

図4 要支援者を対象に実践した転倒予防教室風景

## 6. 運動プログラムの例

### 1) 集中監視型指導 (図4, 図5)

#### ①指導の概要

- (1) 指導期間：3ヵ月
- (2) 指導時間：1回あたり90分間（運動指導60分間，生活指導30分間）
- (3) 運動頻度：週2回

#### ②運動プログラムの内容

- (1) 基本運動：ストレッチ中心
- (2) 主運動
  - (i) 筋力強化：筋力強化運動，ゴムバンド運動など
  - (ii) バランス能力の改善：バランス訓練，ボール運動など
  - (iii) 歩行能力の改善：横歩き，転びにくい歩き方など
- (3) 補助運動：椅子などを利用
- (4) 整理運動：ストレッチ中心

### 2) 監視型指導+家庭用運動プログラムの混合型

#### ①指導の概要

- (1) 指導期間：6ヵ月
- (2) 指導時間：1回あたり90分間
- (3) 指導頻度：2週1回+家庭用運動プログラム

#### (4) 指導の構成

- (i) 事前調査・測定
- (ii) 事後調査・測定
- (iii) 指導：運動指導（10回），生活指導（5回），健康相談（随時）
- (iv) 結果説明会
- (v) フォローアップ：1～2年

#### ②運動プログラムの内容

- (1) 基本運動：ストレッチ中心
- (2) 主運動
  - (i) 筋力強化：筋力強化運動，ゴムバンド運動，ダンベル運動など
  - (ii) バランス能力の改善：バランス訓練，ボール運動，太極拳など
  - (iii) 歩行能力の改善：横歩き，転びにくい歩

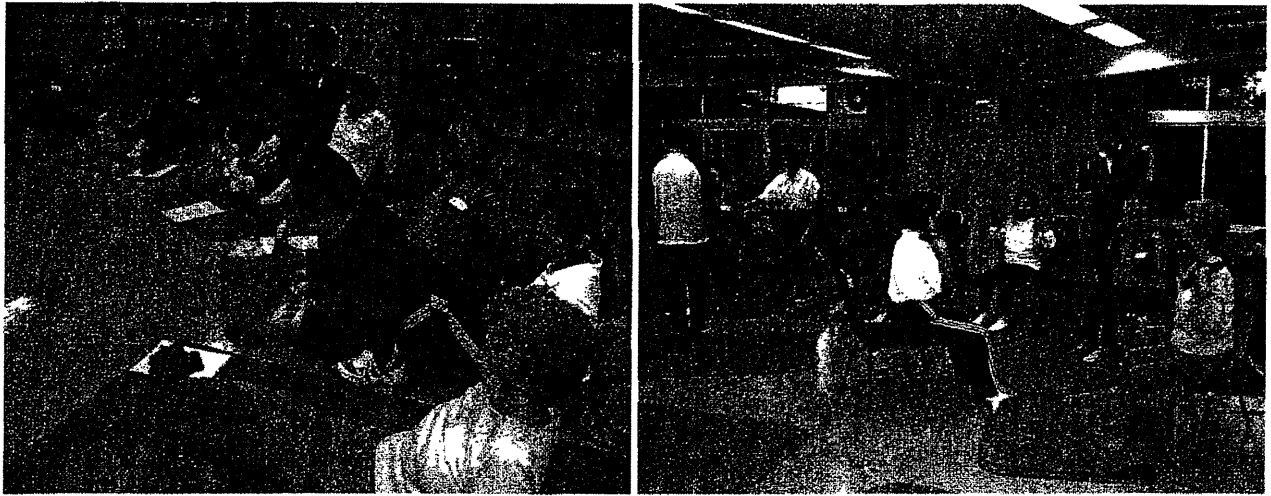


図5 後期高齢者を対象に実施した転倒予防教室風景

き方、ステップ台使用など

- (3) 補助運動：椅子などを利用
- (4) 整理運動：ストレッチ中心

### ③家庭用運動プログラムの構成

- (1) 1回目：基本体操＋軽い足の筋力強化
- (2) 2回目：基本体操＋軽い足・腹部の筋力強化
- (3) 3回目：基本体操＋軽い足・腹部・腰の筋力強化
- (4) 4回目：基本体操＋軽い足・腹部・腰の筋力強化＋補助運動
- (5) 5～10回目：基本体操＋漸増負荷の足・腹部・腰の筋力強化＋補助運動

## 7. 指導の段階

### 1) 第1期：基本体力づくり期

#### ①指導の目安

- (1) 柔軟体操：80%
- (2) 筋力強化体操：20%

#### ②指導のポイント

虚弱高齢者の場合、膝や腰に負担がかからないように、初期段階には椅子に腰掛けた姿勢で、刺激される部位を意識するように指導する。各動作はゆっくりおこなうように指導する。

### 2) 第2期：筋力強化期

#### ①指導の目安

- (1) 柔軟体操：20%
- (2) 筋力強化運動：80%

#### ②指導のポイント

立位が困難な人は椅子に腰掛けておこなう。円背により仰向きが困難な人は、枕やスポンジを後頭部に入れておこなう。腰痛の人は腹筋運動に注意する。新しく導入した運動については十分説明したうえで、徐々に習熟すればよいことを伝える。

### 3) 第3期：筋力・バランス能力改善期

#### ①指導の目安

- (1) 柔軟体操：10%
- (2) 筋力強化運動：50%
- (3) バランス訓練：40%

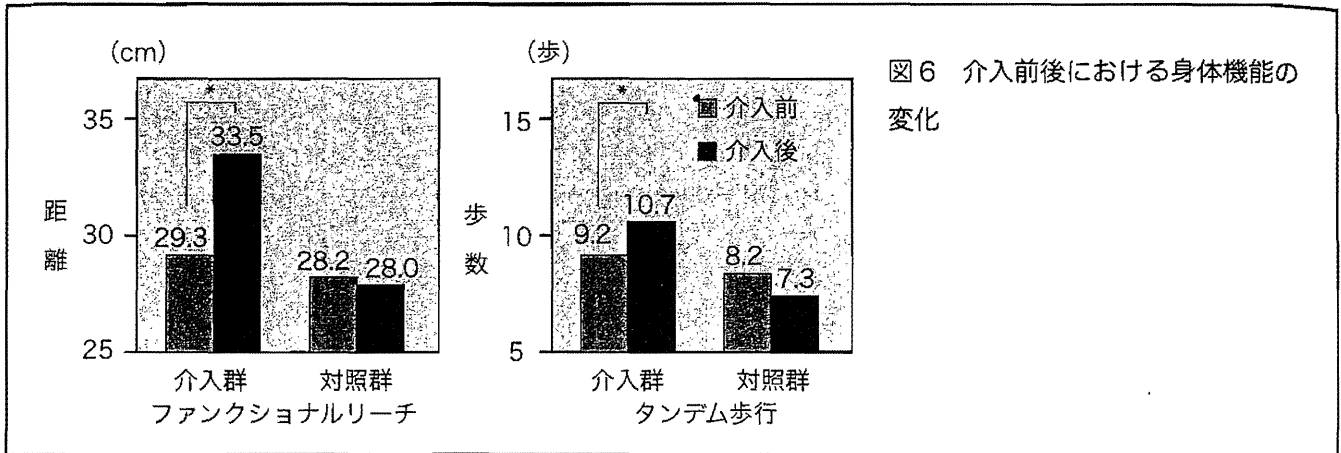


図6 介入前後における身体機能の変化

## ②指導のポイント

バランス訓練のときには、初期段階には時間をかけてゆっくりおこない、補助者を配置するなど細かな注意をはらう。

## 4) 第4期：筋力・バランス・歩行能力改善期

### ①指導の目安

- (1) 柔軟体操：10%
- (2) 筋力強化運動：30%
- (3) バランス訓練：30%
- (4) 歩行訓練：30%

### ②指導のポイント

体力水準や健康状態などを考慮し、すべての運動をおこなうことに力点を置くのではなく、自分に合った運動を選択する能力を高めるように指導する。バランス訓練や歩行訓練の際には、補助者を配置するなど安全面に注意する。

## 8. 地域高齢者の転倒予防をめざす運動プログラムの効果

われわれは、74歳以上の地域在住高齢者52名を介入群(28名)と対照群(24名)に分けて、介入群には転倒予防をめざす運動指導を2週間に1回の会場集団指導と、図3に示したような

家庭用運動プログラムを6ヵ月間にわたって提供した<sup>18)</sup>。その後、8ヵ月目、20ヵ月目に追跡調査をおこなった<sup>22)</sup>。以下に、得られた主な成果について述べる。

### 1) 体力の改善

#### ①主観的体力

転倒予防運動によって、身体が柔らかくなり、足の筋力が向上し、歩行が安定したなどの主観的体力に変化が観察された。

#### ②客観的体力

介入前後の身体機能の変化を比較した結果、介入群ではファンクショナルリーチ(前：29.3 ± 4.2 cm, 後：33.5 ± 4.7 cm)、タンデム歩行(前：9.2 ± 2.7 歩, 後：10.7 ± 0.9 歩)、下肢伸展力(前：19.9 ± 6.1 kg, 後：21.6 ± 4.3 kg)で有意な改善効果がみられたが、対照群では低下する傾向にあった(図6)。

プログラム終了後の身体機能の変化について追跡調査をおこなったところ、介入によって改善された身体機能は時間の経過とともにある程度は低下するが、開眼片足立ち、最大歩行速度、膝伸展力、ファンクショナルリーチは高い水準を維持していた。

## 2) 転倒関連要因

### ① 転倒関連意識

転倒予防運動を指導することによって、参加者の6割に自分自身で転倒を予防できるとの自信がついてきたとの意識の変化が観察された。

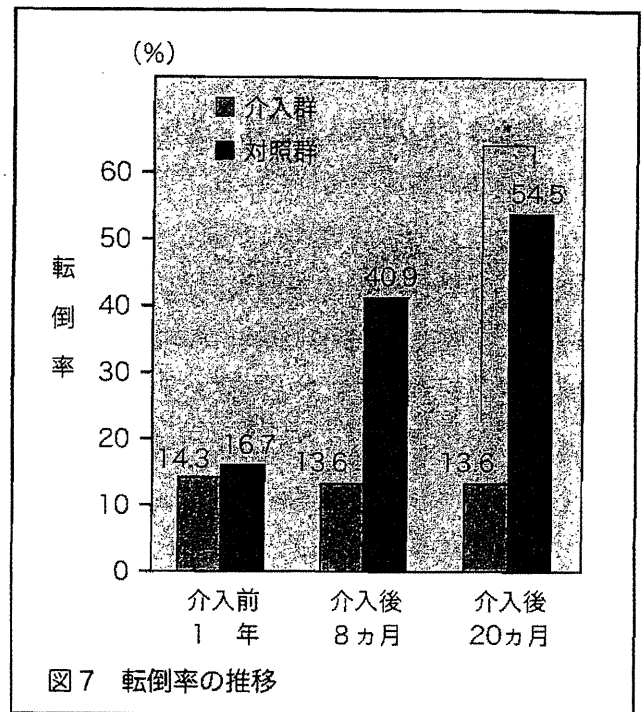
### ② 転倒恐怖感

転倒恐怖感についてたずねたところ、事前調査では、とても怖い40.6%、少し怖い15.6%であったが、事後調査では、とても怖い18.8%、少し怖い40.6%に改善した<sup>19)</sup>。Arfkenら<sup>20)</sup>とHowlandら<sup>21)</sup>は、転倒恐怖感を解消する処方が必要であると強調しているが、今後さらなる検討が必要である。

### ③ 転倒率

集団監視型運動プログラムに参加した人は、参加していない人に比べて、介入後初回転倒までの期間が延長し、転倒発生率や危険因子も有意に低下したと報告されている。身体機能が弱い人に転倒の危険性が高いことを考えると、対象者の状況を詳細に把握したうえで、参加者が継続して実行できる運動プログラムを提供することが肝要であると考えられる。

監視型指導と家庭用運動プログラムを併用する介入の有効性を検討するために、介入前の転倒率を調査した。介入前1年間の転倒率は、対照群16.7%、介入群14.3%であった。6ヵ月間の介入終了後、第1回目の追跡期まで(8ヵ月間)に発生した転倒率は対照群40.9%、介入群13.6%となった。その20ヵ月後に第2回目の追跡調査をおこない、累積転倒率を調査したところ、対照群54.5%、介入群13.6%であった(図7)<sup>22)</sup>。介入期間中に改善された身体機能が維持され、その後の転倒率の低下につながった可能性が示唆された。



## 9. 転倒経験者を対象とした研究結果

転倒経験者は転倒経験がない人に比べて身体機能が劣っているとの報告が多く、さらには転倒経験が再転倒の危険因子として指摘されている(表1)。Skeltonら<sup>23)</sup>は、過去1年間で3回以上転倒した65歳以上の在宅高齢女性81名を運動群50名と対照群31名に分け、運動群に週1回、1回あたり60分間、動的バランス、筋力、持久力、柔軟性、歩行機能の向上および転倒回避のための集団指導に家庭用運動プログラムを提供した。36週間指導したところ、転倒数は運動群が対照群に比べて31%も減ったことを指摘し、転倒経験者の転倒予防手段として、運動中心プログラムが有効であると強調している。

一方、Hauerら<sup>24)</sup>は、医療処置を要する転倒負傷、あるいは転倒が原因で入院した75歳以上の高齢女性57名を運動群31名と対照群26名に分け、運動群に週3回の筋力強化、バランス訓練を3ヵ月間指導した。その結果、介入群で筋力、歩行速度、バランスなどの身体機能が有意に改善

### III. 疾患別運動プログラム

した。介入群の転倒率は対照群に比べて25%減少したが、統計学的に有意ではない。転倒率の低下が有意ではない原因としては、集団の数が少ないことが起因すると指摘している。

Linら<sup>25)</sup>は、過去4週間に転倒した65歳以上の地域在住高齢者150名を運動群50名、環境改善群50名、教育群50名に分けて、2週に1回、4ヵ月間指導したあと、2ヵ月後および4ヵ月後に2回の追跡調査をおこない、そのデータを分析している。その結果、運動群のQoLおよびバランス、歩行、転倒恐怖感は、教育群に比べて有意に改善していたが、6ヵ月間の1,000人あたりの転倒率でみると、教育群2.4、環境改善1.1、運動群1.6と3群間で統計学的な有意差はみられなかった。

以上のように、転倒経験者の転倒予防を目的とした介入プログラムを提供するときには、対象者の数を十分確保するとともに対象者それぞれの特徴を十分把握したうえで、可変因子の改善を目的とした運動プログラムを提供することによって、再転倒の危険性が高い転倒経験者でも運動中心の介入が転倒率の減少に寄与する手段になると考える。

## 10. 施設入所者を対象とした研究結果

施設入所者を対象とした研究結果によれば、バランス、筋力、歩行速度などの身体機能、転倒率や初回転倒までの時間、転倒恐怖感に改善がみられないとの報告<sup>18) 19)</sup>が多く、部分的な改善効果がみられたとの報告はわずかである。

おわりに

転倒予防をめざす運動プログラム介入は、地域在住高齢者や転倒経験者を対象とするタイプと施設入所者に対するタイプに分けられる。地域在住

高齢者や転倒経験者を対象とする運動プログラムには、監視型指導プログラム、家庭用運動プログラム、監視型指導と家庭用運動プログラムの併用型などが主流である。運動時間40～90分間、運動期間3～6ヵ月、運動強度は自覚的運動強度12～14程度で指導すれば、いずれのプログラムにおいても転倒の危険因子の減少に有効であるとの成果が得られたことから、実際の取り組みには対象者の特性や地域条件を考慮したうえで、適した運動プログラムを採用すればよいと考えられる。しかし、施設入所者に対する運動プログラムの有効性については今後さらなる検討が必要である。

### 文 献

- 1) (財)東京都老人総合研究所：中年からの老化予防に関する医学的研究－サクセスフル・エイジングをめざして－。長期プロジェクト研究報告書, pp. 192-198, 2000.
- 2) 五十嵐三都男：老年者の大腿骨頸部骨折－2,000骨折について－。日老医誌, 32：15-19, 1995.
- 3) American Geriatrics Society：Guideline for the prevention of falls in older persons. J Am Geriatr Soc, 49：664-672, 2001.
- 4) 鈴木隆雄 他：地域高齢者の転倒発生に関連する身体的要因の分析的研究－5年間の追跡研究から－。日老医誌, 36：472-478, 1999.
- 5) 金 憲経 他：高齢者の転倒関連恐怖感と身体機能－転倒外来受診者について－。日老医誌, 38：805-811, 2001.
- 6) Greenspan SL, et al.：Fall direction, bone mineral density, and function：Risk factors for hip fracture in frail nursing home elderly. Am J Med, 104：539-545, 1998.
- 7) Tinetti ME, et al.：Risk factors for falls among elderly persons living in the community. N Engl J Med, 319：1701-1707, 1988.
- 8) Province MA, et al.：The effects of exercise on falls in elderly patients：A preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. JAMA, 273：1341-1347, 1995.
- 9) Rubenstein LZ, et al.：The value of assessing falls in an elderly population：A randomized clinical trial. Ann Intern Med, 113：308-316,

- 1990.
- 10) Reinsch S, et al. : Attempts to prevent falls and injury : A prospective community study. *Gerontologist*, 32 : 450-456, 1992.
  - 11) Mulrow CD, et al. : A randomized trial of physical rehabilitation for very frail nursing home residents. *JAMA*, 271 : 519-524, 1994.
  - 12) Lord SL, et al. : The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women : A randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 43 : 1198-1206, 1995.
  - 13) Hauer K, et al. : Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc*, 49 : 10-20, 2001.
  - 14) Day L, et al. : Randomized factorial trial of falls prevention among older people living in their own homes. *Br Med J*, 325 : 128-131, 2002.
  - 15) Rubenstein LZ, et al. : Effects of group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55 : M317-M321, 2000.
  - 16) Tennstedt S, et al. : A randomized, controlled trial of a group intervention to reduce fear of falling and associated activity restriction in older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 53 : 384-392, 1998.
  - 17) Shumway-Cook A, et al. : The effect of multi-dimensional exercise on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. *Phys Ther*, 77 : 46-57, 1997.
  - 18) 金 憲経 : 地域虚弱高齢者の総合的な機能回復を支援する体力・健康づくりシステムの構築. 科学研究補助金 (基盤研究 C) 研究成果報告書, pp. 13-36, 2003.
  - 19) 金 憲経 他 : 地域高齢者の転倒予防を目指す介入プログラムとその成果. *理学療法*, 31 : 26-32, 2002.
  - 20) Arfken CL, et al. : The prevalence and correlates of fear of falling in elderly persons living in the community. *Am J Public Health*, 84 : 565-570, 1994.
  - 21) Howland J, et al. : Covariates of fear of falling and associated activity curtailment. *Gerontologist*, 38 : 549-555, 1998.
  - 22) Suzuki T, et al. : Randomized controlled intervention for the prevention of falls in community-dwelling elderly Japanese women. *J Bone Miner Metab*, 22 : 602-611, 2004.
  - 23) Skelton D, et al. : Tailored group exercise (falls management exercise-FaME) reduces falls in community-dwelling older frequent fallers (an RCT). *Age Ageing*, 34 : 636-639, 2005.
  - 24) Hauer K, et al. : Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc*, 49 : 10-20, 2001.
  - 25) Lin MR, et al. : A randomized, controlled trial of fall prevention programs and quality of life in older fallers. *J Am Geriatr Soc*, 55 : 499-506, 2007.
- (金 憲経, 金 美芝, 田中喜代次)

# 地域在住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

<sup>1</sup>東京都健康長寿医療センター研究所, <sup>2</sup>味の素株式会社,

<sup>3</sup>国立長寿医療センター研究所

金 憲経<sup>1</sup>, 齋藤京子<sup>1</sup>, 吉田英世<sup>1</sup>, 加藤弘之<sup>2</sup>, 小林久峰<sup>2</sup>, 片山美和<sup>2</sup>, 鈴木隆雄<sup>3</sup>

## **Effects of exercise and amino acid supplementation for sarcopenia in community-dwelling elderly people**

Hun-kyung Kim<sup>1</sup>, Kyoko Saito<sup>1</sup>, Hideyo Yoshida<sup>1</sup>, Hiroyuki Kobayashi<sup>2</sup>,  
Hisamine Kato<sup>2</sup>, Miwa Katayama<sup>2</sup> and Takao Suzuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, Tokyo, Japan

<sup>2</sup>Ajinomoto Co. Inc., Kawasaki, Japan

<sup>3</sup>National Institute for Longevity Sciences, Aichi, Japan

## 地域在住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

<sup>1</sup>東京都健康長寿医療センター研究所, <sup>2</sup>味の素株式会社,

<sup>3</sup>国立長寿医療センター研究所

金 憲経<sup>1</sup>, 齋藤京子<sup>1</sup>, 吉田英世<sup>1</sup>, 加藤弘之<sup>2</sup>, 小林久峰<sup>2</sup>, 片山美和<sup>2</sup>, 鈴木隆雄<sup>3</sup>

### Effects of exercise and amino acid supplementation for sarcopenia in community-dwelling elderly people

Hun-kyung Kim<sup>1</sup>, Kyoko Saito<sup>1</sup>, Hideyo Yoshida<sup>1</sup>, Hiroyuki Kobayashi<sup>2</sup>,  
Hisamine Kato<sup>2</sup>, Miwa Katayama<sup>2</sup> and Takao Suzuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, Tokyo, Japan

<sup>2</sup>Ajinomoto Co. Inc., Kawasaki, Japan

<sup>3</sup>National Institute for Longevity Sciences, Aichi, Japan

#### はじめに

人間の緒機能は、常に変化する属性を持ち、個体の潜在能力が効率よく発揮できる方向へ変えていくのが一般的である。しかし、中年期を過ぎると様々な組織の機能が十分発揮できなくなり、環境変化への適応能力の低下ないしは機能喪失が徐々に増してくる。その背景要因の一つに、体脂肪やLBM (lean body mass) の変化が挙げられる<sup>1)</sup>。中でも、骨格筋量の減少 (Sarcopenia)<sup>2)</sup> は、筋力の衰え、身体機能の低下をもたらし、身体的障害あるいは老年症候群の発症と密接に関わっていることが多くの疫学調査で指摘されている。骨格筋量の減少には性、年齢、身長、体重、BMI、テストステロン、脂肪量、不活動、ビタミンD、低栄養など様々な要因が複雑に関わっている<sup>3,4)</sup>。サルコペニア予防策を構築するためには、多くの危険因子の中で、可変因子の改善を目的とした取り組みが有効であり、Fiataroneら (1994) は、骨格筋の不使用と低栄養の改善に焦点を当てた介入が有効であると指摘している<sup>5)</sup>。

#### サルコペニア予防のための戦略

加齢に伴う骨格筋量の減少を予防したり、委縮した骨格筋の機能を回復させるためには、筋に適当な刺激を与えるトレーニングが有効的と考える。しかし、虚弱高齢者を対象とする場合には、筋力発揮に伴うメカニカルストレスの増大や循環器への負担が懸念され、無理のないトレーニングが原則である。運動効果について調べた研究によれば、日常的活動レベルが低く、筋力低下が進んでしまった虚弱高齢者であっても筋力増大の効果が報告されている。虚弱高齢者における著しい筋力増大効果は、筋肥大よりも神経系の機能改善に起因するものと考えられてきた。しかし、最近の研究により高齢者でも筋

肥大が起こることが確かめられている<sup>5)</sup>。

Fiataroneら (1994) は、72~98歳の長期施設入所者100名を対象に、筋力強化運動、栄養補充効果を検証した。その結果、筋力強化運動群では筋力113% (P<0.01)、歩行速度11.8% (P=0.02)、階段昇降機能28.4% (P=0.01)と有意に上昇したが、太腿の筋断面積2.7% (P=0.11)増加に止まった。一方、240mlの栄養補充 (炭水化物60%、脂肪23%、タンパク質17%) の効果は検証されなかったと指摘している<sup>6)</sup>。これらの結果は、サルコペニアの改善のためには単なる栄養補充ではなくて、骨格筋量の減少メカニズムを把握した上での処置が必要であることを示唆する試験である。高齢者における骨格筋量の減少 (サルコペニア) 背景は、高齢者では、筋タンパク質の合成と分解が減弱し、その結果としてサルコペニアが起こるということである。よって、骨格筋量の予防・改善には筋タンパク質合成促進が有効と考える。骨格筋タンパク質合成は血液中のアミノ酸濃度に影響され、血液中のアミノ酸濃度が上昇すると筋タンパク質合成速度が速やかに増加するが、分解速度は変化しないことが指摘されている<sup>7)</sup>。特に、高ロイシン含量の必須アミノ酸は比較的少量で筋タンパク質合成が促進されることを検証したことから、その長期摂取による骨格筋量の改善が期待できる<sup>8)</sup>。

#### サルコペニア改善のための運動、アミノ酸補充の効果

##### 1) サルコペニア高齢者の特徴

これらの背景を踏まえて、筆者は、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。その結果、サルコペニア群は正常群に比べて、年齢が高く、下腿三頭筋周囲、BMI、筋肉量が有意に低値を示すとともに、健康度自己



表1. サルコペニア群と正常群の調査項目の比較

項目	サルコペニア群	正常群	p値
年齢 (歳)	79.49 ± 2.93	78.51 ± 2.77	<0.001
下腿三頭筋周囲 (cm)	30.17 ± 2.03	33.92 ± 2.60	<0.001
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	18.98 ± 2.01	23.74 ± 2.84	<0.001
筋肉量 (kg)	26.92 ± 2.61	31.73 ± 3.16	<0.001
健康度自己評価, 健康 (%)	75.7	85.8	<0.001
外出頻度, 少ない (%)	4.6	2.5	0.051
運動習慣, 有 (%)	27.3	33.5	0.039
既往歴, 有 (%)			
高血圧	51.0	58.0	0.029
高脂血症	32.2	40.5	0.009
貧血症	4.6	2.2	0.022
骨粗鬆症	38.2	30.7	0.014
骨折	28.6	22.9	0.038

評価, 定期的な運動習慣を持っている者の割合は低かったが, 外出頻度低下者の割合は高かった。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, 高脂血症は正常群より低かった(表1)。

## 2) 運動, アミノ酸補充の効果

サルコペニア改善のための運動, アミノ酸補充の効果を検証するために, 介入参加希望者をRCTにより運動群と栄養群に分け, 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, LBMは運動群で24%, 栄養群で4.6%の有意な向上が, 歩行速度は, 運動群で18.6%, 栄養群で10.3%の顕著な向上が確認され(図1), 地域在住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。しかし, サルコペニア高齢者に多く観察される尿失禁は, 運動群で38.9%から

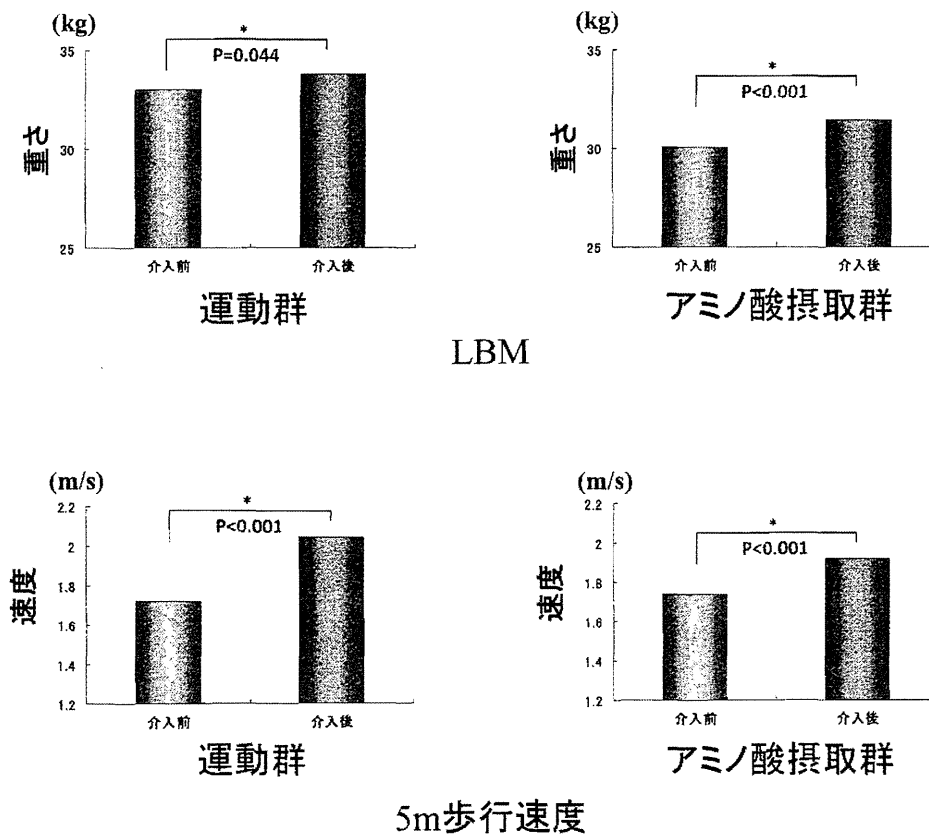


図1. 3ヶ月間の運動, アミノ酸摂取の介入がLBMおよび歩行速度に及ぼす影響

19.4% (P=0.021) と有意に改善されたが、栄養群では有意な改善が見られなかった。以上のことから、サルコペニア高齢者のLBMあるいは体力の改善を目的とした場合には、運動指導あるいは栄養補充の両方とも有効な手法であることが確認されたが、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、運動介入の効果が優れる可能性が示唆された。

acid supplementation on muscle mass, strength and physical function in elderly. *Clin Nutr* **27** : 189-195.

#### おわりに

骨格筋量の減少に伴う筋力の衰えを意味するサルコペニアは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ている。サルコペニアと関連する要因は様々で複雑であるが、不活動や栄養など可変要因の改善に焦点を当てた予防策の効果を検討したところ、骨格筋量の増加、体力の向上には、運動指導、栄養指導ともに有効であった。しかし、サルコペニア高齢者に多く見られる老年症候群の解消には、運動指導がより有効であることを検証した。

#### 文献

- 1) 金憲経, 田中喜代次, 天貝均, 鈴木隆雄 (1999) 身体組成の加齢に伴う変化: DXA法による検討. *体育学研究* **44** : 500-509.
- 2) Rossenbergh IH (1989) Summary comments. *Am J Clin Nutr* **50** : 1231-1233.
- 3) Baumgartner RN, Waters DL, Gallagher D, Morley JE, Garry PJ (1999) Predictors of skeletal muscle mass in elderly men and women. *Mech Ageing Dev* **107** : 123-136.
- 4) 金憲経, 吉田英世 (2010) 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* **48** : 191-195.
- 5) Frontera WR, Meredith CN, O'reilly KP, Knuttgen HG, Evans WJ (1988) Strength conditioning in older men: Skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol*, **64** : 1038-1044.
- 6) Fiatarone MA, O' Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, Evans WJ (1994) Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med* **330** : 1769-1775.
- 7) Bohe J, Low A, Wolfe RR, Rennie MJ (2003) Human muscle protein synthesis is modulated by extracellular, not intramuscular amino acid availability: A dose-response study. *J Physiol* **552** : 315-324.
- 8) Borsheim E, Bui QT, Tissier S, Kobayashi H, Ferrando AA, Wolfe RR (2008) Effect of amino

特集：ロコモティブシンドロームと生活習慣病

3. ロコモティブシンドロームの発症メカニズム

4) サルコペニアと  
ロコモティブシンドローム

Kim Hunkyung  
金 憲経

## ロコモティブシンドロームと生活習慣病



### 3. ロコモティブシンドロームの発症メカニズム

## 4) サルコペニアと ロコモティブシンドローム

Kim Hunkyung  
金 憲経\*

\*東京都健康長寿医療センター研究所

### はじめに

人間の諸機能は、中年期を過ぎると低下ないしは喪失が徐々に増してくる。その背景要因の1つに、体組成の変化が挙げられる。加齢に伴う体組成の変化の中で、最も特徴的なのは脂肪組織量の増加と、骨や骨格筋を含んだ徐脂肪組織量(fat-free mass: FFM)の低下である。加齢に伴うFFMの変化は、男性で0.34 kg/yr、女性で0.22 kg/yr減少することが<sup>1)</sup>、筋肉量は、男性で0.19 kg/yr、女性で0.11 kg/yr減少するが、50歳代以降では下肢骨格筋量の減少が顕著であることが指摘されている<sup>2)</sup>。加齢に伴って筋肉量や骨格筋量が減少すると、筋の質を表す筋力の衰弱をもたらし、特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・骨折の原因となるなど、高齢者の移動能力を制限してしまう重大な要因である。

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。身体活動は骨、筋肉、関節、神経などの組織や器官の機能的連合によって産出される結果であり、どれか1つ不具合になっても上手く働かない。

ここでは、ロコモとサルコペニア(sarcopenia)に共通の媒介要因として考えられる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や位置づけについて簡単に紹介する。

表1 性・年齢・人種別にみたサルコペニアの有症率

年齢群 (歳)	男性		女性	
	ヒスパ ニック (n=221)	白人 (n=205)	ヒスパ ニック (n=209)	白人 (n=173)
<70	16.9	13.5	24.1	23.1
70~74	18.3	19.8	35.1	33.3
75~80	36.4	26.7	35.3	35.9
>80	57.6	52.6	60.0	43.2

(文献4より引用)

### サルコペニアの定義および有症率

加齢に伴って徐々に起こり得る筋肉量の減少や筋力の衰えを表す言葉として「sarcopenia」が1989年以降使用され<sup>3)</sup>、老年症候群の発症と深く関わっていることから注目されるようになっていく。

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ものの1つとしては、Baumgartnerらの定義がある。この定義は、二重エネルギー X線吸収法(dual energy x-ray absorptiometry, DXA)から求めた四肢の筋量(appendicular skeletal muscle mass: ASM)を身長(m<sup>2</sup>)で除したskeletal muscle mass index (SMI)を指標としたものである。サルコペニアの定義は、18~40歳成人のSMI平均より2 SD以下の場合とされている。この定義に基づく有症率は、70歳以下の高齢者で13.5~24.1%の範囲であるが、80歳以上になると43.2~60.0%に上昇する(表1)。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

表2 サルコペニア選定に用いた骨格筋量のカットポイント

報告者	筋量の測定法	定義	男性	女性
Baumgartner, et al	DEXA	ASM/Ht <sup>2</sup> , 若年成人2SD ↓	7.26	5.45
Tanko, et al	DEXA	ASM/Ht <sup>2</sup> , 若年成人2SD ↓	*	5.40
Janssen, et al	BI	SMI	8.50	5.75
Chien, et al	BI	SMI, 若年成人2SD ↓	8.87	6.42
Sanada, et al	DEXA	ASM/Ht <sup>2</sup> , 若年成人2SD ↓	6.87	5.46

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

SM(kg) = skeletal muscle mass estimated by BI.

SMI = SM/Ht<sup>2</sup>, Ht = height.

(文献4より引用)

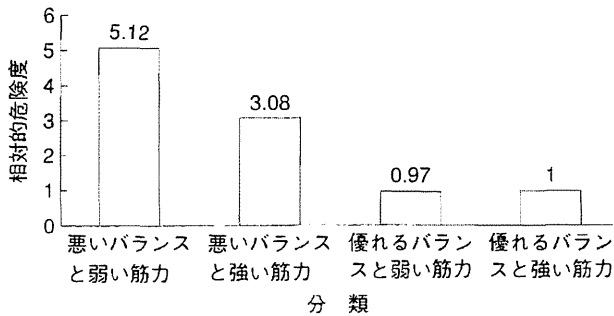


図1 歩行障害の予知因子

(文献5より引用)

提案するとともに, disabilityと密接に関連する(表2)ことから, サルコペニアは高齢期の大きな健康問題としてとらえるべきであると強調している<sup>4)</sup>.

### 歩行機能には筋力とバランスが密接に関わっている

歩行機能は, 体力全般の代表的な指標である。外出を楽にし, 活動範囲を広げ, 元気で長生きを実現するためには, 歩行機能の維持・向上は不可欠な要素である。高齢者歩行パターンの特徴は, 歩行速度の低下, 歩幅の短縮, 歩隔の増大, 両脚支持時間の延長, 遊脚期での足の挙上の低下, 腕の振りの減少, 不安定な方向転換などである。高齢者に多くみられる歩行機能の低下は, 死亡率の上昇, 転倒率の増加, 生活機能の障害など, 様々な指標と密接に関わっていることが多くの研究で指摘されている。

Rantanenらが, 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結果によれば, 「筋力の減少とバランス能力の低下」という条件の対象者は「優れる筋力とバランス機能」を有する対象者に比べて, 歩行障害発生の危険性の高いことを指摘し(RR=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ている(図1)<sup>5)</sup>.

### サルコペニアの高齢者の特徴

筆者は, 大都市部在住の75歳以上の後期高齢女性1,399名を対象に, 「四肢の骨格筋量が少ない」「BMIが低い」「膝伸展力が低い」3つの基準に該当する場合をサルコペニアと定義し, 該当者304名(21.7%)を抽出し, 特徴を調べている。その結果によれば, サルコペニア高齢者は, 年齢が高く, 下腿三頭筋周囲, BMI, 筋肉量は低値を示すとともに健康度自己評価, 定期的な運動習慣をもっている者の割合も低いという傾向である。しかし, 外出頻度が少ない者の割合は高値を示し, サルコペニアと判定された高齢者は活動量が少なく, 自分の健康に対する自信感を喪失している者が多いと推測できる。一方, 既往歴においては, 貧血症, 骨粗鬆症, 骨折歴は有意に高い割合を示しているが, 高血圧症, 脂質異常症は正常群より低い割合を示していることから, サルコペニア高齢者の場合, 骨粗鬆症に伴う骨折危険性が高いことが示唆されている(表3)。さらに, サルコペニア高齢者の歩行機能を調べるために, 5mの最大歩行速度を計測し, サルコペニア群と正常群を比較したところ, 図2に示した通りに, サルコペニア群は1.58±0.34 m/sec, 正常群は1.71±0.36 m/secとして, サルコペニア群の歩行速度が有意に低いことが確認されている<sup>6)</sup>。

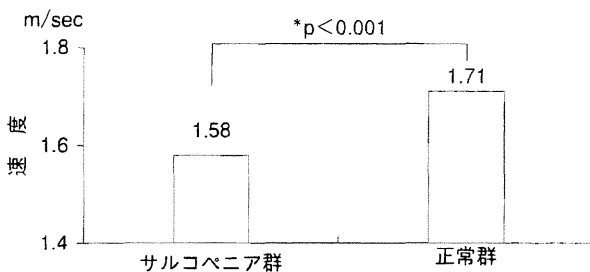
### サルコペニアと関連する要因

老化に伴う筋骨格筋量減少の原因としては, 加齢, IGF-1の分泌減少, 慢性疾患, アンドロゲン・エストロゲン分泌の減少, 炎症性サイトカインの増加, 身体活

表3 サルコペニア群と正常群の調査項目の比較

項目	サルコペニア群	正常群	p値
年齢(歳)	79.49 ± 2.93	78.51 ± 2.77	<0.001
下腿三頭筋周囲(cm)	30.17 ± 2.03	33.92 ± 2.60	<0.001
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	18.98 ± 2.01	23.74 ± 2.84	<0.001
筋肉量(kg)	26.92 ± 2.61	31.73 ± 3.16	<0.001
健康度自己評価, 健康(%)	75.7	85.8	<0.001
外出頻度, 少ない(%)	4.6	2.5	0.051
運動習慣, 有(%)	27.3	33.5	0.039
既往歴, 有(%)			
高血圧	51.0	58.0	0.029
高脂血症	32.2	40.5	0.009
貧血症	4.6	2.2	0.022
骨粗鬆症	38.2	30.7	0.014
骨折	28.6	22.9	0.038

(文献6より引用)

図2 サルコペニア判定者と通常者の最大歩行速度の比較  
(文献6より引用)

動量の減少, 栄養摂取量の不足が指摘されているが, そのメカニズムは未だ完全には解明されていない。しかし, これらの要因が複合的に作用した結果, 筋タンパク質の分解量が合成量を上回ることによって, 骨格筋量は徐々に減少するのである。しかし, 骨格筋タンパク質合成を促進することができれば, 筋量の減少を抑制し, 有効なサルコペニア対策として考えられる。

高齢者においても, レジスタンス運動によって, 筋肉量や筋力の増大効果が確認されている<sup>7)</sup>。さらに, 必須アミノ酸の投与によって骨格筋タンパク質の合成促進も認められている<sup>8)</sup>ことから, 運動と必須アミノ酸補充は有効なサルコペニア対策として注目されている。

### サルコペニア改善のための運動, アミノ酸補充の効果

地域在住サルコペニア高齢者の筋力向上や歩行機能の改善には, どのような取り組みが有効であるかに対する答えを得るために行った介入について, 簡単に紹

介する。

介入効果を確実に得るためには, サルコペニアと関連する様々な要因の中で, 可変因子を見出すことが必要である。筆者は, サルコペニアには不活動と筋タンパク質合成能力の低下が密接に関わっているとの先行研究に着目し, 不活動を解消するための運動指導, 筋タンパク質の合成を促進するための必須アミノ酸補充の効果について調べている。

介入効果を客観的に検証するために, 介入参加希望者をRCTにより運動群と栄養群に分け, 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を1日2回補充する指導を, 3カ月間実施した。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, LBMは運動群で2.4%, 栄養群で4.6%の有意な向上が, 歩行速度は, 運動群で18.6%, 栄養群で10.3%の顕著な向上が確認され(図3), 地域在住サルコペニア高齢者の身体組成や体力を改善するためには, 運動指導のみならずアミノ酸補充も有効であることが示唆されている。しかし, サルコペニア高齢者に多く観察される尿失禁は, 運動群で38.9%から19.4%( $P=0.021$ )と有意に改善されたが, 栄養群では有意な改善が認められていない。以上のことから, サルコペニア高齢者のLBMあるいは体力の改善を目的とした場合には, 運動指導のみならず栄養補充も有効な手法であることが確認されたが, サルコペニア高齢者に有症率の高い老年症候群の改善には, 運動介入の効果が優れる可能性が示唆されている。

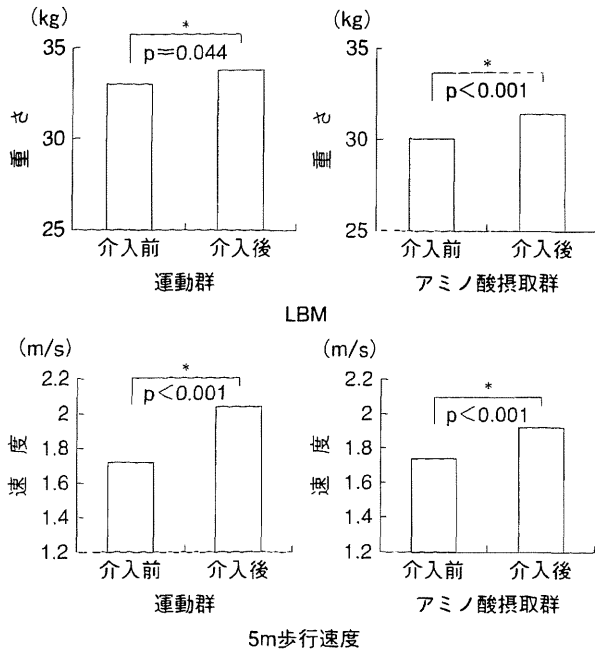


図3 3カ月間の運動、アミノ酸摂取の介入がLBMおよび歩行速度に及ぼす影響

(文献9より引用)

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取り組みは、ロコモの改善にも応用できると考えられる。なぜならば、筋力の低下はロコモティブシンドローム出現と強く関わっているからである。

## おわりに

骨格筋量の減少に伴う筋力の衰えを意味するサルコペニアは後期高齢者において有病率が上昇し、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ている。サルコペニアと関連する要因は様々で複雑であ

るが、不活動や栄養など可変要因の改善に焦点を当てた改善策の効果を検討したところ、骨格筋量の増加、体力の向上には、運動指導、栄養指導ともに有効であった。しかし、サルコペニア高齢者に多くみられる老年症候群の解消には、運動指導がより有効であることを検証した。

## 文献

- 1) Forbes GB: The adult decline in lean body mass. Hum Biol 1976; 48: 161-173.
- 2) Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, et al: Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. J Appl Physiol 2000; 89: 81-88.
- 3) Rossenbergh IH: Summary comments. Am J Clin Nutr 1989; 50: 1231-1233.
- 4) Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, et al: Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. Am J Epidemiol 1998; 147: 755-763.
- 5) Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L, et al: Coimpairments as predictors of severe walking disability in older women. J Am Geriatr Soc 2001; 49: 21-27.
- 6) 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.
- 7) 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 1994; 330: 1769-1775.
- 8) 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 2006; 291: E381-E387.
- 9) 金 憲経, 齋藤京子, 吉田英世ほか: 地域在住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 2010; 4: 55-57.

### *The Relationship between Sarcopenia and Locomotive Syndrome in Elderly People*

Hunkyung Kim\*

\*Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

The prevalence of sarcopenia, which is the loss of skeletal muscle mass and muscle strength, has increased among the elderly and it has been indicated that sarcopenia is strongly related to functional disability, falls, morbidity, and mortality. Locomotive syndrome is a musculoskeletal disorder which decreases mobility and increases the risk of admission to long-term care. Physical activity

is the result of the combination of structures and organs such as bones, muscles, joints and nerves functioning together, and smooth movement is difficult when one of these structures disorder. Here we have assumed that the potentially preventable factor relating locomotion and sarcopenia is the decrease in muscle strength, and we have also described effective interventions to improve walking ability.

Although there are many complex factors related to locomotion and sarcopenia, but we have focused on the examination of reversible factors such as inactivity and nutrition. As a result, guidance and direction in both exercise and nutrition supplementation were effective in increasing skeletal muscle mass and muscle strength. However, exercise was more effective in reducing geriatric syndrome such as urinary incontinence often seen in sarcopenic older adults.



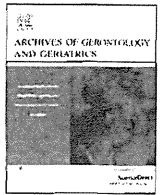


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Archives of Gerontology and Geriatrics

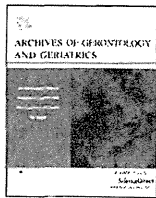
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/archger](http://www.elsevier.com/locate/archger)



**The effects of multidimensional exercise on functional decline, urinary incontinence, and fear of falling in community-dwelling elderly women with multiple symptoms of geriatric syndrome: A randomized controlled and 6-month follow-up trial**

**Hunkyung Kim \*, Hideyo Yoshida, Takao Suzuki**

*Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, 35-2 Sakaecho Itabashi-ku, Tokyo 173-0015, Japan*



# The effects of multidimensional exercise on functional decline, urinary incontinence, and fear of falling in community-dwelling elderly women with multiple symptoms of geriatric syndrome: A randomized controlled and 6-month follow-up trial

Hunkyung Kim\*, Hideyo Yoshida, Takao Suzuki

Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology, 35-2 Sakaecho Itabashi-ku, Tokyo 173-0015, Japan

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 6 April 2009

Received in revised form 12 December 2009

Accepted 5 February 2010

Available online 7 March 2010

### Keywords:

Functional decline

Urinary incontinence

Fear of falling

Multiple symptoms of geriatric syndrome

Multidimensional exercise

## ABSTRACT

This study assessed the effects of multidimensional exercises on functional decline, urinary incontinence, and fear of falling in community-dwelling Japanese elderly women with multiple symptoms of geriatric syndrome (MSGs). Sixty-one participants were randomly assigned either to an intervention ( $n = 31$ ) or to a control group ( $n = 30$ ). For 3-month period, the intervention group received multidimensional exercise, twice a week, aiming to increase the muscle strength, walking ability, and pelvic floor muscle (PFM). Outcome variables were measured at baseline, and after intervention and follow-up. The functional decline of the intervention group decreased from 50.0% at baseline to 16.7% after intervention and follow-up ( $Q = 16.67, p < 0.001$ ). For urinary incontinence, the intervention group decreased from 66.7% at baseline to 23.3% after intervention and 40.0% at follow-up ( $Q = 13.56, p = 0.001$ ), whereas the control group showed no improvement. Intervention group showed greater and significant decrease in the score of MSGS compared to control group ( $F = 12.66, p = 0.001$ ). Within the subjects that showed improvement to normal status of MSGS, a significantly higher proportion demonstrated increased maximum walking speed at follow-up ( $Q = 6.50, p = 0.039$ ). These results suggest that multidimensional exercise is an effective strategy for reducing geriatric syndromes in elderly population. An increase in walking ability may contribute to the improvement of MSGS.

© 2010 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.

## 1. Introduction

The geriatric syndrome such as functional decline, urinary incontinence, and fear of falling are used to capture those clinical conditions that do not fit into discrete disease categories, and are serious problems among the elderly population (Inouye et al., 2007). Many studies have demonstrated that a decline in walking speed, muscle strength and balance ability of the elderly is strongly associated with the development of geriatric syndrome (Vellas et al., 1997; Ishizaki et al., 2000; Maggi et al., 2001).

It is well documented that as age advances, the proportion of people with more than one symptom of geriatric syndrome increases. In addition, people with MSGS have an increased prevalence of functional disability and mortality compared to people with only one or no symptoms present. Several studies have put emphasis on the fact that multidimensional exercises focusing on strength, balance, and mobility improvement, even into

advanced age, was helpful in reducing functional decline, urinary incontinence and fear of falling (Nelson et al., 2004; Gitlin et al., 2006; Kim et al., 2007). These previous studies validated the effectiveness of the multidimensional exercises focusing on the improvement of a single geriatric syndrome such as functional decline or urinary incontinence, but did not provide any information on whether the subjects possessed symptoms other than functional decline or urinary incontinence. One study demonstrated (Tinetti et al., 1995) that falls and urinary incontinence were associated with the occurrence of functional decline, and that the identification of shared risk factors associated with falls and urinary incontinence is the key in establishing effective and efficient interventional strategies. However, few multidimensional exercises studies have been performed in community-dwelling elderly persons with MSGS.

In the present study, we hypothesize that deteriorations in muscle strength, walking and balance ability are common risk factors associated with functional decline, urinary incontinence and fear of falling. We conducted a randomized and controlled trial to evaluate the effects of the multidimensional exercises targeted at reducing the symptoms of functional decline, urinary inconti-

\* Corresponding author. Tel.: +81 3 3964 3241x3060; fax: +81 3 3964 2316.  
E-mail address: [kimhk@tmig.or.jp](mailto:kimhk@tmig.or.jp) (H. Kim).

nence, and fear of falling in community-dwelling Japanese elderly women with MSGS.

## 2. Methods

### 2.1. Study sample and procedures

Overall health surveys were conducted at the Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology (TMIG), aiming at early screening of geriatric syndromes in elderly persons and at developing intervention strategies, which would reduce those geriatric syndromes. As subjects, 1016 women were chosen randomly from the Basic Resident Register as persons aged 70 or older residing in Itabashi ward of Metropolitan Tokyo.

A letter outlining the study and describing its objective, and the way that the personal data would be used was mailed to the elderly women selected, inviting them to participate in the study. The baseline survey was conducted in November 2004, and 669 women aged 70 years and older participated.

The participants were screened based on three geriatric syndromes: functional decline, urinary incontinence, and fear of falling. A person who was reported as having two or more geriatric syndromes present was defined as having MSGS. Out of the 669 women participated, 102 were classified as having MSGS (Fig. 1). A pamphlet containing information on the "Exercise Classes for the Treatment of Geriatric Syndromes" was mailed to the 102 potential participants. A response was obtained from 74 of them, of whom 61 were willing to participate. There were no statistically significant differences in physical fitness, age, and geriatric syndromes between the 61 willing participants and the 41 unwilling ones including those who did not submit any response. The research protocol was approved by the institutional review board, and informed consent was obtained from each participant.

### 2.2. Randomization

After baseline assessment, subjects were divided into two groups with an allocation ratio of 1:1 according to computer-generated random numbers. There was no attempt to equalize the sizes of the groups based on characteristics or to recruit subjects with specific characteristics. Thereafter, one group was allocated to the intervention ( $n = 31$ ) and the other group to the control ( $n = 30$ ) (Fig. 1).

### 2.3. Data collection

Data collected by interview and a physical fitness test at baseline, after 3-month exercise, and were reassessed at 6-month follow-up.

#### 2.3.1. Interview survey

A face-to-face interview was conducted to assess the following variables: The functional decline was measured using the TMIG index of competence (Koyano et al., 1991). For each of the 13 items, "yes" was scored as 1 and "no" as 0 (maximum score: 13). A person with a TMIG index score less than 10 was defined as having functional decline. Urinary incontinence was assessed through the question "Have you ever experienced urine leakage during the last 1 year?" If a subject responded with a "yes", we would then ask concerning the frequency of urinary incontinence. The frequency of urinary incontinence was assessed based on a five-point scale through interview (1: several times per year; 2: once or more per month; 3: once or twice per week; 4: once every 2 days; 5: everyday). A person whose response ranged 2–5 was defined as having urinary

incontinence (Burgio et al., 1991). The fear of falling was assessed by asking "At this moment, are you afraid of falling?" and classified as "1. not at all", "2. somewhat", "3. very much", and "4. activity restriction due to fear of falling". Subjects who responded within 2 and 4 were assigned to the fear group (Maki et al., 1991).

The effect of the multidimensional exercises on the geriatric syndromes was assessed based on shifts of the responses from the interview, which was conducted at a baseline, completion of the 3-month exercise, and at the 6-month follow-up. The scores of geriatric syndromes were calculated as follows: functional decline, 0 for TMIG index score more than 11, 1 for 10, 2 for 9, and 3 for less than 8; urinary incontinence, 0 for no urine leakage or several times per year, 1 for once or more per month, 2 for once or twice per week, and 3 for once every 2 days or everyday; fear of falling, 0 for not at all, 1 for somewhat, 2 for very much, and 3 for activity restriction due to afraid of falling. The score of MSGS was calculated as add up three geriatric syndrome score (functional decline, urinary incontinence, and fear of falling). And, a participant with a MSGS score less than 1 was defined as improvement of MSGS.

#### 2.3.2. Physical fitness test

Body mass index (BMI) was calculated from body weight (kg) divided by height (m) squared. Physical fitness tests were used for the assessment of muscle strength, walking speed, and balance ability. The following standardized tests were performed: grip strength (Suzuki et al., 2004); adductor muscle strength (Kim et al., 2007); usual and maximum walking speed (Suzuki et al., 2004); one leg standing time with eyes open (Suzuki et al., 2004); tandem walking (Speers et al., 1998); functional reach (Duncan et al., 1990). The staff members who performed the assessments did not know the subjects' group assignments.

## 2.4. Interventions

### 2.4.1. Exercise group

The exercise group participated in an intervention comprised of 60-min exercise sessions held at the TMIG Health Promotion Classes, twice per week for 3-month. Weight-bearing exercise: strength training of the thigh, abdominal, and back muscles was performed and included bending the knees, and other similar exercises.

PFM exercise: The exercise regimen was designed to strengthen the fast- and slow-twitch muscle fibers located at the pelvic floor. Participants were initially instructed to perform 10 fast contractions (3-s) with a 5-s relaxation period and 10 sustained contractions (6–8 s) with a 10-s relaxation period in between the contractions. The PFM exercise was performed in sitting, lying, and standing positions with legs apart, emphasizing training of the PFM and relaxation of the other muscles.

Chair exercises: Used in the early stage of the program. The exercises included seated toe and heel raises, seated lift foot and point/flex toes, and others.

Resistance band exercise: Focused on increasing the strength of the muscles of the upper extremities, abdomen, and lower extremities in frail elderly people (arm pull back, leg extension, and others).

Ball exercise: Exercises with a training ball were conducted using a small (diameter: 21 cm) and a large ball (diameter: 45–55 cm), aiming to increment the muscle strength and balance (sitting on the ball and extending legs, and others).

Walking ability training: Focused on maintenance of stability during walking and on the improvement of responses to postural changes during walking (walking with directional changes, gait pattern variations and enhancement, and others).

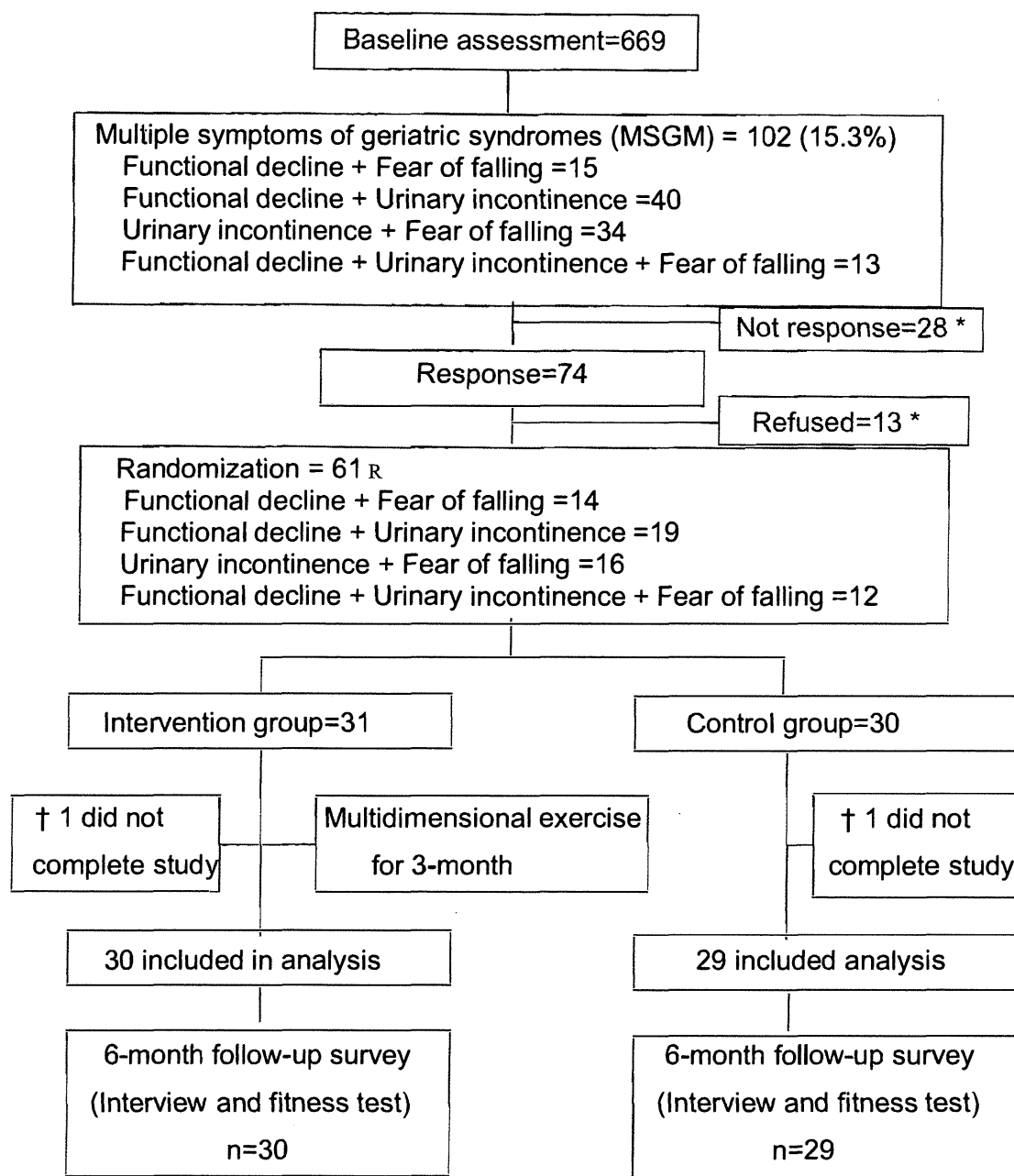


Fig. 1. Flow chart of participants through the randomized controlled trial of the exercise program and analysis. (\*) Forty-one of MSGM ( $n = 102$ ) were excluded due to the not response ( $n = 28$ ) and refusal ( $n = 13$ ). (†) Two subjects could not complete the study because of hospitalization ( $n = 1$ ), and fracture ( $n = 1$ ).

**Balance training:** Focused on the improvement of the static, dynamic, and lateral balancing ability (multidirectional weight shifts, tandem walking, and others).

#### 2.4.2. Control group

The control group attended a general health education class (albumin, osteoporosis, and prevention of malnutrition) held at the TMIG once a month for a 3-month period.

#### 2.5. Follow-up and compliance

During the 6-month follow-up period, subjects of the intervention group attended group exercise classes (60 min) once per month in addition to receiving a home-based exercise program. The home-based exercise program consisted of two to three sets of the 15 exercises and PFM exercise that they had

learned during the group exercise session. They were also advised to do the home-based exercises at least three times or more per week for about 30-min per day. In order to accurately monitor the exercise times and the number of sets performed at home during the follow-up period, a pamphlet illustrating the PFM and strengthening exercises and a recording sheet were distributed to the participants, who were instructed to record the time and sets of exercises performed at home everyday. The record sheets were collected once a month at the group exercise class and analyzed in order to calculate the mean exercise frequency per week, and the mean exercise time per day.

#### 2.6. Statistical analysis

Both the mean and standard deviation were calculated for each variable. The differences in the baseline data between the