〈原著論文〉

握力を用いた骨格筋量指数（SMI）簡易推定式の作成

Development of a simple estimation formula for the skeletal muscle mass index(SMI) using grip strength

蛭田小百合[1]　谷口英喜[2]　小西敏郎[3]

1　横浜市立市民病院　栄養部
2　済生会横浜市東部病院　患者支援センター
3　東京医療保健大学　大学院　医療保健学研究科

Sayuri HIRUTA[1], Hideki TANIGUCHI[2], Toshiro KONISHI[3]

1　Division of Nutrition Management, Yokohama Municipal Citizen's Hospital
2　Department of Patient Support Center, Saiseikai Yokohamashi Tobu Hospital
3　Department of healthcare, Postgraduate School of Healthcare, Postgraduate School, Tokyo Healthcare University

要　　旨：（目的）サルコペニアの診断に必要な骨格筋量指数（skeletal muscle mass index（SMI）の測定は特別な機器や測定技術を必要とする。その為、臨床現場で簡易に計測できる握力を使用した、骨格筋量指数の推定式の開発を試みた。
（方法）急性期病院の待機的手術患者1003名（18歳以上　男性525名、女性478名）を対象とした。生体インピーダンス法にて測定した骨格筋量指数と、握力の相関関係を確認した後に、ステップワイズ法にて推定式を作成した。
（結果）骨格筋量指数と握力は正の相関関係にあり、握力を使用した回帰モデルにより、生体インピーダンス法で算出された骨格筋量指数の約70％を説明できる推定式を作成することができた。
骨格筋量指数＝−0.27799×（男性１、女性０）＋0.02819×握力＋0.05234×体重＋2.84640
（結論）簡便にサルコペニアを診断できる、筋量評価ツール「握力を使用した骨格筋量指数簡易推定式」を開発した。

Abstract：[Purpose] Assessing the skeletal muscle mass index (SMI) is necessary for diagnosing sarcopenia; however, it requires special equipment and measurement technology. Therefore, we attempted to develop an estimation formula to determine the skeletal muscle mass index using grip strength, which can easily be measured in clinical practice.
[Method] The participants were 1003 patients (aged ≧18 years : 525men and 478 women) who underwent elective surgery at an acute care hospital. After confirming the correlation between the skeletal muscle mass index measured using the bioimpedance method and grip strength, an estimation formula was prepared using the stepwise method.
[Results] The skeletal muscle mass index and grip strength showed a positive correlation. Hence, a regression model using grip strength could be used to create an estimation formula that could explain approximately 70% of the skeletal muscle mass index calculated using the bioimpedance method.
Skeletal muscle mass index = -0.27799 × (Male 1, Female 0) + 0.02819 × grip strength + 0.05234 × body weight + 2.84640
[Conclusion] We were able to create a simple formula for estimating skeletal muscle

mass index using grip strength, which is a tool for evaluating muscle mass that can easily diagnose sarcopenia.

キーワード：サルコペニア、骨格筋量指数（SMI）、握力

Keywords：Sarcopenia ; Skeletal Muscle Mass Index(SMI) ; Grip Strength

はじめに

サルコペニアは加齢に伴う骨格筋量減少と、それに伴う筋力低下または身体機能低下のいずれかが当てはまるものと定義される[1)]。世界の高齢化は急速に進行し、先進国はもとより、開発途上地域においても急速に進展すると見込まれている[2)]。このような背景から、サルコペニアの診断・治療に対する関心が高まり、2016年には世界保健機構（WHO）が作成する、疾病および関連保健問題の国際統計分類（international statistical classification of diseases and related health problems（ICD）に登録され（ICD-10コードM62.84)、国際的にも疾患として認められた。サルコペニアを呈した高齢者は、ふらつき、転倒、認知機能低下などによる介護関連リスクが高まる[3)]。サルコペニアを早期に診断し、適切に評価することは、高齢者の身体機能の維持、介護予防のみならず、疾病の重症化予防のための重要な課題である。

日本人のサルコペニアの診断には、Asian working group for sarcopenia（AWGS）の診断基準が用いられる[1)]。四肢骨格筋量（appendicular skeletal muscle mass index（ASM））の低下を必須とし、それ以外に筋力（握力）または身体能力（歩行速度）のいずれかに低下がある場合にサルコペニアと診断する。ASMの評価は、ASMを身長の２乗で除した補正値（kg／㎡）を、骨格筋量指数（skeletal muscle mass index（SMI））として用いる。ASMの測定は、一般的に二重エネルギーX線吸収測定法（dual energy X-ray absorptiometry（DEXA法））や生体インピーダンス解析法（bioelectrical impedance analysis（BIA法））を使用する。しかしながら、DEXA法は特殊な測定技術が必要であり、BIA法は測定機器が高価で、用意できる施設は限られている。

そこで本研究では、臨床現場で簡易に計測できる握力を使用して、SMIを求める推定式の作成を試みた。サルコペニア診断法の開発は、いくつかの先行研究があるが、それぞれの研究において、高齢者、肥満者、若年女性など､対象者が限定されている。[4-9)]そのため、結果への影響や利用対象者の限定などを鑑みて、更なる検討が必要ではないかと考えた。

方法

１．対象

2018年１月１日～2018年７月31日に済生会横浜市東部病院（横浜市鶴見区）の患者支援センター（以下センターと略す）の手術準備外来を受診した、18歳以上の患者1184例を対象として調査した。何らかの理由で入院日までに複数回受診となった例については、１例としてカウントした。当該施設では待機的手術患者に対し、医師、看護師、栄養士など多職種により、患者の情報収集や栄養状態を含めた全身状態の精査を、手術２週間前に外来にて実施している。周術期のリスクを最小限にするため、サルコペニアを有する患者には多職種で必要な栄養介入を行う。また対象患者は何らかの疾患を有してはいるが、外来患者で、通常の生活をされていることから、より一般的な集団であると考える。これらの条件から、本研究の対象者として最適とし、より簡便なSMI推定式の開発に取り組んだ。

なお、握力および体組成未測定、その他調査項目が欠損している患者は除外した。また、BIA法は過剰な体液貯留が結果に影響を及ぼすため、透析患者および著明な浮腫を呈する患者も除外した。著明な浮腫は、細胞外水分比0.4以上の患者について、部位別水分量（四肢と体幹）および血清クレアチニン値を参考にして判定した。

２．調査項目

本研究は、後ろ向き調査研究である。対象者の診療録より、患者背景（性別、年齢、併存疾患)、およびセンター受診時に行われる標準的検査（身体測定、体組成分析）から身長、体重、体格指数（body mass index（BMI））、握力、SMI、体脂肪率、細胞外水分比、部位別水分量を、術前１か月以内に計測された血液生化学検査から血清アルブミン値（ALB)、血清クレアチニン値（CRE）を調査した。

体組成はBIA法（InBody770®、(株）インボディ・ジャパン）で分析した。測定方法は、被検者は排尿後に、測定器上に裸足で踵を丸い電極に合わせて乗り、手電極を握って親指は丸い電極に当てる。腕を体に接しないようにまっすぐに伸ばし、静止立位で測定する。体重も同時に測定され、身長を入力することでBMIも結果項目として得ることができる。身長は0.1㎝、体重は0.1kgを最小単位とした。

握力はスメドレー式デジタル握力計グリップDTKK5401（竹井機器工業（株））を使用して測定した。直立姿勢で腕を自然に下げたまま握力計を握り、左右２回ずつ測定する。４回の測定の平均値を算出して、0.1kgを最小単位とした。

３．統計処理

統計解析ソフトはJMP Pro14.2.0（SAS Institute Japan, Ltd., Tokyo）を使用し、性差の有無についてWelchのt検定を用いた。SMIを従属変数に、年齢、性別、身長、体重、BMI、体脂肪率、握力を説明変数とし、SMIと説明変数の相関関係を確認後、重回帰分析（ステップワイズ法（変数増減法））により変数選択を実施した。統計水準はp値５％未満とした。

倫理的配慮

本研究は東京医療保健大学ヒトに関する研究倫理委員会（院31-30C)、および済生会横浜市東部病院倫理委員会（20190097）の承認を受けて実施した。

研究の実施に当たっては「ヘルシンキ宣言」の趣旨を尊重すると共に、対象者個人の情報保護のため、個人が識別できない形でデータ化して行った。また、研究についての情報およびオプトアウトを公開して、対象者が拒否できる機会を保障した。

結果

１．研究対象者

握力（73例）および体組成分析（90例）未測定の患者、その他調査項目の欠損12例を除外した。さらに透析患者（３例）および著明な浮腫（３例）を除外して、1003例(男性525名、女性478名)を研究対象患者とした。

２．対象者背景

対象者の背景を**表１**に示す。各項目間で男女差が認められたため、以降すべての解析は男女別に検討を行った。

３．SMIと説明変数の相関関係

BIA法で測定されたSMIと説明変数の関係について確認するため、多変量解析で得た相関係数（r）を、表２の相関行列で示す。年齢は男性-0.43と負の相関を認めたが、女性は-0.21 と弱い負の相関であった。身長は男性0.45、女性0.32と正の相関を認めた。体重は男性0.79、女性0.80と男女ともに最も高い正の相関を示した。次いで高い正の相関を認めたのは男女ともにBMIであり、男性0.69、女性0.71であった。また、体脂肪率は男性0.13と相関が認められず、女性も-0.28と弱い負の相関であった。本研究のテーマである握力との関係は、男性0.59、女性0.42と正の相関を認めた。なお、体重とBMIの相関関係は、男女ともにr=0.87と高い正の相関を示した。BMIは体重を使用して算出する指数であることを考慮し、回帰式作成時は、同一式内に選択しないよう留意した。

表１　対象者の背景

n=1003 年齢(18～96 歳)	男性(525 名) (19～94 歳)	女性(478 名) (18～96 歳)	p 値
年齢（歳）	67.3　±12.3	57.8　±16.7	<0.0001
身長（cm）	166.6　±6.6	155.6　±6.5	<0.0001
体重（kg）	65.1　±11.0	54.2　±10.1	<0.0001
BMI(kg/m²)	23.4　±3.3	22.4　±4.0	<0.0001
体脂肪率(%BW)	24.3　±7.1	30.2　±8.1	<0.0001
握力（kg）	32.1　±7.8	21.4　±5.1	<0.0001
SMI（kg/m²）	7.4　±0.8	6.0　±0.7	<0.0001
ALB(g/dL)	4.1　±0.4	4.2　±0.4	<0.0001

（平均　±　標準偏差）

BMI:body mass index　SMI:骨格筋量指数　ALB:血清アルブミン値

４．SMI推定式の作成

SMIを従属変数として、重回帰分析にて回帰モデルを作成した。握力、および男女別に検討するために性別は必須項目として選択した。その結果３つの回帰モデルを作成することができた。（**表３**）

推定式３は決定係数（R^2）=0.890と非常に精度の良いモデルではあるが、体脂肪率の計測に測定器の使用を要すること、また式の繁雑さから、より簡便な推定式２のモデル　SMI＝-0.27799×（男性１、女性０）＋0.02819×握力＋0.05234×体重＋2.84640 をSMI推定式として採用した。（R^2=0.830）

５．推定式の精度

BIA法で解析したSMI（以下実測SMIと略す）と、採用したSMI推定式から算出したSMI（以下推計SMIと略す）との関係を**図１**に示した。男性（r=0.83,R^2=0.695）、女性（r=0.83,R^2=0.688）という結果となり、男女共に実測SMIを約70％説明できる推定式を作成することができた。

考察

本研究の対象者の背景（**表１**）から、センター受診時の対象者の身体状況を確認した。血清ALB値の平均値は男女ともに基準値の範囲内であった。また、BMIは男女ともに22の近似値であり、疾病による体重減少等の影響は少ない印象である。また、握力（筋力）およびSMI（筋量）低下のカットオフ値をAWGSのサルコペニア診断基準で確認したところ、握力は男性26kg未満、女性18kg未満、SMI（BIA法）は男性7.0kg／㎡未満、女性5.7kg／㎡未満であり[1)]、本研究の男女の平均値から、いずれも著しい低下はないと考える。これらの結果から、周術期で何らかの疾患を有しているが、術前で炎症などの影響が少なく、また、入院前で

表２　BIA法で測定したSMIと年齢、身長、体重、BMI、体脂肪率、握力との相関係数

	年齢（歳）	身長（cm）	体重（kg）	BMI（kg/m²）	体脂肪率（%）	握力（kg）
（男性=525 名）						
身長（cm）	-0.46*					
体重（kg）	-0.39*	0.52*				
BMI（kg/m²）	-0.20*	0.06	0.87*			
体脂肪率（%）	-0.08*	-0.16*	0.54*	0.72*		
握力（kg）	-0.55*	0.51*	0.48*	0.27*	-0.33*	
SMI（kg/m²）	-0.43*	0.45*	0.79*	0.69*	0.13*	0.59*
（女性=478 名）						
身長（cm）	-0.56*					
体重（kg）	-0.20*	0.33*				
BMI（kg/m²）	-0.05	0.13*	0.87*			
体脂肪率（%）	0.13*	-0.22	0.67*	0.82*		
握力（kg）	-0.38*	0.46*	0.30*	0.10*	-0.33	
SMI（kg/m²）	-0.21*	0.32*	0.80*	0.71*	-0.28*	0.42*

n=1003　BMI:body mass index　SMI:骨格筋量指数
*p <0.05

表３　四肢骨格筋量指数（SMI）の簡易推定式

SMI 推定式	R^2	p 値
推定式１ = -0.37969×（男性 1，女性 0）＋0.06263×握力＋5.05025	0.602	<0.0001
推定式２ = -0.27799×（男性 1，女性 0）＋0.02819×握力＋0.05234×体重＋2.84640	0.830	<0.0001
推定式３ = -0.19712×（男性 1，女性 0）＋0.02664×握力＋0.25721×BMI ＋（-0.07268）×体脂肪率＋2.07015	0.890	<0.0001

体重（kg）　握力（kg）　体脂肪率（%）　BMI ： body mass index（kg/m²）　　R^2=決定係数

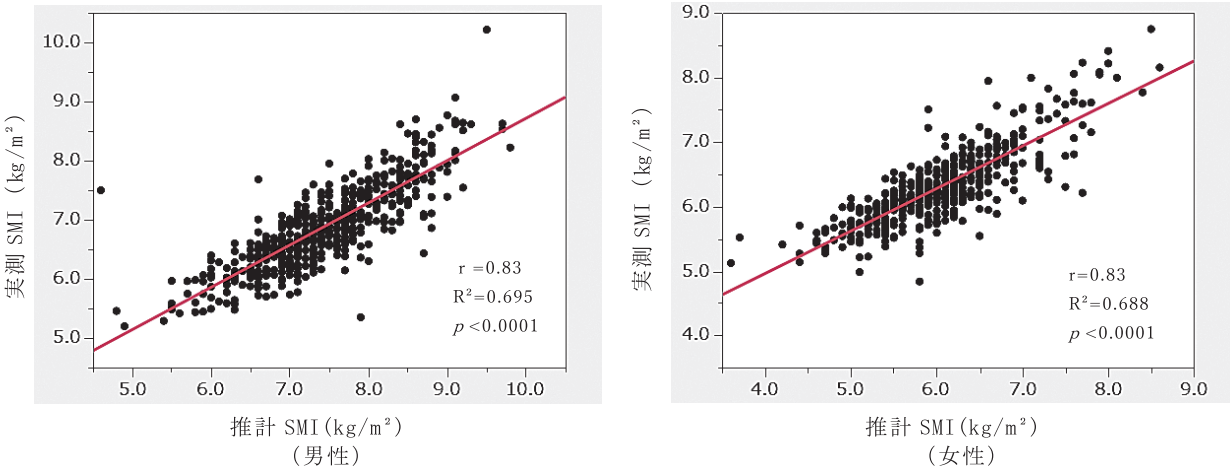

図１　BIA法で算出したSMIを実測SMIとして縦軸に、本研究で作成した推定式で算出したSMIを推計SMIとして横軸にプロットした。左図で男性の、右図で女性の結果を示した。

ｒ：相関係数　　R^2：決定係数

通常の生活をされていることから、筋力・筋量の変化も少ない、比較的安定した身体状況にある集団であると考える。また、年齢も18～96歳と幅広い年齢の対象者を得ることができた。

握力は筋力測定法として広く用いられており、筋肉量の低下よりも臨床的な転帰との関連が強く有意であるとも報告されている[10]。また、握力の低下は移動性の低下を示す指標ともされ、下肢筋力とも相関するとされる[11]。

先行研究においてもSMIと握力は正の相関関係にあることが示されている。

藤原らは若年女性117名（年齢18.8歳±0.8（平均±標準偏差））を対象にSMI推定式の作成を行っているが、SMI(BIA法)と握力の相関関係はr=0.46であった。[4] また、渡会らは35歳以上65歳未満の中高年勤労者125名（男性58名：48歳（43～55）、女性67名:49歳（43～54））：（中央値（25％値～75%値））を対象に、SMI（BIA法）とASMを体重で除したASM率を用いて、生活習慣およびその関連因子について筋肉量との関係を検討しているが、SMIと握力との相関関係は男性r=0.39、女性r=0.45という結果である[5]。他の先行研究においても同様に正の相関が認められるが、体重など他の因子と比べ相関性が弱いことから、推定式の項目選択に至らない研究もある。

本研究では加齢に伴う筋量・筋力の減少を考え、年齢を説明変数として投じたが変数選択には至らなかった。SMIとの相関関係は認めているが、男性-0.43、女性は-0.21と他の因子に比べ相関性は弱い。加齢に伴う筋量の変化は、男女ともに20歳頃より徐々に低下し、50歳頃より大きく低下すると研究報告がある。また、女性の低下は男性に比べ穏やかで変化が少ないとされる。[11,12] 握力は30歳代でピークレベルに達した後に低下し、筋量と同様に50歳以降大きく低下する。女性の変化は筋量と同様に緩やかである。[13] そこで本研究対象者の年齢の影響を考え、年齢の中央値と四分位範囲を確認すると、男性70歳(62～75)、女性59歳(44～72）であった。男性は女性に比べやや強い相関性を示しているが、これは四分位範囲が狭く、最も筋量の変動（低下）が大きい年代であるためと考える。また、女性は四分位範囲が男性よりも広く、筋量が大きく減少していない年齢が含まれていることや、変化の幅が男性より少ないことが、相関性が弱い原因と考えた。年齢は筋量との相関は認めるが、60歳頃まで緩やかな変化であり、他の因子ほどの相関が得られなかったのではないかと推測する。また、握力とSMIの相関についても男女差が生じたが、同じ理由ではないかと考える。この検討により、本研究では幅広い年齢の対象者を得ることができたと先に述べたが、やや偏りがあり、年齢については更なる検討が必要であると考える。

本研究の説明変数で最もSMIと高い相関を示したのは体重で、次いでBMIという結果であった。渡会ら、および藤原らの研究でも、体重、およびBMIは高い相関を示している。SMIと体重およびBMIの相関性は高く、年齢や性別などの因子の影響を受けないと考える。しかし、加齢に伴う筋肉量の減少と筋力の低下の関連は、体重とは無関係とされている。脂肪量が増え、除脂肪量が減る「サルコペニア肥満」と呼ばれる状態である[14]。そのため、体重が多いとSMIが過大評価されることが懸念される。

甲斐らは265名（男性82名:13～17歳（16.2±0.7歳）、女性183名:15～39歳（20.1±2.3歳）（平均±標準偏差））

を対象に、体重・体脂肪率・下腿周囲長を用いてSMI推定式を作成している。（BIA法）開発した推定式は体重と体脂肪率が変数選択されているが、決定係数は、男性R^2 = 0.887、女性R^2 = 0.839と高値であり、精度の高い推定式を作成することができている。甲斐らは体脂肪率を変数選択することにより、過大評価となる脂肪量を調整する、マイナスの補正項となる可能性を説明している。その他の先行研究においても、体脂肪を考慮した推定式は、同様に高い決定係数を得ている。本研究においては、体重と高い正の相関を示すBMIと、体脂肪率を変数選択した回帰モデル（**表３**：推定式３）はR^2＝0.890であった。説明変数が多くなるほど相関係数が高くなるという影響もあるが、甲斐らの研究と同様に、体脂肪率による調整ができているためと考える。体脂肪率はSMIとの相関は強くないが、体重やBMIとの相関は高く、甲斐らが検討したマイナスの補正項となることが、本研究でも示唆された。筋肉量の説明には体脂肪の検討が必要であり、本研究で開発した推定式の問題点を確認することができた。

我が国の高齢化率は先進諸国と比較して最も高いとされ、上昇が続いている。2025年には30%に達すると推計され、介護予防の対策は喫緊の課題である[2,15)]。

2019年11月に、AWGSサルコペニア診断基準2019が公表された[16)]。新基準では、ASMの測定装置がない施設や医療現場でも診断を可能にするため、簡便なアルゴリズムが作成された。また、「サルコペニア」またはその「可能性あり」と診断された場合は、栄養療法と運動療法の介入を始めるよう求めており、栄養療法がサルコペニアの治療法として有効であると立証していくことが、我々栄養士の責務であることを改めて確認した。

新基準により、サルコペニアの早期発見・介入（治療）の実現が期待されるが、本研究で開発した推定式も併せて診断に活用されることを期待している。

本研究の限界

第一に、本研究は単一施設の研究であるため、限られた集団での研究にすぎない。

第二に、生体インピーダンス解析は水分貯留（浮腫）により、SMIが過大評価されてしまうため、先に示した方法で判定した著明な浮腫と透析患者のみ除外した。判定方法として妥当であるか不明であり、その判定も難しいと感じた。筋量評価のみではなく、栄養障害による水の移動などを併せて評価する技術の習得により、臨床的意義のある評価としていくことが重要であると考える。

結論

SMIと握力には、正の相関関係が認められた。
握力に性別、体重を加えた回帰モデルにより、BIA法で測定・算出されたSMIの約70%を説明できる推定式を作成することができた。

SMI = -0.27799×（男性１、女性０）+ 0.02819×握力 + 0.05234×体重 + 2.84640（R^2=0.830）

簡便で、できるだけ測定機器に頼らないことから、先行研究に比べ精度が低い推定式の作成となった。しかしサルコペニアの「可能性あり」の診断としては十分に使用できる、筋量評価ツール「握力を使用したSMI簡易推定式」を作成することができた。

謝辞

研究にあたりご指導いただいた、国際医療福祉大学講師藤田烈先生に心より感謝申し上げます。また、研究を行うにあたりご協力いただいた、済生会横浜市東部病院様、並びに臨床研究支援室担当者様に心より感謝申し上げます。

著者のCOI開示：本論文の研究内容に関連して特に申告なし

引用文献

１）サルコペニア診療ガイドライン作成委員会. サルコペニア診療ガイドライン2017版. 第1版. 東京：日本サルコペニア・フレイル学会　国立長寿医療研究センター
２）内閣府.「平成30年版高齢社会白書」.https://www8.cao.go.jp/kourei/Whitepaper/w-2018/zenbun/30pdf_index.html 2019.8.18アクセス
３）葛谷雅文. 超高齢社会におけるサルコペニアとフレイル. 日本内科学会雑誌2015;104(12):2602-2607
４）藤原麗，安西なつめ，石川元康，高橋敦彦. 若年女性を対象とした下腿最大周囲長を用いた骨格筋量の簡易評価法の検討. 総合検診 2019;46(3):12-18
５）渡会敦子，中山卓也，茂木順子，光部浩史，河村孝彦. 中高年勤労者における生活習慣病およびその関連因子に及ぼす筋肉量の影響.日職災医誌 2017;65:269-275
６）甲斐敬子，金津千里. 体重と体脂肪率を用いた推計四肢骨格筋量指数（SMI）の作成と検証.南九州大学健報2018;48A:9-14
７）伊藤忠，酒井義人，森田良文他. 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.理学療法

科学 2016;31(4):511-515

8）Kawakami R, Murakami H, Sanada K, et al. Calf circumference as a surrogate marker of muscle mass for diagnosing sarcopenia in Japanese men and women. Geriatr Gerontol Int 2015;15:969-976. doi10.1111/ggi.12377.

9）古嶋大詩,中山侑紀,井門あゆみ他.日本人成人肥満男女を対象としたサルコペニア簡易評価法の開発.肥満研究 2015;21:167-176

10）Newman AB, Kupelian V, Visser Mal, 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(1):72-77.doi:10.1093 /gerona/61.1.72.

11）Lauretani F, Russo C, Bandinelli S, et al.Age-associated changes in skeletal Muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. J Appl Physiol 2003;95:1851-1860. doi:10.1152/japplphysiol.00246.2003.

12）福元清剛,石内愛美, 中島弘貴,他. 日本人男女の下肢筋横断面積の加齢変化. 日本生理類学会誌 2018;23(3):87-95

13）スポーツ庁.「平成30年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書について」. https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1421920.htm 2020.2.13 アクセス

14）Prado CM, Lieffers JR, McCargar LJ, et al.: Prevalence and clinical im-plications of sarcopenic obesity in patients with solid tumors of the respiratory and gastrointestinal tracts: a population-based study. Lancet Oncol 2008;9(7):629-635. doi:10.1016/s1470-2045(08)70153-0.

15）総務省統計局.「統計トピックスNo.121統計からみた我が国の高齢者 1. 高齢者の人口」. https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1211.html 2020.2.8アクセス

16）日本サルコペニア・フレイル学会.「サルコペニア診断基準の改定（AWGS2019発表）」. http://jssf.umin.jp/pdf/revision_20191111.pdf 2020.2.5アクセス