

●居住環境の改善

居住環境の改善は、特に転倒歴をもつ高リスクの高齢者に有効である。絨毯のずれ、足元のコード、床や通路の障害物を片づける、階段に手すりを設置する、階段や通路の照明を明るくする、段差にゴムやプラスチックなどの滑り止め、目印(赤いテープなど)を貼り付けるなどの改善策がある。

●補助具の使用に関するアドバイス

杖やウォーカーなどの補助器具は、適切に使用すれば転倒リスクを下げるができる。ウォーカーや杖を用いることで、バランスの支持基底面を拡大し、つまずき回避に必要な足の引き上げがしやすくなる。屋内でウォーカーを用いることは、スペースや構造の面から難しい。しかし、杖であれば小さな方向転換や椅子からの立ち上がり、階段の昇り降りにも使用できるため実用性に富む。

●原因疾患の治療

視力障害、起立性低血圧、失神を引き起こす心疾患、その他疾患が転倒の原因となっている場合は、医師による適切な治療を受けられるようにする必要がある。

Good question!

Q: 転倒はなぜ女性に多いのですか？

A: 女性の転倒が多い理由として、筋力、筋パワーの低下が男性に比べて大きいこと、肥満や変形性股関節症、変形性膝関節症、変形性脊椎症、姿勢不良など女性特有の身体特性があげられます(上野ら、2006)。また、女性は高齢になっても日常的に家事仕事を担当し、買い物、掃除、洗濯など難易度の高い動作を強いられる機会が男性に比べて多いことが、転倒の機会の増加につながるようです。

確認テスト

(解答はp.273)

- (1) 高齢者の内的な転倒要因を5つ以上あげなさい。
- (2) 在宅高齢者と施設高齢者の転倒パターンの違いを述べなさい。
- (3) 高齢者の転倒予防運動の核となる要素を2つあげなさい。
- (4) 転倒リスクの高い施設高齢者に対する運動指導で注意する点をあげなさい。

S はじめに

骨格筋量の減少には、加齢、慢性疾患、骨格筋の不使用、栄養不良などの要因が密接にかかわっているが、そのメカニズムの完全解明までには至っていないのが現状である。老化の過程において、骨格筋量の減少にともなう筋力や身体機能の低下予防のためには、さまざまな要因のなか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不良である¹⁾。

骨格筋の不使用を解消する手法としては運動が勧められ、高齢者においても、漸増負荷のレジスタンス運動 (progressive resistance strength training) によって、筋肉量や筋力の増大効果は多く検証されている^{2,3)}。栄養不良の対策とし

金 憲経 Kim, Hunkyung

ては必須アミノ酸補充を勧める。必須アミノ酸の補充によって筋蛋白質合成が促進されるとの結果を多くの研究で検証しているからである (図1)⁴⁾。

S 運動介入の効果と問題点

高齢者に対する運動効果は、レジスタンス運動について、lean body mass (LBM) の増大効果、筋力の向上効果の両面から検討されている。レジスタンス運動がLBMに及ぼす影響について、2011年 Peterson らが49介入研究を分析した (meta-analysis) 結果によれば、介入後に1.1kg (95% CI = 0.9~1.2kg, $p < 0.001$) 増大効果を認め、50歳以上で運動せずに座位生活を続けると年間0.18kgの減少が起こる事実を考慮した場合、レジスタンス運動がLBM増大に及ぼす影響は非常に大きいと指摘している²⁾。

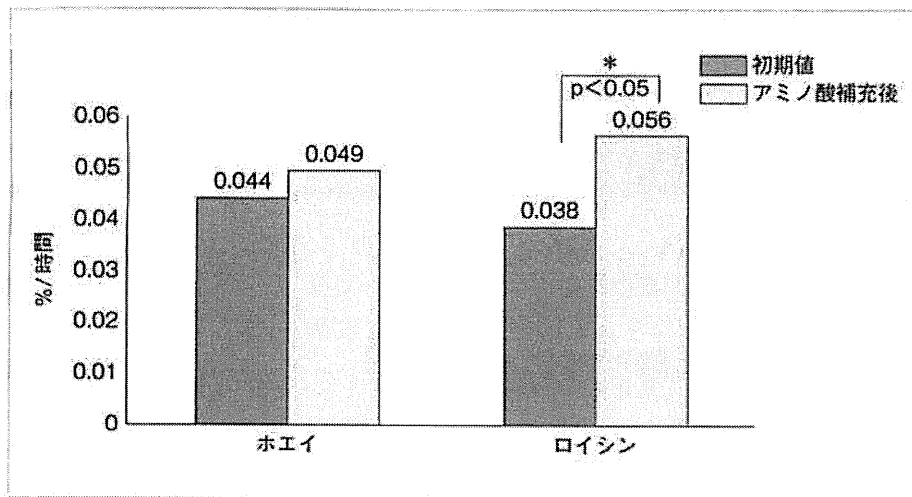


図1 必須アミノ酸補充後の筋蛋白質合成率の比較

(文献4より改変)

一方、レジスタンス運動が筋力向上に及ぼす影響は部位によって異なり、leg press (32 介入研究) 31.63 kg (95% CI = 27.59 ~ 35.67 kg, $p < 0.001$), chest press (36 介入研究) 9.83 kg (95% CI = 8.42 ~ 11.24 kg, $p < 0.001$), knee extension (28 介入研究) 12.08 kg (95% CI = 10.44 ~ 13.72 kg, $p < 0.001$) といずれの部位でも顕著な向上効果が観察されている⁵⁾。このように、先行研究の多くは、レジスタンス運動は筋肉量のみならず筋力増大に非常に効果的であると報告している。しかし、ここで注意深く観察すべき点は、先行研究で採用している運動の量である。上昇効果を検証している先行研究はいずれも higher intensity training, higher-volume intervention である。つまり強い運動を多量指導すれば効果が上昇するが、低強度負荷のレジスタンス運動では筋量の上昇、筋力の向上効果は見込めないとの考えである。骨格筋量の減少にともなう筋力の衰え、歩行機能の低下といった状態のサルコペニア高齢者を対象に高強度、多量の運動量を採用し、筋肉量や筋力の上昇効果だけに焦点をあてた場合、「介入の副作用 (adverse effect)」問題は生じないのか、という点についての論議が必要と考える。一方、Taaffe は⁶⁾、サルコペニア改善のためには moderate intensity のレジスタンス運動でも十分効果が期待できると提案していることから、今後、中あるいは低強度負荷のレジスタンス運動がサルコペニア高齢者の筋肉量や筋力に及ぼす影響について、いっそうの研究が必要といえる。

5 栄養補充の効果と問題点

筋肉の構成成分である筋蛋白質は合成と分解を常に繰り返す。合成と分解のバランスによって筋量は一定に保たれている。高齢になるとさまざまな要因によって筋蛋白質の量が徐々に減少する。つまり、筋蛋白質の分解量が合成量を上回るか、合成速度が低下するかによって骨格

筋量は減少していく。しかし、筋蛋白質の合成を促進するか分解を抑制することができれば、骨格筋量の減少は抑えられ、有効な対策と考えられる。高齢者でも、必須アミノ酸の摂取は筋蛋白質の合成を促進する効果があり、必須アミノ酸のなかでもロイシン高含量の必須アミノ酸の摂取がより効果的であることを多くの研究で検証している⁴⁾。

アミノ酸補充効果について検討した先行研究によれば、Borsheim らは⁷⁾、ロイシンが 35.88% 含まれている必須アミノ酸 11 g を 16 週間補充し、LBM や筋力、歩行機能の変化を調べた。LBM は 12 週で 1.14 ± 0.36 kg の有意な増大効果を、下肢筋力は 16 週で $22.2 \pm 6.1\%$ 増加、通常歩行速度の有意な改善効果 (ベースライン = 1.26 ± 0.05 m/sec, 16 週 = 1.34 ± 0.05 m/sec, $p = 0.002$) を検証している。しかし、Dillon らはロイシン 18.6%、リジン 15.5% 配合している必須アミノ酸 7.5 g を一日 2 回補充する試験を 3 カ月間実施し、アミノ酸補充によって LBM は事前 (43.5 ± 2.8 kg) より事後 (45.2 ± 3.0 kg) で有意に増加したが、筋力の変化はみられなかったと報告している⁸⁾。これらの先行研究を総合すると、必須アミノ酸補充は筋肉量の上昇効果についてはおおむね一致しているが、筋力向上の効果は必ずしも一致せず、研究者によって異なる結果を報告している。今後いっそうの検証が必要であろう。これらの結果をふまえて、Drummond らは運動 + アミノ酸補充によって上昇効果が期待できると、運動・栄養による複合介入の必要性を指摘している⁹⁾。

5 複合介入

■運動と炭水化物中心の栄養補充の効果

1994 年 Fiatarone らは¹⁾、70 歳以上の施設長期入所者 100 人を運動群 25 人、運動 + 栄養群 25 人、栄養群 24 人、対照群 26 人に分け、運動と栄養補充の効果調べている。運動群には週

3回、1回あたり45分の筋力強化運動を10週間指導し、栄養補充は240ml(組成:炭水化物60.0%,脂肪23.0%,大豆たんぱく質17.0%)の飲料を毎日1回摂取する指導を10週間行った。その結果、運動群で筋力 $113.0 \pm 8.0\%$ 増加(非運動群 $3.0 \pm 9.0\%$ 増加, $p < 0.001$)、歩行速度 $11.8 \pm 3.8\%$ 改善(非運動群 $1.0 \pm 3.8\%$ 改善, $p = 0.02$)、階段上昇パワー $28.4 \pm 6.6\%$ 向上(非運動群 $3.6 \pm 6.7\%$ 向上, $p = 0.01$)、大腿筋面積 $2.7 \pm 1.8\%$ 上昇(非運動群 $1.8 \pm 2.0\%$ 減少, $p = 0.11$)であった。このように、虚弱高齢者の身体機能の改善には運動中心の複合介入は有効であるが、栄養補充のみでは不十分であると指摘している。

■運動と必須アミノ酸補充の効果

1) 一般的選定基準

サルコペニアを発見するためには、骨格筋量の正確な推定が必要である。今日広く採用されている精度の高い筋肉量評価法はdual energy X-ray absorptiometry (DXA)法であり、Baumgartnerらは¹⁰⁾、DXA法より四肢の骨格筋量(appendicular skeletal muscle mass: ASM)を求め、「ASM(kg)/身長²(m²)」の値が、18~40歳の健康成人の平均値の2SD以下であるカットポイントを男性 7.26 kg/m^2 、女性 5.45 kg/m^2 と設定し、カットポイント以下をサルコペニアと定義している。しかし、この測定には高価な実験室装置や設備が要求され、計測に専門的な知識や資格が必要であり、大規模集団を扱う疫学調査の手法としては不向きであるとの指摘もある。ヒトの身体組成を安全かつ迅速に測定できるbioelectrical impedance (BI)法は、多くの研究者によってその妥当性が検証されており、多人数を対象にする疫学研究で汎用されている手法である。ChienらはJanssenらの式を台湾在住の高齢者に適応し、カットポイント男性 8.87 kg/m^2 、女性 6.42 kg/m^2 を提案している¹¹⁾。

一方、筋力指標としては握力、膝伸展力ある

いは膝屈曲力を、physical performance指標としては通常歩行速度、Timed Up & Go testを提案しているが、European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP)の報告では¹²⁾、握力で男性30kg未満、女性20kg未満を、歩行速度で 0.8 m/sec 未満を採用している。しかし、これらの基準を日本の地域在住高齢者に適用した場合、たいへん厳しい基準になっていることが判明したので、筆者は次の操作的選定基準を採用した。

2) 操作的選定基準

大都市部在住75歳以上の後期高齢女性1,399名の対象者のなかから、サルコペニア高齢者を抽出するために先行文献で採用している基準に基づき、骨格筋量の減少はSMIを、筋力低下は膝伸展力を、歩行速度の低下は通常歩行速度を、sarcopenic obeseを除外するためにBMI減少を用いた。採用した選定基準は、「SMI = 6.42 kg/m^2 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」である。これらの選定基準に該当する者をサルコペニアと操作的に定義、304名(21.7%)を抽出し、サルコペニア高齢者の特徴および複合介入効果を調べた¹³⁾。

3) 対象者の特徴

サルコペニアと判定された304名とサルコペニアと判定されなかった正常者1,095名の調査項目を比較した。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、骨密度、BMI、筋肉量は有意に低値を、健康度自己評価で健康だと回答した者の割合、定期的な運動習慣をもっている者の割合は低かったが、外出頻度が少ない者の割合は高値を示した。既往歴においては、高血圧症、高脂血症は正常群より低い割合を示したが、骨粗鬆症の既往はサルコペニア群38.2%、正常群30.7%、60歳

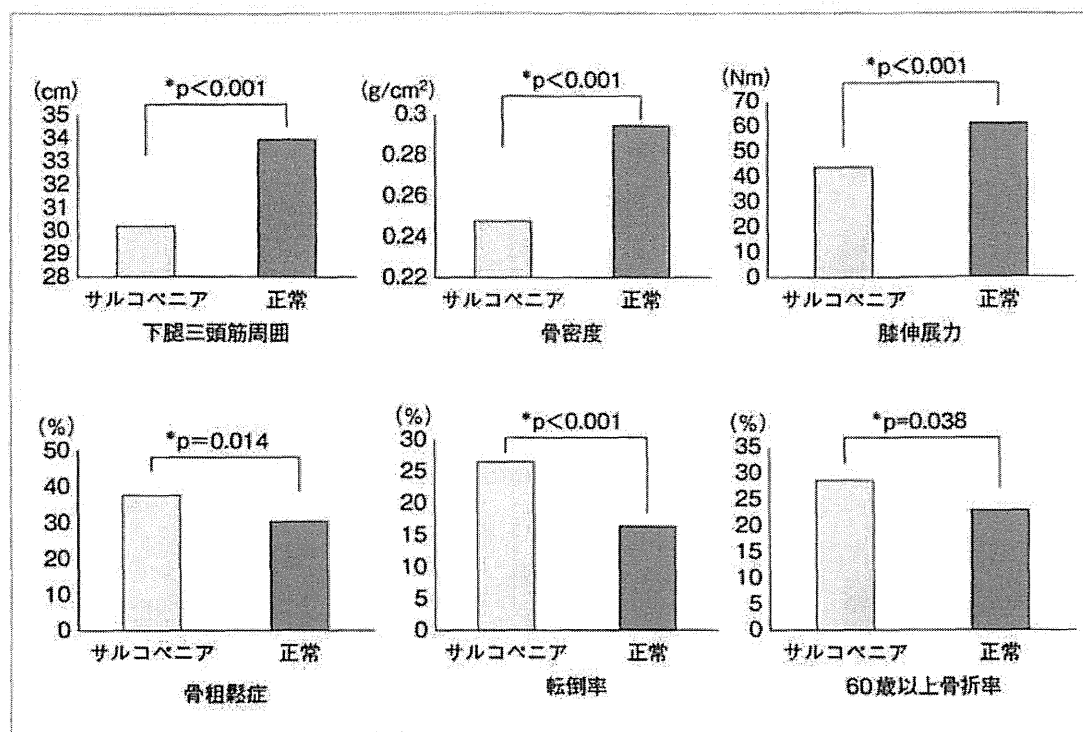


図2 サルコペニア群と正常群の比較

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。

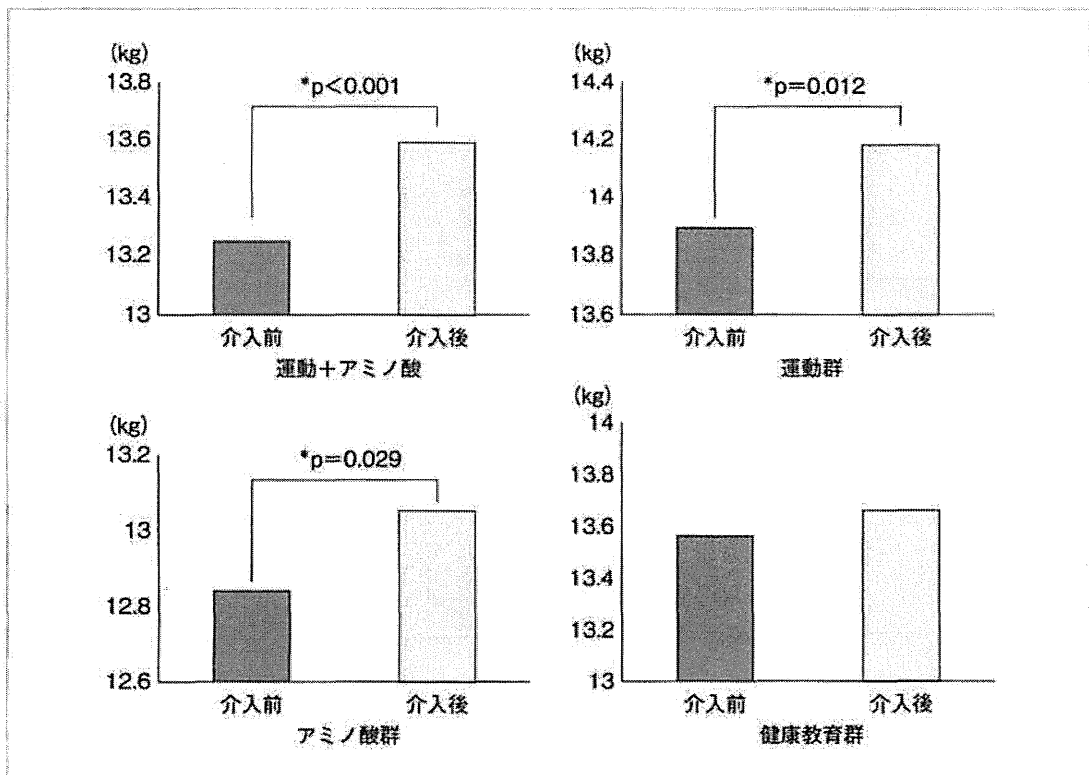


図3 介入後における骨格筋量変化の群間比較

(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)¹³⁾。

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

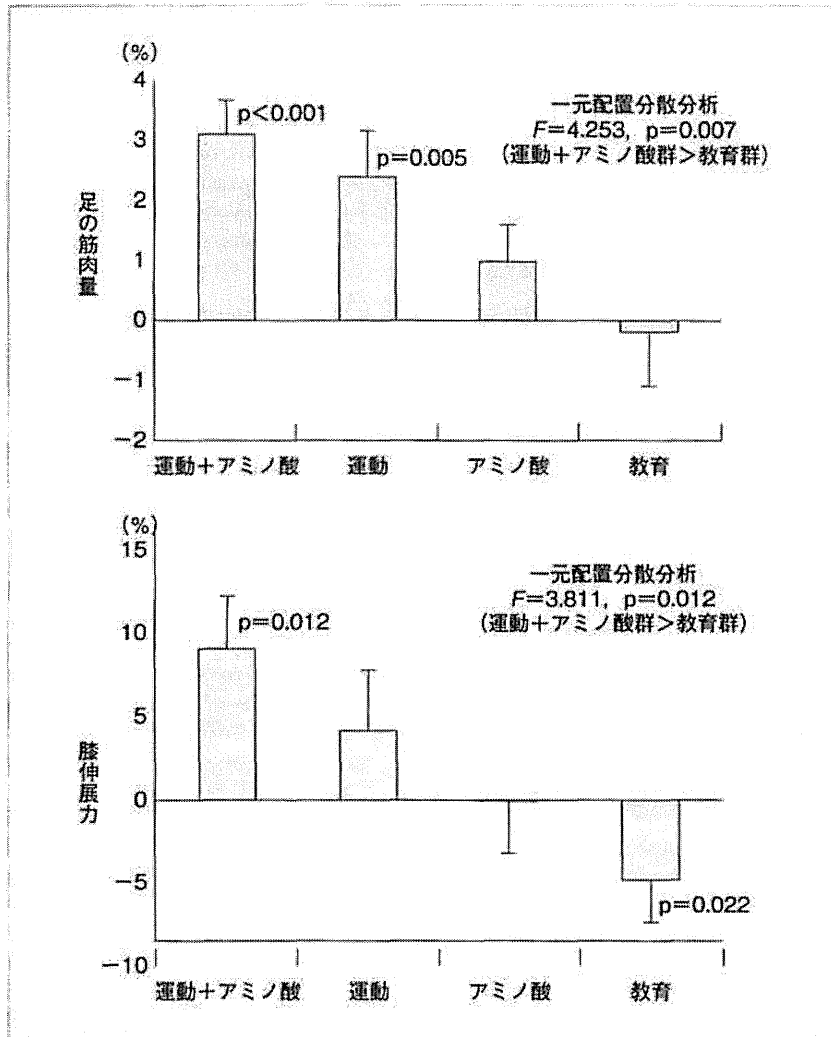


図4 介入後における足の筋肉量と膝伸展力の変化の群間比較

(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：

i = 向上, 0 = 無変化あるいは低下。

[†]OR = 調整オッズ比；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。

S 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.

平成 24 年度 厚生労働科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）
先進的自立支援機器を用いた介護予防の効果検証

平成 24 年度 総括・分担研究報告書

発行責任者 研究代表者 鈴木 隆雄
発 行 愛知県大府市森岡町源吾 35
国立長寿医療研究センター
TEL 0562-46-2311
FAX 0562-45-0184

