

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300232

研究課題名(和文) 24時間エネルギー代謝と体組成からみた生活習慣病予防に有効なトレーニング法の開発

研究課題名(英文) Development of effective training method for prevention of metabolic syndrome in terms of 24 h of energy metabolism and body composition

研究代表者

高松 薫 (TAKAMATSU, Kaoru)

筑波大学・ 名誉教授

研究者番号：90015727

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,800,000円、(間接経費) 3,240,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、肥満予防(生活習慣病予防)に対して有効なトレーニング方法を、エネルギー代謝や体組成の変化の観点から検討をした。その結果、筋力トレーニング後には脂肪利用が大きく亢進することに加えて、主観的な空腹感や食事量の減少すること、また、この効果は「中程度の強度・短時間休息」による運動方法において特に顕著であることが明らかになった。一方で、継続的な筋力トレーニングに伴う体脂肪量の減少効果は必ずしも大きくなく、体脂肪量の減少には運動と食事量の減少(食事改善)の併用が有効であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The present study determined beneficial training protocols for prevention of metabolic syndrome in terms of 24 h of energy metabolism and changes in body composition. The results indicated that a single bout of resistance exercise caused marked enhancement of fat oxidation and reductions of subjective feeling of hunger and energy intake during post-exercise period. The effects on enhanced fat metabolism and impaired energy intake were especially apparent for the resistance exercise with moderate intensity, short rest periods between sets and exercises. However, data from a cross-sectional study demonstrated that long-term of resistance training was insufficient to reduce fat mass. The findings from an intervention study also suggested that combinations of exercise and diet restriction would be appropriate for reducing fat mass.

研究分野：体力学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、スポーツ科学

キーワード：生活習慣病 エネルギー消費量 脂質代謝 食欲 肥満

1. 研究開始当初の背景

これまで研究代表者は、筋力トレーニングや有酸素運動が筋力、筋量、生活習慣病関連因子に及ぼす影響を検討してきた。これらの研究においては、以下のことが明らかになった。

(1) 低負荷(軽重量)での筋力トレーニングであっても、動作速度を低速で実施することにより成長ホルモンやテストステロンの分泌が増大し、筋力や筋量の増大に対する十分な効果を期待できること(Goto et al. 2008, 2009)。

(2) 筋力トレーニングに引き続いて有酸素運動を実施した場合には、運動時における脂肪利用が顕著に増加すること(Goto et al. 2007a)。

(3) 長時間の有酸素運動の途中で休息を挟み間欠的に実施することにより、脂質代謝が亢進し(Goto et al. 2010)、体力増加や体脂肪量の減少に対して大きな効果のみられること(後藤ら、2010)。

上述の結果は、筋力トレーニングと有酸素運動に対する生理的応答や長期のトレーニング効果が、動作速度や休息の挟み方といったわずかな負荷方法の違いによって大きく異なることを示すものである。一方、これまでの研究では、一過性の運動の特性を運動中のみ、または運動後1~2時間でのエネルギー代謝や内分泌応答の変化を基にして評価をしてきた。しかし、各運動の負荷特性を十分に把握する上では、運動終了後長時間にわたるエネルギー代謝や内分泌動態を検討することが必要である。さらに、エネルギー消費量や脂肪燃焼といった「消費エネルギー」に関わる項目だけでなく、「摂取エネルギー」に関わる項目(食欲、食事量など)に対する効果まで幅広く検討することも重要であろう。さらに、一過性の生理応答だけでなく、トレーニングの継続に伴う体組成の変化を横断研究や縦断研究を通じて検討する

ことが求められる。

2. 研究の目的

本研究では以下の5つの研究課題を設けた。

(1) 研究課題1(一過性の筋力トレーニングや有酸素運動に対するエネルギー代謝および内分泌動態)では、「筋力トレーニング」「有酸素運動」「筋力トレーニングと有酸素運動の組み合わせ」に対するエネルギー代謝や内分泌動態を、運動終了後24時間まで比較することを目的とした。

(2) 研究課題2(一過性の筋力トレーニングや有酸素運動に対する食欲調節に関わる内分泌動態)では、「筋力トレーニング」「有酸素運動」「筋力トレーニングと有酸素運動の組み合わせ」が食欲調節に関与する内分泌因子の分泌動態に及ぼす影響を比較することを目的とした。

(3) 研究課題3(一過性の筋力トレーニングにおける実施方法の相違が食欲調節に関わる内分泌動態および食事摂取量に及ぼす影響)では、筋力トレーニングにおける実施方法の相違が、食欲調節に関与する内分泌因子の分泌動態や食事摂取量に及ぼす影響を比較することを目的とした。

(4) 研究課題4(長期間にわたる筋力トレーニングや有酸素運動の継続が体組成に及ぼす影響、横断研究)では、長期間にわたる筋力トレーニングや有酸素運動の継続が体組成に及ぼす影響を検討することを目的とした。

(5) 研究課題5(肥満者における運動や食事改善が体組成に及ぼす影響、縦断研究)では、肥満者における運動や食事改善が体組成に及ぼす影響を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 研究課題1: 成人男性10名を対象に、60分間の筋力トレーニング、60分間の有酸素運動、30分間の筋力トレーニングと30分間の有酸素運動、60分間の安静から

なる4条件での測定をそれぞれ異なる日に実施した。各条件における運動または安静終了後24時間まで経時的に採血や採気を行い、血中グルコース、遊離脂肪酸、成長ホルモン、インスリン濃度などの血液指標、酸素摂取量や脂肪酸化量など呼気ガス指標の変化の動態を検討した。

(2) 研究課題2: 成人男性10名を対象に、60分間の筋力トレーニング、60分間の有酸素運動、30分間の筋力トレーニングと30分間の有酸素運動、60分間の安静からなる4条件での測定をそれぞれ異なる日に実施した。各条件における運動または安静終了後6時間まで経時的に採血を行い、血漿グレリンおよびグルカゴン様ペプチド1 (GLP-1) 濃度、主観的な食欲(空腹感、満腹感、食事に対する意欲)の経時変化を比較した。

(3) 研究課題3: 成人男性8名を対象に、「高負荷・低回数反復(最大筋力型)」による筋力トレーニング条件、「中負荷・比較的高回数反復(筋肥大型)」条件、安静条件による測定をそれぞれ異なる日に実施した。運動(安静)前、運動終了直後、運動終了後30分に採血し、血漿グレリンおよび各種ホルモン濃度の経時変化を検討した。また、運動終了後30分の時点で自由摂取による食事摂取量を測定した。さらに、運動(安静)終了24時間まで経時的に安静時における酸素摂取量、二酸化炭素産生量、炭水化物酸化量、脂肪酸化量を測定した。

(4) 研究課題4: 男性168名を、筋力トレーニング継続群(41名)、有酸素運動継続群(32名)、筋力トレーニングおよび有酸素運動継続群(54名)、非トレーニング群(41名)に分類し、二重エネルギーX線吸収法(DXA法)により除脂肪量、体脂肪量、体脂肪率を測定した。

(5) 研究課題5: 肥満男性51名を運動実施群(週3日の有酸素運動、19名)、食事改善群(食事を1680kcal/日に制限、12名)、運動

実施+食事改善群(20名)に分類し、3ヶ月にわたる介入実験を実施した。介入期間前後に、体力の指標として最大酸素摂取量を、体組成の指標として磁気共鳴法(MRI法)により内臓脂肪面積を測定した。

4. 研究成果

(1) 研究課題1: 運動に伴う血清成長ホルモンの分泌量は、筋力トレーニング条件が他の3条件に比較して有意に高値を示した。また、運動を実施した3条件は安静条件に比較して、運動終了後の安静時における酸素摂取量が有意に高値を示した。一方、呼吸交換比は筋力トレーニング条件が有酸素運動条件や安静条件に比較して有意に低値を示した。一方、これらの相違は、運動終了後24時間の時点では認められなかった。以上の結果から、筋力トレーニングは有酸素運動に比較して、成長ホルモンの分泌や安静時での脂質利用を亢進させることが示された。

(2) 研究課題2: 筋力トレーニング条件では、運動終了後にグレリン(食欲増加に作用)の血中濃度が顕著に低下し、他の3条件との間に有意差が認められた。一方、GLP-1(食欲抑制に作用)の変化の動態には、条件間で有意差は認められなかった。筋力トレーニング条件では、運動後に主観的空腹感が軽減されたが、運動終了後24時間において条件間の相違はみられなかった。以上の結果から、筋力トレーニングは内分泌因子の変化を介して食欲を軽減させるが、その効果は運動翌日(24時間後)までは残存しないことが示された。

(3) 研究課題3: 「筋肥大型」条件では、運動に伴う成長ホルモン濃度の増加の程度が「最大筋力」型条件に比較して有意に高値を示した。また、血漿グレリン濃度は「筋肥大型」条件の運動後に顕著に低下し、「最大筋力型」条件および「安静」条件に比較していずれも有意に低値を示した。運動後における食事摂

取量は、「筋肥大型」条件が他の2条件と比較して低値を示し、最大筋力型条件との間に有意差が認められた。また、「筋肥大型」条件では、運動後における脂肪利用の割合が他の2条件と比較して有意に高値を示したが、運動後24時間の時点で条件間の差は認められなかった。これらの結果は、「筋肥大型」による筋力トレーニングが主観的食欲や食事量の軽減に有効であることを示唆するものである。

(4) 研究課題4: 除脂肪量は、筋力トレーニング継続群が他の3群と比較して有意に高値を示した。一方、体脂肪率は有酸素運動継続群が最も低値を示し、他の3群との間に有意差が認められた。また、筋力トレーニング継続群の体脂肪率には、非トレーニング群との間に有意差が認められなかった。これらの結果は、筋力トレーニングの継続的な実施は骨格筋量を増加させるが、体脂肪量の減少には必ずしも繋がらないことを示唆するものである。また、体脂肪量の減少には、継続的な有酸素運動の実施が必要であることを示唆するものである。

(5) 研究課題5: 最大酸素摂取量は、いずれの群においても介入期間後に有意に増加した。一方、内臓脂肪面積は食事改善群および運動実施+食事改善群において有意に減少した。これに対して、運動実施群では、内臓脂肪面積の有意な変化は認められなかった。一方、除脂肪量は、食事改善群および運動実施+食事改善群において有意に減少したのに対して、運動実施群では有意な変化がみられなかった。これらの結果は、内臓脂肪量の減少には運動実施のみでは必ずしも十分ではなく、食事改善(食事量の減少)を併用することが必要であることを示唆するものである。一方で、食事改善群では除脂肪量は有意に減少し、低強度の有酸素運動と食事改善を併用した場合(運動実施+食事改善群)であっても、この傾向は変わらなかった。したがって、骨

格筋量を維持した上で内臓脂肪量を減少させるためには、筋力トレーニングと食事改善を併用することが必要であると考えられた。

以上の5つの研究課題の結果から、筋力トレーニングは運動終了後における脂肪利用の亢進や食欲軽減に特に有効であることが明らかになった。一方で、筋力トレーニングの継続的な実施による体脂肪量の減少効果は必ずしも大きくはないこと、食事改善(食事量の減少)と筋力トレーニングを併用して実施することが体重減少に伴う骨格筋量の低下の抑制に必要である可能性が明らかになった。上述の知見は、生活習慣病予防に対する筋力トレーニングと有酸素運動を組み合わせたトレーニング方法のあり方を示すものであると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

Goto K, Tanaka K, Ishii N, Uchida S, Takamatsu K. A single versus multiple bouts of moderate-intensity exercise for fat metabolism. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 21, 2011. 215 ~ 220. 査読有

DOI: 10.1111/j.1475-097X.2010.01003.x

[学会発表](計5件)

Goto K. Application of hypoxia on promotion of health or prevention of metabolic syndrome. Lecture at National Taipei University of Nursing and Health Sciences. 2013年9月6日. 台北(台湾)

Goto K, Morishima T, Hasegawa Y, Sasaki H, Mori A, Omi N, Tanaka K, Takamatsu K. Resistance exercise attenuates appetite than endurance exercise by lowering ghrelin secretion. 60th Annual meeting of American College of Sports Medicine. 2013年5月30日. インディアナポリス(アメリカ合衆国)

後藤 一成, 森嶋 琢真, 長谷川 裕太, 佐々木 裕人, 麻見 直美, 田中 喜代次,

高松 薫. エネルギー代謝、内分泌応答からみたレジスタンス運動とエアロビック運動の特性～食欲調節に関わるホルモン応答に関して～. 第 67 回日本体力医学会大会. 2012 年 9 月 14 日. 長良川国際会議場 (岐阜県)

後藤 一成. 筋力トレーニングに対する代謝、内分泌、および運動パフォーマンスの応答. NSCA ジャパンストレングス&コンディショニングカンファレンス 2011. 2011 年 12 月 10 日. 東京国際交流館 (東京都)

後藤 一成. 生活習慣病予防のためのトレーニング～エネルギー代謝、内分泌応答を手がかりにしたトレーニング科学～. 第 13 回日本体力医学会北海道地方会. 2011 年 4 月 17 日. 北海道大学 (北海道)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

高松 薫 (TAKAMATSU, Kaoru)
筑波大学・名誉教授
研究者番号：9 0 0 1 5 7 2 7

(2)研究分担者

後藤 一成 (GOTO, Kazushige)
立命館大学・スポーツ健康科学部・准教授
研究者番号：6 0 5 0 8 2 5 8

(3)連携研究者

田中 喜代次 (TANAKA, Kiyoji)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号：5 0 1 6 3 5 1 4

麻見 直美 (OMI, Naomi)
筑波大学・体育系・准教授
研究者番号：1 0 3 0 0 0 0 5