

# 地域在住男性高齢者の足趾把持力に与える 歩行パラメータの影響

松村剛志

常葉大学保健医療学部理学療法学科

## 要 旨

本研究の目的は、男性高齢者を対象に足趾把持力に与える歩行パラメータの影響を明らかにすることである。対象者は、地域在住男性高齢者 24 名とした。調査項目には基本条件、左右の足趾把持力、歩行パラメータとして日常生活で用いている快適速度と最大速度でのストライド長、歩行周期時間、歩行速度を採用し、2-step test も実施した。足趾把持力に影響を与える測定指標を選択するため、足趾把持力を従属変数、各調査項目のうち足趾把持力と相関のあった項目を独立変数とし、強制投入法を用いた重回帰分析を行った。その結果、対象者となった男性高齢者の足趾把持力は、先行研究の 40 歳代の平均値に近似しており、快適歩行のストライド長、最速歩行のストライド長と歩行速度、さらに 2-step 値と正の相関が認められた。重回帰分析の結果から、足趾把持力に最も影響を与える要因として最速歩行のストライド長が選択された（標準化係数：0.48）。以上より、足趾把持力が加齢に基づく顕著な低下の出現する以前の状態に保持されている男性の場合、速歩におけるストライド長を大きく保つことが足趾把持力の低下防止に結びつく可能性が示された。

キーワード：地域在住男性高齢者、足趾把持力、歩行パラメータ、重回帰分析

## はじめに

地面を足趾と足底でしっかりと掴む力は足趾把持力と定義されており<sup>1)</sup>、加齢とともに減少することが明らかとなっている<sup>2)</sup>。足趾把持力の低下は有力な転倒発生要因の 1 つで<sup>3)</sup>、その改善が転倒予防に有効であることも明確となっている<sup>4, 5)</sup>。一方で足趾把持力は歩行時の前方推進力にも寄与しており<sup>6)</sup>、トレーニングによる足趾把持力の増強が健常若年者の最大歩行速度向上に結びついたとの報告も認められる<sup>7)</sup>。しかし、高齢者を対象

とした足趾把持力とストライド長や歩行速度といった歩行パラメータとの関係についての調査では、最大歩行速度との相関を示した報告<sup>8, 9)</sup>だけでなく、最低歩行速度のみで関連があったという報告<sup>10)</sup>や歩行パラメータとの関連は認められなかったという報告<sup>11)</sup>もあり、定まった見解が得られていない。さらに、足趾把持力の男女差は自明であるが<sup>9)</sup>、歩行パラメータとの関係にも性差がある可能性が示唆されている<sup>12)</sup>。

足趾把持力の男女差については、バランス

能力の側面から調査が行われてきた。村田ら<sup>13)</sup>は足趾把持力と胸椎後彎角との関連性を検討し、胸椎後彎角が大きい女性高齢者は足把持力が弱く、立位バランスが低下していることを明らかにしている。対象者が若年成人ではあるが佐々木<sup>14)</sup>は足趾把持力と立位重心動揺の関係を検討し、男女のバランス戦略が異なる可能性を提示している。一方で弓岡ら<sup>15)</sup>は浮き趾のある女性高齢者に足趾把持力の有意な低下を認めたが、歩行や立位バランスには有意差を認めなかったと報告している。以上の報告を受けて高齢者の自験例を男女別に検討したところ、体格による影響を取り除くと足趾把持力と各歩行パラメータとの関係において、男性高齢者のみに最大歩行速度でのストライド長および歩行速度との相関が認められた<sup>12)</sup>。

そこで今回、対象者を男性高齢者に絞り、足趾把持力トレーニングに寄与する知見の積み上げを図るため、足趾把持力に与える歩行パラメータの影響を検討した。

## 対象および方法

### 1. 対象

2020年10月から2023年9月の間に、静岡県西部地域で開催した中高年者対象のウォーキング講座参加者およびシルバー人材センターから応募のあった地域在住男性高齢者24名(平均年齢73.2±5.2歳)を対象とした。対象者には測定データの研究への使用を口頭と書面にて説明し、同意書への署名を得た後に測定を行った。

### 2. 方法

本研究は、既存データを後方視的に調査した記述的研究である。調査項目は、基本属性として年齢、身長、体重、体格指数(以下、BMI)を確認した。さらに左右の足趾把持力を計測し、歩行のパラメータとして日常生活で用いている快適速度での歩行(以下、快適歩行)および最大速度下での歩行(以下、

最速歩行)におけるストライド長、歩行周期時間、歩行速度を調査した。加えて、動的バランスのパラメータとして2-step testも実施した。

足趾把持力測定には、足趾筋力測定器(竹井機器工業製)を用いた。対象者は、椅座位にて膝関節90°屈曲位、足関節中間位を保持し、把持バーを足趾でしっかりと把持できることを確認した上で、1回以上の練習を行った。測定は左右2回ずつ実施し、左右それぞれの最大値を足趾把持力とした。統計解析には、左右足趾把持力の平均値を使用した<sup>10)</sup>。

歩行パラメータの測定には、歩行分析システム「WALK-MATE VIEWER(WALK-MATE LAB株式会社製)」を使用した。本システムは、3軸加速度センサを腰部ベルトで第3腰椎高位、足専用固定ベルトにて両側の腓骨外果直上部に固定して、加速度および角速度を測定する。サンプリング周波数100Hzにて得られたデータは各歩行パラメータに変換され、その信頼性と妥当性も検証されている<sup>16)</sup>。本研究では、歩行開始後に定常状態になったと判断された所から3歩行周期の平均値を採用した。

計測方法は、各計測施設内の平坦な床上に2mの助走路と5mの歩行路を確保し、5mの歩行路を過ぎても障害物によって停止せざるを得ない地点まで直線歩行を継続するように指示した。快適歩行を行った後に最速歩行を1回ずつ実施し、それぞれのストライド長、歩行周期時間、歩行速度を採取した。

2-step testは、移動能力低下の評価指標としての有用性だけでなく、バランス機能との相関も確認されており<sup>17)</sup>、支持基底面が移動する動的状況下でのバランス機能を評価する指標として採用した<sup>18)</sup>。測定は、村永ら<sup>19)</sup>の方法に準じて実施した。安静立位のつま先位置から、最大歩幅で2歩前進した際の終了時立位のつま先までの距離を測定した。測定

は2回行い、その最大値を最大2歩幅長とした。この代表値を身長で除して2-step値とし、統計解析に用いた。

### 3. 統計処理

足趾把持力と各歩行パラメータおよび2-Step値との関連性を検討するためにPearsonの積率相関係数を求めた。さらに足趾把持力におよぼす各測定指標の影響を探索するため、足趾把持力を従属変数として、独立変数には足趾把持力と有意な単相関の認められた他の測定指標を選択し、強制投入法による重回帰分析を行った。独立変数間の多重共線性の存在を確認するためvariance inflation factor（以下、VIF）を算出した。すべての統計処理はSPSS Ver.29を用い、有意水準は5%とした。

### 結 果

対象者の属性及び各測定指標の結果を表1に示した。

左右足趾把持力の平均値と対象者の属性、歩行パラメータおよび2-step値との関係は、快適速度のストライド長（ $r=0.46$ ）、最速歩行にけるストライド長（ $r=0.62$ ）と歩行速度（ $r=0.44$ ）との間に有意な正の相関を示し、2-step値との間にも有意な正の相関（ $r=0.50$ ）が認められた（表2）。

足趾把持力を従属変数とした重回帰分析の結果を表3に示した。足趾把持力に影響する要因として選択されたのは、最速歩行のストライド長であった（標準化係数：0.48, 95%信頼区間：2.19 - 31.56）。VIFは全て10未満で多重共線性は認められなかった。分散分析の結果は有意（ $p<0.01$ ）となり、決定係数（ $R^2$ ）は0.56にて高い適合度を示した。

表1 対象者の基本属性、足趾把持力、歩行パラメータおよび最大2歩幅長の結果

|            |                          | 地域在住男性高齢者（24名） |               |  |
|------------|--------------------------|----------------|---------------|--|
| 項 目        |                          | 平均値 ± 標準偏差     | 最小値 - 最大値     |  |
| 基本属性       | 年 齢（歳）                   | 73.2 ± 5.1     | 65.0 - 85.0   |  |
|            | 身 長（cm）                  | 165.4 ± 5.6    | 163.0 - 180.0 |  |
|            | 体 重（Kg）                  | 61.9 ± 9.4     | 41.0 - 80.0   |  |
|            | 体格指数（Kg/m <sup>2</sup> ） | 22.6 ± 3.4     | 13.9 - 29.7   |  |
| 右足趾把持力（Kg） |                          | 16.0 ± 5.5     | 2.8 - 29.5    |  |
| 左足趾把持力（Kg） |                          | 15.8 ± 4.7     | 4.2 - 22.8    |  |
| 快適歩行       | ストライド長（m）                | 1.45 ± 0.10    | 1.20 - 1.61   |  |
|            | 歩行周期時間（秒）                | 1.03 ± 0.08    | 0.89 - 1.29   |  |
|            | 歩行速度（m/s）                | 1.42 ± 0.16    | 1.00 - 1.79   |  |
| 最速歩行       | ストライド長（m）                | 1.72 ± 0.14    | 1.46 - 1.97   |  |
|            | 歩行周期時間（秒）                | 0.88 ± 0.10    | 0.63 - 1.04   |  |
|            | 歩行速度（m/s）                | 1.98 ± 0.25    | 1.43 - 2.67   |  |
| 最大2歩幅長（m）  |                          | 2.23 ± 0.38    | 0.87 - 2.65   |  |

表2 足趾把持力と各測定指標との相関関係

| 地域在住<br>男性高齢者<br>(n=24) | 年齢   | 身長   | 体重   | BMI  | 快適歩行       |            |          | 最速歩行       |            |          | 2-step<br>値 |
|-------------------------|------|------|------|------|------------|------------|----------|------------|------------|----------|-------------|
|                         |      |      |      |      | ストライド<br>長 | 歩行周期<br>時間 | 歩行<br>速度 | ストライド<br>長 | 歩行周期<br>時間 | 歩行<br>速度 |             |
| 足趾把持力                   | 0.40 | 0.30 | 0.29 | 0.13 | 0.46 *     | 0.05       | 0.27     | 0.62 **    | -0.05      | 0.44 *   | 0.50 *      |

Pearsonの積率相関係数 \*\* : P<0.01 \* : P<0.05

表3 足趾把持力に影響する要因

|             | 非標準化<br>係数 | 標準誤差  | 標準化<br>係数 | 有意確率<br>(p) | 95%信頼区間 |       | VIF  |
|-------------|------------|-------|-----------|-------------|---------|-------|------|
|             |            |       |           |             | 下限      | 上限    |      |
| 定数          | -32.70     | 11.47 |           | 0.01        | -56.70  | -8.69 |      |
| 快適速度・ストライド長 | 7.29       | 9.21  | 0.15      | 0.44        | -11.99  | 26.58 | 1.61 |
| 最速歩行・ストライド長 | 16.88      | 7.02  | 0.48      | 0.03        | 2.19    | 31.56 | 1.72 |
| 最速歩行・歩行速度   | -0.94      | 4.10  | -0.05     | 0.82        | -9.52   | 7.65  | 1.87 |
| 2-step 値    | 7.83       | 4.14  | 0.37      | 0.07        | -0.84   | 16.49 | 1.66 |

重回帰分析, R=0.75, R<sup>2</sup>=0.56, ANOVA p<0.01, VIF (variance inflation factor)

## 考 察

地域在住男性高齢者の足趾把持力と歩行パラメータおよび2-step値の関係を確認した結果、快適歩行ではストライド長、最速歩行ではストライド長と歩行速度といった歩行パラメータとの関係が認められ、動的バランスの指標として採用した2-step値とも相関が認められた。この結果は相馬<sup>6)</sup>が先行研究の概観から足趾把持力には姿勢制御と前方への推進力の作用があると述べている点と一致していた。さらに重回帰分析における標準化係数の結果より、足趾把持力に最も影響を与える要因には標準化係数が0.48にて有意差の認められた最速歩行のストライド長が選択された。

本研究の対象者となった地域在住男性高齢者は、年齢の平均値が73.2±2.1歳で、足趾把持力は右平均16.0±5.5Kg、左平均

15.8±4.7Kgであった。この値は、村田ら<sup>20)</sup>が示した男性高齢者49名(74.1±5.8歳)に関する足趾把持力の平均8.8±3.5Kgや、新井ら<sup>9)</sup>の示した男性高齢者30名(77.2±6.2歳)に関する足趾把持力の平均9.3±3.4Kgよりも大きな値であった。本研究の対象者が示した足趾把持力は、Uritaniら<sup>21)</sup>による年代別の足趾把持力平均値における40歳代の平均15.8±6.2Kgに最も近い値で、年齢に比べて高い値を示していた。一方でストライド長の基準値については、自由な速度の歩行で身長80～90%、速い歩行では身長100～110%と言われており、高齢者では短くなることが示唆されている<sup>22)</sup>。これらを本研究の対象者の身長に当てはめて比較してみると、快適歩行の平均ストライド長1.45mは基準値となる1.32～1.49mに当てはまっており、最速歩行の平均ストライド長

1.72 m も基準値となる 1.65 ~ 1.82 m の範囲内となっていた。本研究の対象者はウォーキング講座に主体的に参加した男性高齢者であるため、先行研究の被験者となっていたミニデイサービスの通所者<sup>20)</sup>やNPO 法人が主催した講習会の参加者<sup>9)</sup>よりも強い足趾把持力を維持できていたのではないかと予想される。

本研究において男性高齢者の足趾把持力に影響を与える要因は、最速歩行のストライド長であった。村田ら<sup>23)</sup>は女子学生の足趾把持力発揮に最も影響を与える要因として足部アーチ効率と足部柔軟性を挙げている。対象者が要介護女性高齢者になると影響要因は足部柔軟性の一項目のみになることが報告され<sup>24)</sup>、足部の柔軟性が大きいほど足趾の移動距離が大きくなり「筋力×距離=仕事量」という関係から足趾把持力が大きくなると考察されている<sup>6)</sup>。これらの研究において対象となった女子学生の足趾把持力は平均 10.0 ± 3.0 Kg、要介護女性高齢者の足趾把持力は平均 4.46 ± 1.48 Kg で、前者は本研究対象者の約 2/3、後者は約 1/3 の大きさであった。以上より、先行研究と本研究の相違点は、対象者の性別と足趾把持力の大きさと言える。性別が男性で加齢変化が出現する以前の足趾把持力を保持できていれば、最速歩行のストライド長を大きくとることがより大きな足趾把持力の保持に結びつく可能性が示された。

これまで足趾把持力が低下するために姿勢制御能力や歩行速度が低下すると考えられてきた。このため、①足趾で地面を手繰りよせるようにして歩く足趾歩行、②起坐位でのビー玉掴み、③タオルのたぐり寄せ運動などの足趾把持力トレーニングを行うことによって足趾把持力の向上を図り<sup>7, 25)</sup>、要介護高齢者の転倒予防に結びつける試みが行われてきた<sup>26)</sup>。本研究結果からはこれらの知見に加えて、ストライド長の大きな最速歩行を意識

することが加齢に基づく足趾把持力低下の出現していない男性にとって、有効な足趾把持力の低下防止法になる可能性が示された。

本研究は、歩行に関する健康志向の強い男性高齢者が対象者の中心であったため、高齢者全般を代表しているとは言い難く、対象者数も十分とは言えない。さらに、日常生活における運動習慣の確認を行っていないため、足趾把持力の強い対象者が足趾把持力に関係したトレーニングを日常的に行っている可能性を否定できない。今後は対象者の拡大とともに、日常生活で行っている運動の内容や歩行状況も確認し、足趾把持力を維持できている男性高齢者のより詳細な影響因子を確認していきたい。同時に足趾把持力に影響する速歩についてストライド長の大きさ、持続時間、実施頻度などを探索し、足趾把持力の予防手段を個々の対象者の状態に合わせて提供できるような方法論の確立に努める必要がある。

## 結論

本研究の対象者となった男性高齢者の足趾把持力は、先行研究の 40 歳代の平均値に近似していること、歩行パラメータや動的バランスと正の相関を示していること、そして足趾把持力を従属変数とした場合には最速歩行のストライド長が最も影響を与えていることが明らかとなった。このことから、加齢に基づく足趾把持力の顕著な低下が出現する以前の足趾把持力が保持されている男性の場合、速歩におけるストライド長を大きく保持することが足趾把持力の低下防止に結びつく可能性が示された。

## 謝辞

本研究にご協力をいただきました被験者の皆様に心より感謝を申し上げます。

## 文献

- 1) 村田伸：高齢者の転倒予防 足趾把持力に関する研究. 姫路, 学術研究社, 2-4, 2018.
- 2) 半田幸子, 堀内邦雄, 他：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 40(3) : 139-147, 2004.
- 3) 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
- 4) 木藤伸宏, 井原秀俊, 他：高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果. 理学療法学 28(7) : 313-319, 2001.
- 5) 村田伸, 津田彰：在宅障害後期高齢者に対する足趾把持力トレーニングの効果. 健康支援 7(1) : 11-18, 2005.
- 6) 相馬正之：歩行時の Toe clearance と足趾把持力について－転倒予防の観点から－. ヘルスプロモーション理学療法研究 6(1) : 1-7, 2016.
- 7) 金子諒, 藤澤真平, 他：足趾把持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について. 理学療法科学 24(3) : 411-416, 2012.
- 8) 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趾把持トレーニング. 日本在宅ケア学会誌 7(2) : 67-74, 2004.
- 9) 新井智之, 藤田博暁, 他：地域在住高齢者における足趾把持力の年齢, 性別および運動機能との関連. 理学療法学, 489-496, 38(7), 2011.
- 10) 岩瀬弘明, 村田伸, 他：高齢患者の最速歩行と最大低速歩行に及ぼす下肢筋力の貢献度－大腿四頭筋筋力と足把持力に着目して－. ヘルスプロモーション理学療法研究 2(4) : 163-167, 2012.
- 11) 辻井優衣, 村尾太郎, 他：地域在住女性高齢者の最速歩行時の歩行パラメータと身体機能の関連. ヘルスプロモーション理学療法研究 8(2) : 63-70, 2018.
- 12) 松村剛志：地域在住高齢者の性別による足趾把持力と歩行パラメータとの関係. 常葉大学保健医療学部紀要 14(1) : 15-20, 2023.
- 13) 村田伸, 村田潤, 他：地域在住女性高齢者の足把持力と胸椎後彎角との関係. 理学療法科学 23(5) : 601-607, 2008.
- 14) 佐々木諒平：足趾機能がバランス能力に与える影響について. 理学療法－臨床・研究・教育 17 : 14-17, 2010.
- 15) 弓岡まみ, 村田伸, 他：地域在住女性高齢者の浮き趾と身体機能との関係. 地域リハビリテーション 13 (5) : 383-387, 2018.
- 16) Hori K, Mao Y, et al.: Inertial Measurement Unit-Based Estimation of Foot Trajectory for Clinical Gait Analysis. *Front.Physiol.*10:1530,2020.doi:10.3389/fphys.2019.01530. (accessed 2020-2-20)
- 17) 新井智之, 藤田博暁：高齢者の移動能力低下を評価する2ステップテストの有用性の検討. 運動器リハビリテーション 28(3) : 302-309, 2017.
- 18) 藤谷順三, 岸本裕歩：高齢者におけるバランス機能と身体的フレイルとの関連. 健康科学 44 : 19-31, 2022.
- 19) 村永信吾, 平野清孝：2 ステップテストを用いた簡便な歩行能力推定法の開発. 昭和医学会雑誌 63(3), 301-308, 2003.
- 20) 村田伸, 大山美智江, 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 22(4) : 499-503, 2007.
- 21) Uritani D, Fukumoto T, et al.: Reference values for toe grip strength among Japanese adults aged 20 to 79 years: a cross-sectional study. *Journal of Foot and Ankle Research* 7(1), 2014. <https://jfootankleres.biomedcentral>.

com/articles/10.1186/1757-1146-7-28.

(accessed 2023-9-17)

- 22) 中村隆一, 齋藤宏, 他: 基礎運動学第6版補訂. 東京, 医歯薬出版, 380-381, 2012,
- 23) 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.
- 24) 安田直史, 村田伸: 要介護高齢者の足把持力と足部柔軟性および足部形状との関連. 理学療法科学 25(4): 621-624, 2010,
- 25) 相馬正之, 五十嵐健文, 他: 足趾把持力トレーニングが Functional Reach Test や最大1歩幅, 歩行能力に与える影響. ヘルスプロモーション理学療法研究 2(2): 59-63, 2012.
- 26) 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趾把持トレーニング. 日本在宅ケア学会誌 7(2): 67-74, 2004.

