

【研究報告】

## 端座位および直立位における足趾圧迫力とアーチ高率との関係 －臨床的な足部の機能と構造の評価の検討－

野本 真広<sup>1)\*</sup> 矢倉 千昭<sup>2)</sup>

1) 武蔵野陽和会病院 リハビリテーション科

2) 聖隷クリストファー大学 リハビリテーション学部

(連絡先) \*E-mail : ma1109hiro@mail.goo.ne.jp

## Toe Function and Arch Mechanism in Non-Loading and Loading Positions

Masahiro NOMOTO<sup>1)</sup> Chiaki YAGURA<sup>2)</sup>

1) Department of Rehabilitation, Musashinoyouwakai Hospital

2) Department of Rehabilitation, Seirei Christopher University

### 要 旨

〔目的〕本研究は、端座位と直立位における足趾圧迫力とアーチ高率を測定し、足趾圧迫力とアーチ高率の関係性について調査した。〔対象〕対象は、平均年齢 $31.0 \pm 4.5$ 歳の若年成人男性11名であった。〔方法〕方法は、端座位と直立位での足趾圧迫力とアーチ高率を測定した。〔結果〕足趾圧迫力は、端座位と比べ直立位において有意に増加した。一方でアーチ高率は端座位と比べ直立位において有意に低下した。直立位における足趾圧迫力は、アーチ高率と有意な正の相関を示した。〔結論〕臨床において直立位における足趾機能や足部構造の評価の必要性が示された。

キーワード：足趾圧迫力，直立位，アーチ高率

Key word : Toe Function, Loading Position, Arch Ratio

## 【目的】

足趾を屈曲して床面を押しつける、または圧迫するという足趾機能は、足趾屈筋群の収縮によって引き起こされる。足趾屈曲に作用する足部の内在筋は、立位時の姿勢制御や歩行時において前足部を安定させ、内側縦アーチを引き上げることにより前方への推進作用を担うことが知られている<sup>1)</sup>。先行研究では、足趾機能の評価として、握力計を用いた足趾把持力がよく用いられており、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や足趾把持筋力の増強により最大歩行速度が向上することが報告されている<sup>2-6)</sup>。また、足趾把持筋力の練習効果として足趾把持筋力の向上が動的バランスの向上、膝・足関節粗大筋力を向上させることも指摘されている<sup>7,8)</sup>。このことから、足趾機能における足趾把持力は、立位姿勢保持や動的安定性に影響を及ぼしていることが考えられる。

しかし、立位などの直立位での足趾機能は、足趾を床面に対して鉛直方向に押す圧迫動作であり、足趾把持動作とは異なる運動様式で姿勢保持を行っている<sup>9)</sup>。そのため、先行研究で報告されている足趾把持力は、足趾が非荷重位である端座位での足趾屈曲力であり<sup>3-6, 8, 10-12)</sup>、抗重力位である直立位での足趾機能を評価しているとは言い難い。また、臨床では端座位で足底アーチ構造がみられるが、直立位になるとアーチ構造が崩れる者がしばしば確認される。そのことから、足趾機能と足底アーチ構造との関連を検討するには、足底に荷重が加わる抗重力位での評価も行う必要があると考えられる。

そこで、本研究では、直立位および端座位における足趾機能と足底アーチ構造との関係を明らかにすることで、臨床における足趾の機能と構造の評価を提案するために、足底部への荷重

が少ない端座位と足底部に自重がかかる立位における足趾圧迫力と両肢位のアーチ高率の変化、直立位、端座位における足趾圧迫力とアーチ高率との関係について調査した。

## 【方法】

対象は健常若年者男性11名、平均年齢は $31.0 \pm 4.5$ 歳であった。対象者には、事前に口頭および書面にて研究の内容を説明し、同意を得てから調査を実施した。測定脚は非利き足とし、非利き足はボールを蹴る際に地面を支持する側の下肢と定義した。全被験者11名すべての非利き足は左下肢であった。測定肢位は①両上肢を体側で下垂し、股関節および膝関節 $90^\circ$ 屈曲、足関節底背屈 $0^\circ$ の端座位<sup>13)</sup>、②両上肢を体側で下垂した直立位とした(図1)。なお、足部は図のように体組成計を設置し、母趾中足骨頭より末梢の足趾を体組成計に乗せた状態とした。この時、足部間の距離は20 cmに統一させた(図2)。両肢位とも両側の股関節内外旋 $0^\circ$ 、第2足趾を下腿軸に対し垂直方向に向けた状態とした。足趾圧迫力は、足趾屈曲力の平均値から安静時における足趾荷重量の平均値を引いて算出した。方法は、両肢位ともに安静時の足趾荷重量を測定し、次に足趾を踵部が床面より離れない状態で体組成計に足趾を押しつけたときの値をそれぞれ3回測定した。

アーチ高率は、①床面に対し舟状骨粗面まで伸ばした垂線の長さを②第1中足骨底内側部から踵骨と床面が接する部位までの距離を除し、その値を百分率で示した(図3)<sup>13,14)</sup>。

統計学的解析として、端座位と直立位におけるアーチ高率、足趾圧迫力の比較は対応のあるt検定、端座位または直立位における足趾圧迫力と両肢位のアーチ高率との相関はPearson積



図1 測定肢位（左図と中央図は端座位，右図は直立位時の姿勢を示す．）



図2 測定時における足趾の位置

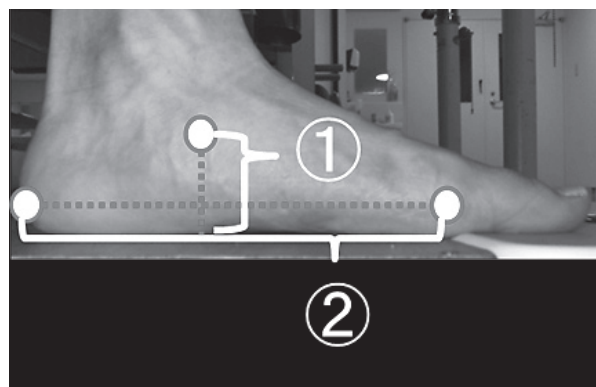


図3 アーチ高率の測定

率相関係数を用い，有意確率は5%未満とした。

## 【結果】

端座位，直立位での足趾圧迫力，アーチ高率の比較を表1に示す。足趾圧迫力は，端座位 $2.9 \pm 0.8\text{kg}$ ，直立位 $6.3 \pm 2.6\text{kg}$ と端座位に比べ直立位において有意に増加し，アーチ高率では端座位 $24.2 \pm 4.0\%$ ，直立位 $20.0 \pm 4.4\%$ と端座位に比べ直立位で有意に低下した（ $p < 0.05$ ）。

端座位における足趾圧迫力とアーチ高率との関係を図4，直立位における足趾圧迫力とアーチ高率との関係を図5に示す。端座位における

足趾圧迫力はアーチ高率と有意な相関を示さなかったが，直立位における足趾圧迫力はアーチ高率と有意な正の相関を示した（それぞれ $r = 0.66$ ， $p < 0.05$ ； $r = 0.71$ ， $p < 0.05$ ）。

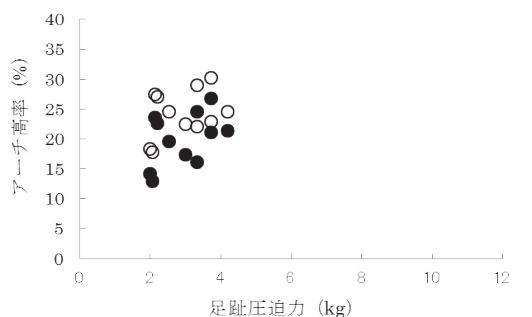
## 【考察】

本研究の結果，足趾圧迫力は端座位に比べ直立位において有意に増加し，アーチ高率は有意に低下した。一般に，足趾圧迫動作は足趾屈筋群による動作で，足趾屈筋群は足部底屈筋群と筋連結している<sup>8, 15)</sup>。また，足趾屈筋群を始め多くの足底の筋は足底筋膜によって足底の表面

表1. 端座位および直立位における足趾圧迫力およびアーチ高率の比較

	座位	立位	p 値
足趾圧迫力 (kg)	2.9±0.8	6.3±2.6	< 0.01
アーチ高率 (%)	24.2±4.0	20.0±4.4	< 0.01

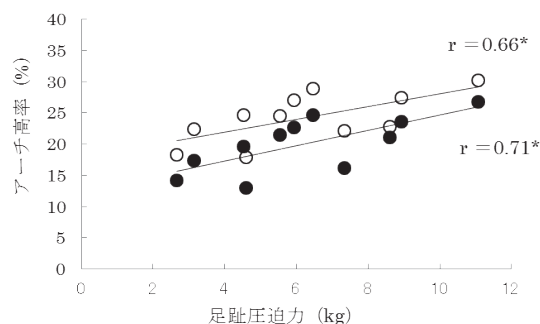
n = 11, 対応のある t 検定



Pearsonの積率相関係数

\*p &lt; 0.05

図4. 端座位における足趾圧迫力とアーチ高率との関係



Pearsonの積率相関係数

\*p &lt; 0.05

図5. 直立位における足趾圧迫力とアーチ高率との関係

全体を覆われ、特に足底筋膜の中央部は極めて強い縦走線維となっており、足底腱膜とも呼ばれている<sup>16)</sup>。足底腱膜は、踵骨隆起を主として内側突起より起こり第1趾から第5趾まで広範囲に付着している。足底腱膜の緊張の増加は、荷重時におけるアーチ機構の保持や足趾屈筋群の収縮を増加させることに参与していると考えられる。したがって、端座位と比べ直立位では、足底にかかる荷重とともに足底筋膜の緊張が増加し、アーチ構造が低下することを軽減させ、足底筋膜の緊張により足趾屈筋群、足部底屈筋群は筋緊張が増加し、足趾圧迫力は増加したと考えられる。

一方、端座位での足趾圧迫力は、端座位および直立位でのアーチ高率と有意な相関関係は見られなかったが、直立位での足趾圧迫力は有意な正の相関を示した。荷重下でのアーチ機構の保持にかかわる筋としては、足底筋膜以外に後脛骨筋がある。後脛骨筋は下腿骨間膜、脛

骨、腓骨から起こり内果の後方を通過し載距突起と舟状骨粗面との間を斜走し、中間、外側楔状骨、立方骨、第2および第3中足骨底に停止する<sup>16)</sup>。後脛骨筋の走行は、収縮時に足底筋膜を足部から後頭側方向へ引き上げることで後足部の回内モーメントを減少させる役割を担っている<sup>13)</sup>。荷重下での足部は、足底筋膜や後脛骨筋の作用によりアーチ機構が保持されることで下腿より伝達された体重を足部全体に分散させ、足趾への効率的な荷重を可能にする。しかし、直立位でのアーチ機構の低下は、足部全体もアライメントを変化させる。アーチ機構の低下は、距骨を距骨下関節の運動軸で内旋させ、踵骨は外反、足部全体は回内・外転・背屈方向へ変化させる<sup>17)</sup>。この足部全体のアライメントの変化は、足底内重心を内側へと偏位させ、床面に対する足趾圧迫方向が外側へ偏位し、効率的に前足部に荷重することが困難になる。そのため、荷重下でのアーチ高率の低下は、足趾圧



迫力も十分に得ることができない可能性がある。本研究では、端座位の足趾圧迫力は、アーチ高率と相関を示さなかった。端座位では、足部アーチに対し荷重負荷が加わらなかったことにより、足底筋膜の十分な筋緊張が発生せず、結果として足趾屈筋群の出力が得られなかったため、足趾圧迫力が増加しなかったと考えられる。また、端座位では、足部アーチ機構の固定に必要な足底筋膜の緊張を自重ではなく足趾屈筋群の収縮によって引き起こしている。自重負荷がない場合、足底筋膜の緊張は足部のアーチを上方へ引き上げることに作用するため、直立位における自重によってアーチ構造の下降することを防ぐ本来の足底筋膜の緊張の方法と異なることが考えられる。これらのことから、足底面の支持方法が端座位、直立位で異なる可能性があり、足底全体で地面を支持するという点を考慮すると、足趾圧迫力は直立位でも測定する必要がある、アーチ高率は端座位ではなく直立位で測定する必要があると考えられる。

本研究の限界として、被験者が少数であり、非利き足のみの測定である。また練習効果によるアーチ構造の変化や性別による違いについて検討をしていない。今後、対象者を増やし、足趾把持力との関連や足趾圧迫力の練習効果、足趾圧迫力と直立位における静的、動的バランスへの影響を検討していく必要がある。

## 【結論】

本研究では、端座位および直立位における足趾機能と足底アーチ機構の関係を調査した。本研究の結果、端座位における足趾圧迫力は端座位および直立位のアーチ高率と相関がみとめられなかったが、直立位における足趾圧迫力は端座位および直立位のアーチ高率と相関すること

が示された。臨床において、抗重力姿勢でのパフォーマンスに關与する足趾機能と足部アーチ構造を評価するには、荷重位である直立位での足趾圧迫力やアーチ高率を測定することが必要であると考えられた。

## 【文献】

- 1) 嶋田智明, 平田総一郎: 歩行の運動学: 筋骨格系のキネシオロジー, 医歯薬出版株式会社, 2005
- 2) 金子諒, 藤沢真平, 佐々木誠: 足趾把持筋力トレーニングが最大速度歩行時の床反力に及ぼす影響, 理学療法科学 24 (3): 411-416, 2009
- 3) 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 19 (3): 245-249, 2004
- 4) 村田伸, 甲斐義浩, 溝田勝彦他: 地域在住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 21 (4): 437-440, 2006
- 5) 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 23 (1): 79-83, 2008
- 6) 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 7 (2): 67-74, 2004
- 7) 半田幸子, 山本良一, 吉本有希子他: 足趾把握筋力強化が立位, 歩行に及ぼす影響, 日本私立医科大学理学療法学会誌 22: 77-80, 2005
- 8) 福田泉, 小林良作: 若年健常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 (5) : 261-266, 2008
- 9) 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 22 (2) : 245-248, 2007
- 10) 村田伸, 忽那龍雄: 足把持力に影響を及ぼす因子と足把持力の予測. 理学療法科学 18 (4) : 207-212, 2003
- 11) 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 22 (3) : 341-344, 2007
- 12) 木藤伸宏, 井原秀俊, 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. 理学療法学 28 (7) : 313-319, 2001
- 13) 石坂正大, 大好崇史, 秋山純和: 足趾圧迫練習が内側縦アーチに及ぼす影響. 理学療法科学 22 (1) : 139-143, 2007
- 14) 三秋泰一, 加藤逸平: アーチ高率の違いによる内外側方向における足圧中心位置の検討. 理学療法科学 22 (3) : 409-412, 2007
- 15) 河上敬介, 磯貝香: 骨格筋の形について: 骨格筋の形と触察法, 大峰閣, 1998
- 16) 小川鼎三, 森於菟: 下肢の筋, 大内弘: 分担解剖学 (1) 総説・骨学・靱帯学・筋学, 378-437, 金原出版, 1982
- 17) 高嶋直美, 川島敏生: 足趾・足関節の痛みに対する理学療法. 理学療法 18 (8) : 798-803, 2001

## Toe Function and Arch Mechanism in Non-Loading and Loading Positions

Masahiro NOMOTO<sup>1)\*</sup>, Chiaki YAGURA<sup>2)</sup>

1) Department of Rehabilitation, Musashinoyouwakai Hospital

2) Department of Rehabilitation, Seirei Christopher University

Key word: Toe Function, Loading Position, Arch Ratio

### Abstract

[Purpose] We measured the force generated by toe pressure and the arch ratio, both in sitting and standing positions, and investigated the differences in and relations among these data.

[Subjects] Subjects were 11 young males (mean age.  $31.0 \pm 4.5$  years ).

[Method] Measurement items comprised the force generated by toe pressure and the arch ratio, both in sitting and standing positions.

[Results] Force generated by toe pressure in the standing position was greater than that in the sitting position, but the arch ratio in the standing position was lower than that in the sitting position. Force generated by toe pressure in the standing position significantly correlated with the arch ratio in both positions.

[Conclusion] The study shows importance of assessing the function and structure of the toes and feet in the standing position in a clinical setting.