入院高齢患者における下腿最大周径による 四肢筋量の簡易推定式

Simple Estimation of Appendicular Muscle Mass using the Maximum Calf Circumference of Elderly Inpatients

伊藤 忠¹⁻⁴⁾ 酒井 義人⁴⁾ 森田 良文⁵⁾ 及川 真人^{3,6)}
後藤 和也^{3,7)} 二宮 秀樹^{3,8)} 伊藤 裕一⁹⁾ 横山 清子²⁾

TADASHI ITO, RPT, PhD¹⁻⁴⁾, YOSHIHITO SAKAI, MD, PhD⁴⁾, YOSHIFUMI MORITA, PhD⁵⁾, MAKOTO OIKAWA, RPT, PhD^{3,6)},
KAZUYA GOTO, RPT, MSc^{3,7)}, HIDEKI NINOMIYA, RPT, MSc^{3,8)}, YUICHI ITO, RPT, BSc⁹⁾, KIYOKO YOKOYAMA, PhD²⁾

¹⁾ Three-dimensional motion analysis room, Aichi Prefecture Mikawa Aoitari Medical Treatment and Habilitation Center: 9-3
Koyaba, Kouryuji-cho, Okazaki-shi, Aichi 444-0002, Japan TEL +81 564-64-7980 E-mail: sanjigen@mikawa-aoitari.jp

²⁾ School of Design & Architecture, Nagoya City University

³⁾ Division of Physical Therapy, Department of Health Science, Graduate School of International University of Health and
Welfare

⁴⁾ Spinal Surgery, National Center for Geriatrics and Gerontology

⁵⁾ Nagoya Institute of Technology

⁶⁾ Hatsudai Rehabilitation Hospital

⁷⁾ Kouzu Orthopedic

⁸⁾ Chiba Central Medical Center

⁹⁾ Nagoya Iken Sports College

Rigakuryoho Kagaku 31(4): 511-515, 2016. Submitted Jan. 18, 2016. Accepted Mar. 4, 2016.

ABSTRACT: [Purpose] To derive an equation estimating the appendicular muscle mass of elderly inpatients from the maximum calf circumference (CLFmax). [Subjects and Methods] One hundred one elderly inpatients: 57 males, 44 females, aged 74.8 ± 5.1 years. A multiple regression model with the appendicular muscle mass determined by dual-energy X-ray absorptiometry as the dependent variable, and independent variables of gender, BMI, and CLFmax was used to derive a regression equation estimating the appendicular muscle mass. [Results] According to the regression model, the inputs of gender, BMI and CLFmax could explain 80% of the appendicular muscle mass. [Conclusion] This simple estimation formula for appendicular muscle mass, using CLFmax as an index, potentially has widespread applications as an assessment tool in clinical practice for elderly inpatients.

Key words: maximum calf circumference, appendicular muscle mass, elderly inpatients

要旨:〔目的〕入院高齢患者を対象とした下腿最大周径を用いた四肢筋量の推定式を作成した。〔対象と方法〕入院中の高齢患者 101 名（男性 57 名，女性 44 名， 74.8 ± 5.1 歳：平均 $\pm$ 標準偏差）を対象とした。従属変数に二重エネルギー X 線吸収法で測定した四肢骨格筋量，独立変数に性別，BMI，下腿最大周径を投入した重回帰モデルを採用し，四肢筋量を推定する回帰式を作成した。〔結果〕性別，BMI，下腿最大周径を投入した回帰モデルによって四肢筋量の 80% を説明できた。〔結語〕下腿最大周径を指標とした四肢筋量の簡易推定式は，入院中の高齢患者の臨床場面における筋量評価のツールとして幅広く応用できる可能性がある。

キーワード: 下腿最大周径，四肢筋量，入院高齢患者

¹⁾ 愛知県三河青い鳥医療療育センター 三次元動作解析室：愛知県岡崎市高隆寺町字小屋場 9 番地 3 (〒444-0002)
TEL 0564-64-7980

²⁾ 名古屋市立大学 芸術工学部

³⁾ 国際医療福祉大学大学院 保健医療学専攻 理学療法学分野

⁴⁾ 国立長寿医療研究センター 先端診療部 脊椎外科

⁵⁾ 名古屋工業大学

⁶⁾ 初台リハビリテーション病院

⁷⁾ こうづ整形外科

⁸⁾ 千葉中央メディカルセンター

⁹⁾ 名古屋医健スポーツ専門学校

受付日 2016 年 1 月 18 日 受理日 2016 年 3 月 4 日

I. はじめに

筋量は加齢に伴い減少し、身体的脆弱の原因にもなり得る^{1,2)}。このことから、筋量を評価することは重要であると考えられるが、十分な知見の集積があるとはいえない。

最近では、生活機能低下予防の測定に、筋量の測定が注目されている。先行研究によれば、高齢者の過度な筋量減少は生活機能低下や身体機能低下などと関連することが既に報告されている^{3,4)}。このことから、高齢期における筋量を維持することは重要な課題である。筋量の測定には、二重エネルギー X 線吸収法 (dual energy X-ray absorptiometry : DXA 法) が信頼性の高い検査法として用いられているが^{5,6)}、病院以外では検査することは難しい場合が多い。DXA 法に代わる検査法として生体インピーダンス法 (bioelectrical impedance analysis : BIA 法) があるが⁷⁾、機器が高価である。近年、座位で計測が可能で、比較的安価な近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy : NIRS) を用いた機器を利用した四肢筋量の推定が報告されているが⁸⁾、一般的に普及しているとはいえない。また真田ら⁹⁾によって、男性は、BMI、腹囲、年齢、女性は、BMI、握力、腹囲の変数を用いて精度よく骨格筋指数を推定できることが報告された。しかしながら、対象が健康者であり、入院高齢患者は既に筋量が低下している可能性がある場合も多く、また握力測定が困難な患者や寝たきり状態の患者を対象とした場合は、臨床応用が難しいと思われる。

より簡便な身体組成を評価する方法として、下腿最大周径を指標とした評価が用いられており、下腿最大周径は骨格筋を反映する指標のみならず、体型や栄養状態などの関連も報告されている¹⁰⁻¹²⁾。このことから、下腿最大周径による四肢筋量を推定する簡易推定式を作成すれば、リハビリテーション現場においても高価な機器を必要とせず、簡便にサルコペニアなどの判定材料として臨床応用しやすいと考えた。また、非侵襲的かつ短時間に計測可能であり、入院高齢患者の簡便な筋量評価ツールとして有用であると思われる。一方で、筋量低下を来す要因として、高齢になるにつれて有病率が高くなる運動器疾患が挙げられる。代表的な整形外科疾患には脊椎脊髄疾患があり、厚生労働省による国民生活基礎調査に関する結果から、症状別において腰痛が男性では第1位、女性では第2位を占めている¹³⁾。

このことから、本研究の目的は、入院中の脊椎脊髄疾患に罹患した高齢患者を対象とした下腿三頭筋の最大周径から四肢筋量の簡易推定式を作成することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

整形外科疾患 (腰部脊柱管狭窄症および腰椎変性すべり症) を有した、入院中の高齢患者 101 名 (男性 57 名、女性 44 名、 74.8 ± 5.1 歳 : 平均 $\pm$ 標準偏差) を対象とした。また、身体機能は歩行が自立している (T 字杖および歩行器を使用している者も含める) 者、生活機能は Barthel index (BI) が 60 点以上の者を分析対象とした。重篤な筋疾患を伴う者、全身状態不良により試験遂行の不可能な者、早急に手術が必要な者は分析対象から除外した。疾患発症からの期間は、 52.0 ± 85.6 ヶ月 (平均 $\pm$ 標準偏差) である。すべての対象者に対して事前に調査内容を説明し、書面による同意を得た。また、国立長寿医療研究センター倫理・利益相反委員会の承認を受けて実施した。

2. 方法

測定項目は、身長、体重、四肢筋量、下腿最大周径とした。身長と体重は市販されているものを使用し、身長は 0.1 cm を体重は 0.1 kg を最小単位とした。DXA 法 (Lunar DPX-NT[®], GE ヘルスケア・ジャパン社製) により四肢筋量を測定した。下腿最大周径は、先行研究で用いられている、腓骨頭から外果を結ぶ距離の腓骨頭から 26% の位置で左右の下腿最大部の周径を測定した¹⁴⁾。測定時の肢位は、椅子座位で股関節、膝関節 90° 屈曲位、足関節底背屈 0° とし、可能な限りリラックスした状態を維持させた。メジャーは市販されているものを使用し、左右の測定回数は各々 1 回とし、0.5 cm を最小単位とした。身長と体重は、身長 (m) の 2 乗で除した体格指数 (Body Mass Index : BMI) に変換した。

年齢、BMI、下腿最大周径 (両側の平均値)、性別との関係を調べ、重回帰分析 (ステップワイズ法) を用いて四肢筋量を推定する回帰式を作成した。投入した変数の単位は、年齢 (歳)、BMI (kg/m^2)、下腿最大周径 (両側平均値)、性別 (男性 = 1, 女性 = 0) とした。解析には IBM SPSS statistics ver. 20 (日本 IBM 社製) を用い有意水準は 5% とした。

III. 結果

本研究の対象者における簡易推定式の四肢筋量は、男性が 19.1 ± 1.5 kg、女性は 13.6 ± 2.1 kg であった (表 1)。次に、本研究で測定された項目の相関行列を表 2 に示す。DXA で測定された四肢筋量と説明変数 (年齢、BMI、下腿最大周径、性別) の関係を重回帰分析で検討した結果、標準化係数 (β) は年齢が -0.098 ($p < 0.05$)、BMI が 0.404 ($p < 0.01$)、下腿最大周径が 0.152 ($p < 0.01$)、性別が 0.698 ($p < 0.01$) であった。これらの変数をすべ

表 1 対象者の基本属性

	全対象者 (n=101)	男性 (n=57)	女性 (n=44)
年齢 (歳)	74.8 ± 5.1	74.7 ± 4.9	74.8 ± 5.3
身長 (cm)	156.3 ± 8.9	162.1 ± 6.1**	148.7 ± 5.5
体重 (kg)	60.2 ± 11.5	65.5 ± 9.9**	53.3 ± 9.6
BMI (kg/m ²)	24.6 ± 3.7	24.8 ± 3.2	24.2 ± 4.3
下腿最大周径 (cm)	34.1 ± 3.9	34.4 ± 2.3	33.7 ± 5.3
四肢筋量 (kg)	16.7 ± 3.6	19.1 ± 2.5**	13.7 ± 2.3
簡易推定式：四肢筋量 (kg)	16.7 ± 3.3	19.1 ± 1.5**	13.6 ± 2.1

平均値 ± 標準偏差. BMI : Body Mass Index. 対応のない t 検定, **: p<0.01.

表 2 年齢, 身長, 体重, BMI, 下腿最大周径, 簡易推定式：四肢筋量との相関係数

	年齢	身長	体重	BMI	下腿最大周径	簡易推定式：四肢筋量
年齢						
身長	-0.21*					
体重	-0.02	0.64**				
BMI	0.14	0.05	0.79**			
下腿最大周径	-0.15	0.23*	0.53**	0.51**		
簡易推定式：四肢筋量	-0.08	0.76**	0.87**	0.54**	0.43**	

BMI : Body Mass Index. Pearson の相関係数 (両側), * : p<0.05, ** : p<0.01.

表 3 四肢筋量の簡易推定式モデル

モデル	推定式	R ²	SEE
四肢筋量			
1	y=5.423×(性別:男性=1, 女性=0)+13.606	0.56	2.4
2	y=5.097×(性別:男性=1, 女性=0)+0.454×(BMI)+2.664	0.78	1.7
3	y=5.051×(性別:男性=1, 女性=0)+0.364×(BMI)+0.168×(下腿最大周径)-0.815	0.80	1.6
4	y=5.037×(性別:男性=1, 女性=0)+0.391×(BMI)+0.141×(下腿最大周径)-0.069×(年齢)+4.620	0.81	1.6

従属変数 = 四肢筋量. R² : 決定係数, SEE : 推定誤差.

て投入した回帰モデルの決定係数は 0.81 であり, 推定誤差は 1.6 kg であったが, 年齢と四肢筋量との間に相関関係は認められなかった. また, 投入した変数から年齢を除外しても, 決定係数は 0.80 であり, 推定誤差は 1.6 kg であった (表 3). 以上の結果から, 四肢筋量の推定式はより簡便な下記のモデルを採用した.

回帰式 : $y = 5.051 \times (\text{性別:男性}=1, \text{女性}=0) + 0.364 \times (\text{BMI}) + 0.168 \times (\text{下腿最大周径}) - 0.815$

この回帰式を用いて算出した四肢筋量を身長 (m) の 2 乗で除した Skeletal muscle index (SMI) に変換したところ, 男性が $7.27 \pm 0.68 \text{ kg/m}^2$, 女性が $6.20 \pm 1.10 \text{ kg/m}^2$ であった. サルコペニアの参照値は, 男性が 6.87 kg/m^2 , 女性が 5.46 kg/m^2 であり⁹⁾, 平均 SMI 値に満たない対象者は, 全体で 25 名 (24.8%), 男性 16 名 (対

象者全体の 15.8%, 男性全体の 28.1%), 女性 9 名 (対象者全体の 8.9%, 女性全体の 20.4%) であった. DXA で測定された四肢筋量を身長 (m) の 2 乗で除した平均 SMI 値は, 男性が $7.23 \pm 0.74 \text{ kg/m}^2$, 女性が $6.17 \pm 1.04 \text{ kg/m}^2$ であった. DXA における平均 SMI 値に満たない対象者は, 全体で 26 名 (25.7%) 男性 17 名 (対象者全体の 16.8%, 男性全体の 29.8%), 女性 9 名 (対象者全体の 8.9%, 女性全体の 20.4%) であり, 回帰式との間で平均 SMI 値に満たない対象者は男性 1 名のみであった.

IV. 考 察

本研究の目的は, 入院高齢患者を対象とした下腿最大周径などの形態計測値から四肢筋量の簡易推定式を開発することであった. 両側の下腿最大周径の平均値に性別, BMI, 下腿最大周径を加えた回帰モデルによって,

DXAで測定した四肢筋量の80%が説明できた。国内では、Yoshidaら¹⁵⁾によって4811名の地域在住高齢者を対象に、BIAの推定式で算出された平均SMI値は、男性が $7.71 \pm 0.79 \text{ kg/m}^2$ 、女性が $6.51 \pm 0.70 \text{ kg/m}^2$ であったと報告されており、本研究の男性高齢者と女性高齢者の平均SMI値はやや低い値となった。一方、真田ら⁹⁾の報告では、41歳以上の平均SMI値は、男性が $8.61 \pm 0.61 \text{ kg/m}^2$ 、女性が $6.88 \pm 0.54 \text{ kg/m}^2$ であり、本研究の平均SMI値がやや低い値であった。本研究の値が、やや低い値を示した理由として、筋量の算出方法による違いだけでなく、疾患を有していることが影響していることが推察される。筋量の算出方法は、Yoshidaら¹⁵⁾の推定式は、男女共に、BIAと体重、真田ら⁹⁾の推定式は、男性は、BMI、腹囲、年齢、女性は、BMI、握力、腹囲の変数を用いている。本研究で使用した変数と共通しているのは真田ら⁹⁾の変数で用いられたBMIのみである。しかしながら、真田ら⁹⁾の推定式は、直接SMI値に算出することができるが、本研究の推定式から算出できるのは四肢筋量であり、SMI値に変換するには身長²で除して算出する必要がある。このように、測定方法の違いや対象者が疾患を有しているなど集団特異性が影響したことによって、平均SMI値に違いがでた可能性がある。

さらに、本研究の対象者は、脊椎脊髄疾患に罹患した高齢患者であるため、脊椎の退行性変化が筋量に影響しているかもしれない。先行研究によれば、ヒトの脊柱は加齢に伴い湾曲角度が増加した結果、脊柱を構成する組織全体の退行性変化が起きると報告されている¹⁶⁾。本研究においても、脊椎脊髄疾患に罹患した高齢患者は脊柱の退行性変化の影響から、身長を正確に計測することは困難な場合が多く、身長が低く計測された可能性がある。このことから、身長補正には脊柱湾曲に伴う測定誤差が、先行研究^{9,15)}の平均SMI値よりも低い値となったのかもしれないが詳細な理由は不明である。

筋量は一般的に加齢とともに減少することから、年齢は四肢筋量の説明変数として有用であると考えられた。筋量と年齢との関係は、欧米の研究やわが国の研究において、男女ともに加齢に伴い減少することが報告されている^{17,18)}。しかしながら、今回の結果においては四肢筋量と年齢との間に有意な相関を認めなかった。本研究は対象者が脊椎脊髄疾患を有する入院患者と65歳以上に限定しているため、若年者を含めた場合に比べて筋量の取り得る値の範囲は小さくなるのかもしれない。また、今回の対象者の年齢幅が狭いことが影響したと推察される。これらのことを念頭において、四肢筋量を評価する場合には、地域住民や入院患者など目的に応じて評価方法を変えていくことが必要である。

下腿最大周径を用いた四肢筋量の評価は、DXAやBIAと比べて測定精度が劣るといった欠点がある。今後、

入院患者における四肢筋量の簡易推定式の精度を高めるためには、さらに数多くの入院患者を対象とした測定を行うことが重要であろう。

本研究では、整形外科疾患の高齢患者の上肢と下肢の筋量を合計した四肢筋量を用いて、簡易推定式を作成しており、対象者が脳血管疾患や循環器疾患などの場合、疾患の特性によって、推定式の四肢筋量が考慮されないかもしれない。また、本研究は、横断的研究であるため、今後簡易推定式の妥当性を検証する必要がある。

ただし、下腿最大周径は市販のメジャーで測定が可能であり、非侵襲的かつ短時間に計測できるという利点を有する。さらに、本研究の推定式とDXAの平均SMI値に満たない該当者の割合の誤差は0.9%であり、推定精度は高いと思われる。また、臨床で応用しやすいといった利点も有している。これらのことから、下腿最大周径を指標とした四肢筋量の簡易推定式は入院中の高齢患者の臨床場面における筋量評価のツールとして幅広く応用できる可能性があるだろう。

引用文献

- 1) 小蘭康範：Sarcopeniaの発生機序。Geriatr Med, 2004, 42(7): 889-893.
- 2) Rosenberg IH: Sarcopenia: Origins and clinical relevance. J Nutr, 1997, 127(5): 990S-991S.
- 3) Baumgartner RN, Waters DN, Gallagher D, et al.: Predictors of skeletal muscle mass in elderly men and women. Mech Ageing Dev, 1999, 107(2): 123-136.
- 4) Janssen I, Heymsfield SB, Ross R: Low relative skeletal muscle mass (Sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. J Am Geriatr Soc, 2002, 50(5): 889-896.
- 5) Kim J, Wang Z, Heymsfield SB, et al.: Total-body skeletal muscle mass: Estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. Am J Clin Nutr, 2002, 76(2): 378-383.
- 6) Zhao X, Wang Z, Zhang J, et al.: Estimation of total body skeletal muscle mass in Chinese adults: Prediction model by dual-energy X-ray absorptiometry. PLOS ONE, 2013, 8(1): e53561.
- 7) Yoshida D, Shimada H, Park H, et al.: Development of an equation for estimating appendicular skeletal muscle mass in Japanese older adults using bioelectrical impedance analysis. Geriatr Gerontol Int, 2014, 14(4): 851-857.
- 8) Yoshida D, Shimada H, Harada A, et al.: Estimation of appendicular muscle mass and fat mass by near infrared spectroscopy in older persons. Geriatr Gerontol Int, 2012, 12(4): 652-658.
- 9) 真田樹義, 宮地元彦, 山本健太・他：日本人成人男女を対象としたサルコペニア簡易評価法の開発。体力科学, 2010, 59(3): 291-302.
- 10) 甲斐義浩, 藤野英巳, 村田 伸・他：身体組成と上・下肢筋力および四肢周径に関する研究。理学療法科学, 2008,

- 23(2): 241-244.
- 11) Bonnefoy M, Jauffret M, Kostka T, et al: Usefulness of calf circumference measurement in assessing the nutritional state of hospitalized elderly people. *Gerontology*, 2002, 48(3): 162-169.
 - 12) 久保 晃, 吉松竜貴, 西田裕介: 高齢慢性期入院症例の下腿最大周囲長とアルブミンおよびBody Mass Indexとの関係. *日本老年医学会雑誌*, 2009, 46(3): 239-243.
 - 13) 厚生労働省: 平成22年国民生活基礎調査. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/dl/gaikyou.pdf> (閲覧日2016年2月28日).
 - 14) 西田裕介, 加茂智彦, 赤尾吉規・他: 健常若年者における下腿最大膨隆部位の位置の同定. *理学療法科学*, 2009, 24(4): 539-542.
 - 15) Yoshida D, Suzuki T, Shimada H, et al.: Using two different algorithms to determine the prevalence of sarcopenia. *Geriatr Gerontol Int*, 2014, 14(1): 46-51.
 - 16) Snyder AC: エクササイズと食事の最新知識. 山崎元彦 (監訳), ナップ, 東京, 1998, 152-156.
 - 17) Gallagher D, Visser M, De Meersman RE, et al.: Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol*, 1997, 83(1): 229-239.
 - 18) 谷本芳美: 地域高齢者における四肢および全身筋肉量. *日本老年医学会雑誌*, 2005, 42(2): 691-697.