

表3 各質問の回答による歩数・身体活動量および全身持久力

	運動習慣			身体活動			歩行速度		
	はい	いいえ	P値	はい	いいえ	P値	はい	いいえ	P値
N	231	252		256	227		317	166	
性別 (男性/女性)	79/152	99/153	0.247	75/181	103/124	<0.001	115/202	63/103	0.717
年齢 (歳)	49±10	46±10	0.001	48±10	47±10	0.078	48±10	47±10	0.319
歩数 (歩/日)	12,105 (11,626-12,584)	9,847 (9,389-10,305)	<0.001	12,018 (11,565-12,471)	9,697 (9,215-10,178)	<0.001	11,246 (10,825-11,667)	10,319 (9,737-10,901)	0.012
3メッツ未満の身体活動量 (メッツ・時/日)	16.4 (15.9-16.8)	16.7 (16.3-17.1)	0.287	16.8 (16.4-17.2)	16.3 (15.8-16.7)	0.077	16.6 (16.2-17.0)	16.4 (15.9-17.0)	0.581
3メッツ以上の身体活動量 (メッツ・時/日)	4.7 (4.4-5.0)	3.2 (2.9-3.5)	<0.001	4.5 (4.2-4.8)	3.3 (3.0-3.6)	<0.001	4.2 (4.0-4.4)	3.4 (3.1-3.7)	<0.001
4メッツ以上の身体活動量 (メッツ・時/日)	2.0 (1.8-2.1)	1.0 (0.8-1.2)	<0.001	1.8 (1.6-2.0)	1.1 (0.9-1.3)	<0.001	1.6 (1.4-1.8)	1.1 (0.9-1.4)	0.003
最高酸素摂取量 (ml/kg/min)	34.5 (33.7-35.3)	29.2 (28.4-29.9)	<0.001	32.7 (31.9-33.6)	30.6 (29.7-31.5)	<0.001	32.2 (31.4-33.1)	30.7 (29.6-31.9)	0.033

平均値±標準偏差, または (95%信頼区間)。運動習慣の質問結果は年齢で調整。身体活動の質問結果は性別で調整。

図1, 2に示した。身体活動量の基準において、活動レベル2および3であった者は活動レベル0, 1の者と比較して基準達成者が統計上有意に多かった。また、全身持久力の基準達成者は、活動レベル3の者が活動レベル0, 1の者より有意に多かった。

4. 各質問の回答による感度・特異度

各質問における感度, 特異度, 陽性反応適中度および陰性反応適中度の結果を表5に示した。身体活動量の基準において、各質問の感度は62から73%, 特異度は45から71%であった。全身持久力の基準では、各質問における感度が61から70%, 特異度が38から66%であった。どちらの基準においても、歩行速度の質問における感度が最も高く、特異度は運動習慣の質問が最も高かった。

5. 3つの質問の組み合わせによる感度・特異度

3つの質問を組み合わせた活動レベルによる感度・特異度等の結果および Receiver Operating Characteristic (ROC) 曲線を図1, 2に示した。身体活動量と全身持久力の基準どちらにおいても、活動レベル2をカットオフ値とした際に感度と特異度の和が最高となることが示された。身体活動量の基準において、活動レベル2をカットオフ値とした際の感度は73%, 特異度は68%であった。全身持久力の基準においては感度69%, 特異度54%であった。

N 考 察

本研究では、「標準的な健診・保健指導プログラム (確定版)」の標準的な質問票を用いた身体活動調査と3次元加速度計を用いて測定した歩数や身体活動量との比較を行うとともに、全身持久力との関係についても比較検討した。

本研究における平均歩数は10927歩であり、平成19年に発表された国民健康栄養調査の平均歩数 (男性7,321歩, 女性6,267歩) を大きく上回っていた¹⁴⁾。したがって、本研究の被験者は身体活動量の高い集団であったと考えられる。

1. 標準的な質問票の回答と加速度計で測定した身体活動量

運動習慣, 身体活動, 歩行速度のいずれの質問においても、「はい」と答えた者は「いいえ」と答えた者より1日あたりの歩数, 3メッツ以上および4メッツ以上の身体活動量が統計上有意に高いことが示された。また、3つの質問を組み合わせることによって得られた活動レベルと加速度計で評価した歩数, 3メッツ以上ならびに4メッツ以上の強度の身体活動量との間には量反応関係がみられた。一方、3メッツ未満の身体活動量は、いずれの質問においても回答結果で有意な差が認められなかった。歩行

表4 3つの質問の活動レベルによる歩数・身体活動量および全身持久力

	活動レベル				P値	F値
	0	1	2	3		
N	58	156	159	110		
性別 (男性/女性)	28/30	63/93	55/104	32/78	0.063	
年齢 (歳)	47±9	46±10	47±10	50±10**	0.005	4.4
歩数 (歩/日)	8,925 (8,007-9,844)	9,440 (8,878-10,002)	11,879*† (11,325-12,433)	12,716*† (12,043-13,388)	<0.001	27.7
3メッツ未満の身体活動量 (メッツ・時/日)	16.0 (15.1-16.9)	16.5 (15.9-17.0)	16.7 (16.2-17.3)	16.6 (16.0-17.3)	0.566	0.7
3メッツ以上の身体活動量 (メッツ・時/日)	2.5 (2.0-3.0)	3.1* (2.8-3.4)	4.4*† (4.1-4.7)	5.1** (4.7-5.5)	<0.001	32.1
4メッツ以上の身体活動量 (メッツ・時/日)	0.6 (0.3-1.0)	0.9 (0.7-1.2)	1.7*† (1.4-1.9)	2.2** (2.0-2.5)	<0.001	23.0
最高酸素摂取量 (ml/kg/min)	28.7 (27.1-30.2)	29.8 (28.8-30.7)	32.2*† (31.3-33.2)	35.4** (34.2-36.5)	<0.001	22.9

平均値±標準偏差, または (95%信頼区間)。活動レベルの結果は年齢で調整。

*: 活動レベル0の者との有意差。

†: 活動レベル1の者との有意差。

** : 活動レベル2の者との有意差。

表5 各質問の回答による感度・特異度

身体活動量の基準		基準達成者 (N)	基準未達成者 (N)	感度 (%)	特異度 (%)	陽性反応適中度 (%)	陰性反応適中度 (%)	P値
運動習慣	はい	171	60	61.7	70.9	74.0	58.0	<0.001
	いいえ	106	146					
身体活動	はい	177	79	63.9	61.7	69.1	56.0	<0.001
	いいえ	100	127					
歩行速度	はい	203	114	73.3	44.7	64.0	55.5	<0.001
	いいえ	74	92					
全身持久力の基準		基準達成者 (N)	基準未達成者 (N)	感度 (%)	特異度 (%)	陽性反応適中度 (%)	陰性反応適中度 (%)	P値
運動習慣	はい	136	95	65.7	65.6	58.9	71.8	<0.001
	いいえ	71	181					
身体活動	はい	127	129	61.4	53.3	49.7	64.8	0.002
	いいえ	80	147					
歩行速度	はい	145	172	70.0	37.7	45.8	62.6	0.077
	いいえ	62	104					

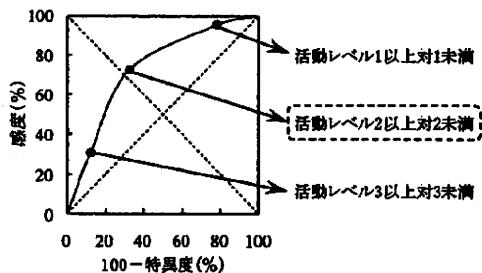
P値は χ^2 検定。

の活動強度は、普通歩行で3メッツ、速歩が4~5メッツである¹⁵⁾。したがって、歩行強度以下の家事やオフィスワークなどといった低強度の活動は標準的な質問を用いた身体活動調査の結果に反映されにくいと推察される。

「健康づくりのための運動基準2006」で示された身体活動量の基準値に相当する3.3メッツ・時/日(23メッツ・時/週)の基準達成者のうち、各質問において「はい」と回答した者の割合(感度)は、62~73%であった。また、基準未達成者のうち「いい

図1 身体活動量の基準における活動レベルの感度・特異度

	基準達成者 (N)	基準未達成者 (N)	P値
活動レベル 3	85 *†	25 *†	<0.001
2	117 *†	42 *†	
1	62	94	
0	13	45	



	感度 (%)	特異度 (%)	陽性反応適中度 (%)	陰性反応適中度 (%)
活動レベル 3以上対3未満	30.7	87.9	77.3	48.6
2以上対2未満	72.9	67.5	75.1	65.0
1以上対1未満	95.3	21.8	62.1	77.6

左上：各活動レベルにおける身体活動量の基準達成状況。P値は χ^2 検定。

*：活動レベル0の者との有意差。

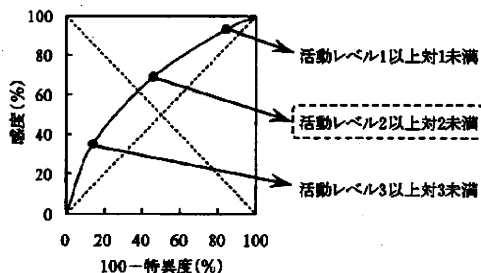
†：活動レベル1の者との有意差。

右上：ROC曲線。

下：活動レベルに基づいて分類した際の感度・特異度。

図2 全身持久力の基準における活動レベルの感度・特異度

	基準達成者 (N)	基準未達成者 (N)	P値
活動レベル 3	72 *†	38 *†	<0.001
2	71	88	
1	50	106	
0	14	44	



	感度 (%)	特異度 (%)	陽性反応適中度 (%)	陰性反応適中度 (%)
活動レベル 3以上対3未満	34.8	86.2	65.5	63.8
2以上対2未満	69.1	54.3	53.2	70.1
1以上対1未満	93.2	15.9	45.4	75.7

左上：各活動レベルにおける全身持久力の基準達成状況。P値は χ^2 検定。

*：活動レベル0の者との有意差。

†：活動レベル1の者との有意差。

右上：ROC曲線。

下：活動レベルに基づいて分類した際の感度・特異度。

え」と答えた者の割合（特異度）は45～71%であった。とくに、運動習慣および身体活動の質問においては、感度と特異度がともに6割以上であった。また、活動レベル2をカットオフ値とした際に感度と特異度の和が最高となることが明らかとなり、感度は73%、特異度は68%であった。

以上の結果から、精度はそれほど高くないものの、簡易的な質問に回答するだけで身体活動状況をおある程度推定することが可能であることが示唆された。

2. 標準的な質問票の回答と運動負荷試験で測定した全身持久力

運動習慣、身体活動、歩行速度のそれぞれの質問において、「はい」と答えた者の全身持久力は「いいえ」と答えた者よりも有意に高いことが示された。また、活動レベルと全身持久力の間には量反応関係がみられた。一般に、比較的高い強度で運動トレーニングを行うと全身持久力は向上する^{16,17)}。また、歩数・歩行速度や身体活動量が高い者は全身持久力が高いことが先行研究で報告されてい

る^{1,18-21)}。これらのことは、日常における身体活動状況が全身持久力と密接に関連することを示唆しており、本研究においても運動習慣があると回答した者、身体活動が多いと回答した者、そして日常の歩行速度が速いと回答した者では全身持久力が高かったと推察される。

「健康づくりのための運動基準2006」で定められた全身持久力の基準に関して、各質問における感度は61~70%、特異度は38~66%であった。また、活動レベル2をカットオフ値とした際に感度と特異度の和が最高となることが示され、感度69%、特異度54%であった。

以上の結果から、標準的な質問票による身体活動調査によって全身持久力もある程度推定することができるが、その精度は身体活動状況の推定よりもやや劣ると考えられる。

3. 本研究の限界

本研究の被験者は年齢が20歳から70歳の比較的健康な男女が対象であり、また、平均歩数が10,000歩以上と活発な集団であった。以上のことから、未成年者や70歳以上の高齢者；さらには慢性疾患や整形外科的な問題を有するような不活発な者を対象とした際、標準的な質問票による身体活動状況の推定が可能か否かに関しては、さらなる検討が必要である。

V 結 語

本研究では、「標準的な健診・保健指導プログラム（確定版）」の標準的な質問票を用いた身体活動調査と3次元加速度計を用いて測定した歩数や身体活動量との比較を行うとともに、運動負荷試験により測定した全身持久力との関係についても比較検討した。

「健康づくりのための運動基準2006」で示された身体活動量の基準において各質問による感度は62~73%、特異度は45~71%であった。また、活動レベル2をカットオフ値とした際に感度と特異度の和が最高となることが明らかとなり、感度73%、特異度68%であった。全身持久力の基準における感度および特異度は、身体活動量の基準によるものよりもやや低かった。

以上のことから、特定健診・保健指導の標準的な質問票を用いた身体活動調査によって、精度はそれほど高くないものの、簡易的な質問に回答するだけで一般成人の日常の身体活動状況をある程度推定することが可能であることが示唆された。

本研究は、平成18~20年度厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業生活習慣病一

次予防に必要な身体活動量・体力基準値策定を目的とした大規模介入研究）によって実施された。本稿の作成にあたり、多大なるご指導いただきました先生方、被験者をしてくださった皆様に心より感謝いたします。

(受付 2009. 9.28)
採用 2010. 7.16)

文 献

- 1) Carroll S, Cooke CB, Butterly RJ. Metabolic clustering, physical activity and fitness in nonsmoking, middle-aged men. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 2079-2086.
- 2) Eriksson J, Taimela S, Koivisto VA. Exercise and the metabolic syndrome. *Diabetologia* 1997; 40: 125-135.
- 3) Irwin ML, Ainsworth BE, Mayer-Davis EJ, et al. Physical activity and the metabolic syndrome in a tri-ethnic sample of women. *Obes Res* 2002; 10: 1030-1037.
- 4) Laaksonen DE, Lakka HM, Salonen JT, et al. Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 2002; 25: 1612-1618.
- 5) 厚生労働省運動所要量・運動指針の策定検討会. 健康づくりのための運動基準2006—身体活動・運動・体力—. 2006.
- 6) 厚生労働省運動所要量・運動指針の策定検討会. 健康づくりのための運動指針2006—生活習慣病予防のために— (エクササイズガイド2006). 2006.
- 7) Westterterp KR. Assessment of physical activity: a critical appraisal. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105: 823-828.
- 8) 厚生労働省健康局. 標準的な健診・保健指導に関するプログラム (確定版). 2007.
- 9) Hu FB, Sigal RJ, Rich-Edwards JW, et al. Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women: a prospective study. *JAMA* 1999; 282: 1433-1439.
- 10) Manson JE, Hu FB, Rich-Edwards JW, et al. A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary heart disease in women. *N Engl J Med* 1999; 341: 650-658.
- 11) McGinn AP, Kaplan RC, Verghese J, et al. Walking speed and risk of incident ischemic stroke among postmenopausal women. *Stroke* 2008; 39: 1233-1239.
- 12) Matsumura Y, Yamamoto M, Kitado T, et al. High-accuracy physical activity monitor utilizing three-axis accelerometer. *Natl Tech Rep* 2008; 56: 60-66.
- 13) Yamada Y, Yokoyama K, Noriyasu R, et al. Light-intensity activities are important for estimating physical activity energy expenditure using uniaxial and triaxial accelerometers. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105: 141-152.
- 14) 厚生労働省健康局. 国民健康・栄養調査結果の概要. 2008.
- 15) Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: S498-S504.

- 16) Lemura LM, von Duvillard SP, Mookerjee S. The effects of physical training of functional capacity in adults. Ages 46 to 90: a meta-analysis. *J Sports Med Phys Fitness* 2000; 40: 1-10.
 - 17) Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, et al. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 975-991.
 - 18) Cao ZB, Miyatake N, Higuchi M, et al. Prediction of $\dot{V}O_{2max}$ with daily step counts for Japanese adult women. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105: 289-296.
 - 19) Cao ZB, Miyatake N, Higuchi M, et al. Predicting $\dot{V}O_{2max}$ with an objectively measured physical activity in Japanese women. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42: 179-186.
 - 20) Ichihara Y, Hattori R, Anno T, et al. Oxygen uptake and its relation to physical activity and other coronary risk factors in asymptomatic middle-aged Japanese. *J Cardiopulm Rehabil* 1996; 16: 378-385.
 - 21) Wong CH, Wong SF, Pang WS, et al. Habitual walking and its correlation to better physical function: implications for prevention of physical disability in older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003; 58: 555-560.
-

Validity of a standard questionnaire to assess physical activity for specific medical checkups and health guidance

Ryoko KAWAKAMI* and Motohiko MIYACHI*

Key words : questionnaire, exercise, physical activity, cardiorespiratory fitness, specific medical checkup and health guidance, exercise and physical activity reference for health promotion 2006

Purpose This study aimed to determine the validity of a standard questionnaire to assess amount of physical activity (PA) and cardiorespiratory fitness ($\dot{V}O_{2peak}$).

Methods A total of 483 men and women, aged 20 to 69 years, participated. The standard questionnaire included 3 items about exercise, PA, and walking speed. All questions were designed to require an answer of Yes or No. Subjects were classified into one of four groups regarding the number of Yes answers to the three questions, giving activity levels of 0 to 3. The amount of PA was measured objectively with a tri-axial accelerometer which could also calculate daily step counts, and the amounts of PA under 3 metabolic equivalents (METs) and at 3 METs or more. $\dot{V}O_{2peak}$ was measured by incremental cycle exercise tests with indirect calorimetry.

Results The daily step counts, the amount of PA at 3 METs or more, and the $\dot{V}O_{2peak}$ were significantly higher in subjects who answered Yes to each question than in those who answered No. Sensitivity and specificity of each question were 62~73% and 45~71% for the amount of PA established with the "Exercise and Physical Activity Reference for Health Promotion 2006 (EPAR2006)". The sum of sensitivity and specificity was the highest when the cutoff value was activity level 2 (sensitivity 73%, specificity 68%). Sensitivity and specificity for $\dot{V}O_{2max}$ established by EPAR2006 were lower than those for the amount of PA.

Conclusion These results suggest that only answering simple questions with a standard questionnaire is sufficient for estimation of PA levels for specific medical checkups and health guidance, even though the accuracy is somewhat limited.

* Health Promotion and Exercise Program, National Institute of Health and Nutrition

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

真田 樹義^{1,2)} 宮地 元彦³⁾ 山元 健太³⁾ 村上 晴香³⁾
谷本 道哉³⁾ 大森 由実³⁾ 河野 寛⁴⁾
丸藤 祐子⁴⁾ 塙 智史³⁾ 家光 素行¹⁾
田畑 泉^{1,3)} 樋口 満⁴⁾ 奥村 重年⁵⁾

PREDICTION MODELS OF SARCOPENIA IN JAPANESE ADULT MEN AND WOMEN

KIYOSHI SANADA, MOTOHIKO MIYACHI, KENTA YAMAMOTO, HARUKA MURAKAMI,
MICHIIYA TANIMOTO, YUMI OMORI, HIROSHI KAWANO,
YUKO GANDO, SATOSHI HANAWA, MOTOYUKI IEMITSU,
IZUMI TABATA, MITSURU HIGUCHI and SHIGETOSHI OKUMURA

Abstract

The purpose of this study was to develop prediction models of sarcopenia in 1,894 Japanese men and women aged 18-85 years. Reference values for sarcopenia (skeletal muscle index, SMI; appendicular muscle mass/height², kg/m²) in each sex were defined as values two standard deviations (2SD) below the gender-specific means of this study reference data for young adults aged 18-40 years. Reference values for predisposition to sarcopenia (PSa) in each gender were also defined as values one standard deviations (1SD) below. The subjects aged 41 years or older were randomly separated into 2 groups, a model development group and a validation group. Appendicular muscle mass was measured by DXA. The reference values of sarcopenia were 6.87 kg/m² and 5.46 kg/m², and those of PSa were 7.77 kg/m² and 6.12 kg/m². The subjects with sarcopenia and PSa aged 41 years or older were 1.7% and 28.8% in men and 2.7% and 20.7% in women. The whole body bone mineral density of PSa was significantly lower than in normal subjects. The handgrip strength of PSa was significantly lower than in normal subjects. Stepwise regression analysis indicated that the body mass index (BMI), waist circumference and age were independently associated with SMI in men; and BMI, handgrip strength and waist circumference were independently associated with SMI in women. The SMI prediction equations were applied to the validation group, and strong correlations were also observed between the DXA-measured and predicted SMI in men and women. This study proposed the reference values of sarcopenia in Japanese men and women. The prediction models of SMI using anthropometric measurement are valid for alternative DXA-measured SMI in Japanese adults.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2010, 59 : 291-302)

key word : Sarcopenia, Japanese, Reference value, Prediction equation

I. 結 言

サルコペニアは、加齢による筋量の減少と定義さ

れ¹⁾、筋力や有酸素性能力の加齢低下に関連することが知られている。その原因としては、中枢神経刺激や身体活動量の低下、性ホルモン、成長ホルモン

¹⁾ 立命館大学スポーツ健康科学部

〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1

²⁾ 早稲田大学先端科学健康医療融合研究機構

〒162-0041 東京都新宿区早稲田鶴巻町513

³⁾ 独立行政法人国立健康・栄養研究所健康増進プログラム

〒162-8636 東京都新宿区戸山1-23-1

⁴⁾ 早稲田大学スポーツ科学学術院

〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島2-579-15

⁵⁾ ロート製薬株式会社事業開発本部開発企画部

〒544-8666 大阪市生野区巽西一丁目8番1号

College of Sport and Health Science, Ritsumeikan University

Consolidated Research Institute for Advanced Science and Medical Care, Waseda University

Division of Health Promotion and Exercise, National Institute of Health and Nutrition

Faculty of Sport Sciences, Waseda University

ROHTO Pharmaceutical Co., Ltd., Osaka, Japan

の減少, 蛋白質摂取量の減少, 炎症反応の増加などとの関連が指摘されているが²⁾, まだ解明されていないことも多い。またサルコペニアは, 骨密度や骨粗鬆症の発症³⁻⁵⁾, 肥満⁶⁻¹⁰⁾, アディポサイトカインの異常¹¹⁾, 栄養障害¹²⁾, 糖尿病発症¹³⁾との関連も指摘されており, 高齢者のQOL維持にとどまらず, 生活習慣病予防においても重要な要因であると考えられる。

二重エネルギーX線吸収測定法 (DXA法) は, 体重を骨量, 体脂肪量, 除脂肪軟組織量に分類し, 体組成を評価する方法で, 骨粗鬆症の判定や体脂肪量, 筋量の評価に広く用いられている。Baumgartnerらは, ヒスパニック系および非ヒスパニック系白人高齢男女883名を対象としたコホートフィールド (ニューメキシコ高齢者健康調査) を用いて, DXA法によるサルコペニア発症の推定法を開発し, 日常生活活動との関連について検討した¹⁴⁾。彼らのグループは, Gallagherら¹⁵⁾の先行研究における40歳以下の若年者の骨格筋指数 (SMI: skeletal muscle index: 四肢除脂肪軟組織量/身長²⁾) の平均値マイナス2標準偏差値 (SD) を用いてサルコペニアの評価基準 (男性7.26, 女性5.45) を示した。彼らの報告によると, 1993年から1996年の3年間の追跡調査の結果, 男女ともに, サルコペニアと手段的日常生活活動 (IADL) 尺度との間に有意な関連が認められたと報告している。インピーダンス法を用いたサルコペニアの基準値としては, Janssenら¹⁶⁾が若年被験者の平均値マイナス1SDから2SDまでをクラス1のサルコペニア, マイナス2SD以上をクラス2のサルコペニアと定義している。この基準値に従って60歳以上の男女4,504人を対象に身体障害との関連について比較したところ, クラス2のサルコペニアは, 男女とも歩行能力, 椅子立ち上がりなどの起居動作, 家事の不可との関連が認められている。

最近の研究では, Miyataniらが, 日本人女性403名 (20-69歳) を対象に, 厚生労働省の示した健康づくりのための運動基準に定められた最大酸素摂取量の基準値を保つために必要な筋量を, DXA法を用いて求めている¹⁷⁾。最大酸素摂取量は, 心血管系疾患の発症や全死亡リスクと関連することが知られており, 生活習慣病予防のためには高い有酸素能力を有することが重要であると指摘されている。その結果, 日本人女性が最大酸素摂取量の基準値を保つた

めに必要な%MM (Muscle Mass; DXA法を用いて求めた体重当たりの四肢除脂肪軟組織量) は, どの年代においても28.5%であったと報告している。また山田らは, 1,006名の男女を対象にインピーダンス法を用いた年代別の骨格筋量の分布と加齢による特性を示し, 大腿下腿比が体格と独立して年齢と相関することを示した¹⁸⁾。しかし, 現在のところ, DXA法を用いて求めた日本人を対象とするサルコペニア参照値については報告を見ない。さらに一般には, 安価でかつ特殊な測定技術が不要なサルコペニアの簡易評価法の開発も望まれるところである。

そこで本研究は, 日本人成人男女1894名を対象に, 身体計測, DXA法による体組成, および簡易体力測定を実施し, 形態計測値および簡易体力測定から簡易サルコペニア評価法を開発することを目的として実施した。

II. 方 法

A. 被験者

本研究は, 独) 国立健康・栄養研究所における「生活習慣病一次予防に必要な身体活動量・体力基準値策定を目的とした大規模介入研究のベースラインデータ」を使用した。被験者は, 18歳から85歳までの日本人男性568名, 女性1,326名で合計1,894名であった。これらの被験者は, 一般企業の健康・体力測定実施者, 一般大学生, および中高年水泳教室および体操教室への参加者に呼び掛けて実施した。すなわち, 座職者および活動的な被験者が含まれているが, スポーツ競技者は含まれていない。このうち, 40歳以下の若年被験者は, 男性が266名, 女性263名で, 41歳以上の被験者は, 推定式開発群 (男性が187名, 女性679名) と妥当性検討群 (男性が49名, 女性178名) の2群に無作為に分類された。事前の健康調査における既往歴, 服薬状況, 血液検査の結果から脳卒中, 心臓病, 腎不全の治療中, 治療済み, もしくは放置, 高血圧, 高脂血症, 糖尿病のうち2つ以上の服薬もしくは1つの服薬でかつ検査結果に異常値 (収縮期血圧140mmHgまたは拡張期血圧90mmHg以上, 血糖値126mg/dl以上, 中性脂肪180mg/dl以上) が認められるものについては除外した。研究参加者には, 研究の目的や測定内容を文書および口頭で説明し, 研究内容を十分理解させた上で, 研究参加への同意を得た。これらの研究実施の

手続きに関しては、独立行政法人国立健康・栄養研究所における倫理審査委員会の承諾を得た。

B. 形態計測および安静時計測

被験者は、12時間以上の絶食の後、早朝より測定を開始した。形態計測の測定項目は、身長、体重、腹囲であった。身長と体重からは、体格指数 (BMI) を算出した。安静時計測としては、収縮期血圧および拡張期血圧を全身血圧計 (form PWV/ABI, コーリンメディカルテクノロジー社製) によって測定した。

C. 血液生化学

採血は、座位安静状態で看護師により早朝に行われた。肘正中静脈から採取した血液から、HDLコレステロール、中性脂肪、血糖を測定した。これらの分析は三菱化学メディエンス社に委託した。

D. 体組成

体組成はDXA法 (QDR4500A, Hologic社製) を用いて、全身、腕、体幹、脚部の除脂肪軟組織量および、全身、腕、体幹、脚部の骨密度を測定した。体重と体脂肪量から体脂肪率を算出した。四肢除脂肪軟組織量 (Appendicular Muscle Mass: AMM) から次式を用いて骨格筋指数 (SMI) を算出した。SMI = AMM (kg) / 身長 (m)²

本研究ではBaumgartnerら¹⁴⁾、およびJanssenら¹⁶⁾の先行研究に従い、40歳以下の若年被験者のSMIの平均値マイナス2SDを日本人のサルコペニア参照値、SMIの平均値マイナス1SDをサルコペニア予備群の参照値とした。今回の被験者はすべて日本人であり、欧米の集団とは異なる体型的な日本人の特性が反映されている。±1SD以内には被験者の68%が含まれることから、健康な日本人のピーク時の筋量 (40歳以下の被験者のSMIの平均値) のマイナス1標準偏差に含まれる16%の被験者をサルコペニア予備群と定義した。

E. 体力測定

体力測定前には準備運動として、あらかじめ上肢、体幹、下肢のストレッチングを実施した。握力は、竹井機器社製の握力計 (GRIP-D) を用いて、左右2回ずつ測定し、大きい値の左右の平均値を採用した。

脚伸展パワーは、コンビ社製の脚伸展パワー測定装置 (Anaero Press 3500) を用いて5回測定し、最も高い値を測定値として採用した。脚筋力とバランスを評価するために開眼片脚立ちテストを実施した。被験者は、両手を腰に当てて、どちらの足が立ちやすいかを調べ、スタートの合図から開眼で片足を上げ、その時間 (秒) を計測した。上げた足は支持足に触れないようにし、手が腰から離れた、両足が床についた、支持足がずれた場合に終了とした。計測は2回行い、1回目で120秒に到達した場合2回目も行わなかった。椅子立ち上がりテストは、高さ40cmの椅子を用意し、両手を胸の前で組み、両膝が完全に伸展するまで立ち上がり、すばやく腕を組んだまま元の座った位置に戻る動作を繰り返した¹⁹⁾。あらかじめ動作の練習を行い、スタートの合図から立ち上がり、5回繰り返す時間 (秒) を計測した。測定は1回とした。

F. 最大酸素摂取量

最大酸素摂取量の測定は、自転車エルゴメーター (Monark社製) を使用し、プロトコールは、被験者の体力に合わせて30W~90Wから1分毎に15Wずつ強度を高める多段階負荷漸増法で行った。自転車エルゴメーターの回転数は60回転/分とし、測定は疲労困憊にいたるまでとした。運動中は、各負荷ステージの心拍数と主観的運動強度 (RPE: rating of perceived exertion) を求めた。運動中の呼気ガスはダグラスバッグにより採集し、呼気ガスの酸素と二酸化炭素の濃度分析は、質量分析器 (ウエストロン社製) により行った。ガス量およびガス温は乾式ガスメーター (品川製作所社製) で測定した。最大酸素摂取量の評価基準は、1) レベリングオフが確認されること、2) 年齢から推定される最高心拍数 (220-年齢±5拍/分) にほぼ到達していること、3) 換気交換比が1.0以上であること、4) RPEが19もしくは20であること、この4つの指標のうち2つ以上を満たすこととした。

G. 統計処理

本研究の結果は、すべて平均値±標準偏差で表した。各条件間の比較は、年齢を共変量とした一元配置分散分析を行った。また、測定値とSMIの関係を把握するためにPearson相関係数および偏相関係数を

算出した。SMIの説明変数の選択の際には、SMIを目的変数、年齢、BMI、腹囲、握力、椅子立ち上がり時間、開眼片足立ち時間の6項目を説明変数として投入したステップワイズ法(変数増減法)によって実施した。採用F値は4.0以上、除外F値は4.0未満とした。その後、SMIの簡易推定式の算出にはステップワイズ法によって選択された変数を用いて重回帰分析を行った。

危険率は5%未満を有意水準とした。解析には、市販の統計ソフト(Stat View v5.0)を用いて行った。

Ⅲ. 結 果

DXA法によって算出されたSMIは、男女とも加齢による有意な低下が示された($p < 0.001$, Figure 1)。

本研究における40歳以下の被験者におけるSMIは、男性が $8.67 \pm 0.90 \text{ kg/m}^2$ 、女性は $6.78 \pm 0.66 \text{ kg/m}^2$ であった(Table 1)。この値を用いて算出したサルコペニア(性別平均値-2SD)およびサルコペニア予備群の参照値(性別平均値-1SD)は、それぞれ男性が6.87と7.77、女性が5.46と6.12であった。本研究における41歳以上の被験者では、サルコペニアに該当する被験者は男性5名(1.7%)、女性29名(2.7%)、サルコペニア予備群に該当する被験者は男性87名(28.8%)、女性220名(20.7%)であった。

70歳以上の被験者では、男性の57%、女性の33%、80歳以上の被験者では、男性の76%、女性の41%がサルコペニアとその予備群に該当した。

Table 2は、サルコペニアとその予備群に該当する者と標準被験者の身体的特性および体力測定値の比較について示した。握力、脚伸展パワーは、男女ともサルコペニアとその予備群に該当する者が標準被験者よりも有意に低い値を示した($p < 0.001$)。また、サルコペニアとその予備群に該当する者は、全身骨密度が標準被験者よりも有意に低い値を示した($p < 0.001$)。

本研究における測定項目の相関行列をTable 3, Table 4に示した。男女とも、SMIと年齢、BMI、腹囲および握力に有意な相関が示された($p < 0.05$)。SMIと開眼片足立ちとの間には、男性で有意な相関関係が認められたが($p < 0.05$)、女性ではその相関は認められなかった。

年齢、BMI、腹囲、握力、椅子立ち上がりテスト、開眼片足立ちテストの6項目を用いたステップワイズ重回帰分析の結果、SMIの決定変数としては、男性はBMI、腹囲、年齢の順で、女性はBMI、握力、腹囲の順で選択された(Table 5)。これらの変数を用いた重回帰分析によるSMI推定式はTable 6(男性)およびTable 7(女性)に示した。重回帰式の決定

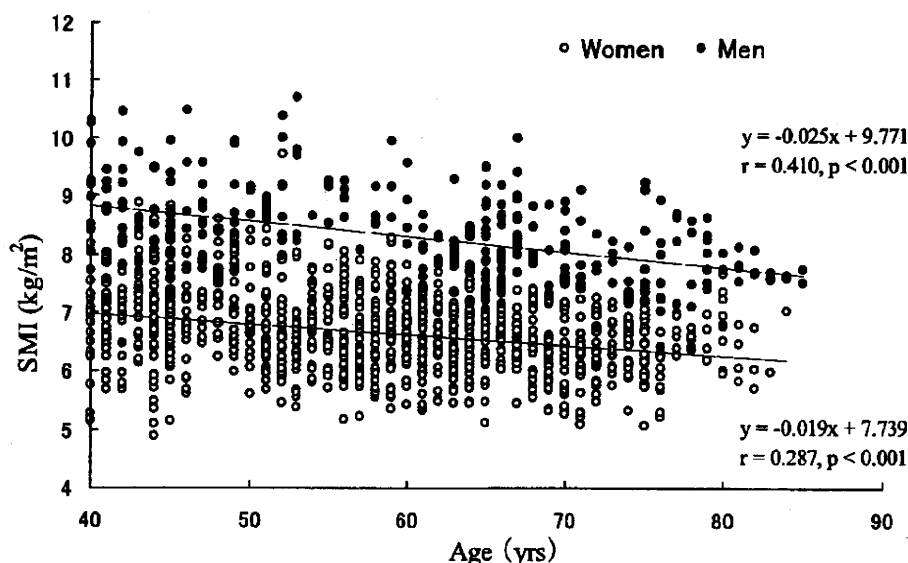


Figure 1. Relationship between age and the DXA-measured SMI (skeletal muscle index) in men and women. Significant correlations were observed both in men and women.

係数は、男性で0.68, 女性で0.57, 推定誤差は男性で0.40kg/m² (サルコペニア予備群におけるSMI平均値の5.4%), 女性で0.17kg/m² (サルコペニア予備

群におけるSMI平均値の2.9%)であった。妥当性検討群における推定のSMIとDXAで求めたSMIとの決定係数 (r^2) は、男性が0.73, 女性が0.61であった (Figure 2).

Table 1. Physical characteristics of subjects in young men and women (age \leq 40 yrs).

	Men (age \leq 40 yrs)	Women (age \leq 40 yrs)
	n=266	n=263
Age (yrs)	28.2 \pm 7.4	28.0 \pm 7.0
Body height (cm)	173.4 \pm 5.5	160.4 \pm 5.8
Body mass (kg)	68.9 \pm 9.1	53.5 \pm 7.5
BMI (kg.m ⁻²)	23.0 \pm 3.0	20.8 \pm 2.6
%fat (%)	16.6 \pm 4.8	23.9 \pm 5.8
AMM (kg)	26.1 \pm 3.1	17.5 \pm 2.3
SMI (kg.m ⁻²)	8.67 \pm 0.90	6.78 \pm 0.66
VO2max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	41.6 \pm 9.6	36.1 \pm 6.5
Handgrip strength (kg)	44.8 \pm 7.1	29.8 \pm 5.3
LEP (W)	1834 \pm 452	952 \pm 254

BMI, body mass index; AMM, appendicular muscle mass; SMI, skeletal muscle index; LEP, leg extension power. Mean \pm SD.

IV. 考 察

本研究の目的は、形態計測値および簡易体力測定から簡易サルコペニア評価法を開発することであった。簡易サルコペニア評価法の開発とその妥当性の検証については、筆者らの知る限り初めての知見であるといえる。

現在、サルコペニアの参照値としてはBaumgartnerらの報告が良く用いられている¹⁴⁾。彼らは、Gallagherら¹⁵⁾の先行研究 (ロゼッタスタディ) における若年者 (40歳以下) のSMIの平均値マイナス2SDを用いてサルコペニアの評価基準を示した。彼らのグループが示したサルコペニアの参照値は、SMIで男性が7.26, 女性が5.45であった。日本人を対象とした本研究においては、SMIで男性が6.87, 女性が5.46であり、女性はほぼ同等の値が示されたが、男性ではBaumgartnerらの参照値よりもやや低い値となっ

Table 2. Physical characteristics of subjects in adult men and women (age \geq 41 yrs).

	Men (age \geq 41 yrs)				Women (age \geq 41 yrs)			
	Normal (n=215)	PSa (n=87)	Sarcopenia effect (normal vs. PSa)	Age adjusted	Normal (n=843)	PSa (n=220)	Sarcopenia effect (normal vs. PSa)	Age adjusted
Age (yrs)	58.3 \pm 11.3	67.4 \pm 12.1	p < 0.001	—	58.0 \pm 9.9	61.2 \pm 10.0	p < 0.001	—
BMI (kg.m ⁻²)	24.6 \pm 2.5	22.0 \pm 2.1	p < 0.001	p < 0.001	23.5 \pm 3.2	20.4 \pm 1.8	p < 0.001	p < 0.001
Waist C (cm)	87.7 \pm 7.7	83.1 \pm 7.0	p < 0.001	p < 0.001	84.1 \pm 9.7	77.4 \pm 7.5	p < 0.001	p < 0.001
%fat (%)	21.5 \pm 4.4	20.6 \pm 5.0	NS	NS	29.5 \pm 6.1	29.4 \pm 4.7	NS	NS
AMM (kg)	24.4 \pm 2.6	20.7 \pm 1.7	p < 0.001	p < 0.001	16.6 \pm 2.0	13.9 \pm 1.2	p < 0.001	p < 0.001
SMI (kg.m ⁻²)	8.61 \pm 0.61	7.43 \pm 0.29	p < 0.001	p < 0.001	6.88 \pm 0.54	5.79 \pm 0.26	p < 0.001	p < 0.001
Whole body BMD (g.cm ⁻³)	1.04 \pm 0.09	0.96 \pm 0.09	p < 0.001	p < 0.001	0.87 \pm 0.10	0.80 \pm 0.08	p < 0.001	p < 0.001
Arm BMD (g.cm ⁻²)	1.60 \pm 0.12	1.50 \pm 0.11	p < 0.001	p < 0.001	1.29 \pm 0.13	1.20 \pm 0.12	p < 0.001	p < 0.001
Lumber spine BMD (g.cm ⁻²)	1.09 \pm 0.18	1.05 \pm 0.19	NS	p < 0.01	0.99 \pm 0.18	0.87 \pm 0.15	p < 0.001	p < 0.001
Leg BMD (g.cm ⁻²)	2.51 \pm 0.22	2.31 \pm 0.19	p < 0.001	p < 0.001	2.09 \pm 0.22	1.93 \pm 0.18	p < 0.001	p < 0.001
VO2max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	33.2 \pm 6.6	31.3 \pm 5.1	NS	NS	30.1 \pm 6.4	26.6 \pm 5.2	p < 0.001	p < 0.001
Handgrip strength (kg)	41.0 \pm 7.1	35.3 \pm 6.3	p < 0.001	p < 0.001	26.8 \pm 5.0	23.3 \pm 4.3	p < 0.001	p < 0.001
LEP (W)	1436 \pm 438	1016 \pm 376	p < 0.001	p < 0.001	800 \pm 239	630 \pm 188	p < 0.001	p < 0.001
One-leg standing test (sec)	103.0 \pm 30.5	78.0 \pm 49.7	p < 0.01	p < 0.05	94.0 \pm 38.8	100.1 \pm 34.1	NS	NS
Chair stand test (sec)	5.4 \pm 1.0	5.7 \pm 1.4	NS	NS	5.6 \pm 1.3	5.6 \pm 1.2	NS	NS

PSa, predisposition to sarcopenia (one standard deviations below the young reference data). Waist C, waist circumference; BMD, bone mineral density.

Table 3. Correlation matrix among measurement values in men (age ≥ 41 yrs, n=81).

	SMI (kg/m ²)	Age (yrs)	Body height (cm)	Body mass (kg)	Waist C (cm)	Handgrip strength (kg)	One-leg standing test (sec)	Chair stand test (sec)	BMI	%fat (%)	AMM (kg)	Total BMD (g/cm ²)	Arm BMD (g/cm ²)	Trunk BMD (g/cm ²)	Leg BMD (g/cm ²)	LEP (W)	VO ₂ max (ml/kg/min)
Age (yrs)		*															
	-0.310																
Body height (cm)	0.101	-0.457	*														
Body mass (kg)	0.645	-0.308	0.608	*													
Waist C (cm)	0.423	0.111	0.183	0.768	*												
Handgrip strength (kg)	0.478	-0.574	0.489	0.560	0.164	*											
One-leg standing test (sec)	0.238	-0.353	-0.063	-0.020	-0.098	0.217	*										
Chair stand test (sec)	-0.103	0.342	0.009	0.007	0.068	-0.229	-0.178	*									
BMI	0.739	-0.055	0.057	0.825	0.844	0.350	0.040	0.012	*								
%fat (%)	0.085	0.184	0.061	0.541	0.750	0.038	-0.196	0.046	0.638	*							
AMM (kg)	0.804	-0.509	0.671	0.843	0.419	0.652	0.123	-0.070	0.581	0.060	*						
Total BMD (g/cm ²)	0.374	-0.161	0.285	0.420	0.207	0.405	0.105	-0.038	0.336	-0.055	0.441	*					
Arm BMD (g/cm ²)	0.324	-0.179	0.261	0.383	0.143	0.394	0.011	-0.075	0.278	-0.086	0.391	0.916	*				
Trunk BMD (g/cm ²)	0.078	0.196	0.070	0.110	0.066	0.094	-0.085	0.116	0.097	-0.110	0.093	0.723	0.648	*			
Leg BMD (g/cm ²)	0.362	-0.203	0.320	0.401	0.156	0.411	0.118	-0.091	0.288	-0.087	0.454	0.949	0.840	0.590	*		
LEP (W)	0.616	-0.667	0.443	0.486	0.109	0.675	0.309	-0.380	0.298	-0.134	0.728	0.358	0.268	0.014	0.401	*	
VO ₂ max (ml/kg/min)	0.078	-0.352	0.186	-0.170	-0.378	0.005	0.133	-0.182	-0.304	-0.623	0.140	0.039	0.023	-0.051	0.097	0.393	*

*P<0.05

た。ロゼッタスタディにおけるDXA法から求めた若年者のAMMは、男性が28.3±3.9kg、女性が18.6±2.6kgであり、本研究の若年被験者と比較すると女性は1kg、男性は2kg低い値を示している (Table 1)。本研究における男性の低値は、若年被験者の筋量や身長の違いが反映されているものと考えられる。なお、日本人におけるサルコペニアの基準値を決定するためには、本研究のほか数多くの日本人を対象とした研究について系統的レビューを行う必要

があると考えている。したがって本研究は、日本の代表値の1つを提示したものであり、その理由から本研究では「基準値」ではなく「参照値」という用語を用いている。本研究のサルコペニアとその予備群に該当する被験者の割合は、男性が28.8%、女性が20.7%であったが、70歳以上の被験者では、男性の57%、女性の33%、80歳以上の被験者では、男性の76%、女性の41%がそれに該当した。高齢者のサルコペニアの割合は加齢とともに高くなっており、

Table 4. Correlation matrix among measurement values in women (age ≥ 41 yrs, n=201).

	SMI (kg/m ²)	Age (yrs)	Body height (cm)	Body mass (kg)	Waist C (cm)	Handgrip strength (kg)	One-leg standing test (sec)	Chair stand test (sec)	BMI	%fat (%)	AMM (kg)	Total BMD (g/cm ²)	Arm BMD (g/cm ²)	Trunk BMD (g/cm ²)	Leg BMD (g/cm ²)	LEP (W)	VO ² max (ml/kg/min)
Age (yrs)	*	-0.315															
Body height (cm)	0.119	-0.382	*														
Body mass (kg)	0.762	-0.347	0.321	*													
Waist C (cm)	0.564	-0.021	-0.042	0.803	*												
Handgrip strength (kg)	0.372	-0.475	0.493	0.325	0.039	*											
One-leg standing test (sec)	-0.125	-0.271	0.146	-0.163	-0.267	0.164	*										
Chair stand test (sec)	0.031	0.176	0.075	0.158	0.222	-0.174	-0.326	*									
BMI	0.723	-0.159	-0.179	0.872	0.860	0.072	-0.246	0.127	*								
%fat (%)	0.161	0.030	-0.297	0.570	0.704	-0.216	-0.198	0.205	0.753	*							
AMM (kg)	0.839	-0.494	0.636	0.762	0.406	0.564	-0.016	0.090	0.457	-0.045	*						
Total BMD (g/cm ²)	0.457	-0.891	0.468	0.450	0.091	0.495	0.141	-0.087	0.208	-0.112	0.625	*					
Arm BMD (g/cm ²)	0.411	-0.686	0.450	0.393	0.081	0.465	0.129	-0.054	0.169	-0.117	0.567	0.923	*				
Trunk BMD (g/cm ²)	0.358	-0.435	0.321	0.374	0.168	0.356	-0.024	-0.075	0.219	-0.039	0.455	0.674	0.802	*			
Leg BMD (g/cm ²)	0.467	-0.519	0.448	0.462	0.138	0.448	0.133	-0.095	0.243	-0.055	0.609	0.956	0.867	0.587	*		
LEP (W)	0.503	-0.497	0.348	-0.519	0.282	0.539	0.051	-0.274	0.355	0.044	0.581	0.543	0.467	0.430	0.524	*	
VO ² max (ml/kg/min)	0.132	-0.213	0.134	-0.170	-0.364	0.188	0.155	-0.201	-0.264	-0.556	0.169	0.289	0.252	0.156	0.248	0.132	*

*P<0.05

サルコペニアは高齢者ほど身体への影響が高まる
ことが推察される。

サルコペニアと身体障害との関係については、起
居動作（椅子からの立ち上がりやベッドの使用）が
困難になる^{19,20)}、歩行障害²¹⁾、転倒やバランスの
低下²²⁾などの報告が認められる。筋は、身体を動か
すために必要不可欠な器官であり、筋量を維持する
ことは、介護を受けずに日常生活を自力で営むため

に重要である。Baumgartnerらの報告では、この参
照値によって分類したサルコペニア該当者と標準的
な被験者では、IADL尺度を用いた日常生活における
身体障害との間に有意な関連を認めている¹⁴⁾。
IADL尺度は、質問紙による身体障害調査法で、その
内容は「電話がかけられるか」、「買い物自分でき
るか」、「自身で移動できるか」、「服薬の管理がで
きるか」、「財産の管理ができるか」、など高齢者の

Table 5. Relations of SMI to variable using univariate and stepwise regression analysis (age \geq 41 yrs). Predictor variables that had an F value of 4 or greater were selected for stepwise regression analysis in three variables both in men and women. BMI, waist circumference and age were selected in men and BMI, handgrip strength and waist C were selected in women.

Variables	Men (n=81)				Women (n=201)			
	Simple correlation	Partial correlation	P value for partial correlation	F value	Simple correlation	Partial correlation	P value for partial correlation	F value
Age (yrs)	-0.31	-0.15	NS	7.52	-0.32	-0.07	NS	0.72
BMI (kg/m ²)	0.74	0.74	<0.0001	109.91	0.72	0.56	<0.0001	104.90
Waist C (cm)	0.42	-0.48	<0.0001	25.83	0.56	-0.15	<0.05	5.20
Handgrip strength (kg)	0.48	0.11	NS	0.87	0.37	0.40	<0.0001	53.77
One-leg standing test (sec)	0.24	0.14	NS	1.46	-0.13	-0.04	NS	0.16
Chair stand test (sec)	-0.10	-0.02	NS	0.09	0.03	0.03	NS	0.23

Table 6. Prediction equations of SMI using multiple regression analysis in the development group (Men, n=187). SEE, the standard error of estimation.

	Prediction equations (kg/m ²)	R ²	SEE	F value	p value
One variable	SMI = 0.220 × BMI + 2.991	0.56	0.35	231.21	<0.0001
Two variables	SMI = 0.363 × BMI - 0.058 × Waist C + 4.523	0.65	0.38	172.41	<0.0001
Three variables	SMI = 0.326 × BMI - 0.047 × Waist C - 0.011 × Age + 5.135	0.68	0.40	128.31	<0.0001

Table 7. Prediction equations of SMI using multiple regression analysis in the development group (Women, n=679). SEE, the standard error of estimation.

	Prediction equations (kg/m ²)	R ²	SEE	F value	p value
One variable	SMI = 0.141 × BMI + 3.377	0.45	0.14	559.9	<0.0001
Two variables	SMI = 0.133 × BMI + 0.045 × Handgrip strength + 2.409	0.56	0.15	426.9	<0.0001
Three variables	SMI = 0.156 × BMI + 0.044 × Handgrip strength - 0.010 × Waist C + 2.747	0.57	0.17	295.4	<0.0001

自立を評価するものである。その結果、IADL尺度において3つ以上の障害を持つ人と持たない人とは、男性で3.66倍、女性で4.08倍サルコペニアに関連することが報告されている。その他、サルコペニアは、男性では、年収、肺疾患、喫煙、日常的なアルコール摂取との関連が高く、女性では喫煙、冠動

脈疾患、脳卒中、人種の関連が高いことが示されている。つまり、サルコペニアは高齢者の自立や疾患の発症に強く関連するといえる。インピーダンス法を用いたサルコペニアの基準値としては、Janssenらが若年被験者の平均値のマイナス1SDから2SDまでをクラス1のサルコペニア、マイナス2SD以上をク

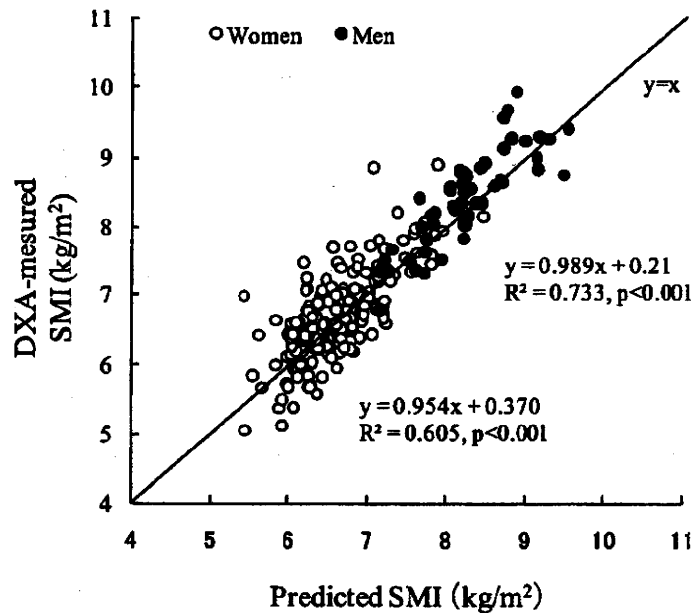


Figure 2. Relationship between the DXA-measured and predicted SMI (skeletal muscle index) in the cross-validation group. The SMI prediction equations (4 variables) were applied to the validation group, and significant correlations were observed between the DXA-measured and predicted SMI.

ラス2のサルコペニアと定義している¹⁶⁾。この基準値に従って60歳以上の男女4504人を対象に身体障害との関連について比較したところ、クラス1のサルコペニアは、男女とも歩行能力、椅子立ち上がりなどの起居動作、家事の可不可との関連が認められた。Leeらが中国人男女2000人を対象とした横断研究によれば、サルコペニアは男女とも現在の喫煙、身体活動量、肥満、糖尿病、高血圧、心疾患と関連したという²³⁾。本研究では、全身骨密度および握力、脚伸展パワーにおいてサルコペニアとその予備群に該当する者と標準被験者との間で有意な差が認められた (Table 2)。筋力は、バランスや歩行能力、あるいは転倒発生との関連が示されている²²⁾。これらの結果から、サルコペニアとその予備群に該当する者は、骨密度や筋機能が劣っており、これによって転倒や骨折を招くリスクが高い状態にあると考えられる。本研究が示した日本人のサルコペニア参照値は、転倒や骨折の危険因子を評価する点から妥当性が示されたといえる。

本研究では、年齢、BMI、腹囲、握力、椅子立ち上がりテスト、開眼片足立ちテストの6項目を用いたステップワイズ回帰分析を用いることによって、

SMIの決定変数を導いた (Table 5)。その結果、SMIの決定変数は、男性はBMI、腹囲、年齢の順で、女性はBMI、握力、腹囲の順で決定された。これらの測定項目を用いることによって、一般にもサルコペニアを評価することが可能であると考えられる。これらの項目を用いた重回帰分析における決定係数は、男性で0.68、女性で0.57、推定誤差は男性で0.40kg/m² (5.4%)、女性で0.17kg/m² (2.9%)であり、推定精度としては高いと考えられる (Table 6, Table 7)。さらに本研究では、推定式の開発に用いた被験者とは別の被験者によって、推定精度の妥当性を検討している。その結果、妥当性検討群における推定のSMIとDXAで求めたSMIとの決定係数 (r^2) は、男性が0.73、女性が0.61と高い値が得られた (Figure 2)。男性の妥当性検討群の決定係数が、推定式開発群のそれよりもわずかに大きい結果であったが、これについての理由は不明である。Figure 2の結果は、本研究で求めたSMIの推定式が、高い精度でサルコペニアを評価できることを示している。

本研究にはいくつかの制限因子がある。1つは、本研究の被験者の年齢である。サルコペニアは一般に高齢者ほど問題となるが、本研究の被験者の最高

年齢は85歳であり, それ以上の年齢の被験者においては評価することができない。2つ目は, 本研究の被験者の特性である。本研究に用いた被験者は, 杖などの器具を使用するものはおらず, 自立した生活が送れており, 比較的健康的で活動的である。したがって今後は, 80歳以上のより高齢な被験者を対象とした研究によって, サルコペニアと体力水準や健康関連指標, 疾病状況などとの関連についての検証が必要であると考えられる。また, 被験者の体重による下肢筋量への影響やトレーニングの特性(例えば上肢の筋を主に使用するようなスポーツ)などによっては, 部位的な個人差が考慮されない可能性も考えられる。3つ目は, 本研究では, 上肢と下肢の筋量を合計した四肢筋量を用いてサルコペニアの参照値や簡易評価法について検討した。したがって, 被験者の体重による下肢筋量への影響やトレーニングの特性(例えば上肢の筋を主に使用するようなスポーツ)などによっては, 部位的な個人差が考慮されない可能性も考えられる。最後に本研究は, 研究デザインが横断的方法を用いた点である。サルコペニア参照値や簡易推定式の妥当性は, 要介護認定や転倒骨折歴をエンドポイントとした前向き研究により検証される必要がある。本研究では, サルコペニアを「加齢による筋量の減少」として定義している。これは, サルコペニアを初めて提唱したEvansら¹⁾の報告によるものである。つまり, サルコペニアによっていくつかの疾病と関連は認められるが, あくまでも現象としてとらえている。サルコペニア該当者の健康関連指標や, 臨床的に本研究の参照値が妥当であるかどうかについては今後の研究課題である。

V. ま と め

本研究は, 日本人成人男女1894名を対象に, 身体計測, DXA法による体組成, および簡易体力測定を実施し, 日本人における簡易サルコペニア評価法の開発を目的とした。日本人を対象としたサルコペニア参照値は, SMIで男性6.87, 女性5.46, サルコペニア予備群の参照値として, 男性7.77, 女性6.12がそれぞれ示された。この基準値にしたがって本研究の被験者を分類したところ, サルコペニアに該当する被験者は男性5名(1.7%), 女性29名(2.7%), サルコペニア予備群に該当する被験者は男性87名(28.8%), 女性220名(20.7%)であった。全身骨

密度, 握力, および脚伸展パワーは, サルコペニアとその予備群に該当する者と標準被験者との間で有意な差が認められた。つまり, 本研究が示した日本人のサルコペニア参照値は, 転倒や骨折の危険因子を評価する点から妥当性が示された。また, サルコペニアは, 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推定できることが示された。

謝 辞

本研究の一部は, 早稲田大学先端科学健康医療融合研究機構およびロート製薬株式会社との共同研究費「健康増進プログラムおよび関連食品に関する研究」, ならびに厚生労働科学研究費補助金, 循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業「生活習慣病一次予防に必要な身体活動量・体力基準値策定を目的とした大規模介入研究」により実施された。また, 本論文の主旨は, 第56回アメリカスポーツ医学会(シアトル, 2009)において発表した。

(受理日 平成22年3月16日)

文 献

- 1) Evans, W.J. and Campbell, W.W. Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *J Nutr.* (1993), **123**, 465-8.
- 2) Roubenoff, R. and Hughes, V.A. Sarcopenia: current concepts. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* (2000), **55**, M716-24.
- 3) Walsh, M.C., Hunter, G.R., and Livingstone, M.B. Sarcopenia in premenopausal and postmenopausal women with osteopenia, osteoporosis and normal bone mineral density. *Osteoporos Int.* (2006), **17**, 61-7.
- 4) Crepaldi, G. and Maggi, S. Sarcopenia and osteoporosis: A hazardous duet. *J Endocrinol Invest.* (2005), **28**, 66-8.
- 5) Baumgartner, R.N., Stauber, P.M., Koehler, K.M., Romero, L., and Garry, P.J. Associations of fat and muscle masses with bone mineral in elderly men and women. *Am J Clin Nutr.* (1996), **63**, 365-72.
- 6) Roubenoff, R. Sarcopenic obesity: the confluence of two epidemics. *Obes Res.* (2004), **12**, 887-8.
- 7) Karelis, A.D., St-Pierre, D.H., Conus, F., Rabasa-Lhoret, R., and Poehlman, E.T. Metabolic and body composition factors in subgroups of obesity: what do we know? *J Clin Endocrinol Metab.* (2004), **89**, 2569-75.
- 8) Heber, D., Ingles, S., Ashley, J.M., Maxwell, M.H., Lyons, R.F., and Elashoff, R.M. Clinical detection of sarcopenic obesity by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* (1996), **64**, 472S-477S.
- 9) Baumgartner, R.N., Wayne, S.J., Waters, D.L., Janssen, I., Gallagher, D., and Morley, J.E. Sarcopenic obesity

- predicts instrumental activities of daily living disability in the elderly. *Obes Res.* (2004), **12**, 1995-2004.
- 10) Aubertin-Leheudre, M., Lord, C., Goulet, E.D., Khalil, A., and Dionne, I.J. Effect of sarcopenia on cardiovascular disease risk factors in obese postmenopausal women. *Obesity (Silver Spring)*. (2006), **14**, 2277-83.
 - 11) Pedersen, M., Bruunsgaard, H., Weis, N., Hendel, H.W., Andreassen, B.U., Eldrup, E., Dela, F., and Pedersen, B.K. Circulating levels of TNF-alpha and IL-6-relation to truncal fat mass and muscle mass in healthy elderly individuals and in patients with type-2 diabetes. *Mech Ageing Dev.* (2003), **124**, 495-502.
 - 12) Fujita, S. and Volpi, E. Amino acids and muscle loss with aging. *J Nutr.* (2006), **136**, 277S-80S.
 - 13) Karakelides, H. and Nair, K.S. Sarcopenia of aging and its metabolic impact. *Curr Top Dev Biol.* (2005), **68**, 123-48.
 - 14) Baumgartner, R.N., Koehler, K.M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S.B., Ross, R.R., Garry, P.J., and Lindeman, R.D. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol.* (1998), **147**, 755-63.
 - 15) Gallagher, D., Visser, M., De Meersman, R.E., Sepulveda, D., Baumgartner, R.N., Pierson, R.N., Harris, T., and Heymsfield, S.B. Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol.* (1997), **83**, 229-39.
 - 16) Janssen, I., Heymsfield, S.B., and 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**, 889-96.
 - 17) Miyatani, M., Kawano, H., Masani, K., Gando, Y., Yamamoto, K., Tanimoto, M., Oh, T., Usui, C., Sanada, K., Higuchi, M., Tabata, I., and Miyachi, M. Required Muscle Mass for Preventing Lifestyle-Related Diseases in Japanese Women. *BMC Public Health.* (2008), **18**, 8:291.
 - 18) 山田陽介, 木村みさか, 中村榮太郎, 増尾善久, 小田伸午, 15~97歳日本人男女1006名における体肢筋量と筋量分布, *体力科学*, (2007), **56**, 461-472.
 - 19) Alexander, N.B., Schultz, A.B., and Warwick, D.N. Rising from a chair: effects of age and functional ability on performance biomechanics. *J Gerontol.* (1991), **46**, M91-8.
 - 20) Alexander, N.B., Fry-Welch, D.K., Marshall, L.M., Chung, C.C., and Kowalski, A.M. Healthy young and old women differ in their trunk elevation and hip pivot motions when rising from supine to sitting. *J Am Geriatr Soc.* (1995), **43**, 338-43.
 - 21) Judge, J.O., Underwood, M., and Gennosa, T. Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch Phys Med Rehabil.* (1993), **74**, 400-6.
 - 22) Wolfson, L., Judge, J., Whipple, R., and King, M. Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* (1995), **50 Spec No**, 64-7.
 - 23) Lee, J.S., Auyeung, T.W., Kwok, T., Lau, E.M., Leung, P.C., and Woo, J. Associated factors and health impact of sarcopenia in older chinese men and women: a cross-sectional study. *Gerontology.* (2007), **53**, 404-10.

4. サルコペニアに対する治療の可能性： 運動介入効果に関するシステマティックレビュー

宮地 元彦¹⁾ 安藤 大輔²⁾ 種田 行男³⁾ 小熊 祐子⁴⁾ 小野 玲⁵⁾
北畠 義典⁶⁾ 田中喜代次⁷⁾ 西脇 祐司⁴⁾ 道川 武紘⁴⁾ 柳田 昌彦⁸⁾
吉村 公雄⁴⁾ 武林 亨⁴⁾

要約 目的：システマティックレビューによりサルコペニアの予防・改善のための適切な運動方法について明らかにすること。**方法：**医学文献データベースを用いて、サルコペニアの代替指標である骨格筋量に対する運動介入効果を検討した無作為割付介入研究を機械的に検索し、2名の専門家により精読ならびに分析した。**結果：**一次検索により951本の論文が選ばれ、専門家のレビューにより、9の研究が最終的に選定され、各研究の概要、特に運動介入方法をエビデンステーブルに要約した。1RMの80%以上の強度の高強度筋力トレーニングが高齢者の骨格筋量を増加させるとしたRCTが5本あった。低強度もしくは中強度の筋力トレーニングが骨格筋量に影響しないというRCTが3つあった。**結論：**サルコペニアを評価する客観的な指標である骨格筋量を増加させるためには、高強度筋力トレーニングを十分な期間と頻度で継続する必要があることが示唆された。

Key words：システマティックレビュー、サルコペニア、骨格筋量、筋力トレーニング

(日老医誌 2011; 48: 51-54)

緒言

平成18年、高齢者が要介護状態になることならびに、すでに軽度な要介護状態にある高齢者が重度な要介護状態になることの予防を目的として介護予防事業が導入された。運動器の機能向上プログラムはその柱の一つと位置付けられている。

サルコペニアは、加齢による骨格筋量もしくは筋力の減少と定義され¹⁾、生活体力、自立度(ADL)、生活の質(QOL)の加齢低下に関連し、要介護状態に陥る要因の一つと考えられている。特に介護予防事業における運動器の機能向上プログラムは、サルコペニアを予防・改善するための重要な介入方法の一つと考えられている。

高齢者の自立や生活機能の改善に運動器の機能向上が重要であることに関しては、米国のDepartment of Health and Human ServicesによるPhysical Activity

guidelines Advisory Committee Report²⁾などにこれまでも指摘されてきたところであるが、サルコペニアの予防・改善にどのような質と量の介入が必要かに関する文献の包括的収集とその系統的分析(システマティックレビュー)は見られない。

サルコペニアの診断もしくは判定基準は確立されていないため、本レビューでは、サルコペニアの定義にある骨格筋量に、65歳以上の高齢者に対する運動介入が及ぼす効果を分析した無作為割付介入研究を対象に、システマティックレビューした。

方法

介護予防に関するエビデンスを収集したPhysical Activity guidelines Advisory Committee Reportで引用された論文を第一に含めることとし、これに含まれない2007年以降の論文を追加検索することとした。

1) 検索方法 (ア) データベースの種類: PubMed, Cochrane database, 医中誌 (イ) 検索対象期間: 2006年1月1日~2009年8月19日 (ウ) 使用言語: 英語, 日本語 (エ) 対象: 人, 入院患者を除く, 対象者の年齢は、日本の行政区分に照らして65歳以上とする。(オ) 論文の種類: 抄録つき原著論文 (カ) 研究のタイプ: 無作為割付介入研究 (キ) 文献検索式は以下の通り, 医中誌検索式は以下の英語検索式を日本語に翻訳して入力した。

(exercise [mh] OR exercise therapy [mh] OR physical education and training [mh] OR leisure activities [mh] OR exercise movement techniques [mh] OR physical fitness [mh] OR motor

1) M. Miyachi: 独立行政法人国立健康・栄養研究所

2) D. Ando: 防衛大学校

3) Y. Oida: 中京大学

4) Y. Oguma, Y. Nishiwaki, T. Michikawa, K. Yoshimura, T. Takebayashi: 慶應義塾大学

5) R. Ono: 神戸大学

6) Y. Kitabatake: 財団法人明治安田厚生事業団体力医学研究所

7) K. Tanaka: 筑波大学

8) M. Yanagita: 同志社大学

activity [mh] OR physical exertion [mh] OR energy metabolism [mh] OR physical endurance [mh] OR anaerobic threshold [mh] OR physical activity OR exertion) AND (aging [mh] OR anthropometry [mh] OR body composition [mh] OR geriatric assessment [mh] OR geriatric nursing [mh] OR muscle hypotonia [mh] OR muscular diseases [mh] OR muscular atrophy OR sarcopenia OR fat-free mass OR elder* OR seni* OR geriatrics [mh]) AND (intervention studies [mh] OR (randomized controlled trial [mh] OR cross-over studies [mh] OR double-blind method [mh] OR single-blind method [mh]) OR (controlled clinical trials as topic [mh] OR controlled clinical trial [pt]) OR (meta-analysis [pt] OR meta-analysis as topic [mhl]) OR systematic [sb] OR random* [tiab] OR random allocation [mh] OR (control* [tiab] AND clinical [tiab] AND trial [tiab]))

2) 文献抽出の手順 データベースでの検索の後、11名の専門家が分担してタイトルと抄録を読み、主旨から大きく外れる論文を削除する(一次スクリーニング)。残った論文の全文コピーを取り寄せ、2名の専門家による精読の上、運動介入が二重放射線吸収法(DEXA)、CT、MRIのいずれかで評価した骨格筋量に及ぼす影響に関する無作為割付介入研究を選択し、エビデンステーブルに集約した。エビデンステーブルには運動介入内容(トレーニングの種類、強度、回数やセット数あるいは時間、頻度、期間)を明記した。

結 果

1) 文献の抽出と整理 上記検索式によって検索された論文は951本であった。2名の専門家による、検索論文の精読による抽出、Physical Activity guidelines Advisory Committee Reportに含まれる関連論文、ならびに2名の専門家のレビューにより抽出された論文を合わせ、11の研究が選定された。このうち non-RCT である1論文³⁾、介入プログラムの詳細な記載のない1論文⁴⁾を除く9論文についてエビデンステーブルに各論文の概要、特に運動介入方法を中心に整理した(表1)。

2) 抽出された9論文の整理 9つの研究のうち、挙上回数、頻度、期間とも十分な高強度筋力トレーニングの効果を明らかにしたものが6つあり、そのうち骨格筋量が有意に増加した研究が5つ、効果が見られなかった研究が1つであった(表1)。

低強度もしくは中強度の筋力トレーニングが骨格筋量に及ぼす影響を検討したものは3つあった(表1)。ラバーバンドや自体重などを用いた筋力トレーニングもしくは3メッツ程度強度の生活機能訓練などの介入効果を見たものであったが、3つの全ての研究で骨格筋量の有意な増加は認められなかった。

考 察

本システマティックレビューで得られた主要な知見は以下の通りである。高強度筋力トレーニングが高齢者の骨格筋量を増加させるとしたRCTが5本あった。低強度もしくは中強度の筋力トレーニングが骨格筋量に影響しないというRCTが3つあった。

5つの骨格筋量増加効果ありと結論した研究の特徴は、強度が最大挙上重量(1RM)の80%以上、セット

数・挙上回数:2~3セット・8~12回/セット、頻度が週3回でトレーニング期間が10週~18カ月間であった。効果なしとされた1つの研究では、頻度が週当たり2回、期間も10週間であり、トレーニングの量が6つの研究の中で最も少なかった。さらに、筋力トレーニングを下半身の3種目のみで実施したにも関わらず、全身の骨格筋量をアウトカムとしたことも結論に影響したと考えられる。

ラバーバンドや自体重などを用いた低強度から中強度の筋力トレーニングもしくは3メッツ程度強度の生活機能訓練などの介入効果を見た研究が3つあったが、全ての研究で骨格筋量の有意な増加は認められなかった。低中強度筋力トレーニングは、高強度トレーニングよりも傷害や内科的イベントが発生するリスクが少ない上に、大がかりなトレーニング機器などが不要で、介護予防の指導現場においては高強度トレーニングよりもはるかに実施可能性(feasibility)が高い運動方法である。実際に現在の介護予防の現場で、高強度筋力トレーニングを実施している介護予防事業者は少ないと推定される。運動器の機能向上プログラムの改善や実施のためには、サルコペニアや骨格筋量をアウトカムにした研究だけでなく、筋力や生活体力などをアウトカムとして実施された研究も広く見ていく必要がある。

筋力のみをアウトカムとする運動介入効果は、多くの論文で研究されている。筋力トレーニングの筋力増加効果については、著名な学会のガイドラインでもレビューされ⁵⁾、以下の条件を満たす筋力トレーニングは、高齢者の筋力増加に効果的であることが示唆されている。

・強度:最大挙上重量(1RM)の50%以上(中強度から高強度)・セット数・挙上回数:1~3セット・8~12回/セット・頻度:週2~3回・期間:3カ月以上

サルコペニアの判定・診断基準が十分に確立していないことは、運動器機能向上プログラムの改善や効果判定を困難なものにしていると考えられる。欧米においても未だにサルコペニアの判定・診断基準は確立しているとは言いが、Baumgartnerらの提唱する、四肢筋量指数(=DEXAによる四肢筋量(kg)/身長²)が40歳未満の平均値の-2SD未満をサルコペニアと判定するという基準が、最近広く受け入れられるようになってきた⁶⁾。我が国でも、四肢筋量指数を活用しサルコペニア判定基準の確立を試みる研究が実施されている⁷⁾。今後、日本人を対象とした多くの研究成果の蓄積により、日本人のためのサルコペニア判定・診断基準が確立されることが望まれる。

結 論

サルコペニアを評価する客観的な指標である骨格筋量を増加させるためには、以下の条件を満たす高強度筋力トレーニングが必要であることが示唆された。

・強度:最大挙上重量(1RM)の80%以上
・セット数・挙上回数:2~3セット・8~12回/セット
・頻度:週3回
・期間:3カ月以上

なお、安全性を考慮し、強度・頻度・挙上回数とも段階的に漸増させる方法をとるべきであると考えられた。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、協力を頂いた独立

表1 骨格筋量をアウトカムとする無作為割付運動介入研究のエビデンステーブル

年	タイプ・種目	強度	回数×セット	頻度 (回/週)	期間	有意な筋量増加	測定方法と部位	増加量	文献
2005	Phase 1: 22種類の低強度運動 (柔軟性, バランス, 運動協調能, 反応速度) Phase 2: 漸増筋トレ	65%1RM 85~100%1RM (高強度)	6~8回×1~2セット 8~12回×3セット	3	24週	あり	DEXA 全身除脂肪量	介入群 +0.84 kg 対照群 +0.01 kg	9
2007	有酸素, 抵抗, バランス, 柔軟	有酸素: 予備心拍数の70~85% 筋トレ: 8~15RM (高強度) バランス運動: 閉眼もしくは閉眼片足立ち	有酸素: 30~40分 筋トレ: 8~15回 ×1~2セット	3	12週	あり	CT 大腿筋筋量	介入群 +13.1% 対照群 -0.6%	10
2007	8種類の全身レジスタス運動	1週目 40~50%1RM 2週目 50~60%1RM 3~6週目 60~75%1RM 7~10週目 75~85%1RM (高強度)	15~20回×2set 15~20回×3set 12~15回×3set 8~12回×3set	3	10週	あり	DEXA 全身除脂肪量	メタボリスク少 介入群 +1.1 kg 対照群 +0.1 kg メタボリスク多 介入群 +1.1 kg 対照群 -0.3 kg	11
2007	有酸素 ラバーとマシンを使った筋トレ	有酸素: HR118~124 筋トレ 8~10RM (高強度)	有酸素+太極拳: 15分~22分 筋トレ: 8~10回×2セット	3	52週	あり	MRI 腓腹筋外側の横断面積	横断面積 介入群 +17% 対照群 +5%	12
2009	6種類の全身レジスタス運動 約60分~75分	最初の12カ月: 60~85%1RMでゆっくり挙げて下げる ↓ 残りの4カ月は60~85%1RMで速く挙げてゆっくり下げる (高強度)	8~12回×3set ↓ 8~12回×3set	3	12月~18月	あり	DEXA 全身除脂肪量	12カ月目 運動+低運動+脂肪乳1.0 kg 運動介入のみ0.7 kg 18カ月目 運動+低脂肪乳0.9 kg 運動のみ0.3 kg	13
2001	自体重やラバーを使った筋トレ	低強度	60分	2	18週	なし	DEXA 全身除脂肪量	データ無し	14
2007	マシンを使った3種類の下半身筋力トレーニング, 生活機能訓練 約3メッツ	筋トレ10RM (高強度) 生活機能訓練 約3メッツ	10回×2セット	2	10週	なし	DEXA 全身除脂肪量	筋トレ介入群+0.4 kg 機能訓練群+0.2 kg 筋トレ+機能群+0.2 kg	15
2008	身体機能改善運動	3メッツ 低強度	40~60分	2	48週	なし	CT 大腿中央部の筋横断面積	介入群 -2.75% 対照群 -3.7%	16
2008	高速負荷筋トレ 低速負荷筋トレ	70%1RM (中強度)	8回×3セット	3	12週	なし	DEXA 下肢除脂肪量	データ無し	17

行政法人国立健康・栄養研究所運動ガイドラインプロジェクト村上晴香さんと田中憲子さんの多大なる協力を頂いた。本研究は、平成21年度厚生労働省老人保健事業推進費等補助金高齢者保健福祉施策の推進に寄与する調査研究事業「介護予防に係る総合的な調査研究事業」の一部として実施した。記して謝意を表する。

引用文献

- 1) Evans WJ, Campbell WW: Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. J Nutr 1993; 123(2 Suppl): 465-468.
- 2) Physical Activity Guidelines Advisory Committee report, 2008. To the Secretary of Health and Human Services. Part A: executive summary. Nutr Rev 2009; 67 (2): 114-120.
- 3) Tsuzuku S, Kajioka T, Endo H, Abbott RD, Curb JD, Yano K: Favorable effects of non-instrumental resistance training on fat distribution and metabolic profiles in healthy elderly people. Eur J Appl Physiol 2007; 99: 549-555.
- 4) Katznelson L, Robinson MW, Coyle CL, Lee H, Farrell

CE: Effects of modest testosterone supplementation and exercise for 12 weeks on body composition and quality of life in elderly men. Eur J Endocrinol 2006; 155: 867-875.

- 5) Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, et al: AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. Circulation 2000; 101 (7): 828-833.
- 6) American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. Med Sci Sports Exerc 1998; 30 (6): 992-1008.
- 7) Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, et al: Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. Am J Epidemiol 1998; 147 (8): 755-763.
- 8) Sanada K, Miyachi M, Tanimoto M, Yamamoto K, Murakami H, Okumura S, et al: A cross-sectional study