

原著論文 <第13回大会優秀発表>

地域在住高齢者におけるサルコペニアおよび ダイナペニアと身体機能との関連性

**Relationships between sarcopenia or dynapenia and physical function in
community-dwelling older adults**

金 美珍¹⁾・辻 大士²⁾・北濃 成樹³⁾・尹 之恩¹⁾・相馬 優樹¹⁾・

神藤 隆志^{1,4)}・大藏 倫博³⁾

Mijin KIM¹⁾, Taishi TSUJI²⁾, Naruki KITANO³⁾, Jieun YOON¹⁾, Yuki SOMA¹⁾,
Takashi JINDO^{1,4)}, Tomohiro OKURA³⁾

Abstract

The purpose of this study was to examine relationships between age-associated loss of muscle mass (sarcopenia), muscle strength (dynapenia) and physical functions in community-dwelling older adults. This cross-sectional study included 400 older adults (73.7 ± 5.2 years) conducted in Kasama city, Ibaraki prefecture (2011-2012). Participants were classified to following four groups based on their appendicular skeletal muscle mass (sum of skeletal muscle mass in the arms and legs evaluated by bioelectric impedance analysis), and appendicular skeletal muscle strength (grip strength for upper extremity and peak reaction force during sit-to-stand movement for lower extremity): sarcopenic-dynapenia (SD), dynapenia (D), sarcopenia (S) and non-S/non-D (NSD). We evaluated participants' physical function using 7 physical performance tests. We conducted partial correlation analysis and analysis of covariance adjusted for age, medical history of knee pain and low back pain. Appendicular skeletal muscle strength was significantly associated with all physical performance tests in both genders ($P < 0.05$), however appendicular skeletal muscle mass index was not. As for the results of analysis of covariance, one-leg balance with eyes open, standing time from long sitting position, functional reach, 5-repetition sit-to-stand, timed up and go, and 5-m habitual walk were significantly poorer in SD and D groups than S and NSD groups in men. On the other hand, standing time from long sitting position, functional reach, 5-repetition sit-to-stand, timed up and go, and 5-m habitual walk were significantly poorer in D group than the S group and NSD group in women. These results suggest that dynapenia has a stronger relationship with poor physical performance than sarcopenia.

Keywords : muscle mass, muscle strength, physical function, aging

[Received October 17, 2014 ; Accepted April 17, 2015]

1. 緒言

平均寿命の延伸により、高齢者の筋機能の低下や身体機能障害の予防の重要性が注目されている。筋量の減少および筋力の低下は加齢の影響を強く受ける (Frontera et al., 1991)。筋量はおおよそ 25 歳から減少し始め、50 歳を過ぎるとさらに加速し、80 歳では 20 歳の時より平均 40% 減少する (Lexell et al., 1988)。また、健常な男性

高齢者を対象として 12 年間追跡した縦断研究によると、筋力は 1 年あたり 1.4 ~ 2.5% 低下する (Frontera et al., 2000)。

加齢による筋量の減少は sarcopenia と呼ばれ、ギリシャ語で「筋」を意味する「sarco」と「損失」を意味する「penia」からなり、Rosenberg (1989) が提唱した概念である。以降、sarcopenia の該当基準の検証がなされ、「若年者 (18-40 歳) の四肢筋量指数の平均値 - 2

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科 Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

2) 千葉大学予防医学センター Center for Preventive Medical Science, Chiba University

3) 筑波大学体育系 Faculty of Health and Sport Science, University of Tsukuba

4) 日本学術振興会特別研究員 Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science

×標準偏差」が基準値として提案された (Baumgartner et al., 1998; Janssen et al., 2004)。その後、欧州 (Cruz-Jentoft et al., 2010) やアジア (Chen et al., 2014) のワーキンググループにより、筋量 (四肢筋量)、筋力 (握力) ならびに身体機能 (5 m 歩行) を用いた複合的な診断基準が提案された。一方、筋量と筋力を区別して考慮した上で、加齢に伴う筋力の低下を指す dynapenia という概念も提唱されている (Clark and Manini, 2008)。なお、上肢筋力 (Snih et al., 2004) と下肢筋力 (Puthoff and Nielsen, 2007) のいずれも、身体機能の低下と有意な関連性を示すことから、上肢と下肢の両方の筋力から dynapenia の判定を試みるアルゴリズムの提案がなされている (Manini and Clark, 2012)。

低筋量 (sarcopenia) は、高齢者の手段的日常生活動作 (instrumental activity of daily living: IADL) の低下 (Janssen, 2006; Tanimoto et al., 2012) と関連しており、低筋量 (Visser et al., 2005; Dufour et al., 2013) と低筋力 (Visser et al., 2005) は、それぞれ移動能力の制限と関連している。加えて、低筋力 (dynapenia) は低い身体機能 (Bouchard and Janssen, 2010) と関連し、さらに低筋量や低筋力は身体機能の制限と関連すると報告されている (Hairi et al., 2010)。このような低筋量や低筋力は、高齢者の日常生活動作の能力を低下させ、要介護状態への移行や寝たきりの危険性を高める。したがって、筋量の減少や筋力の低下を早期に予防し、維持・改善に努めることが急務の課題となっている。

しかしながら、先行研究では sarcopenia と dynapenia を組み合わせて身体機能との関連性を検証した報告は見当たらない。例えば、sarcopenia と dynapenia が併存することで、いずれか単独の場合よりも身体機能がどの程度低下するのかが十分に明らかになっていない。これらを明らかにすることで、四肢の筋量、筋力の状態から、より正確に身体機能の低下の危険性を把握できる。さらに、筋量や筋力、身体機能の低下の予防を目指した介入プログラムを立案する際に有効な資料となることが期待される。

以上より本研究では、地域在住高齢者の四肢の筋量、筋力を基に評価した sarcopenia および dynapenia と身体機能との関連性を検討することとした。これにより、sarcopenia と dynapenia のどちらが不良な身体機能と強い関連性を示すのか、それらを併せ持つことでさらに低い身体機能を示すのかについて明らかにすることを目的とした。本研究は、sarcopenia と dynapenia を併発している場合、身体機能が最も低い状態であるという仮説のもとおこなった。

2. 方法

2.1. 参加者

本研究の参加者は、2011 年と 2012 年の各年の 7～8 月に茨城県笠間市で開催した調査に参加した地域在住高齢者とした。調査の延べ参加人数 619 名 (2011 年 308 名、2012 年 311 名) のうち、データの重複がある者 (155 名)、筋量および筋力測定項目に欠損がある者 (64 名) を除外したところ、分析対象者は 65～88 歳の男女 400 名 (73.7 ± 5.2 歳、男性 202 名、女性 198 名) となった。全ての参加者に対して研究の目的および測定に関する説明を口頭ならびに書面にておこない、研究参加への同意を得た。なお、本研究は筑波大学体育系研究倫理委員会の承認 (番号: 体 23 - 36) を得て実施した。

2.2. 調査項目

2.2.1. 基本的特徴

(1) 問診

対象者の基本的特徴として、性、年齢、および既往歴を調査した。既往歴は、筋力発揮および身体パフォーマンスに大きな影響を及ぼす膝関節痛、腰痛を調査した。過去に医師から膝関節痛、腰痛と診断された者を既往歴ありとした。各既往歴は「ある = 1」「ない = 0」にダミー変数化した。

(2) 形態

身長は身長計を用いて計測し、0.1 cm 単位で記録した。靴を脱ぎ、裸足の状態で踵・臀部・背部を尺柱につけ、耳眼水平面を保った状態で床面から頭頂点間の鉛直距離を測った。

体重は、体重計を用いて 0.1 kg 単位で計測した。着衣量を考慮して 0.5 kg を引いた補正体重の値を用い、身長と体重の値より body mass index (BMI) を算出した。なお、 $BMI = \text{体重 (kg)} / \text{身長 (m)}^2$ とした。

2.2.2. 筋量と体脂肪率

四肢筋量と体脂肪率を、多周波数体組成計 (MC-980A, Tania, Tokyo, JAPAN) を用い、生体電気インピーダンス (bioelectrical impedance analysis: BIA) 法によって評価した。これらの測定では、参加者は裸足で体組成計に乗り、電極を両手で握った状態で立位姿勢を約 30 秒間保持して計測した。四肢筋量の推定値 (kg) を後述の四肢筋量指数の算出に用いた。

本研究で使用した体組成計は、dual-energy X-ray

absorptiometry (DXA) によって測定した筋肉量 ($r = 0.98$), 体脂肪量 ($r = 0.92$) に対する優れた妥当性が報告されている。

(株式会社タニタ, online)

2.2.3. 筋力

(1) 上肢筋力 (握力)

上肢筋力の評価として, 握力を握力計 (T.K.K.5401, Takei Scientific Instruments, Tokyo, JAPAN) を用いて測定した。対象者は立位で握力計を体側に保持し, 呼吸しながら最大努力で握力計を握った。0.1 kg 単位で左右2回ずつ計測し, 左右の最大値の平均値を採用値とした。

(2) 下肢筋力 (椅子立ち上がり動作時の地面反力)

下肢筋力の評価には, 改良型体重計 (BM-101, Tanita, Tokyo, JAPAN) を用い, 椅子立ち上がり動作時の地面反力を測定した。測定の手順は, 辻ら (2011) と同様の方法とした。地面反力の最大値体重比 (peak reaction force per body weight: F/w) を本研究の下肢筋力値とした。この変数は, 椅子立ち上がり動作時における鉛直方向の最大の踏み込みの力を反映する。3回の連続試行のうち最も高い記録を採用値とし, 0.01 kgf·kg⁻¹ 単位で記録した。

2.2.4. 身体パフォーマンステスト (7項目)

身体機能を評価する身体パフォーマンステストとして, ① 開眼片足立ち時間 (バランス能力), ② 長座体前屈 (柔軟性), ③ 長座起立時間 (起き上がり能力), ④ functional reach (動的バランス), ⑤ 5回椅子立ち上がり時間 (下肢筋力と立ち上がり能力), ⑥ timed up and go (移動能力), ⑦ 5 m 通常歩行時間 (歩行能力) の計7項目を測定した。各項目の測定方法は, 尹ら (2010) および 辻ら (2011) のとおりとした。

① 開眼片足立ち時間 (バランス能力): 両手を腰に当て, 片方の足を床面から 10 cm 程度挙げた状態でできるだけ長く立ち続けるよう教示した。計測は足を上げた時点から, バランスが崩れた時点までの時間とし, 最大値は60秒とした。左右を問わず0.01秒単位で2回計測し, 最良値 (長い時間の値) を記録とした。

② 長座体前屈 (柔軟性): 壁に臀部と背中をつけ, 長座姿勢をとらせた。両手を伸ばし, 手のひらを長座体前屈計 (T.K.K.5112, Takei, Takei Scientific Instruments, Tokyo, JAPAN) の上においたまま, 膝を曲げないように上体を前屈させた。このときの長座体前屈計の移動距離を 0.5 cm 単位で2回計測し, 最良値 (遠い距離の値)

を記録とした。

③ 長座起立時間 (起き上がり能力): 長座姿勢をとらせ, 合図とともに最大努力で素早く立ち上がるように教示した。立ち上がり方法については, 日常生活での立ち上がり方法を再現するよう教示した。0.01 秒単位で2回計測し, 最良値 (短い方) の記録を分析に用いた。

④ functional reach (動的バランス): 壁に対して横向きに立ち, 伸展させた両腕を肩の高さまで前方に上げ, その時点での第3指の先端を 0 cm とした。腕を肩と同じ高さに保ったまま可能な限り上体を前傾し, 両腕の指先が前方に移動した距離を 1 cm 単位で2回計測し, 最良値を記録した。計測時, かかととは浮かせないよう教示した。

⑤ 5回椅子立ち上がり時間 (下肢筋力と立ち上がり能力): 両腕を胸の前で交差し, 背中を伸ばした状態で背もたれのついた椅子に浅く腰掛けさせた。合図とともに, 椅子から立ち上がり直立姿勢をとらせ, 再び椅子に腰掛ける動作を可能な限り速く5回繰り返させた。0.01 秒単位で2回計測し, 最良値 (速い時間の値) を記録とした。

⑥ timed up and go (移動能力): 椅子に腰掛けた姿勢から合図とともに立ち上がり, 可能な限り速く歩き, 3 m 前方のコーンを回って着座するまでの時間を 0.01 秒単位で2回計測し, 最良値 (速い時間の値) を記録とした。

⑦ 5 m 通常歩行時間 (歩行能力): 5 m の歩行路を日常生活における通常の速さで歩いたときの時間を 0.01 秒単位で2回計測し, 最良値 (速い時間の値) を記録とした。歩行路の両端には 3 m の予備路を設けた。

2.3. Sarcopenia と dynapenia の基準

2.3.1. Sarcopeniaの基準

BIA から得た四肢筋量の値 (両腕と両脚の筋量の和) を, 身長²で除した四肢筋量指数 (appendicular skeletal muscle mass index: AMI) (kg/m²) を算出した。Sarcopenia の該当基準には, 「若年者 (18-40 歳) の四肢筋量指数の平均値 - 2 × 標準偏差」 (Baumgartner et al., 1998; Janssen et al., 2004) の診断法を基にした日本人高齢者の AMI が男性 7.0 kg/m², 女性 5.8 kg/m² という閾値を用い (Tanimoto et al., 2012), 閾値以下の対象者を sarcopenia と定義した。

2.3.2. Dynapeniaの基準

上肢筋力の評価項目である握力と, 下肢筋力の評価項

目である F/w のそれぞれ標準得点を男女別に算出し、それらを合計した値（握力の z-score + F/w の z-score）を四肢筋力標準得点（appendicular skeletal muscle strength z-score: ASZ）とした。この四肢筋力標準得点を 3 分位し、最下位を本研究における dynapenia と定義した（Bouchard and Janssen, 2010；Senechal et al., 2012）。

2.4. 統計解析

対象者を、sarcopenia と dynapenia のいずれにも該当する sarcopenic-dynapenia (SD) 群、dynapenia のみに該当する D 群、sarcopenia のみに該当する S 群、いずれにも該当しない non-sarcopenia and non-dynapenia (NSD) 群の 4 群に分けた。男女の基本的特徴の比較には、Student の *t* 検定を用いた。また、男女別の 4 群間の基本的特徴の比較には一要因分散分析を用いた。Sarcopenia, dynapenia, 膝関節痛, 腰痛の割合はカイ二乗検定により検討した。

偏相関分析を用い、男女それぞれの AMI および ASZ と、年齢 (BMI, 膝関節痛, 腰痛の有無を調整) および身体パフォーマンステスト (年齢, BMI, 膝関節痛, 腰痛の有無を調整) との関連性を検討した。

男女別の 4 群間の身体パフォーマンステストの比較には、年齢, BMI, 膝関節痛, 腰痛の有無を共変量とした

共分散分析を用いた。有意差が確認された場合は、Bonferroni 法を用いて多重比較検定をおこなった。すべての統計処理には、IBM SPSS Statistics version 22.0 (Armonk, NY, USA) を用い、統計的有意水準は危険率 5% 未満とした。

3. 結果

3.1. 対象者の基本的特徴

基本的特徴の男女比較を Table 1 に示した。年齢と BMI 以外のすべての項目（身長, 体重, 体脂肪率, 四肢筋量, 握力, F/w）に有意な性差が認められた。本研究の sarcopenia 群は男性が 16.3%, 女性が 18.7% であり、dynapenia 群は男性が 33.7%, 女性が 33.3% であった。膝関節痛を有する者は男性が 7.4% に比べて女性が 19.7% であったのに対し、腰痛を有する者は男性が 23.3%, 女性が 20.2% であり、膝関節痛より高値を示した。4 群 (SD, D, S, NSD) の基本的特徴を Table 2 に示した。男女いずれもすべての項目に有意差が認められ、SD 群は男女いずれも高年齢かつ低 BMI を、D 群は高い体脂肪率を示した。

男性において膝関節痛を有する者は SD 群 5.9%, D 群 7.8%, S 群 0%, NSD 群 8.5% を示し、腰痛を有する者には SD 群 29.4%, D 群 29.4%, S 群 6.3%, NSD 群

Table 1. Participants characteristics

| Variable | unit | Men (n = 202) | Women (n = 198) | P-value |
|---|-------------------------|------------------|--------------------|---------|
| | | Mean ± SD | Mean ± SD | |
| Age | (years) | 74.0 ± 5.4 | 73.3 ± 5.0 | 0.21 |
| Height | (cm) | 162.2 ± 5.8 | 149.0 ± 5.5 | < 0.01 |
| Weight | (kg) | 61.8 ± 8.2 | 51.6 ± 7.3 | < 0.01 |
| BMI | (kg/m ²) | 23.5 ± 2.8 | 23.3 ± 3.1 | 0.42 |
| Body fat | (%) | 21.1 ± 5.6 | 31.7 ± 6.9 | < 0.01 |
| ASM | (kg) | 21.0 ± 3.0 | 14.4 ± 1.8 | < 0.01 |
| Grip strength | (kg) | 34.7 ± 6.0 | 22.8 ± 3.7 | < 0.01 |
| F/w | (kgf·kg ⁻¹) | 1.43 ± 0.11 | 1.31 ± 0.09 | < 0.01 |
| [†] Medical history of knee pain | %(n) | 7.4(15) | 19.7(39) | < 0.01 |
| [†] Medical history of low back pain | %(n) | 23.3(47) | 20.2(40) | 0.46 |
| Sarcopenia | %(n) | 16.3(33) | 18.7(37) | 0.54 |
| Dynapenia | %(n) | 33.7(68) | 33.3(66) | 0.94 |

Independenst sample *t* test, [†] chi-square test, SD: standard deviation

BMI: body mass index, ASM: appendicular skeletal muscle mass, F/w: peak reaction force per body weight

22.0%を示した。一方、女性において膝関節痛を有する者はSD群31.3%, D群28.0%, S群14.3%, NSD群15.3%を示し、腰痛を有する者にはSD群25.0%, D群26.0%, S群14.3%, NSD群18.0%を示した。膝関節痛を有する者は、男性より女性の方が多かった。

3.2. 四肢筋量指数 (AMI), 四肢筋力標準得点 (ASZ) と年齢や身体パフォーマンステストとの相関関係

男女それぞれのAMIおよびASZと、年齢や身体パフォーマンステストとの関連性を検討した偏相関分析の結果をTable 3に示した。

Table 2. Characteristics of men and women by sarcopenia and dynapenia groups

| Variable | unit | Sarcopenic- dynapenia ^a | Dynapenia ^b | Sarcopenia ^c | Non-sarcopenia and Non-dynapenia ^d | ANOVA P- value | Post hoc test with Bonferroni correction |
|---|-------------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|---|-------------------|--|
| | | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | | |
| Men (n = 202) | | (n = 17) | (n = 51) | (n = 16) | (n = 118) | | |
| Age | (years) | 78.2 ± 6.1 | 77.3 ± 5.4 | 72.1 ± 5.5 | 72.2 ± 4.2 | < 0.01 | c, d < a, b |
| BMI | (kg/m ²) | 20.2 ± 2.1 | 24.6 ± 2.5 | 20.0 ± 1.5 | 23.9 ± 2.4 | < 0.01 | a, c < b, d |
| Body fat | (%) | 19.3 ± 4.6 | 24.1 ± 5.9 | 17.3 ± 5.5 | 20.5 ± 5.1 | < 0.01 | a, c, d < b |
| ASM | (kg) | 16.6 ± 1.6 | 20.9 ± 2.4 | 17.7 ± 1.5 | 22.1 ± 2.6 | < 0.01 | a, c < b, d; b < d |
| Grip strength | (kg) | 27.8 ± 3.7 | 29.6 ± 4.3 | 35.0 ± 4.9 | 37.8 ± 4.6 | < 0.01 | a, b < c, d |
| F/w | (kgf·kg ⁻¹) | 1.35 ± 0.08 | 1.31 ± 0.08 | 1.50 ± 0.06 | 1.48 ± 0.10 | < 0.01 | a, b < c, d |
| [†] Medical history of knee pain | %(n) | 5.9(1) | 7.8(4) | 0.0(0) | 8.5(10) | 0.67 | |
| [†] Medical history of low back pain | %(n) | 29.4(5) | 29.4(15) | 6.3(1) | 22.0(26) | 0.25 | |
| Women (n = 198) | | (n = 16) | (n = 50) | (n = 21) | (n = 111) | | |
| Age | (years) | 76.3 ± 4.9 | 76.2 ± 5.1 | 74.3 ± 5.4 | 71.5 ± 3.9 | < 0.01 | d < a, b |
| BMI | (kg/m ²) | 20.3 ± 2.1 | 24.4 ± 3.1 | 20.2 ± 2.0 | 23.8 ± 2.7 | < 0.01 | a, c < b; c < d |
| Body fat | (%) | 28.9 ± 7.3 | 34.3 ± 6.6 | 26.6 ± 7.1 | 31.8 ± 6.4 | < 0.01 | a, c < b, d |
| ASM | (kg) | 12.3 ± 1.2 | 14.5 ± 1.8 | 12.7 ± 0.8 | 15.1 ± 1.5 | < 0.01 | a, c < b, d |
| Grip strength | (kg) | 18.6 ± 3.1 | 19.7 ± 2.8 | 23.4 ± 1.9 | 24.8 ± 2.9 | < 0.01 | a, b < c, d |
| F/w | (kgf·kg ⁻¹) | 1.24 ± 0.05 | 1.23 ± 0.07 | 1.35 ± 0.07 | 1.35 ± 0.07 | < 0.01 | a, b < c, d |
| [†] Medical history of knee pain | %(n) | 31.3(5) | 28.0(14) | 14.3(3) | 15.3(17) | 0.15 | |
| [†] Medical history of low back pain | %(n) | 25.0(4) | 26.0(13) | 14.3(3) | 18.0(20) | 0.56 | |

ANOVA: analysis of variance, [†] chi-square test, SD: standard deviation

BMI: body mass index, ASM: appendicular skeletal muscle mass, F/w: peak reaction force per body weight

Table 3. Partial correlations between muscle mass or muscle strength and age or physical function

| Variable | Men (n = 183) | | Women (n = 179) | |
|--|---------------|-----------|-----------------|-----------|
| | AMI | ASZ | AMI | ASZ |
| | partial r | partial r | partial r | partial r |
| [†] Age | - .301** | - .492** | - .197** | - .505** |
| <[†]Physical performance test> | | | | |
| One-leg balance with eyes open | .078 | .338** | .033 | .210* |
| Sit and reach | .124 | .210* | .015 | .151* |
| Standing time from long sitting position | .003 | -.472** | -.049 | -.335** |
| Functional reach | .080 | .403** | -.063 | .240** |
| 5-repetition sit-to-stand | -.037 | -.467** | -.119 | -.340** |
| Timed up and go | -.021 | -.494** | -.042 | -.392** |
| 5-m habitual walk | .034 | -.360** | -.014 | -.299** |

Partial correlation coefficient; partial r, * P < 0.05, ** P < 0.01

[†]Adjusted for body mass index (kg/m²), medical history of knee pain and low back pain

[‡]Adjusted for age, body mass index (kg/m²), medical history of knee pain and low back pain

AMI: appendicular skeletal muscle mass index; sum of arms muscle mass and legs muscle mass per height squared (kg/m²)

ASZ: appendicular skeletal muscle strength z-score; sum of z-score (grip strength) and z-score (F/w), F/w: peak reaction force per body

Table 4. Comparison in physical performance tests results among groups

| | | Sarcopenic- dynapenia ^a | Dynapenia ^b | Sarcopenia ^c | Non-sarcopenia and Non- dynapenia ^d | ANCOVA | Post hoc test with Bonferroni correction |
|--|-------|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|--|---------|--|
| <Physical performance test> | unit | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | P-value | |
| Men (n = 202) | | (n = 17) | (n = 51) | (n = 16) | (n = 118) | | |
| One-leg balance with eyes open | (sec) | 17.4 ± 19.3 | 23.3 ± 19.3 | 39.0 ± 24.9 | 42.0 ± 19.5 | < 0.01 | a, b < d |
| Sit and reach | (cm) | 33.1 ± 12.3 | 29.1 ± 10.6 | 36.2 ± 10.3 | 34.9 ± 8.8 | 0.22 | |
| Standing time from long sitting position | (sec) | 3.1 ± 1.8 | 3.3 ± 1.4 | 1.9 ± 0.6 | 2.1 ± 0.5 | < 0.01 | c, d < b; d < a |
| Functional reach | (cm) | 27.5 ± 7.1 | 26.5 ± 5.7 | 32.2 ± 5.7 | 32.0 ± 5.3 | < 0.01 | b < c, d |
| 5-repetition sit-to-stand | (sec) | 9.8 ± 3.6 | 9.9 ± 3.3 | 7.1 ± 1.2 | 7.3 ± 1.7 | < 0.01 | d < a, b |
| Timed up and go | (sec) | 7.8 ± 2.8 | 7.4 ± 1.6 | 5.3 ± 0.7 | 5.8 ± 1.1 | < 0.01 | c, d < a, b |
| 5-m habitual walk | (sec) | 4.2 ± 1.2 | 4.3 ± 0.9 | 3.5 ± 0.5 | 3.6 ± 0.7 | < 0.01 | d < b |
| Women (n = 198) | | (n = 16) | (n = 50) | (n = 21) | (n = 111) | | |
| One-leg balance with eyes open | (sec) | 22.5 ± 19.9 | 17.6 ± 16.8 | 35.5 ± 21.7 | 35.7 ± 21.5 | 0.06 | |
| Sit and reach | (cm) | 37.9 ± 7.2 | 37.1 ± 9.6 | 37.6 ± 10.8 | 39.1 ± 7.5 | 0.61 | |
| Standing time from long sitting position | (sec) | 2.9 ± 1.1 | 3.9 ± 1.8 | 2.4 ± 1.0 | 2.6 ± 0.8 | < 0.01 | d < b |
| Functional reach | (cm) | 29.6 ± 4.6 | 25.0 ± 5.9 | 30.0 ± 3.7 | 30.0 ± 4.8 | < 0.01 | b < d |
| 5-repetition sit-to-stand | (sec) | 8.3 ± 2.1 | 9.4 ± 2.5 | 7.5 ± 1.2 | 7.2 ± 1.6 | < 0.01 | c, d < b |
| Timed up and go | (sec) | 7.0 ± 1.6 | 8.3 ± 2.5 | 5.9 ± 0.9 | 6.0 ± 1.1 | < 0.01 | c, d < b |
| 5-m habitual walk | (sec) | 4.0 ± 0.7 | 4.4 ± 1.1 | 3.5 ± 0.5 | 3.5 ± 0.5 | < 0.01 | c, d < b |

ANCOVA: analysis of covariance, SD: standard deviation

Adjusted for age, body mass index (kg/m²), medical history of knee pain and low back pain

年齢と AMI は男女いずれも弱い相関を示し、年齢と ASZ には、男女いずれも中程度の相関が認められた。すなわち、年齢が高いほど筋量と筋力は低かった。しかし、AMI は男女いずれもすべての身体パフォーマンステストとの間に有意な関連性は見られなかった。一方、ASZ は男女いずれもすべての身体パフォーマンステストとの間に有意な弱～中程度の相関を示した。

3.3. 4 群 (SD, D, S, NSD) 間における身体パフォーマンステストの比較

身体パフォーマンステストの群間比較の結果を、男女別に Table 4 に示した。男性において、長座体前屈以外のすべての項目で有意差が見られた。多重比較検定の結果、総じて SD 群と D 群は、NSD 群と S 群より有意に不良な値を示した。女性において、開眼片足立ち時間と長座起立時間以外のすべての項目において有意差が見られた。多重比較検定の結果、D 群は、NSD 群と S 群のいずれか、あるいは両方よりも有意に不良な値を示した。

4. 考察

本研究は、地域在住高齢者を対象とし、AMI と ASZ、ならびにそれらを基に評価した sarcopenia および dynapenia と、身体機能との関連性について検討した。その結果、身体機能との関連性は AMI より ASZ の方が強いことが確認された。また、男性では SD 群と D

群が、女性では D 群が低い身体機能を示した。

4.1. 対象者の基本的特徴

年齢は、男女いずれも SD 群と D 群が、NSD 群よりも有意に高値を示した。しかしながら、S 群と NSD 群の間には有意差は見られなかった。すなわち、筋量の減少よりも筋力の低下の方が、加齢の影響を受けやすいことが示唆された。中国人高齢者を対象とした 2 年間の追跡調査では、筋量の減少 (男性: -0.66%, 女性: -0.93%) より筋力の低下 (男性: -3.85%, 女性: -10.04%) の方が、有意に大きい低下率を示している (Auyeung et al., 2014)。また、アメリカ人を対象とした 3 年間の追跡調査によると、筋力の低下率は白人男性が -3.4%/年、黒人男性が -4.1%/年、白人女性が -2.6%/年、黒人女性が -3.0%/年であったことに対して、筋量の減少率は男女いずれの人種とも約 -1%/年であることが報告されている (Goodpaster et al., 2006)。本研究は横断調査であるため個人の経年変化を把握していないが、先行研究の報告を部分的に支持する結果であった。

BMI および体脂肪率は、男女いずれも SD 群と S 群が、D 群と NSD 群より低値を示す傾向が見られた。すなわち、sarcopenia は dynapenia よりも、やせている傾向にあり、体脂肪率は低いことが示唆された。日本人高齢者を対象とした調査によると、BMI と体脂肪率は non-sarcopenia に比べて sarcopenia が有意に低いことが報告されている (Sanada and Miyachi, 2012; Yamada et

al., 2013)。したがって、本研究結果は先行研究の報告を部分的に支持する結果であった。

4.2. 四肢筋量指数 (AMI), 四肢筋力標準得点 (ASZ) と年齢や身体パフォーマンステストとの関連性

本研究は、sarcopenia と dynapenia を評価するため、四肢筋量を身長で補正した AMI、および四肢筋力として握力と椅子立ち上がり動作時の地面反力最大値（体重比）を標準化した ASZ の値をそれぞれ求めた。男女いずれにおいても全ての身体パフォーマンステストが ASZ と有意な弱～中程度の相関関係を示したが、AMI との間には有意な相関関係が見られなかった。このことから、身体機能との関連性は四肢筋量より四肢筋力の方が強いことが確認された。

わが国の地域在住女性高齢者を対象とした研究では、全身の骨格筋量は、開眼片足立ち時間や歩行速度と有意な相関が認められなかった（甲斐ら, 2008）。また、オーストラリアにおける 63 名の女性高齢者（ 86.4 ± 5.5 歳）を対象とした報告では、体重で調整した全身筋量指数は、timed up and go と 6 m 歩行テストとの間に有意な相関は見られなかったが、足関節背屈筋力は timed up and go ($r = -0.31$), 6 m 歩行テスト ($r = 0.34$) と有意な相関関係を示した（Woods et al., 2011）。本研究においても、四肢筋力標準得点は timed up and go（男性： $r = -0.49$, 女性： $r = -0.39$ ）、5 m 通常歩行時間（男性： $r = -0.36$, 女性： $r = -0.30$ ）との間に有意な相関関係を示しており、先行研究を支持した。

4.3. Sarcopenia および dynapenia と身体パフォーマンステストとの関連性

Sarcopenia と dynapenia の状態から分類した 4 群間における身体機能の比較には、年齢、BMI、膝関節痛、腰痛を調整した共分散分析を実施した。その結果、男女における長座体前屈（柔軟性）と女性における開眼片足立ち時間（バランス能力）以外のすべての項目で有意差が認められた。Sarcopenia および dynapenia は、柔軟性との間に有意な関連性は見られなかった。体格や体組成と柔軟性との関連性を検証した先行研究によると、それらの関連性は弱いことが報告されている（Silva et al., 2013）。また、75 歳以上の女性高齢者を対象とした柔軟性テスト（picking up object from floor）の結果は、sarcopenia の有無による有意差はみられなかった

（Rolland et al., 2009）。柔軟性を評価するパフォーマンステストを遂行する際に大きな筋力発揮が求められないことは明らかであり、筋量や筋力が測定値に及ぼす影響は小さいことが推察される。

注目すべき結果として、長座起立時間（起き上がり能力）、5 回椅子立ち上がり時間（下肢筋力）、timed up and go（移動能力）、5 m 通常歩行時間（歩行能力）などの、いわゆる起居移動動作の遂行能力との間に、強い関連性が確認された。なお、それらの項目は男女いずれにおいても D 群で不良な値を示し、男性では一部の項目において SD 群でも不良な値を示した。すなわち、前節の結果と同様に、筋量の減少よりも筋力低下の方が、身体機能の低下と強く関連することを改めて確認した。Sarcopenia や dynapenia と起居移動動作との関連性について、中年・高齢者 2,039 名（ 70.1 ± 7.7 歳）を対象とした報告では、男女いずれも non-dynapenia に比べて dynapenia の者では 6 m 歩行速度が有意に遅かった（Bouchard and Janssen, 2010）。また、70～79 歳の高齢者を対象とした報告では、男女いずれも non-sarcopenia の者より sarcopenia の者において、short physical performance battery により評価した身体パフォーマンスが有意に不良な値を示した（Delmonico et al., 2007）。このように、sarcopenia と dynapenia のいずれか一方と、身体パフォーマンスとの関連性を検討した報告は散見される。本研究では、sarcopenia と dynapenia を同時に併せもつ状態が、それぞれ単独で保有している状態よりも身体機能が低下するとの仮説を立て、sarcopenia と dynapenia の両方を考慮に入れた関連性の検証をおこなった。しかしながら、男性では SD 群と D 群が、女性では D 群が身体パフォーマンステストにて最も不良な値を示した。これには D 群の体脂肪率の平均値は SD 群よりも約 5% 高く、先述した低筋力型肥満（dynapenic-obesity）が含まれていた可能性がある。Dynapenic-obesity の状態は、dynapenia か obesity をいずれか単独で有している状態よりも、身体機能の低下（Bouchard and Janssen, 2010）や日常生活動作、手段的日常生活動作の低下（Yang et al., 2014）に大きな影響を及ぼすことが報告されている。これらのメカニズムとしては、筋細胞への脂肪の蓄積が、筋力を著しく低下させる要因であることが示唆されている（Manini and Clark, 2012）。

4.4. 本研究の限界

第一に、サンプリングバイアスの問題がある。対象者の居住地域が茨城県笠間市に限定され、日本の全ての高

齢者を代表するデータとは言い難い。また、自らの意思で測定会に参加した者のみを対象としたため、健康水準が比較的高い集団であったと考えられる。なお、SD群の対象者数はD群よりも大幅に少なく、統計学的な検出力が低かったことが考えられる。第二に、dynapeniaの基準を明確に示す報告が無く、本研究では三分位により便宜的に定義した。この基準が異なれば、本研究の結果が異なる可能性がある。第三に、本研究は縦断研究ではないため、sarcopenic-dynapeniaもしくはdynapeniaと身体機能の低下との因果関係を明らかにできない。これらの因果関係を示すことは将来の課題である。最後に、本研究において四肢筋量の計測に用いた多周波数体組成計（MC-980A, Tania, Tokyo, JAPAN）は比較的新型の機種であり、十分なサンプルを対象として信頼性および妥当性を検証した報告がなされていない。この点については、今後の検証が待たれる。

5. 結論

本研究では、地域在住高齢者を対象とし、四肢筋量から評価した sarcopenia および四肢筋力から評価した dynapenia と、身体機能との関連性を検証した。その結果、高齢者における身体機能は、sarcopenia より dynapenia と強く関連がすることが確認された。ただし、sarcopenia と dynapenia を併せ持つことによる、身体機能の大きな低下は見られなかった。今後は、高齢者の低筋量や低筋力と身体パフォーマンスとの因果関係を明らかにする縦断研究と、低筋力を評価する尺度を開発する必要があると考えられる。

謝辞

本研究は、茨城県笠間市職員および調査に参加された住民、タニタ会社、筑波大学大藏研究室の研究室生の皆さまの協力によって遂行できた。ここに、心からの感謝の意を表す。

文献

- Auyeung, T. W., Lee, S. W. J., Leung, J., Kwok, T. and Woo, J. (2014) Age-associated decline of muscle mass, grip strength and gait speed: A 4-year longitudinal study of 3018 community-dwelling older Chinese. *Geriatrics & Gerontology International* 14: 76-84.
- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., Garry, P. J. and Lindeman, R. D. (1998) Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *American Journal of Epidemiology* 147: 755-763.
- Bouchard, D. R. and Janssen, I. (2010) Dynapenic-Obesity and Physical Function in Older Adults. *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences* 65: 71-77.
- 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., Kairit, O., Lee, J. S. W., 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. M., Zeng, P., Akishita, M. and Arai, H. (2014) Sarcopenia in Asia: Consensus Report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association* 15: 95-101.
- Clark, B. C. and Manini, T. M. (2008) Special article "Green Banana" - Sarcopenia not equal dynapenia. *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences* 63: 829-834.
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F. C., Michel, J. P., Rolland, Y., Schneider, S. M., Topinkova, E., Vandewoude, M. and Zamboni, M. (2010) Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing* 39: 412-423.
- Delmonico, M. J., Harris, T. B., Lee, J. S., Visser, M., Nevitt, M., Kritchevsky, S. B., Tylavsky, F. A., and Newman, A. B. (2007) Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *Journal of the American Geriatrics Society* 55: 769-774.
- Dufour, A. B., Hannan, M. T., Murabito, J. M., Kiel, D. P. and McLean, R. R. (2013) Sarcopenia Definitions Considering Body Size and Fat Mass are Associated with Mobility Limitations: The Framingham Study. *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences* 68: 168-174.
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Evans, W. J. and Roubenoff, R. (2000) Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*

- 88: 1321-1326.
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Lutz, K. J. and Evans, W. J. (1991) A Cross-Sectional Study of Muscle Strength and Mass in 45-Year-Old to 78-Yr-Old Men and Women. *Journal of Applied Physiology* 71: 644-650.
- Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V., Simonsick, E. M., Tylavsky, F. A., Visser, M. and Newman, A. B. (2006) The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences* 61: 1059-1064.
- Hairi, N. N., Cumming, R. G., Naganathan, V., Handelsman, D. J., Le Couteur, D. G., Creasey, H., Waite, L. M., Seibel, M. J. and Sambrook, P. N. (2010) Loss of Muscle Strength, Mass (Sarcopenia) , and Quality (Specific Force) and its Relationship with Functional Limitation and Physical Disability: The Concord Health and Ageing in Men Project. *Journal of the American Geriatrics Society* 58: 2055-2062.
- Janssen, I. (2006) Influence of sarcopenia on the development of physical disability: The Cardiovascular Health Study. *Journal of the American Geriatrics Society* 54: 56-62.
- Janssen, I., Baumgartner, R. N., Ross, R., Rosenberg, I. H. and Roubenoff, R. (2004) Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *American Journal of Epidemiology* 159: 413-421.
- 甲斐義浩, 村田伸, 大田尾浩, 村田潤, 池田望, 富永浩一, 大山美智江, 溝田勝彦 (2008) 地域在住高齢者女性の身体組成と身体機能との関係. *理学療法科学* 23: 811-815.
- Lexell, J., Taylor, C. C. and Sjostrom, M. (1988) What is the Cause of the Aging Atrophy - Total Number, Size and Proportion of Different Fiber Types Studied in Whole Vastus Lateralis Muscle from 15-Year-Old to 83-Year-Old Men. *Journal of the Neurological Sciences* 84: 275-294.
- Manini, T. M. and Clark, B. C. (2012) Dynapenia and Aging: An Update. *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences* 67: 28-40.
- Puthoff, M. L. and Nielsen, D. H. (2007) Relationships among impairments in lower-extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. *Physical Therapy* 87: 1334-1347.
- Rolland, Y., Lauwers-Cances, V., Cristini, C., van Kan, G. A., Janssen, I., Morley, J. E. and Vellas, B. (2009) Difficulties with physical function associated with obesity, sarcopenia, and sarcopenic-obesity in community-dwelling elderly women: the EPIDOS (EPIDemiologie de l'OSteoporose) Study. *American Journal of Clinical Nutrition* 89: 1895-1900.
- Rosenberg, I. H. (1989) Epidemiologic and Methodologic Problems in Determining Nutritional-Status of Older Persons - Proceedings of a Conference Held in Albuquerque, New Mexico, October 19-21, 1988 - Summary Comments. *American Journal of Clinical Nutrition* 50: 1231-1233.
- Sanada, K. and Miyachi, M. (2012) A cross-sectional study of sarcopenia in Japanese men and women. *Advances in Exercise and Sports Physiology* 18: 27-32
- Senechal, M., Dionne, I. J. and Brochu, M. (2012) Dynapenic abdominal obesity and metabolic risk factors in adults 50 years of age and older. *Journal of Aging Health* 24: 812-826.
- Silva, N. D., de Menezes, T. N., de Melo, R. L. P. and Pedraza, D. F. (2013) Handgrip strength and flexibility and their association with anthropometric variables in the elderly. *Revista da Associação Medica Brasileira* 59: 128-135.
- Snih, S. A., Markides, K. S., Ottenbacher, K. J. and Raji, M. A. (2004) Hand grip strength and incident ADL disability in elderly Mexican Americans over a seven-year period. *Aging Clinical and Experimental Research* 16: 481-486.
- Tanimoto, Y., Watanabe, M., Sun, W., Hirota, C., Sugiura, Y., Kono, R., Saito, M. and Kono, K. (2012) Association between muscle mass and disability in performing instrumental activities of daily living (IADL) in community-dwelling elderly in Japan. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 54: e230-e233.
- 株式会社タニタ “業務用マルチ周波数体組成計 MC-

980A”, 特徴 <http://www.tanita.co.jp/shop/g/_MC98001001/> (参照 2014 年 9 月 26 日)

辻大士, 三ッ石泰大, 角田憲治, 尹智暎, 北濃成樹, 尹之恩, 大藏倫博. (2011) 地域在住高齢者を対象とした椅子立ち上がり動作時の地面反力と身体機能, 転倒経験, 転倒不安, 起居移動動作能力との関連性. 体力科学 60: 387-399.

Visser, M., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Nevitt, M., Rubin, S. M., Simonsick, E. M., Harris, T. B. and Study, H. A. (2005) Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences* 60: 324-333.

Woods, J. L., Iuliano-Burns, S., King, S. J., Strauss, B. J. and Walker, K. Z. (2011) Poor physical function in elderly women in low-level aged care is related to muscle strength rather than to measures of sarcopenia. *Clinical Interventions in Aging* 6: 67-76.

Yamada, M., Nishiguchi, S., Fukutani, N., Tanigawa, T., Yukutake, T., Kayama, H., Aoyama, T. and Arai, H. (2013) Prevalence of Sarcopenia in Community-Dwelling Japanese Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association* 14: 911-915.

Yang, M., Ding, X., Luo, L., Hao, Q. K. and Dong, B. R. (2014) Disability Associated with Obesity, Dynapenia and Dynapenic-Obesity in Chinese Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association* 15: 150.e11-150.e16.

尹智暎, 大藏倫博, 角田憲治, 辻大士, 鴻田良枝, 三ッ石泰大, 長谷川千紗, 金勳 (2010) 高齢者における認知機能と身体機能の関連性の検討. 体力科学 59: 313-322.