

研究報告



ハンドヘルドダイナモメーターを用いた足関節底屈筋力測定 における方法の検討*

佐藤 隼・海野光信

【要 旨】

本研究の目的はハンドヘルドダイナモメーター（Hand-Held Dynamometer：以下，HHD）を用いた足関節底屈筋力測定における検者内信頼性と問題点について検討することである．対象は健常成人 17 名とした．開始肢位はチルトテーブル上での背臥位とし，股・膝関節屈伸 0°位，足関節底背屈 0°位で足底が足底板に接するよう位置させた．その肢位から足関節をわずかに背屈させ中足骨頭底面に HHD 受圧部を設置し，下腿をチルトテーブル上にベルトで，被験者の両肩を検者が尾側方向へ押し固定した．この状態で，被験者に最大随意収縮を行わせた際の等尺性足関節底屈筋力を測定した．なお筋力の測定は 1 名の検者で行い，1 名の被験者に対し 1 週間以内の 2 日間で行った．筋力測定の検者内信頼性は，初日に 3 回測定した実測値における信頼性と，異なる 2 日間の平均値における信頼性について，級内相関係数（Intraclass Correlation Coefficient：以下，ICC）を用いて検討した．結果は初日に 3 回測定した実測値の ICC（1，1）が 0.94 であり，異なる 2 日間における平均値の ICC（1，1）は 0.88 であった．今回の測定方法は検者内信頼性が良好であったことから，習熟した同一検者が被験者内の筋力の経過を追う際には有用な方法であると考えられる．

キーワード：足関節底屈筋力，HHD，信頼性

はじめに

高齢者における転倒発生率は概ね 20% であり，転倒の発生には，下肢の筋力低下やバランス能力低下などの身体機能が影響すると報告されている¹⁾．高齢者の平衡機能低下に関与する筋群として，井上ら²⁾は下腿三頭筋，大腿四頭筋，腸腰筋が重要であると報告し，また田中ら³⁾は健康な高齢者を対象に，大腿四頭筋筋力と足関節底屈筋力が歩行能力と立位バランス能力に与える影響について検討し，大腿四頭筋筋力は歩行能力に，足関節底屈筋力は立位バランス能力に関与していることを報告している．従って，立位バランス障害の原因を捉え理学療法プログラムを実践する上で足

関節底屈筋力の測定は重要であると考えられる．

足関節底屈筋力の主な測定方法として徒手筋力検査法（Manual Muscle Testing：以下，MMT）や等速性筋力測定機器を用いた方法，ハンドヘルドダイナモメーター（Hand-Held Dynamometer：以下，HHD）を用いた方法がある．しかし，MMT は片脚立位保持が困難な症例では段階 3 以上の評価が行えないことや，定性的評価方法であり筋力の変化を捉えづらいことなどの問題点がある．また等速性筋力測定機器を用いた方法では，機器自体が高額であり，かつ広い設置場所を必要とするため測定できる施設が限られる問題点を有している．これらの問題点を解消するため，近年 HHD を用いた筋力測定方法が幾つか報告されている．しかしながら，先行研究⁴⁻⁸⁾では，自作の専用固定器具を用いており同様の器具の作成が困難であること，長座位や腹臥位の測定肢位では対象者が限られること，膝関節屈曲位での測定では腓腹筋とヒラメ筋による複合的な足関節底屈筋力を測定できないことなどから，臨床場面においてその実

* Investigation of measurement for ankle plantar flexor by use of Hand-Held Dynamometer

医療法人珪山会 鶴飼病院 リハビリテーション科
(〒453-0028 愛知県名古屋市中村区寿町 30 番地)
Jun Satou, RPT, Mitsunobu Unno, RPT: Department of Rehabilitation, Ukai Hospital

E-mail: satoujun0823@yahoo.co.jp

施が困難であった．そこで今回，先行研究に挙げられるHHDを用いた測定上の問題点を解消するため，測定条件を変更し，自作の専用固定器具を必要とせず，背臥位でも測定可能な方法で測定した等尺性足関節底屈筋力の信頼性とその問題点について検討した．

対象

対象は下肢や体幹に疼痛を認めない健常成人17名（男性13名，女性4名）とした．平均年齢は 29.9 ± 7.4 歳，平均身長は 166.4 ± 7.5 cm，平均体重は 58.1 ± 11.6 kgであった．

なお，本研究は対象者に対し事前に研究に関する説明を行い，研究に参加することの同意を得て行われた．

方法

1. 測定方法

筋力測定の開始肢位はチルトテーブル上での背臥位とした．測定肢は利き足とし，利き足の設定はボールを蹴る側とした．測定側の下肢を膝上まで露出し，指標とする腓骨頭，外果，中足骨底，中足骨頭が目視しやすい状態にした上で，股関節および膝関節屈伸 0° 位，足関節底背屈 0° 位で足底がチルトテーブルの足底板に接するよう位置させた．その肢位から，測定側の足関節をHHD（アニマ社製ミュータスF1）受圧部が足底に設置できる程度に背屈させ，受圧部を取り付けた（図1）．受圧部の設置位置は前足部横径の中央とし，かつ第一中足骨頭底面の最大膨隆部と受圧部凹面中央が一致していることを確認し設置した．対側のチルトテーブル足底板は最大底屈位とし，実施中に対側下肢が接触しないよう配慮した．固定方法は測定側の下腿部をその最遠位部と近位部の2箇所



図1. HHD 受圧部の設置位置



図2. 下腿部の固定方法



図3. 固定方法の全体像

し，下腿最遠位部とベルトの隙間にはタオルを挟み側方へのズレを防ぐため補助的に固定した（図2）．固定の強度は被験者が疼痛を感じない程度で，かつ最大限ベルトを引っ張った状態とした．また検者は測定中に被験者が頭側方向へズレないように，被験者の両肩を頭側方向から徒手で固定した（図3）．なお，この固定は被験者をその場に留めるためであり，チルトテーブル上に前腕を接地させ，被験者を尾側方向へ押し込まないように注意し行った．測定開始前，被験者に対し「足底部分に設置したセンサーを力いっぱい足先で下に押し付けてください」と教示した．測定は1名の被験者に対し2回の練習後に3回行い，1週間以内の2日間でそれぞれ行った．なお，今回の研究では検者を1名とした．検者は測定毎にチルトテーブル足底板から踵部が1横指以上離れてないか確認し，離れていた場合は，測定開始肢位に修正してから測定を行った．また，初日の足関節底屈筋力測定と同時に，側方よりビデオカメラにて足関節を撮影し，最大等尺性収縮時の足関節底屈角度を，ImageJ（version1.48）にて計測した．

2. 統計処理方法

統計処理方法は級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficient ; 以下, ICC) を用いて初日に3回測定した実測値における検者内信頼性と, 異なる2日間の平均値における検者内信頼性について統計ソフト R (version 2.8.1) を使用し, 有意水準を 5% として検討した。

結果

初日に3回測定した足関節底屈筋力の実測値と体重比, および, その実施中の足関節底屈角度を表1に示す。また, 異なる2日間で測定した足関節底屈筋力の平均値と体重比を表2に示す。

初日に3回測定した足関節底屈筋力の実測値における ICC (1, 1) は 0.94 (95%信頼区間: 0.88–0.98) であり, 異なる2日間で測定した足関節底屈筋力の平均値における ICC (1, 1) は 0.88 (95%信頼区間: 0.72–0.96) であった。

表 1. 初日に3回測定した足関節底屈筋力の実測値と体重比および実施中の足関節底屈角度

	実測値 (kgf)	体重比	足関節底屈角度 (°)
1 回目	69.3 ± 18.9	1.22 ± 0.39	4.0 ± 4.8
2 回目	68.9 ± 18.3	1.22 ± 0.38	4.5 ± 4.8
3 回目	66.2 ± 16.7	1.18 ± 0.38	5.7 ± 5.5

数値は平均値 ± 標準偏差を示す。

表 2. 異なる2日間で測定した足関節底屈筋力の平均値と体重比

	平均値 (kgf)	体重比
1 日目	68.1 ± 17.7	1.21 ± 0.38
2 日目	70.4 ± 15.8	1.24 ± 0.32

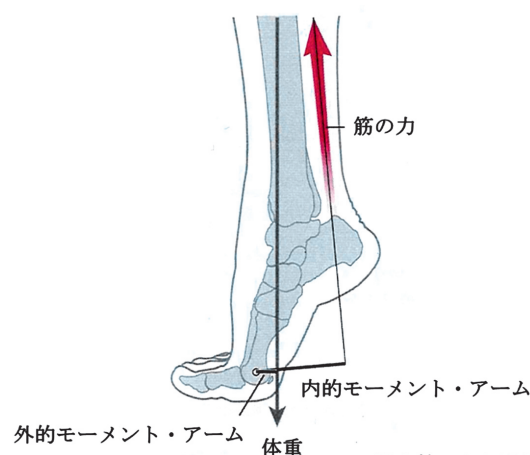
数値は平均値 ± 標準偏差を示す。

考察

本研究では, 先にも述べた HHD を用いた足関節底屈筋力測定方法の問題を解消するため, 脳血管疾患等リハビリテーション料を算定する施設に設置が義務付けられているチルトテーブルを使用し, 背臥位で膝関節伸展位での足関節底屈筋力が測定可能な方法を考案した。その結果, 初日に3回測定した実測値の ICC は 0.94, 異なる2日間に

おける平均値の ICC は 0.88 であり, いずれも良好以上の信頼性を示した。先行研究^{4) 6–8)} では, 同日に測定した ICC が 0.86 ~ 0.98 であり, 異なる2日間で測定した ICC が 0.91 であったことから, 本法による足関節底屈筋力も同等の信頼性を有していると考える。また測定された足関節底屈筋力値を先行研究と比較すると, 先行研究における対象者の筋力値は 46.0 ~ 77.2 kg (一部は筆者が論文データを基に体重比に換算しており, その値は 0.73 ~ 1.14) であり, 本研究の対象者では1日目の平均値が 68.1 kgf, 2日目が 70.4 kgf (体重比に換算すると 1.21 ~ 1.24) であり, 信頼性と同様に, 筋力値においても先行研究と同等もしくはそれ以上の筋力値が測定可能であったと考える。これらの結果より習熟した同一検者が同一被験者における足関節底屈筋力の経過を追う際には有用な方法であると考ええる。

今回行った足関節底屈筋力測定方法は, 足関節底背屈 0°位での等尺性筋力が測定可能となるよう条件設定を行ったが, 実際には足関節底屈位での測定となっており, 先行研究においても指摘されていた足部の固定性が問題点として存在した。真田ら⁴⁾ は測定中の足関節角度に若干のズレが生じるとし, 杉本ら⁵⁾ も筋力値が大きい対象者を測定しようとした場合には足部の固定性に問題が生じる可能性を指摘している。足関節底屈運動中の足部を固定するためには, 足関節底屈運動における力学的特性に配慮しなければならないと思われる。足関節底屈運動は筋骨格系の中でこの中では稀である第2のてこに分類される。てこの特徴として, 足関節底屈運動の回転軸となる中足趾節間関節から下腿三頭筋付着部までの距離である内的モーメント・アームが, 中足趾節間関節から体重



※文献10より引用し改変

図 4. 爪先立ちにおけるてこの原理（第2のてこ）

までの距離である外的モーメント・アームに比して長いため、体重負荷の1/3程度の筋力で足関節底屈運動が可能となる力学的有利性を有している(図4)とされている¹⁰⁾。足関節底屈運動は小さな力で体重負荷と釣り合いを得ることができる一方で、等尺性足関節底屈筋力を測定する場合には、力学的に有利であるこの筋力に対抗するための固定力が必要となる。今回の研究では対象とした健常成人の筋力値よりも固定力が不足していたことが、足関節底屈位となった原因であると考えられる。杉本ら⁵⁾は、老人保健施設を利用する高齢者を対象に、HHDを用いた足関節底屈筋力の測定を行い、3.98～32.53 kgと比較的筋力値が小さい被験者の場合、固定が可能であったと報告している。この先行研究の結果より、内的トルクが比較的小さい被験者であったことが足部の固定を可能にした要因の一つに成り得ると考えられるため、今後は筋力値の小さい被験者で再度測定を行い、足部の固定が可能な条件設定であるかを再検討する必要があると考える。

また、奈良ら¹¹⁾はHHDを用いた用手固定での等尺性膝関節伸展筋力における検者間信頼性について検討し、検者が男性で被験者が女性の場合では測定値の変動係数が小さかったのに対し、その逆の場合では変動係数が大きかったことを報告している。このことから、被験者の筋力の強さに対して検者の固定力(体格差など)の程度によって再現性が左右されると考える。今回の測定方法においても、頭側方向へのズレを防ぐための徒手固定が必要であるため、今後は検者の体格差による影響の有無について検討していく必要がある。

今回行ったHHDを使用した足関節底屈筋力の測定方法は、良好な検者内信頼性を有していることから、同一検者が被験者内の経過を追う際には有用な方法であるが、足関節底屈位での測定となり、足部の固定性に関する問題が生じたため、この問題を改善するさらなる取り組みが必要と考える。

【文 献】

- 1) 星文彦：高齢者の加齢変化と転倒要因．理学療法ジャーナル．2002; 36 (5) : 307-314.
- 2) 井上和久，植松光俊・他：筋力と重心動揺との関連について．埼玉県立大学紀要．2002; 4: 59-63.
- 3) 田中真一，村田伸・他：地域在住高齢者の下肢筋力がバランスおよび動作能力へ及ぼす影響—足関節底屈筋力および大腿四頭筋力との関連—．Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy．2014; 3 (4) : 163-167.
- 4) 真田将幸，一圓未央・他：ハンドヘルドダイナモメーターを用いた下腿三頭筋筋力測定．理学療法科学．2008; 23 (3) : 391-394.
- 5) 杉本諭，小野塚直子・他：ハンドヘルドダイナモメーターを用いた足底屈筋力測定法の信頼性およびMMTとの関連について．理学療法科学．2005; 32 (6) : 380-383.
- 6) 西上智彦，中尾聡志・他：ハンドヘルドダイナモメーターを用いた足関節底屈筋力の経日の再現性—筋力水準の高い対象者への手法—．高知理学療法．2006; 13: 39-42.
- 7) 甲斐義浩，村田伸・他：足関節底屈筋力測定の再現性と妥当性の検討．Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy．2013; 3 (1) : 25-28.
- 8) 平野幸伸，山本武：ハンドヘルドダイナモメーターによるヒラメ筋筋力測定の信頼性．理学療法科学．2013; 28 (1) : 115-118.
- 9) 桑原洋一，斉藤俊弘・他：検者内および検者間のReliability (再現性，信頼性) の検討—なぜ統計学的有意が得られないのか．呼吸と循環．1993; 41 (10) : 945-952.
- 10) Neumann DA: 筋骨格系のキネシオロジー (第1版)．嶋田智明，平田総一郎 (監訳)，医歯薬出版，東京，2007，pp 11-25，543.
- 11) 奈良勲，洲崎俊男・他：ダイナモメーターの信頼性—Musculator GT-10の使用経験による—．理学療法科学．1990; 17 (3) : 247-250.