

図2 サルコペニア群と正常群の比較

以降の骨折歴はサルコペニア群28.6%，正常群22.9%，過去1年間の転倒率はサルコペニア群26.5%，正常群16.4%といずれの項目においてもサルコペニア群が有意に高い割合を示した(図2)。以上のことから，サルコペニア高齢者は，転倒のみならず骨粗鬆症にともなう骨折危険性が高いことが示唆され，その予防策の早期確立が重要なポイントであることが強く示唆された。

#### 4) 複合介入の実際

地域在住サルコペニア高齢者に対する運動，栄養補充の複合介入効果を調べるために，サルコペニアと認定された304名を事前に設けた選定基準に基づき，介入参加者155名，不参加者149名に分けた。介入参加者155名を無作為化比較試験(randomized controlled trial: RCT)により運動+栄養群38名，運動群39名，栄養群39名，対照群39名に分け，次の介入を行った。

①運動：運動群には週2回，1回あたり60分間の筋力強化と歩行機能の改善を目的とした運動指導を行った。運動指導は対象者の体力レベルが低く個人差が大きい点を考慮し，漸増負荷指導を行った。

a. 椅子体操：指導の初期段階では椅子に腰かけて行う運動を中心に指導し，運動にある程度適応できた段階では椅子の背もたれに手を当てて行う立位運動を指導した。具体的運動は，つま先と踵上げ下げ，片足上げ伸ばし，膝上げ胸寄せ，立位での踵上げ下げ，立位での膝曲げ等々。

b. レジスタンス運動：ゴムバンド(黄色，赤色使用)とAnkle-weightを用いた運動(錘0.50kg, 0.75kg, 1.00kg, 1.50kg使用)を指導した。具体的には，椅子に腰かけてゴムバンドを二重の輪にし，土踏まずにバンドをかけて足上げ左右開き，二重の輪にしたバンドを膝の上まで通し，膝開き閉じ，片足上げ胸寄せ等々。

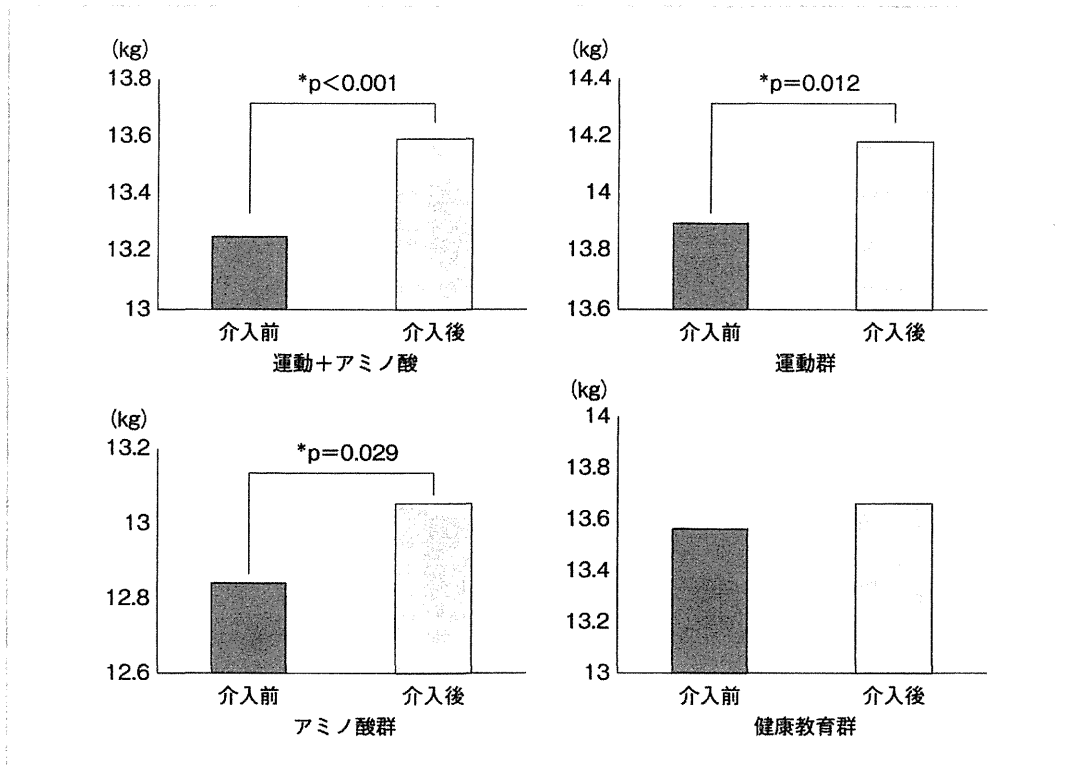


図3 介入後における骨格筋量変化の群間比較

(文献13より改変)

Ankle-weightを足首に固定し、両足上げ下げ、両足上げ開閉、片足上げ胸寄せ等々。

c. 歩行・バランス運動：ある程度運動に適用できた中盤以降に歩行・バランス改善運動を導入した。具体的運動は、片足立ち、タンデムスタンス、タンデム歩行、方向変換、体重移動歩行、クロス歩行等々。

②栄養：栄養補充群には、ロイシン42.0%、リジン14.0%、バリン10.5%、イソロイシン10.5%、トレオニン10.5%、フェニルアラニン7.0%、他5.5%組成のアミノ酸3gを1日2回補充する指導(一日総補充量=6g)を3カ月間実施した。

##### 5) 複合介入の効果

介入前後における四肢の骨格筋量は運動群(事前13.90 ± 1.06kg, 事後14.19 ± 1.33kg)、栄養群(事前12.86 ± 0.99kg, 事後13.03 ± 1.10kg)、運動+栄養群(事前13.25 ± 1.35kg, 事後13.59

± 1.53kg)の3群で有意な増加が観察され、サルコペニア高齢者の骨格筋量は運動のみならず栄養補充によって増える可能性が強く示唆された(図3)。

通常歩行速度は運動群(事前1.31 ± 0.24m/sec, 事後1.50 ± 0.23m/sec)、栄養群(事前1.30 ± 0.18m/sec, 事後1.36 ± 0.18m/sec)、運動+栄養群(事前1.27 ± 0.25m/sec, 事後1.43 ± 0.29m/sec)の3群で有意な増加が観察された。

膝伸展力は運動+栄養群(事前1.15 ± 0.27Nm/kg, 事後1.23 ± 0.29Nm/kg)のみで有意な向上が認められた(図4)<sup>13)</sup>。

サルコペニアは複合概念、つまり「筋肉量減少+筋力低下」あるいは「筋肉量減少+歩行速度低下」と定義されている。よって、介入効果を検証するときも、これらの概念に基づいた分析が必要である。表1に示したように、「下肢筋力+膝伸展力」改善のためにはアミノ酸補充

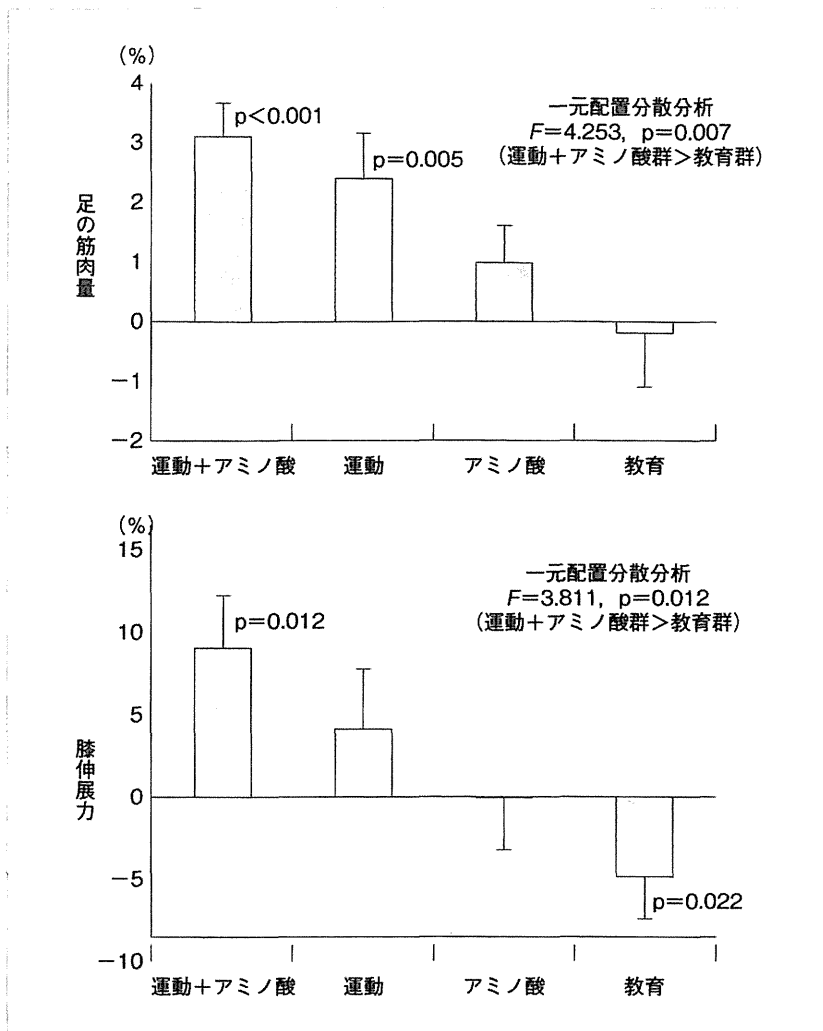


図4 介入後における足の筋肉量と膝伸展力の変化の群間比較 (文献13より改変)

表1 介入後の骨格筋量および身体機能の改善に対する介入群間の調整済オッズ比の比較

	介入						
	健康教育群	アミノ酸群		運動群		運動+アミノ酸群	
従属変数*	基準	OR*	95% CI	OR*	95% CI	OR*	95% CI
足の筋肉量+膝伸展力	1.00	1.99	0.72-5.65	2.61	0.88-8.05	4.89	1.89-11.27
足の筋肉量+常歩行速度	1.00	1.35	0.45-4.08	2.41	0.79-7.58	4.11	1.33-13.68

\*従属変数：筋肉量と身体機能の変化：

1 = 向上, 0 = 無変化あるいは低下。

\*OR = 調整済オッズ比；95% CI = 95%信頼区間。

(文献13より引用)

あるいは運動単独の介入効果は不十分であり、「運動+アミノ酸補充」の複合介入で有効 (OR = 4.89, 95% CI = 1.89-11.27) であり、「下肢筋

力+通常歩行速度」の改善にも「運動+アミノ酸補充」の複合介入が有効 (OR = 4.11, 95% CI = 1.33-13.68) であることを検証した。

## 5 おわりに

骨格筋量の減少にともなう筋力の衰えあるいは身体機能の低下を意味するサルコペニアは身体的障害、転倒・骨折率の上昇と強く関連していることから、老年学分野で関心の高い領域である。サルコペニアと関連する要因は種々で複雑であることにより、全メカニズムの完全解明には至っていないのが現況である。しかし、体の不使用と栄養不良は筋肉量の減少と密接にかかわり、可変要因として注目が高まっている。骨格筋の不使用を解消するためには運動が勧められ、高齢者でも漸増負荷のレジスタンス運動を実施すれば、筋肉量や筋力の増大効果は認められると指摘している。一方、栄養補充であるが、炭水化物を中心とする栄養補充は、虚弱高齢者の筋肉量や体力向上に不十分であるとの指摘もある。しかし、ロイシン高配合の必須アミノ酸を補充すれば、高齢者の筋肉量の増大有効は認められるが、アミノ酸補充のみではサルコペニア高齢者の体力改善には不十分であるとの指摘も散見される。

本稿では、運動にロイシン高配合の必須アミノ酸を補充する介入を加えることによって、サルコペニア高齢者の骨格筋量のみならず筋力、歩行機能の改善効果を検証した。よって、サルコペニア予防のためには運動と栄養を中心とした複合介入手法が有効で、推奨する。

### 参考文献

- 1) Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, et al : Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* 330 : 1769-1775, 1994.
- 2) Peterson MD, Sen A, Gordon PM : Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults : A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*

- 43 : 249-258, 2011.
- 3) Liu CJ, Latham NK : Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev* CD002759, 2009.
- 4) Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, et al : A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 291 : E381-E387, 2006.
- 5) Peterson MD, Sen A, Gordon PM : Resistance exercise for muscular strength in older adults : A meta-analysis. *Ageing Res Rev* 9 : 226-237, 2010.
- 6) Taaffe DR : Sarcopenia-Exercise as a treatment strategy. *Aust Fam Physician* 35 : 130-133, 2006.
- 7) Borsheim E, Bui QUT, Tissier S, et al : Effect of amino acid supplementation on muscle mass, strength and physical function in elderly. *Clin Nutr* 27 : 189-195, 2008.
- 8) Dillon EL, Sheffield-Moore M, Paddon-Jones D, et al : Amino acid supplementation increases lean body mass, basal muscle protein synthesis, and insulin-like growth factor-I expression in older women. *J Clin Endocrinol Metab* 94 : 1630-1637, 2009.
- 9) Drummond MJ, Dreyer HC, Pennings B, et al : Skeletal muscle protein anabolic response to resistance exercise and essential amino acids is delaying with aging. *J Appl Physiol* 104 : 1452-1461, 2008.
- 10) Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, et al : Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 147 : 755-763, 1998.
- 11) Chien MY, Huang TY, Wu YT : Prevalence of sarcopenia estimated using a bioelectrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. *J Am Geriatr Soc* 56 : 1710-1715, 2008.
- 12) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al : Sarcopenia : European consensus on definition and diagnosis : Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 39 : 412-423, 2010.
- 13) Kim HK, Suzuki T, Saito K, et al : Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women : A randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 60 : 16-23, 2012.

## 複合健康増進プログラムが地域在住高齢者の日常的な身体活動量へ与える影響 —無作為化比較試験による検討—

田中 千晶<sup>1)</sup> 藤原 佳典<sup>2)</sup> 安永 正史<sup>2)</sup> 桜井 良太<sup>2)</sup> 齋藤 京子<sup>2)</sup>  
 金 憲経<sup>2)</sup> 深谷 太郎<sup>2)</sup> 野中久美子<sup>2)</sup> 小林 和成<sup>3)</sup> 吉田 裕人<sup>4)</sup>  
 内田 勇人<sup>5)</sup> 新開 省二<sup>2)</sup> 渡辺修一郎<sup>1)</sup>

**要約** 目的：複合健康増進プログラムによる介入が、高齢者の日常の身体活動に反映されるかについて検討した。方法：介入群 20 名と対照群 14 名に対して、介入前と介入終了直前の身体活動量を歩・走行とそれ以外を区別する 3 軸加速度計で評価した。結果：介入群の身体活動は対照群と同程度低下した。結論：介入自体による身体活動量の低下は認められず、本プログラムは身体活動量と独立して心身機能に介入効果をもたらす可能性が示唆された。

**Key words**：身体活動，介入

(日老医誌 2012; 49: 372-374)

### 緒 言

高齢者への運動を中心とした介入は、介入中（運動教室中）の一時的な活動量の増加に伴い、日常生活での身体活動量（PA；physical activity）を代償的に低下させてしまう可能性が報告されている<sup>1)~3)</sup>。一方、我々は、温泉利用型健康増進施設を用いた介護予防型複合プログラムが高齢者の身体機能改善に有効であることを報告してきた<sup>4)</sup>。

本研究では、強度別・種類別に日常の PA を評価し、本介入事業が高齢者の PA に与える影響を検討した。

### 方 法

#### A. 参加者および介入内容

無作為割付による介入群（31 名）には 3 カ月の運動教室、栄養教室および温泉入浴からなる複合プログラム

を実施した。他方、対照群（29 名）に対しては月一回の健康講話を提供した。なお、対象者の選定および介入内容の詳細については、前報<sup>4)</sup>に記載した。

#### B. 測定項目

PA の評価は、介入前および介入終了直前の 10 日間以上に亘り、腰部に 3 軸加速度計（Active style Pro HJA-350IT, オムロンヘルスケア）を装着させた。1 分間単位の活動強度（METs：metabolic equivalents）を推定し、それに基づいて、Ex（エクササイズ）を算出し、さらに歩数を測定した<sup>5)</sup>。

#### C. 統計処理

加速度計によって 20 分間以上連続して「計測なし」と判定された場合に装着していなかったとみなし、装着時間が 1 日 600 分以上見られた日のデータが 3 日以上得られた者について分析に用いた。2 要因分散分析により、群および時間の効果、および交互作用を検討した。介入前後の変化量については、対応のある t 検定を行った。

本研究計画は平成 21 年度第一回東京都健康長寿医療センター研究所倫理委員会によって審査され、承認されている。

### 結 果

両調査期間において、PA の分析に必要な条件を満たす者は、介入群 20 名（72±7 歳）と対照群 14 名（72±5 歳）であった。歩数に関しては、介入群と対照群共に減少傾向が認められた（表 1）。また、歩・走行に関す

Effects of comprehensive intervention program to habitual physical activity in community-dwelling older adults

1) Chiaki Tanaka, Shuichiro Watanabe：桜美林大学  
 2) Yoshinori Fujiwara, Masashi Yasunaga, Ryota Sakurai, Kyoko Saito, Hunkyung Kim, Taro Fukaya, Kumiko Nonaka, Shoji Shinkai：東京都健康長寿医療センター研究所

3) Kazunari Kobayashi：岐阜大学

4) Hiroto Yoshida：東北文化学園大学

5) Hayato Uchida：兵庫県立大学

受付日：2012. 1. 10, 採用日：2012. 5. 8

表1 強度・種類別における日常の身体活動量および歩数

調査時期	活動内容	2 METs 以上 3 METs 未満 (分/日)		3 METs 以上 6 METs 未満 (分/日)		6 METs 以上 (分/日)	
		介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
介入前 介入終了直前	歩・走行時間	36.6 ± 13.3	41.8 ± 23.2	25.6 ± 17.3	19.6 ± 15.7	0.1 ± 0.3	0.3 ± 0.8
		30.6 ± 11.3*	35.9 ± 20.1	22.0 ± 14.1	13.9 ± 10.5*	0.0 ± 0.1	0.0 ± 0.0
介入前 介入終了直前	生活活動時間	214.8 ± 73.4	200.3 ± 95.5	27.9 ± 18.5	33.6 ± 29.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.1
		200.5 ± 65.8	199.4 ± 84.9	24.2 ± 13.2	35.9 ± 27.6	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.1
介入前 介入終了直前	総時間	251.3 ± 74.0	242.1 ± 102.2	53.5 ± 28.2	53.2 ± 40.0	0.1 ± 0.3	0.3 ± 0.8
		231.1 ± 70.9*	235.3 ± 84.9	46.2 ± 20.7	49.8 ± 32.7	0.0 ± 0.1	0.0 ± 0.1

調査時期	活動内容	MVPA (分/日)		Ex (分/日)		歩数 (歩/日)	
		介入群	対照群	介入群	対照群	介入群	対照群
介入前 介入終了直前	歩・走行時間	25.7 ± 17.5	19.9 ± 16.1	1.6 ± 1.2	1.2 ± 1.0		
		22.1 ± 14.2	13.9 ± 10.5	1.3 ± 0.9	0.8 ± 0.6*		
介入前 介入終了直前	生活活動時間	27.9 ± 18.5	33.6 ± 29.3	1.5 ± 1.0	1.9 ± 1.6		
		24.2 ± 13.2	35.9 ± 27.7	1.3 ± 0.7	2.0 ± 1.5		
介入前 介入終了直前	総時間	53.6 ± 28.3	53.6 ± 40.2	3.1 ± 1.7	3.1 ± 2.4	5,583 ± 2,620	5,268 ± 2,113
		46.2 ± 20.7	49.8 ± 32.8	2.6 ± 1.2	2.8 ± 1.9	4,855 ± 2,353	4,540 ± 2,170

MVPA: moderate-to-vigorous physical activity, Ex: 3 METs 以上の身体活動の METs 値に, その実施時間 (時) をかけた一週間当たりの量, \*: 介入前 vs 介入終了直前,  $p < 0.05$ .

る指標は, 介入前後で, 介入群において 2~3 METs の歩行時間が, 対照群において 3~6 METs の歩行時間および一日あたりの Ex が有意に減少した。しかし, 2 要因分散分析により群の効果を検討した結果, いずれも有意差は見られなかった。また, 群および時間の交互作用は有意ではなかった。

## 考 察

本研究では, 介入の有無に関わらず歩行が減少した。これは, 90 分間の運動教室中, 中高強度活動を継続したとは考えにくいから, 運動教室による PA の増加は, 一日当たりにすると大きくないと考えられること, および, 筋力トレーニングが主活動であったため, 加速度計で教室中の PA を十分に反映出来なかったことが主な原因と考えられる。しかしながら, 介入群特有の日常生活全般の PA の減少は確認されなかったことから, 本介入プログラムが代償的に高齢者の PA を減少させる可能性はないものと考えられる。他方で, 本研究の結果は, 週 2 回 3 カ月間の運動介入 (強度選択型の筋力トレーニングが主), 栄養教室および温泉入浴からなる複合プログラムでは, 地域在住高齢者の PA 低下の予防には寄与できないことを示唆しており, 介入内容や頻度を熟慮する必要がある。

以上より, 本複合健康増進プログラムにより身体機能に対する効果がみられたが<sup>4)</sup>, これは, 日常生活におけ

る身体活動の量の変化から独立した効果と考えられた。なお, 本研究の限界として, 加速度計を装着し続けることができなかつた者が多く見られたことから, 装着期間中に, 装着の確認の電話を入れるなど脱落率を減らす努力が必要である。

## 謝 辞

本研究は, 平成 21 年度厚生労働科研補助金 [H21-循環器等 (生習)-一般-002 「温泉利用が健康増進に与える効果および安全性に関する研究」(研究代表者 藤原佳典)] および平成 21 年度介護予防実態調査分析支援事業の一環として実施したものである。本研究の実施に際し, 多大なるご協力を頂いた, 対象者の皆様, 草津町保健センターの土屋由美子氏, 干川なつみ氏, 岡部たづる氏の各氏に深く感謝致します。

## 文 献

- 1) Ades PA, Savage PD, Brochu M, Tischler MD, Lee NM, Poehlman ET: Resistance training increases total daily energy expenditure in disabled older women with coronary heart disease. *J Appl Physiol* 2005; 98: 1280-1285.
- 2) Westerterp KR: Impacts of vigorous and non-vigorous activity on daily energy expenditure. *Proc Nutr Soc* 2003; 62: 645-650.
- 3) Opdenacker J, Boen F, Coorevits N, Delecluse C: Effectiveness of a lifestyle intervention and a structured exercise intervention in older adults. *Prev Med* 2008; 46: 518-524.

- 4) 桜井良太, 藤原佳典, 金 憲経, 齋藤京子, 安永正史,  
野中久美子ほか: 温泉施設を用いた複合的介入プログラ  
ムの有効性に関する研究—無作為化比較試験による検  
討—. 日老医誌 2011; 48: 352-360.
- 5) Ohkawara K, Oshima Y, Hikihara Y, Ishikawa-Takata K,

Tabata I, Tanaka S: Real-time estimation of daily physi-  
cal activity intensity by triaxial accelerometer and a  
gravity-removal classification algorithm. Br J Nutr 2011;  
105: 1681-1691.

濃度と開眼片足起立時間（開眼片足起立時間 =  $-7.54 + 0.93 \times$  血液中 25(OH)ビタミン D<sub>3</sub> 濃度,  $R=0.25$ ,  $r=0.499$ ,  $p=0.000$ ）とは有意に相関していた。このことから、ロコモティブシンドローム対策を介して転倒を予防するにはロコモティブ・トレーニングなどの運動に加えてビタミン D 摂取など栄養指導も考慮する必要がある。高齢者の日常生活機能の低下を防ぐロコモティブシンドローム対策を行うためには運動に加えて心理・精神面や栄養面での指導など包括的な対応が医療経済的効果を上げると考えられる。

東京都リハビリテーション病院では東京都医師会の支援を得て日常生活を営む中で身体機能を向上させる数多くの運動方法を照会するのに加えて望ましい栄養摂取に関わる食事内容を示し、さらにメンタルを刺激するために新曲のカラオケを歌うことやパソコンに挑戦することなどを薦めた 36 ページの冊子「暮らしのなかの元気づくり」を 20 万部作成して東京都民に無料配布している。この冊子の効果について地域住民の医療費や介護費用の抑制までは検証できていないが、経費をかけた「健康作りの 0 次予防」としてのロコモティブシンドローム対策の普及啓発は医療経済的に黒字となり、国の健康施策の方向性にも適っていることをまとめとする。

## 文 献

- 1) 林 泰史：ロコモティブシンドロームと医療経済。Progress in Medicine 2010; 30; 3005-3009
- 2) Orimo H, Yaegashi Y, Onoda T, et al : Hip fracture incidence in Japan : estimates of new patients in 2007 and 20-year trends. Arch Osteoporosis online (doi: 10.1007/s11657-009-0031-y)
- 3) 厚生労働省高齢者リハビリテーション研究会：高齢者リハビリテーションのあるべき方向。2004 年 6 月
- 4) 林 泰史：骨粗鬆症治療薬と医療経済。日本臨牀 2009; 67(5): 1022-1026
- 5) 辻 一郎：生活習慣と地域保健サービスが医療費に及ぼす影響に関するコホート研究—喫煙・歩行時間・肥満度の相互作用—。保健サービスの効果に関するコホートおよび介入研究 総合報告。2001; 34-37
- 6) 林 泰史：高齢社会における運動器医療の現状とロコモティブシンドローム。治療学 2010; 44: 732-735
- 7) 林 泰史：高齢者医療での運動器疾患。医学のあゆみ 2011; 236: 399-403

## 地域在住高齢女性におけるサルコペニアとロコモティブシンドローム\*

東京都健康長寿医療センター研究所

金 憲 経

### はじめに

加齢に伴う筋肉量の減少は筋力の衰えをもたらし、とくに下肢筋力の衰えは歩行機能を著しく低下させ、ひいては転倒・骨折の危険因子となるなど、高齢者の移動能力を制限してしまう方向へと働くことが多くの研究で指摘されている<sup>1,2)</sup>。一般的にロコモティブシンドローム（以下、ロコモ）は、運動器の障害のため移動能力の低下を来たし要介護状態になっていたり、要介護状態になる危険性の高い状態を指す概念である<sup>3)</sup>。

今回は、ロコモとサルコペニアに共通する要因として「筋力の衰え」という観点から、ロコモとサルコペニアの関連性について紹介する。

### サルコペニアの定義および有症率

サルコペニアは、1989 年 Rossenberg によって焦点が当てられ<sup>4)</sup>、近年では老年医学分野で最も関心の高い話題の 1 つになっている。現在サルコペニアの操作的定義として広く用いられているのは、Baumgartner らの定義である<sup>5)</sup>。この定義は、dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) から求めた appendicular skeletal muscle mass (ASM) を身長 (m<sup>2</sup>) で除した skeletal muscle mass index (SMI) を指標とし、18～40 歳成人の SMI 平均より 2 SD (standard deviation) 以下の場合とされている。この定義による有症率は、70 歳以下の高齢者で 13.5～24.1% の範囲であるが、80 歳

\* 本稿は第 48 回日本リハビリテーション医学会学術集會シンポジウム「長寿化した社会からみえる運動器障害、歩行障害への対策—ロコモティブシンドロームとメタボと認知症—」(2011 年 11 月 3 日、千葉) の講演をまとめたものである。



以上になると 43.2～60.0%に上昇すると報告している。さらに、サルコペニアのカットポイントは SMI が男性で 7.26 kg/m<sup>2</sup>, 5.45 kg/m<sup>2</sup> と提案し、それ以下では disability の出現率が上昇すると指摘している。

### 歩行機能と筋力・バランス

歩行機能は、体力全般の代表的な指標であり、歩行障害あるいは歩行機能低下は各種健康指標の予知因子であることは良く知られている。Rantanen らは<sup>6)</sup>、65 歳以上の高齢女性 758 名を対象に 3 年間追跡調査し、歩行障害の発生と関連する要因について検討した。その結果によれば、「筋力の衰えとバランス機能の低下」の者は「優れた筋力とバランス機能」を有する者に比べて、歩行障害発生の危険性の高いことを指摘し ( $R^2=5.12$ , 95%CI=2.68-9.80)、歩行機能を維持するためには筋力向上とバランス機能の改善が必要であると強調した。

### サルコペニアの高齢者の特徴

大都市部在住 75 歳以上の後期高齢女性 1,399 名を対象に、「骨格筋量の減少」「BMI 減少」「筋

力の衰え」「歩行機能の低下」といった選定基準に該当する場合をサルコペニアと操作的に定義し、該当者 304 名 (21.7%) を抽出した。サルコペニア高齢者の特徴を調べるために両者間を比較した。その結果によれば、サルコペニア高齢者は正常者に比べて、年齢は高く、下腿三頭筋周囲、BMI、筋肉量は低値を示した。しかし、外出頻度が減少している者、定期的な運動習慣がない者、不健康だと認識している者の割合は高値を示し、サルコペニア高齢者は活動量が低下し、自分の健康に対する自信感を消失している可能性が浮かび上がった。一方、過去 1 年間の転倒経験、骨粗鬆症既往、60 歳以降の骨折歴は有意に高い割合を示し、転倒に伴う骨折の危険性の高いことが示唆された<sup>7)</sup>。さらに、膝伸展力は、サルコペニア群  $44.26 \pm 10.71$  Nm, 正常群  $61.26 \pm 14.71$  Nm ( $t$  値 = 21.745,  $p < 0.001$ ) とサルコペニア群の下肢筋力は有意に低い値を示した。

### サルコペニアと膝痛

膝痛は移動能力を制限する主要因として活動量の減少、生活機能低下、転倒率上昇、転倒恐怖感の増加と密接に関わっていることが多く指摘され

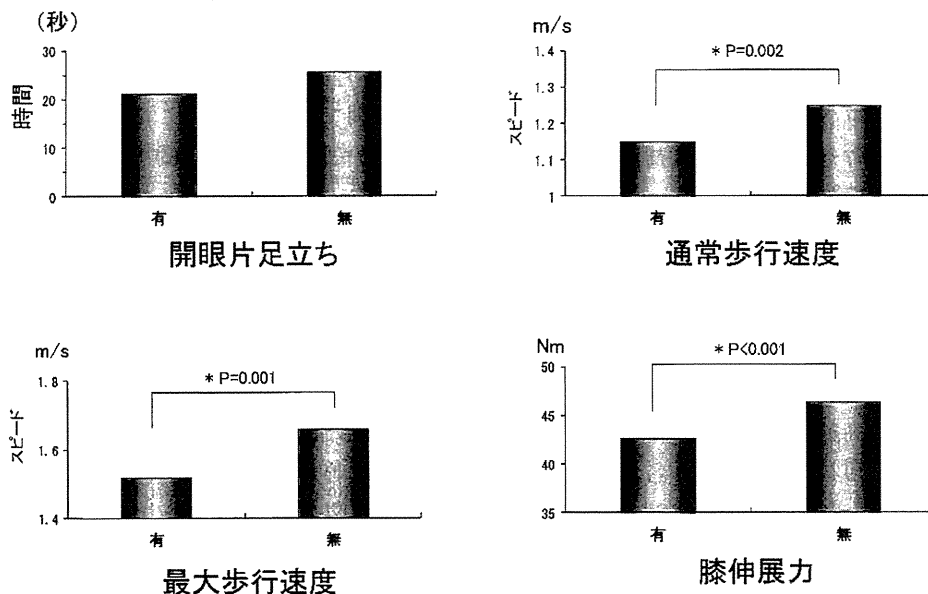


図1 サルコペニア高齢者における痛みの有無による体力比較

表1 サルコペニア高齢者における痛みの有無による聞き取り調査項目の比較

項目		有	無	p値
健康度自己評価 (%)	不健康	32.4	12.8	<0.001
運動習慣 (%)	無	78.8	64.0	0.004
転倒 (%)	有	23.5	15.2	0.077
転倒恐怖感 (%)	有	81.0	61.6	<0.001
尿漏れ (%)	有	39.1	23.2	0.004
骨粗鬆症既往 (%)	有	44.1	29.6	0.010
60歳以降骨折既往 (%)	有	34.6	20.0	0.005

ている<sup>8)</sup>。特に、サルコペニア高齢者の膝痛有無による特徴については、殆ど検討されていないのが現状である。サルコペニア高齢者における痛みを有する者の割合は、一般高齢者より低かった(サルコペニア群 58.9%, 正常群 65.4%,  $\chi^2=4.371$ ,  $p=0.037$ )。しかし、痛みを有するサルコペニア高齢者は、痛みを有しないサルコペニア高齢者に比べて歩行速度や下肢筋力等々の体力要素が顕著に低下していることを確認した(図1)。また、痛みを有するサルコペニア高齢者は不健康、定期的な運動習慣が無い、転倒恐怖感、尿失禁、骨粗鬆症の既往、60歳以降の骨折既往の割合は有意に高かった(表1)。この結果は、痛みを持っているサルコペニア高齢者は、全般的な体力の低下のみならず種々の健康障害を抱えている可能性が強く示唆された。

### サルコペニア改善のための介入

地域在住サルコペニア高齢者の筋力や歩行機能の改善のために行った運動・栄養補充の介入効果について、簡単に紹介する。

サルコペニアと関連する様々な危険要因の中で、不活動と筋蛋白質合成能力の低下という可変因子に着目し、不活動を解消するために運動指導を、筋蛋白質の合成を促進するために必須アミノ酸を補充する介入を3カ月間実施した。

サルコペニア高齢者と認定された304名について除外基準を適用したところ149名が介入不適切と、155名が介入適切と分類された。介入適切者155名を randomized controlled trial (RCT) により運動群、栄養群、対照群、運動+栄養群に分け、運動群には週2回、1回当たり60分間の包

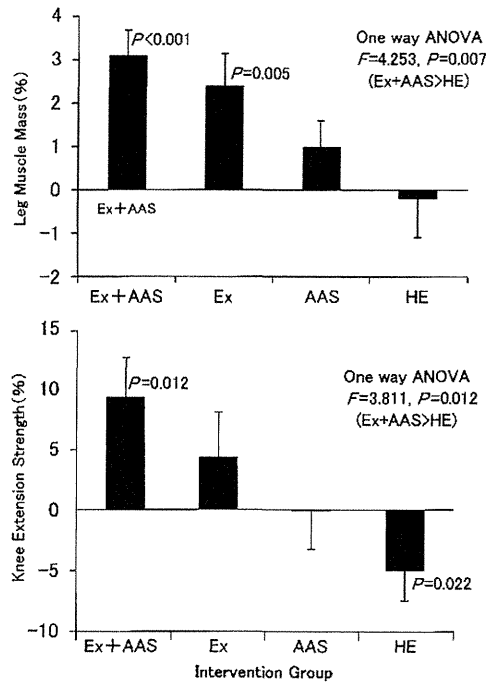


図2 3カ月介入による足筋量と膝伸展力変化量の群間比較(文献9より引用)

Mean( $\pm$ SE) changes in leg muscle mass and knee extension strength after exercise (Ex), amino-acid supplementation (AAS), both (Ex+AAS), or health education (HE). Bars indicate the average changes from baseline to after the 3-month interventions.

括的筋力強化運動指導を、栄養群にはロイシン高配合のアミノ酸3gを1日2回補充する栄養指導を、3カ月間実施した。3カ月間の介入前後の変化を群間で比較したところ、足の筋肉量( $F=4.253$ ,  $p=0.007$ )は、運動+栄養群( $3.1\pm 3.2\%$ ,  $p<0.001$ )と運動群( $2.4\pm 4.0\%$ ,  $p=0.005$ )で有意な上昇が観察されたが、栄養群( $1.0\pm 3.4\%$ )と対照群( $-0.2\pm 4.6\%$ )の変化は有意ではなかった。一方、膝伸展力は運動+栄養群( $9.3\pm 18.0\%$ ,  $p=0.012$ )で有意な向上、対照群( $-5.1\pm 13.5\%$ ,  $p=0.022$ )では有意な低下が観察され、運動単独あるいは栄養単独による介入によっては十分な改善効果が得られにくいことが浮かび上がった(図2)。この結果より、地域在住サルコペニア高齢者の体組成や体力改善のためには「運動+栄養補充」の支援がより有効であることが示唆された。さらに、「足の筋肉量+下肢筋力」の

表2 「足筋量+膝伸展力」及び「足筋量+通常歩行速度」改善に対する介入法の効果比較(文献9より引用)

Dependent variable*	Type of intervention <sup>†</sup>						
	HE	AAS		Ex		Ex + AAS	
	Reference	OR <sup>#</sup>	95%CI	OR <sup>#</sup>	95%CI	OR <sup>#</sup>	95%CI
Leg muscle mass and knee extension strength	1.00	1.99	0.72-5.65	2.61	0.88-8.05	4.89	1.89-11.27
Leg muscle mass and usual walking speed	1.00	1.35	0.45-0.48	2.41	0.79-7.58	4.11	1.33-13.68

\*Dependent variable ; change of muscle mass and functional fitness : 1 = improve, 0 = no change or decrease. <sup>†</sup>HE : health education, AAS : amino acid supplementation, Ex : exercise. <sup>#</sup>OR : adjusted odd ratio, 95%CI : 95% confidence interval.

複数変数の変化は対照群に比べて運動+栄養で4倍以上高いことが確認された(OR=4.89, 95%CI=1.89-11.27)(表2)<sup>9)</sup>。

### おわりに

骨格筋量の減少や筋力の衰えと定義されるサルコペニアの改善に効果的な「運動+栄養」の取り組みは、ロコモティブシンドローム改善にも応用できると推察される。何故ならば、サルコペニアの定義である骨格筋量の減少に伴う筋力の衰えはロコモティブシンドローム出現とも強く関わっているからである。

### 文 献

- 1) Tinetti ME, Inouye SK, Gill TM, Doucette JT : Shared risk factors for falls, incontinence, and functional dependence : unifying the approach to geriatric syndromes. *JAMA* 1995 ; 273 : 1348-1353
- 2) Morley JE, Abbatecola AM, Argiles JM, Baracos V, Bauer J, Bhasin S, et al : Sarcopenia with limited mobility : an international consensus. *J Am Med Dir Assoc* 2011 ; 12 : 403-409
- 3) 中村耕三 : ロコモティブシンドローム. *Modern Physician* 2010 ; 30 : 461-463
- 4) Rossenber IH : Summary comments. *Am J Clin Nutri* 1989 ; 50 : 1231-1233
- 5) Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ, Lindeman RD : Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 1998 ; 147 : 755-763
- 6) Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L, Penninx BWJH, Leveille S, Sipilä S, Fried LP : Coimpairments as predictors of severe walking disability in older women. *J Am Geriatr Soc* 2001 ; 49 : 21-27
- 7) 金 憲経, 吉田英世 : 高齢者におけるサルコペニア発生の現状と関連要因. *Geriatr Med* 2010 ; 48 : 191-195

- 8) Hadler NM : Knee pain is the malady-not osteoarthritis. *Ann Intern Med* 1992 ; 116 : 598-599
- 9) Kim H, Suzuki T, Saito K, Yoshida H, Kobayashi H, Kato H, Katayama M : Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women : a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2012 ; 60 : 16-23



特集／骨粗鬆症予防とリハビリテーション

## サルコペニアと骨粗鬆症

鈴木隆雄<sup>\*1</sup> 金 憲経<sup>\*2</sup>

**Abstract** 高齢期の骨格筋量の減少(サルコペニア)は様々な身体の機能障害, 認知機能の低下, そして死亡率の上昇とも関連している。サルコペニアという用語は広く認識されているものの, 明確な定義が確定していないために, 研究相互の比較は容易ではない。このような定義の不明確性は骨粗鬆症の定義をめぐる歴史的経緯と重なっている。

骨格筋に発生するサルコペニアと骨格に発生する骨粗鬆症はいずれも運動器あるいは筋骨格系において加齢に伴って罹患率が急増するとともに, 相互に併存し関与しながら高齢者, 特に後期高齢者における「虚弱」や「QOLの低下」, そして「死亡率の上昇」に結びついている可能生が大きい。本稿では最近とみにその病態がクローズアップされてきたサルコペニアの成因や疫学的研究を中心に紹介するとともに, 密接に関連している可能性の高い両疾患についても概説する。

**Key words :** サルコペニア(sarcopenia), 骨粗鬆症(osteoporosis), 運動と栄養(exercise and nutrition), RCT

### サルコペニアの成因・定義

加齢に伴うサルコペニアは早くから注目され, 高齢期の日常生活動作(ADL)や生活の質(QOL)に大きな影響を及ぼすことは知られていたが, その定義については現在に至ってもなお, 身体計測の一環としても, あるいは低栄養の指標としても, 確定された定義あるいは基準とするべき測定値がないのが現状である<sup>1)2)</sup>。サルコペニアの原因については, ①タンパク質不足や血清ビタミンDレベルの低下等の栄養学的な不良, ②性ホルモンやIGF-1等のホルモンの変化, そして③IL-6, IL-1, TNF- $\alpha$ 等の炎症性変化などが背景となっており(図1), これらの原因やメカニズムについても虚弱と重複する部分が多い。サルコペニアと密接

に関連する高齢者の体力低下に関しては, 身体計測値からは握力や膝伸展力などの筋力が測定され, 栄養学的指標としては血清アルブミン濃度やビタミンD(25-OH-D)濃度が主に測定されてきた<sup>3)4)</sup>。

高齢期, 特に後期高齢者においては, サルコペニアとなることは避けられず, また必然的に筋力低下を伴う。筋肉量の減少に関する領域あるいはcut-off値については骨粗鬆症における骨密度と同じ方法で考えることが可能であり, また欧米の多くの研究でもその様式を用いたものが少なくない。すなわち, 健全な若年成人(四肢における)筋肉量平均値の2SD以下をサルコペニアと定義して分析するものである。例えば, Baumgartnerら<sup>5)</sup>はNew Mexico 高齢者調査において, 883名の対象者にDXA法を用いて測定し, 若年平均の2SD以下をサルコペニアと定義したうえで, その出現率は65~70歳では13~24%, 80歳以上では50%増加すると報告をしている。

Iannuzzi-Sucichら<sup>6)</sup>も同様にDXA法を用いて

<sup>\*1</sup> Takao SUZUKI, 〒474-8511 愛知県大府市森岡町源吾35 国立長寿医療研究センター, 研究所長

<sup>\*2</sup> Hunkyung KIM, 東京都健康長寿医療センター, 研究副部長

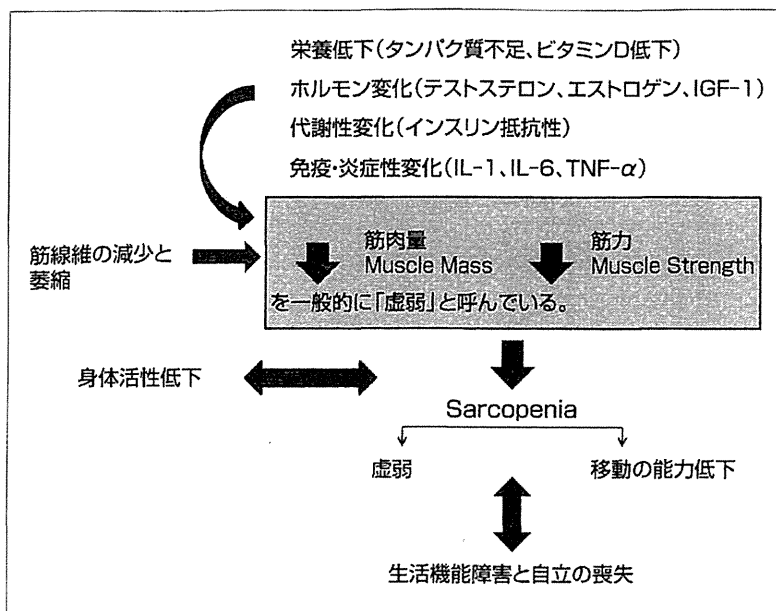


図 1. サルコペニアの原因と関連事項

64～93 歳の男女 337 名を測定し、筋肉量/身長 (m)<sup>2</sup>を求め、やはり若年平均 2 SD 以下をサルコペニアと定義し、その結果、女性の 22.6%、男性の 26.8%がサルコペニアと判断されたという。さらに彼らのデータでは 80 歳以上では各々 31%、45%に増加している。一方、Visser ら<sup>7)</sup>はやはり DXA 法を用いて筋肉量を測定し、下位 15 パーセントに属する者をサルコペニアと定義している。これは握力で 40%以上の減少あるいは筋肉量で 3%以上の減少と等価であるとし、さらに初回調査時の血中ビタミン D 濃度の多寡によってその後の握力の低下や筋肉量の低下を 3 年間にわたる追跡研究から分析を行っている。その結果、低ビタミン血症 (25-OH-D < 25 nmol/L) では正常に比し、握力低下のオッズ比は 2.6 倍、筋肉量低下は 2.1 倍となり、一層のサルコペニアの進行することを明らかにしている。

サルコペニアにおいては、上述のように必然的に筋力の低下が伴う。その結果、様々な障害が発生することになるが、特に転倒発生とは関係性が大きい。Moreland らは上肢、下肢での筋力低下と転倒の関連性をメタアナリシスによってまとめている<sup>8)</sup>。その報告によれば「椅子からの立ち上がり時間」と「膝伸展筋力」で規定される下肢筋力の低下はいかなる種類の転倒とも有意に関連してい

たが、特に外傷を伴う転倒とはオッズ比で約 1.5 倍、繰り返される頻回の転倒とは 2.2～9.9 倍のオッズ比となっている。上肢筋力の低下も下肢筋力の低下ほどではないにしても、頻回転倒とは 1.4～1.7 のオッズ比を示し、いずれの筋力低下も転倒発生と有意な関連を認めている。このように高齢者に頻発する転倒に対する筋力のメカニズムとして、高齢者では若年者に比べ下肢帯屈曲筋群と膝伸展筋群の歩行時の活動遅延<sup>9)</sup>、あるいは歩行時の前傾姿勢から 1 歩踏み出す回復動作時に下肢帯屈曲筋群や伸展筋群のトルクが低下していること<sup>10)</sup>、などが挙げられている。

筋肉の横断面積 (cross-sectional area ; CSA) による筋肉量の研究も数多くなされている。最近の Visser らの 5 年間の追跡研究によれば、初回調査時に大腿部 CSA の小さい群では 5 年後の移動能力の障害発生リスクは男性 45%、女性 34%となっていた<sup>11)</sup>。さらに CSA 四分位で最低位の者では、ADL の障害が 30～40%に上ると報告されている。また、Lang らの研究では、膝伸展筋力低下と大腿部 CSA 低下者では、骨密度とは関係なく、大腿骨頸部骨折発症リスクが 50～60%増加することが明らかとなっている<sup>12)</sup>。

最近我が国でもサルコペニアに関する疫学的研究も報告されるようになった。Sanada ら<sup>13)</sup>は

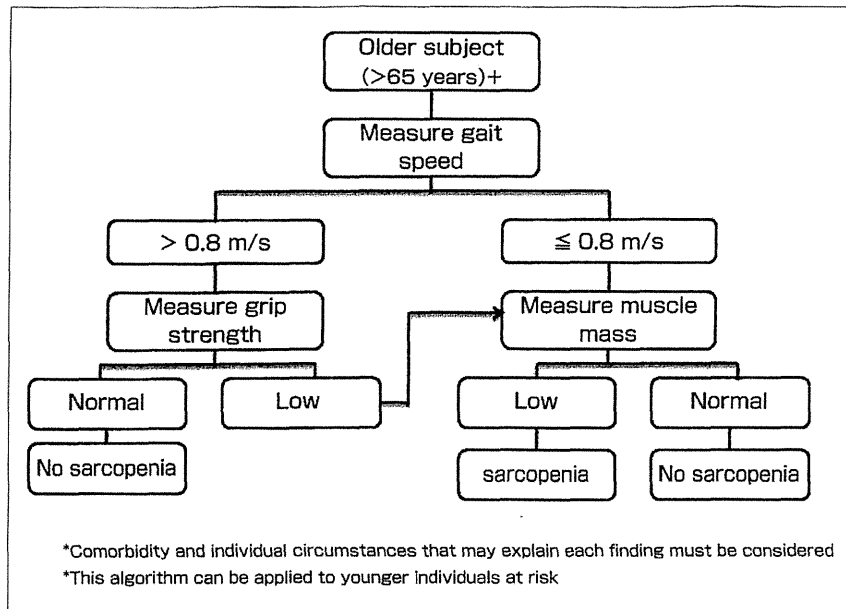


図 2. EWGSOP の提唱する高齢者におけるサルコペニア判定のためのアルゴリズム (文献 14 より引用)

1,488名の日本人成人を対象としてDXA法で四肢骨格筋量(appendicular muscle mass; AMM)を測定し、AMMを身長(m)の2乗で除した指数(skeletal muscle mass index; SMI: kg/m<sup>2</sup>)を算出している。その報告によれば、18~40歳のAMMを基準としたときのマイナス1SDのSMIは男性7.77、女性6.12であり、マイナス2SDのSMIは各々6.87、5.46であったとしている。このcut-off値を用いると、マイナス1SD以下の者は男性56.7%、女性33.6%と報告されている。

#### 生活動作からみたサルコペニア

サルコペニアの筋肉量に注目した診断方法については上記の項で述べたが、高齢者のサルコペニアを基軸とした数多くのコホート研究を含む疫学研究からは筋肉量の減少あるいは筋力の低下はいずれも生活機能の低下、あるいは転倒・骨折の増加と有意な関連性を持つことが明らかにされている。したがって、高齢者におけるサルコペニアの診断については、従前より単に筋肉量の低下のみならず、筋力低下あるいはそれらに基づく生活動作に強く関与する運動機能の低下を考慮すべきであると考えられていた。最近、EWGSOP<sup>14)</sup>より提案されたサルコペニアに対する診断のアルゴニズ

ムは、まず歩行速度を測定することから開始されており(図2)、まさに上述の考えに沿った診断のためのフローを示しており、極めて興味深い。すなわち、EWGSOPの高齢者におけるサルコペニアの症例を判断するアルゴリズムとして、まず歩行速度を測定し、0.8m/秒をcut-off値とし、それ以下の者についてDXA法あるいはBIP法を用いて四肢筋量を測定し対象とする集団におけるcut-off値(例えばSMIの-2SD以下)によってサルコペニアと定義している。歩行速度の速い者では筋力(握力あるいは膝伸展筋力など)を測定し、これも対象とする集団でのcut-off値(例えば四分位での最低位あるいは平均値から-2SD等)以下の者についてのみ四肢筋量の測定を行い、該当する者について四肢筋量測定によってサルコペニアであるか否かを判断するという方法を提案している。広く知られているように、高齢者の歩行速度はその後の生活機能低下や死亡率の予知因子でもあり、サルコペニアの判断にあたって、最初にスクリーニングする方法は妥当性もあると考えられる。しかし、EWGSOPの提言するcut-off値(0.8m/秒)は現実には極めて遅い値であり、我が国の地域で自立して暮らしている在宅高齢者に当てはめた場合の出現率はほぼ0%に等しく、実際

表 1. サルコペニアと正常群間の測定値の比較

項目	サルコペニア(304)	正常者(1,095)	有意確率
年齢(yr)	79.5±2.93	78.5±2.77	<0.001
身長(cm)	146.2±5.77	148.2±5.41	<0.001
体重(kg)	40.5±4.44	52.1±6.75	<0.001
体脂肪率(%)	27.6±4.31	33.1±4.11	<0.001
筋肉量(kg)	26.9±2.61	31.7±3.16	<0.001
下腿三頭筋周囲径(cm)	30.2±2.03	33.9±2.60	<0.001
BMI	19.0±2.01	23.7±2.85	<0.001
通常歩行速度(m/sec)	1.198±0.281	1.258±0.255	0.001
最大歩行速度(m/sec)	1.583±0.346	1.709±0.361	<0.001
開眼片足立ち(sec)	23.1±21.41	25.2±21.65	0.128
膝伸展力(Nm)	44.3±10.71	61.3±14.71	<0.001
握力(kg)	16.5±4.29	19.0±4.04	<0.001
BMD(g/cm <sup>2</sup> )	0.248±0.053	0.296±0.061	<0.001

の適用にあたっては我が国固有の cut-off 値を設定する必要がある。

### サルコペニアと骨粗鬆症

高齢期におけるサルコペニア、骨粗鬆症、そして虚弱は相互に関連して併存することが知られている。Frisoli ら<sup>15)</sup>は地域で暮らす 76~86 歳の後期高齢女性 250 名の詳細な研究から、① 虚弱は 6.8% (n=17) に認められ、② DXA 法による測定で -2.0SD 以下の骨粗鬆症の有病率は虚弱群で 41.2% (n=7)、プレ虚弱群では 28%、そして健全群では 25.2% と算出された。さらに③ サルコペニアの有病率は虚弱群では 52.9%、プレ虚弱群で 42%、そして健全群でも 41.2% に認められていた。また④ 約 16% (n=39) でサルコペニアと骨粗鬆症の合併が出現していたと報告している。

最近筆者らは、筋肉量および筋力を各々四分位にしたときの最低位に含まれる高齢者をサルコペニアと判断する方法によって、サルコペニアと判定された 304 名と正常者 1,095 名の調査項目を比較し、サルコペニア高齢者の特徴を調べた。さらに彼らを対象として、運動および栄養のサルコペニア改善に関する有効性を確認するために無作為に 2 群に割り付けた(ランダム化)比較試験を行った<sup>16)17)</sup>。

その結果、サルコペニア群と正常群の比較については、サルコペニア群において年齢が高く、下腿三頭筋周囲径、BMI、筋肉量が当然のことながら有意に低値を示すとともに、健康度自己評価、

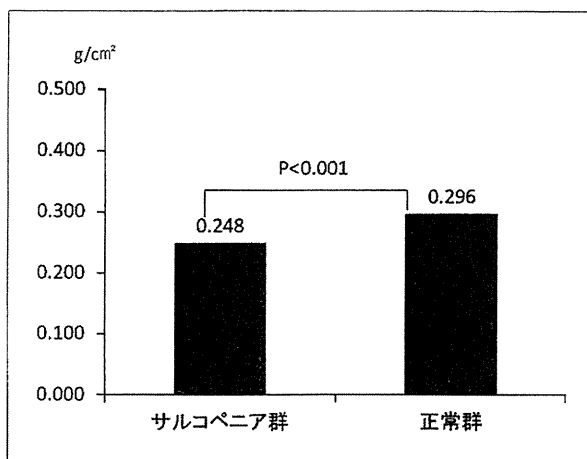


図 3. サルコペニア群と正常群の骨密度の比較

定期的な運動習慣を持っている者の割合も低かった。一方、既往歴においては、貧血症、骨粗鬆症、骨折歴は有意に高かったが、高血圧症、脂質異常症(高脂血症)は正常群より低かった。

骨密度については DXA 法による前腕骨密度の測定値が求められたが、正常群では 0.296±0.061 に対し、サルコペニア群では 0.248±0.053 と有意に低値を示していた(表 1、図 3)。

さらに本研究では、サルコペニアと判断される高齢者に対する運動効果とアミノ酸補充効果の検証について、介入参加承諾した者の RCT を実施している。すなわち対象者を「運動+栄養群」、「運動群」、「栄養群」および「対照群」の 4 群に分け、「運動群」には週 2 回、1 回当たり 60 分間の筋力強化と歩行機能の改善を目的とした包括的運動指導を、「栄養群」にはロイシン高配合のアミノ酸 3g

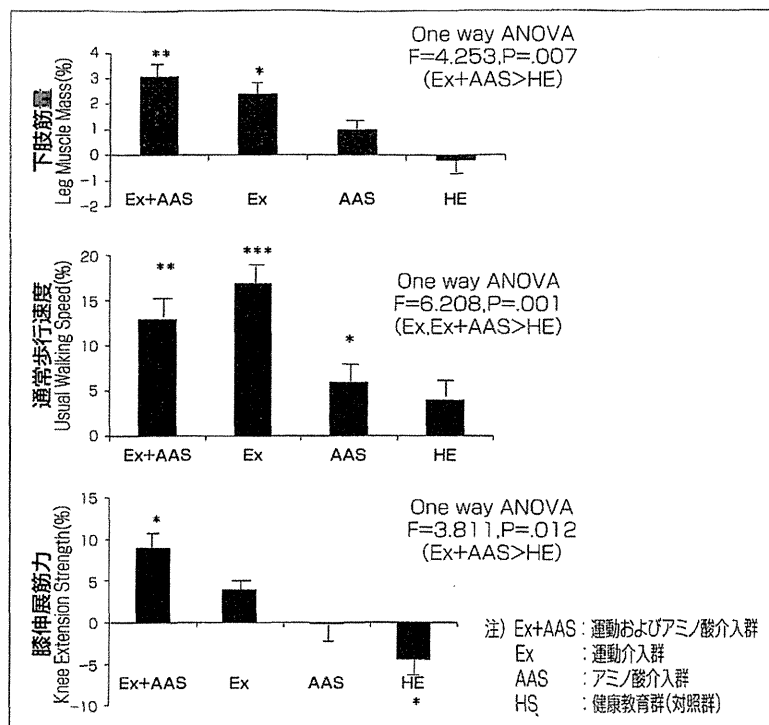


図 4. サルコペニア高齢女性に対する運動およびアミノ酸補充による介入のRCT

\* : p<0.05, \*\* : p<0.01, \*\*\* : p<0.001

(Kim H, et al : JAGS, 2011 より)

表 2. サルコペニア関連変数(筋量, 筋力, 歩行速度)の組み合わせに対する各介入群の効果

目的変数	介入内容						
	HE	AAS		Ex		Ex + AAS	
	Reference	OR*	95% CI	OR*	95% CI	OR*	95% CI
下肢筋量+膝伸展筋力	1.00	1.99	0.72-5.65	2.61	0.88-8.06	4.89	1.89-11.27
下肢筋量+通常歩行速度	1.00	1.35	0.45-4.08	2.41	0.79-7.58	4.11	1.33-13.68

HE : 健康教育群=対照群, ASS : アミノ酸補充群, Ex : 運動介入群

OR\* : 調整オッズ比, 95% CI : 95%信頼区間, 1=改善, 0=不変または低下

(Kim H, et al : JAGS, 2011 より)

を1日2回補充する指導を、「運動+栄養群」にはその両方を、「対照群」にはこれまで通りの生活を行って頂くようにし、それぞれ3か月間実施した。RCT終了後に介入前後における身体組成、体力、老年症候群の改善の度合いを検討した。その結果、「対照群」では有意な変化が認められなかったのに対し、LBMは「運動+栄養群」で2.8%、「運動群」で2.4%、「栄養群」で5.0%の有意な向上が、さらに歩行速度は、「運動群+栄養群」で13.2%、「運動群」で14.5%の顕著な向上が確認され、地域在住高齢者におけるサルコペニアの改善には運動の

みならずアミノ酸補充も有効であることが示唆された。図4は本RCTにおける4群間での介入前後の比較であるが、下肢筋量および筋力(膝伸展筋力)については「運動群+栄養群」で最も良く有意に改善し、通常歩行速度においては「運動群」および「運動群+栄養群」で極めて顕著な改善を示している。さらにサルコペニア関連変数の(筋量, 筋力, 歩速)の組み合わせを目的変数として分析すると、やはり「運動群+栄養群」で最も強く有意な効果が出現していた(表2)。また、サルコペニア高齢者に多く観察される老年症候群、特に尿失禁



に対しては、「運動+栄養群」および「運動群」で有意な改善が認められたが、「栄養群」では有意な改善がみられなかった。以上のことから、サルコペニア高齢者の筋量、筋力あるいは体力の改善を目的とした場合、運動指導ならびに栄養補充の両方は有効な手法であることが確認された。しかし、サルコペニア高齢者に有症率の高い老年症候群の改善のためには、運動介入の効果のほうがより優れている可能性が示唆された。

### おわりに

加齢に伴い、心身の機能の過剰な低下を示す虚弱、あるいはその中心的コンポーネントとなるサルコペニアは特に後期高齢者において有症率が上昇し、身体機能の障害や死亡と強く関連していることが指摘され、また QOL にも強く影響している<sup>18)</sup>。サルコペニアの原因あるいはその関連する要因は様々で複雑であるが、本稿で示したように身体活動低下や低栄養など可変要因の改善に焦点をあてた RCT によるサルコペニア予防策の効果の検討により、骨格筋量および筋力の増加あるいは生活機能維持に必要な運動能力の可能性が明らかとなった。今後、高齢者、特に後期高齢者におけるサルコペニアの予防あるいは改善のためには(現時点での有効な薬物療法が存在しない以上)運動および栄養による自助努力も含めた対策のみが有効と考えられる。

### 文 献

- 1) Bijlsma AY, et al : Chronology of age-related disease definition : osteoporosis and sarcopenia. *Aging Res Rev*, 11 : 320-324, 2012.
- 2) 島田裕之 : サルコペニアの操作的定義. 鈴木隆雄(監), 島田裕之(編), サルコペニアの基礎と臨床, pp. 12-21, 真興交易医書出版部, 2011.
- 3) Walston J, et al : Research agenda for frailty in older adults : toward a better understanding of physiology and etiology : summary from the American Geriatrics Society/National Institute on Aging Research Conference on Frailty in Older Adults. *J Am Geriatr Soc*, 54 : 991-1001, 2006.
- 4) Kwon J, et al : Concomitant lower serum albumin and vitamin D levels are associated with decreased objective physical performance among Japanese community-dwelling elderly. *Gerontology*, 53 : 322-328, 2007.
- 5) Baumgartner RN, et al : Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*, 147 : 755-763, 1998.
- 6) Iannuzzi-Sucich M, et al : Prevalence of sarcopenia and a predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 57 : M772-M777, 2002.
- 7) Visser M, et al : Low vitamin D and high parathyroid hormone level as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia). *J Clin Endocrinol Metab*, 88 : 5766-5772, 2003.
- 8) Moreland JD, et al : Muscle weakness and falls in older adults : a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*, 52 : 1121-1129, 2004.
- 9) Thelen DG, et al : Muscle activities used by young and old adults when stepping to regain balance during a forward fall. *J Electromyogr Kinesiol*, 10 : 93-101, 2000.
- 10) Wojcik LA, et al : Age and gender differences in peak lower extremity joint torques and ranges of motion used during singlestep balance recovery from a forward fall. *J Biomech*, 34 : 67-73, 2001.
- 11) Visser M, et al : Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci*, 60 : 324-333, 2005.
- 12) Lang TF, et al : Computed tomography measurements of thigh muscle cross-sectional area and attenuation coefficient predict hip fracture : The Health, Aging and Body Composition Study. *J Bone Miner Res* doi : 10. 1359/jbmr. 090807, 2009.
- 13) Sanada K, et al : A cross-sectional study of sarcopenia in Japanese men and women : reference values and association with cardiovascular risk factors. *Eur J Appl Physiol*, 110 : 57-65, 2010.
- 14) European Working Group on Sarcopenia in Older

- People. *Age & Aging*, 39 : 412-423, 2012.
- 15) Frisoli AJ, et al : Severe osteopenia and osteoporosis, sarcopenia, and frailty status in community-dwelling older women : results from the Women's Health and Aging study (WHAS) II. *Bone*, 48 : 952-957, 2011.
  - 16) 金 憲経ほか : 在宅高齢者におけるサルコペニア改善のための運動, アミノ酸補充の効果. *アミノ酸研究*, 4 : 55-58, 2010.
  - 17) 鈴木隆雄 : サルコペニアの重要性. 鈴木隆雄(監), 島田裕之(編), サルコペニアの基礎と臨床, pp. 2-9, 真興交易医書出版部, 2011.
  - 18) Kim H, et al : Effects of exercise and amino-acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women : A randomized controlled trial. *J Am Geriat Soc*, 60 : 16-23, 2012.

## 第18回日本未病システム学会学術総会

## ●シンポジウム2「サルコペニアの疫学・予防と対策」

地域在住高齢者における  
サルコペニア予防のための包括的介入金 憲経<sup>1)</sup>

## 要 約

加齢に伴う「骨格筋量」の減少は「筋の質」を表す筋力の衰えあるいは身体機能の低下をもたらし、とくに下肢筋力の衰えは歩行機能を著しく低下させ、ひいては転倒・骨折の危険因子となるなど、高齢者の活動的余命の延伸を考える上で、大変重要な問題である。骨格筋量の減少と関連する要因は、加齢、慢性疾患、骨格筋の不使用、栄養不良などさまざまである。

加齢に伴う骨格筋量の減少予防のためには、多様な要因の中で、可変因子を見出し、その因子の改善に焦点を当てた支援が有効である。可変因子として注目されているのは、骨格筋の不使用と栄養である。これらの背景を踏まえて、地域在住サルコペニア高齢者に対する運動、栄養補充の効果を調べるために、介入参加者155名をRCTにより運動+栄養群38名、運動群39名、栄養群39名、対照群39名に分け、運動群には週2回、1回当たり60分間の筋力強化と歩行機能の改善を目的とした包括的運動指導を、栄養群にはロイシン高配合の必須アミノ酸3gを1日2回補充する指導を、3ヶ月間実施した。介入前後における四肢の骨格筋量および通常歩行速度は運動群、栄養群、運動+栄養群の3群で有意な増加が観察されたが、膝伸展力は運動+栄養群だけで有意な向上であった。これらの結果を総合すると、サルコペニア予防のためには、運動指導に必須アミノ酸を含んだ栄養を補充する包括的介入がより効果的であることが強く示唆された。

**Key words** sarcopenia, comprehensive intervention, exercise, amino-acid supplementation

## 1. はじめに

絶えず変化していく人間のからだは、中年期を過ぎるとさまざまな組織の機能が低下した結果、環境変化への適応能力の衰えないしは機能喪失が徐々に増してくる。背景には、身体組成の構成要素である体脂肪や除脂肪組織量 (lean body mass : LBM) の変化が挙げられる。加齢に伴う身体組成の変化において、最も特徴的なのは脂肪組織量の増加と骨密度や骨格筋量の減少である。Forbesらによれば、LBMは、男性で0.34 kg/yr、女性で0.22 kg/yr減少し、LBM変化を詳細に検討すれば、真の老化現象を把握することができると指摘している<sup>1)</sup>。また、金らは20～88歳男女213名 (男性79名、女性134名)を対象にDual Energy X-ray Absorptiometry (DXA)法より求めたLBMの年代間を比較したところ、男女ともに20歳代に最大値 (男性=61.1 ± 6.7 kg、女性=41.5 ±

5.1 kg)を、80歳代に最低値 (男性=43.1 ± 5.5 kg、女性=31.7 ± 2.3 kg)を示し、男性では平均値で18.0 kg、女性では9.8 kgの差が観察され、女性よりも男性で差が大きいことを指摘している<sup>2)</sup>。一方、European Working Group on Sarcopenia in Older People報告では、「筋量減少」、「筋力低下」、「身体機能の低下」に着目し、筋量減少のみをPresarcopenia、筋量の減少に伴う筋力低下あるいは身体機能の低下をSarcopenia、筋量減少、筋力低下、身体機能の低下をSevere sarcopeniaに分類している<sup>3)</sup>。とくに下肢筋力の衰えは歩行機能を著しく低下させ、ひいては転倒・骨折の危険因子となるなど、高齢者の活動的余命を考える上で、大変重要な問題である。

## 2. サルコペニアへの定義および有症率

Baumgartnerらは、1993～1995年に地域在住高齢男

1) 東京都健康長寿医療センター研究所

■ Table 1. Skeletal muscle mass cutpoint values based on the definition of sarcopenia.

Study	Muscle estimate	Definition	Men	Women
Baumgartner, et al.	DXA	SMI, Young adults 2SD ↓	7.26	5.45
Tanko, et al.	DXA	SMI, Young adults 2SD ↓	*	5.40
Janssen, et al.	BI	SMI	8.50	5.75
Sanada, et al.	DXA	SMI, Young adults 2SD ↓	6.87	5.46
Chien, et al.	BI	SMI, Young adults 2SD ↓	8.87	6.42

SMI (skeletal muscle mass index)=ASM/Ht<sup>2</sup>, Ht=height (m).

ASM(kg)=appendicular skeletal muscle mass estimated by DXA or BI.

SD=standard deviation; DXA=dual-energy X-ray absorptiometry; BI=bioelectrical impedance.

女 808 名を対象に, DXA から得た「四肢の骨格筋量 (kg) / 身長<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>)」を skeletal muscle mass index (SMI) とし, SMI が 18 ~ 40 歳健康成人の平均から 2 標準偏差以下をサルコペニアと定義し, cutoff 値 (男性 7.26 kg / m<sup>2</sup>, 女性 5.45 kg / m<sup>2</sup>) を提案している. この基準によるサルコペニアの有症率は, 70 歳以下の男性 13.5 ~ 16.9 %, 女性 23.1 ~ 24.1 % の範囲であるが, 80 歳以上になると男性 52.6 ~ 57.6 %, 女性 43.2 ~ 60.0 に増え, 男性では disability, バランス障害, 歩行補助器使用, 転倒危険性の上昇, 女性では disability に対する OR が 4.08 と高まると指摘している<sup>4)</sup>. Chen らは, bioelectrical impedance analysis (BI) より得た筋肉量に基づき SMI を算出し, cutoff 値 (男性 8.87 kg / m<sup>2</sup>, 女性 6.42 kg / m<sup>2</sup>) を<sup>5)</sup>. Delmonico らは, The Health, Aging and Body Composition 研究参加者 2,976 名のデータを分析したところ, DXA より求めた下位 20 % の SMI の cutoff 値は男性 7.25 kg / m<sup>2</sup>, 女性 5.67 kg / m<sup>2</sup> と Baumgartner らの cutoff 値は顕著な差がないことから, 集団の下位 20 % をサルコペニアと定義しても妥当であると提案している<sup>6)</sup>. 一方, Iannuzzi-Sucich らは, 64 ~ 93 歳の女性 195 名, 64 ~ 92 歳の男性 142 名を DXA 法より求めた骨格筋量を Baumgartner らの定義にあてはめた際の有症率は, 女性で 22.6 %, 男性で 26.8 % であるが, 80 歳以上では, 女性 31.0 %, 男性 52.9 % と女性よりも男性で有症率の高いことを<sup>7)</sup>. Tanko らは, 18 ~ 39 歳の健康な女性の Lean tissue mass (kg) / Ht<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>) を基準とし, 基準より 2SD 以下をサルコペニアと定義した場合の有症率は, 40 ~ 49 歳で 3.3 %, 50 ~ 59 歳で 3.8 % と低く, 60 ~ 69 歳で 9.4 %, 70 歳以上で 12.3 % と上昇することを<sup>8)</sup>. Melton ら

は, 70 ~ 79 歳の男性 16.0 %, 女性 11.8 % であると報告している<sup>9)</sup>. 真田らは<sup>10)</sup>, 日本人成人男女 1,894 名を対象に DXA 法より求めた四肢の骨格筋量を用いて SMI を算出し, Baumgartner らの提案に従い, 18 歳から 40 歳の SMI の 2SD 以下をサルコペニアと定義し, cutoff 値男性 6.87 kg / m<sup>2</sup>, 女性 5.46 kg / m<sup>2</sup> を提案した (Table 1).

筆者は, 大都市部在住 75 歳以上の後期高齢女性 1,399 名の対象者の中で, 「SMI 6.42 kg / m<sup>2</sup> 以下」で「膝伸展力 1.01 Nm/kg 以下」あるいは「歩行速度 1.22 m/sec 以下」, 「BMI 22.0 以下」で, 「膝伸展力 1.01 Nm/kg 以下」あるいは「歩行速度 1.22 m/sec 以下」の基準に該当した場合をサルコペニアと操作的に定義し, 該当者 304 名 (21.7 %) を抽出した<sup>11)</sup>.

### 3. サルコペニアと関連する要因

サルコペニアの主要因である筋萎縮と筋繊維の減少は筋力の衰えと強く関連し, そのメカニズムの完全解明のための多くの研究が進行中である. しかし, サルコペニアには実に多くの要因が複雑に関わっていることを指摘している (Figure 1)<sup>12)</sup>. さらに, Baumgartner らは, 65 ~ 97 歳の男女 301 名を対象に骨格筋量の全分散に対する予知因子の説明率を調べたところ, 男性では, 膝の高さ 36.0 %, テストステロン指数 11.0 %, 身体活動 5 % であり, 女性では膝の高さ 38.0 %, 脂肪量 10.0 %, 身体活動 4.0 % であることを検出し, 女性の場合, 脂肪量と身体活動量の 2 つの要因で骨格筋量全分散の 14.0 % が説明できると指摘し, 高齢女性の骨格筋量の改善のためにこれらの要因の考慮が必要であると指摘している<sup>13)</sup>. Janssen