

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*

半田幸子**, 堀内邦雄***, 青木和夫***

Toes and soles of feet have an important role to keep stability in standing posture and to perform the bipedal locomotion. The purpose of this study is to develop a toes grasping strength meter, then to examine age-related changes and the relationship between the toes grasping strength and postural control performance. A remodeled Smedley's dynamometer was fixed on a panel and an adjustable ankle holder was set on the panel to measure the toes grasping strength. At first, we examined the reproducibility of the measuring method and the correlation coefficient of two separate measures was 0.973. Then we measured toes grip strength of 97 male and female subjects aged 20 to 84 with the measurement of grip strength, postural sway, foot-balance, functional reach and time of 10 m walk. The results showed that the toes grasping strength was related to age and declined by ageing faster than grip strength. The toes grasping strength had significant correlation coefficients with grip strength, foot-balance with eyes open, functional reach and the time of 10 m walk but had no correlation with postural sway. It was suggested that the toes grasping strength related to the function of postural control at standing position, especially the tolerance to falling forward, and it can be applied to the prevention of falling accidents of the elderly.

足趾および足底が立位や歩行に果たす役割は重要である。本研究は足趾把握筋力の測定器を作製し、足趾把握筋力の加齢による変化と、立位の平衡調整能力および歩行時間との関係について検討することを目的とした。測定器はSmedley式握力計を改良して試作した。足関節を保持する支柱の位置は被験者の足長に応じて調整可能にした。測定値の再現性は $R=0.953$ で良好であることを確認した。被験者は各年代層を含む男女97名(20~84歳)とした。測定項目は足趾把握筋力、握力、重心動揺、片足立位保持時間、上肢前方到達距離および、10m歩行時間とした。その結果以下のことが明らかになった。(1)足趾把握筋力は加齢により低下し、低下率は握力よりも大きい傾向を示した。(2)足趾把握筋力と握力、開眼片足立位保持時間、上肢前方到達距離および、10m歩行時間の間には有意な相関が認められた。(3)重心動揺とは相関が認められなかった。これらのことを検討した結果、足趾把握筋力は立位の保持や前傾への耐性などの平衡調整に影響を与えたと考えられ、高齢者の転倒事故対策などに応用可能であると思われる。

(キーワード：足趾把握筋力、握力、重心動揺、片足立位保持時間、上肢前方到達距離、10m歩行時間)

1. はじめに

我が国の高齢化は急速に進行しており、今後十数年で、国民の4人に1人が65歳以上という超高齢社会を迎えると予測されている。高齢期の主要な健康問題である“寝たきり”あるいは“要介護状態”の予防のため、包括的な保健・医療・福祉サービスの一環として、転倒対策は注目すべき課題である¹⁾。高齢者の転倒は、“つまずき”や“滑り”などの偶発的な因子をもつとともに、ひとたび姿勢が乱れると、立ち直るための平衡調整

能力や防御反応が適切に発揮されずに発生することが多い。転倒防止のためには、下肢の運動機能や姿勢調整能力の維持・向上を図ることが重要な課題とされている²⁾。立位姿勢を保持する際、まず直接地面と接するのは足部である。立位・歩行における足部の機能的役割は、主として足底の皮膚や足部の筋・腱等を介して情報収集を行う受容器としての役割と、身体を支え転倒しないように体重心の位置を調節する効果器としての役割があるといわれている³⁾。このとき足趾は、立位・歩行時の姿勢の安定性に関与していることが報告されている⁴⁻⁹⁾。また、足趾・足底訓練等による足趾把握筋力の強化により、静的立位姿勢の重心動揺に改善効果がみられたとの報告もあるが¹⁰⁻¹⁴⁾、一方、足趾の関与がほとんどないとの報告もあり^{15,16)}、見解は統一されていない。さらに、足趾把握筋力と下肢運動機能や姿勢調整能力の関連・改善が転倒予防と関連するという報告もある

* 受付：2003年10月6日 受理：2004年3月11日

** 帝京大学医学部附属溝口病院リハビリテーション部
Teikyo University Mizonokuchi Hospital

*** 日本大学大学院理工学研究科医療・福祉工学専攻
Medical and Welfare Engineering, Graduate School of Science and Technology, Nihon University

が^{2,14,17~19}), 足趾把握筋力の強さについて検討した報告は少ないのが現状である。そこで, 本研究では足趾把握筋力の測定器を作製し, 足趾把握筋力の加齢による変化の検討と, 立位の平衡調整能力および歩行時間との関係について検討することを目的とした。

2. 足趾把握筋力計の試作

足趾把握筋力(つまり足趾の屈曲筋力)の測定器は, 現在市販されていないため, 三輪車の方法を参考に, 足趾把握筋力を測定するための測定器を作製した²⁰。試作した足趾把握筋力計の写真を図1に示す。製作には市販されている Smedley 式握力計(グリップ-A, 竹井機器工業)を利用した。握力計外側の固定されているグリップを取り外し, 測定器ベースに金属板とビスで固定した。足を乗せるためのスライド板には, 足関節を底背屈0度に保持するための支柱を取り付け, 支柱には下腿部を保持するためのカフが取り付けられている。スライド板は測定器ベースの上を7cm移動することができるようにし, 移動距離を読む目盛りをつけた。このスライド板は, 被検者の足部の長さに応じて調整したのち, ナットで固定できるようにした。

2-1. 足趾把握筋力計測定再現性の評価

作製した測定器の再現性を検討するための実験を行った。

2-1-1. 方法

被験者は座位にて膝関節90度屈曲, 足関節底背屈0度の肢位にて, 図1のように, 足趾で把持バーを握っ

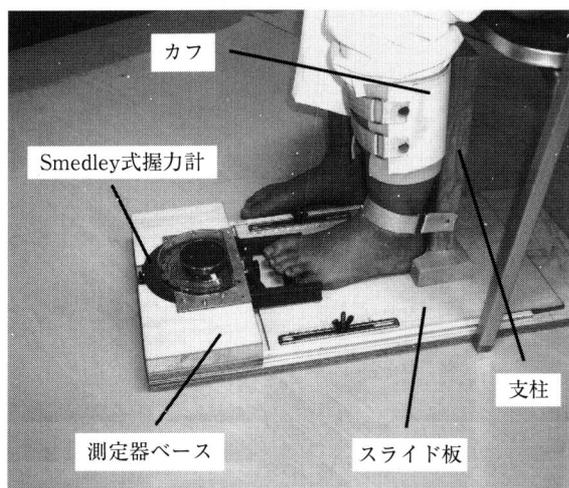


図1 試作した測定器を使用した足趾把握筋力の測定
Fig.1 Measurement of toes grasping strength using the trial production measuring device.

た。測定者は同一人物とし, 5~7日の間隔をあげ再測定をした。1回目と2回目で各5回の測定を行い, その平均値を求めた。統計解析には対応のあるt-検定による比較と相関係数を求めた。測定は日常生活に特に支障のない運動機能を有した被験者20名(男性4名, 女性16名)の40肢を対象とした。被験者の平均年齢は 33.9 ± 12.1 歳であった。

2-1-2. 結果

測定結果は図2に示すように, 足趾把握筋力の1回目の平均99.4 N (10.14 kgf), 2回目の平均97.3 N (9.93 kgf)であり, 対応のあるt-検定にて, 有意差は認められなかった。1回目と2回目の測定結果の相関は図3に示すように, 相関係数は $R=0.973$ と高い値を示した。級内相関係数による再現性の解釈は0.9以上が優秀とされており²¹), 本測定器は再現性が高かった。

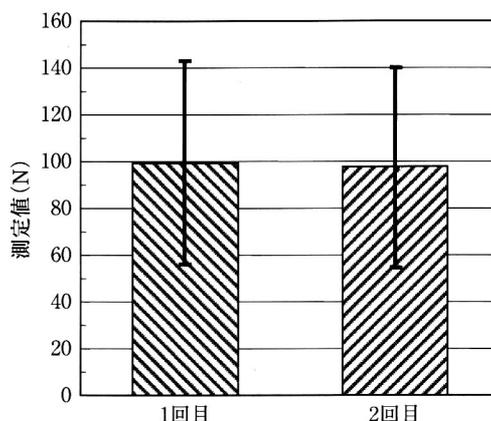


図2 1回目と2回目の足趾屈曲筋力測定の平均値
Fig.2 Average value of the first time toes grasping strength measured value and the second time.

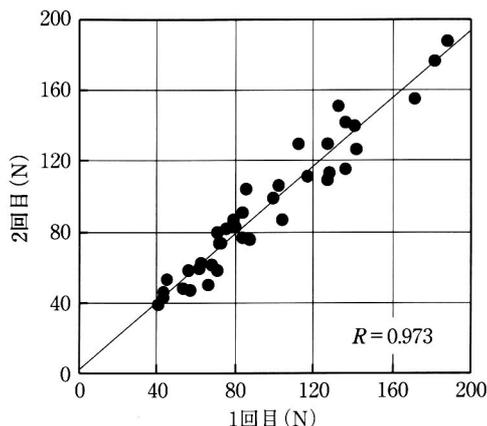


図3 1回目と2回目の足趾屈曲筋力測定値の相関
Fig.3 Correlation between the first time toes grasping strength measured value and the second time.

表1 被験者の年齢および身体データ

Tab.1 Subjects age and body data.

	平均			標準偏差			最小値			最大値		
	男	女	全体	男	女	全体	男	女	全体	男	女	全体
年齢	47.6	45.4	46.4	17.7	16.3	16.9	20	22	20	84	78	84
体重 (kg)	63.7	52.6	57.8	7.9	8.0	9.7	40	42	40	80	85	85
身長 (m)	1.662	1.555	1.606	0.070	0.057	0.083	1.48	1.42	1.42	1.82	1.66	1.82
足長 (cm)	25.5	23.4	24.4	1.1	0.7	1.4	23.5	22.0	22.0	27.5	24.5	27.5

3. 足趾把握筋力の測定と立位の平衡調整能力の関係

足趾把握筋力の年代推移および足趾把握筋力と立位の平衡調整能力および歩行時間の関連性を検討するための実験を行った。

3-1. 方法

実験では足趾把握筋力、握力、重心動揺、片足立位保持時間、上肢前方到達距離および、10 m 歩行時間を測定した。足趾把握筋力は、作製した足趾把握力計を用い、左右各5回の計10回を測定し、その平均値とした。握力は、Smedley式握力計（グリップ-A、竹井機器工業）を用い、文部科学省式の測定方法に準じて行った。左右の握力を各2回測定し計4回の平均値とした。重心動揺は、重心動揺計（グラビコーダGS-11タイプE、アニマ）を用い、日本平衡神経科学会が示す、重心動揺検査の標準基準方法を基準とした。測定時間は開眼30秒とし、1.5 m前方の指標を注視し測定した。評価指標として総軌跡長、外周面積および、実効値面積の値を用いた。片足立位保持時間は、閉、開眼おのおのでの左右片足立位保持時間をストップウォッチにて測定した。測定時間は最大60秒間とし、左右各2回測定し計4回の平均値を用いた。上肢前方到達距離は、被験者が肩幅に開脚した立位で肩関節を90度挙上保持し、足を動かさないように前方にできるだけ傾斜し、中手指節関節の移動距離を測定した。測定中の写真を図4に示す。測定値は2回試行したうちの最大値とした。10 m歩行時間は、15 mの距離を“できるだけ早く歩いてください”と指示した最速歩行と、“歩きやすい早さで歩いてください”と指示した自由歩行の2種類を行った。計測値はコースの中央10 m区間の移動に要した時間をストップウォッチにて測定し、おのおのの最速値を用いた。

各項目とも裸足にて測定した。測定の順序は、最初に重心動揺測定を行った以外は特に限定していない。各測定ごとに着席して1分間以上の休息をおいた。統計解析

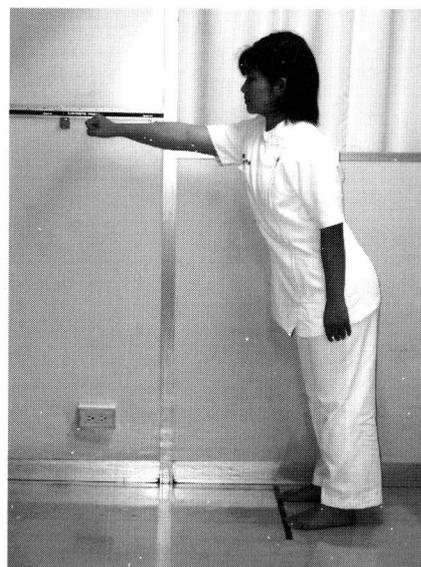


図4 上肢前方到達距離の測定

Fig.4 Measurement of functional reach.

は足趾把握筋力と各測定項目との関係を、Pearsonの相関係数を求め検討した。

被験者は20～84歳の97名（男性45名、女性52名）で神奈川県内の某病院に勤務する職員および患者家族、近隣在住者の方で、日常生活に特に支障のない運動機能を有した者とした。被験者の年代内訳は20歳代19名、30歳代25名、40歳代10名、50歳代16名、60歳代15名、70歳以上12名で、すべての被験者に対し、口頭にて実験の主旨を説明し同意を得た。被験者全体の年齢および身体データの平均と範囲を表1に示す。

3-2. 結果

各測定値の男女別年代別平均値を表2に示す。足趾把握筋力の測定結果を図5に示す。足趾把握筋力の年代別平均は20歳代117.9 N (12.0 kgf)と、30歳代118.3 N (12.1 kgf)が最も高く、40歳代108.5 N (11.1 kgf)、50歳代83.1 N (8.5 kgf)、60歳代76.5 N (7.8 kgf)、70歳以上60.6 N (6.2 kgf)であった。男女別では、男性は30歳代が最高で20歳代と40歳代ではほ

表2 各測定値の年代別平均

Tab. 2 The average of the each measurement value by the age.

		体重 (kg)	身長 (m)	足長 (cm)	足趾把握筋力 (N)	握力 (N)	重心動揺			片足立位保持時間		上肢前方到達距離 (cm)	10 m 歩行時間	
							総軌跡長 (cm)	外周面積 (cm ²)	実効値面積 (cm ²)	開眼 (s)	閉眼 (s)		最高 (s)	自由 (s)
20 歳代	男	63.7	1.71	26.3	142.8	454	32.5	1.19	1.19	57.3	16.1	36.1	4.6	7.3
	女	53.0	1.59	23.7	95.6	314	32.4	1.21	1.29	60.0	15.6	34.1	5.1	7.2
	全体	58.1	1.65	24.9	117.9	380	32.4	1.20	1.24	58.7	15.9	35.0	4.8	7.3
30 歳代	男	68.0	1.70	25.8	157.2	431	43.9	1.73	1.47	58.0	6.6	38.5	4.8	7.5
	女	48.8	1.59	23.5	92.3	297	32.9	1.31	1.22	59.2	19.8	35.8	4.8	7.7
	全体	56.5	1.63	24.4	118.3	350	37.3	1.47	1.32	58.7	14.5	36.9	4.8	7.6
40 歳代	男	68.2	1.66	25.9	135.9	432	42.2	2.02	1.82	53.9	4.0	32.0	5.2	7.3
	女	53.4	1.57	23.5	81.1	274	29.8	1.08	1.04	52.9	7.4	31.6	5.2	7.6
	全体	60.8	1.62	24.7	108.5	353	36.0	1.55	1.43	53.4	5.7	31.8	5.2	7.5
50 歳代	男	62.3	1.65	25.2	98.4	383	50.6	2.47	1.96	31.9	2.7	34.8	5.2	7.8
	女	58.3	1.52	23.2	63.4	238	34.5	1.36	1.22	45.7	9.0	32.1	5.3	7.5
	全体	60.5	1.60	24.3	83.1	319	43.5	1.98	1.64	38.0	5.4	33.6	5.2	7.7
60 歳代	男	60.7	1.61	24.9	100.9	334	55.1	2.14	1.74	26.7	2.1	30.9	5.6	7.7
	女	51.8	1.50	22.9	55.1	224	37.2	1.88	1.88	35.3	5.0	29.9	5.5	7.8
	全体	55.9	1.55	23.9	76.5	275	45.6	2.00	1.82	31.3	3.7	30.3	5.6	7.8
70 歳以上	男	58.5	1.59	24.6	63.9	279	67.2	2.50	1.66	14.8	1.8	30.5	6.2	8.9
	女	55.0	1.50	23.4	57.2	213	55.9	2.39	1.77	15.6	2.5	28.7	6.2	8.2
	全体	56.7	1.55	24.0	60.6	246	61.5	2.44	1.72	15.2	2.1	29.6	6.2	8.6

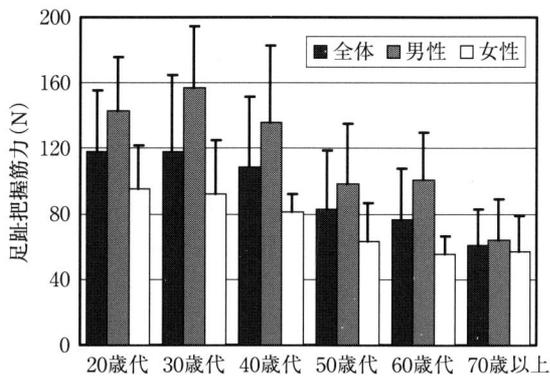


図5 足趾把握筋力の年代別平均値

Fig. 5 The average value of the toes grasping strength by the age.

とんど差がなく 50 歳代以降で低下し 70 歳以上で最低値を示した。女性は 20 歳代が最高で 30 歳代とほとんど差がなく、50 歳代で低下し 70 歳以上までほとんど変化していない。男女の比率は 20~60 歳代まで女性は男性の 60~70% で、70 歳以上では約 90% と、男女比が縮まる傾向が認められた。

握力の測定結果を図 6 に示す。握力の年代別平均は 20 歳代が 380 N (38.8 kgf) と最も高く、その後徐々に

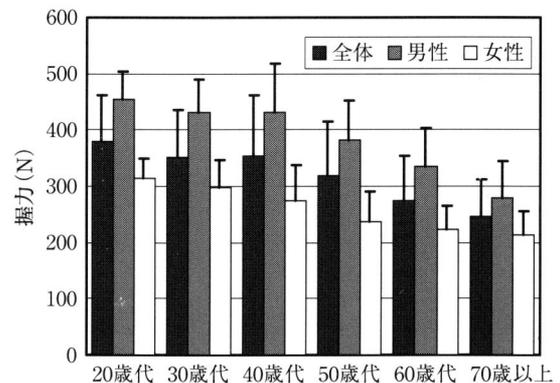


図6 握力の年代別平均値

Fig. 6 The average value of the grip strength by the age.

低下し 70 歳以上で 246 N (25.1 kgf) と最低値を示した。男女別では、男性は 20 歳代が最高で 30~40 歳代でほとんど差がなく 50 歳代以降低下し 70 歳以上が最低値を示した。女性は 20 歳代が最高で 30~40 歳代でほとんど差がなく、50 歳代で低下し 70 歳以上までほとんど変化は認められない。男女の比率は 20~60 歳代まで女性は男性の 60~70% で、70 歳以上で約 70% と、男女比が縮まる傾向が認められた。

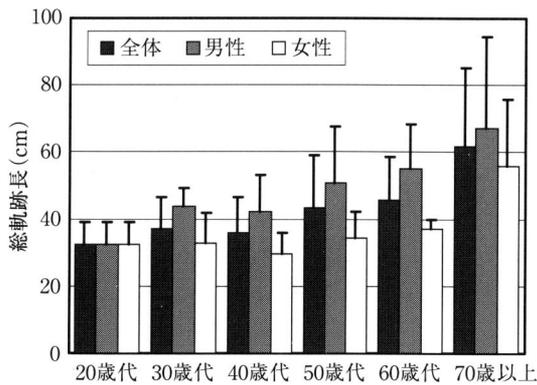


図7 重心動揺総軌跡長の年代別平均値
 Fig. 7 The average value of the postural sway total locus length by the age.

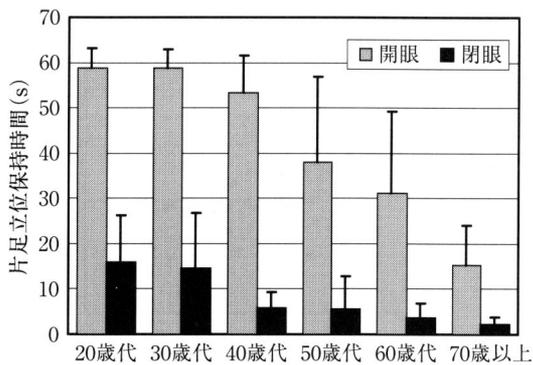


図8 片足立位保持時間の年代別平均値
 Fig. 8 The average value of the foot-balance by the age.

重心動揺の各パラメータは総軌跡長，外周面積および，実効値面積とも，同様に年代により増大する傾向を示した。総軌跡長の測定結果を図7に示す。総軌跡長は20歳代で32.4 cmと最小値を示し，その後徐々に増大し70歳以上で61.5 cmと最大値を示した。外周面積は20歳代で1.20 cm²と最小値を示し，その後徐々に増大し70歳以上で2.44 cm²と最大値を示した。実効値面積は20歳代で1.24 cm²と最小値を示し，その後徐々に増大し70歳以上で1.72 cm²と最大値を示した。

片足立位保持時間の測定結果を図8に示す。片足立位保持時間は開眼，閉眼とも年代とともにほぼ短縮する傾向を示した。開眼片足立位保持時間では20～30歳代でほぼ60秒以上と最も長く，その後徐々に短縮し70歳以上で15.2秒を示した。閉眼片足立位保持時間では20歳代で15.9秒と最も長く，その後徐々に短縮し70歳以上で2.1秒を示した。上肢前方到達距離は，30歳代で36.9 cmと最も長く，その後徐々に短縮し70歳以上で29.6 cmを示した。

10 m 歩行時間は最速および，自由歩行ともに，年代とともに延長する傾向を示した。最速歩行では20～30

表3 足趾把握筋力と各項目の測定値の相関

Tab. 3 Correlation between toes grasping strength and each measurement value.

測定項目	単位	観測数 (n)	相関係数 (R)
握力	N	97	0.705**
重心動揺	総軌跡長	cm	-0.084
	外周面積	cm ²	-0.135
	実効値面積	cm ²	-0.070
開眼片足立位保持時間	s	46	0.443**
閉眼片足立位保持時間	s	97	0.156
上肢前方到達距離	cm	97	0.620**
10 m 最速歩行時間	s	97	-0.459**
10 m 自由歩行時間	s	97	-0.283**

** : $p < 0.01$

歳代で4.8秒と最も短時間で，その後徐々に延長し70歳以上で6.2秒を示した。自由歩行は20歳代で7.3秒と最も短時間で，その後徐々に延長し70歳以上で8.6秒を示した。

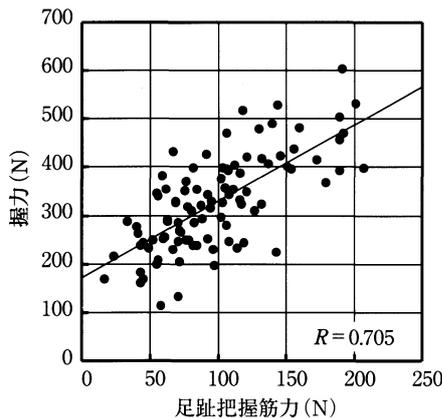
足趾把握筋力と各測定項目との相関は表3に示すように，足趾把握筋力と握力，開眼片足立位保持時間および，上肢前方到達距離とは正の相関が認められ，10 m 最速歩行時間および，10 m 自由歩行時間とは負の相関が認められた。なお，開眼片足立位保持時間が60秒以上のものは相関係数の計算からは除外した。図9に足趾把握筋力と各測定項目の散布図の代表例を示す。

4. 考察

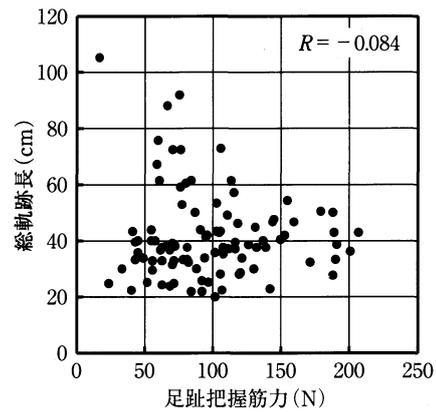
二足歩行を行うヒトにとって，足底が唯一の接地面であることから考えても，足趾や足底が立位や歩行活動に果たす役割は非常に大きいといえる。本研究において，足趾把握筋力計を新たに試作し，足趾把握筋力を簡便に計測することが可能となった。さらに，足趾把握筋力の測定値を年代別に比較し，足趾把握筋力も他の下肢筋と同様に加齢により低下することが明らかになった。

4-1. 足趾把握筋力計の試作

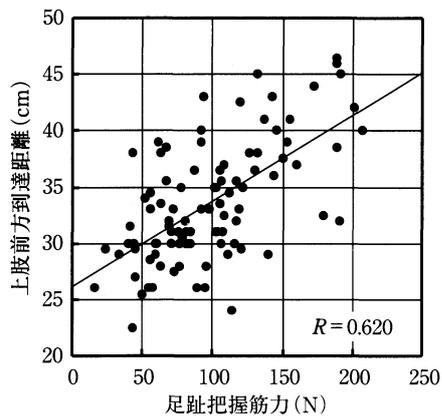
過去の報告によると足趾把握筋力は，ストレインゲージ²²⁾，バネばかり¹¹⁾，徒手筋力測定器（マスキュレータ，OG技研¹⁷⁾，重り¹⁶⁾，握力計の改良^{20,23)}などにより測定されている。本研究では，筋力測定器より安価であり，重りのように何種類も用意する必要がなく，定量的に筋力を表すことができ，繰り返しの測定も簡便に操作でき，さらに“手の握る力”を握力計で測るよう



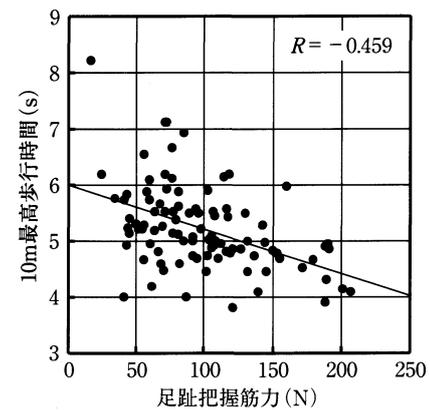
(a) 握力との相関



(b) 重心動揺総軌跡長との相関



(c) 上肢前方到達距離との相関



(d) 10 m 最速歩行時間との相関

図9 足趾把握筋力と各測定値との相関

Fig. 9 Correlation between toes grasping strength and each measurement value.

“足で握る力”を測ることをイメージしやすい点などから、Smedley 式握力計を改良した測定器を試作した。足関節や下腿の代償運動の影響を受けないように被験者の下腿を保持するために、カフの取り付けを種々試行した結果、後方に取り付けることで最も安定した値が得られた。今回の実験において、被験者の足長は最小が 22.0 cm，最大が 27.5 cm で、差は 5.5 cm であったので、本測定器のスライド板の調整範囲ですべて対応することができた。足趾把握筋力は足趾の屈筋力として測定したが、把持バーの形状から 5 本の足趾にて把持することが困難であった。把持バーに関しては掴みにくい、繰り返すことで痛くなるなどの指摘もあり、今後さらに改良の必要がある。

足趾把握筋力の測定値については、山本らはストレインゲージを用いた方法により、20 歳代女性で 18.4 ± 6.68 kgf であったことを示している²²⁾。宇佐波らはマスキュレータを使用し、大学生の右足足趾屈曲筋群のトルクが 10.6 ± 6.6 Nm と測定している¹⁷⁾。さらに、本研究と同様に握力計を使用して足趾把握筋力の測定を

試みた村田らは、専門学生を被験者として 10.4 ± 4.0 kg という測定値を得ている²³⁾。今回の測定において 20 歳代の足趾屈曲力は 117.9 ± 37.7 N の値を得ており、単位の換算を行えばほぼ同様の結果となることがわかった。測定値の再現性は、図 2 に示すように、対応のある t-検定にて、有意差は認められず、相関係数は $R = 0.973$ であり高かったといえる。

筋力測定器の多くは、特殊・高価で多施設に普及するには限界がある。煩雑な測定操作を必要とするものも多く、多忙な業務の合間や病棟、在宅などの環境下ではその使用が制限されやすい傾向がある。定量的に筋力を測定でき、比較的簡便である本足趾把握筋力測定器の使用は、臨床の場でも有用であると考えられる。

4-2. 足趾把握筋力と立位の平衡調整能力および歩行時間の関連について

足趾把握筋力の測定値を年代別に比較した報告は少なく、得られた足趾把握筋力測定値と身体機能を比較したものがほとんどであり、村田らの平均年齢 20.8 ± 2.9 歳

の115名(男性55名,女性60名)に性差を認めた報告があるのみであった²³⁾。下肢筋力の加齢に伴う変化についての先行研究では, Larssonは10~69歳の男性89名および11~70歳の男性114名を対象とし等尺性と等速性の膝伸展力を測定し, 10~20歳代で増加し, 40歳代くらいまで維持され, それ以降加齢とともに低下すると述べている^{24,25)}。千田らは標準体格者626名(男性319名,女性307名)の股関節外転力測定の結果, 男女ともに10歳代後半から20歳代でピークを示し, ピーク年代と比較して60歳代の男性は約50%, 女性は約70%に低下し, また加齢とともに性差が減少する傾向を認めた²⁶⁾。山科らは, 28~81歳の1,094名(男性630名,女性464名)で足関節底屈力は50歳代以降, 背屈力は40歳以降に顕著に低下していると報告している²⁷⁾。平野らは製造会社に勤務する519名(男性271名,女性248名)を対象に股・膝・足関節の複合運動である脚伸展力を測定し, 加齢により男女ともに直線的に減少し, 男性の低下率が大きく, 性差は小さくなる傾向にあったと報告している²⁸⁾。木村, 吉村らおよび, 山田らは, 筋力の加齢に伴う変化についての先行研究をまとめているが, 下肢筋力のピークは20~30(遅くても40)歳代で, その後加齢とともに低下するとの報告が多いと述べている^{29,30)}。

本研究においても足趾把握筋力は20~30歳代ではほとんど差がなく, 50歳代で低下の割合が高くなり, 70歳以上では20歳代の50%に低下していた。男女別に見ると, 男性では30歳代が最高で20歳代と40歳代ではほとんど差がなく50歳代以降で低下し70歳以上で最低値を示した。女性では20歳代が最高で30歳代とほとんど差がなく, 50歳代で低下し70歳以上までほとんど変化していない。男女の比率をみると20~60歳代までは女性は男性の60~70%で, 70歳以上では約90%と男女比が縮まる傾向が認められた。下肢筋力の性差については, 女性は男性の50~70%の範囲に入るという報告が多く^{21,23,24)}, 本研究でも足趾把握筋力は20~60歳代までは女性は男性の60~70%であった。以上のことより, 足趾把握筋力低下の要因の一つとして加齢の影響があると考えられる。

また上下肢の筋力については, 下肢筋力の方が低下する率が高いとの報告がされている^{29,30)}。握力は年齢ともになだらかな低下傾向を示し, 70歳以上では20歳代の65%に低下した。男女別にみると, 男性では20歳代が最高で30~40歳代でほとんど差がなく50歳代以降低下し70歳以上が最低値を示した。女性では20歳代が最高で30~40歳代でほとんど差がなく, 50歳代で低下し

70歳以上までほとんど変化は認められない。男女の比率をみると20~60歳代までは女性は男性の60~70%で, 70歳以上では約70%と男女比が縮まる傾向が認められた。

今回の測定において20歳代と比較すると, 70歳以上の高齢者では足趾把握筋力が男性44.7%, 女性59.8%に低下, 握力は男性61.5%, 女性67.5%に低下しており, 足趾把握筋力の低下が握力の低下よりも大きい傾向を示した。握力はほかの筋力の測定値と比較的高い相関があるといわれている³¹⁾。加齢とともに, 足趾把握筋力は握力よりも大きく低下した。転倒の要因の一つに筋力低下が考えられることから, このような危険因子を早く検出するために足趾把握筋力の測定は有効であると考えられる。

足趾把握筋力と重心動揺の各パラメータとは相関が認められなかった。したがって, 立位が安定している状態では, 足趾把握筋力の立位姿勢保持への関与は少ないと考える。しかし, 支持基底面を減少させる片足立位保持時間, また支持基底面内で重心を前方に移動する上肢前方到達距離とは相関が認められることから, 立位姿勢の平衡調整能力の一因子であると考えられる。馬場らは足指機能と動的バランスに相関があることを報告している¹⁸⁾。木藤らも足指把握力, 足指運動機能は静的起立時の重心動揺のパラメータとの関連性は低く動的バランスとの相関が認められたことを報告している¹⁴⁾。今回の結果はこれらを支持するもので, 足趾把握筋力は安定した立位での役割は低く, 重心の位置を積極的に変化させるような場合における立位の平衡調整能力に関与すると考える。

重心位置の前方移動を測定する上肢前方到達距離(Functional Reach)は, 高齢者のバランス能力をスクリーニングする一つの方法として, Duncanらによって開発された評価方法である³²⁾。地域在住高齢者に対して行われた転倒予測では, 上肢前方到達距離が10in以上の高齢者と, リーチができない高齢者を比較した場合, 6ヶ月間の転倒発生率は後者が8.07倍で, 6in未満の場合では4.02倍, 6~10inでは2.00倍と報告され, 転倒との相関が認められている³³⁾。同様に片足立位保持時間と転倒の関連性が報告されているが³⁴⁾。橋詰らは, 片足立位保持時間は平衡機能よりもむしろ下肢筋力との関連性が強いことを報告している³⁵⁾。木藤らも高齢者転倒予防講座参加者168名(58~96歳)を転倒群40名と非転倒群128名に分け, 身体運動能力について比較した結果, 非転倒群は転倒群に比し, 握力, 足指把握筋力, 動的姿勢調節能, 下肢筋力, Functional Reach, 10m歩行時間および, Timed Up and Go Testにおいて有意に

優れていたと報告している²⁾。

また、足趾把握筋力と10m最速歩行時間とは高い負の相関が認められた。足趾(足内筋)は、歩行時の蹴り出しの際に推進器として働いていることが報告されていることから^{7,8)}、足趾把握筋力が最速歩行時の推進力として関与したと考えられ、歩行時間の向上に影響を与えたものと思われる。

5. 結論

試作した足趾把握筋力測定器は、今後改良すべき点はあるが、定量的に筋力を測定でき、比較的簡便であり、立位の平衡調整機能の評価に有用であると考えられる。足趾把握筋力は、筋力の加齢に伴う変化の報告と同様に加齢により低下した。足趾把握筋力の性差については、男女の比率をみると20~60歳代までは女性は男性の60~70%で、70歳以上では約90%と男女比が縮まる傾向が認められた。足趾把握筋力に関しては70歳以上で20歳代の約50%に低下、握力については70歳以上は20歳代の65%に低下し、足趾把握筋力の低下率が握力の低下率よりも大きい傾向を示した。足趾把握筋力が立位の平衡調整能力に及ぼす影響について検討した結果以下のことが明らかになった。足趾把握筋力と握力、開眼片足立位保持時間、上肢前方到達距離と正の相関を認め、10m歩行時間とは負の相関が認められた。安定した立位では足趾把握筋力の役割は低く、重心の位置を積極的に移動させるような場面で立位の平衡調整能力に関連していると考えられる。

以上のことから、測定を簡便に行うことができ、定量化された数値を実感できる足趾把握筋力測定器は、様々な用途への応用が可能であると考えられる。足趾把握筋力の加齢による低下は、全身の筋力の加齢による低下よりも低下率が高いことから、足趾把握筋力の測定は、筋力の低下による転倒のリスクを早く発見する方法の一つであると思われる。その効用について、本測定器を用いてさらに検討していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 渡辺丈真：高齢者転倒の疫学，理学療法，18(9)，841~846，2001。
- 2) 木藤伸宏，井原秀俊，三輪 恵，他：高齢者の易転倒性を予測する因子の抽出と，その予防のための訓練方法の開発，健康医科研究助成論文集，15，25~36，2000。
- 3) 浅井 仁，奈良 勲：姿勢調節と足，PTジャーナル，25(6)，437~442，1991。
- 4) 藤原勝夫，池上晴夫，岡田守彦，他：立位姿勢の安定性における年齢および下肢筋力の関与，人類誌，90(4)，385~400，1982。
- 5) 林 拓夫：立位姿勢制御と足趾の役割，長崎医学会雑誌，62(3)，406~413，1987。
- 6) 浅井 仁，奈良 勲，立野勝彦，他：立位姿勢保持における足指の作用に関する研究，PTジャーナル，23(2)，137~141，1989。
- 7) R. A. Mann & J. L. Hagy：The function of the toes in walking, jogging and running, Clin. Orthop., 142, 24~48, 1979。
- 8) 宮崎昌利：歩行時における足趾の動きとその役割，日整会誌，67(7)，606~616，1993。
- 9) 加辺憲人，黒澤和生，西田祐介，他：足趾が動的制御に果たす役割に関する研究，理学療法科学，17(3)，199~204，2002。
- 10) 石橋敏郎，井原英俊，三輪 恵，他：高齢者における神経運動器協調訓練が下肢機能に与える影響，体力研究，91，20~27，1996。
- 11) 黒沢美奈子，浅香 満，高麗寿史：足趾把握機能と立位バランスについて，理学療法群馬，3，40~41，1992。
- 12) 井原秀俊，三輪 恵，石橋敏郎，他：足趾訓練の持続効果—訓練中止3ヶ月後の検討—，整形外科と災害外科，46(2)，393~397，1997。
- 13) 小林隆司，細田昌孝，峯松 亮，他：高齢者の足指把握訓練が静的重心動揺に及ぼす影響，日本災害医学会会誌，47(10)，633~636，1999。
- 14) 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指トレーニング効果，理学療法学，28(7)，313~319，2001。
- 15) 中村隆一，斎藤 宏：基礎運動学(第4版)，医歯薬出版，東京，1995。
- 16) 沖田千恵美，室井宏育，柳沢ひでみ，他：足部が高齢者の立位バランスに及ぼす影響(第1報)—足趾把持力と静的バランスの関係について—，東北理学療法学，10，94~95，1998。
- 17) 宇佐波政輝，中山正一，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—足趾把握訓練を用いて—，九州スポーツ学会誌，6，81~85，1994。
- 18) 馬場八千代，有次智子，田口直彦，他：足指・足底把握能と姿勢制御との関連，理学療法学，27(Suppl.)，156，2000。
- 19) 馬場八千代，木藤伸宏，井原秀俊，他：健康高齢者の動的バランスを予測する因子，理学療法学，28(Suppl.)，33，2001。
- 20) 三輪 恵，井原秀俊：足趾・足底握力測定器，Journal of Joint Surgery，14(10)，143，1995。
- 21) 谷 浩明：評価の信頼性，理学療法科学，12(3)，113~120，1997。
- 22) 山本和司，千田益生，花川志郎，他：趾の筋力と足縦アーチの関連について，中部整災誌，35(5)，1363~1364，1992。
- 23) 村田 伸，忽那龍雄：足趾把握力測定の試み—測定器の作成と測定値の再現性の検討—，理学療法学，17(4)，243~247，2002。

- 24) L. Larsson: Morphological and functional characteristics of the ageing skeletal muscle in man, *Acta. Physiol. Scand. (Suppl.)*, 457, 1~36, 1978.
- 25) L. Larsson, G. Grimby & J. Karlsson: Muscle strength and speed of movement in relation to age muscle morphology, *J. Appl. Physiol*, 46, 451~456, 1979.
- 26) 千田益生: 下肢筋力の経年経過—用手力量計による測定—, *リハビリテーション医学*, 24(2), 85~91, 1987.
- 27) 山科忠彦, 藤原勝夫: 高齢者における下肢筋力の年齢変化, 第12回バイオメカニクス学会大会論文集, 391~395, 1994.
- 28) 平野裕一, 野口秋実, 宮下充正: 加齢にともなう脚伸展パワー値とその評価, *体力科学*, 43, 113~120, 1994.
- 29) 木村彰男: 筋力と筋持久力, *総合リハ*, 19(4), 301~304, 1991.
- 30) 吉村茂和, 相馬正之: 下肢筋力, *PT ジャーナル*, 32(8), 607~614, 1998.
- 31) 東京都立大学体力標準値研究会編: 新・日本人の体力標準値 2000, 160~165, 不昧堂出版, 東京, 2000.
- 32) P. W. Duncan, D. K. Weiner, J. Chandler, et. al.: Functional reach: A new clinical measure of balance, *J. Gerontol*, 45, 192~197, 1990.
- 33) P. W. Duncan, S. Studenski, J. Chandler, et. al.: Functional reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans, *J. Gerontol*, 47, 93~98, 1992.
- 34) H. Haga, H. Shibata, K. Shichita, et. al.: Falls in the institutionalized elderly in Japan, *Arch. Gerontol Geriatr*, 5, 1~9, 1986.
- 35) 橋詰 謙, 伊藤 元, 丸山仁司, 他: 立位保持能力の年齢変化, *日本老年医学会誌*, 23(1), 85~91, 1986.