

原 著

足関節底背屈筋力に影響を及ぼす因子（第2報）

—多変量解析を用いて—

坂本 親宣

鹿児島医療福祉専門学校理学療法学科

(2019年11月29日受付)

要旨：腰仙部神経根障害の症例においては神経根圧迫レベルの判定や術後の回復状態を把握する上で足関節底背屈筋力の定量的な評価は重要である。今回、多変量解析による足関節底背屈筋力の予測を行い、臨床において十分に活用できうる足関節底背屈筋力の予測式を確立できたので報告する。対象者は健常者93名（男性45名、女性48名）とした。平均年齢は 34.6 ± 12.1 歳（14歳～59歳）、平均体重は 59.1 ± 11.5 kg（41kg～92kg）、平均身長は 162.6 ± 8.2 cm（145cm～182cm）であった。測定肢位は坐位で膝関節90度にて専用の固定具で強固に大腿部を固定した。測定は足関節専用のアタッチメントを取り付けた米国ロレタン社製リド・アクティブを用いた。対象者に角速度 120° にて20回の足底背屈等速度運動を行わせ、ピークトルク値及び仕事量を計測した。ピークトルク値及び仕事量と対象者の性別、年齢、体重、身長それぞれのピアソンの相関係数を求めた。次にピークトルク値及び仕事量をそれぞれ目的変数とし、性別、年齢、体重、身長を説明変数として多変量解析を行い、予測式を求めた。そして、その予測式の回帰の有意性に関して分散分析を行い、更に偏相関係数を求めて、各説明変数の重さについても検討した。足関節背屈ピークトルク値は性別との相関係数が0.65、体重とは0.65、身長とは0.64、年齢とは-0.30であった。足関節底屈ピークトルク値は性別との相関係数が0.75、体重とは0.69、身長とは0.71、年齢とは-0.28であった。足関節背屈仕事量は性別との相関係数が0.31、体重とは0.50、身長とは0.35、年齢とは-0.13であった。足関節底屈仕事量は性別との相関係数が0.55、体重とは0.61、身長とは0.64、年齢とは-0.32であった。性別（X1）、体重（X2）、身長（X3）、年齢（X4）の4項目による足関節背屈ピークトルク値（Y1）の予測式は $Y1 = -12.93 + 3.74(X1) + 0.19(X2) + 0.11(X3) - 0.09(X4)$ となり、重相関係数は0.74、寄与率は0.55であった。4項目による足関節底屈ピークトルク値（Y2）の予測式は $Y2 = -53.66 + 12.24(X1) + 0.43(X2) + 0.38(X3) - 0.13(X4)$ となり、重相関係数は0.80、寄与率は0.64であった。4項目と足関節背屈仕事量（Y3）の予測式は $Y3 = 8.07 - 16.52(X1) + 3.14(X2) + 0.52(X3) - 0.51(X4)$ となり、重相関係数は0.52、寄与率は0.27であった。4項目と足関節底屈仕事量（Y4）の予測式は $Y4 = -684.67 + 0.87(X1) + 5.80(X2) + 5.76(X3) - 1.90(X4)$ となり、重相関係数は0.70、寄与率は0.49であった。4つの予測式に対して分散分析を行ったところ、 $FY1=27.07$ 、 $FY2=39.30$ 、 $FY3=7.66$ 、 $FY4=21.24$ となり、全ての式のF値共に $F_{0.05}^{\text{臨}}=3.56$ より大きく回帰は有意であった。

(日職災医誌, 69:9-13, 2021)

—キーワード—

足関節底背屈筋、筋力、多変量解析

1. 目 的

腰仙部神経根障害の症例においては神経根圧迫レベルの判定や術後の回復状態を把握する上で足関節底背屈筋力の評価は重要であり、著者はより客観的な評価を行うために筋力の定量化を試みてきた。しかし、対象者の年

齢や体格を無視した定量化に疑問を持ち、これらの因子が足関節底背屈筋力に及ぼす影響について検討を行い、健常女性の体格が筋力に大いに影響を及ぼす¹⁾との報告を行った。そして今回は、対象者に健常男性を加え、更に年齢層を拡大した上で多変量解析による足関節底背屈筋力の予測を行い、臨床において十分に活用できうる足

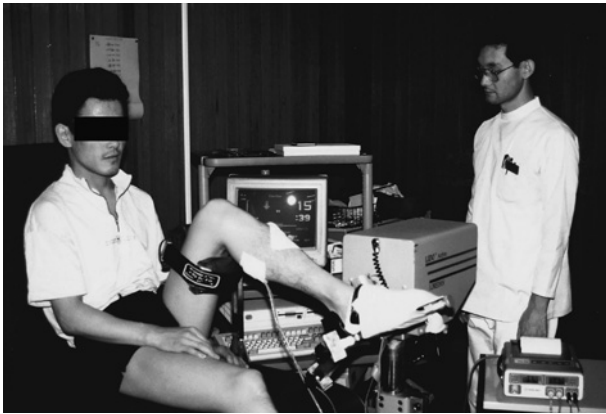


図1 筋力測定機器 (リドアクティブ)

関節底背屈筋力の子測式を確立できたので報告する。

2. 対象

健康者 93 名 (男性 45 名, 女性 48 名) とした。平均年齢は 34.6 ± 12.1 歳 (14 歳 ~ 59 歳), 平均体重は 59.1 ± 11.5 Kg (41Kg ~ 92Kg), 平均身長は 162.6 ± 8.2 cm (145cm ~ 182cm) であった。

3. 方法

測定肢位は坐位で膝関節 90 度にて専用の固定具で強固に大腿部を固定した。測定は足関節専用のアタッチメントを取り付けた米国ロレダン社製リド・アクティブを用いた (図 1)。対象者に角速度 120° にて 20 回の足底背屈等速度運動を行わせ、ピークトルク値及び仕事を計測した。

ピークトルク値及び仕事量と対象者の性別, 年齢, 体重, 身長それぞれのピアソンの相関係数を求めた。次にピークトルク値及び仕事量をそれぞれ目的変数とし, 性別, 年齢, 体重, 身長を説明変数として多変量解析を行った。質的データである性別は女性を 1, 男性を 2 とした。多変量解析として重回帰分析を行い, 子測式を求めた。そして, その子測式の回帰の有意性に関して分散分析を行い, 更に偏相関係数を求めて, 各説明変数の重さについても検討した。

なお, データ解析はメディカルプラン II を用いた。

4. 結果

1) 左右差の検討

全被験者の足関節底背屈筋のピークトルク値及び仕事量について左右差を検討したが, 有意差は見られなかった。そこで, 利き足・非利き足に関係なく左側のデータに限定して検討を行った。

2) 筋力に対する性別, 年齢, 体重, 身長との相関係数の検討 (表 1)

足関節背屈ピークトルク値は性別との相関係数が 0.65

表 1 筋力に対する性別, 年齢, 体重, 身長との相関係数

	性別	体重	身長	年齢
足関節背屈 ピークトルク値	0.65 **	0.65 **	0.64 **	-0.30 *
足関節底屈 ピークトルク値	0.75 **	0.69 **	0.71 **	-0.28 *
足関節背屈 仕事量	0.31 *	0.50 **	0.35 **	-0.13 *
足関節底屈 仕事量	0.55 **	0.61 **	0.64 **	-0.32 *

** $p < 0.01$ * $p < 0.05$

($p < 0.01$), 体重とは 0.65 ($p < 0.01$), 身長とは 0.64 ($p < 0.01$), 年齢とは -0.30 ($p < 0.05$) であった。

足関節底屈ピークトルク値は性別との相関係数が 0.75 ($p < 0.01$), 体重とは 0.69 ($p < 0.01$), 身長とは 0.71 ($p < 0.01$), 年齢とは -0.28 ($p < 0.05$) であった。

足関節背屈仕事量は性別との相関係数が 0.31 ($p < 0.05$), 体重とは 0.50 ($p < 0.01$), 身長とは 0.35 ($p < 0.01$), 年齢とは -0.13 ($p < 0.05$) であった。

足関節底屈仕事量は性別との相関係数が 0.55 ($p < 0.01$), 体重とは 0.61 ($p < 0.01$), 身長とは 0.64 ($p < 0.01$), 年齢とは -0.32 ($p < 0.05$) であった。

3) 多変量解析を用いた筋力の子測 (表 2)

性別 (X1), 体重 (X2), 身長 (X3), 年齢 (X4) の 4 項目による足関節背屈ピークトルク値 (Y1) の子測式は $Y1 = -12.93 + 3.74 (X1) + 0.19 (X2) + 0.11 (X3) - 0.09 (X4)$ となり, 重相関係数は 0.74, 寄与率は 0.55 であった。

4 項目による足関節底屈ピークトルク値 (Y2) の子測式は $Y2 = -53.66 + 12.24 (X1) + 0.43 (X2) + 0.38 (X3) - 0.13 (X4)$ となり, 重相関係数は 0.80, 寄与率は 0.64 であった。

4 項目と足関節背屈仕事量 (Y3) の子測式は $Y3 = 8.07 - 16.52 (X1) + 3.14 (X2) + 0.52 (X3) - 0.51 (X4)$ となり, 重相関係数は 0.52, 寄与率は 0.27 であった。

4 項目と足関節底屈仕事量 (Y4) の子測式は $Y4 = -684.67 + 0.87 (X1) + 5.80 (X2) + 5.76 (X3) - 1.90 (X4)$ となり, 重相関係数は 0.70, 寄与率は 0.49 であった。

4) 筋力の子測式の有意性の検討

4 つの子測式に対して分散分析を行ったところ, $F_{Y1} = 27.07$, $F_{Y2} = 39.30$, $F_{Y3} = 7.66$, $F_{Y4} = 21.24$ となり, 全ての式の F 値共に $F_{0.05}^{\circ} = 3.56$ より大きく回帰は有意 ($p < 0.01$) であり, 4 つの項目がピークトルク値及び仕事量の子測に役立つことがいえる。

また, 偏相関係数に着目すると, ピークトルク値は体重, 性別との相関が高く, 仕事量は体重との相関が高かった。これは当初に検討した足関節底背屈筋力との相関係数と同様の結果であった。

表2 多変量解析を用いた筋力の予測式と重相関係数
性別 (X1), 体重 (X2), 身長 (X3), 年齢 (X4)

	筋力の予測式	
	重相関係数	寄与率
足関節背屈 ピークトルク値	$-12.93 + 3.74(X1) + 0.19(X2) + 0.11(X3) - 0.09(X4)$	
	0.74	0.55
足関節底屈 ピークトルク値	$-53.66 + 12.24(X1) + 0.43(X2) + 0.38(X3) - 0.13(X4)$	
	0.80	0.64
足関節背屈 仕事量	$8.07 - 16.52(X1) + 3.14(X2) + 0.52(X3) - 0.51(X4)$	
	0.52	0.27
足関節底屈 仕事量	$-684.67 + 0.87(X1) + 5.80(X2) + 5.76(X3) - 1.90(X4)$	
	0.70	0.49

5. 考 察

現在、臨床において足関節底背屈筋の筋力評価法としては徒手筋力検査法²⁾が主流的に用いられている。これは重力や抵抗量により筋力を評価する順序尺度であり、個々の関節の動きに応じた筋力を測定することができる。しかし、対象者の体重その他の要因を考慮されていないために、定量的評価としては不十分である。また、臨床経験3年以下の検者では徒手筋力検査法の信頼度が低下する³⁾、また逆に検者の臨床経験年数が増すに従い段階分けは曖昧になる⁴⁾といった報告が散見され、検者によって検査結果が若干異なることが予測される。

機器により筋力測定を行う際、関節軸が移動しないように関節軸を一定にすることは絶対的な条件である⁵⁾といわれている。著者は今回の測定にあたって、足部を専用のアタッチメントにベルトおよび弾力包帯にて、加えて大腿部を専用の固定具にベルトで強固に固定することにより関節軸を一定に保つことができた。

一般的に、随意的な最大筋力を求めるためには3回の測定を必要とする⁶⁾とある。本研究では20回の足関節等速度運動を行わせることによりピークトルク値とともに筋仕事量も測定し、筋持久力の評価も行った。

Susanら⁷⁾は足関節背屈に関して男性が女性に比べて有意に筋力が強かったと述べている。また、明日ら⁸⁾は足関節底屈筋力に影響を与える因子として性別をあげている。この要因として一般的に女性は男性に比べ、体脂肪率が高く除脂肪組織量が少ないことにより、筋力の性差が現れる⁹⁾ことがあると考えられた。

身長と足関節底屈筋力の間には相関($r=0.43$)がみられた⁷⁾と報告されている。これは身長が高いほど一般的に足長は長い¹⁰⁾ことにより、支点から力点までが長くなり作用点における力は強くなるのが要因としてあげられる。

体重と下肢筋力の間には相関関係があるとの報告¹¹⁾¹²⁾も多い。体重と足関節背屈筋力が相関することについて、

立位姿勢での重心線と足部、足関節の機能解剖¹³⁾との関係によるものと考えられると新井ら¹¹⁾は述べている。齋藤¹⁴⁾が前脛骨筋を腹側に位置する抗重力筋としていることや、荷重点に多くの体重がかかった場合、底屈モーメントが増加するが、足関節底屈を規制しているものは足関節背屈筋である¹⁵⁾ことが体重の増加に応じて足関節背屈筋力が増加する要因になっていると考えられる。

年齢に関しては筋力との相関係数は低いものの、年代別では筋力に有意差はある¹⁾との報告を著者らは行っている。また高齢群は若年群に比べ、足関節背屈筋で56%~60%、足関節底屈筋は54%~66%であったとの結果を松村ら¹⁶⁾は報告している。ただ、足関節底背屈筋力のピークトルク値をグラフ化した場合、30歳代を頂点とした山型を形成するために一概に若いほど筋力が強いとは言えないからであろう。

回帰が有意と立証できた予測式は今後、臨床において十分に活用できるものであると考える。

6. 症例供覧

27歳男性、体重67kg、身長176cm、左L5/Sの腰椎椎間板ヘルニア。主訴は左下肢痛および左下肢筋力低下。

筋力予測式より足関節背屈ピークトルク値24Nm、足関節底屈ピークトルク値63Nm、足関節背屈仕事量263J、足関節底屈仕事量668Jの値を得た。実際の測定したところ足関節背屈ピークトルク値は右22Nm、左24Nmであった。足関節底屈ピークトルク値は右64Nm、左34Nmであった。また、足関節背屈仕事量は右270J、左266Jであった。足関節底屈仕事量は右689J、左441Jであった。これよりS1の神経根が支配する左足関節底屈筋の筋力が予測値の75%程度であることが観察された。

開窓ヘルニア摘出術が施行され、S1神経根圧迫が除圧され、4週間の下肢筋力増強を行った後の測定では左足関節底屈ピークトルク値は60Nm、左足関節底屈仕事量は681Nmとなった。

[COI開示] 本論文に関して開示すべきCOI状態はない

文 献

- 1) 坂本親宣, 濱岡 健: 足関節背底屈筋筋力に影響及ぼす因子. 運動生理 8: 177—182, 1993.
- 2) Hislop HJ, Montgomery J: 股関節伸展, 新・徒手筋力検査 原著第9版. 津山直一, 中村耕三訳. 東京, 協同医書出版社, 2014, pp 253—262.
- 3) 中川法一, 森実 徹: 徒手筋力テスト (MMT) の信頼性—検査側因子を中心に—. 理学療法学 17: 238—241, 1990.
- 4) 坂本親宣, 濱岡 健, 栗原 章, 裏辻雅章: 腰仙部神経根障害における筋力評価の検討—筋力の定量化とMMT—. 全国労災病院リハビリテーション技術員会第22回全国研修会誌 23—24, 1992.
- 5) 蜂須賀研二: 筋力テストと筋萎縮の評価. 総合リハ 17: 131—136, 1989.
- 6) 鶴見隆正: 筋力の評価. PT ジャーナル 23: 107—114, 1989.
- 7) Susan B, Sepic MS, Murray MP, et al: Strength and range of motion in the ankle in two age groups of men and women. Am J Phys Med 65: 75—84, 1986.
- 8) 明日 徹, 橋原貴雄, 白土瑞穂, 田中正一: 足関節底屈筋筋力評価の検討. 全国労災病院リハビリテーション技術員会第21回全国研修会誌 68—72, 1991.
- 9) 渡辺昌幸: 日本人成年婦女子の足長と身長との関係. 民族衛生 26: 226—234, 1960.
- 10) 金久博昭: 筋量・筋力における性差. 体力科学 65: 43, 2016.
- 11) 新井恒雄, 佐藤昭彦, 岡本高志, 他: 足関節背屈筋力と体重の関係. 埼玉理学療法 11: 19—22, 2004.
- 12) 重島晃史, 山崎裕司, 大倉三洋, 他: 体重負荷量による足関節背屈筋筋活動量の変化. 理学療法科学 25: 943—945, 2010.
- 13) 土肥信行: 足関節・足部の機能解剖. 総合リハ 10: 795—800, 1982.
- 14) 齋藤 宏: 姿勢保持のメカニズム. 総合リハ 24: 699—703, 1996.
- 15) 門司順一: 足の機能解剖. 理学療法 6: 247—254, 1989.
- 16) 松村将司, 宇佐英幸, 小川大輔, 他: 下肢の関節可動域と筋力の年代間の相違およびその性差—20-70代を対象とした横断研究—. 理学療法科学 30: 239—246, 2015.

別刷請求先 〒890-0034 鹿児島県鹿児島市田上 8-21-3
 鹿児島医療福祉専門学校理学療法学科
 坂本 親宣

Reprint request:

Chikanori Sakamoto

Department of Physical Therapy, Kagoshima Medical Welfare College, 8-21-3, Tagami, Kagoshima, 890-0034, Japan

**The Factor Has an Influence on the Ankle Joint Dorsiflexors and
Plantarflexors' Muscle Strength (Second Report)**
—Using a Multivariate Analysis—

Chikanori Sakamoto

Department of Physical Therapy, Kagoshima Medical Welfare College

In this study, we have predicted the ankle joint dorsiflexors and plantarflexors' muscle strength by multivariate analysis. The subjects were 93 healthy people (45 men and 48 women). The average age was 34.6 ± 12.1 years (14–59 years), the average weight was 59.1 ± 11.5 kg (41 kg–92 kg), and the average height was 162.6 ± 8.2 cm (145 cm–182 cm). The measurement was performed using Lido Active (LOREDAN Co., Ltd, USA). The subjects moved dorsiflexion and plantarflexion 20 times each at an angular velocity of 120° , and the peak torque value and work done were measured. We calculated Pearson's correlation coefficients between peak torque value, work done, and the gender, age, weight, height. The peak torque value and work done were set as objective variables, and multivariate analysis was performed using gender, age, weight, and height as explanatory variables. Then, an analysis of variance was performed on the significance of regression of the prediction formula, and the partial correlation coefficient was obtained to examine the weight of each explanatory variable. The ankle dorsiflexion peak torque value was 0.65 for the correlation coefficient with gender, 0.65 for body weight, 0.64 for height, and -0.30 for age. The ankle plantar flexion peak torque value were 0.75 for the correlation coefficient with gender, 0.69 for weight, 0.71 for height, and -0.28 for age. The ankle dorsiflexion work done had a gender correlation coefficient of 0.31, body weight of 0.50, height of 0.35, and age of -0.13 . The ankle plantar flexion work done had a gender correlation coefficient of 0.55, weight of 0.61, height of 0.64, and age of -0.32 . The predicted formula for the ankle dorsiflexion peak torque value (Y1) by gender (X1), body weight (X2), height (X3), and age (X4) was $Y1 = -12.93 + 3.74(X1) + 0.19(X2) + 0.11(X3) - 0.09(X4)$, the multiple correlation coefficient was 0.74, and the contribution rate was 0.55. The prediction formula of the ankle plantar flexion peak torque value (Y2) by the four items was $Y2 = -53.66 + 12.24(X1) + 0.43(X2) + 0.38(X3) - 0.13(X4)$, the multiple correlation coefficient was 0.80 and the contribution rate was 0.64. The prediction formula for 4 items and the ankle dorsiflexion work done (Y3) was $Y3 = 8.07 - 16.52(X1) + 3.14(X2) + 0.52(X3) - 0.51(X4)$, the multiple correlation coefficient was 0.52 and the contribution rate was 0.27. The prediction formula for the four items and the ankle plantar flexion work done (Y4) was $Y4 = -684.67 + 0.87(X1) + 5.80(X2) + 5.76(X3) - 1.90(X4)$, and the multiple correlation coefficient was 0.70, and the contribution rate was 0.49. An analysis of variance was performed for the four prediction equations. $F_{Y1} = 27.07$, $F_{Y2} = 39.30$, $F_{Y3} = 7.66$, $F_{Y4} = 21.24$. The F values of all the equations were larger than $F_3^{88} = 3.56$, and the regression was significant.

(JJOMT, 69: 9–13, 2021)

—Key words—

ankle joint dorsiflexors and plantarflexors, muscle strength, multivariate analysis