

原 著

足指把持力とバランス能力との関係性の検討

1) 三 谷 保 弘 1) 向 井 公 一 1) 長谷川 昌 士

1) 北 山 淳 2) 甲 斐 悟

1) 四條畷学園大学リハビリテーション学部

2) 関西福祉科学大学保健医療学部

キーワード

足指把持力, バランス能力, 足圧中心

要 旨

本研究の目的は、足指把持力とバランス能力との関係性を検討することである。対象は、健常な中高年女性13名（年齢 59.8 ± 4.3 歳）と若年女性11名（年齢 22.5 ± 1.9 歳）とした。対象者には、足指把持力と立位での足圧中心（COP）の総軌跡長を測定した。COPの総軌跡長の測定は、条件の異なる2つの立位にて実施した。また、足指が床に接地した状態と接地していない状態とでFunctional Reach Test（FRT）を実施した。その結果、中高年女性と若年女性ともに、足指把持力と立位でのCOPの総軌跡長との間には相関関係が認められなかった。また、FRTの測定値は足指の接地の有無による影響が認められなかった。これらのことから、健常な中高年女性および若年女性において、足指把持力とバランス能力との明らかな関係性を示すことはできなかった。

はじめに

足指把持機能は、足底と地面との摩擦を高めるとともに身体の支持性を向上させる効果を有していることから¹⁾、平衡機能に重要な役割を果たし、高齢者の転倒にも影響を及ぼすとされている²⁾。木藤ら³⁾は、高齢者168名に対して足指把持力と身体運動機能との関係性を検討したところ、足指把持力は動的バランス、10 m歩行時間など身体運動機能との間に相関関係を認めたと報告している。また、足指把持力と転倒との関係性を検討したところ、足指把持力は非転倒群に比較して転倒群に有意な減少が認められたと報告している。しかし、足指把持力と立位にて足圧中心（center of pressure ; COP）位置を前後に移動させる能力との間には、有意な関係性が認められなかったとの報告がなされている^{4, 5)}。このように、足指把持力は平衡機能に影響を及ぼすとの報告がなされている一方、COP位置を前後に移動させる能力、つまり有効支持基底面の拡大に関係性を有さないとの報告もなされていることから、足指把持力がバランス能力に及ぼす影響は十分に検討されているとはいえず、さらに詳細な検討が必要であると考えられる。

そこで今回、中高年群と若年群の女性においてFunctional Reach（以下、FR）距離、安静立位および立位にて前方へ最大限に重心移動した肢位（以下、前方立位）を保持したときのCOP総軌跡長、FR時のCOP総軌跡長を測定し、足指把持力との関係性を検討した。また、通常のFR距離に加えて足指を床に接地させない状態（以下、足指非接地時）でのFR距離を測定し、これらを比較することにより動的バランス能力の指標とされるFRでの足指の影響を検討した。これらの検討により、足指把持力とバランス能力との関係性を分析することが本研究の目的である。

対 象

対象は、55～66歳の健常な中高年女性13名（年齢 59.8 ± 4.3 歳、身長 153.3 ± 4.7 cm、体重 54.0 ± 7.1 kg）と20～27歳の健常な若年女性11名（年齢 22.5 ± 1.9 歳、身長 160.4 ± 6.6 cm、体重 54.2 ± 6.4 kg）とした。なお、対象者には研究目的と内容に関する説明を十分に行い同意を得た。

方 法

1. 足指把持力の測定

足指把持力の測定は、三輪らによって考案されたもの⁶⁾を参考にデジタル握力計（竹井機器社製）を改良した装置にて測定した。測定肢位は椅子座位とし、膝関節90°，足関節底背屈0°とした（図1）。測定回数は左右3回ずつとし、左右それぞれの最大値を平均した値（実測値）を求めた。また、その値を体重（kg）で除し100を乗じた値（体重比%）を求めた。

2. 安静立位および前方立位時の COP 位置と COP 総軌跡長の測定

重心動揺計（GS-11，アニマ社製）の上に裸足にて安

静立位および前方立位を保持させた。このとき、目の高さに位置する前方の印を注視させ、上肢は体側に下垂、下肢は閉脚とした。また、立位にて前方へ最大限に重心移動する際には、膝関節、股関節および体幹は中間位に保持し足底は接地しておくように指示した（図2）。安静立位および前方立位をそれぞれ10秒間保持させ、そのときのCOP位置とCOP総軌跡長を測定した。COP位置は、前後方向への動揺平均中心変位を足長（cm）で除し100を乗じることにより、足長に対する踵からの割合（足長比%）を算出した。測定回数は1回とした。

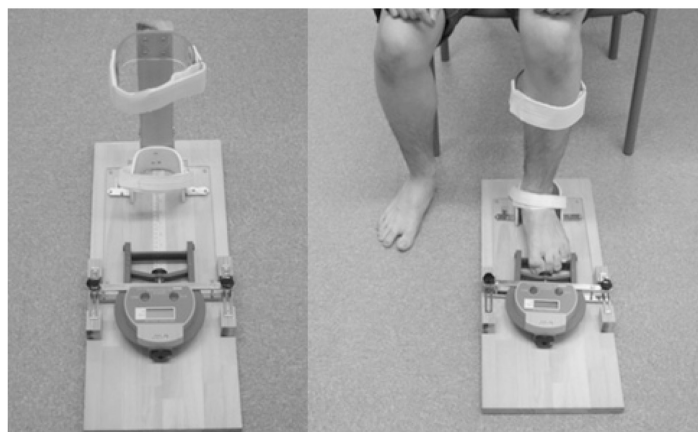


図1 足指把持力の測定は、デジタル握力計（竹井機器社製）を改良した装置にて測定した



a) 安静立位

b) 前方立位

図2 安静立位および前方立位時のCOP位置とCOP総軌跡長の測定

3. FR 距離および FR 時の COP 位置と COP 総軌跡長の測定

重心動揺計の上に裸足の閉脚立位をとり、両上肢は肩関節を 90° に屈曲した前方挙上位を保持させ手指は伸展位とした。自作の FR 距離測定器⁷⁾を対象者の前方に設置し、測定器のスライド板が両側の中指尖端に触れるように調節した。その肢位を開始肢位とし、そこから体幹を前傾させ両手で可能な限りスライド板を前方へ滑らせた。このとき、膝関節は伸展位とし足底は接地しておくように指示した(図 3)。最大限に前方リーチした肢位を 10 秒間保持させ、そのときの前方リーチ距離 (FR 距離)、COP 位置、COP 総軌跡長を測定した。FR 距離

は、実測値のみならず最大の FR 距離を身長 (cm) で除して 100 を乗じた値 (身長比%) についても算出した。また、FR 時の COP 位置は、前後方向への動揺平均中心変位を足長 (cm) で除し 100 を乗じることにより、足長に対する踵からの割合 (足長比%) を算出した。測定回数は 1 回とした。

4. 足指非接地時の FR 距離の測定

足指を床に接地させないように板の上に裸足の閉脚立位をとらせ(図 4)、上記と同様の方法にて FR 距離を測定し、実測値と身長比を求めた。

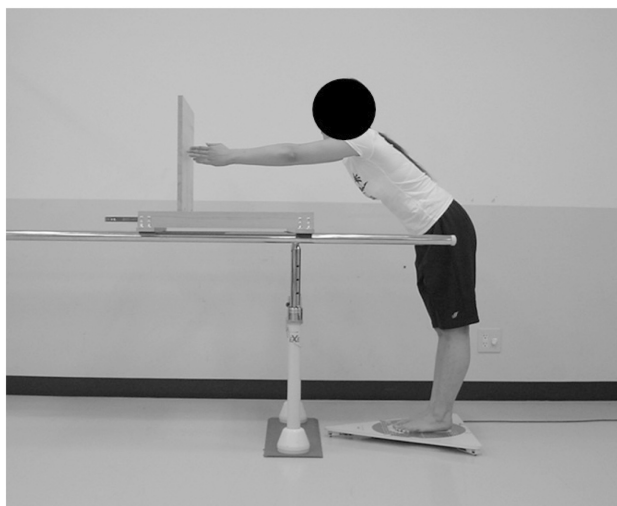


図 3 FR 距離および FR 時の COP 位置と COP 総軌跡長の測定

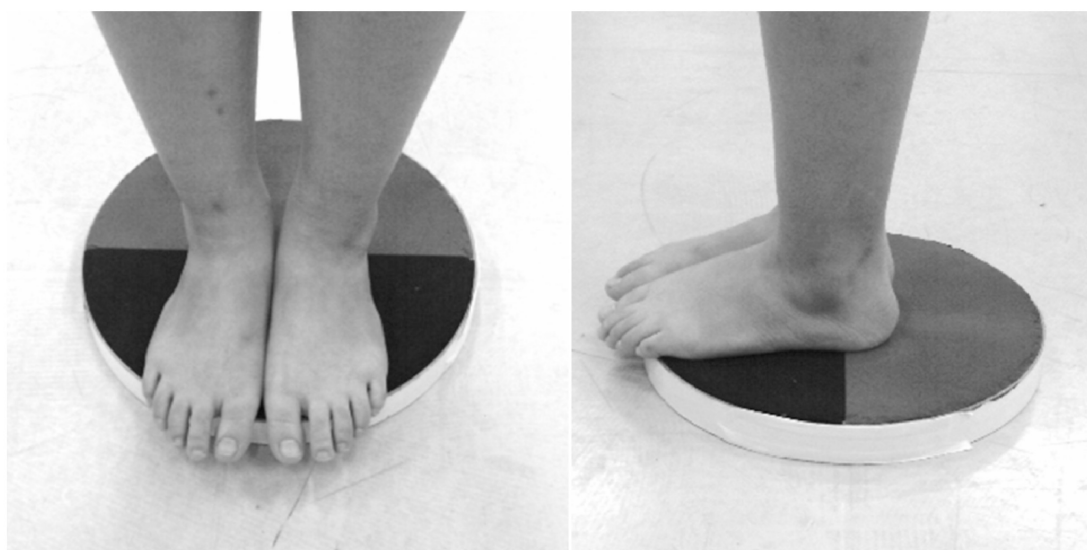


図 4 足指を床に接地させない閉脚立位

5. 統計解析

各測定値の中老年群と若年群との差の検定には対応のない t 検定あるいは Welch の検定を用いた。各群において足指把持力（体重比）と安静立位時、前方立位時、FR 時の COP 総軌跡長との偏相関係数を求めた。なお、偏相関係数を求める際の制御変数は各肢位を保持した際の COP 位置とした。また、足指把持力（体重比）と FR 距離（身長比）との pearson の相関係数を求めた。FR 距離（実測値）と足指非接地時の FR 距離（実測値）との差の検定には対応のある t 検定を用いた。統計解析には SPSS12.0J for Windows を用い、有意水準はいずれも 0.05 とした。

結 果

結果を表 1～3 に示す。

足指把持力（実測値）、FR 距離（実測値、身長比）、足指非接地時の FR 距離（実測値、身長比）、前方立位時の COP 総軌跡長と COP 位置、FR 時の COP 位置は、いずれも中老年群に比べて若年群に有意な増大が認められた。足指把持力（体重比）、安静立位時の COP 総軌跡長と COP 位置、FR 時の COP 総軌跡長には、中老年群と若年群との間に有意差が認められなかった。

各群ともに足指把持力と安静立位時の COP 総軌跡長、前方立位時の COP 総軌跡長、FR 時の COP 総軌跡長、FR 距離との間に相関関係が認められなかった。中老年群では FR 距離が足指非接地時の FR 距離に比べて有意に減少していた。若年群では FR 距離と足指非接地時の FR 距離との間に有意差が認められなかった。

表 1 各測定項目の結果

	中老年群	若年群	
足指把持力（実測値 kg）	10.2±3.5	13.7±4.5	*
足指把持力（体重比 %）	19.3±7.2	25.3±7.8	n.s
FR距離（実測値 cm）	21.8±4.2	31.8±5.2	**
FR距離（身長比%）	14.2±2.6	19.8±2.6	**
足指非接地のFR距離（実測値 cm）	25.6±3.8	32.9±5.2	**
足指非接地のFR距離（身長比%）	16.7±2.3	20.5±2.6	**
安静立位時のCOP総軌跡長（cm）	11.2±4.4	11.8±2.1	n.s
前方立位時のCOP総軌跡長（cm）	18.0±7.1	26.7±4.6	**
FR時のCOP総軌跡長（cm）	15.5±7.3	19.5±6.7	n.s
安静立位時のCOP位置（足長比%）	39.7±4.0	41.6±6.2	n.s
前方立位時のCOP位置（足長比%）	69.7±5.5	75.0±3.8	*
FR時のCOP位置（足長比%）	68.6±5.5	73.6±5.2	*

* : p<0.05, ** : p<0.01, n.s : not significant

表 2 足指把持力（体重比）と各測定項目との相関関係

	安静立位時の COP総軌跡長 ^{a)}	前方立位時の COP総軌跡長 ^{b)}	FR時の COP総軌跡長 ^{c)}	FR距離 (身長比) ^{d)}
足指把持力(中老年群)	-0.267, n.s	-0.271, n.s	-0.007, n.s	0.488, n.s
足指把持力(若年群)	-0.035, n.s	0.445, n.s	-0.293, n.s	-0.030, n.s

a) 足指把持力(%)と安静立位時のCOP総軌跡長(cm)との偏相関係数:制御変数は安静立位時のCOP位置(%)

b) 足指把持力(%)と前方立位時のCOP総軌跡長(cm)との偏相関係数:制御変数は前方立位時のCOP位置(%)

c) 足指把持力(%)とFR時のCOP総軌跡長(cm)との偏相関係数:制御変数はFR時のCOP位置(%)

d) 足指把持力(%)とFR距離(%)とのpearsonの相関係数

n.s : not significant

表 3 FR 距離（実測値）と足指非接地時の FR 距離（実測値）との比較

	FR距離(cm)	足指非接地時のFR距離(cm)	
中老年群	21.8±4.2	25.6±3.8	**
若年群	31.8±5.2	32.9±5.2	n.s

** : p<0.01, n.s : not significant

考 察

FR 距離 (実測値, 身長比) および足指非接地時の FR 距離 (実測値, 身長比) は, いずれも若年群に比べて中高年群に有意な減少が認められた. FR 距離は動的バランス能力の指標とされ, 臨床においても広く用いられている⁸⁾. したがって, 今回の結果から中高年群の動的バランス能力は若年群に比べて低下していることが理解できる. しかし, 中高年群および若年群ともに FR 距離と足指把持力との間に相関関係が認められなかった. また, 両群ともに足指非接地時の FR 距離は通常の FR 距離に比べて減少を認めず, むしろ中高年群においては有意な増大が認められた. これらのことから, 両群ともに足指把持力は, 動的バランス能力の指標である FR 距離の増大に影響を及ぼさないことが示唆された. Jonsson ら⁹⁾ は, 健常高齢者 27 名に対して FR 距離と COP の前方移動距離との関係性を検討したところ, 相関は低かったと報告している. また, 前岡ら¹⁰⁾ は 22~61 歳の健常成人 23 名に対して FR 距離に影響を及ぼす因子を検討したところ, COP の前方移動距離は FR 距離に影響を及ぼさなかったと報告している. COP が前方へ移動するほど身体を支持するべく一定の足指把持力が必要になると考えられる. しかし, 前述のごとく FR 距離と COP の前方移動距離の間には関係性が認められなかったと報告されていることから, FR 距離が増大したとしても COP 位置が大きく前方に移動するとは限らず, 身体を支持するための足指把持力は FR 距離の増大に影響しなかったと考えられる. これは, 足指非接地時の FR 距離が通常の FR 距離と比較して減少を認めなかったことから理解できる. なお, 中高年群の足指非接地時の FR 距離が増大した理由は明らかではないが, 安静立位時の肢位に影響されたことが推察される. つまり, 足指非接地時の安静立位では通常の立位に比べて身体重心がやや後方に偏倚していたことが考えられ, その結果として前方リーチ距離が増大したのではないかと考える.

今回, 安静立位時および FR 時の COP 総軌跡長は, 中高年群と若年群との間に有意差が認められなかった. しかし, 前方立位においては中高年群に比べて若年群に有意な増大が認められた. COP 総軌跡長は一般的にバランス能力の指標として使用される¹¹⁾. 前方立位時の COP 総軌跡長は中高年群に比べて若年群に有意な増大が認められたが, これは若年群の前方立位時の COP 位置が中高年群に比べて有意に前方へ位置していたことから, より不安定な状況での姿勢保持が要求されていた結果であ

ると考えられる. そこで, 各群において各肢位を保持したときの COP 位置を制御変数とし, 足指把持力と安静立位時, 前方立位時, FR 時の COP 総軌跡長の偏相関係数を求めたところ, いずれも有意な相関関係が認められず, 足指把持力が各肢位を保持したときの COP 総軌跡長に影響を及ぼさないことが示唆された.

今回の測定課題では, 足指把持力とバランス能力との関係性は示されなかった. 姿勢を制御し平衡を保持するためには, 感覚系により入力された情報が中枢で処理され適切に出力機能を働かせる必要がある^{12, 13)}. 足底には多数の固有受容器が存在する¹⁴⁾ ため, 立位における各肢位を保持するためにはそれらの機能が重要であることは言うまでもない. また, 姿勢を制御するためには, 足底からの情報を中枢で処理し各筋を適切に収縮させる必要がある. ここでの筋収縮とは単に最大の筋収縮力だけを指すのではなく, 身体の動揺に適した筋収縮の速さや大きさ, つまり協調性も含まれる. 今回の測定課題においては足指把持力とバランス能力との関係性が示されなかったが, 最大筋力といった量的機能だけではなく身体動揺に適した足指の質的機能が重要であったと考えられる.

長谷川ら¹⁵⁾ は, 健常成人 104 名に対して浮き趾が歩行中の足底圧に与える影響について検討したところ, 完全接地群に比べて浮き趾群では, 足底圧軌跡長, 足指荷重量が小さく, 足底圧軌跡が足指まで到達しなかったと報告している. このように, 足指の機能は歩行をはじめとする様々な動作に影響を与えることが理解できる. したがって, 足指把持力がバランス能力に全く影響しないとは言いきれないが, 今回の結果からは最大の足指把持力だけではバランス能力との関係性を認めることはできず, 今後, 足指の質的機能も含めた検討が必要であると考えられる.

文 献

- 1) 中山彰一: 姿勢制御機構と動的関節トレーニング. *The Journal of Clinical Physical Therapy*, 2: 1-10, 1999.
- 2) 加辺憲人: 足趾の機能. *理学療法科学*, 18: 41-48, 2003.
- 3) 木藤伸宏, 井原秀俊, 三輪恵, ほか: 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: 313-319, 2001.
- 4) 三谷保弘: 足指把握力が平衡機能に及ぼす影響一足

- 庄中心の前後移動について－. 四條畷学園大学リハビリテーション学部紀要, 1 : 59-64, 2005.
- 5) 三谷保弘, 森北育宏 : 足趾把握力が姿勢制御能力に及ぼす影響－足庄中心位置を前後方向へ移動させる能力に着目して－. 大阪体育大学紀要, 37 : 41-49, 2006.
 - 6) 三輪恵, 井原俊秀 : 足指・足底把握力測定器. 関節外科, 14 : 143, 1995.
 - 7) 三谷保弘, 酒巻栄治, 竹本昌史 : 水平リーチ距離測定器の試作. PT ジャーナル, 40 : 72, 2006.
 - 8) Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. : Functional reach : A new clinical measure of balance. J Gerontol 45 : M192-M197, 1990.
 - 9) Jonsson E, Henriksson M, Hirschfeld H : Does the functional reach test reflect stability limits in elderly people?. J Rehabil Med, 35 : 26-30, 2002.
 - 10) 前岡浩, 金井秀作, 坂口顕・ほか : Functional Reach Test に影響を与える因子－身長, 年齢, 足底庄中心点, 体幹前傾角度および歩行速度による検証－. 理学療法科学, 21 : 197-200, 2006.
 - 11) 田口孝行, 中山彰一 : 平衡機能 (バランス) の測定方法. 理学療法, 22 : 35-44, 2005.
 - 12) 内山靖 : 高齢者の平衡機能と転倒. 理学療法, 18 : 858-864, 2001.
 - 13) 藪越公司, 山口昌夫 : 高齢者の固有感覚と転倒. 理学療法, 18 : 852-857, 2001.
 - 14) 井原秀俊 : 関節トレーニング神経運動器協調訓練 (改訂第2版), 協同医書出版社, 1997, pp89-107.
 - 15) 長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作, ほか : 静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響. 理学療法科学, 25 : 437-441, 2010.

The relationship between toe gripping force and balance ability

¹⁾ Yasuhiro MITANI ¹⁾ Kouichi MUKAI ¹⁾ Masashi HASEGAWA

¹⁾ Atsushi KITAYAMA ²⁾ Satoru KAI

¹⁾ Faculty of Rehabilitation, Shijonawate Gakuen University

²⁾ Faculty of Allied Health Sciences, Kansai University of Welfare Sciences

Key Words

Toe gripping force, balance ability, center of foot pressure

Abstract

The objective of this study was to investigate the relationship between toe gripping force and balance ability. Subjects were 11 healthy young females (aged 22.5±1.9 years) and 13 healthy upper-middle-aged females (aged 59.8±4.3 years). Toe gripping force and the overall path length of the center of foot pressure (COP) while standing were measured. Measurement of the overall path length of COP was performed in two standing positions under two sets of conditions. In addition, the functional reach test (FRT) was administered with toes in contact with or not in contact with the floor. Results revealed no correlation between toe gripping force and overall COP path length while standing in both the upper-middle-aged group and the young group. In addition, no effect of contact or non-contact of the toes with the floor was noted in the measured FRT values. These findings showed no clear relationship between toe gripping force and balance ability in healthy young females or healthy upper-middle-aged females.