

〔原 著〕

## 若年女性における筋肉量推定のための握力指標の妥当性

石垣 享 (愛知県立芸術大学美術学部)

田中 望 (東海学園大学スポーツ健康科学部)

藤井 勝紀 (愛知工業大学大学院経営情報科学研究科)

### Validity of Handgrip Strength for Estimation of Body Muscle Mass in Young Women

Tohru Ishigaki<sup>1)</sup>, Nozomi Tanaka<sup>2)</sup> and Katsunori Fujii<sup>3)</sup>

#### 【Abstract】

Handgrip strength is said to be a convenient representative measure of muscle strength, but there are no findings showing that it necessarily reflects body muscle mass. In this study, by investigating the relationship between body composition and various muscle strength indices in young women, we attempted to construct a muscle strength index that reflects body muscle mass. The subjects were 773 female university students. Body profile measurements in the subjects were height, weight, fat mass (whole body, arms, legs, trunk), muscle mass (whole body, arms, legs, trunk), body fat percentage (whole body, arms, legs, trunk), body mass index (BMI), and muscle index (whole body, arms, legs, trunk). Muscle strength measurements were back muscle strength, leg muscle strength, vertical jump, handgrip strength, and sit-ups. The relationships between body measurements and muscle strength measurements were tested using Pearson's correlation coefficient. Handgrip strength was found to be closely correlated with absolute muscle mass in all parts of the body. Conversely, leg muscle strength was found to be closely correlated with relative muscle mass in all parts of the body. However, leg muscle strength was also closely related to body fat. Therefore, handgrip strength is thought to be a useful index as a specific muscle function that reflects absolute muscle mass in the whole body.

**Keyword :** Young women, Handgrip strength, Muscle mass

**キーワード :** 若年女性, 握力, 筋肉量

---

1) *Department of Exercise & Health Science, Aichi University of the Arts*

2) *Department of Sport and Health Science, Tokai Gakuen University*

3) *Graduate School of Business Administration and Computer Science, Aichi Institute of Technology*

## 緒言

日本の一般健康診断は、がんを除けば主に腹部肥満に起因するメタボリックシンドロームの予防を目的としているが（厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会, 2012）、国民全体に対してBMIが30を超える肥満者（肥満2度）の割合が約3%である日本（宮崎, 2007）において肥満に焦点を絞った健康対策は片手落ちといえる。ただし、欧米と比較すると日本人が少しの肥満で代謝異常症を発症するという遺伝的なリスクが存在する（曾根, 2010）ことは考慮されるべきであるが、今後は痩せに関する問題にも焦点を当てるべきである。なぜなら、約10年前から子どもたちの体型および体力が2極化しており、標準体型の人数が減少している（文部科学省中央教育審議会, 2012）ことから肥満の対局である痩せへの対策も必要と考えられる。さらに、東アジア人のBMIと総死亡リスクとの関係では、高BMI群よりも低BMI群の死亡リスクが高まる逆J字型を示している（Berrington de Gonzalez et al., 2010, 田中, 2016）ことから、日本人には低体重に対する民族的なリスクも存在している。痩せが個人の健康問題として浮上するのは高齢になってからであり、それまでの年代の代謝異常の原因となる腹部肥満の問題から加齢に伴い存在価値が増してくる（葛谷, 2016）。日本人の後期高齢者の死亡リスクは、正常体重（BMI: 18.5 ~ 23.0）よりも痩せ（BMI < 18.5）の方が高く、むしろ過体重（BMI: 23.0 ~ 27.0）の方が正常体重よりも低いことが示されている（Yamazaki et al., 2017）。したがって、高齢者においては肥満よりも痩せていることの方が寿命を短縮させる要因であるといえる。日本が世界トップレベルの長寿国であるという事実（厚生労働省, 2017）は、国全体で健康を長期にわたり維持できている人が多い事を示している。しかし、長寿高齢化社会が進むことでサルコペニアまたはフレイルという用語に代表されるような筋肉量の減少および筋機能の低下についての問題が持ち上がってきた（田中, 2016）。ヒトの自律的な活動にはそれを可能とする筋機能が必要とされるが、加齢による筋肉量の減少に伴い、日常生活活動が十分に行えなくなる場合には、日々の生活にも他者の介助が必要となる。

サルコペニアは、「加齢に伴う骨格筋量の減少および筋力の低下と身体機能の低下をきたす病態」と定義されている（葛谷, 2015）。筋力が筋断面積に比例することについては、動物またはヒトでも観察されている（MacDougall et al., 1980, Schantz et al., 1983）。しかし、生体におけるヒトの筋力発揮は関節トルクにより生成されることから、モーメントアーム長、リクルートされた筋線維の長さ、数、タイプ、断面積、羽状角等によって異なり（山田ら, 1996）、生理学的観点からすると骨格筋の量と発揮筋力は厳密にいえば各人それぞれであり、部位によっても異なる。ただし、個々人の骨格筋の量的な変化は、起始および停止間の長さが加齢によって変化しないと仮定するならば、面積の低下が量的な低下と一致することになる。したがって、個々人の発揮される筋力または骨格筋の体積の変化は、それに係る骨格筋の面積の変化に依存すると考えられることから、サルコペニアの判定には下腿の周囲径も簡易的な筋断面積の指標として用いられている（下方ら, 2012）。しかし、各人種それぞれに制定されたサルコペニアの判定基準は、本来の個々人の変化を基準としておらず、骨格筋の量および機能のカットオフポイントを設定しているだけである（Chen et al., 2014）。そうなると、骨格筋量の低下が筋力の低下を引き起こしているのかは不明であり、元々骨格筋量が少ないまたは筋力が低い人達もサルコペニアと判断されてしまうことになる。

日本の若年女性の痩せの出現率は、この約30年間に亘り約2割を超えており、女性高齢者の低栄養者傾向の割合も直近の10年間で増加している（厚生労働省, 2018）。体重が少ない事は、脂肪のみならず骨格筋量も少ない事を示していることから、今後の日本では筋肉量が少ない虚弱な高齢女性が増える可能性がある（厚生労働省健康局, 2013）。骨格筋の中でも四肢筋量は、歩行を含めた日常生活に直結することから、サルコペニアの判定には四肢の筋量測定が必須となっている（葛谷, 2015）。四肢の筋量測定は、従来、CT またはDEXA法による測定が必要とされているが被爆によって侵襲的であることから、近年では簡便に四肢筋量が推定できるBioelectrical impedance analysis（BIA法）による、サルコペニア判定の基準も示されている（Chen et al.,

2014, 岩村ら, 2015)。しかし, 最終的には, 骨格筋の機能が生活活動に直結することから, 骨格筋の量的な評価は機能を十分に反映しているのかを問う必要がある。なぜなら, 加齢による随意的筋力の減少は, 筋量の低下のみに依存するのではなく, 神経系も含めた筋力を発揮するための骨格筋の因子の変化によるものであるとされており, 現在では, 加齢に伴う神経系の機能低下も含めた筋力と筋肉量の喪失をダイナペニア (dynapenia) と呼び, 随意的筋力と筋肉量との関係性を「筋質」として評価することが提示されている (Russ et al., 2012)。そこで本研究は, 筋力を安全に測定可能な若年女性を対象として, 身体組成から導き出される身体各部位および全身の筋肉量と各種の筋力との相関関係を検討することで, 筋肉量を最も反映する筋力指標を見出すことを目的とした。

## 研究方法

### 1. 実験参加者

実験参加者は、773 名の女子大学生であった。

### 2. 身体測定

身長は, 身長計を用いて 1 mm 単位で計測し, 体重および身体組成は多周波生体電気インピーダンス法 (Multi-frequency bioelectrical impedance analysis : MFBIA) (MC-190, TANITA) によって計測した。使用するパラメータは, 絶対値として体重, 脂肪量, 上肢脂肪量, 下肢脂肪量, 体幹部脂肪量, 四肢筋肉量 (Skeletal muscle mass : SM), 上肢筋肉量, 下肢筋肉量, 体幹部筋肉量とし, 相対値では, 体脂肪率, 上肢体脂肪率, 下肢体脂肪率, 体幹部体脂肪率, BMI, 四肢筋肉量指数 (Skeletal muscle mass index : SMI) (筋肉量 ÷ 身長<sup>2</sup>), 上肢筋肉量指数, 下肢筋肉量指数, 体幹部筋肉量指数とした。

### 3. 筋力測定

実験参加者の背筋力, 脚筋力, 垂直跳び, 握力, 上体起こしを測定した。背筋力は, デジタル背筋力計バック-D (竹井機器工業) を用い, 仰角 30 度になるようにグリップ高を調整し, 脚および腕部を完全伸展させた状

態で測定した。脚筋力は, 片足用筋力測定台およびテンションメーター D (竹井機器工業) を用い, 実験参加者が椅子に腰掛け足首にテンションメーター D とワイヤーで接続された輪をかけ, 両腕を胸の前で組み, 両手は逆側の両肩を掴み, 非被験側の脚部を伸展させた状態で被験側の膝の角度が約 90 度の状態から徐々に前方へ下腿を伸ばす動作をさせることで測定した。垂直跳びは, ジャンプ-MD (竹井機器工業) を用い, 実験参加者のウェスト部分にベルトを巻き, 直立した状態で床のゴム面に設置した紐が直線に張る距離をオフセットし, 最大跳躍距離を測定した。握力は, デジタル握力計グリップ-D (竹井機器工業) を用い, 体側で身体に腕から機器までが触れない程度に腕を伸ばした状態で握力計を持ち, 全力で握ることで測定をした。上体起こしは, 実験参加者が両腕を胸の前で組み, 両手は逆側の両肩を掴み, 30 秒間に肩甲骨が床面に付いた状態から, 肘が膝または大腿部前面に接する回数を測定した。上体起こし以外は, 最低 2 回以上の測定を行い, 最大値を代表値とした。握力については, 左右の最大値の平均値を代表値とした。

### 4. 分析方法

実験参加者の身体組成の各測定項目と各筋力測定項目との相関関係を, Pearson の積率相関を用いて検定した。全ての統計の有意判定は, 危険率 5% とした。

### 5. 倫理的配慮

本研究は, 愛知県立芸術大学及び愛知県立芸術大学大学院で制定された「ヒトを対象とする研究ガイドライン」に則り, 愛知県立芸術大学及び愛知県立芸術大学大学院における「ヒトを対象とする研究」の倫理委員による審議後, 学長から承認を得て実施された。

## 結果

背筋力、脚筋力および握力は、全ての身体組成項目と有意な相関関係が認められた。それに対して上体起こしおよび垂直跳びは、有意な相関関係が認められる項目が少なく、相関係数も低値であった。背筋力は筋力発揮の当該部位とは関係の無い腕筋肉量 ( $r=0.416$ ) および相対値では体幹筋肉量指数 (筋肉量  $\div$  身長<sup>2</sup>, 以下同様) ( $r=0.419$ ) と、同様に脚筋力も腕筋肉量 ( $r=0.400$ ) およびその指数 ( $r=0.428$ ) と、握力は全身の筋肉量 ( $r=0.542$ ) および体幹筋肉量指数 ( $r=0.473$ ) との間で有意な最も高い相関関係が認められた。脚筋力は、筋肉量の各項目と高い相関関係が認められる反面、筋力発揮とは関係の無い体脂肪の各項目とも有意な高い相関関係が認められた。これに対して握力は、全身および身体各部位の筋肉量と高い相関関係 ( $r>0.4$ ) を有しているが、体脂肪項目との相関関係が筋肉量の項目よりも低いことが認められた。

表1. 測定データの平均値および標準偏差

変数	平均値	標準偏差
年齢(歳)	19.0	1.1
身長(cm)	158.1	5.3
体重(kg)	51.0	7.2
脂肪量(kg)	13.7	4.9
腕脂肪量(kg)	1.0	0.5
脚脂肪量(kg)	6.2	1.5
体幹脂肪量(kg)	6.4	3.0
筋肉量(kg)	35.2	2.9
四肢筋肉量(kg)	17.2	1.5
腕筋肉量(kg)	3.1	0.4
脚筋肉量(kg)	14.1	1.1
体幹筋肉量(kg)	18.0	1.7
体脂肪率(%)	26.3	5.5
腕体脂肪率(%)	22.9	6.0
脚体脂肪率(%)	29.1	3.8
体幹体脂肪率(%)	24.4	7.1
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	20.4	2.6
四肢筋肉量指数(kg/m <sup>2</sup> )	6.9	0.5
腕筋肉量指数(kg/m <sup>2</sup> )	1.2	0.1
脚筋肉量指数(kg/m <sup>2</sup> )	5.7	0.4
体幹筋肉量指数(kg/m <sup>2</sup> )	7.2	0.4
背筋力(kg)	68.3	16.8
上体起こし(回)	21.1	6.1
脚筋力(kg)	29.5	7.4
垂直跳び(cm)	40.1	6.1
握力(kg)	26.2	4.1

表2. 筋力測定項目と体重、全身および各部位の脂肪量および筋肉量との相関係数

変数	背筋力	上体起こし	脚筋力	垂直跳び	握力
体重	0.332	0.023	0.385	0.013	<i>0.406</i>
脂肪量	0.223	-0.015	<i>0.339</i>	-0.093	0.242
腕脂肪量	0.229	-0.015	<i>0.347</i>	-0.093	0.256
脚脂肪量	0.244	-0.006	<i>0.359</i>	-0.087	0.266
体幹脂肪量	0.209	-0.020	<i>0.323</i>	-0.095	0.224
筋肉量	0.405	0.074	0.347	0.171	<i>0.542</i>
四肢筋肉量	0.345	0.075	0.353	0.126	<i>0.474</i>
腕筋肉量	0.416	0.075	0.400	0.127	<i>0.529</i>
脚筋肉量	0.309	0.072	0.326	0.122	<i>0.440</i>
体幹筋肉量	0.405	0.063	0.296	0.190	<i>0.531</i>

網掛けは、 $P<0.05$ を示す。斜体の太字は、各身体組成項目に対して最も高い相関関係の筋力項目を示す。

表3. 筋力測定項目と体脂肪率、全身および各部位の筋肉量の身長二乗比との相関係数

変数	背筋力	上体起こし	脚筋力	垂直跳び	握力
体脂肪率	0.135	-0.022	<i>0.282</i>	-0.151	0.113
腕体脂肪率	0.136	-0.023	<i>0.289</i>	-0.152	0.127
脚体脂肪率	0.156	-0.025	<i>0.283</i>	-0.154	0.122
体幹体脂肪率	0.129	-0.018	<i>0.277</i>	-0.142	0.111
BMI	0.269	0.046	<i>0.399</i>	-0.050	0.282
四肢筋肉量指数	0.225	0.118	<i>0.355</i>	0.033	0.263
腕筋肉量指数	0.364	0.111	<i>0.428</i>	0.070	0.417
脚筋肉量指数	0.167	0.115	<i>0.312</i>	0.019	0.198
体幹筋肉量指数	0.419	0.145	0.403	0.160	<i>0.473</i>

網掛けは、 $P<0.05$ を示す。斜体の太字は、各身体組成項目に対して最も高い相関関係の筋力項目を示す。

## 考察

上体起こしおよび垂直跳びと各筋肉量の絶対値および相対値との相関係数は、有意である項目も存在するが全て低値であり、これらに間に緊密な関係があるとは考えられない。同様の検討において背筋力、脚筋力および握力は、相関係数が中程度の0.4を超える項目もあり、先の2者と比較すると密接な関係が認められている。上体起こしおよび垂直跳びは、自身の上半身または全身の重量が負荷値となることから体重に対する相対的な筋力と捉えられるので、筋力発揮と関係する筋肉量以上に負荷としての体脂肪量の影響を排除しきれない。この点を示しているのは、有意の有無は別にして体脂肪量および率とこれら2者との相関係数は全て負の値であることから、筋力発揮とは関係ない体脂肪の負荷としての影響が明白に示されている。それらに対して後3者（背筋力、脚筋力および握力）は、絶対的な筋力を測定していることから、絶対値および相対値の各筋肉量と緊密な関係を示したと考えられる。筋力項目の中でも握力は、絶対的な筋肉量との相関係数が最も緊密であるのに対して脚筋力は、相対的な筋肉量の多くの項目で最も緊密な相関係数が認められた。筋力と身体組成間の関係を検討した報告（稲垣ら、2005）においても、握力が体脂肪率との間に有意な相関係数を認めないのに対して脚力ではこれが認められている。脚部の筋力は体重を支えて移動することにより発達するので、力発揮とは関係の無い体脂肪の負荷としての側面から背筋力および握力よりも脂肪との強い相関係数が認められたと考えられる。体脂肪は、疾病のリスクを高める身体組成の成分であるが、日常における一般的な活動においては下肢筋力の発達に貢献する成分でもあるといえる。しかし、体脂肪の上体起こしおよび垂直跳びへの負の効果は筋力全般を考えると推奨されるものではなく、脚部に限定されるトレーニング効果しか得られないと考えるべきである。

握力は、把持力の最大値であることから腕部の筋肉量との間に密接な相関係数があるものと想像していたが、そのみならず脚部や体幹部の筋肉量の絶対値とも密接な相関係数にあった。本来なら、体幹部の筋肉量は背筋力との関係が、同様に脚部の筋肉量なら脚筋力との関係が密接であろうと考えられたが、握力との相関係数がそれらに

勝ったことについては明確な説明はできない。ただし、握力と体幹部および腕部の相対筋肉量との関係も他の筋力よりも密接であり中等度の相関係数を示しているのに対して脚部との相関係数は有意であっても低いことから、握力は少なくとも上半身の相対的な筋肉量を反映した指標にはなり得る。

本研究の握力と脂肪量および筋肉量との相関係数の結果を脚筋力の結果と比較すると、握力の特異性が示される。脚筋力は、体脂肪も含めた身体の重さとの相関係数が良好であるのに対して握力は、筋力発揮とは無縁な体脂肪の絶対値や特にその相対値との関係が低く、全身または各部位の筋肉量の絶対値と最も高い相関係数を示している。このことは、握力が全身の絶対的な筋肉量を最も良く反映する指標であることを示している。その反面、本研究の結果からは、相対筋肉量では腕および体幹部との関係は中程度の相関係数（0.4以上）にあるものの脚部および全身との相関係数は低く、中でもサルコペニアの指標である四肢筋量を反映する筋機能の指標には脚筋力が優れていることが判明した。握力測定の妥当性や信頼性は高く、その信頼性係数の推定値は0.9前後であると報告（稲垣、1993）されている。また、握力測定は、大型で高価な測定器を使用するのではないことから、手軽にかつ安全に測定できる筋力であることに疑問は無い。本研究で認められた握力の全身の絶対的な筋肉量との関係は、握力が全身の筋肉の量とその機能の両者を代表する有効な指標であることを示している。特に、60歳以降の年代では、握力よりも脚力の低下が著しいことも認められている（稲垣ら、2005）ことから、握力は加齢による急激な変化を伴わない筋力指標であるとも考えられる。その点では、加齢や疾病による全身の筋肉量の低下を把握するには有効な指標にもなりうる。また、脚力と握力間に高い相関係数が認められている（稲垣ら、2005）ことから、握力から脚筋力の推定も可能となる。中高年から高齢者を対象とした握力と骨密度の関係から、低い握力は大腿骨骨頭骨折のリスクを高める指標となることが示されている（Cheung et al., 2016）。また、握力は、サルコペニアの診断においても筋力指標として使用されている（葛谷、2015）ことから、加齢による骨折リスクや筋肉量を反映する優れた体

力指標とも考えられる。これからの日本は、少子高齢化により高齢者を支える世代が激減しており(厚生労働省, 2017)。医療費も含めた社会保障制度が現行のまま維持されることは不可能になるであろうと想像される。したがって、どの世代においても国民が多くの筋肉量を獲得し、それを維持することは社会保障制度を維持することにも繋がる重要な課題であるともいえる。それを簡便に推定するための指標として握力は、全身の筋肉量を反映した筋機能として非常に有効であると考えられる。

### 研究の限界

本研究の限界にはサンプリングバイアスが存在し、全てのデータは若年女性から得られたものである。したがって、本研究結果を男性および高齢者にそのまま応用するには、交差妥当性を検証する必要がある。

BIA法による全身の骨格筋量の推定には、横断面積が小さくなることで電気抵抗が高まることにより体幹部よりも四肢の末端部(前腕部および下腿部)の影響が大きくなる問題(Baumgartner et al., 1998)が存在しており、本研究でも使用しているセグメント別BIA法による改善も大きな効果が得られていないことも報告(van Marken Lichtenbelt WD et al., 1994)されている。

上述した限界の範囲において本研究の結果から、握力は、全身の各部位の絶対的な筋肉量と密接な相関関係が認められた。反対に脚筋力は、全身の各部位の相対的な筋肉量と密接な相関関係が認められた。しかし、脚筋力は、筋力発揮とは無関係な体脂肪との関係も密接であった。したがって、握力は、全身の絶対的な筋肉量を特異的に反映する筋機能として有効な指標であると考えられる。

本研究は、2017年度教育医学会第65回大会で発表された内容にデータを追加し再解析をした内容である。

### 利益相反

著者全員は、本論文の研究内容について他者との利害関係を有しない。

### 文献

- Baumgartner, R. N., Ross, R., Heymsfield, S. B. (1998) Does adipose tissue influence bioelectric impedance in obese men and women?. *J. Appl. Physiol.*, 84 : 257-262.
- Berrington de Gonzalez, A., Hartge, P., Cerhan, J. R., Flint, A. J., Hannan, L., MacInnis, R. J., Moore, S. C., Tobias, G. S., Anton-Culver, H., Freeman, L. B., Beeson, W. L., Clipp, S. L., English, D. R., Folsom, A. R., Freedman, D. M., Giles, G., Hakansson, N., Henderson, K. D., Hoffman-Bolton, J., Hoppin, J. A., Koenig, K. L., Lee, I. M., Linet, M. S., Park, Y., Pocobelli, G., Schatzkin, A., Sesso, H. D., Weiderpass, E., Wilcox, B. J., Wolk, A., Zeleniuch-Jacquotte, A., Willett, W. C., and Thun, M. J. (2010) Body-mass index and mortality among 1.46 million white adults. *N. Engl. J. Med.*, 363 : 2211-2219.
- Chen, L. K., Liu, L. K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T. W., Bahyah, K. S., Chou, M. Y., Chen, L. Y., Hsu, P. S., Krairit, O., Lee, J. S., Lee, W. J., Lee, Y., Liang, C. K., Limpawattana, P., Lin, C. S., Peng, L. N., Satake, S., Suzuki, T., Won, C. W., Wu, C. H., Wu, S. N., Zhang, T., Zeng, P., Akishita, M., and Arai, H. (2014) Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J. Am. Med. Dir. Assoc.*, 15 : 95-101.
- Cheung, C. L., Nguyen, U. S., Au, E., Tan, K. C., and Kung, A. W. (2013) Association of handgrip strength with chronic diseases and multimorbidity: a cross-sectional study. *Age*, 35 (3) : 929-41.
- 稲垣 敦 (1993) 体格指数, 体力診断・運動能力テストを用いた体脂肪率の推定法の開発: 中学生を対象として, 行動計量学, 38 : 81-91.
- 稲垣 敦, 桜井礼子, 八代利香, 平井 仁, 平野 互, 洪 麗信, 草間朋子 (2005) 老人保健法の基本健診を利用した高齢者の体力テストの必要性和テスト項目の提案, 看護科学研究, 6 : 2-15.
- 岩村真樹, 金内雅夫, 梶本浩之 (2015) BIA法を用いての18歳~84歳の日本人男女における骨格筋量の測定—機器による測定値の違いに着目して—, 理学療法科学, 30 (2) : 265-271.

- 厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会(2012)健康日本21(第2次)の推進に関する参考資料. 厚生労働省健康局：健康づくりのための身体活動基準 2013.
- 厚生労働省(2014)健康寿命の延伸に向けた最近の取組み,平成26年版厚生労働白書 健康長寿社会の実現に向けて～健康・予防元年～.
- 厚生労働省(2017)第22回生命表(完全生命表)の概況.
- 厚生労働省(2017)平成28年(2016)人口動態統計(確定数)の概況.
- 厚生労働省(2018)平成28年(2016)平成28年国民健康・栄養調査結果の概要.
- 葛谷雅文(2015)サルコペニアの診断・病態・治療,日本老年医学会雑誌,52:343-349.
- 葛谷雅文(2016)高齢者における栄養管理 ギャップの考え方【特集 過栄養と低栄養から読み解く高齢者の栄養管理】,日本医事新報,4797:41-47.
- MacDougall, J. D., Elder, G. C., Sale, D. G., Moroz, J. R., and Sutton, J. R. (1980) Effects of strength training and immobilization on human muscle fibres. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 43:25-34.
- 宮崎 滋(2007)肥満・肥満症・メタボリックシンドローム,肥満研究,13(3):225-226.
- 文部科学省中央教育審議会(2012)学校と地域における子どものスポーツ機会の充実,第3章 今後5年間に総合的かつ計画的に取り組むべき施策, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/gijiroku/attach/1317105.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/gijiroku/attach/1317105.htm).
- Russ, D. W., Gregg-Cornell, K., Conaway, M. J., and Clark, B. C. (2012) Evolving concepts on the age-related changes in "muscle quality". *J. Cachexia Sarcopenia Muscle*, 3:95-109.
- Schantz, P., Randall-Fox, E., Hutchison, W., Tyden, A., and Astrand, P. O. (1983) Muscle fiber type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. *Acta Physiol. Scand.*, 117:219-226.
- 下方浩史, 安藤富士子(2012)日常生活機能と骨格筋量,筋力との関連. 日本老年医学会雑誌,49:195-198.
- 曾根博仁(2010)日本人糖尿病患者の特徴と病態に関する臨床疫学的研究. *糖尿病*, 53(11):791-794.
- 田中喜代次(2016)サルコペニアと肥満を考える. *肥満研究*, 22(3):169-170.
- Twig, G., Yaniv, G., Levine, H., Leiba, A., Goldberger, N., Derazne, E., Ben-Ami Shor, D., Tzur, D., Afek, A., Shamiss, A., Haklai, Z., and Kark, J. D. (2016) Body-Mass Index in 2.3 Million Adolescents and Cardiovascular Death in Adulthood. *N. Engl. J. Med.*, 374:2430-2440.
- 山田 茂, 福永哲夫(1996)ヒト骨格筋の筋力とトレーニング,生化学・生理学からみた骨格筋に対するトレーニング効果. ナップ:東京,2-14.
- Yamazaki, K., Suzuki, E., Yorifuji, T., Tsuda, T., Ohta, T., Ishikawa-Takata, K., and Doi, H. (2017) Is there an obesity paradox in the Japanese elderly population? A community-based cohort study of 13280 men and women. *Geriatr. Gerontol. Int.*, 17(9):1257-1264.
- Zheng, W., McLerran, D. F., Rolland, B., Zhang, X., Inoue, M., Matsuo, K., He, J., Gupta, P. C., Ramadas, K., Tsugane, S., Irie, F., Tamakoshi, A., Gao, Y. T., Wang, R., Shu, X. O., Tsuji, I., Kuriyama, S., Tanaka, H., Satoh, H., Chen, C. J., Yuan, J. M., Yoo, K. Y., Ahsan, H., Pan, W. H., Gu, D., Pednekar, M. S., Sauvaget, C., Sasazuki, S., Sairenchi, T., Yang, G., Xiang, Y. B., Nagai, M., Suzuki, T., Nishino, Y., You, S. L., Koh, W. P., Park, S. K., Chen, Y., Shen, C. Y., Thornquist, M., Feng, Z., Kang, D., Boffetta, P., and Potter, J. D. (2011) Association between body-mass index and risk of death in more than 1 million Asians. *N. Engl. J. Med.*, 364:719-729.
- Van Marken Lichtenbelt, W. D., Westerterp, K. R., Wouters, L., and Luijckendijk, S. C. (1994) Validation of bioelectrical-impedance measurements as a method to estimate body-water compartments. *Am. J. Clin. Nutr.*, 60:159-166.