徒手筋力計による膝伸展筋力測定時の アーム長補正の必要性

Necessity of Leg Length Adjustment When Measuring the Knee Extensor Strength Using Hand-held Dynamometers

世古 俊明¹⁾ 隈元 庸夫²⁾ 小川 峻一¹⁾ 伊藤 俊輔¹⁾
三浦 紗世³⁾ 松田 涼⁴⁾ 信太 雅洋¹⁾ 伊藤 俊一¹⁾

TOSHIKI SEKO, MD¹⁾, TSUNEO KUMAMOTO, PhD²⁾, SHUNICHI OGAWA, MD¹⁾, SHUNSUKE ITO, MD¹⁾, SAYO MIURA, RPT³⁾,
RYO MATSUDA, RPT⁴⁾, MASAHIRO SHIDA, MD¹⁾, TOSHIKAZU ITO, PhD¹⁾

¹⁾ Hokkaido Chitose College of Rehabilitation: 2-10 Satomi, Chitose-shi, Hokkaido 066-0055, Japan TEL +81 123-28-5331
E-mail: t-seko@chitose-reha.ac.jp

²⁾ Department of Physical Therapy, School of Health and Social Services, Saitama Prefectural University

³⁾ Department of Rehabilitation, Hokusei Hospital

⁴⁾ Department of Rehabilitation, Sinsapporo Neurosurgical Hospital

Rigakuryoho Kagaku 33(4): 551-554, 2018. Submitted Jan. 12, 2018. Accepted Feb. 27, 2018.

ABSTRACT: [Purpose] To clarify the necessity of leg length adjustment when measuring the knee extensor strength using hand-held dynamometers. [Subjects and Methods] The following items were measured in 108 (male: 21 and female: 87) elderly and middle-aged community residents of the general public: the knee extensor strength, maximum walking speed, and StandUp Test and 2-step Test scores. The knee extensor strength was evaluated by calculating the muscle strength- (N/kg) and torque- (Nm/kg) body weight ratios and examining their reproducibility, correlations, and associations with performance based on the sex. [Results] Both the muscle strength- and torque-body weight ratios showed high reproducibility and strong correlations, and these measurement values were consistent with the results of each performance test, regardless of the sex. [Conclusion] The influence of lower-leg length on the knee extensor strength of the elderly and middle-aged residents measured using hand-held dynamometers was not marked. Therefore, it may be possible to evaluate such strength based on non-adjusted values while carefully considering the purpose of their use.

Key words: hand-held dynamometers, knee extensor strength, lower-leg length

要旨:〔目的〕徒手筋力計で得られた膝伸展筋力に関して、下腿長による補正の必要性を検討した。〔対象と方法〕中高齢者の地域一般住民 108 名（男性 21 名、女性 87 名）を対象とした。測定項目は膝伸展筋力、最大歩行速度、起立テスト、2 ステップテストとした。膝伸展筋力は筋力値体重比（N/kg）とトルク値体重比（Nm/kg）を算出し、両者の再現性と相関および、パフォーマンス能力との関連を性別で検討した。〔結果〕男女ともに筋力値体重比とトルク値体重比は、高い再現性と相関を認めた。また男女における両測定値は、各パフォーマンステストとの相関関係に乖離を認めなかった。〔結語〕中高齢者に対する徒手筋力計での膝伸展筋力測定は、下腿長の影響を受けづらく、測定値の用途に留意しながら非補正值での検討が可能と思われる。

キーワード: Hand Held Dynamometer, 膝関節伸展筋力, 下腿長

¹⁾ 北海道千歳リハビリテーション大学: 北海道千歳市里美 2-10 (〒066-0055) TEL 0123-28-5331

²⁾ 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

³⁾ 医療法人社団いずみ会北星病院 リハビリテーション科

⁴⁾ 医療法人新さっぽろ脳神経外科病院 リハビリテーション科

I. はじめに

加齢による筋力の低下は上肢筋よりも下肢筋で顕著であり¹⁾、特に大腿四頭筋による膝関節伸展筋力は60歳代から急激な低下を認めるとされる²⁾。高齢者の膝関節伸展筋力は移動能力に関連するのみならず³⁻⁷⁾、疾病の罹患や死亡にも関連することが知られている^{8,9)}。そのため高齢者の移動能力のスクリーニングおよび、介護予防や健康寿命の延伸を推進する上で膝関節伸展筋力の測定は極めて重要な意味を持つ。

高齢者を対象とした介護予防事業における集団教室での筋力測定場面では、難しい設定が不要であり比較的安価で携帯性に優れた徒手筋力計(hand held dynamometer: 以下, HHD)を用いることが多い¹⁰⁻¹²⁾。一般にHHDで得られる筋力値(N)は肢節のアーム長を考慮されていないため膝関節伸展筋力を測定する場合、下腿長による補正でトルク値(Nm)を算出する必要がある。しかし地域の集団教室における体力測定場面では、時間の制限や人員の問題などから下腿長の計測を省略されることが少なくない。また、これまでにHHDで測定した膝関節伸展筋力に関する報告では、筋力値(N)とトルク値(Nm)が混在しており、それぞれの関係性や臨床的な妥当性の違いは不明確となっているのが現状である。

そこで本研究では、地域一般住民の中高齢者を対象にHHDで得られた膝関節伸展筋力に関して、下腿長による補正前後での相関および、歩行や起立などのパフォーマンス能力との関連性の違いについて検討し、下腿長による補正の必要性を検討することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は平成28年に開催された北海道千歳市および小樽市の集団教室に参加した地域一般住民の中高齢者108名とした。内訳は男性が21名、年齢 72.2 ± 6.6 歳、女性が87名、年齢 69.5 ± 7.5 歳: 平均 $\pm$ 標準偏差であった。除外基準は歩行が不可能な人、重度の股、膝関節痛を有する人、測定手順の理解が困難な人とした。本研究は北海道千歳リハビリテーション大学倫理委員会の承認(承認番号2804)と全被験者からの同意を得て実施した。

2. 方法

対象者の基本属性として年齢、身長、体重、Body Mass Index(以下, BMI)、下腿長を問診または測定にて調査した。その他の測定項目は、筋力評価として最大等尺性膝関節伸展筋力、パフォーマンス能力評価として10 m 最大歩行速度、ロコモティブシンドロームの判定に用いられるロコモ度テストから立ち上がりテストと2

ステップテストを採用した。

最大等尺性膝関節伸展筋力の測定にはベルト牽引式のHHD(Mobie MT-100, 酒井医療社製)を使用した。測定方法は先行研究¹³⁾に基づき股関節、膝関節は90°屈曲位の端座位とし、両手は胸の前で腕組みをさせた。牽引ベルトでの固定位置は測定下肢の外内果レベルと椅子後方の支柱とし、牽引ベルトを床と平行に保たせるように注意を払い測定した。また測定下肢は右下肢として2回測定を施行し、最大値を採用した。得られた筋力値(N)から、体重による補正で膝関節伸展筋力値体重比(N/kg: 以下, 筋力値)と、下腿長と体重による補正で膝関節伸展トルク値体重比(Nm/kg: 以下, トルク値)を算出した。

10 m 最大歩行速度の測定は、助走路と減速路をそれぞれ2 m ずつ設けた、計14 mの直進路を対象者にできるだけ速く歩くよう指示し、対象者の足が計測開始線を越えた時点から計測終了線を越える時点までをストップウォッチにて測定した。測定は2回実施し、より速い値を採用して最大歩行速度(m/sec)を算出した。

立ち上がりテストは40 cm, 30 cm, 20 cm, 10 cmの起立台を使用し、両脚または片脚での動作遂行レベルを評価した。実施の際は両腕組みし、両脚を肩幅に広げた座位から反動を付けずに立ち上がり、3秒間立位が保持可能であった場合、動作遂行可能と判断した。また難易度の段階付けは、両脚40~10 cm(段階1~4)、片脚40~10 cm(段階5~8)の8段階とした¹⁴⁾。

2ステップテストはスタートラインから可能な限り大腿で2歩進み、両足を揃えた状態を終了肢位とし、2歩幅の距離を測定した。測定は2回実施し、良好な値を採用して2ステップ値(2歩幅(cm)/身長(cm))を算出した¹⁵⁾。

統計的検討として、得られたデータの正規性をShapiro-Wilk検定にて確認した。男女間での基本属性および、筋力値、トルク値の比較はMann-Whitney's U testにて検討した。また同一検者の測定で得た1回目と2回目の筋力値とトルク値の検者内信頼性を相対的な信頼性の指標である級内相関係数(intraclass correlation coefficients: 以下, ICC)(1,1)で検討した。さらに筋力値とトルク値の相関、そして最大歩行速度、立ち上がりテスト、2ステップテストに対する両測定値の関連性をSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。なお有意水準は5%とした。

III. 結果

男女間での基本属性および、筋力値、トルク値の比較結果、男性は女性よりも身長、体重、下腿長、筋力値、トルク値が有意に高値であった(表1)。筋力値、トルク値のICC(1,1)は、ともに男性で0.93、女性で0.90

表1 男女間での基本属性の比較

性別	男性 (n=21)	女性 (n=87)
年齢 (歳)	72.2 ± 6.6	69.5 ± 7.5
身長 (cm)	166.7 ± 1.6	152.4 ± 1.5 **
体重 (kg)	62.1 ± 6.1	53.9 ± 9.5 **
BMI (kg/m ²)	22.3 ± 2.4	23.2 ± 3.9
下腿長 (m)	0.35 ± 0.02	0.32 ± 0.02 **
膝伸展筋力値体重比 (N/kg)	4.94 ± 1.62	4.05 ± 1.20 *
膝伸展トルク値体重比 (Nm/kg)	1.75 ± 0.59	1.33 ± 0.40 **

平均値 ± 標準偏差. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

であった (表2). 男女ともに筋力値とトルク値間に有意な相関を認めた (男性 $r = 0.95$, 女性 $r = 0.95$). 女性の筋力値とトルク値は最大歩行速度 ($r = 0.46, 0.54$), 立ち上がりテスト ($r = 0.35, 0.39$), 2 ステップテスト ($r = 0.40, 0.40$) と有意な相関を認めた. 男性の筋力値とトルク値は最大歩行速度 ($r = 0.53, 0.58$) とのみ有意な相関を認めた.

IV. 考 察

本研究の結果, 中高齢者の膝関節伸展筋力値とトルク値は高い相関を認め, 各パフォーマンステストに対する相関関係には, 乖離を認めなかった. このことから本測定肢位において HHD で測定した膝関節伸展筋力値はトルク値を反映し, 群間での比較検討やパフォーマンスとの相関関係を検討する場合, 下腿長で筋力値を補正しトルク値に換算する必要性は低いものと考えられる.

一般に計測されるべき筋力とは, 筋の収縮による関節を運動中心とした肢節の回転運動の力, つまり関節トルク (Nm) の大きさであり, 力 (N) × 肢節のアーム長 (m) で算出される. しかし HHD で計測されるものは荷重力 (N) であり, アーム長は考慮されていない. よって HHD を用いて下腿遠位部で膝関節伸展筋力を測定した際, 二人の被験者から同じ荷重圧が得られたとしても下腿長に差があった場合, 発揮されている関節トルクは異なる. そのため HHD で得られた値は個人の体格差を考慮し, 下腿長の補正によりトルク値を算出する必要がある. しかし, 下腿長はメートル (m) に換算して補正に用いられるため, 個人による下腿長のばらつきが男性で 0.35 ± 0.02 m, 女性で 0.32 ± 0.02 m と低値となる. そのため今回, 下腿長による補正後には, 個人間の変動に大きな差を認めず, 筋力値とトルク値は高い相関関係を認めたものと考えられる. また, もう一つの要因として, 重力補正の影響が考えられる. HHD での測定はトルクマシンとは異なり, 重力補正の機能が設けられていない. そのため下腿が抗重力位での膝関節伸展筋力測定

表2 膝関節伸展筋力値とトルク値の級内相関係数

膝関節伸展		ICC (1,1)	95%信頼区間	
			Lower	Upper
男性 n = 21	筋力値 (N/kg)	0.93**	0.83	0.97
	トルク値 (Nm/kg)	0.93**	0.84	0.97
女性 n = 87	筋力値 (N/kg)	0.90**	0.86	0.94
	トルク値 (Nm/kg)	0.90**	0.86	0.95

ICC: Intraclass Correlation Coefficients. **: $p < 0.01$.

では膝屈曲角度を θ とした場合, $\cos \theta$ 分だけ少ない値が計測されることとなる. よって HHD にて得られた筋力値は, 重力補正を行わなければ個人のアーム長の違いによりトルク値との乖離を広げる可能性がある. しかし今回の測定は膝関節 90° 屈曲位で下腿を下垂し, 下腿の長軸が重力方向と一致しているため, アーム長の差の影響を受けづらく筋力値とトルク値に乖離を認めなかったものと考えられる.

本研究の結論として, HHD で得られる膝関節伸展筋力値は, 物理的にトルク値に換算することが望ましい. しかし, 本測定肢位における筋力値は下腿長の影響を受けづらく, 時間的または人員的な制約下での測定環境においては測定値の用途に留意しながら非補正值での検討が可能と思われる.

本研究の限界として, 今回対象者を男女の中高齢者に限定しており, 母集団の平均身長が異なる年代を対象に含めた場合, 同様の結果が得られるかについては言及できない. また HHD による他関節の筋力測定では肢節のアーム長が異なるため, 本結論の対象とはなり得ないことに留意する必要がある. 今後の検討課題といえる.

利益相反 開示すべき利益相反関係にあるものはない.

引用文献

- 1) Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, et al.: Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. J Appl Physiol 1985, 2000, 89: 81–88.
- 2) Vandervoort AA, McComas AJ: Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. J Appl Physiol 1985, 1986, 61: 361–367.
- 3) Posner JD, McCully KK, Landsberg LA, et al.: Physical determinants of independence in mature women. Arch Phys Med Rehabil 1995, 76: 373–380.
- 4) Brown M, Sinacore DR, Host HH: The relationship of strength to function in the older adult. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 1995, 50: 55–59.
- 5) Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, et al.: Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2005, 60: 324–333.

- 6) Bruijn SM, Meijer OG, Beek PJ, et al.: Assessing the stability of human locomotion: a review of current measures. *J R Soc Interface*, 2013, 10: 20120999.
- 7) Persch LN, Ugrinowitsch C, Pereira G, et al.: Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomized controlled trial. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2009, 24: 819-825.
- 8) Newman AB, Kupelian V, Visser M, et al.: Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2006, 61: 72-77.
- 9) Kim YH, Kim KI, Paik NJ, et al.: Muscle strength: a better index of low physical performance than muscle mass in older adults. *Geriatr Gerontol Int*, 2016, 16: 577-585.
- 10) Bandinelli S, Benvenuti E, Del Lungo I, et al.: Measuring muscular strength of the lower limbs by hand-held dynamometer: a standard protocol. *Aging (Milano)*, 1999, 11: 287-293.
- 11) Stark T, Walker B, Phillips JK, et al.: Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM R*, 2011, 3: 472-479.
- 12) 伊藤俊一：臨床における客観的評価法の再考—関節可動域と筋力の計測—。生体応用計測, 2013, 4: 9-14.
- 13) Katoh M, Isozaki K: Reliability of isometric knee extension muscle strength measurements of healthy elderly subjects made with a hand-held dynamometer and a belt. *J Phys Ther Sci*, 2014, 26: 1855-1859.
- 14) 村永信吾：立ち上がり動作を用いた下肢筋力評価とその臨床応用。昭和医学会雑誌, 2001, 61: 362-367.
- 15) 村永信吾, 平野 清：2ステップテストを用いた簡便な歩行能力推定法の開発。昭和医学会雑誌, 2003, 63: 301-308.