

原著

# 足関節角度の違いが Quadriceps muscle setting 時の筋活動量に及ぼす影響

渡邊修司<sup>1)</sup>, 芳沢優斗<sup>1)</sup>, 朝日遥香<sup>1)</sup>, 深沢美里<sup>1)</sup>, 岩村昌紀<sup>1)</sup>, 輪島佑紀<sup>1)</sup>, 檜木俊哉<sup>1)</sup>, 平賀篤<sup>1)</sup>, 中山彰博<sup>1)</sup>

**要旨** : [目的] Quadriceps muscle setting (QS) は, 大腿四頭筋の筋力維持及び向上を目的として実施される機会が多い. 本研究は足関節角度の違いが QS 時の筋活動量に及ぼす影響について検討した. [対象] 健常男性 7 名を対象とした. [方法] 足部中間位 (中間位), 足部背屈 10°位 (背屈位), 足部底屈 40°位 (底屈位) の 3 条件で QS を 5 秒間実施し, 表面筋電図にて各条件下 QS 時の内側広筋 (VM), 外側広筋 (VL), 半腱様筋 (SM), 腓腹筋内側頭 (MG), 前脛骨筋 (TA) の筋活動を計測した. 足部肢位間に対し Friedman 検定で検討した. [結果] 背屈位で VL と TA に有意に高い筋放電を示す傾向を認めた ( $p < 0.05$ ). [結語] 本研究の結果より, QS では治療目的に応じて足部肢位を考慮する必要性が示唆された.

**キーワード** : 足関節角度, 表面筋電図, Quadriceps muscle setting

## 1. はじめに

Quadriceps muscle setting (以下 QS) は, 運動器疾患における一般的な理学療法として, 術前及び術後の安静度が制限されている段階で適用となることが多く, 大腿四頭筋の筋力維持及び向上を目的として実施される機会が多い<sup>1)</sup>. 岡西らは QS 時の下肢筋活動量を上肢支持なし, 上肢接触, 上肢把持の 3 条件でその運動効果について検討し, セッティング力・大殿筋・内側広筋・半膜様筋の筋活動に上肢把持で他の条件よりも高い値を示したことを報告し

ている<sup>2)</sup>. 羽崎らは背臥位, 長坐位, 両足趾を床に接地した腹臥位, 立位の 4 条件で QS を実施し, 腹臥位で大腿直筋の筋活動が有意に高い筋放電を示したことについて報告している<sup>3)</sup>. また, 宇佐らは QS 時の等尺性筋収縮力に関する定量的評価指標として, 水銀血圧計を用いて測定したセッティング圧の臨床応用について検討し, セッティング力とセッティング圧の間には強い正の相関を示したことを報告している<sup>4)</sup>. これら先行研究のように, QS の運動効果やその臨床応用に関する報告は多く散見される. 一方で, 足部肢位に着目した QS は临床上にも判断されておらず, その効果を検討した研究も少ない. そ

1) 帝京科学大学 医療科学部 理学療法学科 〒409-0133 山梨県上野原市八ツ沢 2525 TEL : 0554-63-4411  
E-mail : s-watanabe@ntu.ac.jp  
受付日 2017 年 12 月 3 日 受理日 2018 年 1 月 12 日

ここで、本研究は足関節角度の違いが QS 時の筋活動量に及ぼす影響について電気生理学的解析を用いて検討することを目的とした。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

対象は過去 6 ヶ月間で下肢に整形外科的疾患の既往がない健常成人男性 7 名(年齢:平均年齢 21.5±0.5 歳, 身長:167.7±4.4cm, 体重:63.6±6.7kg)とし, 右足 7 足を測定肢とした。本研究はすべての被験者に対して十分な実験説明を行い, 同意を得られた被験者を対象とした。また, 帝京科学大学の倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号:16021)。

### 2. 方法

表面筋電図(以下 sEMG)の測定には表面筋電計

テレマイオ DTS (Noraxon 社製)を使用し, 被験筋は内側広筋(以下 VM), 外側広筋(以下 VL), 半腱様筋(以下 SM), 腓腹筋内側頭(以下 MG), 前脛骨筋(以下 TA)の 5 筋とし, 各筋の電極貼付位置は Aldo の方法を参考とした<sup>5)</sup>。活動時の筋放電量は筋電図解析ソフト MyoResearch (Noraxon 社製)を用いてサンプリング周波数 1000Hz で取り込み記録した。電極は BlueSensor (株式会社メッツ)を使用し, それぞれ筋腹に十分な皮膚処理の後, 電極中心間距離 2cm で貼付した。

運動課題は背臥位にて, 膝関節伸展位, 足部中間位(以下中間位), 足部背屈 10°位(以下背屈位), 足部底屈 40°位(以下底屈位)の 3 条件で QS を 5 秒間実施することとし, sEMG 計測及び, 足部肢位の設定には電動昇降式チルトテーブル(酒井医療株式会社)を使用した(図 1)。なお, 運動課題実施の順番はランダム化し, 運動課題は 5 分以上の間隔を空けて測定した。

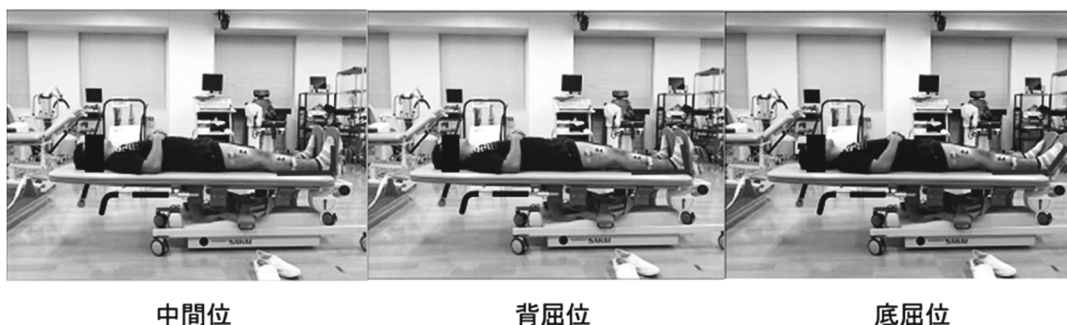


図 1 QS 時の各条件の様子

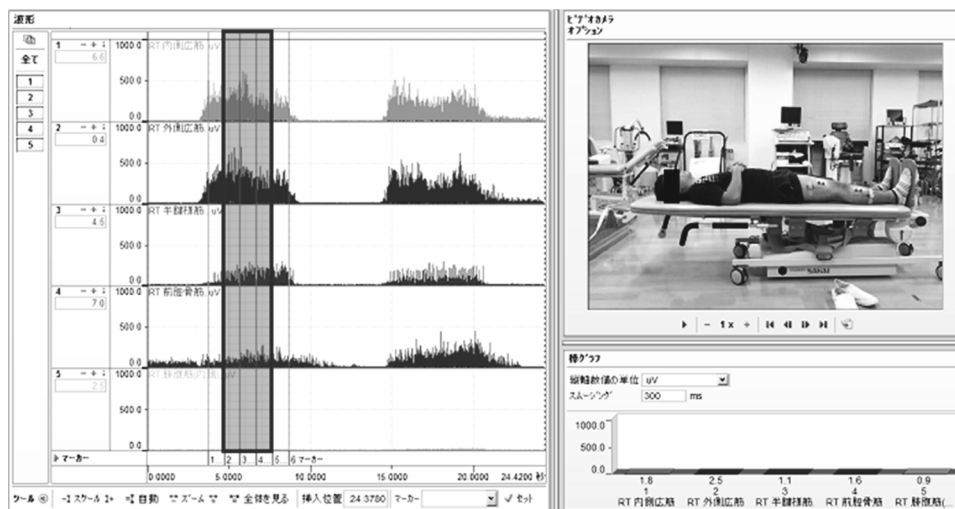


図 2 QS の %MVC 測定方法

表 1 各被験筋のMVCの測定方法

muscle name	Measurement method
VM	端坐位にて膝関節屈曲90°位で5秒間の最大随意等尺生収縮
VL	端坐位にて膝関節屈曲90°位で5秒間の最大随意等尺生収縮
SM	腹臥位にて膝関節伸展45°位で5秒間の最大随意等尺生収縮
MG	腹臥位にて膝関節伸展0°位・足関節底屈35°で5秒間の最大随意等尺生収縮
TA	端坐位にて膝関節屈曲90°位・足関節背屈10°・内返し20°で5秒間の最大随意等尺生収縮

得られた筋放電量は全波清流処置を行なったのち、運動課題の中間2~4秒間における積分筋電図値(以下 IEMG)を、最大随意等尺性収縮(以下 MVC)より標準化された積分筋電図活動量(以下%MVC)として解析した(図2)。また、MVCの測定方法を表1に示す。

統計学的検定は、足部肢位間に対しFriedman検定を、多重比較にTukey補正されたWilcoxon符号付順位検定を用いて検討した。統計ソフトウェアはJSTAT13.0 for Windowsを使用し、有意水準は5%とした。

### III. 結果

各運動課題時の筋活動量を表2に示す。足部肢位間の比較では、背屈位でVLとTAの有意に筋放電量を示す傾向を認めた( $p < 0.05$ )。

### IV. 考察

本研究の結果より、足部肢位を背屈位とし、QSを実施することで、VL、TAに有意に高い筋放電量を示す傾向を認めた。牛らは足関節の肢位を4条件(背屈位、底屈位、背屈から底屈、底屈から背屈)に設定した膝屈伸運動時の筋活動量を比較し、足関節背屈位で有意な筋活動量を認めたことを報告している<sup>6)</sup>。また、川村らと鶴見らはQS及びStraight Leg Raisingにて、足関節背屈が内側広筋を主とし

た大腿四頭筋の有意な筋活動が認められたことへの影響について報告している<sup>7)8)</sup>。これら先行研究で述べられている背屈の影響が、本研究でも同様に足部肢位背屈に設定しQSを実習することで有意なVL、TAの筋活動が認められたと考えた。以上より、QSでは治療目的に応じて足部肢位を考慮する必要性が示唆された。

本研究ではVMとVLのMVC計測時の筋放電量に比し、QS時の有意に高い筋放電量を計測した。sEMGは、貼付した皮膚下の筋線維の活動電位を計測するという特性から、筋全体の活動状況を把握できるという利点がある。一方で、関節角度変化に伴う皮下軟部組織の解剖学的位置の変化や、他筋の筋放電をクロストークとして計測しやすいという欠点がある<sup>9)</sup>。宮崎らは、膝関節90°と60°で膝関節伸展筋力についてEMG、筋音図で比較し、90°位にて有意な値が計測されることを報告しており<sup>10)</sup>、生田らも同様に、膝関節0°、20°、60°、90°屈曲位における膝関節伸展等尺性収縮力をEMGで検討し、内側広筋斜頭の筋活動を促すには、膝関節90°屈曲位での運動が有効である可能性を報告している<sup>11)</sup>。さらに、同筋の計測においても、導出電極部位や筋長の変化によって異なる結果が認められるという報告もある<sup>12)</sup>。これら先行研究のように、大腿四頭筋の各筋活動は膝関節の角度変化に伴い容易に変動することが諸家により報告されている。MVCとQSの計測で膝関節角度を統一していない本研究では、両者間の被験筋計測の信頼性に関して論述することには限界がある。今後は運動課題の標準化と共に被験者数を増加し、研究を発展させていくことを課題とし

表2 QSにおける各筋の%MVC

	VM	VL	SM	MG	TA
中間位 (%)	171.9±108.6	174.1±85.9	11.7±7.1	8.6±9.9	20.6±23.4
背屈位 (%)	221.8±151.8	237.0±121.1	13.5±7.4	31.0±36.7	52.8±52.7
底屈位 (%)	166.9±104.4	177.4±95.6	14.1±8.0	4.6±3.2	5.7±4.7

\* : p<0.05

た.

## V. 結語

足部肢位背屈位 QS で VL, TA に有意に高い筋放電量を認めたことから, QS では治療目的に応じて足部肢位を考慮する必要性が示唆された. 一方で, 運動課題の標準化や被験者数の増加, MVC と QS の EMG 計測の信頼性の検討などが今後の課題とされた.

## 文献

- 1) 岡西哲夫: 大腿四頭筋筋力増強の方法論—反復訓練方法の重要性—. 理学療法ジャーナル, 1991, 25 : 306—311
- 2) 篠原博, 浦辺幸夫, 前田慶明・他: 身体固定の有無が大腿四頭筋セッティングの筋力と下肢筋活動におよぼす影響. 理学療法の臨床と研究, 2014 : 3—6
- 3) 羽崎完, 市橋則明: 大腿四頭筋の Muscle Setting の肢位が大腿四頭筋筋活動に与える影響. 理学療法科学, 1996, 11 : 81—84
- 4) 宇佐英幸, 竹井仁, 宇佐桃子: 大腿四頭筋マッスルセッティング時の等尺性筋収縮力の測定—水銀血圧計を用いて測定したセッティング圧の臨床応用—. 理学療法科学, 2011, 26 :

423—427

- 5) Aldo Perotto: 筋電図のための解剖ガイド, 栢森良二(訳), 西村書店, 新潟, 1997, pp111-157
- 6) 牛志馨, 霍明, 丸山仁司: 膝関節運動における足関節角度の変化への影響について. 理学療法科学, 2010, 25 : 557—560
- 7) 川村博文, 鶴見隆正, 湯浅英夫・他: Patellar setting 時における姿勢の下肢筋群への影響について. 理学療法科学, 1985, 12:34
- 8) 鶴見隆正, 辻下守弘, 菅原憲一・他: SLR(straight leg raising)による大腿四頭筋の筋力増強効果と運動強度について. 運動療法と物理療法, 1997, 8 : 58-62
- 9) 増田正: 特集 3 人間工学のための計測手法第 4 部, 生体電気現象その他の計測と解析(1)1-表面筋電図の測定方法と人間工学への応用-. 人間工学, 2015, 51 : 406-410
- 10) 宮崎純弥, 市江雅芳: 膝関節角度変化が筋電図及び筋音図に及ぼす影響. 理学療法科学, 2001, 16 : 203—207
- 11) 生田啓記, 井尻朋人, 鈴木俊明: 膝関節屈曲角度の変化に伴う膝関節伸展等尺性収縮時の大腿四頭筋における筋活動変化. 理学療法科学, 2016, 31 : 7—11
- 12) 才藤栄一, 金田嘉清, 岡田誠: 表面筋電図による筋力推定. 総合リハビリテーション, 1996, 24 : 423-430

# Effect of the ankle joint position on the Quadriceps muscle setting exercise

Syuji Watanabe<sup>1)</sup>, Yuto Yoshizawa<sup>1)</sup>, Haruka Asahi<sup>1)</sup>, Masaki Iwamura<sup>1)</sup>, Miri Fukasawa<sup>1)</sup>,  
Yuki Wajima<sup>1)</sup>, Toshiya Naraki<sup>1)</sup>, Atsushi Hiraga<sup>1)</sup>, Norio Sano<sup>1)</sup>, Akihiro Nakayama<sup>1)</sup>

## Abstract

[Purpose] Quadriceps muscle setting (QS) is often performed to maintain or improve quadriceps femoris muscle strength. We investigated the effect of ankle joint angle on muscle activity during QS. [Participants] The subjects were 7 healthy men. [Method] QS was performed for 5 seconds with the ankle in three different positions: intermediate, 10° of dorsiflexion (dorsiflexed), or 40° of plantar flexion (plantarflexed), and the activity of the vastus medialis muscle (VM), vastulus lateralis muscle (VL), semitendinosus muscle (SM), medial head of the gastrocnemius muscle (MG), and tibialis anterior muscle (TA) were measured by using surface electromyography. Differences between the ankle positions were investigated by using the Friedman test. [Results] The VL and TA exhibited significantly increased muscle activity in the dorsiflexed position ( $p < 0.05$ ). [Conclusions] Our results suggested that ankle position must be taken into account during QS, depending on the therapeutic objective.

---

<sup>1)</sup>Department of Physical Therapy, Faculty of Medical Science, Teikyo University of Science: 2525 Yatuzawa, Uenohara, Yamanashi Japan, 〒409-0193, TEL : +81 554-63-4411 E-mail : s-watanabe@ntu.ac.jp

## 原著

# 超音波療法における照射面積の違いによる効果の検証

平賀篤<sup>1)</sup>, 佐野由季<sup>1)</sup>, 杉山康輝<sup>1)</sup>, 佐藤巧<sup>1)</sup>,  
栗林海勇<sup>1)</sup>, 渡邊修司<sup>1)</sup>, 昇寛<sup>2)</sup>

**要旨:** [目的] 本研究の目的は、健常成人に対し超音波照射 (US) の照射面積の違いにより身体に及ぼす効果の違いを検証することとした。 [対象] 健常成人 16 名を対象とした。 [方法] 下腿三頭筋の筋腹～アキレス腱部に対し、US を①治療面積 10 倍, 100%連続波 ②治療面積 2 倍, 100%連続波 ③治療面積 2 倍, 20%パルス波 の 3 条件で実施した。測定項目は関節可動域, 表面組織温度, 組織硬度とし、介入前後の変化量を比較した。 [結果] 足関節背屈可動域と組織硬度の変化量は各群に有意差はみられなかった。表面温度の変化量は条件②が他の条件に比べ有意な増大を認めた。 [結語] 下腿後面に対して US 介入する場合、背屈角度や組織硬度は照射範囲による差がなかったことから、広範囲の US 介入は有用である可能性が示唆された。

**キーワード:** 超音波療法, 照射面積, 関節可動域

## I. はじめに

理学療法分野において物理療法は従来より用いられている介入方法であり、様々な効果が期待される。温熱療法は物理療法の代表的な治療分野であるが、熱発生原理や温熱の深達度により様々な機器が存在する。その中でも超音波療法 (Ultrasound Therapy: US) は最も深部まで到達する方法として広く知られており、腱や関節包、靭帯などのコラーゲン繊維を含む組織が最も加温される<sup>1)</sup>。臨床現場でも使用頻度が高く、木村ら<sup>2)</sup>によると欧米では超音波治療器の設置率や使用率が 6 割以上の国や地域

も存在する。

理学療法分野で使用される超音波は 1MHz もしくは 3MHz の周波数帯が多く、温熱効果として深部組織の加温による循環改善、組織代謝の亢進、コラーゲン繊維の伸張性増加、疼痛軽減などが報告されている<sup>3)</sup>。臨床では関節可動域制限や慢性疼痛、関節炎、骨折など幅広い疾患・機能障害が対象となる。超音波療法は深部組織の加温に最適であるが、温熱効果が維持される時間は極めて短時間であることがわかっている<sup>4)</sup>。そのため一般的には限局した部位を治療することが推奨されており、その治療面積の指標として有効照射面積 (Effective radiating area: ERA) が用いられる。超音波は導子と呼ばれ

1) 帝京科学大学医療科学部理学療法学科 〒409-0193 山梨県上野原市八ツ沢 2525 TEL:0554-63-4411  
Email: a-hiraga@ntu.ac.jp

2) 帝京科学大学医療科学部柔道整復学科

受付日 2018 年 1 月 9 日 受理日 2018 年 2 月 5 日

るアプリケーションから照射されるが、導子全面積から発生しておらずわずかに狭い面積から照射される。実際に超音波が発生している面積を ERA といい、推奨される治療面積は ERA2 倍以下とされている。その理由として温熱効果を考慮した場合、広範囲を対象にすると超音波により一時的に温度が上昇しても、ほかの部位に移動している間に組織温度が低下してしまうためである。軟部組織の伸張性低下による関節可動域制限の改善にはこの温熱効果を狙い US を実施することが多いが、临床上 ERA2 倍以上の面積を治療しなければならない場面にしばしば遭遇する。例えば骨折の術後で切開創が原因による可動域制限などは ERA2 倍以上の治療面積を要することがほとんどである。従来の治療原則に則り ERA2 倍以内で複数回に渡り US を照射するといった方法をとることが多いが、非常に時間がかかってしまう欠点もある。

US には前述の温熱作用の他に非温熱作用という効果も明らかにされている。US は音波を生体内に照射しているが、組織に当たる際の振動による音響効果を活用したものである。従来は骨癒合促進目的や創傷治癒目的で使用されているが近年では鎮痛や可動域改善効果の報告がされている。大矢ら<sup>5)</sup>は、急性期肩関節周囲炎患者の肩関節痛に対する消炎・鎮痛に関わるパルス超音波療法の非温熱効果を検証した研究にて、非温熱作用が有効に働き、夜間時痛の軽減、関節可動域の維持・改善が見られたと報告している。温熱作用は一般的に治療時間中連続して超音波を照射する（連続波）ことで得られるが、パルス超音波とは治療時間中に超音波が照射されない休止時間を設ける（パルス波）方法であり、非温熱効果を発生させたい場合に用いられる。

前述した広範囲の治療面積を要する関節可動域制限部位に対し、連続波を用い US 照射すればパルス波と同様の効果となり非温熱効果が発生すると仮定できる。しかし US を用いた先行研究では ERA2 倍程度での研究がほとんどであり、広範囲の治療面積への照射を検証したものは少ない。

そこで本研究では、照射面積の違いにより身体に

及ぼす効果の違いを検証することを目的とした。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

対象は、下肢に骨折の既往歴がない健常成人 16 名（男性 13 名、女性 3 名、平均年齢  $21.8 \pm 1.1$  歳）とした。研究を開始するに当たり、被験者には口頭及び書面にて研究目的と内容を十分に説明したのち署名をもって承諾を得た。本研究の実施に際して、帝京科学研究倫理審査委員会の承認を得た上で実施した（承認番号 17080 号）。

### 2. 方法

対象部位は下腿三頭筋の筋腹～アキレス腱部とした。下腿三頭筋の筋腱移行部及びアキレス腱部の詳細な場所については、デジタル超音波診断装置（日立メディコ株式会社製；Noblus）を用いて事前に確認し、介入の起点をアキレス腱の遠位端として統一した。介入は US 照射とし、介入前後での比較検討をすることとした。介入に際して条件を①治療面積 ERA10 倍、100%連続波 ②治療面積 ERA2 倍、100%連続波 ③治療面積 ERA2 倍、20%パルス波 の 3 種類とし、①と③は非温熱効果を中心に、②は温熱効果を中心になるようにした。治療面積の規定については導子面積のサイズに合わせた治療用プレートを作成し使用した（図 1）。超音波治療器（伊藤超短波株式会社製：US-750）の設定は周波数 3MHz、出力  $1.0 \text{ W/cm}^2$ 、治療時間 10 分、導子の移動速度は  $1 \text{ cm/sec}$ 、移動法はストローク法、肢位は安静腹臥位に規定し治療面積と照射時間率以外のパラメータは統一した。被験者は 3 つの条件の持ち越し効果を考慮し中 5 日以上あけランダムに実施した（図 2）。評価項目として足関節背屈角度(°)、表在温度(°C)、組織硬度(N)を選択し、それぞれの条件において US 介入前後で計測した。背屈角度計測については膝関節伸展位で統一したが、再現性を得るため前足部の足底に徒手筋力計（アニマ株式会社製：μ-tus）

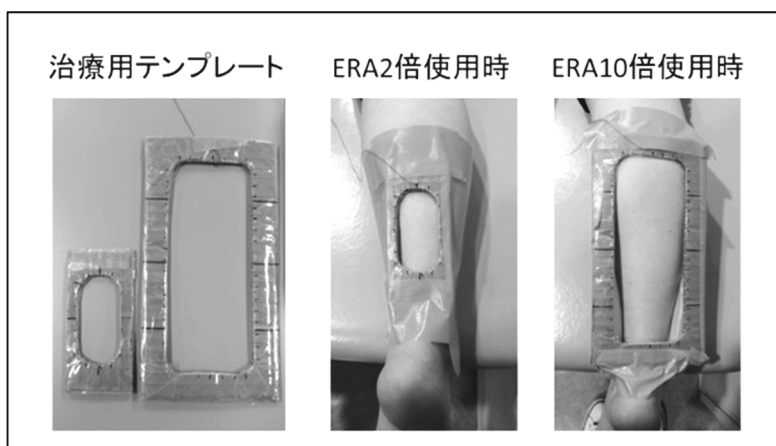


図1 治療用テンプレート



図2 介入の実際



図3 足関節背屈角度計測

を設置し同じトルクで他動的に背屈ができるよう考慮した(図3)。最大背屈角度を矢状面からデジタルカメラにて撮影し、二次元画像解析ソフト(アメリカ国立衛生研究所製: ImageJ)を使用し画面上で角度計測を行った。ランドマークは日本整形外科学会および日本リハビリテーション医学会が制定する関節可動域表示および測定方法に準じて基本軸を腓骨への垂直線, 移動軸を第五中足骨とし, 計測前に下腿外側部(腓骨頭, 外果中央, 第五中足骨骨底・骨端の4か所)にマーカーを貼付した。表在温度は赤外線式表面温度計(A AND D社製: D-5617)を使用, 組織硬度は硬度計(TDM社製: N1)を使用しそれぞれ安静腹臥位で計測した。

### 3. 統計処理

各測定項目にて介入前後での測定値の差を算出し, 条件間の比較を行った。事前に各測定項目において Shapiro-Wilk 検定を用い正規性の検定と F 検定により等分散を確認したのち, 一元配置分散分析, 下位検定は Bonferroni 法を用いて統計処理を行った。いずれの統計処理においても有意水準は 5%とした。

統計処理には統計ソフト (IBM 株式会社製: SPSSVer. 24) を用いて行った。

## Ⅲ. 結果

各測定項目の介入前後での差を表1に示す。介入前後での背屈角度差と組織硬度変化率の差に関して各群で有意な差は見られなかった(図4, 5)。表面温度差については①ERA10倍, 100%群と③ERA2

表1 介入前後での変化量の比較

測定項目	Average ± SD	LSD Test
*p < .05		
背屈角度変化量 (°)		
①ERA10倍,100%	1.35 ± 3.62	
②ERA2倍,100%	-0.61 ± 2.56	
③ERA2倍,20%	0.43 ± 2.25	
表在温度変化量 (°C)		
①ERA10倍,100%	-1.48 ± 1.28	}*
②ERA2倍,100%	4.12 ± 1.73	
③ERA2倍,20%	-0.93 ± 0.79	
組織硬度変化量 (N)		
①ERA10倍,100%	-0.38 ± 2.42	
②ERA2倍,100%	-0.25 ± 2.05	
③ERA2倍,20%	0.13 ± 2.03	



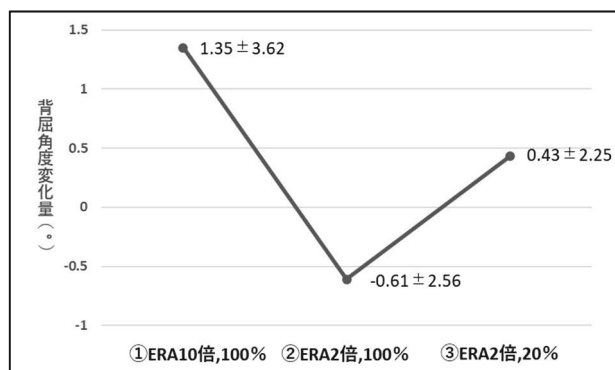


図 4 背屈角度変化量の比較

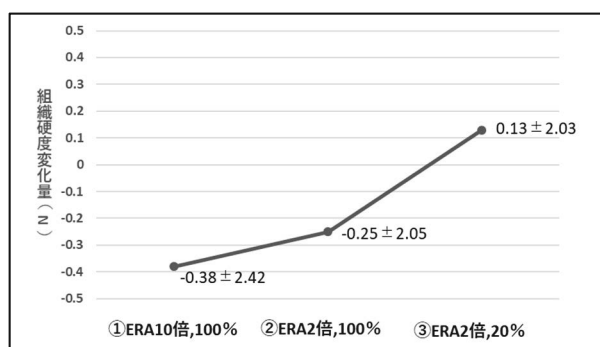


図 5 組織硬度変化量の比較

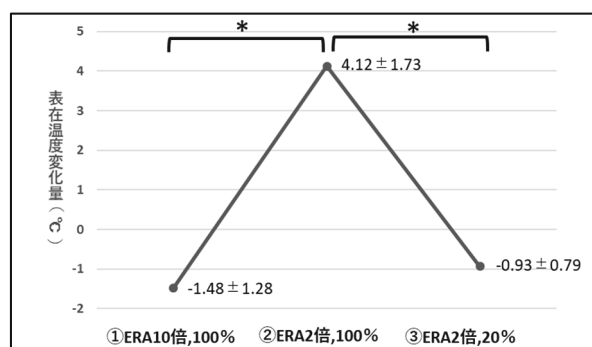


図 6 表在温度変化量の比較

倍, 20%群に比べて②ERA2 倍, 100%群が有意に高い結果となった (図 6)。

#### IV. 考察

本研究では照射面積の違いにより身体に及ぼす効果の違いを検証することを目的とした。

今回の条件である①治療面積 10 倍と②治療面積 2 倍を比較するとその差は 5 倍となる。①は照射時間率 100%のため, ②と同じ面積で考えると計算上は 1/5 の 20%となるため非温熱効果と同等の効果が得られると考えられる。非温熱作用の身体への効果は冒頭でも記述したが, 疼痛軽減, 関節可動域の維持・改善が報告されており, ①の条件でも同等の効果が期待できる。効果が示されれば通常より広範囲を治療することができ, US の弱点である局所での治療という概念を覆すことができると考えられる。

今回の研究では関節角度に関して各群に有意差が見られなかった。そのため照射面積によっての効果に差がなく, 広範囲に介入することの有用性が示唆

される結果となった。

また温度による有意差は②ERA2 倍, 100%が他の条件に比べ有意に上昇する結果となった。①, ③は介入前と比べ温度が低下したが, 非温熱として介入していることに加えて今回介達物質としてジェルを使用しておりアルコール成分も含まれるため, 気化熱により温度が低下したものと考えられる。②は 4°C程度温度が上昇したため, 仮説を裏付ける結果となった。US 照射をした場合, 10 分間で 4~5°C深部温度が上昇するとされている (6)。しかし今回の研究結果からは, 3~4°Cの表在温度の上昇が確認されたが, 背屈角度は有意に上昇する結果とならなかった。また組織硬度も同様に各群で有意な差は見られなかった。このことより, 足関節背屈角度はアキレス腱や下腿三頭筋筋腱移行部の表在温度上昇だけでは変化への影響力が少なく, また US 単独での角度変化量も少なかったためストレッチをはじめとする他の介入を同時に行うなど他の要素を追加させる必要があることが示唆された。

本研究では表在温度のみの測定であり, 深部温度の変化は測定していない。部位による差も検討をし

ていない。また US 単独の介入であったため、今後は US 以外の介入も含めて相乗効果を検討する必要がある。

### 文献

- 1) 庄本康治：エビデンスから身につける物理療法。羊土社，東京：pp109-130，2017
- 2) 木村貞治：欧米における超音波療法の発展。理学療法ジャーナル，32：917-924，1998
- 3) Michelle H Cameron：EBM 物理療法。医歯薬出版，東京：pp185-200，2011
- 4) Bellew JW：Michlovitz's Modalities for Therapeutic Intervention. F. A. Davis, pp180-225, 2016
- 5) 大矢暢久，富田知也，太田祐敏ら：急性期肩関節周囲炎の肩の疼痛に対するパルス超音波療法の非温熱効果の検討—超音波検査を用いて—。理学療法学，40：176-183，2013
- 6) Draper, D. O：Ten mistakes commonly made with ultrasound use：current research sheds light on myths. Sports Health Care Perspectives, 2-2：95-107，1996

# Inspection of the effect by the difference in irradiation area in the ultrasound therapy

Atsushi Hiraga<sup>1)</sup>, Yuki Sano<sup>1)</sup>, Kouki Sugiyama<sup>1)</sup>, Takumi Satoh<sup>1)</sup>, Miyuu Awabayashi<sup>1)</sup>,  
Norio Sano<sup>1)</sup>, Shuji Watanabe<sup>1)</sup>, Hiroshi Nobori<sup>2)</sup>

## Abstract

[Purpose] The objective of this research is to verify how changes of irradiation area of the ultrasound therapy(US) affect of normal adult. [Participants] Experiment is conducted on 16 normal adult males. [Method] ROM, tissue temperature and tissue stiffness before and after US treatments on triceps surae muscle with different conditions are compared. The conditions are (1) Treatment area 10 times,duty cycle 100% (2) Treatment area 2 times,duty cycle 100% and (3) Treatment area 2 times,duty cycle 20%. [Results] ROM and tissue stiffness did not have the significant defference in all conditions. A significant increase in tissue temperature is found in condition (2), when compared with all other conditions. [Conclusions] the possibility that the extensive US intervention was useful was suggested, because ROM and tissue stiffness did not have the difference by the treatment area.

Key words : ultrasound therapy, irradiation area, range of motion

---

1) Teikyo University of Science, Faculty of Medical Sciences, Department of Physical therapy. 2525 Yatsusawa, Uenohara-shi, Yamanashi Japan, 409-0193 TEL: 0554-63-4411 E-mail : a-hiraga@ntu.ac.jp  
2) Teikyo University of Science, Faculty of Medical Sciences, Department of Judo therapy

原著

# 足趾踵荷重立位は成人男性の動的バランスを向上させるか

佐野徳雄<sup>1)</sup>, 有馬未来<sup>1)</sup>, 飯村亮汰<sup>1)</sup>, 佐々木和優<sup>1)</sup>, 柴田悠大<sup>1)</sup>, 高橋梨子<sup>1)</sup>,  
浜野舜太郎<sup>1)</sup>, 嶋田裕司<sup>2)</sup>, 渡邊修司<sup>1)</sup>, 平賀篤<sup>1)</sup>, 昇寛<sup>3)</sup>

**要旨:** [目的] 本研究の目的は, 足趾踵荷重立位を三週間継続することによる, 動的バランス機能への影響を検証することとした。[対象] 対象は健康成人男性 38 名とし, 介入群とコントロール群に 19 名ずつ振り分けた。[方法] 介入群の運動課題は足趾踵荷重立位とし, 週三回の介入を三週間行なった。測定は足趾把持筋力と動的バランス項目とし, 初日と三週間後の 2 回行なった。課題前後の比較を各群で行い, 変化率の比較を両群間で行なった。[結果] 介入群では FRT, コントロール群は IPS に有意差を認めた。両群間では IPS, FRT に有意差を認めた。[結語] 足趾踵荷重立位は, 動的バランス機能を向上させる運動課題であることが示唆された。

**キーワード:** 足趾踵荷重立位, 動的バランス, 足趾把持筋力

## I. はじめに

足部は, 足根骨と足関節より遠位の関節のすべての構造を示し, 後足部, 中足部, 前足部の三つの領域がある。後足部は距骨, 踵骨, 距骨下関節からなり, 中足部は足根骨と横足根関節と遠位の足根間関節から構成されている。前足部は中足骨と趾節関節からなり, 足根中足関節とその遠位のすべての関節を含む<sup>1)</sup>。後足部は足部全体の可動性と固定性に関与し, 中足部はほとんど可動性がないため剛体とし

て捉えることができる。前足部は, 可動性を有しながら身体の土台としての機能を持っている他, 歩行時には下腿三頭筋の筋力の作用点として地面を蹴ることにより身体を前方へ推進させる機能を有するとされている<sup>2)</sup>。また, 前足部は身体の静的および動的な身体制御機能に影響を及ぼすことが考えられており, 二足歩行を行うヒトにとって, 支持面である床と唯一の接地部である足底, 特に足趾が立位姿勢制御に関与していることは先行研究により報告されている<sup>3-6)</sup>。

足趾把持筋力は加齢とともに減少することが分か

1) 帝京科学大学医療科学部理学療法学科: 〒409-0193 山梨県上野原市八ツ沢 2525 TEL:0554-63-4411  
E-mail: n-sano@ntu.ac.jp

2) 聖母病院リハビリテーション室

3) 帝京科学大学医療科学部柔道整復学科

受付日 2017年11月16日 受理日 2017年12月22日

っており<sup>7-9)</sup>、特に転倒経験者では非転倒経験者と比較して有意に減少するため<sup>10)</sup>、転倒発生の要因であることが明らかとなっている<sup>11-13)</sup>。これらのことから、足趾把持筋力と下肢運動機能、姿勢制御機能の改善が転倒予防として有効であることが示唆されており<sup>10-14-15)</sup>、施設高齢者や地域での転倒予防プログラムの一部として足趾把持筋力トレーニングが取り入れられ<sup>16-17)</sup>、その結果、転倒数が減少したとの報告もなされている<sup>13-17-18)</sup>。また、足趾把持筋力と片脚立位バランスとの関係性についての報告<sup>19-22)</sup>や、足趾把持筋力トレーニングによる動的バランスの向上<sup>14-23)</sup>、膝・足関節の粗大筋力や50m走、垂直跳びなどの全身運動能力への効果が明らかとなり、早期からの足趾把持筋力トレーニングが推奨されている<sup>15)</sup>。また、健常成人においても足趾把持力トレーニングを実施した結果、足趾把持筋力、最大歩行速度、Functional reach test(以下、FRT)、最大一歩幅が有意に改善し、足関節捻挫の発生数が低下したと報告されており、スポーツ障害や整形外科の下肢疾患に対する予防の観点からも、足趾機能が注目をされている<sup>24-25)</sup>。これらの報告から、足趾機能が身体機能や姿勢制御機能に関与していることが考えられ、年齢に関わらず足趾把持筋力トレーニングを行なうことによって機能向上が図れることが報告されている。

足趾機能のトレーニングにはタオルギャザーなどが一般的に行われているが<sup>26-27)</sup>、近年では荷重下で様々な姿勢制御課題を実施することが、足趾機能の改善により効果的であるとの報告もされている<sup>28)</sup>。昇ら<sup>29)</sup>は、荷重下での足趾機能トレーニングを目的とした、足指・踵荷重起立台(実用新案登録第3201544号、竹井機器工業株式会社)を考案、作製した。この起立台は、足趾と踵部のみが接地した立位姿勢(以下、足趾踵荷重立位)を取らせることで、足趾屈曲筋群の等尺性収縮を誘発させ、足趾把持筋力やバランス機能の向上に効果があるとされる運動機器である(図1)。足指・踵荷重起立台は、基盤、足指荷重台、踵荷重台の三部品からなり、基盤は横360mm、縦330mm、厚さ10mm、足指荷重台と踵荷

重台は横135mm、縦30mm、厚さ15mm、足指荷重台と踵荷重台の位置は磁石により固定、調整することが可能である。先行研究によると、足趾踵荷重立位は足底内在筋に強度な負荷をかけることができ<sup>30)</sup>、即時的に足趾把持筋力が増強する運動課題であることが明らかとなっている<sup>31)</sup>。しかし、足趾踵荷重立位の継続的な介入による効果については検証がされていない。そこで本研究では、足趾踵荷重立位を三週間継続して行うことが身体機能に与える影響について明らかにすることを目的とした。

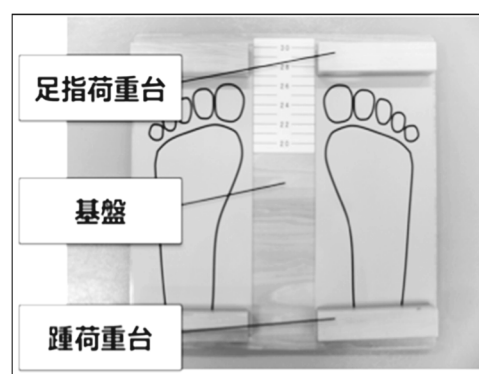


図1 足指・踵荷重起立台

## II. 対象と方法

### 1. 対象

対象は、整形外科の疾患がなく、足趾や足関節に関節可動域制限のない健常成人男性38名とし、無作為に介入群19名、コントロール群19名の二群に振り分けた。介入群の属性は、年齢 $21.2 \pm 0.4$ 歳、身長 $170.4 \pm 7.2$ cm、体重 $63.3 \pm 8.2$ kg、足長 $24.4 \pm 1.2$ cm(平均値 $\pm$ 標準偏差)であった。コントロール群の属性は年齢 $20.3 \pm 1.7$ 歳、身長 $170.7 \pm 6.2$ cm、体重 $67.3 \pm 10.5$ kg、足長 $25.5 \pm 1.1$ cm(平均値 $\pm$ 標準偏差)であった。対象者には口頭と書面にて、研究の趣旨と内容、得られたデータは研究目的以外で使用しないこと、個人情報の漏洩に注意することを説明し、研究参加の同意を得た。尚、本研究は帝京科学大学倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号第16053号)。

## 2. 方法

実施手順は、最初に介入群とコントロール群の測定をした後、三週間の介入期間を設けた。その後、再度両群の測定を行い、課題前後の比較をそれぞれの群で行い、変化率の比較を両群間で行なった。

介入群の運動課題は、足指・踵荷重起立台を使用した、足趾踵荷重立位とした。足指荷重台には中足趾関節より末梢部、踵荷重台には踵骨部が乗るように、足指荷重台と踵荷重台の設置位置を対象者の足の大きさに合わせて調整した。台上での立位姿勢は、開眼で2m前方の目の高さに設定された目標点を注視させ、両上肢を体側に付けさせた。足趾と踵以外は基盤に接地させず、前足部と踵部が同程度の荷重となるように、「両手を体側に付け、背中を伸ばして自然体で立って下さい」、「足のアーチは浮くようにして下さい」、「右足と左足に均等に体重をかけて下さい」、「つま先と踵は同じように意識を置いて立って下さい」と対象者に教示し、指示通り実施できているか検査者が確認を行った。運動課題の実施時間は、運動強度から10秒間とし、二回の施行を1セットとして1日2セット実施した<sup>30-32</sup>。頻度と期間は、筋力増強効果が望めるとされる週三回、三週間とした<sup>33</sup>。コントロール群は最終測定まで普段通りの生活を送ることとした。

測定項目は、姿勢安定度評価指標(index of postural stability : 以下, IPS), 修正 IPS(modified index of postural stability : 以下, MIPS), FRT, 利き足と非利き足の足趾把持筋力とした。

IPSは望月らが考案した動的バランスの評価指標である<sup>34</sup>。天井効果を示すことなく測定が可能であり、Berg balance scaleとの相関関係も報告されている<sup>35</sup>。その基本的な考え方としては、一定の支持基底面内で随意的に重心移動できる範囲を安定性限界と定義し、安定性限界が大きく重心動揺が小さいほど姿勢保持の安定性は高くなるというものであり、安定性限界面積と重心動揺面積の比の対数値からIPSを算出する。また、MIPSは閉眼、軟面上条件下で測定するIPSであり、動的バランス能力における深部感覚の影響を検討できる評価指標である<sup>35</sup>。

IPSとMIPSの算出方法は、安定性限界面積を前後左右の重心移動位置における平均重心位置の距離を乗じた矩形面積とし、重心動揺面積を中央と前後左右に重心移動した位置における10秒間の矩形重心同様面積の平均値として、 $\log [(安定性限界面積 + 重心動揺面積) / 重心動揺面積]$ の式を用いるとされている。

IPSとMIPSの測定には、重心動揺計 Active Balancer EAB-100(酒井医療株式会社製)を使用し、サンプリング周波数は20Hzとした。また、軟面マットはAIREX® Balance-pad(AIREX社製)を使用した。開眼し裸足、足底内側を平行に10cm離した軽度開脚立位を開始姿勢とし、初期の大きな動揺がおさまった時点から10秒間の重心動揺を測定。その後、対象者に「直立姿勢を変えないように体を傾けて下さい」と指示し、前方・後方・右側・左側の順に重心移動した位置における10秒間の重心動揺を測定した。測定終了後、検査台に軟面マットをセットし、IPSと同様に重心動揺を測定した。

FRTは、足幅を肩幅に開いた立位で、肩関節屈曲90度位、肘関節伸展位、前腕回内位、手関節中間位を開始肢位とし、第三指尖先端の位置を開始位置とした。前方へリーチする際は、視線は指先を見たまま上肢を肩の高さから上下させず、足底を床面から浮かさないように指示した。前方へリーチ動作をしていただいた時の第三指尖先端の位置を終了位置とし、開始位置と終了位置までの距離をメジャーで測定した。測定後、開始肢位に戻らせて測定終了とした。測定は二回実施し、最大値を代表値とした。

足趾把持筋力の測定には、足指筋力測定器Ⅱ(竹井機器工業株式会社)を使用した。両下肢は肩幅に開脚させ、股関節膝関節屈曲90度、足関節を底背屈0度、両上肢は大腿中央部に置いた状態を開始姿勢とし、足底全面が機器に接地するよう調節した。測定器の設定は、測定用のバーが母趾の趾節間関節と示趾の遠位趾節間関節にかかるように設定した。左右三回ずつ測定し、それぞれの最大値を代表値とした。

各群から得られた測定値は、以下の(1)式にて

変化率を算出した。

変化率 (%) =

$$(課題後の測定値) / (課題前の測定値) \times 100... (1)$$

統計学的解析は、各群の介入前後の比較に対応のある t 検定を適応し、両群間の変化率の比較に対応のない t 検定を適応した。統計処理は JSTAT13.0 for Windows を使用し、有意水準は 5% とした。

### Ⅲ. 結果

介入前後の比較では、介入群で FRT に有意な差を認め、コントロール群では IPS に有意な差を認めた (表 1)。両群間の変化率の比較では、IPS, FRT に有意な差を認めた (表 2)。

### Ⅳ. 考察

まず、介入群の FRT について考察する。介入群の FRT は、介入の前後比較で有意に増加し、変化率においてもコントロール群と比較して有意に増加を示した。FRT は転倒との関連性や高齢者の歩行速度、歩行率、歩幅との有意な相関も報告されている<sup>36-38)</sup>。また、足圧中心 (center of pressure : 以下、

COP) の偏位と高い相関関係にあり、立位での安定性限界を反映するものであるとされているため<sup>39)</sup>、立位での姿勢制御機能が向上したと考えられる。FRT が増加した要因として、足趾踵荷重立位の運動課題特性による姿勢制御機能の向上を考えた。村田ら<sup>18)</sup>は、短期間での足趾トレーニングにより足底の固有感覚の賦活が望めると考察しており、島田ら<sup>38)</sup>は、平衡機能トレーニングは、練習内容に対応した課題特異性があると報告をしている。また、辻野ら<sup>40)</sup>は、前方に偏位した重心を保持するためには、足関節底屈筋力だけではなく、前足部や足趾の屈曲方向への圧力も重要であると報告している。足趾踵荷重立位は、立位姿勢で足趾屈曲筋群の等尺性収縮を促す運動課題であり、前方に移動した重心を制御する機能と同様の収縮動態であると考えられる。つまり、足趾踵荷重立位は足趾屈曲筋を賦活させることで、足底末梢部を有効支持基底面として姿勢制御に動員することを可能とし、前方制御機能を特異的に向上させた可能性が考えられる。前方の重心制御は、高齢者の転倒予防に重要な因子であることが報告されており<sup>41)</sup>、高齢者に足趾踵荷重立位を行わせることで、転倒予防にも効果があると考えられる。本研究においては、週に二分間を三週間、計六分間と非常に短時間の課題実施においても前方重心制御機能向上の効果が得られる運動課題であることが明らかとなった。

一方、介入群の IPS と MIPS, 足趾把持筋力に有

表1 介入前後の測定値

	介入群		コントロール群		
	初期	最終	初期	最終	
IPS	1.86±0.17	1.87±0.18	1.88±0.23	1.75±0.26	*
MIPS	0.51±0.20	0.52±0.18	0.38±0.14	0.36±0.14	
利き足の足指把持力(kg)	22.2±6.6	23.5±6.5	17.9±6.0	19.8±4.0	
非利き足の足指把持力(kg)	21.6±6.4	21.2±6.0	17.2±5.4	18.9±5.0	
FRT(cm)	16.9±2.6	21.0±3.4	17.4±4.1	18.6±4.4	*

平均値±標準偏差 \* : p<0.05

表2 両群の変化率

	介入群	コントロール群	
	IPS	100.7±9.1	
MIPS	111.8±47.2	103.6±52.2	
利き足の足指把持力(kg)	108.5±26.5	119.2±38.8	
非利き足の足指把持力(kg)	101.5±25.3	117.8±38.8	
FRT(cm)	125.7±19.3	111.0±28.9	*

平均値±標準偏差 \* : p<0.05

意差は認められなかった。IPS と MIPS は、中心と前後左右方向での総合的な動的姿勢制御能を評価する動的姿勢制御機能の評価指標である<sup>34)</sup>。そのため、前方向の重心制御機能に向上が認められたとしても、統計上の結果に反映されにくかったものと考えられる。

足趾把持筋力は、足趾踵荷重立位によって即時的に足趾把持筋力が増強するとの先行研究とは異なる結果を示した<sup>31)</sup>。その要因として、筋力増強に関する課題特異性が考えられる。足趾踵荷重立位は趾節間関節を中間位に保持したまま、中足趾節間関節の屈曲を促す運動課題であるため、足底外在筋よりも足底内在筋の筋収縮を促すと考えられる。しかし足趾把持筋力の測定は足趾で握り込む運動課題であるため、足底外在筋の収縮が優位であることが推察される。筋力増強トレーニングは、目的動作と同様のトレーニングを実施することが効果的とされており<sup>32,38)</sup>、本研究においては、足趾踵荷重立位は運動様式の違いから足趾把持筋力を有意に増強させることができなかつたものとする。また、IPS の変化率で両群間に有意差が認められたのは、コントロール群の最終測定値の低下が要因と考えられる。

本研究では、対象者が少なく結果の解釈には限界がある。今後は対象者の属性による相違や、既存の足趾機能トレーニングとの効果検証も行うことで、足趾踵荷重立位の運動特性やトレーニング適応などが明らかとなり、足趾機能の向上に寄与することが可能であるとする。

本研究は、足趾踵荷重立位課題の介入効果を姿勢制御機能から検証した。その結果、足趾踵荷重立位は、短時間の実施時間において FRT を改善させるなど、動的姿勢制御機能向上に効果的な運動課題であることが明らかとなった。

## 文献

- 1) Donald A, Neumann : 筋骨格系のキネシオロジー原著第2版. 嶋田智明 : 他訳, 医歯薬出版株式会社, 東京, 2012, pp629-683
- 2) 橋本雅至, 中江徳彦 : 足部からみた身体運動の制御. 理学療法科学, 2001, 16 : 123-128
- 3) 浅井 仁, 奈良 勲, 立野勝彦・他 : 立位姿勢における足指の作用に関する研究. 理学療法ジャーナル, 1989, 23 : 137-141
- 4) 長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作・他 : 静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響. 理学療法科学, 2010, 25 : 437-441
- 5) 加辺憲人, 黒澤和生, 西田裕介・他 : 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究. 理学療法科学, 2002, 17 : 199-204
- 6) 加辺憲人 : 足趾の機能. 理学療法科学, 2003, 18 : 41-48
- 7) 半田幸子, 堀内邦雄, 青木和夫 : 足趾把持筋力の測定と立位姿勢調整に及ぼす影響の研究. 人間工学, 2004, 40 : 139-147
- 8) 村田 伸, 甲斐義浩, 田中真一・他 : 健康成人と高齢者における足把持機能の比較. 理学療法科学, 2007, 22 : 341-344
- 9) 村田 伸, 大山美智江, 大田尾浩・他 : 地域在住高齢者の足把持力に関する研究-性差および年代別の比較-. 理学療法科学, 2007, 22:499-503
- 10) 木藤伸宏, 土井秀俊, 三輪 恵・他 : 高齢者の易転倒性を予測する因子の抽出と, その予防の為の訓練法の開発. 健康医科学研究助成論文集, 2000, 15 : 25-36
- 11) 村田 伸, 津田 彰, 稲谷ふみ枝・他 : 在宅障害高齢者の転倒に影響を及ぼす身体及び認知的要因. 理学療法学, 2005, 32 : 88-95
- 12) 村田 伸, 津田 彰 : 在宅障害高齢者の身体機能・認知機能と転倒発生要因に関する前向き研究. 理学療法学, 2006, 33 : 97-104
- 13) 村田 伸, 津田 彰 : 在宅障害後期高齢者に対する足把持力トレーニングの転倒予防効果. 健康支援, 2005, 7 : 11-18
- 14) 木藤伸宏, 土井秀俊, 三輪 恵・他 : 高齢者の転倒予防としての足趾トレーニングの効果. 理学療法科学, 2001, 28 : 313-319
- 15) 宇佐波政輝, 中山彰一, 高柳清美 : 足趾屈筋群の



- 筋力増強が粗大筋力や動的運動に及ぼす影響. 九州スポーツ学会誌, 1994, 6 : 81-85
- 16)北村隆子, 臼井キミカ : 地域サロンに参加する高齢者を対象とした転倒予防プログラム. 人間看護学研究, 2005, 2 : 71-76
- 17)加藤真由美, 小松佳江, 泉キヨ子・他 : 施設高齢者の転倒予防のための運動プログラム(全身版)の開発とその効果 : 日本看護研究学会雑誌, 2008, 31 : 47-54.
- 18)村田 伸, 忽那龍雄 : 在宅障害高齢者に対する転倒予防対策-足把持力トレーニング-. 日本在宅ケア学会誌, 2004, 7 : 67-74
- 19)村田 伸, 甲斐義浩, 田中真一・他 : 健常成人と高齢者における足把持機能の比較. 理学療法科学, 2007, 22 : 341-344
- 20)村田 伸 : 開眼片足立ち位での重心動揺と足部機能との関連-健常女性を対象とした検討. 理学療法科学, 2004, 19 : 245-249
- 21)村田 伸, 大山美智江, 大田尾浩・他 : 地域在住女性高齢者の開眼片足立ち保持時間と身体機能との関連. 理学療法科学, 2008, 23 : 79-83
- 22)山口光国, 入谷 誠, 大野範夫・他 : 片脚起立時での足趾屈筋群の役割について. 運動生理, 1989, 4 : 65-69
- 23)半田幸子, 山本良一, 吉本有希子・他 : 足趾把持筋力強化が立位・歩行に及ぼす影響. 日本私立医科大学理学療法学会誌, 2004, 22 : 77-80
- 24)相馬正之, 五十嵐健文, 工藤 渉・他 : 足趾把持力トレーニングが Functional Reach Test や最大一歩幅, 歩行能力に与える影響について. ヘルスプロモーション理学療法研究, 2012, 2 : 59-63
- 25)藤高紘平, 藤竹俊輔, 来田晃幸 : 大学サッカー選手の足部・足関節損傷に対する足部アーチ保持筋力トレーニングの効果. 理学療法科学, 2012, 27 : 263-267
- 26)居村茂幸 : 筋骨格障害系理学療法学. 医歯薬出版株式会社, 東京, 2006, pp29-45
- 27)高倉義典 : 下腿と足疾患保存療法. 金原出版株式会社, 東京, 1997, pp42-50
- 28)Kelly LA, Kuitunen S, Racinais S, et al : Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. Clin Biomech, 2012, 27 : 46-51
- 29)昇 寛, 石川孝司, 松本泰章 : 足指・踵起立盤の考案と作製. 日本スポーツリハビリテーション学会誌, 2015, 4 : 35-37.
- 30)佐野徳雄, 中里愛未, 柳川大吾・他 : 足指把持筋力トレーニング時の短指屈筋と短母指屈筋の筋活動量. 日本スポーツリハビリテーション学会誌, 2017, 6 : 37-42
- 31)佐野徳雄, 昇 寛, 中山彰博・他 : 足指踵荷重での立位保持時間が足指把持筋力に与える影響. 理学療法科学, 2017, 32 : 377-380
- 32)市橋則明, 松原貴子, 神先秀人・他 : 運動療法学障害別アプローチの理論と実際 第2版. 文光堂, 東京, 2016 : p225
- 33)中道哲朗, 渡邊裕文 : 筋力低下に対するアプローチ. 関西理学, 2014, 14 : 11-15
- 34)望月 久, 峯島孝雄 : 重心動揺計を用いた姿勢安定度評価指標の信頼性および妥当性. 理学療法学, 2000, 27 : 199-203
- 35)鈴木康裕, 中田由夫, 加藤秀典・他 : 重心動揺計を用いた動的バランス能力と年齢の関係. 体力科学, 2015, 64 : 419-425
- 36)大淵修一, 小島基永, 柴喜 崇・他 : 地域在住高齢者を対象とした転倒刺激付きトレッドミルトレーニングのバランス機能改善効果-無作為化比較対照試験-. 日老医誌, 2004, 41 : 321-327
- 37)島田裕之, 加倉井周一 : 転倒により骨折した高齢者のバランス機能の特徴. 東北理学療法学, 2000, 12 : 13-18
- 38)島田裕之, 内山 靖 : 高齢者に対する3ヶ月間の異なる運動が静的・動的姿勢バランス機能に及ぼす影響. 理学療法学, 2001, 28 : 38-46
- 39)Duncan PW, Studenski S, Chandler J, et al : Functional Reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans. Journal of Gerontol, 1992, 47 : 93-98

- 40)辻野綾子, 田中則子:足趾圧迫力と前方リーチ動作時の足圧中心位置の関係. 理学療法科学, 2007, 22 : 245-248.
- 41)大淵修一,小島基永,柴喜 崇・他:地域在住高齢者を対象とした転倒刺激付きトレッドミルトレーニングのバランス機能改善効果-無作為化比較対照試験-. 日老医誌, 2004, 41 : 321-327

# Does standing with weight borne on the toes improve dynamic balance in adult men?

Norio Sano<sup>1)</sup>, Miki Arima<sup>1)</sup>, Ryota Iimura<sup>1)</sup>, Kazumasa Sasaki<sup>1)</sup>, Yudai Shibata<sup>1)</sup>, Riko Takahashi<sup>1)</sup>, Shuntaro Hamano<sup>1)</sup>, Yuji Shimada<sup>2)</sup>, Syuji Watanabe<sup>1)</sup>, Atsushi Hiraga<sup>1)</sup>, Hiroshi Nobori<sup>3)</sup>

## Abstract

[Purpose] The objective of this study was to investigate the effect on dynamic balance function of standing with weight borne on the toes for three weeks. [Participants] The subjects were 38 healthy adult men who were allocated to an intervention group or a control group (each n = 19). [Method] The intervention group was given the motor task of standing with their weight borne on their toes, and this intervention was repeated three times a week for three weeks. Toe grip strength and dynamic balance were measured twice, on the first day and after three weeks. The results before and after the task were compared, and the rates of change in the two groups were compared. [Results] There was a significant difference in functional reach test (FRT) scores in the intervention group and in index of postural stability (IPS) scores in the control group. There was a significant difference between the two groups in terms of IPS and FRT scores. [Conclusions] Our results suggested that standing with weight borne on the toes may be a balance task that helps improve dynamic balance function.

Key words : Standing with weight borne on the toes, Dynamic balance, Toe grip strength

---

1) Department of Physical Therapy, Faculty of Medical Sciences, Teikyo University of Science: 2525 Yatsusawa, Uenohara-shi, Yamanashi, 409-0193 Japan.TEL: +81 554-63-4411 E-mail : n-sano@ntu.ac.jp

2) Department of Rehabilitation, Seibo Hospital

3) Department of judo Therapy, Faculty of Medical Sciences, Teikyo University of Science

## 症例研究

# 足趾踵荷重位での立位姿勢保持運動が足部形態に与える影響 —扁平足症例に対しての予備的研究—

嶋田裕司<sup>1)4)</sup>, 昇寛<sup>2)3)</sup>, 佐野徳雄<sup>2)</sup>, 小俣彩香<sup>1)</sup>, 丸山仁司<sup>4)</sup>

**要旨:** [目的] 足趾踵荷重位での立位姿勢保持運動が、足部形態に与える影響を明らかにするための予備的研究の位置付けとした。 [対象と方法] 対象は健常成人女性 1 名とした。運動課題は足趾踵荷重位での立位姿勢保持運動とし、週 5 回の介入を 4 週間継続して実施した。 [結果] 介入後において内側縦アーチ高率、足部柔軟性、最大一步幅、下腿-踵部角 (Leg Heel Alignment)、総軌跡長、単位面積軌跡長、動揺中心変位 (x 座標) に改善がみられた。 [結語] 足趾踵荷重位での立位姿勢保持運動は、内側縦アーチ高率が向上し、足関節アライメントも改善させる。さらに、最大一步幅が向上したことから、前方向への動的姿勢制御機能を向上させる運動であることが示唆された。

**キーワード:** 足趾踵荷重立位, 内側縦アーチ高率, 足関節アライメント

## I. はじめに

これまで足趾の運動療法に関して多くの先行研究が実施されてきた。先行研究でも足趾機能向上によって姿勢制御能力やバランス能力の向上が期待できることが言われている。足趾機能トレーニングには、タオルギャザーなどが一般的に行われているが、近年では荷重下で様々な姿勢制御課題を実施することが、足趾機能改善により効果的であるとの報告もさ

れている<sup>1)</sup>。昇らは<sup>2)</sup>、荷重下での足趾機能トレーニングを目的とした、足指・踵荷重起立台 (実用新案登録第 3201544 号、竹井機器工業株式会社) を考案、作製化された (図 1)。

この起立台は、足趾と踵部のみが接地した立位姿勢を取らせることで (以下、足趾踵荷重立位)、足趾屈曲筋群の等尺性収縮を誘発し、足趾把持筋力増強や姿勢制御機能向上に効果があるとされている。嶋田らは<sup>3)</sup>、足指・踵荷重起立台を使用した足指踵荷重立位時の活動電位を表面筋電図で測定した結果、短母趾屈筋をはじめ、下肢筋群の活動電位が有意に

1) 聖母病院 リハビリテーション科: 〒161-8521 東京都新宿区中落合 2-5-1 TEL 03-3951-1111

Email: yuji\_95@yahoo.co.jp

2) 帝京科学大学 医療科学部 理学療法学科

3) 帝京科学大学 医療科学部 柔道整復学科

4) 国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科

受付日 2017 年 12 月 25 日 受理日 2018 年 1 月 23 日

増加すると報告した。佐野らは<sup>4)</sup>、足趾踵荷重立位は既存の足趾トレーニングと比較し足底内在筋の筋活動を誘発できる運動課題であり、即時的に足趾把持筋力を向上させると報告した。また、3週間の実施によって **Functional Reach Test** が向上したことから、前方向への動的姿勢制御機能を向上させる運動であると報告した。しかしながら、足趾踵荷重立位の足部形態に着目した検証はなされていない。そこで本研究は、足趾踵荷重立位による筋力強化が内側縦アーチ高率、最大一步幅、静的バランス能力及び足部柔軟性、足関節のアライメントから、足部形態について検討した。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

過去1年間以内に骨折や靭帯損傷、疼痛など下肢に病的な機能障害を認めない健康な成人女性1名を対象とした。

研究を開始するにあたり、対象者には研究の目的と方法および被験者にならなくても不利益にならないことを十分に説明し、同意を得た。

### 2. 方法

#### i. 運動課題

足指・踵荷重起立台を使用した足趾踵荷重立位とし、対象者には両側足指と踵接地で1日1分間、10セット実施する。4週間（5回/週の頻度）の介入を行う。介入は、原則、検査者の管理下のもと実施し、検査者の管理下で実施できない場合のみ、自主トレーニングを実施する。自主トレーニングを行う際は、対象者にチェックシートを配布し、実施状況を記載してもらう。

#### ii. 測定項目

内側縦アーチ高率と最大一步幅、静的バランス能力、柔軟性、足関節のアライメントの5項目とし、介入前と介入後を計測する。

内側縦アーチ高率の測定は、安静座位で舟状骨粗

面から床面までの距離と足長を計測し、舟状骨粗面から床面までに距離を足長で除した値を用いる。

最大一步幅は、裸足の静的立位から利き足を前方に大きく一步踏み出し、非利き足を踏み出した利き足の足部に揃える動作の軸足のつま先から踏み出したつま先までの距離とし、床面に固定したメジャーで計測する。

静的バランス能力は、開眼時における静的重心動揺から評価する。静的重心動揺の計測は、重心動揺計（アニマ社製）を用いて測定する。対象者は、壁から2mに設置された重心動揺計に開眼立位の姿勢でのり、1分間の重心動揺を測定する。重心総移動距離と重心移動外周面積を計算し、測定値とする。柔軟性は、足関節の可動域から評価する。足関節の可動域は、股関節と膝関節90度の仰臥位における足関節最大背屈角度をグラビティーゴニオメータで3回計測し、平均値を測定値とする。また、股関節と膝関節伸展位における足関節最大背屈角度も同様に計測する。

足関節のアライメントは、安静立位（足は肩幅）における **Leg Heel Alignment**（下腿部と踵部のそれぞれの2等分線が成す角度、以下 **LHA**）、デジタルカメラで撮影し、その撮影した画像はデジタルデータのままPCに取り込み、取り込んだ画像は **ImageJ** というフリーソフトウェアで下腿部と踵部が成す角度の測定を行う（図2と図3）。

#### iii. 実験に用いる装置と使用方法

足指・踵荷重起立台は、足指と踵で荷重し立位姿勢を保持する運動機器である。足指と踵で荷重することで、内外側縦アーチが宙に浮き、足底筋に張力を生じさせ立位姿勢の間中、必然的に足底筋の等尺性収縮を起こす設計である。本体の寸法は、横360mm、縦330mm、基盤厚10mm、踵・足指台厚15mm、踵台長340mm、足指台長135mmである。基盤上の足指台は移動可能とするため底面と基盤にマグネット板を張り付けて固定できるようにした。足指・踵荷重起立台での立位姿勢は、足のアーチが浮く構造になっている。適応は、どのような足指の形状の者でも実施可能である。尚、本装置は

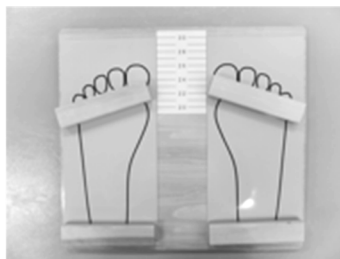


図 1. 足指・踵荷重起立台

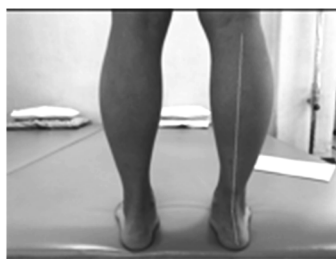


図 2. 介入前 LHA



図 3. 介入後 LHA

現在日本国特許庁に特許出願済みである(登録第 3201544 号)。

#### iv. 実験の手続き

手順は次の通りとした。測定前、足指台に MP 関節より末梢、踵台に踵骨部が乗るように被験者の足の大きさに合わせて調節する。台上での立位姿勢は、開眼で 2m・前方の目の高さに設定された目標点を注視させ、両上肢を体側に付けさせる。前足部と踵部が同程度の荷重となるように説明する。足指・踵荷重起立台の足指台と踵台が、足の大きさに合わせて調節できていることを検査者 1 名が十分に確認をする。足指・踵荷重起立台での立位保持を 1 分間実施する。

#### v. 被験者への教示

被験者に対しての教示は、「体全体を真っ直ぐに立てて、背中を伸ばして自然体で立って下さい」「右足と左足に均等に体重をかけて下さい」「つま先と踵、同じように意識を置いて立って下さい」の 3 つとする。ただし、足指・踵荷重起立台での立位姿勢においては、その台の形状の特殊性から、理解困難な被験者には「足のアーチが浮くようにしてください」と指示も加える。

本研究については申告すべき利益相反はない。

### III. 結果

介入前後の測定結果を表 1 に示す。内側縦アーチ高率、膝関節伸展位での足関節背屈角度、最大一步幅、LHA、総軌跡長、単位面積軌跡長、動揺中心変位 (x 座標) では介入前後で主効果が認められた。

本研究では、足趾踵荷重立位運動の介入効果を、足部形態に与える影響を扁平足症例に対して予備的研究の位置付けとして実施した。その結果、内側縦アーチ高率、膝関節伸展位での足関節背屈角度、LHA、総軌跡長、単位面積軌跡長、動揺中心変位 (x 座標)、最大一步幅が向上したことから、前方向への動的姿勢制御機能を向上が認められた。その一方で、膝関節屈曲位での足関節背屈角度、実効値面積や動揺中心変位 (y 座標) は、介入後でも機能改善を認めることはできなかった。

### IV. 考察

足趾踵荷重立位運動によって、舟状骨高が増加することを確認することができた。これは、足趾踵荷重立位運動を実施することで、足趾屈筋群や後脛骨筋、足底筋膜の筋活動が増大し、舟状骨を頭側に引き上げたと考えられる。足底筋膜は踵骨から足趾まで付着しているため、収縮すると起始部と停止部が近づき、足部の中央部を頭側に引き上げ、内側縦アーチを高める作用をもつ。また、後脛骨筋は下脛骨間膜から舟状骨、内側、外側、中間楔状骨、立方骨、第 2, 3, 4 中足骨底に付着するため足底筋膜と後脛骨筋の筋活動が高まることで、舟状骨高が増加し、内側縦アーチが上昇したと考えられる。

右後足部アライメントは、介入前と介入後を比べると LHA13°から LHA5°に、LHA の値が低下したことから、足趾踵荷重立位運動により距骨下関節のアライメントが回外位に改善された。両足の立位では、体重の垂線は両足の舟状骨を結ぶ線の間で落ち

表 1. 介入前後の測定結果

		介入前	介入後
内側縦アーチ高率 (%)	右	13.7	15
	左	15.3	16.2
足部柔軟性 (°)	右 (屈曲位)	20	25
	左 (屈曲位)	25	25
	右 (伸展位)	10	20
	左 (伸展位)	15	20
最大一步幅 (cm)		106.6	113.3
LHA(°)	右	13	5
	左	7	7
総軌跡長 (cm)		60.6	50.59
単位面積軌跡長 (1/cm)		23.95	21.71
実効値面積 (cm <sup>2</sup> )		0.17	0.17
動揺中心変位 x (cm)		-0.66	-0.41
動揺中心変位 y (cm)		-3.2	-3.28

ちる。体重は下腿から足関節を経て距骨に負荷され、距骨から足根骨、中足骨、趾骨へと分散、伝達される。距骨は踵骨に対して前上方に位置しており、下腿からの過度の負荷によって前内方へ滑る傾向がある。この変化が踵骨に対する荷重負荷の作用中心を内側へ偏位させ、踵骨を外がえし、底屈させる。踵骨の外がえし底屈に伴い、内側縦アーチは低下する。今回の予備的研究の介入後では、内側縦アーチは上昇した。立位姿勢において足圧中心位置が外側へ偏移し後足部の踵骨を回外させ、LHA の値の低下を引き起こしたと推察される。

動的バランスの要素をもつ最大一步幅で向上が認められた。これは、本研究のトレーニング期間が 4 週間という短期間であったことから、村田ら<sup>5)</sup>が推察しているように、足指把持力トレーニングにより足底の固有感覚が賦活されたことによる姿勢制御能力の向上が考えられた。また、辻野らは<sup>6)</sup>、足圧中心位置の前方移動距離と足指を鉛直下方へ圧迫する力との間には正の相関関係が認められることを報告している。このことから、最大一步幅の遂行時には、鉛直下方へ足指の大きな圧迫力も生じていることが考えられる。そのため、足趾踵荷重立位運動の足指への直接的効果により、足指を鉛直下方へ圧迫、把

持する能力が向上したことにより、動的な平衡機能が向上したことが考えられる。

その他、静的重心制御機能に向上が認められなかった要因として、対象者が足部および足趾の関節可動域制限や整形外科の疾患を持たない健常成人であったことが考えられる。若年者においても足趾機能トレーニングによって足趾機能が改善するとされているが、その多くは動的バランス機能や、パフォーマンステストの改善である。健常成人においては、そもそも静止時立位時の重心動揺は少なく、介入効果が認められなかったと考える。

本研究では、扁平足症例に対しての予備的研究の位置付けにとどまっており、足部形態に与える影響を明らかにしてはいない。今後は、対象者を増やし、今回の結果が当てはまるのか否かを明らかにするとともに、より足趾機能が低下するとされる高齢者に対する効果検証も行なう必要があると考える。

本研究は、足趾踵荷重立位運動の介入効果を足部形態から予備的研究の位置付けとして実施した。その結果、内側縦アーチ高率、膝関節伸展位での足関節背屈角度、最大一步幅、LHA、総軌跡長、単位面積軌跡長、動揺中心変位 (x 座標) に向上が認められた。上記より、足指・踵荷重立位を使用した足

指踵荷重立位運動による筋力強化は、内側縦アーチが上昇することが確認され、静的立位バランスには影響を及ぼさないことが確認された。アーチ高が上昇されたことにより、踵骨回外位となり後足部のアライメントが改善された。

足部のアライメントは運動連鎖による影響をうけ下肢全体に影響を与え、特に膝関節には関係が深い。扁平足症例に対して有用な運動であると想定していたが、今回の予備的研究により、膝関節に障害がある症例に対しても有用な運動であることが示唆された。

## 文献

- 1) Kelly LA, Kuitunen S, Racinais S : Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. Clin Biomech, 2012, 27 : 46-51
- 2) 昇寛, 石川孝司, 松本泰章 : 足指・踵起立盤の考案と作製. 日本スポーツリハビリテーション学会誌, 2015, 4 : 35-37
- 3) 嶋田裕司, 昇寛, 富田圭佑・他 : 足指・踵荷重起立の下肢 7 筋への影響—活動電位による観察—. 理学療法科学, 2017, 32 : 297-300
- 4) 佐野徳雄, 昇寛, 中山彰博・他 : 足指踵荷重での立位保持時間が足指把持筋力に与える影響. 理学療法科学, 2017, 32 : 377-3805
- 5) 村田伸, 忽那龍雄 : 在宅障害高齢者に対する転倒予防対策—足把持力トレーニング—. 日本在宅ケア学会誌, 2004, 7 : 67-74
- 6) 辻野綾子, 田中則子 : 足趾圧迫力と前方リーチ動作時の足圧中心位置の関係 : 理学療法科学, 2007, 2 : 245-248



# The influence by which standing posture maintenance movement by the foot to heel load standing position gives it to the foot-ankle assembly form: Pilot study for the flat-footed case

Yuji Shimada<sup>1)4)</sup>, Nobori Hiroshi<sup>2)3)</sup>, Norio Sano<sup>2)</sup>, Ayaka Omata<sup>1)</sup>, Hitoshi Maruyama<sup>4)</sup>

## Abstract

[Purpose] Position of preliminary research to clarify the influence of standing posture holding motion at toe heel load position on foot morphology was adopted.

[Subjects and Methods] The subject was one healthy adult female. The exercise task was a standing posture holding exercise at the foot to heel loading position, and five weekly interventions were carried out continuously for four weeks.

[Results] Improvement was observed in the interior vertical arch height ratio, foot flexibility, maximum step size, Leg Heel Alignment, total trajectory length, unit area trajectory length, swaying center displacement (x coordinate) after intervention.

[Conclusion] Standing posture hold motion at toe heel loading position increases inner longitudinal arch percentage and improves rear foot alignment. Furthermore, since the maximum step size was improved, it was suggested that it was an exercise for improving the dynamic attitude control function in the forward direction.

Key words: foot to heel load standing position, inner longitude arch, leg heel alignment

---

1) Department of Rehabilitation, Seibo Hospital : 2-5-1 Nakaochiai, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan 〒161-8521  
TEL : +81 3-3951-1111. E-mail : yuji\_95@yahoo.co.jp

2) Department of Physical Therapy, Faculty of Medical Sciences, Teikyo University of Science

3) Department of judo Therapy, Faculty of Medical Sciences, Teikyo University of Science

4) Faculty of Health Sciences, Graduate School of International University of Health and Welfare

## 短報

# 足指押力強化練習器の考案

昇寛<sup>1)</sup>, 佐野徳雄<sup>2)</sup>, 嶋田裕司<sup>3)</sup>

**要旨:** [目的] 今回、我々は立位バランスを改善するための運動器として、「足指押力強化練習器」を考案・開発した。本稿では、この練習器の意義と使用方法を説明することを目的とした。

[本練習器の意義] 本練習器は、ヒトの立位バランスの向上改善運動の一助となることを目的に考案した。ヒトの立位バランスへの関与は下肢各筋の筋力と協調性が大きく関わり、足指の関与が着目されている。足指の関与の中でも足指把握力だけではなく、足指の床を押す力「足指押力」の可能性にも注目されている。今回、その点に着目して「足指押力強化練習器」を考案した。

[使用方法] 本練習器に両方の下肢で立位し、両足底を練習器上の足底形に載せ、足指は練習器上の分離板の指形の上に載せる。立位のまま、両足指で分離板を床方向に押す。分離板下に設置しているバネを圧縮して抵抗に抗して押すことで、足指筋の屈曲筋の筋力強化練習、及び筋出力協調性練習を行える。

**キーワード:** 立位バランス, 足指押力, 練習器

## I. はじめに

今回、立位バランスを改善するための運動器として、「足指押力強化練習器」を考案・開発した。本稿では、この練習器の意義と使用方法について説明・報告することを目的とした。

ヒトの立位バランスを制御するのは、下肢筋力や足底部の感覚器等、様々な機関が関与するといわれている<sup>1)2)</sup>。また、患者の年齢や症状、既往歴や生活

歴にも影響される可能性がある。下肢筋力に関しては、従来、足指把持力が立位バランスに関与する<sup>3)4)5)</sup>、という検討がなされてきたが、近年足指把持力よりも足指押力の方がより立位バランスに関与する<sup>6)7)</sup>という研究が散見されはじめている。

これらのことは、転倒防止の観点からも足指の機能、例えば足指の筋力強化、足指の関節可動域の維持、足指の協調性等、の重要性が認識されてきていることを示唆するものである。そのような実態を検証するための練習器として足指押力に着目し「足指押力強化練習器」を考案・開発した。

1) 帝京科学大学医療科学部柔道整復学科・理学療法学科 〒409-0193 山梨県上野原市八ツ沢 2525 TEL: 0554-63-4411  
E-mail: h-nobori@ntu.ac.jp

2) 帝京科学大学医療科学部理学療法学科

3) 社会福祉法人聖母会 聖母病院 リハビリテーション室

受付日 2017年11月13日 受理日 2017年12月19日

本器(図1及び図2)は、木製の板を上下2枚(上の板:横500mm×縦250mm,下の板:横500mm×縦300mm)の板を重ねて(高さ:50mm)、前方部の指部分が分離した板を設置した。指部分の分離した板の下には、バネ係数0.01の圧縮コイルバネを4本(片側の足部に2本ずつ;但し、バネ係数の異なるバネに取り換え可能とした)を設置した。

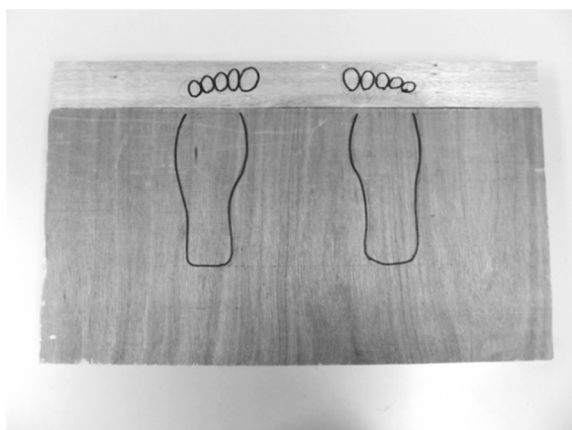


図1「足指押し強化練習器」の上面図

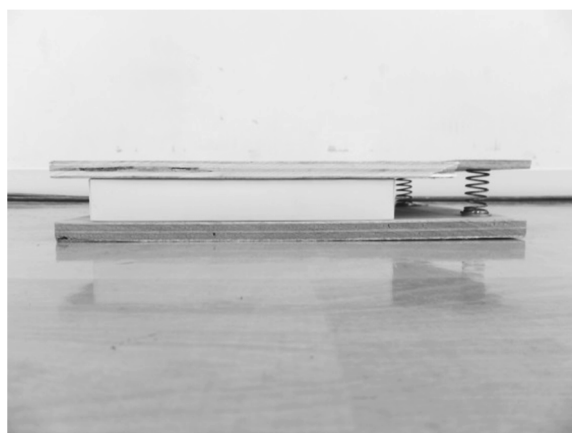


図2「足指押し強化練習器」の側面図

## II. 使用方法について

1) ヒトが実際に練習使用する時には、本器の上面に記された足底形に足底を載せて両側下肢で立位姿勢をとる(図3)。



図3 足指押し強化練習器上立位

2) 両側の足指を前方分離板上の上面に記された足指形に足底を載せてそれぞれ載せる(図4)。



図4 足底と足指を足底形・足指形上に載せる

3) 立位姿勢で安定姿勢をとり、足指を下方方向に押し込むように足指を屈曲させる(図5)。



図5 足指で分離板を押し

4) 足指の屈曲の程度(角度)と屈曲時間は、医師、又理学療法士等の適正な指導者の指示に従って実施する。

5) 本練習器実施において練習中、立位バランスを崩すことが予想されるので、必ず転倒予防等の安全対策を講じて実施すること(図6)。



図6 転倒予防の安全対策を講じて練習実施

6) 立位での実施が困難な場合には、座位での使用も可能である。椅子座位にて本練習器を足元に位置して、前述1)～4)に従って実施する。

## 文献

1) 平瀬達也, 井口茂, 塩塚順, 他: 高齢者における

バランス能力と下肢筋力との関連性について, 理学療法科学, 2008, 23 (5) : 641-646

2) 塩田琴美, 細田昌孝, 高梨晃, 他: 筋力とバランス能力の関連性について, 理学療法科学, 2008, 23 (6) : 817-821

3) 加辺憲人, 黒澤和生, 西田裕介, 他: 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究, 理学療法科学, 2002, 17 (3) : 199-204

4) 加辺憲人: 足趾の機能, 理学療法科学, 2003, 18 (1) : 41-48

5) 幸田幸子, 堀内邦雄, 青木和夫: 足趾把握筋力の測定と立位姿勢調整に及ぼす影響の研究, 人間工学, 2004, 40 (3) : 139-147

6) 辻野綾子, 田中則子: 足趾圧迫力と前方リーチ動作時の足圧中心位置の関係. 理学療法科学, 2007, 22 (2) : 245-248

7) 竹井和人, 村田伸, 甲斐義浩: 足趾圧力測定器の開発. 理学療法科学, 2007, 22 (4) : 479-482

## Development of Toe pressing force strengthening training device

Hiroshi Nobori<sup>1)</sup>, Norio Sano<sup>2)</sup>, Atsushi Hiraga<sup>2)</sup>, Yuji Shimada<sup>3)</sup>

### Abstract

[Purpose] In this time, we devised and developed a "Toe pushing force strengthening training device" as an exercise device for improving standing balance. In this paper, we aimed to explain the significance and usage of this device.

[Significance of this device] This training instrument was devised with the aim of helping to improve the stance balance improvement of human beings. The involvement of human's standing balance is strongly related to muscular strength and cooperativeness of each lower limb muscle, and the involvement of toes is paying attention. Among the involvement of the toes, not only the "Toe grasping force" but also the possibility of the "Toe pressing force" which pushes the floor of the toe is drawing attention. In this issue, we focused on that point and devised "Toe pushing force strengthening training device".

[About usage] First of all, standing with both lower limbs on this device, putting both feet bottoms on the foot bottom shape on the device, putting the toes on the fingers of the separating plate on the device. Next, with the standing position, push the separator plate in the floor direction with both toes. By pressing the spring under the separating plate and pushing against the resistance, you can practice muscle strengthening of the flexor muscles of the toe muscles and output coordination.

Keyword ; standing balance, Toe pressing force, training device

---

1) Teikyo University of Science, Faculty of Medical Sciences, Department of Physical therapy, Department of Judo therapy : 2525 Yatusawa, Uenohara, Yamanashi Japan, 〒409-0193, TEL : +81 554-63-4411  
E-mail : h-nobori@ntu.ac.jp

2) Teikyo University of Science, Faculty of Medical Sciences, Department of Physical therapy.

3) Seibo Hospital Department of Physical therapy

## 投稿・執筆規程

1. 本誌は国際エクササイズサイエンス学会の機関誌として、運動科学、リハビリテーション科学、医療・体育等に関する学理及びその関連領域の研究発表の場を提供することを主な目的とする。記事の種類は、「原著」「症例研究」「短報」「総説」、その他を記載するものである。
2. 投稿は本会会員に限る（会員でないものは入会が条件）。また、編集委員会の決定により会員外の著者に投稿を依頼することができる。
3. 原稿の採否、掲載順は編集委員会で決定する。査読の結果、編集方針に従って、加筆・削除および一部書き直しを依頼することがある。また、編集委員会の責任において、多少字句の訂正をすることがある。
4. 投稿原稿は、原則としてワープロソフト（Word）を使用する。
5. 文章は楷書・横書き、口語体、現代かなづかい、数字は算用数字、単位は国際単位系（SI 単位）を用いる。（例）長さ：m，質量：kg，時間：s，温度：℃，周波数：Hz
6. 外国語名（地名、人名、その他）は、原則として原語を用い、略語はカッコ内にフルスペルで記載する。
7. 引用文献は必要最小限にとどめ、引用順に列記する。文献の省略は公の省略法（Index Medicus など）に従う。引用文献の著者氏名が 4 名以上の場合は最初の 3 名を書き、他は・他、または et al. とする。
- ① 雑誌の場合：著者名，題名，雑誌名，発行年，巻（号），頁。  
 (例) 1) 廣瀬昇，丸山仁司：身体活動に影響を及ぼす運動感情についての一考察. 理学療法科学，2010，25(5)：699-703.  
 2) Hiroshi Nobori, Hitoshi Maruyama: The Effect of Exercise on a Bicycle Ergometer with a Toe —Heel Pedal, Journal of Physical Therapy Science , 2011, 23(5): 785-787.
- ② 単行本の場合：著者名，書名，出版者，発行地，発行年，頁。  
 (例) 1) 千野直一：臨床筋電図・電気診断学入門。医学書院，東京，1977，pp102-105.  
 2) Kapandji IA: The physiology of the joint. Churchill Livingstone, New York, 1982, pp165-180.  
 ③ 電子文献の場合：著者名，書名，入手先 URL，閲覧日。  
 (例) 1) 厚生労働省：介護給付費実態調査月報（平成 19 年 1 月審査分）。  
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kaigo/kyufu/2007/01.html>（閲覧日 2007 年 3 月 29 日）。
8. 投稿には必ず投稿フォーマット（40 文字×36 行）を学会ホームページよりダウンロードし、用いる。和英併記にて表題、著者名、所属（部、科等を含む）、住所、電話番号、メールアドレスを付記し、キーワード（3 個以内）、300 字程度（目的、対象、方法、結果、結語にわけて文中に挿入する）の和文要旨と 150 ワード程度の英文要旨を添えること。
9. 著者校正は原則として 1 回とする。
10. 表は Microsoft Excel 等の表制作アプリケーションで作成し、拡張子を.xls で保存の上、投稿すること。（※ Microsoft Power Point による表の入稿は不可）
11. 掲載料は 5000 円とする。ページ数またカラー印刷の有無によって異なるため編集委員長へ事前に相談すること。
12. 本誌に掲載された論文の著作権は本学会に属する。

投稿先

国際エクササイズサイエンス学会学術誌  
編集委員会

委員長：中山 彰博

投稿アドレス：akinaka@ntu.ac.jp

理事長 丸山 仁司

編集委員長 中山 彰博

編集委員 昇 寛 跡見 友章 廣瀬 昇 田中 和哉  
平賀 篤 佐野 徳雄 相原 正博 渡邊 修司  
新永 拓也

事務局長 昇 寛

#### 編集後記

この度、国際エクササイズサイエンス学会誌第1巻第1号を発刊することになった。

渡邊論文は、独自の研究デザインを基に新しい視点で捉えた独創的な研究として学術的価値は高く評価される。平賀論文は、超音波療法の照射面積に関して広範囲でも効果的である事を検証した意義ある研究である。佐野論文は、3週間の足趾踵荷重立位練習が成人男性の動的バランスを向上させるとの興味深い研究である。嶋田論文は、独自の運動機器を用いて扁平足の症例に対して効果的な運動を考案した新規的な症例研究である。昇論文は、新規の運動機器を考案・開発した大変興味深い短報である。其々の今後の臨床的応用に期待したい。

今回、本学会の第一歩として発刊する学術誌である。発刊号としての意義は、これまでの運動器リハビリテーションの枠組みから運動器の健康へと意識を拡大する為の学問的基礎を固め、科学的体系の再構築を発展的に進めることにある。この学術誌が人々の生活や社会の健康に寄与し、多くの方々に支えられる学術誌として発展してゆくことを願っている。

中山彰博

---

国際エクササイズ

サイエンス学会誌

第1巻 第1号

2018年3月10日発行

発行 国際エクササイズサイエンス学会  
〒409-0193 山梨県上野原市八ツ沢 2525  
帝京科学大学医療科学部理学療法学科内  
国際エクササイズサイエンス学会 事務局

印刷 株式会社アイペック  
〒170-0002 東京都豊島区巢鴨 1-24-12

関連URL (参照)

HP URL <http://rehaac.org/exercise.html>

---