

自体重負荷の低速度筋力トレーニングが 高齢者の形態、糖・脂質代謝に及ぼす影響

都竹 茂樹¹・佐藤 真治²

¹熊本大学 政策創造研究教育センター教授

²大阪産業大学スポーツ健康学科准教授

自体重を負荷にした低速度（各動作4秒間）の筋力トレーニングを毎日、12週間にわたって高齢者に実施した。種目はスクワット、腹筋、ボールつぶしの3種目。週のうち1日は教室に参加する対面方式で、残り6日間は自宅（非監視）で実施した。参加者は自立したT市在住の高齢者（65～85歳）44名。筋トレ実施群が26名（平均年齢70歳、男性13名、女性13名）。対照群が18名（平均年齢72歳、男性8名、女性10名）。2群は無作為ではなく、居住地区によって分けた。筋トレ実施群は12週間後に、体重、腹囲、空腹時血糖、HOMA-R（インスリン抵抗性）が有意に減少、HDLコレステロールが有意に増加した。一方の対照群はHbA1cの改善は認められたが、それ以外の項目で有意な変化は認められなかった。12週間という比較的短期間、かつ自体重を負荷にした筋力トレーニングであっても、各動作4秒間という低速度で実施することで、高齢者の形態、糖・脂質代謝を改善させることが示唆された。

1. はじめに

超高齢社会に突入した我が国は、

1. 2050年には3人に1人は高齢者
2. 高齢者増加に伴う医療費の増大（生活習慣病など慢性疾患、整形外科的疾患）
3. 要介護高齢者の増加に伴い、老々介護が避けられない状況にあるとされており、高齢者の健康の維持増進とともに、QOL向上の方策確立が急務の課題である。

特に加齢に伴って筋量や筋力が低下してくると、物を握る、上げ下げする、あるいは階段の上り下りといった日常動作にも支障が出てくる。脚の筋力が落ちてくると、若い人では何でもないちょっとした段差でつまずいて転倒しやすくなる。骨密度が低下した高齢者では骨折してそのまま寝たきりになったり、たとえ回復してもカラダが思うように動かず引きこもり状態に陥るというケースも稀ではない。さらに筋量の減少は基礎代謝の低下をも招き、若い頃と同じような食事をしていると、余剰カロリーが脂肪として蓄積し、肥満や糖尿病といった生活習慣病の発症リスクをも高める。

このように今まで当たり前でできた事ができなくなったり、疾病や怪我への心配が増え、その結果、日常生活すべての事に対しても消極的になってしまうなど、筋量の減少や骨密度の低下は、単に身体機能面の悪化にとどまらず、高齢者の心理面にも大きな影響を及ぼす。

「筋力トレーニング」は、このような状況を予防・改善し、中高年からのQOL(Quality of Life)を高めるというメリットがある。筋力トレーニングとは、筋肉に負荷や抵抗をかけて行うトレーニングの総称であり、バーベルやダンベルなどの器具が負荷・抵抗として

よく知られているが、最近ではマシンを用いたトレーニングも普及している。自治体のなかには『筋力トレーニングが高齢者の健康づくりに役立つのなら』ということで、多大な費用を捻出してマシンを揃えて教室を開催するところもある。しかし、マシンを揃えたものの、

1. 専門スタッフの手配や育成に係るノウハウやコストが不足し、せっかくの教室が有効に機能していない
2. マシンの設置された場所に来ることのできる一握りの人たちだけが対象
3. マシンのない自宅では行えないため、一定期間の教室が終了した時点でトレーニングも終わりになってしまい、長期的にみると思ったほどの効果があがらない

といった悩みを抱えているところも少なくない。その一方で、筋力トレーニングの有効性がわかっていながらも、マシンの購入費用や人件費、あるいは設置場所を確保できずに先送りになってしまっている自治体もある。

果たして器具やマシンを揃えることができなければ、筋力トレーニング教室を開催することは不可能なのだろうか？予算が豊富で支援態勢の整った地域に居住し、体力的にも自立した意識の高い、ある意味“選ばれた”高齢者しか筋力トレーニングの恩恵を享受できないのであろうか？非監視の状態である自宅でひとり筋力トレーニングを実施して効果は期待できるのか？といった課題・疑問が挙げられる。

そこで本研究では、自体重を負荷にした自宅でも実施できる低速度の筋力トレーニングプログラムを開発、自立した高齢者に実施し、その効果を検証したので報告する。

2. 方法

(1) 対象者

対象は、T市在住の男女のうち運動教室への参加を希望した189名（介入群：K地区：35名、S地区：77名、対照群：I地区：34名、N地区：43名、）であった。そのうち自立した65歳以上の高齢者、介入前後に実施した形態計測・血液検査を2回とも受診、運動教室への出席が2／3以上（12回中の教室中、出席が8回以上）の条件をすべて満たした者を解析対象とした。最終的な解析対象は、介入群が26名、対照群が18名であった。

(2) 筋力トレーニング

運動教室は、地区の公民館に集まり、自体重や小さなボールを負荷にした低速度筋力トレーニング3種目（スクワット、腹筋、ボールつぶし）を集団で実施（図-1）。筋力トレーニングは、1回の動作（スクワットでは立ちあがる、座る）それぞれを4秒間かけゆっくり行うことが特徴である。運動教室は週1回開催し、それ以外の日は各自が自宅で毎日、3ヶ月間実施した。

(3) 測定項目

体重、体格指数(BMI: Body Mass Index)、腹囲、収縮期血圧、拡張期血圧、空腹時血糖、HbA1c(NGSP)、HOMA-R (Homeostasis Model Assessment Ratio)、中性脂肪、HDLコレステロール、LDLコレステロールを介入前後に測定した。HOMA-Rはインスリン抵抗性の指標であり、計算式は右のとおりである。1.6以下で正常、2.5以上で抵抗

それぞれの筋トレは、10回が1セットです。1日2セットずつしましょう！

スクワット

【スタートポジション】

- ・両足は肩幅
- ・つま先は外向き30度
- ・手は腰にあてる
- ・顔は正面向き

* キャスターなしの固定いすを使う
* 慣れてきたらいすなしで行う

「1・2・3・4」で
立ち上がる

* 膝は伸ばしきらない

効果 太ももの前側をきたえる

膝が足先より前
に出ないように

「1・2・3・4」で
座ったつもり

* 洋式トイレに座るイメージで

ボールつぶし

【スタートポジション】

- ・ボール(座布団)をおへその前で
体からボール1個分あけて持つ
- ・肩の力を抜く

「1・2・3・4」で
ボール(座布団)を押しつぶす

効果 胸と二の腕をきたえる

「1・2・3・4」で
黙ってゆっくりと力を抜く

腹筋

【スタートポジション】

- ・腰の後ろにボール(座布団)をおく
- ・手は太ももの上
- ・目線は斜め上
- ・上体は45度に倒し止める

「1・2・3・4」で
上体を起こす

効果 おなかをきたえる

「1・2・3・4」で
黙って元の姿勢に

45度

図-1 3種目の筋力トレーニング

性ありとした。

$$\text{HOMA-R} = \text{IRI}(\text{早朝空腹時血中インスリン濃度}) \times \text{FBS}(\text{早朝空腹時血糖}) \div 405$$

(4) 統計

測定データは、平均値±標準偏差で表した。群間の背景の平均値の差の検定には、連続変数の場合は一元配置分散分析と多重比較検定を、順序変数や名義変数の場合は χ^2 乗検定を用いた。また、介入効果の検定には、二元配置分散分析と多重比較検定を用いた。p<0.05を統計学的に有意とした。

— 25 —

3. 結果

表-1 に開始時の介入群と対照群の背景を示した。年齢、性別、高血圧の治療、糖尿病の治療、脳卒中の既往、虚血性心疾患の既往、喫煙歴の全項目において群間の差を認めなかった。表-2 に介入群と対照群の介入前後の変化を示した。開始時において、両群間に有意な差は認められなかった。3 か月間の介入の結果、介入群では、体重、腹囲、HOMA-R (それぞれ $p<0.05$)、HbA1c、空腹時血糖 (それぞれ $p<0.01$) において有意な減少、HDLコレステロール ($p<0.01$) において有意な増加が認められた。一方、対照群においてはHbA1c ($p<0.05$) の有意な減少が認められた。

表-1 開始時の介入群、対照群の背景

測定項目	単位	介入群(n=26)	対照群(n=18)
年齢	歳	70±6	72±7
性別：男性	%	50.0	44.4
高血圧治療中	%	50.0	50.0
糖尿病治療中	%	11.5	5.5
脳卒中の既往	%	0.0	5.6
虚血性心疾患の既往	%	0.0	11.1
喫煙：有り	%	11.5	0.0

表-2 介入前後の変化

測定項目	単位	介入群(n=26)		対照群(n=18)	
		前	後	前	後
体重	kg	56.5±9.8	55.1±9.1 *	57.0±9.0	56.7±8.8
BMI	kg/m ²	22.6±3.2	22.3±2.8	22.6±2.8	22.8±3.0
腹囲	cm	80.3±8.5	79.0±7.6 *	84.5±6.1	85.0±6.6
収縮期血圧	mmHg	138.7±20.3	140.5±14.0	128.6±13.9	131.8±14.0
拡張期血圧	mmHg	81.4±14.2	85.0±13.2	76.9±9.4	80.6±8.7
HbA1c(NGSP)	%	5.7±0.6	5.5±0.5 **	5.9±0.6	5.8±0.7 *
空腹時血糖	mg/dl	105.2±21.6	99.3±17.9 **	102.2±17.7	109.6±29.2
HOMA-R		1.8±1.8	1.2±0.7 *	1.8±0.8	1.7±0.9
中性脂肪	mg/dl	113.9±61.7	105.6±48.9	113.2±42.1	118.1±55.3
HDLコレステロール	mg/dl	58.6±13.1	64.9±14.2 **	57.7±14.9	61.3±18.8
LDLコレステロール	mg/dl	112.0±29.1	108.1±27.5	116.4±21.5	107.7±23.6

within subjects:* $p<0.05$, ** $p<0.01$

4. 考察

近年、加齢にともなう高齢者の日常生活動作 (ADL: Activities of Daily Living) の低下が問題となり、その対応策の確立が喫緊の課題となっている。これまで高齢者の健康維持のための運動としては、ウォーキングをはじめとする有酸素運動が推奨されてきた。有

酸素運動は心肺機能を鍛え、疲れにくくスタミナのある身体をつくるのに有効な手段であるが、高齢者が自立し、健康的な生活を送るためには、歳とともに起こる骨密度や筋量の低下を予防・改善することも必要であり、そのためには有酸素運動だけでは不十分である。

くわえて骨密度、筋力が低下した虚弱高齢者は、転倒、骨折から寝たきりになったり、身体が思うように動かなくなると外出が億劫になり、引きこもりがちになってしまうケースも少なくない。また、筋量の減少に伴って基礎代謝も低下するので、若いときと同じような食事をしていると、余剰カロリーが脂肪として蓄積し、肥満や糖尿病といった生活習慣病、体重過多による変形性膝関節症の発症リスクを高めることにもなる。筋量、骨密度の低下は、単に身体機能面の悪化にとどまらず、心身面にも様々な弊害をもたらす。

このような状況を予防・改善し、元気で生き生きとした毎日を送るためのカギが筋力トレーニングである。しかしながら、一般的に行われているマシンやフリーウェイトを用いた筋力トレーニングは、実施にあたって専門スタッフが必要、施設まで移動する必要がある、コストもかかるなどの課題があった。都竹らは、7種目、週3回の自体重を負荷にした低速度筋力トレーニングが、自立した高齢者の内臓脂肪、糖代謝、脂質代謝の改善に効果があることを報告した¹⁾。しかしながら、7種目の筋力トレーニングを正確に習得し、継続することは容易ではない。そこで本研究では3種目に絞って、毎日実施することでの効果を検証した。

本研究で実施した3ヶ月間の筋力トレーニングプログラムによって、体重および腹囲を減少させ、空腹時血糖、HbA1c、HOMA-R（インスリン抵抗性）、HDLコレステロールを改善した。この効果は都竹らの7種目、週3回の自体重を負荷にした低速度筋力トレーニングの効果と一致する。筋力トレーニングの体格に対する効果、特に減量効果は、最近になって注目されている²⁾。その機序として考えられているのが、基礎代謝量の増加である。一般的に1kg筋肉量が増えれば、基礎代謝量は21kcal/日増加する³⁾。したがって、継続すれば体脂肪は減少する。今回ようにマシンを使用しなくても低速度で自体重を中心にした筋力トレーニングでも同様の機序が働いていると考えられた。

また筋力トレーニングによる筋肉量の増加は、骨格筋における糖取り込みを増加し、インスリン抵抗性を改善する。その効果は、健康人⁴⁾から耐糖能異常患者にも及ぶ⁵⁾。我々の結果も、介入群のHOMA-R（インスリン抵抗性）は1.8から1.2と正常域にまで有意に改善し、先行研究の結果と一致した。しかし、空腹時血糖は低下したものの、過去2、3ヶ月間の血糖の指標であるHbA1cについては、筋力トレーニングを実施しなかった対照群でも有意に低下し（介入群：5.7%→5.5% $p<0.01$, 対照群：5.9%→5.8% $p<0.05$ ）、筋力トレーニング実施群のみHbA1cが低下するという都竹らの報告とは異なった。介入群の低下幅の方が対照群よりも大きいため、事前事後の解析時期の試薬などの条件の影響も考えられるが、この点については更に長期にわたる観察が必要であると考えられる。また先行研究では、筋力トレーニングの血圧や脂質性状に対する効果は明確ではない^{6) 7)}。この点についても、更に長期にわたる観察が必要と考える。

注目すべきは、このような筋力トレーニングの成果を非監視型で達成した点にある（通常の筋力トレーニングの介入研究は監視型でおこなわれる）。都竹らは、今回とほぼ同じプロトコルで同様の成果を報告しており¹⁾、今回改めて、その手法が確かに効果をもたらすことを確認した。

しかしながら、本研究はサンプルサイズが少ないこと、無作為割り付け（RCT: randomised control trial）ではないこと、3ヶ月間という短期間であること、食事調査を行っていないことといった限界が存在する。また参加者は比較的意識の高い人であると考えられるため、より大きな集団に適応したときには結果が変わる可能性がある。

本研究では、自体重を中心にした低速度筋力トレーニングを高齢者が3ヶ月間実施し、形態、糖代謝、脂質代謝の改善に有用であることを明らかにした。

謝辞：本研究に参加いただいた兵庫県豊岡市の住民の皆さま、実施にあたって多大なご協力をいただいた豊岡市健康福祉部健康増進課スタッフの皆さまに深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) Tsuzuku S, et al., Favorable effects of non-instrumental resistance training on fat distribution and metabolic profiles in healthy elderly people. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99:549-55
- 2) Mark A. Williams, et al., Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. *Circulation.* 2007;116:572-584.
- 3) Weinsier RL, et al., Reexamination of the relationship of resting metabolic rate to fat-free mass and to the metabolically active components of fat-free mass in humans. *Am J Clin Nutr.* 1992;55: 790-794.
- 4) Miller JP, et al., Strength training increases insulin action in healthy 50- to 65-yr-old men. *J Appl Physiol.* 1994;77:1122-1127.
- 5) Smutok MA, et al., Effects of exercise training modality on glucose tolerance in men with abnormal glucose regulation. *Int J Sports Med.* 1994;15:283-289.
- 6) Kelley GA, Kelley KS. Progressive resistance exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension.* 2000;35:838-843.
- 7) Tucker LA, Silvester LJ. Strength training and hypercholesterolemia: an epidemiologic study of 8499 employed men. *Am J Health Promot.* 1996;11:35-41.

EFFECTS OF NON-INSTRUMENTAL SLOW MOVEMENT
RESISTANCE TRAINING ON ANTHROPOMETRIC AND
METABOLIC PROFILES IN ELDERLY PEOPLE

Shigeki TSUZUKU, Shinji SATO

This study examined the effect of a 12-week non-instrumental slow movement resistance training program using body weight as a load (RT-BW) on body composition and metabolic profiles in elderly people. Elderly volunteers (21 males and 23 females) aged 65-85 years were non-randomly divided into RT-BW (12 males and 20 females) and control (10 males and 10 females) groups. The RT-BW subjects were trained everyday for 12 weeks. We evaluated body weight and waist circumference, and measured serum lipid levels and HbA1c at baseline and after 12 weeks of training. Significant changes over 12 weeks were noted in the RT-BW group in the following measurements. As to anthropometric data, waist circumference and body weight were significantly decreased. There were significant increase in HDL cholesterol and decreases in fasting blood sugar, HbA1c and HOMA-R. In control group, only significant decrease was observed in HbA1c. Relatively short-term, non-instrumental slow movement resistance training using body weight as a load was effective in improving anthropometric and metabolic profiles in elderly people.