

表 6-A. 筋因子とMS 関連因子の間の相関関係(男性)

男性	筋力量 (137)	筋肉率 (137)	大腿筋		大腿筋		大腿筋		KE (127)	KF (127)	HF (126)	KE/wt (127)	KF/wt (127)	HF/wt (126)	握力 (131)	上体起こ	
			CSA (79)	CSA (79)	CSA (79)	CSA/wt (79)	CSA/wt (79)	し回数 (130)								椅子座り 立ち時間 (129)	
腰圍	0.66 *	-0.64 *	0.49 *	0.30 *	-0.41 *	-0.33 *	0.20 *	-0.06	-0.07	-0.44 *	-0.55 *	-0.54 *	0.11	-0.24 *	0.15		
SBP	-0.04	-0.32 *	0.10	0.21	-0.29 *	-0.04	0.13	0.05	0.00	-0.01	-0.07	-0.12	0.06	-0.04	0.09		
DBP	0.08	-0.37 *	0.13	0.28 *	-0.16	0.09	0.09	0.03	-0.07	-0.12	-0.14	-0.21 *	0.05	-0.06	0.10		
TG	0.19 *	-0.14	0.23 *	0.15	0.00	-0.04	0.09	-0.09	0.08	-0.07	-0.22 *	-0.06	0.12	-0.07	0.18 *		
HDL	-0.32 *	0.18 *	-0.22 *	-0.26 *	0.03	-0.08	-0.09	0.14	-0.10	0.20 *	0.35 *	0.14	-0.03	0.02	0.03		
LDL	-0.05	-0.17 *	-0.03	0.10	-0.02	0.09	0.02	0.06	0.03	0.00	0.03	-0.01	-0.03	0.04	-0.04		
FG	0.00	-0.16	-0.07	-0.25 *	-0.19	-0.34 *	-0.06	-0.03	-0.20 *	-0.13	-0.08	-0.25 *	-0.12	-0.32 *	0.02		
HbA1c	0.06	-0.21 *	0.00	-0.05	0.18	0.04	-0.01	-0.04	-0.12	-0.13	-0.12	-0.21 *	-0.05	-0.29 *	0.02		
年齢	-0.48 *	-0.37 *	-0.39 *	-0.46 *	-0.19	-0.27 *	-0.36 *	-0.16	-0.36 *	-0.17	0.01	0.20 *	-0.30 *	-0.40 *	0.10		
身長	0.64 *	0.36 *	0.29 *	0.21	-0.13	-0.09	0.35 *	0.21 *	0.39 *	0.05	-0.08	0.09	-0.42 *	0.30 *	-0.03		
体重	0.90 *	-0.40 *	0.73 *	0.51 *	-0.23 *	-0.21	0.40 *	0.13 *	0.16	-0.33 *	-0.46 *	-0.42 *	0.35 *	-0.02	0.05		
BMI	0.68 *	-0.60 *	0.66 *	0.47 *	-0.20	-0.19	0.27 *	0.04 *	-0.01	-0.38 *	-0.45 *	-0.49 *	0.18 *	-0.17	0.07		

表中の数値は変数間の相関係数。\*: p<0.05.

腰圍: 臍位周徑圍, CSA: 横断面積, wt: 体重, KE: 等速性膝伸展筋力, KF: 等速性膝屈筋力, HF: 等速性股関節屈筋力, SBP: 収縮期血圧, DBP: 拡張期血圧, FG: 空腹時血糖.

TG: トリグリセリド, HDL: HDL コレステロール, LDL: LDL コレステロール

表 6-B. 筋因子と MS 関連因子の間の相関関係 (女性)

女性	筋肉量 (221)	筋肉率 (221)	大腿筋		大腰筋		大腿筋		大腰筋		KE (215)	KF (215)	HF (216)	KE/wt (215)	KF/wt (215)	HF/wt (216)	握力 (219)	上体起こし回数		椅子座り 立ち時間 (218)
			CSA (219)	CSA (217)	CSA (219)	CSA/wt (217)	CSA/wt (219)	CSA/wt (217)	回数 (214)	回数 (214)										
(N)	(221)	(221)	(219)	(217)	(219)	(217)	(219)	(217)	(219)	(217)	(215)	(215)	(216)	(215)	(216)	(219)	(214)	(214)	(218)	
胴囲	0.68 *	-0.56 *	0.62 *	0.27 *	-0.44 *	-0.40 *	0.34 *	0.36 *	0.33 *	-0.26 *	-0.28 *	-0.29 *	0.14 *	-0.30 *	0.26 *					
SBP	0.17 *	-0.42 *	0.33 *	0.03	-0.03	-0.20 *	0.08	0.14 *	0.08	-0.14 *	-0.08	-0.14 *	0.02	-0.20 *	0.06					
DBP	0.22 *	-0.46 *	0.39 *	0.04	-0.05	-0.24 *	0.10	0.15 *	0.12	-0.17 *	-0.12	-0.15 *	0.04	-0.20 *	0.08					
TG	0.16 *	-0.41 *	0.28 *	-0.04	-0.11	-0.28 *	0.00	0.00	0.05	-0.21 *	-0.24 *	-0.16 *	-0.10	-0.24 *	0.11					
HDL	-0.40 *	0.21 *	-0.39 *	-0.15 *	0.13 *	0.19 *	-0.15 *	-0.12	-0.21 *	0.16 *	0.21 *	0.10	-0.10	0.17 *	-0.07					
LDL	-0.09	-0.41 *	0.04	0.01	-0.10	-0.08	-0.08	-0.07	0.00	-0.15 *	-0.16 *	-0.08	-0.12	-0.15 *	0.06					
FG	0.20 *	-0.29 *	0.22 *	0.05	-0.16 *	-0.14 *	-0.02	-0.02	0.00	-0.18 *	-0.21 *	-0.17 *	-0.01	-0.21 *	0.14 *					
HbA1c	0.09	-0.20 *	0.13	0.05	-0.06	-0.02	-0.09	-0.10	-0.12	-0.16 *	-0.17 *	-0.19 *	-0.05	-0.17 *	0.07					
年齢	-0.36 *	-0.39 *	-0.14 *	-0.27 *	0.08	-0.13 *	-0.23 *	-0.19 *	-0.18 *	-0.16 *	-0.11	-0.09	-0.21 *	-0.30 *	0.11					
身長	0.58 *	0.43 *	0.21 *	0.23 *	-0.26 *	-0.07	0.43 *	0.34 *	0.34 *	0.21 *	0.09	0.08	0.50 *	0.19 *	-0.04					
体重	0.92 *	-0.38 *	0.78 *	0.41 *	-0.42 *	-0.38 *	0.50 *	0.53 *	0.50 *	-0.20 *	-0.20 *	-0.22 *	0.32 *	-0.19 *	0.20 *					
BMI	0.72 *	-0.59 *	0.74 *	0.33 *	-0.34 *	-0.38 *	0.34 *	0.40 *	0.38 *	-0.31 *	-0.26 *	-0.28 *	0.12	-0.29 *	0.24 *					

表中の数値は変数間の相関係数. \*: p<0.05.

胴囲: 臍位周径, CSA: 横断面積, wt: 体重, KE: 等速性膝伸展筋力, KF: 等速性膝屈曲筋力, HF: 等速性股関節屈曲筋力, SBP: 収縮期血圧, DBP: 拡張期血圧, FG: 空腹時血糖.

TG: トリグリセリド, HDL: HDL コレステロール, LDL: LDL コレステロール

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）  
分担研究報告書

メタボリックシンドローム予防のための具体的な筋力トレーニングプログラムの開発に関する研究

主任研究者： 田辺 解 筑波大学大学院人間総合科学研究科 研究員  
分担研究者： 久野 譜也 筑波大学大学院人間総合科学研究科 准教授  
分担研究者： 前田 清司 筑波大学大学院人間総合科学研究科 講師

### 研究要旨

本研究課題では、保健指導現場等で実際に実施されるメタボリックシンドローム（MS）解消又は予防のための運動指導を想定した上で、筋力トレーニングがMSに及ぼす影響を検討し、MS予防のための具体的な筋力トレーニングプログラムを開発することを目的とした。

30～60歳の中年女性121名を対象とし、食事制限だけ行う群（食事群）、持久性トレーニングを行う群（持久群）、筋力とトレーニングを行う群（筋トレ群）、持久性トレーニングと筋力トレーニングの両方を行う群（複合群）、及び対照群の五群に分類した。なお、運動トレーニングを実施する群は、食事制限と身体活動量の増加（1日1万歩）をトレーニングと並行して行った。介入期間は12週間とし、介入前後にMS関連因子、筋量の指標としてインピーダンス法で評価した全身筋肉量、筋肉率（体重あたりの全身筋肉量）、及びMRIで測定した大腿筋と大腰筋の横断面積（CSA）、筋力の指標として最大等速性膝関節、股関節筋力、握力、上体起こし回数、及び椅子座り立ち時間、そして有酸素性能力の指標として最大酸素摂取量を測定した。

食事制限を伴う運動介入が、メタボリックシンドロームに及ぼす影響について、筋力トレーニング実施群が顕著にMSを改善させることはみられなかったものの、筋肉率や体重あたりの筋横断面積の増加とMS因子の改善に関係性が認められたことから、体重に対する筋量の割合の維持、増加はMS予防に重要である可能性が示唆された。また、食事制限を行った四つの介入群で全身筋肉量の減少がみられ、その減少は筋力トレーニングを実施していない群で顕著であった。さらに、筋横断面積については比較的大きな減少（約3.5%）が認められた。今後は、筋力トレーニングによる筋肉量や筋肉率の維持・増加が、長期的な体重維持や健康維持に及ぼす影響について検討する必要がある、最終年度ではそれらの点を明らかにする。

#### A. 研究目的

本研究課題では、保健指導現場等で実際に実施されるメタボリックシンドローム解消又は予防のための運動指導を想定した上で、食事制限、有

酸素性トレーニング、及び筋力トレーニングを組み合わせたプログラムにおいて、筋力トレーニングの効果がMS予防や解消に及ぼす影響を検討し、MS予防のための具体的な筋力トレーニングプロ

グラムを開発することを目的とした。

## B. 研究方法

### 1. 対象者

30-60歳の中年女性121名を対象とした。対象者は代謝性疾患の軽度異常者（薬物治療）が含まれるものの、重篤な疾病を有さない自立した生活を送る健常者であった。なお、対象者は地域情報誌の広告によって集められた。

### 2. 介入内容

対象者を異なる介入を行う5つの群に分類した。各群の介入方法を下記に示した。なお、介入期間は全ての群で12週間とした。

・対照群（17名）：他の介入の影響を明らかにするため、対照群は介入期間中に身体活動量、及び食事量を変化させないよう指示した。

・食事制限群（食事群；22名）：食事群は、介入期間中に食事制限のみによる減量プログラムを実施させた。期間中に週2回の頻度で毎日記録させた食事摂取状況と期間中に携帯させた歩数計（ウォーキングスタイル HJ720IT, オムロン社製）の歩数、及び体組成計（HBF-354IT, オムロン社製）で測定させた体組成の推移を測定者がチェックし、食事をバランス良く減らせているか、身体活動量が変わっていないか、あるいは体重が目標通り減っているか等を確認し、適宜食事指導を行った。減量目標値は、介入前の体重の10%減量体重とした。なお、1ヶ月に3kg程度の減量速度を上まることがないように、BMIが30を超える対象者に対してはBMIが30に相当する体重に対する10%を目標減量値とした。また、介入前の体重の10%減量体重がBMI22を下回る対象者については、BMI22に相当する体重を減量目標体重とした。なお、BMIが22未満の対象者につい

ては、体組成の変換を主目的に減量指導を実施したが、対象者の意識を高めるために、減量目標値を必要に応じてBMI21および20に相当する体重として提示した。なお、目標摂取エネルギーの平均値は、約1800kcalであった。

・持久性トレーニング群（持久群；32名）：持久群は、介入前に評価した $\dot{V}O_{2max}$ の60-70%負荷強度で30分間、週2回の自転車エルゴメータ（AERO BIKE 900U, COMBI WELLNESS）運動を実施させた。12週間の介入前に運動実施に慣れる期間を2週間設け、この期間は30wattで15分間の自転車エルゴメータ運動を週2回実施させた。また最初の6週間は60% $\dot{V}O_{2max}$ の負荷とし、7週目以降は70% $\dot{V}O_{2max}$ の負荷に増加した。なお、期間中に歩数計を携帯させ、1日1万歩を目標として身体活動量を増加させた。これらの運動介入に加え、食事群と同様の方法と頻度で食事制限プログラムを併せて実施させた。

・筋力トレーニング群（筋トレ群；34名）：筋トレ群は、ウェイトトレーニング機器（Nautilus NITRO, Nautilus GSA）によるレジスタンス運動6種目を週2回の頻度で実施させた。トレーニング種目は、レッグプレス、レッグカール、ヒップフレクション、ヒップアダクション、バーチカルプレス、及びシットアップで、シットアップ以外は60%1RMの負荷を10回×3セット実施させた。シットアップは、シットアップベンチを用いて、10回×3セット実施させた。なお、体幹の筋力に応じてベンチの角度を変化させた。セット間の休憩は3分以上とした。12週間の介入前に運動動作に慣れる期間を2週間設け、この期間は非常に軽い負荷で10回×1セットを週2回実施させた。また、6週目に1RMを再測定し、その時の1RMの60%を7週目以降の負荷とした。さらに、期間中に歩数計を携帯させ、1日1万歩を目標として身

体活動量を増加させた。これらの運動介入に加え、食事群と同様の方法と頻度で食事制限プログラムを併せて実施させた。

・複合トレーニング群（複合群；16名）：複合群は、持久群と筋トレ群と同じ内容と頻度での運動トレーニングを両方実施させた。食事制限と歩数の増加（1日1万歩）も併せて実施させた。

運動を実施する全ての群に対して、運動前の血圧測定と体調確認による健康チェックを行い、十分なストレッチを実施させた後に専門的指導者の監視のもとトレーニングを行わせた。

## 2. 測定の実施と測定項目

全ての群に対して、12週間の介入前後に同様の健康診断及び体力測定を実施した。測定項目の詳細は以下に示した。

### ①MS関連因子とMS判別

・臍位周径囲：立位で軽呼吸時に臍位の周径囲を巻き尺により3回計測し、それらの平均値を測定値とした。

・収縮期/拡張期血圧：10分以上安静にした後、座位姿勢で自動血圧計（HEM-780、オムロン社製）を用いて上腕の血圧を測定した。血圧は安定するまで数回測定した後、2回測定してより低い方を採択値とした。

・血液検査：早朝安静空腹時に採血を実施し、血液試料から以下のMS関連指標を分析した。空腹時血糖、HbA1c、トリグリセリド（TG）、HDLコレステロール（HDL-CHO）、LDLコレステロール（LDL-CHO）、総コレステロール（T-CHO）

### <MSの判別>

日本動脈硬化学会等により定められたメタボリックシンドローム診断基準（2005）に基づき、MSを判別した。

臍位周径囲が男性85cm、女性90cm以上で、かつ血圧（収縮期/拡張期130/85mmHg）、血中脂質（TG；150mg/dl以上、HDL-CHO40mg/dl未満）、及び血糖（FG；110mg/dl以上）の基準を超える項目が1つの対象者を予備群、2つ以上の対象者をMS群、それ以外の対象者を非該当群とした。なお、高TG血症、低HDL-C血症、高血圧、高血糖に対する薬物治療を受けている場合は、それぞれの項目に含めた。

### ②体組成（筋肉率、全身筋肉量など）

生体電気インピーダンス測定装置（HBF-352、オムロン社製）により、両手間及び両手-両足間のインピーダンス値を測定した。測定姿勢は、両足と両手に電極を接触させたうえで、立位姿勢にて両腕を地面と水平にかつ正面に伸ばした状態とした。測定されたインピーダンス値から、全身の筋肉量及び体脂肪量を算出し、それぞれを体重当たりに換算した筋肉率と体脂肪率を求めた。なお、体重と身長も併せて測定した。

### ③筋横断面積

MRI装置（0.25T永久磁石コイル型磁気共鳴画像撮影装置：AIRIS mate, Hitachi Medical Co.）を用いて、腹部（脊椎4-5番の椎間板の中心位置）及び大腿部50%部位（右脚大転子と頸骨頭外側顆間結節の間の50%部位）の横断画像を撮影した。腹部画像からは犬腰筋（左右合計）の横断面積（CSA）を、大腿部画像からは大腿筋CSAを画像解析ソフトウェア（NIH image ver. 1.62, National Institute of Health）により算出した。

### ④筋力

・1RM：レッグプレス、レッグカール、ヒップフレクション、ヒップアダクション、及びバーチカルプレスについて1RMの測定を実施した。1RMの測定は、ストレッチの後に体重の10%程度で2-3回挙上させ、動作確認を行ったうえで、体重を基

準に初期負荷を決め、徐々に負荷を増加し、挙上できる最大の負荷を記録した。シットアップは、シットアップベンチがフラットの状態で10回実施した際のRPEを記録し、「きつい：15」を下回った場合は、ベンチの足首固定部の位置を高くして10回実施させRPEを記録した。

なお、1RM測定は対象者が身体的疲労のない状態で実施した。

・等速性筋力：等速性筋力測定機器（Biodex system3、Biodex medical systems inc.）を用い、等速性（60°/秒）の膝関節伸展/屈曲及び股関節屈曲筋力を測定した。各種目について、対象者に最大努力での筋力発揮を5回行わせ、ピークトルクを等速性筋力として評価した。

・握力：デジタル握力計（GRIP-D、竹井機器工業）により立位姿勢で握力を左右2回測定し、左右それぞれ良い方の記録の平均値を測定値とした。

・上体起こし回数：仰臥姿勢で膝を90°に曲げ、両腕を組んだ状態で30秒間内に上体を起こした（大腿部と両肘が付いた）回数を測定した。

・椅子立ち上がり時間：規定の椅子から立ち上がり-座る動作を10回繰り返したときに要する時間を測定した。

#### ⑤有酸素性能力

有酸素性能力については、最大酸素摂取量（ $VO_{2peak}$ ）により評価した。自転車エルゴメータによる漸増負荷試験時に呼気ガス分析器（AE300S、ミナト医科学社製）により呼気ガス情報を採取し、 $VO_{2peak}$ を算出した。

#### ⑦身体活動量

加速度計付き歩数計（ライフコーダ、スズケン社製）を対象者の腰部に一週間装着し、一日当たりの歩数及び強度を加味した一週間あたりの身体活動量（METs・時）を算出した。また、同期間に実施した自転車と水中の運動時間を対象者

に記録させ、その記録から推計した活動消費エネルギー量を歩数計で計測した消費エネルギー量に追加した。

#### ⑧栄養摂取量

任意に作成した記録用紙に3日間の食事内容を記入させ、その記録から一日当たりの摂取エネルギー量、たんぱく質、炭水化物、脂質等の栄養素摂取量を分析した。分析は、すべて同一の栄養素解析ソフト（エクセル栄養君、健帛社製）を用いて管理栄養士が実施した。なお、栄養摂取量のデータについては、現在分析中であるため、本研究課題においては、その影響を考慮しなかった。

#### ⑨健康状態及び生活習慣の調査

任意に作成した調査票を用いて喫煙習慣、運動習慣、関節痛・腰痛症状、月経の状態などの健康状態及び生活習慣について調査した。

### 3. 統計解析

統計量は平均値±標準偏差で示した。群間の差の検定にはone-way ANOVAを実施した。それぞれの変数における群内変動と群間変動の有意性および交互作用を検定するために、two-way repeated measures ANOVAを行った。なお、Post-hocテストには、Fisher's PLSDを用いた。交互作用が認められた場合には、各群内における時間的変動をpaired t-testにより検定した。各変数間における関連性を検討するにあたって、単回帰分析を行い、各変数間の回帰係数を求めた。相関係数の検定にはFisherのz変換を用いた。全ての統計処理には、統計解析ソフトウェアStatView ver.5.0 for Mac（SAS Institute Inc.）を用いた。有意水準は $p<0.05$ とした。

### 4. 倫理面への配慮

・実験に先立ち、全ての対象者に実験の趣旨と内

容を十分に説明し、インフォームドコンセントを得る。

- ・個人情報の保護のために最大限の努力を払う。
- ・医師による問診・メディカルチェックを行い運動実施が可能であるかを判断する。
- ・本研究実施計画書の全体面については、筑波大学大学院人間総合科学研究科の倫理委員会にて承認されなければならないものとする。

### C. 結果

#### 1. 対象者の特徴

表 1 に介入前の各群における対象者の特徴を示した。年齢、体重、BMI、筋肉率、体脂肪率、身体活動量、及び臍位周径は、五群間で有意な差は認められなかった。ただし、MS リスク保有数は対照群に比べて、食事群、複合群、及び筋トレ群で有意に多かった。MS 保有数に有意な差がみられたものの、介入前における五群の年齢や体組成等の特徴はほぼ同等であったと言える。本研究では、これらの五群に対してそれぞれ異なる介入を 12 週間行った。

#### 2. 介入後における MS 該当者数の変化

介入後における MS 該当者数の変化を表 2 にまとめた。介入前の対照群、食事群、持久群、複合群、及び筋トレ群における MS 該当者はそれぞれ 0 名 (0%)、3 名 (14%)、4 名 (13%)、2 名 (13%)、及び 6 名 (18%) であり、予備群はそれぞれ 1 名 (6%)、5 名 (23%)、4 名 (13%)、3 名 (19%)、及び 5 名 (15%) であった。介入後に対照群を除いた全ての群で MS 該当者数が減少し、非該当者数が増加した。対照群は、介入後に MS 該当者が 1 名増加し、非該当者が 2 名減少した。

#### 3. 介入後における MS 関連因子の変化

介入後における MS 関連因子の変化を表 3 に示した。

介入前後における MS 関連因子の変化を two-way repeated measures ANOVA で統計分析したところ、臍位周径、TG、HDL コレステロール、及び MS リスク数の変化について交互作用が認められた。臍位周径は、対照群で有意に増加したが、食事群、持久群、複合群、及び筋トレ群では有意に減少した (表 3)。食事群、持久群、複合群、及び筋トレ群の四群における臍位周径の減少量は 3-4 cm であり、いずれも対照群に比べて有意に減少していたが、減少量の程度に四群間の差はみられなかった (図 1-A)。TG は食事群、持久群、及び筋トレ群で有意に減少した。HDL コレステロールは、対照群で有意に増加し、持久群と複合群で有意に減少した。MS リスク数は、対照群のみ有意に増加した。MS リスク数の減少の程度は、対照群以外の四群で有意な違いはなかった。

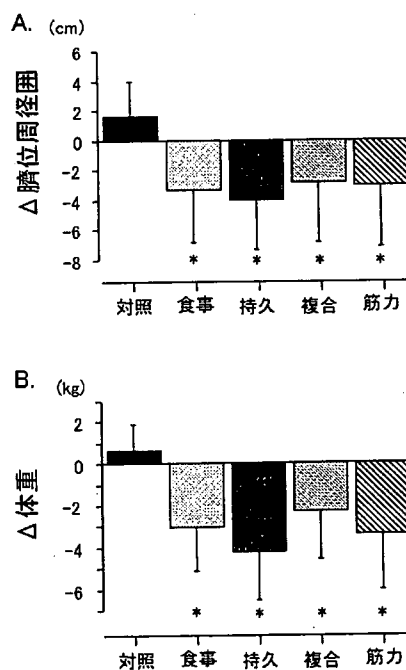


図 1. 介入後における各群の臍位周径(A)及び体重(B)の変化

#### 4. 介入後における体組成の変化

介入後における体組成の変化を表4に示した。

介入前後における体組成の変化について、体重、筋肉量、筋肉率、体脂肪量、及び体脂肪率の変化に交互作用が認められた。体重は、対照群で有意な変化はなく、食事群、持久群、複合群、及び筋トレ群の四群で有意に減少した(表4)。対照群を除いた四群における体重の減少量は2~4 kgであり、いずれも対照群に比べて有意に減少していた(図1-B)。体重減少量の程度は、持久群に比べて複合群で小さかった。全身筋肉量も体重と同様に対照群で変化はなく、その他の四群でそれぞれ有意に減少した。なお、筋肉量減少の程度は、対照群に比べて食事群と持久群でより有意に大きかった(図2-A)。一方、筋肉率は対照群で有意に減少したが、食事群、持久群、及び筋トレ群で有意に増加し、複合群で増加する傾向がみられた。筋肉率増加の程度は、対照群に比べてその他の四群で有意に大きく、食事群に比べて持久群と筋トレ群における筋肉率増加が大きかった。体脂肪量については、対照群で有意に増加し、その他の四群で有意に減少した。体脂肪量の減少程度は、対照群に比べて他の四群で有意に大きく、持久群の減少量は食事群と複合群に比べて大きかった。また、体脂肪率は対照群で有意に増加したものの、食事群で減少する傾向がみられ、持久群、複合群、及び筋トレ群で有意に減少した。体脂肪率の減少程度に対照群を除いた四群間に有意な差は認められなかった。

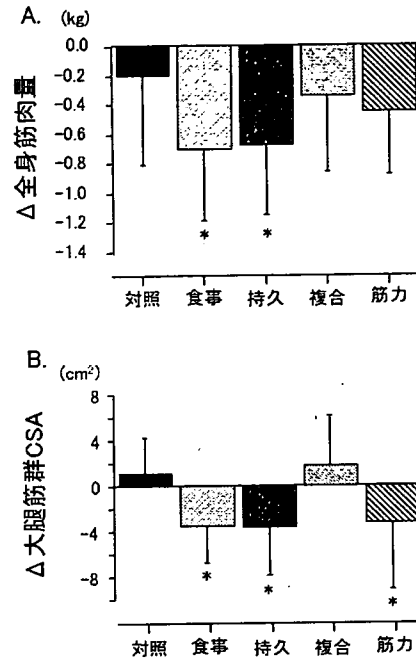


図2. 介入後における各群の全身筋肉量(A)及び大腿部筋 CSA(B)の変化

#### 5. 介入後における筋横断面積の変化

表5に介入後における大腿筋と大腰筋の横断面積(CSA)の変化を示した。大腿筋CSA、大腰筋CSA、体重あたり的大腿筋CSA、及び体重あたり的大腰筋CSAの変化について交互作用がみられた。大腿筋CSAは、対照群と複合群で変化がなく、食事群、持久群、及び筋トレ群で有意に減少した(図2-B)。大腿筋CSAの減少量は、対照群に比べて、食事群、持久群、及び筋トレ群で有意に大きく、複合群に比べて持久群と筋トレ群で有意に大きかった。大腰筋CSAは、対照群と複合群で有意に増加し、持久群で有意に減少した。一方、体重あたり的大腿筋CSAは対照群で変化がなく、その他の四群で有意に増加した。体重あたり的大腿筋CSAの増加量は食事群と筋トレ群に比べ、複合群でより大きく増加した。体重あたり的大腰筋CSAは全ての群で有意に増加し、その増加量は複合群と筋トレ群でその他の群に比べて有意に大



きかった。

## 6. 介入後における筋力の変化

表 6 に介入後における筋力の変化を示した。膝関節伸展筋力  $60^\circ$  /秒 (KE60)、膝関節屈曲筋力  $180^\circ$  /秒 (KF180)、股関節屈曲筋力  $60^\circ$  /秒 (HF60)、体重あたりの膝関節屈曲筋力  $180^\circ$  /秒 (KF180/wt)、体重あたりの股関節屈曲筋力  $60^\circ$  /秒 (HF60/wt)、上体起こし回数、及び椅子座り立ち時間の変化について交互作用がみられた。KE60 と KF180 の変化に交互作用がみられたものの、全ての群で介入前後に有意な変化は認められなかった。HF60 は対照群と筋トレ群で有意な増加がみられ、複合群では減少する傾向にあった。KF180/wt は複合群で増加する傾向にあり、筋トレ群で有意に増加した。HF60/wt は、対照群、食事群、持久群、及び筋トレ群で有意に増加した。上体起こし回数は、対照群で有意に減少し、持久群、複合群、及び筋トレ群で有意に増加した。その増加量は複合群と筋トレ群でより大きかった。椅子座り立ち時間は、全ての群で有意に短くなり、その変化は複合群と筋トレ群でより大きかった。

## 7. 介入後における身体活動量及び最大酸素摂取量の変化

介入後における身体活動量及び最大酸素摂取量の変化を表 7 に示した。歩数、身体活動量、最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2peak}$ )、及び体重あたりの  $\dot{V}O_{2peak}$  ( $\dot{V}O_{2peak}/wt$ ) の変化について、交互作用が認められた。一日あたりの歩数は持久群、複合群、及び筋トレ群で有意に増加した。歩数の増加量は対照群に比べて筋トレ群で大きく、食事群に比べて持久群と複合群で大きかった。一週間あたりの身体活動量は食事群で有意に減少したが、

持久群と筋トレ群で有意に増加し、複合群で増加する傾向にあった。身体活動量の増加量は対照群と比較して複合群と筋トレ群でより大きかった。 $\dot{V}O_{2peak}$  は持久群と複合群において有意に増加した。 $\dot{V}O_{2peak}/wt$  は持久群、複合群、及び筋トレ群で有意に増加した。

## 8. 介入後における筋因子の変化と MS 関連因子の変化の相関関係

介入後における筋因子の変化と MS 関連因子の変化の相関関係を表 8、表 9 に示した。体重の変化と筋肉量、大腿筋 CSA、大腰筋 CSA、KE60、KE180、KF60、及び HF60 の変化の間に正の相関関係が認められた。これらのことは体重の減少が大きいほど筋量、または筋力の低下が大きくなることを示唆している。この結果に伴って、筋 CSA や等速性筋力の変化と MS 関連因子の変化との間にいくつか有意な正の相関関係がみられた (例：大腿筋 CSA vs 臍位周径囲、 $R=0.38$ ,  $p<0.05$ )。一方、筋肉量を体重あたりに示した筋肉率や体重あたりの筋 CSA の変化は、MS 関連因子の変化と有意な負の相関関係が認められた (例：図 3-A、3-B)。また、体重あたりの等速性筋力やフィールドテストによる筋力指標の変化は、MS 関連因子の変化と顕著な関係性がみられなかった。

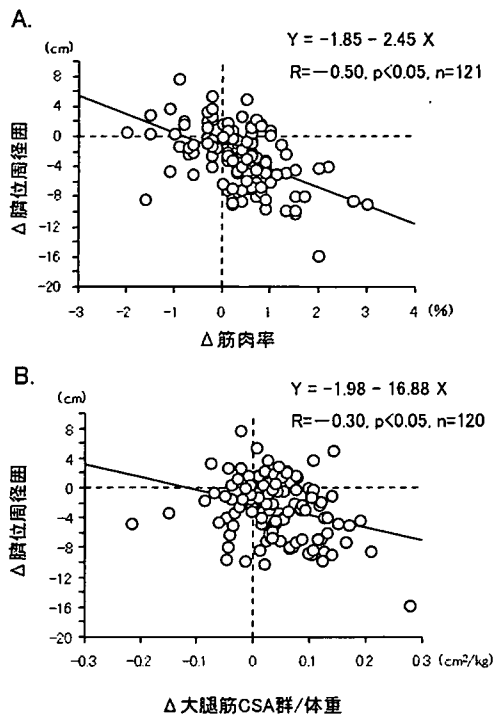


図 3. 介入後における各群の腓位周径围の変化と筋肉率の変化(A)及び体重あたりの大腿部筋 CSA の変化(B)との相関関係

#### D. 考察

本研究課題では、保健指導現場等で実際に実施されるメタボリックシンドローム解消又は予防のための運動指導を想定した上で、筋力トレーニングがMS予防や解消に及ぼす影響を検討し、MS予防のための具体的な筋力トレーニングプログラムを開発することを目的とした。

12週間にわたる食事制限及び運動介入は、中年女性におけるMSリスクを軽減させた(表2、表3)。一方、筋力トレーニングを組み合わせた群(複合群と筋トレ群)において、そのMSリスク軽減効果は他の群と比較して顕著なものではなかった(図1、表3)。筋力トレーニングによる筋力及び筋量の増加は、基礎代謝による消費エネルギー量の増加、あるいは糖質・脂質代謝の増進などをもたらすことが報告されており、このよう

な筋力トレーニングの効果がMS予防に有用であると考えられている。しかしながら、本研究では筋力トレーニングがMSリスクを顕著に改善する結果は得られなかった。その原因の一つとして、本研究のトレーニング期間(12週間)が考えられる。本研究で用いたトレーニング負荷であれば12週間内で筋力及び筋量の増大効果が得られると推測されるが、顕著に筋力が増加するのは4〜6週間、顕著に筋量が増加するのは6〜8週間とされており、もしそれらの結果として基礎代謝量等の改善効果が得られたとしてもMSリスクを軽減させるまでに至るには期間が短かったのかもしれない。この点に関して、最終年度では本課題で実施した筋力トレーニング1年後に、同じ対象者に対して再検査を実施し、筋力トレーニング後の長期的なMS予防効果についても検討する予定である。

また、本研究では食事制限や歩数増加によりエネルギーバランスを負にする介入を伴っていたため、そのような介入を同時に実施した場合は、筋力トレーニングの効果が得られにくい可能性が考えられる。これは、介入後に全身筋肉量や筋CSAの減少、あるいは等速性筋力が顕著に増加していなかったことから推察される(図2-A、2-B、表6)。食事制限による減量は、摂取されるたんぱく質の減少、筋タンパク同化の抑制、あるいは異化の促進等をもたらされることで筋量が減少することがいくつかの研究で報告されている。運動と食事制限を同時に実施した場合に筋量などの程度変化するかについては、研究報告が少ないため議論の余地があるものの、本研究においては筋力トレーニングを実施したにも関わらず、全身筋肉量と大腿筋CSAの減少が認められた(図2-A、2-B、表5)。なお、食事群、持久群、及び筋トレ群の三群における大腿筋CSAの減少率は

約 3.5%であった (図 2-B)。大腿筋 CSA は加齢に伴い減少することがわかっている。我々の研究データベースにおける日本人女性の大腿筋 CSA の加齢変化と、今回認められた 3.5%の減少率を照らし合わせると、同年代において 5 年間で減少する筋 CSA に相当した。ゆえに、この減少率は比較的大きいものであると考えられる。これらの筋量減少が MS 予防に及ぼすデメリットについては今後検討する必要がある。

一方、筋量が減少するといった現象がみられたものの、運動介入によって体重あたりの筋量である筋肉率や体重あたりの筋 CSA は、増加する傾向にあった (表 4、表 5)。また、筋肉率や体重あたりの筋 CSA の増加は、MS リスクの軽減と相関関係が認められた (図 3-A、3-B、表 8)。これらのことは、体重に対する筋量の増加が MS 予防や改善に重要であることを示唆している。筋量の絶対量が減っても、体重あたりの相対量を増やせば MS 予防に有効であるのか、それとも筋量の絶対値は保つべきなのかについては、今後検討すべき課題である。

本研究結果から、食事による摂取エネルギーを制限することは、短期間での MS 解消には効果的であるが、一方で筋量を減少させる (基礎代謝量を減少させる) というデメリットがあるという点について留意し、保健指導を実施する必要があると言える。また、食事制限が筋力トレーニングの効果を抑制する可能性も示唆されたことから、MS 予防や解消のための筋力トレーニングプログラムを開発する上で重要な知見が得られたものと思われる。最終年度においては、本研究結果の知見をふまえながら、減量時におけるたんぱく質のサプリメントなどの方法も含めてより効果的で具体的な MS 予防のための筋力トレーニングプログラムを作成する。

## E. 結論

食事制限を伴う運動介入が、メタボリックシンドロームに及ぼす影響について、筋力トレーニングが顕著に MS を改善させることはみられなかったものの、筋肉率や体重あたりの筋横断面積の増加と MS 因子の改善に関係性が認められたことから、体重に対する筋量の割合の維持、増加は MS 予防に重要である可能性が示唆された。

また、食事制限を行った四つの介入群で全身筋肉量の減少がみられ、その減少は筋力トレーニングを実施していない群で顕著であった。さらに、筋横断面積については比較的大きな減少 (約 3.5%) が認められた。

今後は、筋力トレーニングによる筋肉量や筋肉率の維持・増加が、長期的な体重維持や健康維持に及ぼす影響について検討する必要がある、最終年度ではそれらの点を明らかにする。

## F. 健康危険情報

該当なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 前田有美, 横山典子, 高橋康輝, 土居達也, 松元圭太郎, 上野裕文, 久野譜也: 肥満中年女性の身体組成に及ぼす複合トレーニングとタンパク質摂取の併用効果. 体力科学, 56: 269-278, 2007.
- 2) Kodama Satoru, Miao Shu, Haruka Murakami, Kiyoji Tanaka, Shinya Kuno, Rhuichi Ajisaka, Yasulo Sone, Fumiko Onitake, Akimitsu Takahashi, Hitoshi Shimano, Kazuo Kondo, Nobuhiro Yamada and Hirohito Sone: Even low-intensity and low-volume exercise training may improve insulin

resistance in the elderly. Internal Medicine, 46(14): 1071-7, 2007.

的要素に及ぼす効果. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007. 9

## 2. 学会発表

- 1) 田辺解, 前田有美, 坂戸洋子, 大槻毅, 家光素行, 久野譜也. 減量を伴う複合的運動プログラムが中年女性のメタボリックシンドロームに及ぼす影響. 日本運動生理学会, 弘前, 2007. 7
- 2) 田辺解, 横山典子, 前田清司, 家光素行, 坂戸洋子, 難波秀行, 膳法浩史, 久野譜也. ライフスタイル型運動プログラムが中年勤労者のメタボリックシンドロームに及ぼす影響. 日本体育学会, 神戸, 2007. 9
- 3) 田辺解, 横山典子, 膳法浩史, 坂戸洋子, 大塚貞明, 前田清司, 家光素行, 久野譜也. メタボリックシンドローム予防のためのライフスタイル型運動プログラムが中年勤労者の筋因子に及ぼす影響. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007. 9
- 4) 横山典子, 田辺解, 大塚貞明, 前田清司, 久野譜也. メタボリックシンドローム予防を目的としたライフスタイル型運動プログラムが中年勤労男性における精神健康度に及ぼす影響. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007. 9
- 5) 家光素行, 前田清司, 田辺解, 大槻毅, 横山典子, 久野譜也. メタボリックシンドロームにおけるライフスタイル型運動プログラムは動脈 stiffness とアディポサイトカインを改善する. 日本体力医学会大会, 秋田, 2007. 9
- 6) 前田有美, 田辺解, 横山典子, 膳法浩史, 大槻毅, 前田清司, 久野譜也. 筋力トレーニングの強度の違いが中年女性の精神

## H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得  
該当なし
2. 実用新案登録  
該当なし
3. その他  
該当なし

表 1. 介入前の各群における対象者の特徴

	対照群	食事群	持久群	複合群	筋トレ群
N=	17	22	32	16	34
年齢 (歳)	50.4 ± 8.9	47.2 ± 8.2	45.1 ± 6.2	47.1 ± 7.6	47.1 ± 6.5
体重 (kg)	59.2 ± 6.8	64.8 ± 8.1	62.9 ± 9.4	62.2 ± 9.2	62.5 ± 9.6
BMI (kg/cm <sup>2</sup> )	23.8 ± 1.9	26.0 ± 3.0	25.1 ± 3.7	25.9 ± 3.5	25.9 ± 3.8
筋肉率 (%)	25.3 ± 1.3	24.6 ± 1.3	24.9 ± 1.8	23.9 ± 1.6	24.7 ± 1.8
体脂肪率 (%)	31.0 ± 2.8	33.3 ± 2.7	32.0 ± 4.4	33.7 ± 3.6	32.7 ± 4.2
身体活動量 (METs・時/週)	22.1 ± 18.6	22.9 ± 11.9	23.7 ± 14.4	19.0 ± 11.1	19.7 ± 11.1
臍位周径 (cm)	83.8 ± 3.8	89.7 ± 8.7	85.9 ± 11.8	90.2 ± 8.3	88.6 ± 9.8
MSリスク数 (個)	0.4 ± 0.7	1.5 ± 1.1*	0.9 ± 1.2	1.1 ± 1.1*	1.1 ± 1.1*

平均値±SD. \*p<0.05 vs 対照群

表 2. 介入後の各群におけるMS 該当者数の変化(単位:人)

	対照群	食事群	持久群	複合群	筋トレ群
非該当群					
PRE	16 94%	14 64%	24 75%	11 69%	23 68%
POST	14 82%	16 73%	27 84%	12 75%	29 85%
変化	△ 2	▲ 2	▲ 3	▲ 1	▲ 6
予備群					
PRE	1 6%	5 23%	4 13%	3 19%	5 15%
POST	2 12%	4 18%	3 9%	4 25%	1 3%
変化	▲ 1	△ 1	△ 1	▲ 1	△ 4
MS 群					
PRE	0 0%	3 14%	4 13%	2 13%	6 18%
POST	1 6%	2 9%	2 6%	0 0%	4 12%
変化	▲ 1	△ 1	△ 2	△ 2	△ 2

▲: プラス変化, △: マイナス変化

表3. 介入後の各群におけるMS関連因子の変化

		対照群			食事群			持久群			複合群			筋トレ群			交互作用
		PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	
胸囲 (cm)	PRE	83.8 ± 3.8	89.7 ± 8.7	85.9 ± 11.8	90.2 ± 8.3	88.6 ± 9.8	p<0.05										
	POST	85.5 ± 5.0 *	86.5 ± 9.7 *	81.9 ± 10.6 *	87.4 ± 6.3 *	85.6 ± 10.4 *											
	Δ	1.6 ± 2.3 a	-3.3 ± 3.6 a	-4.0 ± 3.3 a	-2.9 ± 3.9 a	-3.0 ± 4.2 a											
SBP (mmHg)	PRE	115.9 ± 14.1	124.4 ± 16.5	117.0 ± 15.7	115.4 ± 14.9	119.9 ± 19.9	n.s.										
	POST	113.7 ± 15.7	122.5 ± 15.3	114.2 ± 12.2	116.6 ± 16.8	116.4 ± 15.8											
	Δ	-2.2 ± 10.5	-1.8 ± 10.2	-2.7 ± 11.4	1.2 ± 10.5	-3.5 ± 10.0											
DBP (mmHg)	PRE	75.5 ± 8.6	83.5 ± 13.6	79.7 ± 12.9	80.4 ± 11.7	78.8 ± 12.1	n.s.										
	POST	73.1 ± 10.7	81.9 ± 11.7	76.1 ± 12.1	76.8 ± 11.1	76.5 ± 9.8											
	Δ	-2.4 ± 8.5	-1.6 ± 7.6	-3.6 ± 8.1	-3.6 ± 6.5	-2.3 ± 8.4											
TG (mg/dl)	PRE	86.6 ± 73.6	110.0 ± 86.4	82.3 ± 38.1	81.6 ± 32.5	106.3 ± 56.1	p<0.05										
	POST	97.4 ± 69.8	82.3 ± 48.9 *	72.3 ± 34.6 *	77.8 ± 36.2	84.9 ± 54.3 *											
	Δ	10.7 ± 37.4	-27.7 ± 51.0 a	-10.0 ± 21.6	-3.9 ± 31.7	-21.5 ± 48.6 a											
HDL (mg/dl)	PRE	58.2 ± 13.0	56.7 ± 11.8	63.4 ± 13.8	68.6 ± 9.2	55.0 ± 11.2	p<0.05										
	POST	61.8 ± 15.9 *	57.2 ± 15.6	59.9 ± 14.0 *	64.2 ± 10.2 *	53.1 ± 10.9											
	Δ	3.6 ± 6.9	0.5 ± 11.3	-3.5 ± 5.8 a	-4.4 ± 4.2 a	-1.9 ± 6.9 a											
LDL (mg/dl)	PRE	128.2 ± 34.7	120.2 ± 33.7	124.2 ± 25.3	132.2 ± 23.9	128.6 ± 29.7	n.s.										
	POST	130.1 ± 35.9	118.0 ± 30.3	117.5 ± 26.2	126.0 ± 24.9	122.6 ± 32.9											
	Δ	1.9 ± 13.5	-2.2 ± 18.8	-6.7 ± 14.4	-6.2 ± 16.8	-6.0 ± 21.6											

\*: p<0.05 vs PRE, a: p<0.05 vs 対照群, b: p<0.05 vs 食事群, c: p<0.05 vs 持久群, d: p<0.05 vs 複合群, 胸囲: 臍位周径

表 3. 介入後の各群におけるMS関連因子の変化(つづき)

		対照群			食事群			持久群			複合群			筋トレ群			交互作用
		PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	
T-CHO (mg/dl)	PRE	208.2 ± 36.3	201.6 ± 41.1	205.8 ± 27.0	215.4 ± 28.5	204.5 ± 36.5	n.s.										
	POST	216.5 ± 42.4	199.7 ± 36.1	197.8 ± 27.9	207.4 ± 29.3	197.5 ± 36.2											
	Δ	8.4 ± 19.8	-1.9 ± 22.8	-8.0 ± 15.0 a	-8.1 ± 17.7 a	-7.0 ± 23.1 a											
FG (mg/dl)	PRE	94.5 ± 4.3	103.4 ± 13.2	97.8 ± 8.6	101.6 ± 15.3	99.5 ± 9.1	n.s.										
	POST	91.6 ± 5.9	98.7 ± 11.6	94.8 ± 8.1	99.5 ± 11.2	95.5 ± 7.1											
	Δ	-2.9 ± 4.3	-4.6 ± 5.3	-3.1 ± 5.3	-2.1 ± 8.6	-4.0 ± 7.4											
HbA1c (%)	PRE	5.0 ± 0.2	5.2 ± 0.5	5.1 ± 0.3	5.1 ± 0.6	5.2 ± 0.3	n.s.										
	POST	5.0 ± 0.2	5.1 ± 0.4	5.0 ± 0.3	5.0 ± 0.5	5.1 ± 0.3											
	Δ	0.0 ± 0.1	-0.1 ± 0.2	-0.1 ± 0.2	-0.1 ± 0.2	-0.1 ± 0.2											
MS数 (個)	PRE	0.4 ± 0.7	1.5 ± 1.1	0.9 ± 1.2	1.1 ± 1.1	1.1 ± 1.1	p<0.05										
	POST	0.8 ± 1.0 *	1.3 ± 1.1	0.7 ± 0.9	0.9 ± 0.9	0.9 ± 1.0											
	Δ	0.4 ± 0.6	-0.3 ± 0.6 a	-0.2 ± 0.6 a	-0.2 ± 0.7 a	-0.3 ± 0.9 a											

\*: p<0.05 vs PRE, a: p<0.05 vs 対照群, b: p<0.05 vs 食事群, c: p<0.05 vs 持久群, d: p<0.05 vs 複合群



表 4. 介入後の各群における体組成の変化

		対照群			食事群			持久群			複合群			筋トレ群		交互作用	
		PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST		Δ
体重 (kg)	PRE	59.2 ± 6.8	59.2 ± 6.8	8.1	62.0 ± 9.4	62.0 ± 9.4	8.1	62.2 ± 9.2	62.2 ± 9.2	9.2	62.5 ± 9.6	62.5 ± 9.6	9.6	62.5 ± 9.6	62.5 ± 9.6	9.6	p<0.05
	POST	59.9 ± 7.2	59.9 ± 7.2	9.2*	57.8 ± 8.5*	57.8 ± 8.5*	9.2*	59.9 ± 8.4*	59.9 ± 8.4*	8.4*	59.1 ± 8.8*	59.1 ± 8.8*	8.8*	59.1 ± 8.8*	59.1 ± 8.8*	8.8*	
	Δ	0.6 ± 1.3	0.6 ± 1.3	2.1 a	-4.2 ± 2.3 a	-4.2 ± 2.3 a	2.1 a	-2.3 ± 2.3 a, c	-2.3 ± 2.3 a, c	2.3 a, c	-3.4 ± 2.6 a	-3.4 ± 2.6 a	2.6 a	-3.4 ± 2.6 a	-3.4 ± 2.6 a	2.6 a	
筋肉量 (kg)	PRE	15.0 ± 1.8	15.0 ± 1.8	2.3	15.4 ± 1.9	15.4 ± 1.9	2.3	14.8 ± 2.1	14.8 ± 2.1	2.1	15.3 ± 2.2	15.3 ± 2.2	2.2	15.3 ± 2.2	15.3 ± 2.2	2.2	p<0.05
	POST	14.8 ± 2.0	14.8 ± 2.0	2.5*	14.7 ± 1.9*	14.7 ± 1.9*	2.5*	14.5 ± 1.9*	14.5 ± 1.9*	1.9*	14.9 ± 2.1*	14.9 ± 2.1*	2.1*	14.9 ± 2.1*	14.9 ± 2.1*	2.1*	
	Δ	-0.2 ± 0.6	-0.2 ± 0.6	0.5 a	-0.7 ± 0.5 a	-0.7 ± 0.5 a	0.5 a	-0.3 ± 0.5	-0.3 ± 0.5	0.5	-0.4 ± 0.4	-0.4 ± 0.4	0.4	-0.4 ± 0.4	-0.4 ± 0.4	0.4	
筋肉率 (%)	PRE	25.3 ± 1.3	25.3 ± 1.3	1.3	24.9 ± 1.8	24.9 ± 1.8	1.3	23.9 ± 1.6	23.9 ± 1.6	1.6	24.7 ± 1.8	24.7 ± 1.8	1.8	24.7 ± 1.8	24.7 ± 1.8	1.8	p<0.05
	POST	24.7 ± 1.5*	24.7 ± 1.5*	1.6*	25.5 ± 1.8*	25.5 ± 1.8*	1.6*	24.3 ± 1.9#	24.3 ± 1.9#	1.9#	25.3 ± 2.0*	25.3 ± 2.0*	2.0*	25.3 ± 2.0*	25.3 ± 2.0*	2.0*	
	Δ	-0.6 ± 0.7	-0.6 ± 0.7	0.9 a	0.6 ± 0.6 a, b	0.6 ± 0.6 a, b	0.9 a	0.3 ± 0.7 a	0.3 ± 0.7 a	0.7 a	0.6 ± 0.7 a, b	0.6 ± 0.7 a, b	0.7 a, b	0.6 ± 0.7 a, b	0.6 ± 0.7 a, b	0.7 a, b	
体脂肪量 (kg)	PRE	18.5 ± 3.5	18.5 ± 3.5	3.9	20.2 ± 5.6	20.2 ± 5.6	3.9	21.2 ± 5.2	21.2 ± 5.2	5.2	20.7 ± 5.5	20.7 ± 5.5	5.5	20.7 ± 5.5	20.7 ± 5.5	5.5	p<0.05
	POST	19.3 ± 3.8*	19.3 ± 3.8*	4.6*	17.6 ± 4.9*	17.6 ± 4.9*	4.6*	19.8 ± 5.0*	19.8 ± 5.0*	5.0*	18.5 ± 5.1*	18.5 ± 5.1*	5.1*	18.5 ± 5.1*	18.5 ± 5.1*	5.1*	
	Δ	0.8 ± 0.7	0.8 ± 0.7	1.5 a	-2.6 ± 1.5 a, b	-2.6 ± 1.5 a, b	1.5 a	-1.4 ± 1.4 a, c	-1.4 ± 1.4 a, c	1.4 a, c	-2.2 ± 1.8 a	-2.2 ± 1.8 a	1.8 a	-2.2 ± 1.8 a	-2.2 ± 1.8 a	1.8 a	
体脂肪率 (%)	PRE	31.0 ± 2.8	31.0 ± 2.8	2.7	32.0 ± 4.4	32.0 ± 4.4	2.7	33.7 ± 3.6	33.7 ± 3.6	3.6	32.7 ± 4.2	32.7 ± 4.2	4.2	32.7 ± 4.2	32.7 ± 4.2	4.2	p<0.05
	POST	32.1 ± 3.1*	32.1 ± 3.1*	3.5#	30.0 ± 4.1*	30.0 ± 4.1*	3.5#	32.6 ± 4.1*	32.6 ± 4.1*	4.1*	30.8 ± 4.5*	30.8 ± 4.5*	4.5*	30.8 ± 4.5*	30.8 ± 4.5*	4.5*	
	Δ	1.1 ± 1.0	1.1 ± 1.0	2.0 a	-2.0 ± 1.4 a	-2.0 ± 1.4 a	2.0 a	-1.1 ± 1.5 a	-1.1 ± 1.5 a	1.5 a	-1.8 ± 1.6 a	-1.8 ± 1.6 a	1.6 a	-1.8 ± 1.6 a	-1.8 ± 1.6 a	1.6 a	

\*: p<0.05 vs PRE, #: p<0.05 vs 対照群, a: p<0.05 vs 食事群, b: p<0.05 vs 持久群, c: p<0.05 vs 複合群

表 5. 介入後の各群における筋 CSA の変化

		対照群			食事群			持久群			複合群			筋トレ群		交互作用	
大腿筋 CSA (cm <sup>2</sup> )	PRE	94.9	±	11.5	105.8	±	16.6	98.9	±	14.3	93.6	±	14.8	103.1	±	16.2	p<0.05
	POST	96.0	±	11.1	102.3	±	17.4 *	95.2	±	14.0 *	95.3	±	15.5	99.8	±	15.4 *	
	Δ	1.1	±	3.2	-3.5	±	3.3 a	-3.7	±	4.2 a	1.7	±	4.5 b, c	-3.3	±	5.9 a, d	
大腰筋 CSA (cm <sup>2</sup> )	PRE	16.3	±	2.6	17.8	±	3.0	18.4	±	2.0	17.2	±	3.4	18.8	±	3.3	p<0.05
	POST	17.2	±	2.8 *	17.7	±	3.0	17.9	±	2.4 *	18.6	±	3.6 *	19.2	±	2.7	
	Δ	0.9	±	0.6	-0.1	±	0.7 a	-0.5	±	1.1 a	1.4	±	0.8 b, c	0.4	±	1.6 c, d	
大腿筋 CSA/wt (cm <sup>2</sup> /kg)	PRE	1.60	±	0.19	1.62	±	0.18	1.60	±	0.16	1.50	±	0.14	1.65	±	0.19	p<0.05
	POST	1.61	±	0.18	1.65	±	0.20 *	1.64	±	0.16 *	1.58	±	0.12 *	1.69	±	0.18 *	
	Δ	0.00	±	0.05	0.03	±	0.06	0.04	±	0.06	0.08	±	0.06 a, b	0.04	±	0.09 d	
大腰筋 CSA/wt (cm <sup>2</sup> /kg)	PRE	0.28	±	0.05	0.28	±	0.05	0.30	±	0.05	0.28	±	0.04	0.31	±	0.06	p<0.05
	POST	0.29	±	0.05 *	0.29	±	0.06 *	0.31	±	0.05 *	0.31	±	0.05 *	0.33	±	0.06 *	
	Δ	0.01	±	0.01	0.01	±	0.02	0.01	±	0.02	0.03	±	0.01 a, b, c	0.02	±	0.02 a, b, c	

\*: p<0.05 vs PRE, #: p=0.09 vs PRE, a: p<0.05 vs 対照群, b: p<0.05 vs 食事群, c: p<0.05 vs 持久群, d: p<0.05 vs 複合群

表 6. 介入後の各群における等速性筋力およびその他体力の変化

	対照群			食事群			持久群			複合群			筋トレ群			交互作用
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	
KE60 (Nm)	88.4 ± 17.4	95.7 ± 15.0	7.3 ± 20.9	103.0 ± 27.7	104.1 ± 19.1	1.1 ± 18.2	100.6 ± 22.7	97.5 ± 17.4	-3.0 ± 14.5	97.8 ± 22.6	92.7 ± 24.9	-5.1 ± 12.0	97.2 ± 25.0	94.0 ± 19.6	-4.1 ± 14.9	p<0.05
KE180 (Nm)	66.1 ± 13.1	67.9 ± 11.9	1.8 ± 5.2	69.6 ± 18.1	67.9 ± 16.6	-1.7 ± 8.0	70.4 ± 14.1	67.2 ± 12.1	61.1 ± 14.4	65.6 ± 15.2	61.1 ± 14.4	61.1 ± 14.4	68.4 ± 17.0	67.4 ± 14.0	68.4 ± 17.0	n.s.
KF60 (Nm)	44.4 ± 8.0	47.3 ± 7.4	2.9 ± 8.6	54.1 ± 10.6	53.2 ± 12.4	-0.9 ± 7.5	50.6 ± 10.0	48.8 ± 8.2	46.7 ± 14.0	46.7 ± 14.0	46.7 ± 14.0	46.7 ± 14.0	49.6 ± 13.3	51.4 ± 11.8	49.6 ± 13.3	n.s.
KF180 (Nm)	34.1 ± 7.2	34.8 ± 6.4	0.7 ± 5.4	39.4 ± 10.1	37.4 ± 8.5	-2.0 ± 6.2	37.1 ± 8.9	33.8 ± 7.5	32.5 ± 8.4	35.9 ± 12.1	35.9 ± 12.1	35.9 ± 12.1	36.5 ± 10.2	37.7 ± 9.6	37.7 ± 9.6	p<0.05
HF60 (Nm)	58.7 ± 10.0	66.9 ± 12.1*	8.2 ± 8.1	72.2 ± 16.6	73.7 ± 15.5	1.6 ± 9.0 a	64.3 ± 17.1	64.7 ± 12.8	73.1 ± 15.4	69.6 ± 12.5#	69.6 ± 12.5#	69.6 ± 12.5#	66.0 ± 15.1	70.4 ± 14.9*	70.4 ± 14.9*	p<0.05
KE60/wt (Nm/kg)	1.49 ± 0.26	1.59 ± 0.16	0.10 ± 0.31	1.57 ± 0.33	1.68 ± 0.26	0.11 ± 0.24	1.63 ± 0.35	1.69 ± 0.31	1.56 ± 0.30	1.56 ± 0.30	1.56 ± 0.30	1.56 ± 0.30	1.55 ± 0.35	1.59 ± 0.26	1.59 ± 0.26	n.s.
							0.06 ± 0.22	0.06 ± 0.22	-0.04 ± 0.22	0.06 ± 0.22	-0.04 ± 0.22	-0.04 ± 0.22	0.02 ± 0.24	0.02 ± 0.24	0.02 ± 0.24	

\*: p<0.05 vs PRE, #: p=0.05 vs PRE, a: p<0.05 vs 対照群, b: p<0.05 vs 食事群, c: p<0.05 vs 持久群, d: p<0.05 vs 複合群

表 6. 介入後の各群における等速性筋力およびその他体力の変化(つづき)

	対照群			食事群			持久群			複合群			筋トレ群			交互作用
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	
KE180/wt (Nm/kg)	1.11 ± 0.16	1.13 ± 0.13	0.02 ± 0.09	1.06 ± 0.23	1.09 ± 0.22	0.03 ± 0.11	1.14 ± 0.22	1.17 ± 0.21	0.03 ± 0.12	0.99 ± 0.22	1.09 ± 0.19	0.10 ± 0.15	1.09 ± 0.21	1.13 ± 0.16	0.04 ± 0.17	n.s.
	0.75 ± 0.12	0.79 ± 0.10	0.04 ± 0.13	0.82 ± 0.14	0.86 ± 0.19	0.04 ± 0.12	0.82 ± 0.14	0.85 ± 0.14	0.03 ± 0.10	0.75 ± 0.20	0.84 ± 0.19	0.09 ± 0.16	0.79 ± 0.17	0.87 ± 0.20	0.08 ± 0.16	n.s.
	0.57 ± 0.11	0.58 ± 0.09	0.01 ± 0.09	0.60 ± 0.12	0.61 ± 0.13	0.01 ± 0.09	0.60 ± 0.14	0.59 ± 0.14	-0.02 ± 0.10	0.53 ± 0.14	0.60 ± 0.17 #	0.07 ± 0.14 c	0.58 ± 0.14	0.63 ± 0.14 *	0.06 ± 0.10 c	p<0.05
HF60/wt (Nm/kg)	0.99 ± 0.18	0.99 ± 0.18	0.00 ± 0.00	1.10 ± 0.22	1.10 ± 0.22	0.00 ± 0.00	1.04 ± 0.26	1.04 ± 0.26	0.00 ± 0.00	1.17 ± 0.22	1.17 ± 0.22	0.00 ± 0.00	1.05 ± 0.21	1.05 ± 0.21	0.00 ± 0.00	p<0.05
	1.12 ± 0.20 *	1.12 ± 0.20 *	0.00 ± 0.00	1.19 ± 0.22 *	1.19 ± 0.22 *	0.00 ± 0.00	1.12 ± 0.23 *	1.12 ± 0.23 *	0.00 ± 0.00	1.16 ± 0.17	1.16 ± 0.17	0.00 ± 0.00	1.19 ± 0.20 *	1.19 ± 0.20 *	0.00 ± 0.00	
	0.12 ± 0.13	0.12 ± 0.13	0.00 ± 0.00	0.09 ± 0.13	0.09 ± 0.13	0.00 ± 0.00	0.08 ± 0.15	0.08 ± 0.15	0.00 ± 0.00	-0.01 ± 0.10 a, b, c	-0.01 ± 0.10 a, b, c	0.00 ± 0.00	0.13 ± 0.15 d	0.13 ± 0.15 d	0.00 ± 0.00	
握力 (kg)	26.6 ± 3.2	26.9 ± 3.7	0.3 ± 0.5	27.7 ± 4.9	27.5 ± 3.9	-0.2 ± 0.2	26.6 ± 4.2	26.0 ± 3.8	-0.6 ± 0.6	26.3 ± 4.2	26.5 ± 3.5	0.2 ± 0.2	26.6 ± 5.1	26.9 ± 4.0	0.3 ± 0.3	n.s.
	0.4 ± 1.7	0.4 ± 1.7	0.0 ± 0.0	-0.2 ± 1.8	-0.2 ± 1.8	0.0 ± 0.0	-0.7 ± 2.2	-0.7 ± 2.2	0.0 ± 0.0	0.2 ± 2.2	0.2 ± 2.2	0.0 ± 0.0	0.4 ± 2.3	0.4 ± 2.3	0.0 ± 0.0	
	13.9 ± 5.0	14.3 ± 4.0	0.4 ± 0.4	11.8 ± 5.4	11.9 ± 5.9	0.1 ± 0.1	12.6 ± 5.2	14.3 ± 6.9 *	12.6 ± 5.2	12.8 ± 4.0	12.8 ± 4.0	0.0 ± 0.0	11.5 ± 4.3	11.5 ± 4.3	0.0 ± 0.0	p<0.05
上体起こし (回)	0.3 ± 2.0	0.3 ± 2.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 3.3	0.1 ± 3.3	0.0 ± 0.0	1.7 ± 2.7	1.7 ± 2.7	0.0 ± 0.0	6.4 ± 3.1 a, b, c	6.4 ± 3.1 a, b, c	0.0 ± 0.0	4.9 ± 2.9 a, b, c	4.9 ± 2.9 a, b, c	0.0 ± 0.0	

\*: p<0.05 vs PRE, #: p=0.05 vs PRE, a: p<0.05 vs 対照群, b: p<0.05 vs 食事群, c: p<0.05 vs 持久群, d: p<0.05 vs 複合群