足指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について

Influence of foot-gripping strength training to Functional Reach Test and maximal step length, walking ability in healthy adults

相 馬 正 之¹⁾ 五十嵐健文²⁾ 工 藤 渉³⁾

中 江 秀 幸¹⁾ 安 彦 鉄 平⁴⁾

MASAYUKI SOMA, RPT,MS¹⁾, TAKEFUMI IGARASI, RPT²⁾, WATARU KUDOU, RPT³⁾,
HIDEYUKI NAKAE, RPT,MS¹⁾, TEPPEI ABIKO, RPT,MS⁴⁾

要旨：本研究は，足指把持力トレーニングが Functional Reach Test（以下，FRT）や最大 1 歩幅などの平衡機能や歩行能力に与える影響について検討した。対象は，健康な若年者 36 名とし，トレーニング群 24 名とコントロール群 12 名に分類した。トレーニング群は，タオルギャザー，ビー玉掴み，足指歩行など 1 日 10～20 分間程度の運動を 1 週間に 4 回，3 週間実施した。コントロール群には，特別な運動をしないように指示した。測定項目は，足指把持力と FRT，最大 1 歩幅，10m 最大および 10m 至適歩行下の速度，歩幅，歩行率とし，トレーニング前後の 2 回計測した。その結果，トレーニング群は，左右合計足指把持力，最大歩行下の速度，FRT，最大 1 歩幅が有意に高値を示した。足指把持力トレーニングは，足指把持力の向上とともに，FRT や最大 1 歩幅などの平衡機能に影響を及ぼすことが示唆された。

キーワード：足指把持力トレーニング，平衡機能，若年健康人

Abstract: The purpose of this study was to investigate the influence of foot-gripping strength training to Functional Reach Test (FRT), maximal step length and walking ability in healthy adults. Thirty six healthy adults were divided 24 people on training group and 12 people as control group. On training group, subjects were instructed to attend a 3 week's foot-gripping strength training program which consisted towel gathering, marble gripping and toe-gripping gait about 10 to 20 minutes for one time, 4 times per week. We measured foot-gripping strength, FRT, maximal step length, gait velocity, step length, cadence of 10m comfortable walking and 10m maximum velocity walking before and after the training program. The results showed that on training group, significant improvement were found in foot-gripping strength per weight and 10m maximum walking speeds, FRT, maximal step length. These findings suggested that foot-gripping strength training can influ-

受付日：2012年 4 月 18 日，採択日：2012年 5 月 15 日

1) 東北福祉大学健康科学部

Tohoku Fukushi university, Faculty of health sciences, Course of physical therapy Department of rehabilitation.

2) 医療法人松田会 松田病院

Medical Corporation Matsudakai, Matsuda Hospital, Department of Rehabilitation.

3) 仙台東脳神経外科病院

East-sendai neurosurgical hospital, Division of physical therapy.

4) 東京都リハビリテーション病院

Tokyo metropolitan rehabilitation hospital, Division of physical therapy.

ence equilibrium FRT and maximal step length.

Key words: foot-gripping strength training, equilibrium function, healthy adults

I . はじめに

平衡機能は、多くの日常生活の遂行や歩行能力に影響を及ぼす要因の 1 つである^{1,2)}。そのため、簡易な評価である片足立ち保持時間や Functional ReachTest (以下、FRT) などの平衡機能検査は、欠くことのできない検査項目となっている。近年、林ら³⁾は、動的バランスの指標として最大 1 歩幅の有効性を示唆している。この最大 1 歩幅とは、静的立位から非利き足を前方にできるだけ遠くに振り出し、つま先から踵骨後縁までの距離を計測するものである。しかし、この方法による報告は、他に実施されていないのが現状である。

足指・足底機能は、高齢者の転倒との関連性からその重要性が指摘^{4,5)}され、足指把持力に関する報告⁶⁻¹⁴⁾が多い。その中で足指把持力は、動的姿勢制御に関与している⁸⁾ことやトレーニングによって強化可能⁹⁻¹⁴⁾であり、その効果として最大歩行速度の増加¹¹⁻¹³⁾や片足立ち保持時間の延長¹¹⁾、不安定板で評価する動的バランスの向上⁹⁾、閉眼片脚立位時の重心動揺軌跡距離の減少¹⁴⁾などの運動遂行能力が向上することが報告されている。これらのことから足指把持力は、平衡機能への関与が示唆される。しかしながら、同じ平衡機能検査であり、簡便に評価・測定可能である FRT や最大 1 歩幅は、足指把持力トレーニングによって、向上するかどうか検証されていない。そこで本研究では、足指把持力トレーニングが FRT や最大 1 歩幅などの平衡機能と歩行能力に与える影響について検討した。

II . 対象および方法

1 . 対 象

対象は、下肢に病的な機能障害を認めない大学生 36 名とした (男性: 21 名, 女性: 15 名, 平均年齢 20.4 ± 1.1 歳, 平均身長 167.2 ± 9.2 cm, 平均体重 61.0 ± 10.3 kg)。さらに対象者は、トレーニング群 24 名とコントロール群 12 名に分類した (表 1)。対象者には、研究の趣旨と内容について説明し、理解を得た上で協力を求めたが、研究への参加は自由意志であり、研究への参加を途中辞退しても不利益にならないことを口頭と書面で十分に説明し、同意を得た。

2 . 方 法

トレーニング群には、先行研究¹⁰⁻¹⁴⁾から足指把持力のトレーニング効果が認められているタオルギャザー、ビー玉掴み、足指歩行の運動を 1 日 10~20 分間程度、1 週間に 4 回、3 週間継続するように指示した。トレーニングの管理は、開始日からのカレンダーを作成し、対象者に実施した日時に印を付けてもらった。なお、週 2 回未満のトレーニングや 3 週間継続してトレーニングを行えなかった対象者については除外することとした。コントロール群については、特別な運動を行わないように指示を与えた。

足指把持力測定器は、村田ら⁶⁾の足指把持力測定器を参考に市販の竹井機器工業アナログ握力計 (TKK 5001 グリップ A) を用いて作成した (図 1)。この握力計は、寸法が (W) 154 × (D) 235 × (H) 59 mm, 重量が 0.62 kg であり、測定範囲が 0 ~ 100 kg, 最小単位が 0.5 kg, 測定精度が ± 2 kg 以内となっている。握力計を木製の基礎板 (70 mm × 25 mm) に固定し、直径 4 mm のステンレス製バーを握力計の力点となる部分に取り付けて、足指把持バーとした。足部は下腿前面を木製バーで固定し、後面は足関節内反や底屈などの足関節の代償運動が生じないように検査者が踵部を固定するものとした。足指把持力の測定肢位は端座位であり、体幹垂直位で両腕を組み、股・膝関節を 90 度屈曲した肢位で実施した (図 2)。測定は、足指把持バーを調節し、足指でしっかりと把持できることを確認し、測定方法を十分に習得させた後に左右 2 回ずつ合計 4 回行った。統計には、1 側 2 回のうちの最大値を左右合計した値を左右合計足指把持力 (kg) として用いた。これまでの足指把握力の報告は、利き足における測定値との関係を示したものが多い。甲斐ら¹⁵⁾は、利き足と非利き足の足指把握力の比較において 1 側優位性が認められないことを報告しているものの、本研究で用いている指標は、歩行などの両下肢動作が含まれる。このことから本研究では、左右の最大値を合計した数値を左右合計足指把持力として用いた。なお、筆者らが自作した測定機器によって得られる足指把持力の再現性について、対象者 5 名の利き足の級内相関係数 (1, 2) を求めた結果、 $r = 0.977$ であり高い再現性を得ている¹⁶⁾。

図1 自作した足指把持力

- A: 基礎板 (700×250mm, 木製) 測定器
 B: 竹井機器工業アナログ握力計 (測定範囲 0 ~ 100kg, 最小単位 0.5kg)
 C: 足指把持バー (直径 4mm, ステンレス製)
 D: 下腿前面固定用バー (木製)

図2 測定風景

足指把持力の測定肢位は端座位であり、体幹垂直位で両腕を組み、股・膝関節を90度屈曲した肢位で実施した。検者は、踵部をしっかりと固定した。

測定項目は、足指把持力、FRT、最大1歩幅、10m最大および10m至適歩行の5項目とし、介入前時と介入3週間後の2回計測した。FRTは、FRT測定器(OG技研GB 210)を用い、対象者が肩幅に開脚した立位で両肩関節を90°屈曲位を保持し、踵が浮かずに元の位置に戻る範囲でバーを遠くまで指先で押すように指示し、サイドバーからの移動距離を計測した。なお、本研究において1側上肢ではなく両上肢でFRTを行った理由は、体幹回旋の要素を排除でき、FRT中の姿勢制御が統一されることで再現性が高くなるためである¹⁷⁾。最大1歩幅は、静的立位から非利き足を前方にできるだけ遠くに振り出し、つま先から踵骨後縁までの距離を床面に固定したメジャーで計測した。最大1歩幅は、性差や体格差を補正するために転子果長で除した値を用いた。10m最大歩行および10m至適歩行は、16mの屋内の平地歩行路を裸足で歩行させ、歩行路の中央10m間の所要時間と歩数を計測し、その所要時間と歩数から歩行速度 (m/min)、歩幅 (cm)、歩行率 (steps/min) を算出した。いずれの測定も検査者が模擬動作で示し、1回練習した後に2回測定し、平

均値を採用した。

統計処理は、対象者の属性とトレーニング群とコントロール群の介入前の比較を対応のないt検定を行った。また、介入の影響を明らかにするために、トレーニング群とコントロール群における介入前後の比較を、対応のあるt検定を行った。なお、いずれも有意水準を5%とした (SPSS ver17.0)。

Ⅲ. 結果

トレーニング群において、週2回未満のトレーニングや3週間継続してトレーニングを行えなく除外された対象者はいなかった。

対象者の属性では、トレーニング群、コントロール群間で有意差はなかった (表1)。トレーニング群とコントロール群の介入前の比較では、有意差はなかった (表2)。

トレーニング群において介入前後に有意差が認められたのは、左右合計足指把持力、最大歩行下での速度、FRT、最大1歩幅であり、左右合計足指把持力が 25.3 ± 8.6 (kg) から 30.1 ± 7.3 (kg)、最大歩行下での速

表1 対象者の属性

	トレーニング群	コントロール群
対象者 (人)	24 (男性14人: 女性10人)	12 (男性7人: 女性5人)
年齢 (歳)	20.7 ± 1.3	20 ± 0.0
身長 (cm)	167.0 ± 9.2	167.6 ± 9.9
体重 (kg)	60.3 ± 8.8	62.7 ± 13.3

(平均値 ± 標準偏差)

表 2 トレーニング群とコントロール群における身体機能の変化

	トレーニング群		p 値	コントロール群		p 値
	介入前	介入後		介入前	介入後	
左右合計足指把持力 (kg)	25.3 ± 8.6	30.1 ± 7.3	p < 0.01	25.6 ± 8.5	24.5 ± 7.8	ns
最大歩行 速度 (m / min)	194.3 ± 52.1	210.0 ± 48.1	p < 0.01	190.6 ± 26.2	193.0 ± 28.2	ns
歩幅 (cm)	85.6 ± 12.7	87.5 ± 13.3	ns	90.7 ± 11.3	91.5 ± 11.5	ns
歩行率(steps / min)	227.5 ± 55.2	240.3 ± 39.4	ns	211.5 ± 6.7	211.9 ± 23.1	ns
至適歩行 速度 (m / min)	78.4 ± 10.0	78.4 ± 11.2	ns	73.4 ± 10.2	75.7 ± 6.5	ns
歩幅 (cm)	64.8 ± 6.8	65.4 ± 7.5	ns	62.8 ± 7.5	65.0 ± 4.6	ns
歩行率(steps / min)	121.0 ± 6.6	119.8 ± 9.2	ns	116.6 ± 4.8	116.4 ± 5.2	ns
Functional Reach Test (cm)	35.7 ± 6.2	38.2 ± 5.6	p < 0.01	37.2 ± 4.4	37.1 ± 4.4	ns
最大 1 歩幅 (cm / cm)	1.3 ± 0.2	1.4 ± 0.2	p < 0.01	1.4 ± 0.1	1.4 ± 0.1	ns

(平均値 ± 標準偏差)

ns: not significant

度が194.3 ± 52.1 (m / min) から210.0 ± 48.1 (m / min), FRT が35.7 ± 6.2 (cm) から38.2 ± 5.6 (cm), 最大1歩幅が1.28 ± 0.2 (cm / cm) から1.38 ± 0.2 (cm / cm) と有意に向上した (p < 0.05)。コントロール群において、介入前後に有意差が認められた項目はなかった(表2)。

Ⅳ．考 察

本研究のトレーニング群における介入前後の比較では、左右合計足指把持力が有意に増加し、最大歩行下の速度、最大1歩幅も有意に向上した。足指把持力トレーニングによる筋力増強効果や最大歩行下の速度向上については、先行研究を支持するものであった。3週間のトレーニング期間での増強効果については、竹井ら¹⁰⁾が活動に参加する運動単位の動員や発火頻度の増加、活動の同期化による神経性因子であることを推察しているが、本研究においても足指把持力トレーニングの期間が3週間であったことから同様のことが考えられる。また、歩行時の足指機能の役割としては、平地歩行の立脚相後期に長母指屈筋や長指屈筋が作用する¹⁸⁾ことから、足指把持力が重要な役割を果たしている。そのため、先行研究にて推察されているように、より前方への推進力が必要とされる最大歩行下の速度にて、作用しやすくなったと考える。

本研究においては、最大歩行速度の向上に加え、平衡機能の指標であるFRT、最大1歩幅においても有意な向上が認められた。このことから、足指把持力トレーニングが、足指把持力の向上およびFRTや最大1歩幅などの平衡機能に影響を及ぼすことが示唆された。平衡機能トレーニングに関して島田ら¹⁹⁾は、支持基底面内でバランスを保持するトレーニングを行った群では、片足立ち保持やFRTなどの静的バランスが改善し、支持基底面を移動しながら重心を保持するト

レーニングを行った群では、Timed up and go test や階段降り時間などの動的バランスが改善したことから、バランス練習の内容に対応した課題特異性があることを報告している。しかしながら、本研究で用いた足指把持トレーニングは、そのいずれにも属さないものの、静的バランスの要素を持つFRTと動的バランスの要素をもつ最大1歩幅の双方で向上が認められている。これは、本研究のトレーニング期間が3週間という短期間であったことから、村田ら¹¹⁾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²⁰⁾は、Center of Pressure(以下、COP)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、FRTや最大1歩幅の遂行時には、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、足指把持力トレーニング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、静的または動的な平衡機能が向上したことが考えられる。以上のことから、本研究において、平衡機能の指標であるFRT、最大1歩幅が向上した理由は、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と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の相乗効果であることが考えられた。

本研究では、若年者をトレーニング群とコントロール群に分類し、足指把持力トレーニングがFRTや最大1歩幅などの平衡機能や歩行能力に与える影響について検討した。その中で、若年者に対する平衡機能の指標としてFRTを用いたが、FRTにおける姿勢制御方略が年齢により異なることから、若年者において平衡

機能の指標とは成りえないとの報告もある²¹⁾。また、最大 1 歩幅についても、林ら³⁾の定義した方法よりも、武藤ら²²⁾が用いている両足を揃えた立位から片足を前方に大きく 1 歩踏み出し、反対の足を揃える最大距離である最大 1 歩幅の方が一般的である。そのため、今回用いた平衡機能の指標として用いた最大 1 歩幅や若年者に用いた FRT については、平衡機能としての妥当性などを考慮する必要がある。また、トレーニング群とコントロール群に分類し介入を行ったものの、コントロール群の人数がトレーニング群の半数であることから、対象者数を更に増やして検討する必要がある。これらのことも踏まえて今後、足指把持力が平衡機能にどのような影響を与えているのか詳しく調査する必要があると考える。

引用文献

- 1) 猪飼哲夫, 辰濃尚, 佐野佐年: 歩行能力とバランス機能の関係. リハ医学, 2006, 43: 828-833.
- 2) 石原一成, 三浦達也, 弘原海剛・他: 老人保健施設入所者女性の ADL と QOL および身体機能との関連性. 理学療法科学, 2001, 16(4): 179-185.
- 3) 林秀美, 吉本陽二, 上田正和・他: 身体機能評価における最大 1 歩幅測定の有用性について. 奈良理学療法科学, 2010, 3: 33-34.
- 4) 浅井仁, 奈良勲, 立野勝彦・他: 立位姿勢保持における足趾の作用に関する研究. PT ジャーナル, 1989, 23(2): 137-141.
- 5) 加辺憲人: 足趾の機能. 理学療法科学, 2003, 18(1): 41-48.
- 6) 村田伸, 忽那龍雄: 足把持力測定の試み - 測定器の作成と測定値の再現性の検討 -. 理学療法科学, 2002, 17(4): 243-247.
- 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(3): 139-147.
- 8) 加辺憲人, 黒沢和生, 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.
- 9) 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の効果. 理学療法科学, 2001, 28(7): 313-319.
- 10) 竹井和人, 村田伸, 甲斐義浩・他: 足把持力トレーニングの効果. 理学療法科学, 2011, 26(1): 79-81.
- 11) 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(2): 67-74.
- 12) 福田泉, 小林量作: 若年健常者に対する足把持筋力トレーニングの効果. 理学療法科学, 2008, 35(5): 261-266.
- 13) 金子諒, 藤澤真平, 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, 2009, 24(3): 411-416.
- 14) 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 カ月後の検討 -. 整形外科と災害外科, 1997, 46(2): 393-397.
- 15) 甲斐義浩, 村田伸, 田中真一: 利き足と非利き足における足把持力および大腿四頭筋筋力の比較. 理学療法科学, 2007, 22(3): 365-368.
- 16) 相馬正之, 五十嵐健文, 工藤渉・他: 若年者における足指把持力と歩行能力の関係について. 東北理学療法科学, 2012, (in press).
- 17) 對馬均, 對馬栄輝, 對馬圭・他: ファンクショナルリーチの値は加齢によってどう変化するのか?. 弘前大保健記, 2006, 5: 165-172.
- 18) 中村隆一, 他: 基礎運動学第 6 版. 医歯薬出版, 東京, 2008, 377-382.
- 19) 島田裕之, 内山靖: 高齢者に対する 3 カ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. 理学療法科学, 2001, 28(2): 38-46.
- 20) 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.
- 21) 三谷保弘, 向井公一, 長谷川昌士・他: functional reach test における前方リーチ距離と足圧中心位置との関係 - 中高年女性と若年女性との比較 -. 保健医療学雑誌, 2012, 3(1): 25-30.
- 22) 武藤芳照: 転倒予防教室 転倒予防への医学的対応第 2 版. 日本医事新報社, 東京, 2002, 89-97.