骨遠位、第 1 中足骨頭、第 5 中足骨頭、舟状骨粗面) に貼付した (図 1)。踵骨遠位、第 1 中足骨頭、第 5 中足骨頭に貼付したマーカーから足底面を規定し、足底面上における舟状骨マーカーの高さを MLA の高さとして算出した。筋形態の測定には超音波画像計測装置を用いた。



図 1. 体表マーカー貼付位置

#### (2) 扁平足症例の歩行中の MLA 動態に足部インナーマッスルトレーニングが与える効果

扁平足症例 20 名を介入群とコントロール群にランダムに振り分け、介入群は週に 3 回の頻度で 8 週間インナーマッスルトレーニングを行い、コントロール群は無介入とした。8 週間の前後で歩行立脚期中の MLA 動態および足部インナー・アウターマッスルの筋形態を測定し比較した。MLA 動態と筋形態の測定は (1) と同様の方法で実施した。

#### (3) 扁平足症例のランニング中の MLA 動態と足部インナー・アウターマッスル機能との関係

扁平足症例 21 名を対象に、ランニング中の MLA 動態と足部のインナーマッスル・アウターマッスルの筋形態との関係を調査した。MLA 動態と筋形態の測定は (1) と同様の方法で実施した。階層性クラスター分析によってランニング中の MLA 動態を分類し、各グループ間の筋形態を比較した。

#### (4) 技術的な難しさを解決した新たな足部インナーマッスルトレーニング方法の開発

足部のインナーマッスルは日常生活において随意的に収縮させる機会が乏しく、随意収縮を必要とする従来のトレーニングは技術的難易度が高いという問題があった。対象の技術に依存せず、かつ効果的にインナーマッスル機能を高めるための方法として、足部インナーマッスルに対する血流制限下神経筋電気刺激 (図 2) を考案し、その即時効果を検証した。健常大学生 48 名を血流制限下神経筋電気刺激群、血流制限下偽刺激群、神経筋電気刺激群の 3 群に振り分け、15 分間のトレーニング前後で母趾外転筋の筋横断面積を超音波画像計測装置により測定した。初回トレーニング直後の筋腫脹 (トレーニング後の筋断面積-トレーニング前の筋断面積) の程度は将来的な筋肥大の程度と相関することが知られていることから、本研究ではこれを即時効果の指標とした。



図 2. 血流制限下神経筋電気刺激

#### 4. 研究成果

##### (1) 扁平足症例の歩行中の MLA 動態と足部インナー・アウターマッスル機能との関係

扁平足症例の歩行立脚期における MLA 高の低下量は、足部のインナーマッスルである母趾外転筋 ( $r=-0.47$ ) および短母趾屈筋 ( $r=-0.39$ ) の筋厚と有意に相関していることが確認できた。この結果は、扁平足症例では足部内側のインナーマッスルが発達しているほど歩行中の MLA の低下が少ないことを示しており、歩行中の MLA 動態の制御に足部インナーマッスルの機能強化が重要であることが示唆された。

##### (2) 扁平足症例の歩行中の MLA 動態に足部インナーマッスルトレーニングが与える効果

8 週間の足部インナーマッスルトレーニングによって、歩行立脚期において MLA 高が最小値に達するまでのタイミングが有意に短縮すること、また最大床反力内方成分が有意に減少することを確認できたが、MLA 高の低下量には有意な変化を確認できなかった。また足部インナー・アウターマッスルの筋形態にもトレーニングによる変化は確認できなかった。以上の結果から、足部インナーマッスルトレーニングが歩行中の MLA 動態を変化させることが明らかになった。一方、既存のトレーニング方法では筋形態が変化するほどの機能強化を達成することは難しいことから、MLA 動態をより顕著に変化させるために介入方法についてあらためて検討する必要性が示唆された。

##### (3) 扁平足症例のランニング中の MLA 動態と足部インナー・アウターマッスル機能との関係

階層性クラスター分析の結果、ランニング中の MLA 動態は初期接地時の MLA 高が最も低い Class1, MLA 高の低下量が少ない Class2, 初期接地時の MLA 高が最も高い Class3 の 3 グループに分類された (図 3)。足部のインナーマッスルである母趾外転筋、短母趾屈筋の筋断面積は、Class2 において他のグループよりも有意に小さいことが明らかになった。Class2 は足部内側に位置するインナーマッスルの筋断面積が小さいにも関わらず、MLA の低下量が少なかったことから、歩行よりも衝撃の大きいランニングでは足部インナーマッスルの機能低下が外側荷重を誘導し、ランニング障害発症に関与する可能性が示唆された。

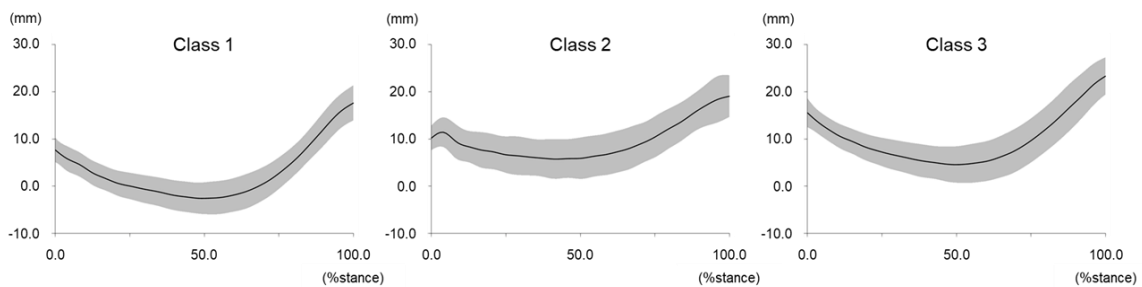


図 3. ランニング中の MLA 動態

##### (4) 技術的な難しさを解決した新たな足部インナーマッスルトレーニング方法の開発

血流制限下神経筋電気刺激群および血流制限下偽刺激群では 15 分間のトレーニング後に有意な筋断面積の増加を認め、筋腫脹が確認できた (図 4)。またトレーニング前からの筋断面積の変化率で比較した場合、血流制限下神経筋電気刺激によってより顕著な筋腫脹が発生することが明らかになった (図 5)。以上の結果から、足部インナーマッスルに対する血流制限下神経筋電気刺激は、対象の技術に依存せずかつ効果的にインナーマッスル機能を高めるためのトレーニング方法として期待できることが明らかになった。

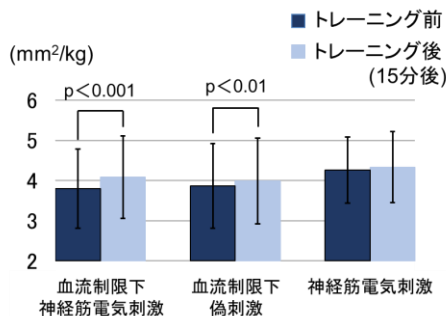


図 4. 母趾外転筋の筋断面積

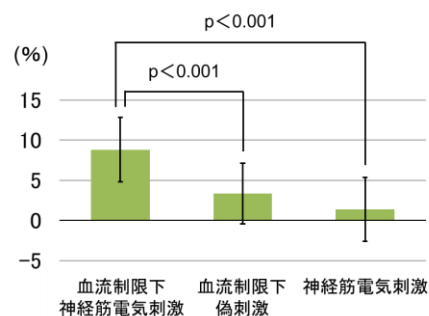


図 5. 筋断面積の変化率

これらの研究成果から、特に足部の内側に位置するインナーマッスルの機能は歩行やランニング中の MLA 動態に関係することが明らかになったため、足部インナーマッスルトレーニング

はランニング障害の予防に貢献する可能性があると考えられる。一方、既存のインナーマッスルトレーニングでは十分な機能強化を達成できない可能性があることから、より有効なトレーニング方法について検討していく必要があると考える。

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 0件）

1. 著者名 Okamura Kazunori, Hasegawa Masaki, Ikeda Tomohiro, Fukuda Kengo, Egawa Kohei, Kanai Shusaku	4. 巻 93
2. 論文標題 Classification of medial longitudinal arch kinematics during running and characteristics of foot muscle morphology in novice runners with pronated foot	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 20 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gaitpost.2022.01.006	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 Okamura Kazunori, Egawa Kohei, Ikeda Tomohiro, Fukuda Kengo, Kanai Shusaku	4. 巻 86
2. 論文標題 Relationship between foot muscle morphology and severity of pronated foot deformity and foot kinematics during gait: A preliminary study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 273 ~ 277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gaitpost.2021.03.034	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 福田謙吾、岡村和典、大塚彰、金井秀作	4. 巻 41
2. 論文標題 足部の静的アライメントと動的アライメントの関係性に関する三次元動作解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 257 ~ 261
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 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 Okamura Kazunori, Fukuda Kengo, Oki Sadaaki, Ono Takeya, Tanaka Satoshi, Kanai Shusaku	4. 巻 75
2. 論文標題 Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: A pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 40 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gaitpost.2019.09.030	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3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡村和典, 福田謙吾, 江川晃平, 池田朋大, 金井秀作
2. 発表標題 回内足症例のジョギング中の足部運動パターンと足部内在筋筋形態との関係
3. 学会等名 第28回日本物理療法学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田謙吾, 岡村和典, 池田朋大, 舛井大貴, 金井秀作
2. 発表標題 第一中足骨底を利用した内側縦アーチ低下量の測定に関する信頼性の検討
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 岡村和典, 長谷川正哉, 金井秀作, 福田謙吾
2. 発表標題 足の運動療法の新展開「物理療法の応用」
3. 学会等名 第47回日本足の外科学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022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
---------	---------