

高齢者の筋機能の向上を目的としたグループ運動プログラムの効果

○ 藤田 聡¹⁾ 真田 樹義²⁾ 吉居 尚美⁴⁾ 西澤 幹雄³⁾ 伊坂 忠夫²⁾

1) 立命館大学 経済学部

2) 立命館大学 理工学部

3) 立命館大学 生命科学部

4) 京都女子大学大学院 家政学研究科

【緒 言】

日本は超高齢社会に突入し、世界的な長寿国となった。しかしながら、老化は身体的に自立する能力を徐々に奪い、日常生活の質を低下させる。高齢者におけるこれらの問題を引き起こす根本的要因は、無意識のうちに進行するサルコペニア (Sarcopenia: ギリシャ語で sarco-は「肉」、-peniaは「減少」) すなわち「加齢と共に起こる骨格筋量の低下」である[1]。サルコペニアは転倒によるケガの危険性を増加し、身体的自立を妨げる[2]。また、サルコペニアは身体活動量の減少をまねき、それに伴う骨密度の減少、肥満、耐糖能の低下などの代謝障害を引き起こす[3]。30歳を超えると10年おきに約3～5%の筋量が減少するが、この減少率は60歳を超えるとさらに加速することが報告されている[4]。

サルコペニアの原因ははっきりとは解明されていないが、多様な遺伝子的要因と外的要因が関連した結果として引き起こされると考えられる。しかし、いずれのサルコペニアの要因も、結果的には骨格筋を構成する筋タンパクの合成速度と分解速度のアンバランスによって、骨格筋タンパク質の減少を引き起こしている[5]。このアンバランスは、運動や栄養介入によって改善されることも明らかとなっており、サルコペニアがある程度予防、あるいは改善可能な現象であることを示唆する。

レジスタンス運動を行なうことによって骨格筋タンパク質の合成速度が増加し、結果として骨格筋量と筋力が増加する[6]。加齢により骨格筋量は減少するものの、レジスタンス運動によるタンパク同化作用は高齢者でも維持されていることが明らかとなっている[7]。しかしながら、一般的なダンベルやウエイトマシンなどを用いた高強度のレジスタンス運動は高血圧や心疾患を患う高齢者にとってはリスクが高い。また介護予防として地域への普及を考慮した場合、特別なトレーニング機器や設備が必要な運動プログラムは多くの対象者が同時に参加することができず、多人数への応用は困難である。

伸縮性のチューブやバンドを用いたトレーニング方法は、器具も安価でグループとして多数が同時に取り組めるだけでなく、適切な運動強度と漸増負荷を与えることで、これまで一般に行なわれてきたダンベルやウエイトマシンを使ったトレーニング方法と同様の効果を得ることが可能であると予測される。

よって本研究では、高齢男女を対象とした、伸縮性バンドを用いたグループ運動プログラムが、参加者の機能的体力や身体組成に及ぼす影響を調査した。

【方 法】

滋賀県草津市および大津市内に在住する高齢男女34人を対象とし、運動群あるいはコントロール群の2群に分けた。全ての被験者に対して、あらかじめ実験の主旨と内容について口頭と文書により十分説明した後、被験者として自主的に実験に参加することをの同意を署名により得た。本研究は、立命館大学生命倫理委員会にて事前に承認・確認を受けた。

全ての被験者はトレーニング期間の前後において血液検査と身体・体力測定を行なった。運動群は週2回12週間継続して、立命館大学びわこくさつキャンパス内の施設において、グループ運動プログラムを行った。コントロール群は同じ期間中にはトレーニングを行わず、これまでの日常活動を継続するように指導した。

グループ運動プログラム

運動群はトレーナーの指導のもと、約10分間のウォームアップを行った後、伸縮性のセラバンド（ハイジェニックコーポレーション、米国）を用いて、13種類の異なる運動を1セットずつ、1セット10回行った。最初の2週間は正しいフォームで運動することに焦点を当て、その後は少しずつ運動強度を増加し、主観的運動強度が「ややきつい」から「きつい」と感じる強度となるように各自調整させた。セラバンドの運動強度は張力の異なるバンドに換えたり、バンドの長さを調整した(図1, 2)



図1 セラバンドを用いたグループ運動教室でのトレーニング

トレーニング前後における測定

両群共に、トレーニング期間の前後に以下の測定を行った。運動群においては、一過性の運動効果を除外するために、トレーニング後の測定をトレーニング最終日から少なくとも3日後に測定を行った。

血液検査

被験者は朝食を抜いた安静空腹状態で検査に参加し、腕静脈より採血を行い、遠心分離した血清と血漿から血糖、HbA1c、総コレステロール、HDL、中性脂肪を測定した（株式会社メディックへ検査を委託）。

機能的体力テスト

日常生活に必要な機能的体力の評価として、長座位体前屈、チェアスタンド（椅子に座った状態からスタートし、30秒間の間にその場で立ち上がり、座りなおす動作が何回繰り返しできるかを測定）、8-Foot アップ＆ゴー（椅子から2.44mの距離にコーンを置き、椅子から立ち上がって、コーンを歩いて周り、椅子に座り終えるまでの時間を測定；図2）、および利き手の握力を測定した。

脚筋パワー

下肢の筋パワーを評価するために、キックフォース（竹井機器工業株式会社）を用いて、長座位姿勢における単発脚伸展パワーを評価した。（図3）

超音波による形態測定

筋組織厚および皮下脂肪厚の測定は超音波Bモード法を用いた。測定場所は、上腕前部、上腕後部、腹部、背部、大腿前部、大腿後部の6個所であった。6個所合計の皮下脂肪厚から体脂肪率を算出した[8]。また、筋組織厚からはSanadaらの式を用いて全身および局所の骨格筋量を推定した[9]。

統計処理

各測定値は平均値 ± 標準誤差で表した。実験に関わるデータは、JMP 4.02 を用いて解析した。トレーニング前後における群間の比較は二元配置分散分析を用いた。また変化率の群間の検定には対応のある t 検定をもちい、全ての項目において有意水準は 5 %未満とした。

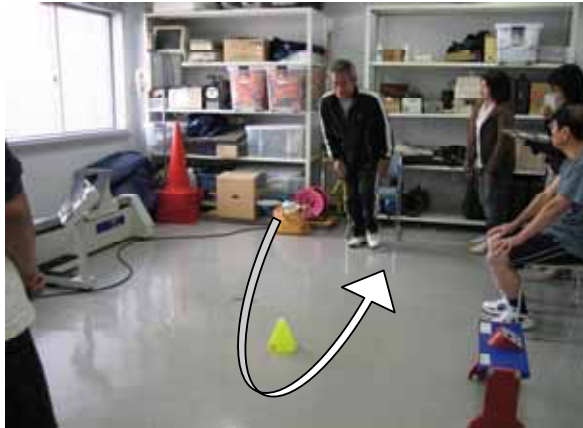


図2 8-Footアップ&ゴー



図3 キックフォースを用いた脚伸展パワーの測定



図4 超音波法による形態測定

【結 果】

被験者の身体的特徴を表 1 に示す。性別、身長、年齢において群間の差は認められなかった ($P>0.1$)。運動群において、トレーニング期間中に体調に異常を訴える被験者や、怪我の報告はなく、24 回のトレーニングを全参加者が終了した。

血液検査

トレーニング前において、血糖値、HbA1c、総コレステロール、HDL、中性脂肪の値に群間で差は認められなかった (表 2 ; $P>0.1$)。トレーニング期間後において、両群共に検査項目に有意な変化は認められなかった ($P>0.1$)。

機能的体力

トレーニング前において、機能的体力の測定項目全てに群間で差は認められなかった。また、トレーニング後の測定において、長座位体前屈と握力は両群ともに有意な変化は認められなかった (表 3 ; $P>0.1$)。チェアスタンド (コントロール : $-2.9 \pm 4.6\%$ 、運動群 : $9.1 \pm 4.1\%$; $P<0.05$) と 8-Foot アップ&ゴー (コントロール : $1.5 \pm 2.4\%$ 、運動群 : $-6.2 \pm 3.0\%$) の変化率を群間で比較した場合、運動群はコントロール群と比較して有意に高い値を示した ($P<0.05$)。

脚筋パワー

長座位姿勢における単発脚伸展パワーは、トレーニング前において群間に差は認められなかった (コントロール : $549 \pm 38\text{W}$ 、運動群 : $474 \pm 62\text{W}$; $P>0.1$)。トレーニング期間後の測定において、筋パワーの値に群間での差は認められなかった (コントロール : $548 \pm 31\text{W}$ 、運動群 : $523 \pm 51\text{W}$; $P>0.1$)。しかし、トレーニング期間前後での筋パワーの変化率を群間で比較すると、運動群の値はコントロール群と比較して有意に高かった (図 5 ; $P<0.05$)。

身体組成

トレーニング前の測定において、体重、脚筋量、全身筋量、体脂肪率の群間における有意差は認められなかった ($P>0.1$)。また、トレーニング前後の比較において、体重と体脂肪率には群間で有意な差はなかった (表 4)。脚筋量と全身筋量においては、絶対値での比較においては群間に有意差が認められなかったが、トレーニング前後での変化率を比較した場合、脚筋量と全身筋量において、運動群はコントロール群よりも有意に高い値を示した (図 6、7 ; $P<0.05$)。

		CON		THR	
総コレステロール(mg/dl)	Pre	214	± 11	215	± 7
	Post	222	± 12	223	± 10
HDLコレステロール(mg/dl)	Pre	62	± 4	67	± 5
	Post	60	± 4	67	± 5
中性脂肪(mg/dl)	Pre	108	± 10	110	± 13
	Post	117	± 15	99	± 11
血糖値(mg/dl)	Pre	109	± 7	101	± 4
	Post	104	± 6	103	± 5
Hb-A1C(%)	Pre	5.3	± 0.2	5.2	± 0.1
	Post	5.3	± 0.2	5.2	± 0.1

表2 被験者の身体的特徴、CON:コントロール群、THR:運動群、Pre:トレーニング前、Post:トレーニング後

		CON		THR	
長座位体前屈(cm)	Pre	37	± 3	35	± 3
	Post	37	± 2	33	± 3
チェアスタンド(回)	Pre	29	± 1	27	± 1
	Post	28	± 2	29	± 1
8-Foot アップ&ゴー(秒)	Pre	4.6	± 0.2	4.8	± 0.2
	Post	4.7	± 0.2	4.5	± 0.2
握力(kg)	Pre	32	± 2	33	± 2
	Post	32	± 2	31	± 2

表3 機能的体力テスト、CON:コントロール群、THR:運動群、PRE:トレーニング前、Post:トレーニング後

		CON		THR	
体重(kg)	Pre	60.5	± 1.8	57.8	± 2.6
	Post	59.9	± 1.9	57.6	± 2.6
脚筋量(kg)	Pre	7.3	± 0.4	6.8	± 0.5
	Post	7.4	± 0.4	7.1	± 0.5
全身筋量(kg)	Pre	20.1	± 1.1	18.0	± 1.1
	Post	20.6	± 1.2	18.9	± 1.2
体脂肪率(%)	Pre	21.4	± 1.4	18.6	± 0.9
	Post	21.1	± 1.4	18.8	± 0.8

表4 身体組成、CON:コントロール群、THR:運動群、PRE:トレーニング前、Post:トレーニング後

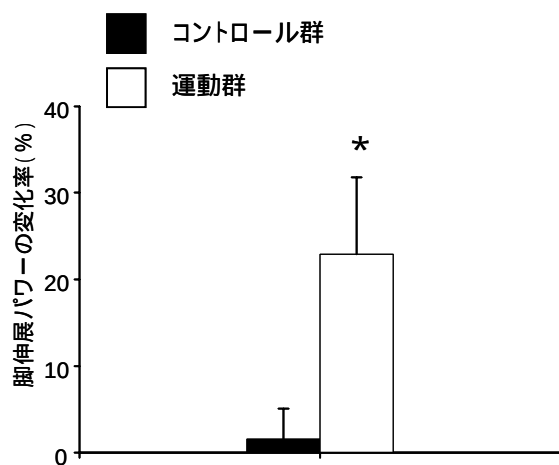


図5 脚伸展パワーの変化率
*P<0.05 vs. コントロール

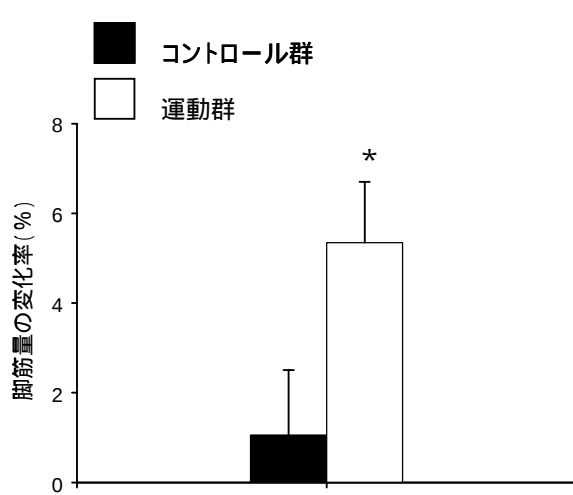


図6 脚筋量の変化率
*P<0.05 vs. コントロール

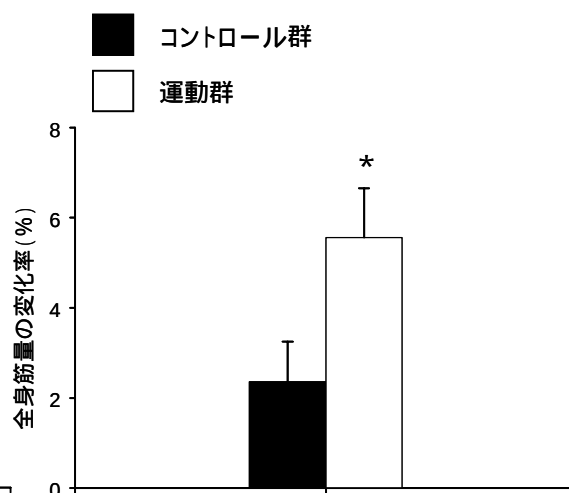


図7 全身筋量の変化率
*P<0.05 vs. コントロール

【考 察】

本研究では、地域に在住する高齢者を対象としたグループ運動プログラムが、日常生活機能や筋機能および身体組成に与える影響を調査した。健常な高齢男女が、セラバンドを用いたレジスタンス運動を週2回、12週間継続することで、参加者の筋力と筋量が有意に増加し、また筋力や敏捷性を必要とする機能的体力のレベルも有意に改善した。

加齢に伴い全身の筋力は著しく低下する。高齢者における筋力の低下は特に下肢筋群において顕著で、高齢者の転倒による障害を引き起こす原因の一つである。筋力は20歳から50歳代までに約10%低下するが、60代、70代には15%ずつ低下し、その後は10年ごとに約30%低下する[10]。この筋力の低下は主に加齢に伴う筋量の低下(サルコペニア)が原因と考えられている。

骨格筋を短時間で力強く収縮させるのに必要な筋パワーもまた高齢者の転倒の回避に必須な運動機能である。筋パワーの低下が原因となって、力発揮を必要とする多くの日常生活活動も困難となる。筋パワーの低下は40代から顕著となり、その低下率は筋力の低下率よりも高いと報告されている。つまり筋パワー低下の原因は、筋収縮機構の機能低下や骨格筋の動員低下など、サルコペニア以外の要因が関与していると推測される。

一過性のレジスタンス運動は骨格筋タンパクの合成を急激に刺激しタンパク同化作用を促進する。高強度のレジスタンス運動を行うと、運動後約2～3時間後に急激に筋タンパク合成が増加する。この同化作用は運動後約24～48時間持続する[11]。つまりレジスタンス運動によるタンパク同化作用の繰り返しが結果として筋肥大を引き起こすと考えられている。

十分な運動刺激を与えれば、高齢者でも若年者と同様の筋力増加が可能である。Fronteraら[7]の研究では平均年齢66歳の高齢者を対象とした12週間のレジスタンス・トレーニングで有意な筋力増加が認められた。高齢者におけるトレーニング期間中の筋力の増加率は5%/日だったが、これは若年者がレジスタンス・トレーニングを行った場合と同等の筋力増加率だった。またレジスタンス・トレーニングによって速筋と遅筋線維の断面積、骨格筋量の増加が認められた。また筋量の増加に伴い、筋力および筋パワーの増加が確認されている。

通常、筋肥大を引き起こすためには最大筋力の70%以上の運動強度でトレーニングする必要があるとされており[12]、そのような高強度の負荷をかけるためには、ダンベルやウエイトマシンなどを用いて漸増的に負荷を増加させる必要がある。我々は、介護予防を目的とした適切な運動強度を保ちつつ、さらに安全で効果的なグループ運動プログラムとして、今回伸縮性のバンドを用いた。伸縮性のバンドを用いたレジスタンス運動はダンベル運動と同様の筋動員を引き起こすことが先行研究では示されており[13]、十分な過負荷を運動中にかけることが可能である。また、中年女性を対象とした運動介入の研究においては、体脂肪量を減少し、除脂肪量を増加することが示されている[14]。我々は今回初めて、健常な高齢男女を対象として、伸縮性のバンドを用いたレジスタンス運動が、筋量と筋力を増加し、機能的体力を改善することを示した。これは、伸縮性バンドを用いたグループ運動プログラムが高齢者のサルコペニア対策として利用できることを示唆する結果である。

今後はさらに長期的かつ大規模な運動介入を行い、地域型運動プログラムの長期的な効果を検討することが必要である。さらに、筋量増加に必須となるタンパク質の日常摂取量をモニタリングするなど、運動面だけでなく、栄養の観点からの介入研究が求められる。

【結 論】

本研究は、高齢者を対象とした手軽で安全に取り組める伸縮性のバンドを用いたレジスタンス運動をグループプログラムとして週2回、12週間継続し、参加者の筋機能や体組成に与える効果を検証した。その結果、運動群はコントロール群と比較して、下肢および全身の筋量が有意に増加した。また、機能的体力（チェアスタンド、アップ＆ゴー）、筋パワーはトレーニング群のみ有意に増加が認められた。両群において、血中のコレステロールや遊離脂肪酸には変化が認められなかった。これらの結果から、伸縮性のバンドを用いたレジスタンス運動は高齢者の筋機能と筋量を増加し、サルコペニアの予防に役立つ可能性が示唆された。

【参考文献】

1. Evans, W.J., *What is sarcopenia?* J Gerontol, 1995. **A Biol Sci Med Sci. 50 Spec No:** p. 5-8.
2. Tinetti, M.E. and C.S. Williams, *Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home.* New England Journal of Medicine, 1997. **337(18):** p. 1279-1284.
3. Dutta, C. and E.C. Hadley, *The significance of sarcopenia in old age.* J Gerontol, 1995. **A Biol Sci Med Sci. 50 Spec No:** p. 1-4.
4. Lexell, J., C.C. Taylor, and M. Sjoström, *What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men.* J Neurol Sci, 1988. **84(2-3):** p. 275-94.
5. Fujita, S. and E. Volpi, *Amino acids and muscle loss with aging.* J.Nutr., 2006. **136(1 Suppl):** p. 277S-280S.
6. Hasten, D.L., J. Pak-Loduca, K.A. Obert, et al., *Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78-84 and 23-32 yr olds.* American Journal of Physiology - Endocrinology & Metabolism, 2000. **278(4):** p. E620-E626.
7. Frontera, W.R., C.N. Meredith, K.P. O'Reilly, et al., *Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function.* J Appl Physiol, 1988. **64(3):** p. 1038-44.
8. Abe, T. and T. Fukunaga, *Relationships between subcutaneous fat and muscle distributions and serum HDL-cholesterol.* J Atheroscler Thromb, 1994. **1(1):** p. 15-22.
9. Sanada, K., C.F. Kearns, T. Midorikawa, et al., *Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults.* Eur J Appl Physiol, 2006. **96(1):** p. 24-31.
10. Lindle, R.S., E.J. Metter, N.A. Lynch, et al., *Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr.* J Appl Physiol, 1997. **83(5):** p. 1581-7.
11. Phillips, S.M., K.D. Tipton, A. Aarsland, et al., *Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans.* American Journal of Physiology, 1997. **273(1 Pt 1):** p. E99-107.
12. Kraemer, W.J., K. Adams, E. Cafarelli, et al., *American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults.* Med.Sci.Sports Exerc., 2002. **34(2):** p. 364-380.
13. Andersen, L.L., C.H. Andersen, O.S. Mortensen, et al., *Muscle Activation and Perceived Loading During Rehabilitation Exercises: Comparison of Dumbbells and Elastic Resistance.* Phys Ther. , 2010. Feb 4. [Epub ahead of print]
14. Colado, J.C. and N.T. Triplett, *Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women.* J Strength Cond Res, 2008. **22(5):** p. 1441-8.