

## 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の関係

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、地域在住高齢者を対象に男女別の足趾把持力と歩行パラメータの関係を快適速度と最大速度において検討することである。対象者は、地域在住高齢者46名（男性18名、女性28名）とした。調査項目は各群の基本条件、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、歩行速度を採用した。男女間での比較は、足趾把持力においては左右の平均値を体重で除した体重比、ストライド長は身長で除した身長比に換算した数値を用いた。その結果、体格による影響を取り除くと、最大速度におけるストライド長のみ男性が有意に大きな値を示していた。足趾把持力と各歩行パラメータとの関係は、男性において最大速度のみでストライド長との間に中等度の正の相関が認められ、歩行速度との間に軽度の正の相関が確認された。足趾把持力と歩行パラメータとの関係には最大速度下における性差が存在し、男性のみで足趾把持力とストライド長が関係していた。高齢者に対して転倒予防のための足趾把持力への働きかけを行う場合、女性と男性では指導内容を変えていく必要性が示唆された。

キーワード：地域在住高齢者、足趾把持力、歩行パラメータ

### はじめに

足趾把持力は「地面を足趾・足底で掴む力であり、短母趾屈筋、長母趾屈筋、虫様筋、短趾屈筋、長趾屈筋などの作用により起こる複合運動の力」と定義され<sup>1)</sup>、その低下は高齢者におけるバランス能力の低下に影響していることが明らかとなっている<sup>2,3,4)</sup>。さらに複数の前向き研究によって、足趾把持力トレーニングが転倒予防に効果的であることも示されている<sup>5,6)</sup>。このように姿勢制御の役割を担っている足趾把持力は、歩行時の前方

推進力にも寄与していると考えられている<sup>7)</sup>。健常若年者を対象とした横断的調査では、最大歩行速度、歩幅および歩行率と足趾把持力との間に中等度の正の相関が認められ、快適歩行速度との間には軽度の正の相関が報告されている<sup>8)</sup>。前向き調査では、足趾把持力トレーニングによる足趾把持力増強が最大歩行速度の向上に結びついたとの報告も認められる<sup>9)</sup>。しかし高齢者を対象者とした場合には、足趾把持力と歩行パラメータとの間で確定的な見解が得られていない。

新井ら<sup>3)</sup>は地域在住健常中高年者を対象として足趾把持力と最大歩行速度の間には中等度の正の相関があることを報告し、村田ら<sup>5)</sup>は女性虚弱高齢者を対象に足趾把持力トレーニング後に最大歩行速度が向上したことを明らかにしている。一方で高齢入院患者を対象とした岩瀬ら<sup>10)</sup>の調査では、足趾把持力は最大歩行速度の歩行パラメータとは有意な相関を示さず、最大低速歩行の歩行率と中等度の正の相関、ストライド長との間に強い正の相関を示していた。さらに地域在住女性高齢者を対象とした辻井ら<sup>11)</sup>の調査では、足趾把持力と歩行速度やストライド長といった歩行パラメータとの間に有意な相関を示すことはなかった。

このように足趾把持力は姿勢制御に資することは明確となっているものの、歩行時の前方推進力への貢献については見解が定まっていない。さらに性差や年代別に移動能力との関連を検討する必要性が示されている<sup>3)</sup>。そこで今回、地域在住高齢者を対象に男女別の足趾把持力と歩行パラメータとの関係を快適速度と最大速度において検討した。

## 対象および方法

### 1. 対象

2020年10月から2022年9月の間にて、静岡県西部地域にて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高齢者46名（男性18名、女性28名、平均年齢72.0±5.1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、基本属性として性別、年齢、身長、体重、体格指数（Body

Math Index, BMI）を確認した。さらに左右の足趾把持力、歩行パラメータとして日常生活で用いている快適速度での歩行（以下、快適歩行）および最大速度での早歩き（以下、最速歩行）におけるストライド長、歩行周期時間、歩行速度も調査した。

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、端座位にて膝関節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体重比百分率（以下、%足趾把持力）に換算して使用した<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>12)</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。ストライド長は身長の影響を取り除くため、身長比百分率（以下、%ストライド長）に換算して統計解析を行った。

### 3. 分析方法

性別による基本属性、足趾把持力、各歩行パラメータの相違を確認するため対応のないT検定を使用した。%足趾把持力、快適歩行および最速歩行における%ストライド長の性差の比較にも対応のないT検定を用いた。%足趾把持力と各歩行パラメータとの関連性の検討にはPearsonの積率相関係数を使用した。

### 結 果

性別による基本属性、足趾把持力、歩行パラメータの比較では身長、体重、左右の足趾把持力、快適および最速歩行でのストライド長にて男性が有意に大きな値を示し、快適および最速歩行の歩行周期時間にて男性の有意

な延長が明らかとなり、最大歩行速度も男性が有意に速かった(表1)。

体格による影響を取り除くと、最速歩行での%ストライド長のみ男性 $1.05 \pm 0.09$ 、女性 $0.97 \pm 0.10$ にて男性が有意に大きな値を示した。しかし、%足趾把持力と快適歩行における%ストライド長には男女間の有意差を認めなかった(表2)。

%足趾把持力と各歩行パラメータとの相関関係を表3に示す。快適歩行においては%足趾把持力と各歩行パラメータの間に有意な相関関係を認めなかった。一方、最速歩行では男性のみにおいて%ストライド長との間に中等度の正の相関( $r = 0.67$ )、歩行速度との間に軽度の正の相関( $r = 0.48$ )が認められた。

表1 性別による基本属性、足趾把持力および歩行パラメータの比較

項 目	男 性 ( n = 18 )	女 性 ( n = 28 )		
基本属性	年 齢 (歳)	72.9 ± 5.0	71.5 ± 5.2	
	身 長 (cm)	166.6 ± 6.0	154.1 ± 4.6	**
	体 重 (Kg)	59.5 ± 7.7	52.2 ± 5.4	**
	体格指数 (Kg/m <sup>2</sup> )	21.5 ± 2.7	22.0 ± 2.4	
右足趾把持力 (Kg)	16.70 ± 6.80	12.31 ± 3.88	*	
左足趾把持力 (Kg)	15.92 ± 4.54	11.43 ± 4.08	**	
快適歩行	ストライド長 (m)	1.48 ± 0.08	1.37 ± 0.13	**
	歩行周期時間 (秒)	1.03 ± 0.09	0.94 ± 0.05	**
	歩行速度 (m/s)	1.44 ± 0.16	1.46 ± 0.16	
最速歩行	ストライド長 (m)	1.75 ± 0.14	1.49 ± 0.16	**
	歩行周期時間 (秒)	0.90 ± 0.09	0.83 ± 0.07	*
	歩行速度 (m/s)	1.96 ± 0.25	1.80 ± 0.17	*

平均値±標準偏差

\*\* : P<0.01    \* : P<0.05

表2 体格要因を取り除いた足趾把持力とストライド長の性差の比較

項目	男性 (n = 18)	女性 (n = 28)	
%足趾把持力	0.27 ± 0.09	0.23 ± 0.07	
快適歩行 : %ストライド長	0.89 ± 0.06	0.89 ± 0.09	
最速歩行 : %ストライド長	1.05 ± 0.09	0.97 ± 0.10	**

平均値±標準偏差

\*\* : P<0.01 \* : P<0.05

%足趾把持力 : 左右の足趾把持力の平均値を体重百分率に換算した値

%ストライド長 : ストライド長を身長百分率に換算した値

表3 男女別の%足趾把持力と歩行パラメータとの単相関分析

	快適歩行			最速歩行		
	%ストライド長	歩行周期時間	歩行速度	%ストライド長	歩行周期時間	歩行速度
男性 (n=18)						
%足趾把持力	0.44	0.03	0.22	0.67 **	-0.12	0.48 *
女性 (n=28)						
%足趾把持力	0.00	0.07	-0.06	0.16	0.21	-0.04

\*\* : P<0.01 \* : P<0.05

%足趾把持力 : 左右の足趾把持力の平均値を体重百分率に換算した値

%ストライド長 : ストライド長を身長百分率に換算した値

## 考察

地域在住高齢者においては、体格差の影響を取り除くと%最速歩行のストライド長が男性で有意に大きくなっていった。また、足趾把持力と歩行パラメータとの関係では、男性において最速歩行での%ストライド長と歩行速度が%足趾把持力との間に正の相関を認め、これらの結果から、高齢者における足趾

把持力の性差は体格差の影響によるもので、男性の最大速度において足趾把持力が歩行パラメータと関係している点が生差によるものと確認できた。

足趾把持力の発揮に関する影響因子は、対象者が若年者という限定の下ではあるが、体重、足部アーチ効率、足部柔軟性の3項目と考えられている<sup>13)</sup>。体重は一般的に男性の

方が大きいと、その影響を取り除くと男女間での足趾把持力の有意差は認められなかった。この結果より、体重は年齢に関係なく足趾把持力へ影響している可能性が示された。これに対して男性が高いと想定される身長の影響を取り除いても、%最速歩行におけるストライド長は男性が有意に大きな値を示していた。60歳以降の歩幅の低下には、筋力低下の関与が示唆されている<sup>14)</sup>。体格が同一であれば女性に対して男性の筋力が大きいことは自明である。さらに最大一步の大きさには大腿四頭筋が影響しているとの報告もある<sup>15)</sup>。本研究では大腿四頭筋筋力は確認していないが、男女間の大腿四頭筋筋力の相違が歩幅同様にストライド長においても男性が有意に大きな値を示した要因となったのではないかと想定される。

一方で%足趾把持力は、男性のみにおいて最速歩行での%ストライド長と歩行速度との間に正の相関を示していた。歩行速度の変化には歩幅と歩行率の変化が関与していると考えられており<sup>14)</sup>、歩幅をストライド長に置き換えることができる。歩行速度を上げる場合、下肢筋力の強い者はストライド長の増加、下肢筋力が弱い者は歩行率の増加にて対応することが明らかとなっている<sup>16)</sup>。このため、本研究において足趾把持力の強い男性ではストライド長が大きいという結果が得られたものと考えられる。相馬ら<sup>15)</sup>の調査では、足趾把持力は最大一步幅と正の相関を示すものの、重回帰分析の結果からは影響因子には挙げられなかった。相馬らの調査対象者は健常若年女性で、足趾把持力は平均  $18.0 \pm 4.8\text{Kg}$  と報告されている。この値は本研究の男性高齢者の平均値よりも高い。よって、対象者の条件の相違が本研究結果との相違の背景にあるものと推察される。しかしながら、足趾把持力の強さがストライド長と正の相関を示していることは共通している。このため、高齢男性程度に足趾把持力が保たれている場合、

ストライド長を大きくとる歩行を日常生活の中で行うことが足趾把持力を保持することに繋がる可能性を見出すことができる。つまり、転倒予防として足趾把持能力の低下防止を働きかける場合、女性高齢者や足趾把持力の低い虚弱男性高齢者には足趾把持力トレーニング<sup>5,6)</sup>の指導が必須であり、健常男性高齢者には歩幅を広くとった速歩のアドバイスで目的を達成できる可能性が示された。

本研究は、健康志向の強い前期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、下肢筋力への考察は測定結果に基づいたものではない。このため、対象者の範囲の拡大と歩行への関連が明らかとなっている他の下肢筋群の測定実施が必要であると考えられた。

## 結論

本研究は、地域在住高齢者を対象に男女別の足趾把持力と歩行パラメータの関係を快適速度と最大速度において検討した。身長、体重、左右の足趾把持力、快適および最大速度でのストライド長で男性が有意に大きな値を示し、快適および最大速度の歩行周期時間では男性の有意な延長、さらに最大速度は男性が有意に速いことが明らかとなった。体格による影響を取り除くと、最大速度におけるストライド長のみ男性が有意に大きな値を示し、足趾把持力と各歩行パラメータとの関係は男性の最大速度のみでストライド長および歩行速度との間に正の相関が認められた。足趾把持力と歩行パラメータとの関係には歩行速度による差異と性差が存在し、女性高齢者や足趾把持力の低い虚弱男性高齢者と健常男性高齢者では転倒予防のための足趾把持力に対する指導内容を変えなければいけない可能性が示された。

## 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, 学術研究出版, 4, 2018.
- 2) 村田伸, 忽那龍雄：在宅障害高齢者の足趾把持力と転倒との関連. 国立大学理学療法士学会誌 24 : 8-13, 2003.
- 3) 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.
- 4) 露口亮太, 黒瀬聖司, 他：Fall Risk Index を用いた高齢者の転倒スコアと足趾把持筋力の関係. 日本臨床スポーツ医学会誌 26(1) : 28-32, 2018.
- 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趾把持トレーニング. 日本在宅ケア学会誌 7(2) : 67-74, 2004.
- 6) 山田洋, 内山秀一：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. 東海大学紀要体育学部 48 : 13-19, 2018.
- 7) 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.
- 8) 相馬正之, 五十嵐健文, 他：若年者における足趾把持力と歩行能力の関係について. 東北理字学療法学 24 : 54-58, 2012.
- 9) 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.
- 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) 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 2020-22-20).
- 13) 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)24 : 207-212, 2003.
- 14) 細田多穂, 柳沢健：理学療法ハンドブック第1巻 理学療法の基礎と評価. 東京, 協同医書出版, 275-282, 2010.
- 15) 相馬正之, 村田伸, 他：最大一步幅に影響をあたえる因子の検討. ヘルスプロモーション理学療法研究 6(2) : 73-77, 2016.
- 16) 中村隆一, 齋藤博, 他：基礎運動学第6版. 東京, 医歯薬出版, 407-408, 2003.