

足趾把持トレーニングが 足趾把持筋力および立位時重心動揺に与える影響

山田 洋*¹・内山秀一*¹・野田亜沙美*²・山本結女*³・小河原慶太*¹

The effect of toe-grip training on
toe flexor muscular strength and center of gravity fluctuation

by

Hiroshi Yamada, Shuichi Uchiyama, Asami Noda, Yume Yamamoto and Keita Ogawara

Abstract

The purpose of this study was to examine the effect of toe-grip training on toe flexor muscular strength and center of gravity fluctuation. Nineteen healthy female athletic college students were enrolled in the study. The subjects were divided into training group (n = 10) and control group (n = 9). The training group underwent toe-grip training in the foot four times a week for 3 weeks. The toe flexor muscular strength was compared before and after training. Center of gravity total trace was recorded in the normal condition of the eye opening, normal condition of closed eyes, and eye opening tiptoeing condition while standing. After training, the toe flexor muscular strength significantly increased ($p < 0.05$). The training had no effect on the trace of the center of gravity fluctuation during eye opening (both legs) in standing position. Whereas, in conditions of closed eyes (both legs) in standing position and the eye opening tiptoe standing position, the length of the trace was significantly shortened ($p < 0.05$). There was no correlation between toe flexor muscular strength and the center of gravity total trace under any condition. These results suggested that the toe-grip training increases toe flexor muscular strength and affects center of gravity fluctuation in the standing position.

I. 緒言

二足歩行を行う人間にとって、足底および足趾は唯一の地面との接地面であり、安定した立位姿勢を保持するためにも、足把持力は必要とされる。

足趾は元来、手指と同等のレベルの巧緻性を有しているとされており、人間の祖先であるサルは、足趾によって木などを掴むことが出来たが、人間の二足歩行に適応することによって手指と同等レ

* 1 東海大学体育学部体育学科 * 2 鶴見養護学校 * 3 株式会社テンプスタッフ

ベルの巧緻性を完全に失ったとされている¹⁾。さらに近年、裸足生活の減少、履物の変化などにより、足部機能は低下の一途を辿っている²⁾。

近年、土踏まずの形成有無、浮指等の観点から、足部の形態・機能が、アスリートの傷害やパフォーマンスにも関係することが報告されている²⁾。その足趾把持筋力の強化方法として、砂浜トレーニングやタオルギャザー、母指外転トレーニング、ボール掴みなど多くのトレーニングが取り上げられているが、機能を高める際にどこの機能に目的を置くかによって、そのトレーニング方法も変わると考える。竹井らは足趾トレーニングの効果は約3週間で生じ、トレーニングを行っても筋肥大による筋力増強は得られないと報告をしている³⁾。

一方、足趾把持筋力の強化による片足立位バランスへの影響についての報告もなされている。片足立位の安定は、歩行による「つまずき」の減少につながる事が考えられ、そのことから足趾トレーニングは転倒予防につながる事が示唆されたとされている⁴⁾が、両足立位バランスにおいての報告は少ない。また、足趾把持筋力と重心動揺の相関では、男性には見られるものの、女性には男性同様の結果が得られないとされる⁵⁾ことから、女性には効果が得られにくいと考えられる。さらに、重心動揺は年齢とともに変化するとされており、若年者では短く、20歳代から50歳代までは長いとの報告もあるが、同じ年代でもばらつきが見られることから生活状態の差などに基づく姿勢制御系の差があると考えられている⁶⁾。

このように、足趾把持筋力と身体機能との関連性の検討は多く見られるが、足把持トレーニングを行うことによる筋力増強効果と立位姿勢保持に及ぼす影響を併せた見解は未だ得られていない。そこで本研究は、東海大学に所属するスポーツ経験のある女子学生を対象に、足趾把持トレーニングが足趾把持筋力および立位時重心動揺に与える影響を検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者および実験デザイン

被験者は、東海大学に在学する女子学生 19 名とした。被験者には予め実験の趣旨を説明し、文

書にて同意を得た。本研究は、東海大学における「人を対象とする研究」についての倫理審査の承認を得て行った(承認番号 12010)。表 1 に被験者の身体的特徴(年齢、身長、体重、足長)を示した。被験者はすべてスポーツ選手であった。

本研究はトレーニング群(10名)とコントロール

表 1 被験者の身体的特徴

	コントロール群	トレーニング群
年齢(歳)	21.2±0.7	19.6±0.8*
身長(cm)	163.6±5.7	164.8±6.6
体重(kg)	56.4±6.5	59.2±6.9
足長(cm)	24.7±0.5	24.9±1.2

*p<0.05

群(9名)の2群に分けた介入研究であるが、トレーニング前にはこの2群間に年齢を除いて統計学的な有意差は見られなかった。コントロール群、トレーニング群に測定(プレテスト)を行い、その後トレーニング群のみ3週間の足趾把持トレーニングを4日/週実施し、3週間後にまたコントロール群とトレーニング群に測定(ポストテスト)を行った(図1)。プレテストおよびポストテストにおいては、足趾把持筋力、立時時の重心動揺を測定した。

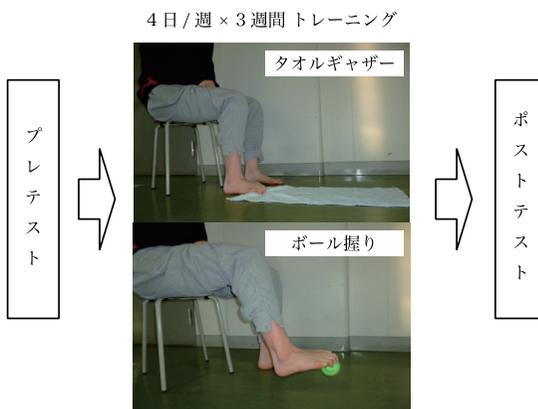


図 1 実験デザインとトレーニング内容

2. 測定方法

1) 足趾把持筋力の測定方法

足趾把持筋力測定器 (T_K_K.336, 竹井機器工業株式会社製) を用いて、立位時の足趾把持筋力を測定した。測定は左右各 2 回測定し、いずれも大きな値をデータとして採用した。測定は重心動揺の測定と同様の条件としたが、両腕は胸の前でクロスするのではなく、体側につけることとした。足趾把持筋力の測定は両足で行い、左右の平均値を算出した。

2) 重心動揺の測定方法と試技の条件

重心動揺計 (GRAVICORDER GS-10, Anima 社製) を用いて、試技時における圧力中心点の総軌跡長 (重心動揺総軌跡長) を測定した。測定時間は 30 秒間とし、重心総軌跡は、開眼両足立位、閉眼両足立位、開眼つま先立位で記録した。測定は、裸足になること、両腕は胸の前でクロスすること、1 m 前方にあるボードの 1.5m の高さにある点を注視する条件で実施した。

3) トレーニング方法

トレーニング群への足趾把持トレーニングは 2 種類とし、週 4 回を 3 週間、計 12 回実施した (図 1)。それ以外は普段通りの生活をするように指示した。トレーニングのうち、2 回は研究者の管理下で行い他の 2 回は自主トレーニングとした。以下にトレーニングの内容を示す。

(1) タオルギャザー： 76 cm の長さのタオルを素足で踵を浮かさないように足趾でたぐり寄せる。左右の足を対象として各 2 セットを実施した (図 1 上段)。

(2) ボール握り： 柔らかいゴムボールを足趾

で握る、持ち上げる、を繰り返し行行う。ボールは、テニスボールの大きさのゴムボールとした。足趾でボールが掴めない被験者には、地面に置いた状態で足指を開くことを意識しながら握る、離す、を繰り返し行行う。左右の足を対象として 1 分間×左右 2 セット実施した (図 1 下段)。

3. 統計処理

各指標は平均値と標準偏差で示した。統計解析には、統計処理ソフト R を使い、対応のない T 検定を実施した。総計学的有意水準は 5% 未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 各群におけるトレーニング前の測定値の比較

表 2 にトレーニング前後の各群における測定値を示す。ここでは、足趾把持筋力、開眼重心総軌跡長、閉眼重心総軌跡長、つま先立ち重心総軌跡長の絶対値、およびポストテストの値をプレテストの値を 100% として相対値化している。

プレテスト時におけるコントロール群とトレーニング群の比較では、足趾把持筋力、開眼重心総軌跡長、閉眼重心総軌跡長、つま先立ち重心総軌跡長のいずれにおいても、群間に差はみられなかった。

2. 各群における足趾把持筋力の変化の比較

足趾把持筋力は、コントロール群においてプレテストで 14.8 ± 3.3 kg (100%)、ポストテストで

表 2 トレーニング前後の各群における測定値

		コントロール群		トレーニング群	
		pre	post	pre	post
足趾把持筋力	絶対値 (kg)	14.8 ± 3.3	15.8 ± 3.8	16.2 ± 2.5	20.3 ± 3.2
	変化率 (%)	100.0	107.2 ± 18.6	100.0	125.9 ± 14.5 ※
開眼 重心総軌跡長	絶対値 (cm)	34.8 ± 8.7	37.7 ± 12.0	30.8 ± 6.6	27.0 ± 5.0
	変化率 (%)	100.0	109.2 ± 22.3	100.0	89.6 ± 19.0
閉眼 重心総軌跡長	絶対値 (cm)	51.5 ± 10.0	61.1 ± 15.4	54.0 ± 11.8	48.3 ± 10.1
	変化率 (%)	100.0	119.9 ± 22.7	100.0	92.0 ± 26.0 ※
つま先立ち 重心総軌跡長	絶対値 (cm)	77.3 ± 17.2	75.2 ± 14.8	77.5 ± 18.6	63.4 ± 12.2
	変化率 (%)	100.0	98.2 ± 12.7	100.0	83.6 ± 16.1 ※

※ p<0.05

15.8±3.8 kg (107.2±18.6%) であり、トレーニング群においてプレテストで 16.2±2.5 (100%)、ポストテストで 20.3±3.2 kg (125.9±14.5%) であった (表 2)。図 2 は、トレーニング前後における足趾把持筋力の変化率を各群間で比較している。変化率は、コントロール群と比較して、トレーニング群において有意に高値を示し (p<0.05)、トレーニングにより足趾把持筋力が大きくなったことを意味していた。

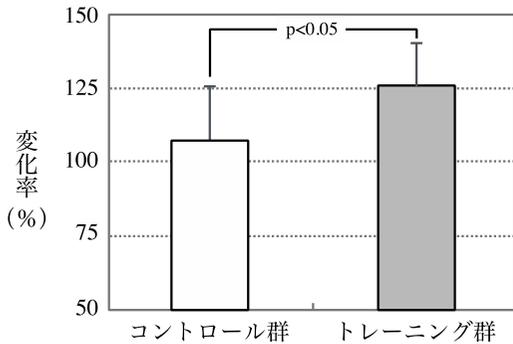


図 2 各群における足趾把持筋力の変化率

3. 各群における立位時重心総軌跡長の変化の比較

開眼立位時の重心総軌跡長は、コントロール群においてプレテストで 34.8±8.7cm (100%)、ポストテストで 37.7±12.0cm (109.2±22.3%) であり、トレーニング群においてプレテストで 30.8±6.6cm (100%)、ポストテストで 27.0±5.0cm (89.6±19.0%) であった (表 2)。図 3 は、トレーニング前後における開眼立位時の重心総軌跡長の変化率を各群間で比較している。変化率は、コントロール群とトレーニング群において違いが見られなかった。

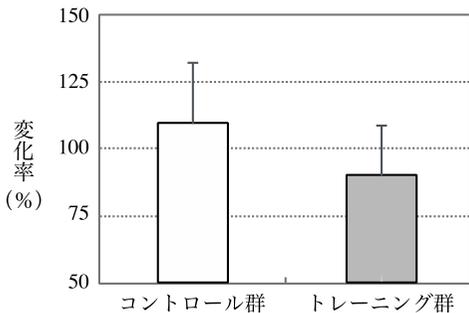


図3 各群における開眼立位時の重心総軌跡長の変化率

閉眼立位時の重心総軌跡長は、コントロール群においてプレテストで 51.5±10.0cm (100%)、ポストテストで 61.1±15.4cm (119.9±22.7%) であり、トレーニング群においてプレテストで 54.0±11.8cm (100%)、ポストテストで 48.3±10.1cm (92.0±26.0%) であった (表 2)。図 4 は、トレーニング前後における閉眼立位時の重心総軌跡長の変化率を各群間で比較している。変化率は、コントロール群と比較して、トレーニング群において有意に低値を示し (p<0.05)、トレーニングにより重心総軌跡長が短縮したことを意味していた。

開眼つま先立ち時の重心総軌跡長は、コントロール群においてプレテストで 77.3±17.2cm (100%)、ポストテストで 75.2±14.8cm (98.2±12.7%) であり、トレーニング群においてプレテストで 77.5±18.6cm (100%)、ポストテストで 63.4±12.2cm (83.6±16.1%) であった (表 2)。図 5 は、トレーニング前後における開眼つま先立ち時の重心総軌跡長の変化率を各群間で比較している。変化率は、コントロール群と比較して、トレーニング群において有意に低値を示し

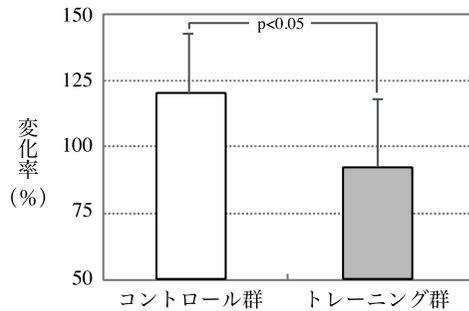


図 4 各群における閉眼立位時の重心総軌跡長の変化率

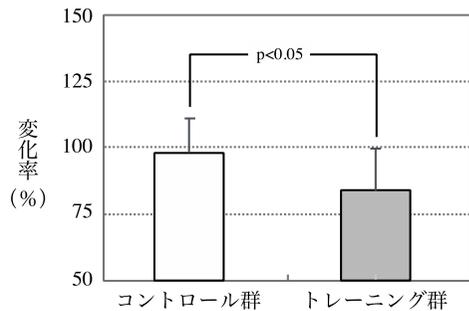


図 5 各群における開眼つま先立ち時の重心総軌跡長の変化率

($p < 0.05$)、トレーニングにより重心総軌跡長が短縮したことを意味していた。

4. 足趾把持筋力と重心総軌跡長間の相関

図6はプレテスト時(トレーニング前)における全被験者に対する足趾把持筋力と重心総軌跡長間の相関を示している($n=19$)。上段は開眼立位、中段は閉眼立位、下段はつま先立位時の相関図である。それぞれにおいて、足趾把持筋力と重心総軌跡長間に有意な相関関係は認められなかった。

同様に、ポストテスト時(トレーニング後)に

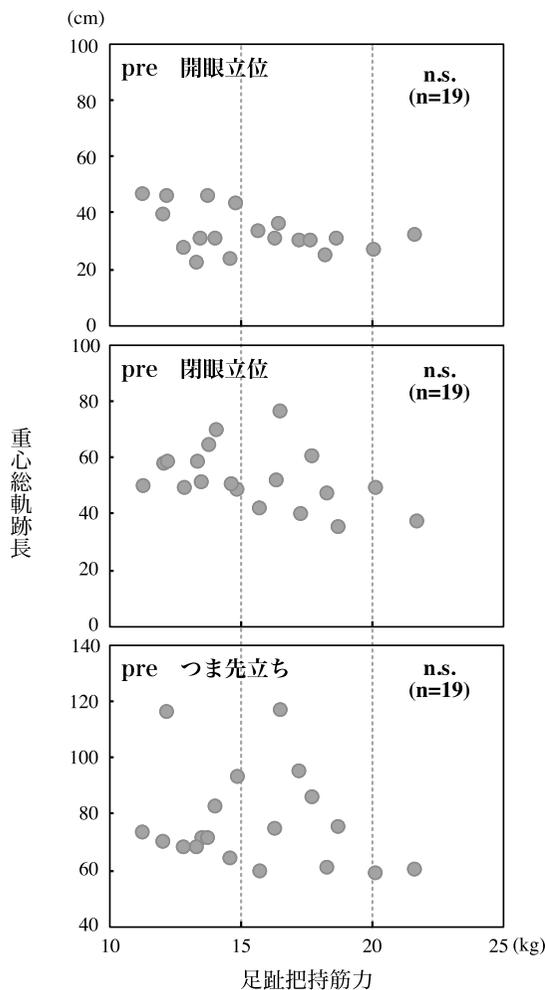


図6 プレテスト時(トレーニング前)の全被験者における足趾把持筋力と重心総軌跡長間の関係(上段:開眼立位、中段:閉眼立位、下段:つま先立位)

おいても全被験者($n=19$)、コントロール群のみ($n=9$)、トレーニング群のみ($n=10$)に対して足趾把持筋力と重心総軌跡長間の相関を検討した結果、すべてにおいて有意な相関関係は認められなかった。

IV. 考察

1. 各群におけるトレーニング前の測定値からみた測定の妥当性について

プレテスト時におけるコントロール群とトレーニング群の比較では、足趾把持筋力、開眼重心総軌跡長、閉眼重心総軌跡長、つま先立ち重心総軌跡長のいずれにおいても、群間に差はみられなかった(表2)。

村田らの報告によると足趾把持筋力は女性平均が $8.3 \text{ kg} \pm 2.8$ であった⁷⁾。本研究におけるプレテスト時の平均がコントロール群において $14.8 \pm 3.3 \text{ kg}$ 、トレーニング群において $16.2 \pm 2.5 \text{ kg}$ とトレーニングを行う前から高い値を示している。これは、競技を行っている被験者を対象としたため、日頃のトレーニング効果等から足趾把持筋力が優れていたのではないかと推察される。

2. トレーニングが足趾把持筋力に与える効果

足趾把持トレーニングにより、足趾把持筋力の値が有意に増大した(表2, 図2)。福田らは、タオルギャザー、ゴムボール握り、ムカデ歩きのトレーニングを行い、3週間後に有意な改善が生じる⁸⁾と報告している。しかし、本研究でタオルギャザーとゴムボール握りのみでも、足趾把持筋力に有意な差が見られたことから、本研究のトレーニング内容でも十分にトレーニング効果が表れることが示唆された。しかし、足趾にはそれぞれ役割があり、母趾と2~5趾は筋力が異なるため、目的に応じて対象足趾を変えたトレーニングが必要であり、その機能について詳しい検討を行うことで、さらに高いトレーニング効果が期待できると考える。

また、トレーニング初期にはタオルギャザーやボール握りがわずかにしかできなかった被験者も数名いたが、トレーニングの実施に伴い、被験者よりすべてのトレーニングを楽に行えるようにな

ったとの内省報告もあった。また、普段から躓くことが多いとする被験者には、以前より躓きにくくなったという報告を受けた。

3. トレーニングが重心動揺に与える効果

重心動揺の軌跡長は、開眼両足立位時にトレーニングの影響はなかった(表2, 図3)。一方、軌跡長は、閉眼両足立位時、開眼爪先立ち時に、有意に短縮し(表2, 図4, 図5)、動揺が小さくなることを示した。

本研究は足趾把持トレーニングが重心動揺に及ぼす影響を明らかにすることを目的としたため、その結果がパフォーマンスの向上や転倒予防につながるかは直接的には検証していない。しかし、吉本らは、片脚立位時の安定は、歩行中の振り出し時の安定につながるとされており、この安定は歩行による「つまずき」の減少につながることを報告している³⁾。このことから、本研究においても総軌跡長の値の減少が見られたことにより、立位の安定性が向上し、身体機能につながり、足把持トレーニングを行うことによる、転倒リスク改善等に期待できる。

4. 足趾把持筋力と重心総軌跡長間について

プレテスト時(トレーニング前)における全被験者(n=19)に対して足趾把持筋力と重心総軌跡長間の相関を検討した結果、すべてにおいて有意な相関関係は認められなかった(図6)。緒言で述べたように先行研究⁵⁾において、足趾把持筋力と重心動揺の間の相関は、男性には見られるが、女性にはみられないとされている。本研究の結果は、先行研究と同様であり、方法論および結果の妥当性を示唆していた。

同様にポストテスト時(トレーニング後)における全被験者(n=19)、コントロール群のみ(n=9)、トレーニング群のみ(n=10)に対して足趾把持筋力と重心総軌跡長間の相関を検討した結果、すべてにおいて有意な相関関係は認められなかった。これらの結果は、トレーニングにより足趾把持筋力が増大するものの、これらが必ずしも重心総軌跡長にダイレクトに影響を及ぼすものではないことを意味していた。三谷ら⁹⁾は、女性25名に対し

て本研究とほぼ同様の設定で実験を行い、足趾把持筋力と重心動揺総軌跡長との間に相関関係が認められなかったことを示し、これらに關与する要因として感覚系入力、中枢の情報処理・出力系、足底の固有受容器を挙げ、最大筋力にみられる量的機能でなく、身体動揺に適した足趾の質的機能が關与したのではないかと考察している。本研究で認められた重心動揺総軌跡長の短縮についても、足趾把持トレーニングにより向上した最大筋力以外の要因として、これら感覚系・神経系における機構の変容が關与していたと推察される。

V. まとめ

本研究の目的は、足趾把持トレーニングが筋力および立位時重心動揺に与える影響を検討することであった。被験者は、スポーツ経験を有する健康な女子大学生19名であり、トレーニング群(n=10)とコントロール群(n=9)に分けた。トレーニング群は、週4回の足趾把持トレーニングを3週間実施した。トレーニングの前後で、足趾把持筋力、立位時の重心総軌跡を比較した。重心総軌跡は、開眼両足立位、閉眼両足立位、開眼つま先立位で記録した。

足趾把持トレーニングにより、筋力の値が有意に増大した($p<0.05$)。重心動揺の軌跡長は、開眼両足立位時にトレーニングの影響はなかった。一方、軌跡長は、閉眼両足立位時、開眼爪先立ち時に、有意に短縮し($p<0.05$)、動揺が小さくなることを示した。足趾把持筋力と重心総軌跡長の間には、全ての条件下において相関がみられなかった。これらの結果から、足趾把持トレーニングは足趾把持筋力の増大、および立位時の重心動揺の安定性に対して、それぞれ独立して影響を与えていることが示唆された。

文献

- 1) 谷田貝公昭・村越晃・村田恵子・館山知里・渡部真弓・佐久間弥生. (1984) 足趾の巧緻性の研究 II. 日本保育学会大会研究論文集. 37, 136-137.
- 2) 吉田早織, 中村豊. (2007) 裸足での砂浜トレーニングが足部に与える影響. 東海大学スポーツ医科学雑誌. 19, 69-74.

- 3) 竹井和人・村田伸・甲斐義浩・村田潤. 足把持力トレーニング効果. (2011) 理学療法科学. 26(1), 79-81.
- 4) 吉本陽二・神谷早智子・淵岡聡・奥田邦晴・中江徳彦. (2007) 母趾外転トレーニングが片脚立位バランスに及ぼす影響について. *J.Rehabilitation and Health Sci.* 5, 19-23.
- 5) 佐々木諒平. 足指機能がバランス能力に与える影響について. (2010) 理学療法-臨床・研究・教育. 17, 14-17.
- 6) 大川剛・時田喬・柴田康成・小川徹也・宮田英雄. (1995) 重心動揺検査-単位面積軌跡長の意義-健全者における検討. *Equilibrium Res.* 54, 296-306.
- 7) 村田伸・忽那龍雄. (2002) 足把持力測定を試み理学療法の科学. 17, 243-247.
- 8) 福田泉・小林量作. (2008) 若年健全者に対する足把持筋力トレーニングの効果. 理学療法学. 35, 261-266.
- 9) 三谷保弘・向井公一・長谷川士・北山淳・甲斐悟. (2011) 足趾把持力とバランス能力との関係性の検討. 四条啜学園大学リハビリテーション学部紀要. 7, 261-266.