

■ 原著

足趾把持力測定・訓練器の作成 — 検者間・検者内信頼性の検討 —

Development of a New Device for Training and Measuring the Toes-Grasping Strength - Interrater and Intrarater Reliability

大杉紘徳¹⁾, 新屋誠二²⁾, 本塚貴裕³⁾, 神原康人⁴⁾, 土井俊⁵⁾, 梅原慶太⁵⁾

Hironori Ohsugi¹⁾, Seiji Shinya²⁾, Takahiro Motozuka³⁾, Yasuhito Kanbara⁴⁾, Shun Doi⁵⁾,
Keita Umehara⁵⁾

1) 京都橘大学健康科学部：〒607-8175 京都府京都市山科区大宅山田町 34 TEL 075-574-4314,
FAX 075-574-4314, E-Mail : hironori.o.10.30@gmail.com

2) 松本義肢製作所

3) 医療法人有会はしら整形リハビリクリニック

4) 浜松南病院リハビリテーション科

5) 浜松南病院整形外科

1) Faculty of Health Science, Kyoto Tachibana University : 34 Ohyakeyamada, Yamashina-ku,
Kyoto-city, Kyoto 607-8175, Japan
TEL +81-75-571-4313

2) Matsumoto P&O Co.,Ltd

3) Hashira seikei rehabili clinic

4) Department of Rehabilitation, Hamamatsu South Hospital

5) Department of Orthopaedic Surgery, Hamamatsu South Hospital

保健医療学雑誌 4 (2): 22-25, 2013. 受付日 2012 年 8 月 27 日 受理日 2013 年 5 月 19 日

JAHS 4 (2): 22-25, 2013. Submitted Aug. 27, 2013. Accepted May. 19, 2013.

ABSTRACT : We developed a new device which able to train and measure the Toes-Grasping Strength (TGS) quantitatively, using strain sensor. The purposes of this study were to confirm the interrater and intrarater reliability of the device. Five healthy young volunteers were measured for their TGS by four examiners, respectively three times. As a result, the new device showed high interrater reliability : ICC(1, 1) = 0.89, and moderate intrarater reliability: ICC(2, 1) = 0.75. Spearman-Brown formula indicated that the measurements should be done at least two times. Moreover, we clarified relation between TGS and Knee Extension/Flection Strength, in twelve health adults. There was a positive correlation between TGS and Knee Extension/Flexion Strength ($r = 0.52$ and $r = 0.63$). Therefore, the new device is useful in clinical assessment of TGS and the lower limb muscle strength.

Key words : Toes-Grasping Strength, reliability, lower limb muscle strength

要旨 : 足趾把持力を定量的に評価・測定し、定量的に介入するため、ひずみセンサーを用いて測定・訓練器（測定器）を開発し、検者内・検者間信頼性を求めた。5 人の健康成人に対して 4 名の被験者がそれぞれ 3 回ずつ測定した。測定器の信頼性を ICC(1, 1), ICC(2, 1)を用いて検討するとともに、Spearman-Brown の公式を用いて信頼性が保証できる反復回数を検討した。結果、検者内信頼性は比較的高い信頼性が得られたが、信頼性の確保のために、2 回以上の繰り返し測定が必要であることが示された。さらに足趾把持力と膝伸展および屈曲筋力との関係を 12 名の健康成人を対象に検討した。結果、足趾把持力は膝伸展および屈曲筋力と正の相関があることが示された。本測定器は足趾把持力および下肢筋力の評価に臨床上有用と考える。

キーワード : 足趾把持力, 信頼性, 下肢筋力

はじめに

足底は身体で唯一地面と接する場所である。足趾機能は前方への推進機能を担うとされ、足趾把持力と歩行速度の間に有意な正の相関があることが報告されている。^{1,2)} また、足趾把持力は静的・動的バランスと有意な関係にあることも先行研究によって明らかにされている。^{1,3-6)} そのため、足趾把持力を測定・評価することは立位バランスや転倒予防、歩行に関連した因子として重要であることがわかる。しかしながら、足趾把持力を測定する機器として広く普及している既成品がないため、先行研究では諸家がそれぞれに測定器を作成して測定を行っているのが現状である。^{1,5,6)}

また、足趾把持力に対する介入により、走行速度の向上^{7,8)}、重心動揺面積の減少^{5,9)}など様々な有益な効果が示されており、足趾把持力へのアプローチの重要性が高まっている。しかしながら、実際に行われているアプローチはタオルギャザーやビー玉掴み、足趾歩き等、介入方法として定量的とは言えないものが多い。EBM (Evidence Based Medicine: 根拠に基づいた医療) の重要性が高まっている現在において、介入する負荷量を定量化することも重要であると考えらる。

そこで、我々は松本義肢製作所と共同して足趾把持力測定・訓練器を開発した。開発の狙いは、定量的な評価ができる、介入方法として定量的な介入ができることとした。本論文では 1) 開発機器の紹介と測定結果の信頼性について検討、2) 下肢筋力の指標として主に用いられている膝伸展および屈曲筋力と足趾把持力との関係を検討した。

対象と方法

1. 測定器の構成

本測定器は、足を固定する台と趾をかけるウレタン皮膜付丸棒、丸棒を固定するひずみセンサー (エー・アンド・デイ社製、S 字タイプ汎用型ロードセル LC1205-k050)、センサーにかかる力を表示する表示器、カウンタから構成される。固定台に下腿をベルトで固定し、足趾の位置に合わせて丸棒を設置する (Fig1)。足指把持動作により丸棒が踵側へ引き寄せられる力が計測される。計測

値は kgf で表示され、ピークホールド機能を設け、最大把持力を計測できるようにした。さらに本器の特徴的な機能として、任意に設定した値を超えるとチャイムが鳴り、回数がカウントされ表示されるようにし、単に評価機器として足趾把持力を測定するだけでなく、足趾把持力強化のために定量的な訓練機器として応用できるようにした。

当初、足趾を引っ掛ける対象物として滑り難いシートを使用していたが、よりしっかりと把持力が計測できるように丸棒へと変更となった。また下腿の固定も台の上に置くのみだったが、しっかり固定させるために下腿の受けを大きくしベルトを取り付けた。

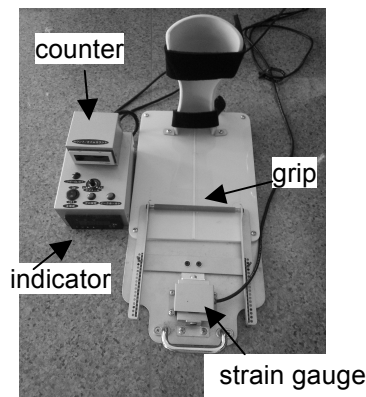


Fig1. A new device for training and measuring the Toes-Grasping Strength

This device consists of a board that fixes the foot, a toes grasping bar covered with an urethane film, a strain sensor, an indicator, and a counter.

2. 方法

1) 測定器の信頼性の検討

対象は実験内容の説明を書面および口頭にて行い同意の得られた健康成人男性 5 名 (平均年齢 25.8 ± 2.8 歳, 平均身長 172.6 ± 5.3 cm, 平均体重 65.6 ± 4.0 kg) として、対象者全員に対して 4 名の検者が足趾把持力を左右 3 回ずつ測定した。足趾把持力の測定は他の検者が測定する際には疲労を考慮して十分な休息を取らせてから行った。足趾把持力の測定では、対象を高さ 40 cm の椅子に腰掛けさせ、膝関節角度が 90 度になるように足趾把持力測定・訓練器を設置した (Fig2)。把持バーの位置は母趾 IP 関節直下に合わせた。測定時に、上肢は胸の前で組ませ、上肢での代償を抑制した。

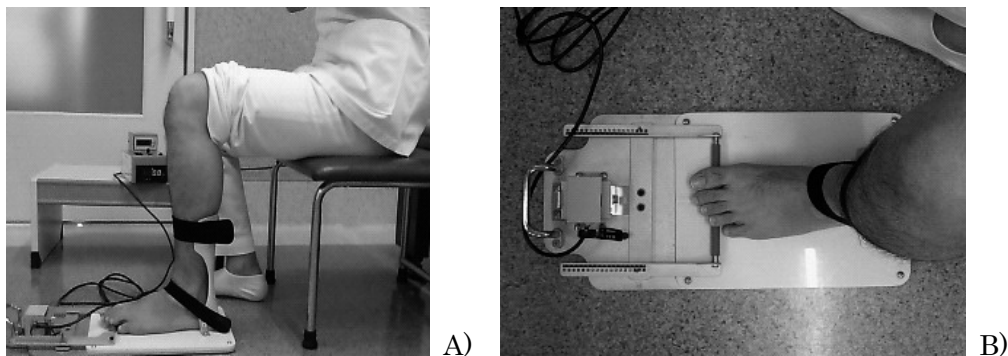


Fig1. A new device for training and measuring the Toes-Grasping Strength
Subjects sit on a chair. Instructions are as follows. 1) The angle of the knee was right-angled (A).
2) The grasping bar was located right under the IP joint of the great toe (B).

2) 膝伸展および屈曲筋力と足趾把持力との関係

対象は実験内容の説明を画面および口頭にて行い同意の得られた健康成人男性 12 名（平均年齢 25.7 ± 2.9 歳，平均身長 170.8 ± 5.3 cm，平均体重 65.8 ± 7.0 kg）とした．測定項目は足趾把持力測定・訓練器による足趾把持力，MINATO 社製 COMBIT CB-2 による等尺性膝伸展および屈曲筋力とした．足趾把持力の測定は 1) 信頼性の検討の際と同様の方法で行い，各対象者において左右 2 回ずつ測定してその平均値を解析に用いた．等尺性膝伸展および屈曲筋力は膝関節 60 度屈曲位での最大筋力を左右 1 回ずつ測定して得られた値を解析に用いた．

3) 統計学的解析

測定器の信頼性を検討するために，検者内信頼性として級内相関係数 ICC (1, 1) (p_1) を，検者間信頼性として ICC (2, 1) を求めた．さらに，高い信頼性 ($p_2 > 0.9$) が保証できる測定回数 (k) を，Spearman-Brown の公式 (1) を用いて検討した．

$$k = \frac{p_2(1 - p_1)}{p_1(1 - p_2)} \quad (1)$$

また，足趾把持力の左右差を対応のない t 検定を用いて，足趾把持力と膝伸展・屈曲筋力との関係を Pearson の相関係数を用いて検討した．足趾把持力，膝屈曲および伸展筋力は体重の影響を除外するために，測定によって得られた値を体重で除して解析に用いた．解析は IBM SPSS Statistics 19 を用い，有意水準 5%とした．

結果

検者ごとの検者内信頼性を Table1 に，繰り返し回数ごとの検者間信頼性係数を Table2 に示した．結果，全体的に検者間信頼性の方が小さい結果となり，検者内信頼性については比較的高い信頼性を得た．

ICC (1, 1) での $p_1 = 0.89$ という結果を得たことから，目標とする係数値は $p_2 = 0.90$ として，Spearman-Brown の公式 (1) に当てはめると， $k = 1.11$ という結果が得られた．すなわち ICC (1, k) > 0.90 を満たすためには反復測定回数が 2 回以上であることがわかった．

足趾把持力の測定値は右側 0.27 ± 0.07 kgf/kg，左側 0.27 ± 0.07 kgf/kg であり，有意な左右差を認めなかった ($P = 0.94$)．足趾把持力と膝伸展・屈曲筋力の関係を検討した結果，足趾把持力は膝伸展筋力 ($r = 0.52$, $P = 0.01$) および膝屈曲筋力 ($r = 0.63$, $P = 0.01$) と有意な正の相関を認めた (Table3)．

考察

Fleiss らによる ICC の判断基準によると，ICC > 0.75 以上であれば“excellent” reliability, ICC $= 0.40 - 0.75$ であれば“fair” to “good” reliability, ICC < 0.40 であれば“poor” reliability であると分類されている¹⁰⁾．今回開発した測定器の信頼性は，ICC (1, 1) $= 0.89$ であり，excellent と判断される．また，95%信頼区間の下限值であっても“fair” to “good” の範囲であり，比較的良好な結果

が得られた。1人の検者が1回測定でも良好な結果を得ることが出来るが、より高い信頼性 (ICC >0.9) を確保するためには最低限の条件 (反復測定回数 2 回) を満たす必要があるとわかった。繰り返し測定した平均値を用いることで信頼性が確保され、検者間信頼性も高まることから、測定器として有用であることが示唆される。さらに、測定値は 0.1kgf 単位で表示されるため、足趾把持力という小さな力であっても、その変化がとらえられる可能性がある。

信頼性が得られると考えられる 2 回の測定で得られた値の平均値を用いた足趾把持力は、左右差を認めなかった。村田ら¹¹⁾や甲斐ら¹²⁾も機能脚・支持脚と非機能脚・非支持脚の足趾把持機能において一側優位性を認めないとしていることから、妥当な結果であると考えられ、先行研究を支持する結果である。

足趾把持力は膝屈曲および伸展筋力と有意な正の相関を認めた。木藤ら⁵⁾も足趾把持力と膝伸展筋力 (60 度屈曲位) と正の相関を示している。また、足趾の柔軟性と膝伸展・屈曲筋力も有意に相関するとの報告がある¹³⁾。足部柔軟性は足趾把持力に強く影響する因子であるとされることから¹⁴⁾、足部柔軟性の高い者は足趾把持力が高く、下肢筋力が高いと推測される。しかしながら、村田らは足趾把持力と大腿四頭筋筋力およびハムストリングス筋力 (90 度屈曲位) との間に有意な相関はないとしている^{3,14)}。このように、膝伸展および屈曲筋力と足趾把持力の関係は見解が一致していないのが現状である。本研究で得られた足趾把持力値と 60 度膝伸展および屈曲筋力に見られた有意な正の相関から、今回開発した測定器を用いることにより、転倒や歩行速度など様々な要因に影響を与える下肢筋力を推定することができる可能性があり、今後被験者数を増やして検討していく必要がある。

本測定器では任意に設定した値を超えるとチャイムが鳴り、回数がカウントされ表示されるように作成した。そのため、評価によって得られた最大足趾把持力から、基準となる強度を設定して 10RM (ten repetition maximum) などの方法を用いて定量的な介入を行うことが可能である。本測定器の評価機器としての信頼性が確保されたため、今後は定量的な介入を行い、介入機器としての有用性を示していく必要がある。

文献

- 1) 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 17(4): 243-247, 2002
- 2) 増田仁美, 古橋芳美, 大杉紘徳・他: 足趾把持力が歩行速度に及ぼす影響・膝関節の内反変形に着目して. 浜松リハビリテーション研究会学術誌 5: 25-29, 2010
- 3) 村田伸: 開眼片足立ち位での重心動揺と足部機能との関連—健康女性を対象とした検討—. 理学療法科学 19(3): 245-249, 2004
- 4) 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
- 5) 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. 理学療法科学 28(7): 313-319, 2001
- 6) 三輪恵, 井原秀俊: 私のコツ・工夫 足指・足底把握力測定器. 関節外科 14(10): 1337, 1995
- 7) 宇佐波政輝, 中山彰一, 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. 九州スポーツ学会誌 6: 81-85, 1994
- 8) 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 24(3): 411-416, 2009
- 9) 井原秀俊, 吉田拓也, 高柳清美・他: 足指・足底訓練が筋力・筋反応・バランス能に及ぼす効果. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌 15(2): 268, 1995
- 10) Fleiss JL: *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. John Wiley & Sons Inc, New York, NY, 1986
- 11) 村田伸, 甲斐義浩, 田中真一・他: ひずみゲージを用いた足把持力測定器の開発. 理学療法科学 21(4): 363-367, 2006
- 12) 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 22(3): 365-368, 2007
- 13) 原田和巳, 小関裕二: 膝関節機能と足趾関節運動との関係について. 愛知県理学療法士会誌 13(2): 20-21, 2001
- 14) 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