

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01524

研究課題名（和文）足部内在筋収縮トレーニングによる足部外在筋への抑制効果

研究課題名（英文）The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles exercise

研究代表者

金井 秀作（kanai, shusaku）

県立広島大学・保健福祉学部（三原キャンパス）・教授

研究者番号：70326437

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）：本研究では、足部の静的・動的アライメント間の関係について調査することを目的としており、とくに扁平足被験者において足部内在筋の能力が足部内側縦アーチMLAの動態にどのような影響を与えるかを主目的としている。歩行分析において、その時間のMLAの高さの減少なしで、MLAの高さがその最小値に及んだ時間は、有意に電気刺激ESGの後半にあった。さらに、前足部逆転角度と脛骨外旋角度は、その時ESGで有意に上昇した。立ちながらの分析法では、群間の有意差が、なかった。結果は、扁平足の被験者において、足部内在筋には歩行の間、足部運動を変えるのに十分なMLAを支持する能力があ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

足部内在筋には歩行の間、足運動を動的に変えるのに十分なMLAを支持する能力があることを明らかにしたことにより、足指運動療法の効果汎用性の高さを示している。

研究成果の概要（英文）：Strengthening exercises of the plantar intrinsic foot muscles (PIFMs) are often prescribed to flat footed subjects because of the capacity of the PIFMs to support the medial longitudinal arch (MLA). However, it is unclear whether the capacity of the PIFMs to support the MLA is enough to change the foot kinematics in flat footed subjects. To confirm this, the current study examined changes in foot kinematics in flat-footed subjects during standing and gait accompanied by changes in the activity of the PIFMs.

In the gait analysis, the time at which the MLA height reached its minimum value was significantly later in the ESG, with no reduction in the MLA height at that time. Moreover, forefoot inversion angle and tibial external rotation angle were significantly increased in the ESG at that time. In the standing analysis, there were no significant differences between the groups.

Conclusion: The results revealed that in flat-footed subjects, the PIFMs have the capacity to support the MLA

研究分野：理学療法学

キーワード：運動学 足部内在筋 内側タテアーチ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

昨今、転倒の原因として心身機能・身体構造の観点では足趾の機能が注目されているが、特に足底に存在する足趾屈曲筋(以下、足部内在筋)の筋力低下は、バランス能力の低下や変形を引き起こし、転倒リスクを増加させる。しかし、既存のトレーニング方法は技術的な難しさから遂行困難な対象が多く、また生活場面で訓練効果を発揮させるための配慮がなされていないため、より実施しやすくかつ実効性の高い方法の確立が求められている。

### 2. 研究の目的

近年ニューロリハビリテーション領域では、歩行などの動作中に筋を電氣的に収縮させる「機能的電気刺激」が、機能回復と運動学習に有効だと認識されている。そこで本研究では、この手法を用いて歩行周期に合わせた足部内在筋の使用を学習するトレーニング方法を提案し、その効果を実証することとした。

本研究では、足部の静的・動的アライメント間の関係について調査することを目的としており、とくに扁平足被験者において足部内在筋の能力が足部内側縦アーチの動態にどのような影響を与えるかを主目的にしている。また静的な足部アライメント評価は動的アライメントの予測能に乏しいことが指摘されていることから、この原因として筋による代償を想定した。そこで追加研究では、足部の静的・動的アライメント間の関係について内部関節モーメントの視点を加えた調査を行い、筋による代償の影響を検討した。

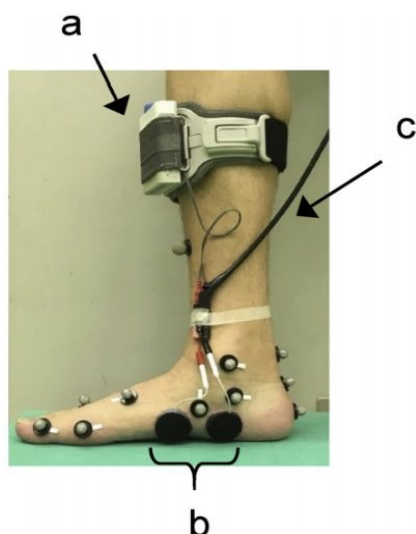


図1 電気刺激装置とマーカー位置  
a: デバイス, b: 拇指外転筋電極  
c: 同期ケーブル

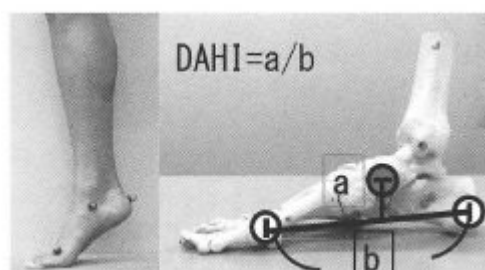


図2 Dynamic arch height index (DAHI)

### 3. 研究の方法

#### 1) 扁平足被験者における足部内在筋の影響

18人の扁平足の被験者は、電気刺激群(ESG)または対照群(CG)に無作為割付けされた。ESGにおいて、PIFMsに対する電気刺激は、PIFMsの強化をシミュレーションするために、地位と歩行の間、適用された。それから、足運動学は3D運動分析を使用して測定された、そして、ベースラインからの変化(電気刺激適用されなかったとき)の量は群間で比較された。図1にESGの構成を示す。

#### 2) 足部動態の動的および静的計測の関係性

14名の健常成人の被験者は、Foot posture index (FPI)を用いて分類した正常足群と扁平足群の片脚 heel raise 中の動的足部アライメント(DAHI)を比較した(図2)。また、FPIとDAHI、そして回外モーメントの相関関係を調査した。

### 4. 研究成果

#### 1) 扁平足被験者における足部内在筋の影響

歩行分析において、その時間のMLA高さの減少なしで、MLA高さがその最小値に及んだ時間は、有意にESG後半にあった。さらに、前足部逆転角度と脛骨外旋角度は、その時ESGで有意に上昇した。立ちながらの分析法では、群間の有意差が、なかった。結果は、扁平足の被験者において、PIFMsには歩行の間、足運動学を変えるのに十分なMLAを支持する能力があることを明らかにした。これらの筋肉を強くすることは、扁平足配列に関連した下肢濫用損傷を防止

するか、治療することに効果的である場合がある。(表1結果)

表1結果 ベースラインからの変化値(グループ間比較)

NH = navicular height, FF = forefoot, RF = rear foot, TB = tibia, DF = dorsiflexion, EV = eversion, AB = abduction, PF = plantarflexion, BW = body weight. Stance phase duration, FF DF angle relative to RF, internal ankle AB moment, and NH from floor at

Variable	CG (N = 9)		ESG (N = 9)		Mean diff	p	
	Mean	SD	Mean	SD			
<b>Gait</b>							
Speed (m/s)	-0.01	0.02	-0.04	0.06	0.03	0.12	
Stance phase duration (ms)	-1.1	12.7	25.6	26.5	-26.7	0.01	
<b>NH from plantar plane</b>							
Minimum value (mm)	-0.3	0.5	-0.3	1.1	-0.01	0.97	
Timing (% stance phase)	-0.1	2.4	2.2	1.6	-2.3	0.03	
<b>Foot kinematics</b>							
FF angle relative to RF (°)	DF	-0.9	1.6	0.5	1.0	-1.4	0.05
	EV	0.6	1.0	-0.8	1.4	1.4	0.02
	AB	0.3	0.8	0.03	1.2	0.2	0.63
RF angle relative to TB (°)	DF	1.0	1.4	-0.1	1.6	1.1	0.14
	EV	-0.6	0.9	0.3	2.1	-1.0	0.22
	AB	0.2	1.0	-1.4	1.4	1.6	0.01
Internal ankle moment (N mm/kg)	PF	-7.0	45.7	-2.3	60.6	-4.7	0.85
	EV	-4.6	26.1	2.0	26.1	-6.6	0.60
	AB	14.3	24.6	1.4	18.7	12.9	0.34
<b>Ground reaction force (% BW)</b>							
Anterior direction	0.04	0.8	-0.3	1.4	0.3	0.67	
Medial direction	0.2	0.3	-0.3	0.9	0.5	0.11	
Vertical direction	1.1	2.1	0.2	3.4	0.9	0.53	
<b>Standing</b>							
NH from floor (mm)	-0.2	0.3	0.4	0.6	-0.6	0.06	

2) 足部動態の動的および静的計測の関係性

正常足群と扁平足群の DAHI に有意差は認められず, FPI と DAHI 間の相関も確認されなかった。FPI と回外モーメントには負の相関 ( $p=0.003$ ,  $r=-0.54$ ) が確認され、足部の静的・動的アライメントの関係性の乏しさを再確認できた。また FPI と回外モーメントの間に負の相関があることが確認されたがその関係性は強くはなく、動的場面の筋活動パターンにはばらつきがある可能性が示唆された。(表2結果)

表2結果 FPI, DAHI 回外モーメントの測定値および相関

	中央値 (四分位範囲:IQR)	相関 FPI		相関 回外モーメント	
		r	p	r	p
FPI (points)	6 (IQR 3-7)			-0.54	0.003
DAHI (mm)	0.07 (IQR 0.04-0.08)	0.18	0.37	0.24	0.22
回外モーメント (N・m/kg)*	0.34 (IQR 0.16-0.58)	-0.54	0.003		

相関係数=r

\*回外モーメントは底屈モーメントが最大になるタイミングの値を使用。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Okamura Kazunori, Kanai Shusaku, Fukuda Kengo, Tanaka Satoshi, Ono Takeya, Oki Sadaaki	4. 巻 38
2. 論文標題 The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles on foot kinematics in flat-footed subjects	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Foot	6. 最初と最後の頁 19 ~ 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foot.2018.11.002	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1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡村和典, 金井秀作, 城野靖朋, 沖井明, 江川晃平, 沖貞明
2. 発表標題 足部内在筋トレーニングの学習における随意運動介助型電気刺激の効果
3. 学会等名 第25回日本物理療学会
4. 発表年 2017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
研究協力者	岡村 和典  (okamra kazunori)	県立広島大学・保健福祉学部・助教  (25406)	

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
---------	---------