握力計を用いた足趾把持測定法の 再現性と妥当性の検討

Reproducibility and Validity of a Toe-grip Measurements Made with a Hand Dynamometer

三浦 紗世¹⁾ 世古 俊明²⁾ 隈元 庸夫³⁾

SAYO MIURA, RPT¹⁾, TOSHIKI SEKO, RPT, MS²⁾, TSUNEO KUMAMOTO, RPT, PhD³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Hokusei Hospital: 5-1-1 Seiryu, Chitose-shi, Hokkaido 066-0081, Japan TEL +81 123-24-1121

E-mail: miu_sayo@yahoo.co.jp

²⁾ Hokkaido Chitose Institute of Rehabilitation Technology

³⁾ Department of Physical Therapy, School of Health and Social Services, Saitama Prefectural University

Rigakuryoho Kagaku 31(6): 847-850, 2016. Submitted May 16, 2016. Accepted Jul. 29, 2016.

ABSTRACT: [Purpose] To investigate the reliability and validity of a toe-grip measurement method using a hand dynamometer, and to examine its usefulness. [Subjects and Methods] The subjects were 9 elderly rehabilitation out-patients. Using a hand dynamometer and a commercial measuring instrument toe-grip strength meter, toe-grip strength was measured, as well as muscle activities at the time of the measurements. The reliability and correlation of the two methods were compared, as well as the toe-grip strengths, and muscle activities of the anterior tibialis, soleus, and abductor hallucis. [Results] The intra-rater reliabilities of both methods were good. A high correlation was found between the two measurement methods of toe-grip strength, and no differences were found in any of the muscle activities of the two methods. [Conclusion] The toe-grip strength measurement method using a hand dynamometer has high reproducibility and validity, but care is needed since the values obtained with the commercial toe-grip strength meter were different.

Key words: toe-grip strength, reliability, validity

要旨:〔目的〕握力測定器を用いた足趾把持力測定信頼性と妥当性について検討し、その有用性を検証することである。〔対象と方法〕外来リハビリテーションに通う高齢者9名とした。握力測定器と市販の測定器を用いて測定される足趾把持力と測定時の筋活動量を計測した。両測定法の信頼性と関連性および、測定法間での足趾把持力と前脛骨筋、ヒラメ筋、母趾外転筋の筋活動量を比較した。〔結果〕検者内信頼性はいずれの方法においても良好であった。両測定法間での足趾把持力に高い相関が認められた。筋活動量はすべての筋で差を認めなかった。〔結語〕握力測定器を用いた足趾把持力の測定法は再現性と妥当性を持つが、市販の測定器とは得られる値が異なることに留意する必要がある。

キーワード: 足趾把持力, 信頼性, 妥当性

¹⁾ 医療法人社団いづみ会 北星病院：北海道千歳市清流5丁目1番1号（〒066-0081）TEL 0123-24-1121

²⁾ 北海道千歳リハビリテーション学院

³⁾ 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

I. はじめに

足趾機能の一つである足趾把持力は、高齢者のバランス機能と密接に関わるとされ、片脚立位保持時間や functional reach test の前方到達距離と有意な相関を示すことが報告されている¹⁾。また転倒歴のある高齢者では足趾把持力が低下している場合が多く、足趾把持力の低下は転倒リスクの要因の一つとして知られているため^{2,3)}、地域の転倒予防教室などでは足趾把持動作に介入する運動が頻回に行われている⁴⁾。実際に地域高齢者を対象に足趾把持力の筋力強化運動による介入を実施した結果、静的立位バランス能力の改善や転倒者数の減少が図れたとの報告が散見される^{3,5-7)}。そのため足趾把持力を定量的に評価することは、バランス能力障害の因子を分析したり、転倒リスクを把握する上で重要といえる。一般に足趾把持力の測定には、専用の市販の測定機器（以下、市販測定器）が用いられることが多い。しかしながら、市販測定器は高価であることなどの理由から臨床において十分に普及しているとはいえず、足趾把持力測定の実施頻度は極めて少ないのが現状である。一方、村田ら⁸⁾は比較的安価な握力計を用いた足趾把持力測定機器を独自に作成し、高い再現性が得られたことから、この測定器（以下、握力測定器）の臨床的应用が可能であることを報告している。しかし、従来の市販測定器で得られる足趾把持力を基準とした、握力測定器の妥当性や測定時の筋活動の違いについて検討した報告は見受けられない。そこで本研究の目的は、握力測定器で得られる足趾把持力の信頼性と妥当性について検討するとともに、握力測定器と市販測定器で得られる足趾把持力および筋活動量を比較し、握力測定器を用いた足趾把持力の測定方法の有用性を検証することである。

II. 対象と方法

1. 対象

本研究は事前に北星病院倫理委員会の承認（承認番号：44番）と全被験者からの研究参加の同意を得て実

施した。対象は当院の外来リハビリテーション科に通院する65歳以上の男性3名と女性6名の合計9名であった。男性の年齢は 76.0 ± 9.2 歳、身長は 161.5 ± 1.5 cm、体重は 59.3 ± 3.2 kg、女性の年齢は 73.8 ± 6.7 歳、身長は 146.8 ± 5.7 cm、体重は 58.6 ± 11.0 kg であった（全て平均 ± 標準偏差）。なお、除外基準は検査測定内容の理解が困難な人、中枢系疾患を有する人、下肢の整形外科的疾患を有する人、あるいは足関節または足趾に著明な可動域制限を有する人とした。ヘルシンキ宣言に則り、十分な配慮を行い、被験者の安全に細心の注意を払い計測を実施した。

2. 方法

課題は最大努力での足趾屈曲運動とした。測定肢位は端座位とし、測定側の右側股関節および膝関節 90° 屈曲位、足関節底背屈中間位とした。足趾把持力の測定には市販測定器（T.K.K.3364、竹井機器工業社製、図1）と握力測定器を用いた。握力測定器は村田ら⁹⁾の作成方法に従い、木製の基礎板（ 70×25 cm）に5 kg未満の筋力測定も可能なアナログ式の握力計（ST100 T-1780、トーエイライト社製）を固定し、直径4 mmのステンレス製の針金を握力計の力点になる部分に取り付け、足趾把持バーとした。下腿前面を木製パネルによって固定できるように取り付けた。また先行研究による作成方法の一部改変点として、その上下端にはスポンジ緩衝材を当て、フィッティング性と安全性に配慮した（図2）。測定時には足関節の底屈や内反などの代償運動が起こらないように、検者は被験者の踵部を、もう一侧の手掌で下腿近位部を徒手固定した（図3）。いずれの測定機器においても、足趾把持バーを第1趾から第3趾でしっかりと把持ができるように調整後、5秒間、できるだけ強くバーを握り引っ張るように口頭指示を行った。市販測定器と握力測定器での測定においては、施行順をランダムとし、それぞれ2回の平均値を求め、体重で除した値を足趾把持力（kgf/kg）として採用した。筋活動量の測定には表面筋電図計（Tele Myo G2、Noraxon社製）を用い、導出筋を右側の前脛骨筋、ヒラメ筋、母趾外転筋の3筋とした。電極の貼付位置を前脛骨筋に対しては膝関節と

図1 市販測定器での測定場面

図2 作成された足趾把持力測定器 a) 前面図 b) 後面図

足関節を結ぶ線の近位 1/3 で脛骨外側にある筋腹、ヒラメ筋に対しては腓腹筋筋腹の遠位でアキレス腱内側、母趾外転筋に対しては舟状骨より 1 横指下部とした^{10,11)}。導出方法は双極導出法とし、電極には銀・塩化銀型ディスプレイ生体用表面電極 (Blue sensor, MEDICOTEST 社製) を用いた。電極中心間隔を 30 mm、皮膚インピーダンスを 5 k Ω 以内とした後、各筋の筋線維走行に対し並行に電極を貼付した。測定は筋電計内蔵のインピーダンステストをクリアしたのを確認後に行った。表面筋電計から測定したデータはサンプリング周波数 1 kHz で A/D 変換し、解析用パーソナルコンピュータ (EM-P3, LATITUDE D800, Dell Computer 社製) に取り込んだ。波形解析は筋電解析ソフトウェア (EM-129M, MyoResearch Master, Noraxon 社製) にて解析し、バンドパスフィルタは 10~500 Hz とした。波形解析においては生波形を全波整流し、筋電図積分値 (integrated electromyography, 以下, IEMG) を求めた。筋活動量にはいずれも各測定での波形が安定した時点の前後 0.5 秒、合計 1 秒間での IEMG を求め、最大等尺性収縮時の筋電値で正規化した値 (%IEMG) を採用した。統計学的解析として、まず得られたデータの正規性を Shapiro-Wilk 検定にて確認した。信頼性の検討として、

図3 握力測定器での測定場面

各測定器における足趾把持力の検者内信頼性を相対信頼性の指標である級内相関係数 (intraclass correlation coefficients, 以下, ICC) の 1 つ, ICC(1, 1) にて評価した。また Bland-Altman 分析を用い、系統誤差である固定誤差と比例誤差の有無を確認した。系統誤差が認められた場合、誤差の許容範囲 (limit of agreement, 以下, LOA) を求めた。次に妥当性の検討として、従来の市販測定器の足趾把持力に対する握力測定器での値の基準関連妥当性を Pearson の積率相関係数、絶対信頼性を Bland-Altman 分析にて評価した。測定機器間での足趾把持力と筋活動量の比較を paired t-test を用いて検討した。解析には統計フリーソフトウェア R version 2.12.0 を用い、有意水準は 5% とした。

III. 結 果

各測定器における足趾把持力の検者内信頼性 ICC(1, 1) は、握力測定器を用いた場合は 0.88、市販測定器では 0.93 であった。Bland-Altman 分析の結果、握力測定器と市販測定器はともに、比例誤差は認めなかったが固定誤差を認め、握力測定器の LOA は -0.02~-0.003 kgf/kg、市販測定器の LOA は -0.02~-0.005 kgf/kg であった (表 1)。市販測定器の足趾把持力を基準尺度としたときの握力測定器の基準関連妥当性を示す相関係数は 0.77 と有意な値が得られた。Bland-Altman 分析の結果、市販測定器と握力測定器の間で有意な比例誤差は認められなかったが有意な固定誤差が認められた (表 2)。市販測定器と握力測定器を用いた方法の間で足趾把持力を比較した結果、市販測定器での平均値が握力測定器よりも有意に高かった (表 3)。筋活動量を比較した結果、前脛骨筋、ヒラメ筋、母趾外転筋ともに市販測定器と握

表 1 検者内信頼性

	ICC		Bland-Altman 分析		
	ICC(1, 1)	95 % CI	固定誤差	比例誤差	LOA
			有意性		
握力測定器	0.88	0.59-0.97	†	n.s.	- 0.02 - - 0.003
市販測定器	0.93	0.76-0.98	†	n.s.	- 0.02 - - 0.005

ICC : intraclass correlation, CI : confidence interval, LOA : limits of agreement.

† : p<0.05.

表 2 足趾把持力の妥当性

	相関係数	Bland-Altman 分析		
	r	固定誤差	比例誤差	LOA
		有意性		
市販測定器 - 握力測定器	0.77 †	†	n.s.	- 0.08 ~ - 0.04

CI : confidence interval, LOA : limits of agreement. † : p<0.05.

表3 足趾把持力の比較

	握力測定器	市販測定器
kgf/kg	0.12 ± 0.04	0.18 ± 0.06 [†]

平均値 ± 標準偏差. [†]: p<0.05.

力測定器の間で有意な差は認められなかった (表4).

IV. 考 察

本研究の結果, 市販測定器による測定法の ICC(1, 1) は 0.93 であったのに対して, 握力測定器での ICC(1, 1) は 0.88 であり, 村田らによる過去の報告⁸⁾と概ね同様の高い再現性が得られた. Bland-Altman 分析にて内在する誤差を確認した結果, 両測定法ともに有意な比例誤差は示さなかったが, 有意な固定誤差を示し, 2 回目の測定値が 1 回目の測定値よりも高くなる傾向にあった. このことから本研究の課題運動が普段の日常生活では行われない不慣れな運動であるため, 反復運動による学習効果が 2 回目の測定値に影響を与えていた可能性が考えられる. 握力測定器における足趾把持力の基準関連妥当性の結果から, 両測定器による測定値は相対的な関連性を有することが示唆された. しかし, Bland-Altman 分析の結果, 両測定器での測定値の間に固定誤差が認められたこと, そして足趾把持力の比較では, 市販測定器が握力測定器よりも有意に高い値を示していたことから, これらの方法で得られる値が異なるため, 一貫性を持って測定器を使用することに留意すべきであるといえる. また筋活動量の比較では, 市販測定器での測定法において, 握力測定器の場合と得られる筋活動量が同等であるにもかかわらず, 足趾把持力は市販測定器が高い値を示した. この要因として, 両測定器における足関節固定部の構造的特性の違いが考えられる. 今回, 握力測定器の下腿前面はパネルを設置し足関節の背屈による下腿の前方移動を制御できる構造であったが, 下腿後面はフリーの状態のため, 検者が徒手にて踵部を固定し, 足関節の底屈による下腿の後方移動および足関節の内反運動などの代償運動を制御していた. 一方, 市販測定器では踵部後面にパネルが設置されており, さらに付属のベルトを足関節の前方に装着することで, より強固に足関節を固定することが可能であった. 足趾把持力の発揮には足関節の安定化作用が重要となることから⁴⁾, 市販測定器による測定においては足部の安定性が得られたことにより, 足趾把持力が効率的に発揮されていた可能性がある. しかし本研究では, 足趾屈曲運動の補助筋である母趾外転筋を被験筋としており, 主動作筋である長母指屈筋や短母指屈筋, 長指屈筋は深層に位置するため¹²⁾これらの主動作筋の筋活動を検出できておらず, 今回使用した電極では他の筋活動の cross talk についても否定できない

表4 筋活動量 (%EMG) の比較

	握力測定器	市販測定器
前脛骨筋	0.52 ± 0.18	0.45 ± 0.22
ヒラメ筋	0.26 ± 0.09	0.29 ± 0.08
母趾外転筋	0.56 ± 0.27	0.53 ± 0.20

平均値 ± 標準偏差.

ことは, 表面筋電図学的検討の限界といえる.

以上より, 握力測定器を使用した足趾把持力の測定は, 使用機器に一貫性をもつことで臨床上の使用が可能になると考えられる. また握力測定器は安価で比較的簡便に作成が可能なことから, 広汎に活用できる可能性が期待できる. 本研究は同一検者による検討であり, 検者の違いにより足部の固定性に影響を及ぼした可能性は否定できず, 今後検者間信頼性の検討が必要と考えられる. また, 高齢者を対象に握力測定器を用いた足趾把持力とバランス能力や転倒リスクとの関連性について検討するとともに cut-off 値の算出を行っていくことも課題である.

引用文献

- 1) 半田幸子, 堀内邦雄, 青木和夫: 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. 人間工学, 2004, 40(3): 139-147.
- 2) 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.
- 3) 福田 泉, 小林量作: 若年健常者に対する足把持力トレーニングの効果. 理学療法科学, 2008, 35(3): 261-266.
- 4) 相馬正之, 村田 伸, 甲斐義浩・他: 足趾把持力発揮時における下腿筋の筋活動. 理学療法科学, 2013, 28(4): 491-494.
- 5) 小林隆司, 細田昌孝, 峯末 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, 1999, 47(10): 633-636.
- 6) 村田 伸, 忽那龍雄: 在宅障害高齢者の足把持力と転倒との関連性. 国立大学理学療法士学会誌, 2003, 24: 8-13.
- 7) 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.
- 8) 村田 伸, 忽那龍雄: 在宅障害高齢者に対する転倒予防対策—足趾把持力トレーニング—. 日本在宅ケア学会誌, 2004, 7(2): 67-74.
- 9) 村田 伸, 忽那龍雄: 足趾把持測定の試み—測定機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.
- 10) 下野俊哉: 表面筋電図マニュアル—基礎・臨床応用. 酒井医療, 東京, 2005, p156.
- 11) 竹内弥彦, 山田雅子: クロスオーバーステップにおける足圧中心動揺と足関節周囲筋活動の関係. 理学療法科学, 2010, 25(1): 85-89.
- 12) Garth WP Jr, Miller ST: Evaluation of claw toe deformity, weakness of the foot intrinsics, and posteromedial shin pain. Am J Sports Med, 1989, 17(6): 821-827.