

# 足裏刺激マットを用いた足底刺激歩行運動が歩行および身体バランス能に与える影響

秋津知宏\*<sup>1</sup>、神内伸晃\*<sup>2</sup>、石橋重良\*<sup>1</sup>、沖和久\*<sup>1</sup>、  
吉田勲生\*<sup>1</sup>、三澤圭吾\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 明治東洋医学院専門学校 \*<sup>2</sup> 明治国際医療大学

## 要 旨

【目的】本研究は足底刺激による歩行が転倒予防運動の簡便な方法として応用できるか検証するため足裏刺激マットを用いた足底刺激歩行運動が歩行時の筋活動および身体バランス能について影響を及ぼすか検討を行った。【方法】足底刺激歩行が凹凸面のない床面での歩行（以下、通常歩行）との違いを検証するため平衡機能、歩行機能に障害を有さない健常成人6名（平均年齢 29.0±5.1歳）を対象とした。測定項目は右側の前脛骨筋、長腓骨筋、腓腹筋外側頭、ヒラメ筋の筋電図活動時間とし、足底刺激歩行と通常歩行における差を検討した。またハイスピードデジタルカメラと2次元動作軌跡ソフトを用いて一歩行周期時間、歩幅を計測し、2つの歩行動作における歩容を目視にて確認した。次いで3週間の継続した足底刺激歩行運動が身体バランス能への影響を検討するために平衡機能、歩行機能に障害を有さない健常成人20名（男性11名、女性9名、平均年齢40.8±18歳）を対象とした。測定項目は総軌跡長、外周面積、矩形面積、実効値面積、単位時間軌跡長、単位面積軌跡長、Visual analogue Scale（以下、VAS）とした。【結果】筋電図による筋活動時間は腓骨筋において有意に筋の活動時間が延長し、前脛骨筋、腓腹筋外側頭、ヒラメ筋においても通常歩行と比べ活動時間が延長する傾向がみられた。また、足底刺激歩行では1歩行周期の時間が有意に延長し、歩幅では有意に短くなった。足底刺激歩行と通常歩行における歩容では、足底刺激歩行において踵接地の際に足底全体で床面に接する様子が全ての被験者で観察された。静止立位におけるバランス能は実効値面積において有意差がみられたが、他の項目では有意差はみられなかった。また、VASによる結果においても有意差はみられなかった。【考察】本研究結果より足底刺激歩行によって歩行時の筋活動時間が延長することから足部周囲の筋活動を高めることが示唆された。3週間の継続した足底刺激歩行は静止立位時でのバランス能に大きく影響を及ぼさないことが示唆された。また、3週間の継続における足底刺激歩行は、歩行時に感じる痛みに慣れ現象を及ぼさないことが示唆された。

キーワード

足裏刺激 歩行運動 高齢者 バランス能力 リハビリテーション

## 1. 緒言

現代の日本において超高齢社会といわれ、国民全体の約 25%が 65 歳以上となっている<sup>1)</sup>。高齢によって医療や介護を必要とするケースが多くなり、高齢者の健康づくりや介護予防が重要になっている。介護が必要となった原因のひとつに転倒・骨折があり 10.2%と高い割合である<sup>2)</sup>。高齢者の転倒を誘発する原因のひとつに下肢筋力の低下があり、足趾把持力の低下は転倒の危険性が高まることが報告されている<sup>3)</sup>。高齢者の転倒予防のための運動には下肢の筋力強化が重要とされ、とくに足趾筋力の強化は転倒予防に有効であるとの報告がされている<sup>4)</sup>。足趾筋力を向上させる方法にタオルギャザー運動や、ビー玉つかみ、青竹踏みなどがある<sup>5)</sup>。青竹踏みは、自重の圧によって足底の感覚を刺激し、末梢循環を高める効果があるとされ、日本では健康法として根付いている。そのことから足底刺激による歩行が転倒予防運動の簡便な方法として応用できるか検証するため足裏刺激マットを用いた足底刺激歩行運動（以下、足底刺激歩行）が歩行および身体バランス能についての検討を行った。

## 2. 対象および方法

足底刺激歩行のバランス効果を検証するに先立って、足底刺激歩行が凹凸面のない床面（以下、通常歩行）での歩行との違いを検証した。対象は平衡機能、歩行機能に障害を有さない健常成人 6 名（平均年齢 29.0±5.1 歳）とした。なお、被験者には本研究の説明に対して同意を得て行った。

被験者はワイヤレス筋電図センサ（ロジカルプロダクト社製、乾式ワイヤレス筋電センサ）を右側の前脛骨筋、長腓骨筋、腓腹筋外側頭、ヒラメ筋の位置に装着し、凹凸のない床面を裸足で 3メートル歩行した後、足裏刺激マット（図 1）の上を 3メートル歩行した。なお、歩行回数は各条件、2回とした。筋電図の測定条件はサンプリング周波数 240Hzとした。筋電図の測定と同時にハイスピードデジタルビデオカメラ（ロジカルプロダ



図 1. 足裏刺激マット



クト社製, スポーツコーチングカム, 240 コマ/秒) を用いて歩行時の歩容を記録した。

筋電図による評価は筋電図の値を全波整流した後、2歩目の右足踵接地から同側の踵接地までの筋活動時間を通常歩行と足底刺激歩行で比較検討を行った。筋活動時間の開始期と終了期は基線値の平均値と標準偏差の値の和より超えた時期とした。ハイスピードカメラによる評価は2次元動作解析ソフト、(ダートフィッシュ社製, ダートフィッシュ7) を用いて2歩目における歩幅(右側つま先離地から左側踵接地)、1歩行周期(右踵接地から同側踵接地まで)の時間とし、各被験者の値を平均し、対応のあるt検定を行った。有意水準は5%未満とした。側面像における通常歩行と足底刺激歩行時の特徴的な歩容を視認した。

次に足底刺激歩行運動が身体バランス能への影響を検討するために平衡機能、歩行機能に障害を有さない健常成人20名(男性11名、女性9名、平均年齢 $40.8 \pm 18$ 歳)を対象とした。なお、被験者には本研究の説明に対して同意を得て行った。

足底刺激歩行運動は足裏刺激マットを用いて自分のペースで1分間の歩行を週に3回または4回とし、3週間継続して行った。足底刺激歩行運動の介入期間の前後でバランス能を評価するため以下の検査項目について重心動揺計(aison社製 Gaitview)を用いて両足開眼静止立位姿勢の測定を行った。検査項目は総軌跡長、外周面積、矩形面積、実効値面積、単位時間軌跡長、単位面積軌跡長とし、各被験者の値の総和を平均した値とした。また、足裏刺激マットは痛み感覚を生じることから痛み感覚の慣れ現象が生じるか Visual analogue Scale (以下、VAS) を歩行毎に評価した。VASの記入は用紙に10センチメートルの線をあらかじめ記入し、左の線端に「0」右の線端に「10」を記載し、「0が足裏刺激歩行時の痛みなし」、「10が耐えられない痛み」として被験者に足裏刺激歩行直後に記入を行ってもらった。被験者から得られたVASの値は1週ごとに平均した値を結果とした。

### 3. 結果

足底刺激歩行と通常歩行における違いについて筋電図では、腓骨筋において有意に筋の活動時間が延長し、前脛骨筋、腓腹筋外側頭、ヒラメ筋においても通常歩行と比べ活動時間が延長する傾向がみられた(表1)。また、通常歩行と足底刺激歩行では1歩行周期の時間が有意に延長し、歩幅では有意に短くなった(表1)。足底刺激歩行と通常歩行における歩容で

は、足底刺激歩行において踵接地の際に足底全体で床面に接する様子が全ての被験者で観察された（図 2-1, 2）。

表 1 . 筋電図、1 歩行周期の時間および歩幅のパラメータ

	通常歩行		足底刺激歩行	
筋電図(msec)				
前脛骨筋	488.3 ± 337		570 ± 455.6	
長腓骨筋	428.3 ± 220.2		820 ± 259.6	*
腓腹筋外側頭	408.3 ± 166.6		455 ± 395	
ヒラメ筋	515.0 ± 229.3		651.6 ± 395.7	
1歩行周期の時間(sec)	1.1 ± 0.12		1.4 ± 0.14	*
歩幅(cm)	78 ± 6.93		56.5 ± 7.15	*

平均値±標準偏差

t検定

\* $p < 0.05$



図 2 - 1 . 通常歩行における遊脚期から踵接地



図 2 - 2 . 足底刺激歩行における遊脚期から踵接地歩容

3 週間継続して行った足底刺激歩行運動における重心動揺計を用いた両足開眼静止立位姿勢の測定結果を表 2 に示す。その結果、実効値面積において有意差がみられた。しかし、他の項目では統計的な有意差はみられなかった。また、VAS による結果においても統計的な有意差はみられなかった（図 3）。



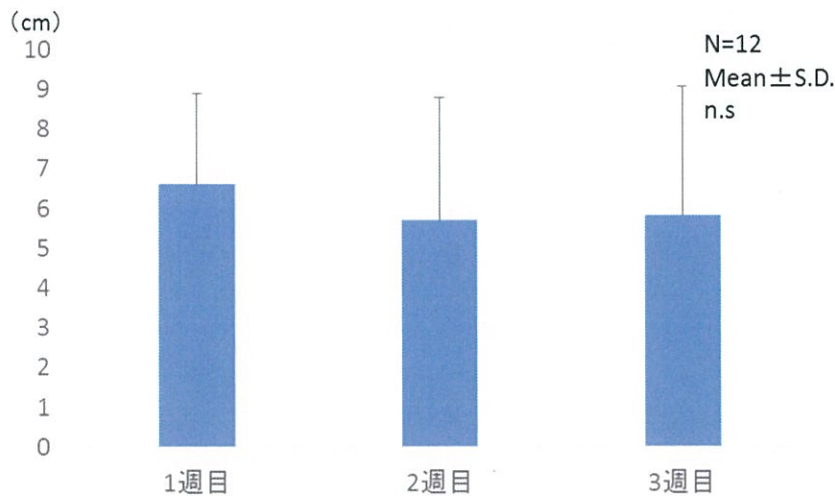


図 3. VAS の結果

表 2. 重心動揺計による測定項目結果

	介入前	介入後
総軌跡長(cm)	201.35 ± 101.52	206.09 ± 73.33
外周面積(cm <sup>2</sup> )	112.45 ± 74.37	120.83 ± 79.40
矩形面積(cm <sup>2</sup> )	282.82 ± 164.86	253.33 ± 142.43
実効値面積(cm <sup>2</sup> )	131.01 ± 94.83	97.99 ± 66.85 *
単位時間軌跡長	6.76 ± 3.13	7.05 ± 3.02
単位面積軌跡長	1.94 ± 0.39	2.01 ± 0.57

平均値±標準偏差

t検定

\*p<0.05

#### 4. 考 察

本研究では、足裏刺激マットを用いた足底刺激歩行運動が通常の床面での歩行との違いを検討するため、筋電図の筋活動時間と歩容をみることでその差を比較検討した。筋電図によって筋の活動時間が延長する傾向が見られ、長腓骨筋のみ有意差が見られた。このことは、足裏刺激マットが凹凸面を有するため床面に足部が着地する際に足部の不安定性を回避するために接地前から筋活動が生じていることが考えられた。着地動作においてもこの現象が起こることが報告されている<sup>6)</sup>。また、歩容を見てみると踵からの接地ではなく足底部全体で床面に接する動作が確認でき、歩行周期の時間が通常の歩行と比べ延長され、歩幅も短くなることから床面からの衝撃を回避するための動作であることが推察され、歩行時にバランスの安定

性を高める行動であると考えられる。

一方、3週間にわたって継続し行った足底刺激歩行が重心動揺計の測定項目の結果に顕著な効果を示す結果にいたらなかった。その理由として木藤らの報告では、安定した静止立位では、足部周囲の筋による影響が生じず、片足立位時での動的なバランステストにおいて効果が期待できると報告している<sup>4)</sup>。そのため今回、我々が行ったバランス評価では期待した結果が得られない理由となった。また、足底刺激歩行による歩行時に感じる痛みは継続的に足底刺激歩行を3週間行っても痛みの軽減を起さないと考えられた。今回の結果では、足裏刺激マットを用いた歩行が簡便な転倒予防運動につながるとは言えないため、今後は動的な評価を取り入れることで足裏刺激歩行がバランス能に改善効果を検討することができると考えられた。

## 5. 結 論

本研究は、足裏刺激マットを用いた足底刺激歩行が通常歩行時と比べて歩容と筋活動時間に違いがあるか検討し、静止立位でのバランス能に影響を及ぼすか検討を行った。その結果足底刺激歩行が通常歩行と比べ筋活動時間を延長させることが示唆された。また、3週間の継続した足底刺激歩行は静止立位時でのバランス能に大きく影響を及ぼさないことが示唆された。今後、測定姿勢を片足立位などの動的な評価を取り入れ、身体バランス能に与える影響について検討していきたい。

## 6. 引用文献

- 1) 厚生労働省, 平成 26 年度高齢社会白書
- 2) 厚生労働省, 平成 22 年国民生活基礎調査
- 3) 甲斐義浩, 村田伸 中村定明ら: 変形性膝関節症高齢者と健常高齢者の足把持力の比較. 理学療法学 22 (4), 495-498, 2007.
- 4) 木藤伸宏, 井原秀俊, 三輪 恵: 高齢の転倒予防としての足指トレーニング効果. 理学療法学, 28 (7), 313-319, 2001.
- 5) 亀井省三, 亀井朋美, 岩谷充治ら: 足底の感覚刺激が重心動揺に与える影響について. 藍野学院紀要, 20, 37-40, 2006.
- 6) Santello M: Review of motor control mechanism underlying impact absorption from falls. Gait posture, 21(5), 85-94, 2005.