活動筋の自覚的疲労感を強度の指標とした 自重負荷トレーニングの有効性： 中高年者を対象とした無作為化比較対照試験による検討

寺田 和史¹⁾ 塩見 玲子²⁾ 上 英俊³⁾
灘本 雅一⁴⁾ 中谷 敏昭¹⁾

Kazufumi Terada¹, Reiko Shiomi², Hidetoshi Ue³, Masakazu Nadamoto⁴ and Toshiaki Nakatani¹: The efficacy of combining weight-bearing exercises with a newly developed perceived exertion scale for middle-aged men: a randomized controlled trial. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 57: 191-199, June, 2012

Abstract : The rate of perceived exertion is an easy and practical way to monitor the intensity of resistance exercise in a field setting. For middle-aged persons, weight-bearing exercise is safer than resistance training using weights. The purpose of this study was to investigate the effect of exercises using one's own body weight by measuring exercise intensity with the newly-developed perceived exertion Japanese scale (S-scale, on a 6-point scale) in middle-aged men. Twenty-five healthy men (age range, 40-70 years) were randomly and equally assigned to an exercise training intervention group (TG, n = 13) or a control group (CG, n = 12). TG members performed a structured exercise regimen consisting of group-based and home-based training using their own bodyweight, performing repetitions until they reached a perceived exertion intensity of 5 out of 6 (S-scale). Participants performed one set of each exercise, which included resistance training of the upper (push-up) and lower (squat) limbs and abdominal (sit-up) muscles, 3 times a week for 12 weeks. The outcome measures were body composition, abdominal girth, and blood pressure, as well as the 30-second chair-stand test (CS-30), vertical force in sit-to-stand movement from a chair, vertical jump (VJ), shoulder horizontal adduction (a test of muscle strength), 30-second sit-up test, leg muscle power using a bicycle ergometer, center of foot pressure (a static equilibrium function test), and chair sit-and-reach test. There were no incidents of injury or musculoskeletal damage due to the exercise program. At the baseline, each group was well matched in physical characteristics. After 12 weeks of intervention, we identified a statistically significant two-factor interaction between the exercise and control groups in the CS-30 ($F = 19.8$, $p < 0.01$) and VJ ($F = 34.4$, $p < 0.01$). These results suggest that weight-bearing exercises performed in conjunction with the newly-developed perceived exertion scale provide safe and effective resistance training for middle-aged men.

Key words : randomized controlled trial, rate of perceived exertion, S-scale, weight-bearing exercise, middle-aged person

キーワード : 無作為化比較試験, 自覚的疲労感尺度, S スケール, 自重負荷, 中高年者

- 1) 天理大学体育学部
〒632-0071 奈良県天理市田井庄町80
 - 2) 奈良教育大学大学院
〒630-8528 奈良市高畑町
 - 3) 京都市立芸術大学
〒610-1197 京都市西京区大枝香掛町13-6
 - 4) 天理スポーツ強化推進室
〒632-8510 奈良県天理市柚之内町1050
- 連絡先 寺田和史

1. Faculty of Budo and Sport Studies, Tenri University
80 Tainosho, Tenri, Nara 632-0071
 2. Graduate School of Education, Nara University of Education
Takabatake-cho, Nara 630-8528
 3. Kyoto City University of Arts
13-6 Kutsukake-cho, Oe, Nishikyo-ku Kyoto 610-1197
 4. Tenri Sports Intensification Office, Tenri University
1050 Somanouchi, Tenri, Nara 632-8510
- Corresponding author terada@sta.tenri-u.ac.jp

I 緒 言

一般の中高齢者にとって、自宅等の非監視下 (home-based) でマシン、あるいは、バーベル・ダンベルなどのフリーウェイトを使用して筋力トレーニングを行うことは、コストやトレーニング動作習得の必要性、および、安全性の面から容易ではない。一方、自己の体重を利用する自重負荷トレーニングは、特別な器具や施設が必要なく、比較的、動作の習得が容易である。さらに、自己管理ができ、自分のペースで実施できるなどの利点があり (Rooks et al., 1997), 先行研究からも一定の有効性が認められている (Yamauchi et al., 2009)。このように、自重負荷トレーニングは、中高年者が home-based で行うエクササイズを含むトレーニング・プログラムを実施する際に有用である可能性がある。

一般に、中高年者に対する筋力トレーニングに用いる強度指標は、1回 (最大) 拳上重量 (1RM: repetition maximum) 等を基準としたセット法が推奨されている (Nelson et al., 2007)。ただし、RM 法を用いる場合、1RM の測定を行わなければならない、さらに、それを基準とした負荷強度の算出が必要である。トレーニングの強度を漸増させる場合、その都度、このような手順で個々に負荷強度の設定を行う必要が生じる。そのため home-based で中高年者が一人で行うトレーニングには不向きだと言わざるを得ない。

この問題点を解消する方法の一つとして、自覚的な疲労感や努力感に基づいた負荷強度の設定法が考えられる (Gearhart et al., 2002; Lagally et al., 2002; Robertson et al., 2003)。従来汎用されている自覚的運動強度を表す指標には、Borg-RPE (15スケール) (Borg, 1970; 1998), Borg-CR10 (12スケール) (Borg, 1998) などがあるが、これらは、元来、呼吸循環機能の疲労感に基づいて開発されたスケールで、筋力運動には適さない。一方で、筋力運動で用いられている自覚的強度スケールには OMNI-RES (Robertson et al., 2003) があるが、日本語版が開発されておらず、

また、仮にこれを和訳しても Borg-RPE の日本語表記と同じである。したがって、日本語による活動筋の自覚的疲労感を示すスケールが必要である。

以上のような課題があることから、これまでに、日本語表記による活動筋の自覚的疲労感を指標とした強度スケール (S スケール) が考案されている (中谷ほか, 2009)。若年者における肘関節屈曲運動時の S スケールの変化は、筋電図活動量や心拍数などの生理学的指標の変化と一致する。また、S スケールと Borg-RPE との関係は、対象者の属性により異なり、さらには、中年女性を対象に、S スケールを運動強度の指標としてトレーニングに適用した場合、筋力運動の限界回数の増加傾向や、筋力の有意な向上がみられたことが示されている (中谷ほか, 2009)。これらのことから、本スケールは、トレーニング強度の指標として有用となる可能性が考えられている。

一般の中高齢者にとって、このように、home-based で実施するトレーニングにおいて、RM 法などを用いずに自身の疲労感に基づく強度の設定が可能であり、かつ、比較的安全で容易に実施できる自重負荷によって筋力トレーニングが行えることは、体力の向上や健康増進にとって有意義であるといえ、さらに、既述の報告を参照すると、筋力増加などの一定の体力水準の向上が期待できるのではないかと考えられる。しかし、実際に、これらの方法によって行われるトレーニングが及ぼす影響については未だ明らかではなく、また、中高年者を対象として、S スケールのような日本語独自のスケールを強度の目安として適用し、その効果を検討した研究についてもみあたらない。そこで、本研究では、筋力運動における自覚的疲労感に基づくスケール (S スケール) を強度指標としたときの、自重負荷による筋力トレーニングを用いたプログラムが、筋機能を中心とした体力測定項目を向上させる効果を持つかどうか、中高年男性を対象とした無作為化比較対照試験により検討した。

Ⅱ 方 法

1. 対象

N 県 T 市の某事業所に所属する40歳から70歳までの、運動トレーニングを実施するに支障のない健康な男性現業労働者に対して、本研究の目的や内容を説明したうえで研究参加の募集を行った。その結果、募集に応じ文書による同意を得た40歳から70歳までの男性25名（平均年齢 50.4 ± 7.9 歳）を、性別および年齢で階層化した後、パーソナルコンピューターによる乱数発生プログラムにより無作為にトレーニング群（T 群、 $n = 13$ 、平均年齢 50.6 ± 8.0 歳）とコントロール群（C 群、 $n = 12$ 、平均年齢 50.3 ± 8.1 歳）の2群に分割した。なお、本研究の実施に当たっては、天理大学体育学部研究倫理委員会の承認を得た。

2. トレーニング介入

介入期間は計12週とした。トレーニングの頻度は週3回以上とし、そのうち、2週に1回（計6回）は、運動指導の専門家による監視下（group-based）で実施し、残りは自宅等の非監視下、すなわち、home-based で実施した（Okamoto et al., 2007; Korpelainen et al., 2010）。トレーニングの内容は、主に自重負荷による筋力トレーニングとした。

Group-based における筋力トレーニングの種目は、主に、腕立て伏せ、自重によるスクワット、シットアップによる腹筋運動とした。また、縄跳

びあるいはその場での連続的な両脚ジャンプ（リバウンドジャンプ）によるプライオメトリクス運動を加えた。さらに、不安定板によるバランストレーニング、ジグザグ走などのアジリティ要素を含んだ運動を実施した。Home-based におけるトレーニングの種目は、group-based で行うものとはほぼ同様で、腕立て伏せ、自重によるスクワット、シットアップによる腹筋運動、および、縄跳びあるいはリバウンドジャンプとした。なお、トレーニング実施にあたっては、対象者の体力水準や自覚的な疲労度、安全性等を考慮して種目や実施方法の選択を行い、事前に十分なウォーミングアップを実施するようにした。

3. S スケールを用いた筋力トレーニングの強度の設定

筋力トレーニングの強度の設定には、活動筋の自覚的疲労感を示すことのできる S スケール（中谷ほか，2009）を用い、目標とする強度を全6段階中の5に設定した。すなわち、対象者の実施時の自覚として、活動筋が疲労してかなり重たく感じる程度に相当する「S5（かなり効いてきた）」に達する状態まで同一の運動を反復させる方法をとった（表1）。実施頻度は1セットとした。なお、アジリティ運動については、運動終了の目安としてスケールを適用せず、10秒程度で完了する運動を3から5セット行った。対象者には、home-based でのトレーニング実施日数、および、毎回のトレーニング時の腕立て伏せ、スクワット、およびシットアップの反復回数と、ト

表1 S スケール

	S1	S2	S3	S4	S5	S6

自覚的 強度	かなり 余裕	余裕	すこし 効いてきた	効いてきた	かなり 効いてきた	もう限界
活動筋の 状態		鍛えている 部分が 感じられる	鍛えている 部分がすこし 重たく感じる	鍛えている 部分が重たく 感じる	鍛えている 部分がかなり 重たく感じる	これ以上 動かすこと ができない

レーニング実施に伴って発生したと考えられる筋痛やその他の痛み、有害事象等の発生状況を記録させた。

4. 評価項目

介入期間の前後に、筋機能の評価として、以下の測定を実施した。なお、体力の変化については、従来、中高年者の体力テストバッテリーとして多用されている項目、および、介入に用いたトレーニング種目の効果を反映しやすいと考えられる項目を測定することで評価した。

1) 身体特性および血圧

身体特性として、身長、体重および Body mass index (BMI)、体脂肪率 (TBF-310, タニタ社製)、腹囲の測定、また、自動血圧計 (HEM-770A, オムロン社製) による最高血圧と最低血圧の測定を行った。

2) 足圧中心動揺計による静的平衡機能

足圧中心動揺計 (グラビコーダ GS-7, アニマ) により、開眼および閉眼の際のロンベルグ姿勢による立位時の足圧中心の軌跡を記録した。測定時間は30秒とした。評価項目には、開眼および閉眼時において、軌跡の外周に囲まれた面積である足圧中心軌跡の外周面積 (AREA)、足圧中心軌跡の総軌跡長を時間で除した単位軌跡長 (LNG/TIME)、および、総軌跡長を外周面積で除した単位面積軌跡長 (LNG/AREA) を用いた。

3) 椅座位体前屈

高齢者の柔軟性を評価するフィットネステストとして用いられている、椅座位体前屈による測定を行った (Rikli and Jones, 2001)。約40 cm の高さの椅子の前縁に座り、片側の脚の踵を床につけ、足関節を背屈、膝関節を伸展させた状態で、同側の腕をつま先に近づけるようにして上体を前にできるだけ屈していったときの、指尖とつま先の距離を測定した。測定は2回行い、良い方の値を評価に用いた。

4) 床反力計による1回椅子立ち上がり時の力発揮

高さ40 cm の椅子からの1回立ち上がり動作時の床反力を、フォースプレート (TL-PS33,

TEAC) により測定した。得られた波形から、床反力のピーク値を体重で除した体重拳上指数 (stand-up index; SUI) を求めた (中谷・上, 2004)。

5) 30秒椅子立ち上がりテスト (CS-30)

中谷ほか (2002) の方法を用いて、高さ40 cm の椅子に座り、腕を組んだ姿勢から30秒間に直立姿勢まで立ち上げられる回数を測定した。

6) 肩関節水平屈曲力 (肩押力)

白石ほか (2008) の方法を用い、引張圧縮両用型小型ロードセル (LUR-A-1KNSA1, KYOWA 社製) に専用アタッチメントを取り付けた特製の筋力計 (竹井機器社製) を用いて、肩関節の水平屈曲力 (肩押力) の測定を行った。筋力計を立位で胸の前、胸骨の高さで両手保持した姿勢 (肩関節外転90度、肩関節水平屈曲30度、肘関節90度) から、矢状面に向かい両腕を押す動作を等尺性に行わせた。筋力計の力信号はデジタル指示計 (TA250, TEAC 社製) に25 Hz で取り込み、最大値を記録させた。測定時は怒責しないように、呼吸時での力発揮を指示した。測定は2回行い、良い方の値を測定値とした。

7) 垂直跳び

垂直跳び測定機器 JUMP-MD (竹井機器社製) を用い、跳躍姿勢に至るまでの直立位からの下降動作 (カウンタームーブメント) を伴う、垂直方向への跳躍の高さを測定した。跳躍の際には、上肢による反動を用いないように、両手をウエストに位置させて行った。また、転倒などの防止のため、補助者を側方に待機させた。測定は2回行い、良い方の値を測定値とした。

8) 30秒上体起こし (SU-30)

文部科学省新体力テスト項目である30秒上体起こしを行い、腹筋群の筋機能の評価した (文部科学省, 2000)。

9) 自転車ペダリングによるパワーの測定

灘本ほか (2010) の方法を用いて、0.15 N (0.15 N/BW) および0.45 N (0.45 N/BW) 体重相当の負荷での、自転車エルゴメーター (パワーマックス VⅢ, コンビウエルネス社製) による8秒間の全力ペダリング時の最高回転数 (回転数),

およびピークパワー (PP) を求めた。

5. 統計処理

群間の値の比較には、Student の *t* 検定を用いた。T 群におけるトレーニング前後の各トレーニング種目の反復可能回数の比較には、対応のある *t* 検定を用いた。また、トレーニングが介入前後の各体力項目の測定値に与える影響を検討するために、繰り返しのある二元配置分散分析を行い、群によるトレーニングの実施と介入期間での交互作用の有無を検討した。有意水準は 5 % とした。

Ⅲ 結 果

対象者からは、遅発性の筋痛や局所の疲労以外の、トレーニングによって生じたとみられる有害事象の報告はなかった。T 群における group-based トレーニングの参加率は平均 $75.6 \pm 0.3\%$ で、group-based と home-based を合わせた総トレーニング日数は平均 27.9 ± 17.2 日であった。T 群での group-based トレーニングの参加率が 66.7% 未満の者 (3 名) は、解析対象から除外した。その結果、参加率は平均 $91.7 \pm 11.8\%$ となった。また、C 群で、介入後の測定が個人的な事情により不可能な者がいた (4 名)。これらの者も解析対象から除外した。その結果、T 群は 10 名 (平均年齢 48.0 ± 6.4 歳)、C 群は 8 名 (平均年齢 50.0 ± 8.2 歳) となった。なお、年齢、体格 (身長、体重、BMI、体脂肪率、腹囲) および各体力測定項目の値には、両群間で有意な差はみられなかった。したがって、ベースラインにおける両群の年齢、身体特性、および、体力などの等質性が確認された。

T 群における介入前後の各トレーニング種目の “S5” に達するまでの反復可能回数の変化をみると、すべての種目で、介入の始めと終りの間に有意な回数の向上が認められた (表 2)。

体力測定項目のうち、CS-30 で T 群と C 群におけるトレーニングの有無と介入期間による交互作用が認められた。なお、CS-30 の介入前後の値

表 2 T 群の各トレーニング種目の “S5” に達するまでの反復可能回数

トレーニング 種目	S5 までの反復可能回数 (回)		<i>p</i> 値
	介入開始直後 [†]	介入後期 ^{††}	
腕立て伏せ	19.1 ± 13.1	37.3 ± 27.6	0.014
スクワット	55.6 ± 17.9	86.8 ± 40.0	0.017
上体起こし	11.9 ± 7.6	24.5 ± 6.5	<0.001

[†]介入後 1 回目の group-based でのトレーニング時の実施回数

^{††}介入後 5 回目以降におけるトレーニング時の実施回数の最高値

から求めた各群の増加率は、T 群が +16.0%、C 群が -1.3% であった。同様に、垂直跳びにおいても交互作用が認められ、各群のそれぞれの増加率は T 群で +19.9%、C 群で -5.1% であった。体格および血圧・心拍数等に関する測定項目を含めた、その他すべての体力測定項目については交互作用が認められなかった (表 3)。

Ⅳ 考 察

本研究では、中高年男性を対象に、筋力運動における活動筋の自覚的疲労感に基づく強度スケール (S スケール) を負荷強度の指標として用いたときの、自重負荷による筋力トレーニングを中心としたプログラムが、筋機能を主とした体力測定項目に及ぼす効果について、無作為化比較対照試験により検討した。その結果、本研究で用いたトレーニング・プログラムは、CS-30、垂直跳びなどの値に有意な改善をもたらしたことから、下肢を中心とした体力測定項目の値を向上させる可能性が示された。

CS-30 では、T 群と C 群の間でのトレーニングの有無と介入期間による交互作用が認められた。Bottaro et al. (2007) は、60—76 歳の男性に対し、60% 1RM の負荷強度による 8 から 10 回、3 セットの従来一般的な方法による筋力トレーニングを週 2 回、10 週にわたって行ったところ、CS-30 の値が 6 % 向上したことを報告している。対象や条件についての違いはあるものの、本研究では

表3 T群とC群のトレーニング前後の各測定値

測定項目	T群(=10), Mean(SD)		C群(n=8), Mean(SD)		F値	p値
	介入前	介入後	介入前	介入後		
AREA(開眼), cm ²	2.89 (1.01)	3.33 (1.19)	2.14 (0.75)	2.36 (1.95)	0.11	0.75
LNG/TIME(開眼), cm/sec	1.90 (0.53)	1.95 (0.74)	1.52 (0.43)	1.52 (0.57)	0.09	0.76
LNG/AREA(開眼)	22.1 (10.4)	18.4 (5.4)	22.5 (6.6)	25.7 (10.3)	2.48	0.14
AREA(閉眼), cm ²	3.00 (1.25)	3.73 (1.63)	3.02 (1.79)	3.26 (1.47)	0.39	0.54
LNG/TIME(閉眼), cm/sec	2.42 (0.66)	2.27 (0.67)	2.09 (0.80)	2.14 (0.66)	0.47	0.50
LNG/AREA(閉眼)	26.4 (8.34)	20.0 (6.85)	23.5 (5.6)	21.1 (4.7)	1.87	0.19
CSR, cm	8.0 (10.0)	10.7 (11.9)	8.0 (8.2)	6.5 (9.5)	2.36	0.14
SUI	1.44 (0.09)	1.41 (0.08)	1.38 (0.14)	1.40 (0.12)	1.83	0.20
CS-30, times	25.5 (6.3)	28.2 (6.4)	23.1 (7.0)	22.8 (6.8)	19.8	<0.01
肩押力, kgf	39.3 (8.5)	45.2 (9.6)	42.9 (8.5)	43.9 (11.6)	2.10	0.17
垂直跳び, cm	35.1 (5.7)	42.1 (7.0)	37.4 (7.0)	35.5 (6.4)	34.4	<0.01
SU-30, times	14.8 (8.5)	18.2 (5.9)	18.3 (5.6)	18.1 (6.0)	1.92	0.19
回転数(0.15N/BW), pm	174.9 (10.0)	179.6 (12.6)	175.6 (14.4)	183.0 (14.7)	0.28	0.60
PP(0.15N/BW), W	1.68 (0.25)	1.71 (0.29)	1.91 (0.42)	2.01 (0.53)	1.08	0.31
回転数(0.45N/BW), pm	149.9 (12.0)	150.6 (13.8)	149.0 (11.0)	150.0 (12.8)	<0.01	0.96
PP(0.45N/BW), W	4.37 (0.72)	4.39 (0.84)	4.81 (1.08)	4.94 (1.28)	0.77	0.39

two-way repeated-measures ANOVA

CS-30の改善は16.0%であったことから、これまで広く行われている筋力トレーニングの方法と比較しても、同程度かそれ以上のトレーニング効果が得られたものと考えられた。また、CS-30は、従来、中高年者が安全かつ簡易に測定できる方法として、体力テスト項目などに広く用いられている。その値は両脚を用いた脚伸展(レッグプレス)により測定されたパワーと関連性が高いことから、脚伸展筋力を表すフィールドテストとして汎用されている(Jones et al., 1999; 中谷ほか, 2002)。したがって、T群において、介入前後でCS-30の値が向上した理由は、脚伸展に関与する筋群における最大筋力の向上によるものであると考えられた。本研究では、脚伸展筋力の向上を目的としたトレーニング種目として、スクワットを用いている。スクワット動作は、CS-30での立ち座り動作と同様の筋群を用いて行われる。また、トレーニング時において、対象者がSスケールにおけるS5に該当する疲労度まで反復できたスクワットの回数は、平均55.6回から86.8回と介入

期間の前後で有意に向上していたことから、スクワットによる脚伸展筋群の筋力に対するトレーニング効果が出現したことが、CS-30の値の向上につながったものと示唆された。

一方、垂直跳びにおいても、両群間にトレーニングの有無と介入による交互作用が認められ、すなわち、T群ではC群と比較して、トレーニング効果の出現したことが示された。垂直跳びは近年、いくつかの研究において、中高年者のレジスタンス・トレーニングにおけるトレーニングの指標として用いられている(Kalapotharakos et al., 2005; 2007; Holviala et al., 2010)。Kalapotharakos et al. (2007)は、61-75歳の男性に対して、週3回、12週間の60%1RMの中等度の強度による脚へのレジスタンス・トレーニングを行ったところ、垂直跳びの高さに31%の向上がみられたことを報告している。53-69歳の中高年女性を対象とした週3回、12週間での80%1RMの高負荷を用いた介入研究では、21.7%の有意な値の増加が認められている

(Kalapotharakos et al., 2005). 本研究の対象は男性であり、かつ、中年者を含んでいることから、上記の先行研究と直接的な比較はできないものの、本プログラム実施の結果はこれまでに報告されているものと同程度 (19.9%) の有意な増加を示しており、明らかにトレーニング効果が得られたものと考えられた。また、本研究における垂直跳びの測定は、カウンタームーブメントを使った方法、すなわち伸張—収縮サイクルを用いたジャンプ動作で実施した。この動作における垂直跳びの値が向上したことには、プログラムに含まれたスクワット、および縄跳びやリバウンドジャンプなどの、プライオメトリクス要素が含まれたトレーニング種目を実施したことの影響が示唆された。

以上のように、CS-30や垂直跳びの値が向上した背景には、最大筋力の向上があると考えられた。一方で、Campos et al. (2002) は、20—28RM にあたる負荷内容では、筋力の向上はみられるものの、どの筋線維タイプにもその断面積に有意な変化が観察されなかったことを報告している。T 群におけるスクワットの S5 に至るまでの反復回数は、介入前から介入終了時までの期間において、平均55.6回から86.8回であった。本研究では、錘などを用いず自重による負荷を用いた上で、さらに比較的強い疲労感が生じるまで動作を継続するという設定でのトレーニングを行ったため、このように、1セットにおける反復回数が多くなった。筋量の変化を評価することができる計測・測定を行っていないことが限界としてあるものの、既述の Campos et al. (2002) の報告から考えると、今回用いたトレーニングが筋力向上の要因となる筋機能のどの要素に影響を与えたかについては、筋線維断面積の増加を伴う変化を中心としたものではなく、運動単位のリクルートメントの増加などの神経因性の要素の関与が大きいのではないかと考えられた (Moritani and deVries, 1980)。また、トレーニングの負荷強度がその効果に与える影響に関してはいくつかの研究がある。単に筋力の向上効果のみに焦点を当てれば、自重あるいはウェイトベスト、エラスティックバ

ンドなどの軽負荷の抵抗器具を用いたトレーニングであっても、効果が認められるという報告が多く、本研究で用いたプログラムにおける負荷強度設定においても、これらの検討と同様に効果が認められたものと考えられる (Greendale et al., 2000; Zion et al., 2003; de Vreede et al., 2005)。

T 群における介入前後の腕立て伏せ、および、上体起こしの S5 到達までの反復可能回数は有意に向上していたが、これらのトレーニング種目の効果を反映するとみられる肩押力や SU-30 の値については交互作用がみられなかった。肩押力については、T 群で +15.0% の値の増加率を示しているものの、C 群との統計学的な違いが認められなかったことから、反復可能回数の増加が値の向上と強く関連しなかったことが示唆された。また、SU-30は、30秒間に最大で反復できる回数を計測するテストであり、測定値の向上には反復の速度を高める必要があるが、本研究ではトレーニングの方法として、反復運動時の実施速度を規定していない。したがって、反復可能回数の増加と測定値の向上が関連しなかった可能性が考えられた。

平衡機能や自転車ペダリングによるパワー等の体力測定項目についても、トレーニングによる影響がみられなかった。これらの項目については、本研究で用いたトレーニング・プログラムによる筋機能の変化が、直接的に影響を与えなかったと考えられる。また、既述のように、本研究では反復運動時の実施速度を規定していないが、錘挙上および降下の速度によって筋力の増加の程度が異なる場合があることも指摘されている (Westcott et al., 2001, Bottaro et al., 2007)。そのため、実施者によって運動の反復速度が異なっていた場合、それがトレーニング効果に個人差を生じさせ、測定項目によって値に向上が認められなかった可能性がある。したがって、さらに、今回改善のみられなかった項目に及ぶまでのトレーニング効果を得るためには、負荷強度の設定に、運動反復の速度の要素を加える必要性も示唆される。その他、本研究におけるトレーニング手段には多くの特異的な要素が存在することから、自覚的疲労

感を強度の指標とする自重負荷トレーニングが各種の体力要素に及ぼす効果について一般化するには、それらの要素を加味したさらなる検討が必要である。たとえば、筋量や最大筋力の変化を評価できる測定項目を用い、それらが体力測定項目とどのように関連するか明らかにすることで、本研究で用いたトレーニングの方法が、個人の特性や体力測定項目によって効果に違いを生じる可能性があるかなどを検討できると考えられる。

中高年者が筋力トレーニングを行うにあたっては、特に動作に不慣れな者では、より安全な方法で実施することが肝要である。そのため、本研究ではバーベルやダンベルなどの器具を用いず、なおかつ、一般に行われるレジスタンス・トレーニングとしては相対的に低強度である自重負荷を用いた方法でトレーニングを実施した。若年者と比較して、中高年者では、高強度での筋力トレーニングによる筋損傷のリスクは大きいと言われるが (Roth et al., 2000; Ferri et al., 2006)、本プログラムにおいては、トレーニング実施による筋痛以外の有害事象は生じなかった。したがって、本研究で用いた負荷強度は、行いやすく、かつ、安全であったと考えられることから、中高年者にとって適した方法であることが示唆された。

V ま と め

S スケールにおける S5 に該当する疲労度を、自重負荷による反復運動の終了の目安とした場合、下肢の筋機能を評価する項目で介入前後に値の有意な向上が認められた。したがって、本研究における負荷強度は、中高年者が安全に実施でき、かつ、トレーニング効果を得るに十分であったと考えられた。また、S スケールは、自重負荷を用いた筋力トレーニングの負荷強度設定のためのツールとして有用となる可能性が認められた。

文 献

Borg, G. (1970) Perceived Exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med*, 2(2): 92-98.
 Borg, G. (1998) Borg's Perceived Exertion and Pain

Scales. *Human Kinetics: Champaign, IL*.
 Bottaro, M., Machado, S.N., Nogueira, W., Scales, R., and Veloso, J. (2007) Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol*, 99(3): 257-264.
 Campos, G.E., Luecke, T.J., Wendeln, H.K., Toma, K., Hagerman, F.C., Murray, T.F., Ragg, K.E., Ratamess, N.A., Kraemer, W.J., and Staron, R.S. (2002) Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol*, 88(1-2): 50-60.
 de Vreede, P.L., Samson, M.M., van Meeteren, N.L., Duursma, S.A., and Verhaar, H.J. (2005) Functional-task exercise versus resistance strength exercise to improve daily function in older women: a randomized, controlled trial. *Am Geriatr Soc*, 53(1): 2-10.
 Ferri, A., Narici, M., Grassi, B., and Pousson, M. (2006) Neuromuscular recovery after a strength training session in elderly people. *Eur J Appl Physiol*, 97(3): 272-279.
 Gearhart, R.F.Jr., Goss, F.L., Lagally, K.M., Jakicic, J.M., Gallagher, J., Gallagher, K.I., and Robertson, R.J. (2002) Ratings of perceived exertion in active muscle during high-intensity and low-intensity resistance exercise. *J Strength Cond Res*, 16(1): 87-91.
 Greendale, G.A., Salem, G.J., Young, J.T., Damesyn, M., Marion, M., Wang, M.Y., and Reuben, D.B. (2000) A randomized trial of weighted vest use in ambulatory older adults: strength, performance, and quality of life outcomes. *J Am Geriatr Soc*, 48(3): 305-311.
 Holviala, J., Häkkinen, A., Karavirta, L., Nyman, K., Izquierdo, M., Gorostiaga, E.M., Avela, J., Korhonen, J., Knuutila, V.P., Kraemer, W.J., and Häkkinen, K. (2010) Effects of combined strength and endurance training on treadmill load carrying walking performance in aging men. *J Strength Cond Res*, 24(6): 1584-1595.
 Jones, C.J., Rikli, R.E., and Beam, W.C. (1999) A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport*, 70(2): 113-119.
 Kalapotharakos, V.I., Tokmakidis, S.P., Smilios, I., Michalopoulos, M., Gliatis, J., and Godolias, G.

- (2005) Resistance training in older women: effect on vertical jump and functional performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(4): 570–575.
- Kalaphotharakos, V., Smilios, I., Parlavatzas, A., and Tokmakidis, S.P. (2007) The effect of moderate resistance strength training and detraining on muscle strength and power in older men. *J Geriatr Phys Ther*, 30(3): 109–113.
- Korpelainen, R., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Nieminen, P., Heikkinen, J., Väänänen, K., and Korpelainen, J. (2010) Long-term outcomes of exercise: follow-up of a randomized trial in older women with osteopenia. *Arch Intern Med*, 170(17): 1548–1556.
- Lagally, K.M., Robertson, R.J., Gallagher, K.I., Gearhart, R., and Goss, F.L. (2002) Ratings of perceived exertion during low- and high-intensity resistance exercise by young adults. *Percept Mot Skills*, 94(3 Pt 1): 723–731.
- 文部科学省 生涯スポーツ課編 (2000) 新体力テスト—有意義な活用のために—. ぎょうせい, 東京.
- Moritani, T. and deVries, H.A. (1980) Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *J Gerontol*, 35(5): 672–682.
- 灘本雅一・後藤幸弘・三村寛一・寺田和史・中谷敏昭 (2010) 8秒間の自転車全力ペダリングテストの信頼性と妥当性および無酸素性ピークパワーの加齢変化. *体育測定評価研究*, 10: 43–47.
- 中谷敏昭・灘本雅一・三村寛一・伊藤 稔 (2002) 日本人高齢者の下肢筋力を簡便に評価する30秒椅子立ち上がりテストの妥当性. *体育学研究*, 47: 451–461.
- 中谷敏昭・上 英俊 (2004) 椅子からの立ち上がり動作を利用した下肢筋力評価法. *体力科学*, 53(1): 183–188.
- 中谷敏昭・寺田和史・上 英俊・塩見玲子・白石晃・灘本雅一 (2009) 筋力運動で用いる自覚的疲労スケールの開発とトレーニングへの応用. *体育測定評価研究*, 9: 23–31.
- Nelson, M.E., Rejeski, W.J., Blair, S.N., Duncan, P.W., Judge, J.O., King, A.C., Macera, C.A., and Castaneda-Sceppa, C. (2007) Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*, 39(8): 1435–1445.
- Okamoto, N., Nakatani, T., Morita, N., Saeki, K., and Kurumatani, N. (2007) Home-based walking improves cardiopulmonary function and health-related QOL in community-dwelling adults. *Int J Sports Med*, 28(12): 1040–1045.
- Rikli, E.R. and Jones, J.C. (2001) Senior fitness test manual (1st ed). Human Kinetics: Champaign, US, pp. 67–68.
- Robertson, R.J., Goss, L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., and Andreacci, J. (2003) Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 35(2): 333–341.
- Rooks, D.S., Kiel, D.P., Parsons, C., and Hayes, W.C. (1997) Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: effects on neuromotor performance. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(3): 161–168.
- Roth, S.M., Martel, G.F., Ivey, F.M., Lemmer, J.T., Metter, E.J., Hurley, B.F., and Rogers, M.A. (2000) High-volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. *J Appl Physiol*, 88(3): 1112–1118.
- 白石 晃・中谷敏昭 (2008) 肩関節の水平屈曲および水平伸展動作を用いた筋力テストの信頼性. *天理大学学報*, 59(3): 1–7.
- Westcott, W.L., Winett, R.A., Anderson, E.S., Wojcik, J.R., Loud, R.L., Cleggett, E., and Glover, S. (2001) Effects of regular and slow speed resistance training on muscle strength. *J Sports Med Phys Fitness*, 41(2): 154–158.
- Yamauchi, J., Nakayama, S., and Ishii, N. (2009) Effects of bodyweight-based exercise training on muscle functions of leg multi-joint movement in elderly individuals. *Geriatr Gerontol Int*, 9(3): 262–269.
- Zion, A.S., De Meersman, R., Diamond, B.E., and Bloomfield, D.M. (2003) A home-based resistance-training program using elastic bands for elderly patients with orthostatic hypotension. *Clin Auton Res*, 13(4): 286–292.

(平成24年1月17日受付)
(平成24年3月26日受理)