

機関番号：32102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20300210

研究課題名（和文）休息を挟みながら行う有酸素運動の脂質代謝や体組成からみた効果

研究課題名（英文）Effects of aerobic exercise with inserted rest on fat metabolism and body composition

研究代表者

高松 薫（TAKAMATSU KAORU）

流通経済大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：90015727

研究成果の概要（和文）：

本研究では、有酸素運動の途中に休息を挟みながら間欠的に行う「分割法」による運動が、糖・脂質代謝や体組成に及ぼす影響を検討した。その結果、「分割法」による運動は休息を挟まずに行う「連続法」による運動に比較して、脂質代謝の亢進に対する効果が大きいこと、食後における血中グルコース濃度の調節に有効であること、長期のトレーニングに伴う体脂肪量の減少や体力の改善に対する効果の大きいことが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

The present study determined effects of repeated bouts of endurance exercise (repeated trial) on glucose and fat metabolism, and body composition following prolonged training. The findings indicated that repeated trial is more effective in enhancement of fat metabolism, regulation of postprandial glucose kinetic, and reduction of body fat and increase in endurance capacity following prolonged training, compared with a single bout of continuous endurance exercise (continuous trial).

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	9,900,000	2,970,000	12,870,000
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：総合領域

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：有酸素運動、間欠的運動、トレーニング、エネルギー代謝、生活習慣病

1. 研究開始当初の背景

生活習慣病を防ぎ、健康な日常生活を送る上で、体脂肪の過剰な蓄積を予防することはきわめて重要である。また、肥満や肥満に関連した生活習慣の予防改善を図る際に、有酸素運動（エアロビック運動）は有効な手段であることは広く認知されている。

一方、有酸素運動を実施する際に直面する問題として、「運動の継続時間」が挙げられる。一般に、肥満の治療・予防をねらいとす

る場合には、中等度（最大酸素摂取量の50～70%程度）の強度で「長時間」（20分以上）運動を持続することが重要であると考えられてきた。また、特に、肥満の治療をねらいとした場合には、より長時間（20～60分）の運動を行い、十分なエネルギー消費を確保することの重要性が指摘されている（アメリカスポーツ医学会、2006）。しかし、運動習慣をもたない者や低体力者にとって、長時間の運動を継続することは決して容易ではない。一

方、同様の運動を反復することにより、運動中のホルモンの分泌動態 (Ronsen et al. 2002) や脂質分解が亢進する (Stich et al. 2000) ことがこれまでに指摘されており、「長時間の運動中に休息を挟み、運動を複数に分割する」ことにより脂質代謝に対するより一層の効果が得られる可能性は十分に考えられる。

上述の諸点に着目して、研究代表者らはこれまで、長時間の運動の途中で休息を挟み運動を分割することによる脂質代謝や内分泌動態を検討してきた。その結果、中強度で30分間の運動を20分間の休息を挟んで2セット実施した場合には、同様の運動を60分間連続して実施した場合と比較して、脂質分解や脂質利用がむしろ亢進するという意外な結果を得た (Goto et al. J Appl Physiol. 2007)。これらの結果は、長時間の有酸素運動を「分割する」(分割法) ことによって、体脂肪量の減少に対してはより一層の効果が得られる可能性を示唆するものである。一方、長時間の運動時の休息の挿入に伴う脂質代謝亢進の機序の詳細に関しては不明な点も多く、より体系的な研究が必要である。また、実際の日常生活における応用を考慮すると、「空腹時」と「食後」における効果を個別に検討する必要がある。さらに、得られた研究結果を一般化する上では、長期トレーニングの効果を検討することが必須である。

2. 研究の目的

本研究では、長時間の有酸素運動の途中で休息を挟みながら行う「分割法」による運動が糖代謝や脂質代謝に及ぼす影響を検討する。また、長期のトレーニングに伴う全身持久力や体組成に対する効果を明確にする。

3. 研究の方法

上述の目的を達成するために、本研究では以下の3つの研究課題を設ける。

(1) 研究課題 1

「分割法」による一過性の有酸素運動に対する脂質代謝 (空腹時における検討)

(2) 研究課題 2

「分割法」による一過性の有酸素運動に対する糖代謝 (食後における検討)

(3) 研究課題 3

「分割法」による長期のトレーニングが体力や体組成に及ぼす影響

4. 研究成果

(1) 研究課題 1

「分割法」による一過性の有酸素運動に対する脂質代謝 (空腹時における検討)

成人男性 9 名を対象に、①30 分間の有酸素運動を休息を挟まずに行う試技 (連続法)、②10 分間の運動を 10 分間の休息を挟んで 3 回行う試技 (分割法)、③運動を行わずに安

静状態を維持する試技からなる 3 条件を設け、それぞれ異なる日に測定を実施した。有酸素運動には自転車ペダリングを用い、運動強度は事前に測定した最大酸素摂取量の 60%とした。なお、すべての測定はすべて前日の夕食以降から約 12 時間の絶食後に実施した。

その結果、分割法では連続法に比較して、運動時における主観的疲労感および血中グルコース濃度の増加が有意に軽減された。運動終了時および運動終了後 180 分間での血漿グリセロール濃度の変化には、連続法と分割法との間に差はみられなかった。一方、呼吸交換比 (二酸化炭素排出量/酸素摂取量) から算出したエネルギー供給に占める脂肪の利用割合は、運動中には連続法と分割法との間には有意な差はみられなかった。しかし、運動終了後の安静時においては、分割法が連続法に比較して有意に高値を示した。

以上の結果から、分割法による運動は連続法による運動と比較して、運動終了後の安静時における脂肪利用の亢進が顕著に生じることが明らかになった。一方、本研究は空腹時に実施されたために、食後に分割法による運動を実施した際の効果について明示することはできない。したがって、今後は、食後や食間に実施する分割法による運動の効果を検討することが必要であると考えられる。

(2) 研究課題 2

「分割法」による一過性の有酸素運動に対する糖代謝 (食後における検討)

研究課題 2 では、成人男性 8 名を対象に、①ブドウ糖摂取 30 分後から 30 分間のペダリング運動を休息を挟まずに行う試技 (連続法)、②ブドウ糖摂取 30 分後から 15 分間のペダリング運動を 10 分間の休息を挟んで 2 回行う試技 (分割法)、③ブドウ糖摂取後に運動を行わずに安静を維持する試技 (安静試技) からなる 3 試技を設け、それぞれ異なる日に測定を実施した。ブドウ糖摂取後 120 分まで経時的に採血し、血糖値 (血中グルコース濃度)、血漿インスリン濃度などを測定した。なお、ペダリング運動時の強度は、最大酸素摂取量の 60%とした。また、運動時は主観的強度を測定し、ブドウ糖摂取後の 120 分間においては心拍数を測定した。

その結果、3 試技ともに、ブドウ糖摂取後に血中グルコースおよび血漿インスリン濃度は有意 ($P < 0.05$) に増加した。一方、ブドウ糖摂取後 30 分の時点から運動を行った連続法と分割法では、運動に伴い血中グルコースおよび血漿インスリン濃度は速やかに低下した。また、連続法では、血中グルコース濃度が一旦急激な低下を示した後に再度上昇をする「リバウンド現象」が認められた。これに対して、分割法では、上述の「リバウンド現象」が比較的小さい傾向にあり、ブド

ウ糖摂取後 75～90 分における血中グルコース濃度は連続法に比較して有意 ($P < 0.05$) に低値を示した。

ブドウ糖摂取後 120 分間での血中グルコースおよび血漿インスリン濃度の変化量 (血中濃度曲線下面積) を算出したところ、連続法と分割法が安静試技に比較して、いずれも有意 ($P < 0.05$) に低値を示したが、連続法と分割法との間に有意差は認められなかった。同様に、ブドウ糖摂取後 120 分間における血漿インスリン濃度の血中濃度曲線下面積は、連続法と分割法が安静試技に比較して、いずれも有意 ($P < 0.05$) に低値を示したが、連続法と分割法との間に有意差は認められなかった。また、運動時の主観的運動強度にも連続法と分割法との間に有意差はみられなかった。一方、ブドウ糖摂取後 120 分間における心拍数の平均値は、連続法 (95 ± 3 bpm) と分割法 (97 ± 2 bpm) が安静試技 (67 ± 2 bpm) に比較して有意 ($P < 0.05$) に高値を示したが、連続法と分割法との間に有意差は認められなかった。

以上の結果から、休息を挟みながら間欠的に行う分割法による運動は、食後血糖値の過度の上昇を防ぐ上で有用であることが明らかになった。今後は、分割法による運動を長期間に継続した際の耐糖能の変化を、連続法による運動と比較することが必要であると考えられる。

(3) 研究課題 3

「分割法」による長期のトレーニングが体力や体組成に及ぼす影響

研究課題 3 では、成人男性 24 名を、(1) 休息を挟まずに連続して運動を行う群 (連続法群、7 名)、(2) 休息を挟みながら間欠的に運動を行う群 (分割法群、9 名)、(3) トレーニングを行わない群 (コントロール群、8 名) に分類した。連続法群は 30 分間連続のペダリング運動 (最大酸素摂取量の 60% に相当する強度でのペダリング運動) を、分割法群は 10 分間のペダリング運動を 10 分間の休息を挟んで 3 回繰り返す運動を、それぞれ週 3 回の頻度で 8 週間継続した。コントロール群にはトレーニングを実施せずに、普段の日常生活を維持するように指示した。トレーニングの前後に、最大酸素摂取量、体組成 (二重エネルギー-X 線吸収測定法、DEXA 法)、耐糖能 (経口ブドウ糖負荷試験)、身体活動量、食事摂取量などを測定した。

最大酸素摂取量の測定には多段階漸増負荷法を用い、70W から 2 分ごとに漸増する負荷に対して、疲労困憊に至るまでペダリング運動を継続した。運動中の酸素摂取量および二酸化炭素排出量の測定には代謝分析測定装置を用い、得られた値から 30 秒毎の平均値を算出した。耐糖能の評価には経口ブドウ

糖負荷試験を用い、75g のブドウ糖溶液の摂取後 120 分 (摂取後 15, 30, 45, 60, 90, 120 分後) にわたり経時的に採血し、血中グルコースおよびインスリン濃度の変化を検討した。

その結果、連続法群と分割法群では、トレーニング後に体幹および全身の脂肪量がいずれも減少したが、これらの変化率に両群間で有意差は認められなかった。一方、DEXA 法により評価した全身の体脂肪率は、連続法群、分割法群ともにトレーニング後に低下したが、分割法群のみ有意差 ($P < 0.05$) が認められた。最大酸素摂取量の実測値および体重あたりの相対値は、連続法群、分割法群ともにトレーニング後に増加したが、分割法群においてのみ有意 ($P < 0.05$) な増加が認められた。

ブドウ糖摂取後に、血中グルコースおよび血清インスリン濃度はいずれも有意 ($P < 0.05$) に上昇したが、連続法群、分割法群ともにこれらの変化の動態にトレーニング前後で有意差は認められなかった。また、ブドウ糖摂取後 120 分間での血中濃度曲線下面積 (変化量の指標) を算出したところ、連続法群、分割法群ともにトレーニング前後で有意差は認められなかった。さらに、トレーニング前後における濃度曲線下面積の変化率にも、連続法群と分割法群との間に有意差は認められなかった。

以上の結果から、体組成の改善や全身持久力の改善に関して、分割法による運動ではより一層の効果の得られる可能性のあることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[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. Clin Physiol Funct Imaging. 31, 215-220, 2011.

[学会発表] (計 3 件)

1. 後藤一成、内田 直、石井直方、田中喜代次、高松 薫、
休息を挟みながら間欠的に行う有酸素運動に対する脂質代謝。

日本体育学会第 60 回記念大会、2009 年 8 月、広島

2. 後藤一成、沼尾成晴、河野 寛、内田 直、石井直方、田中喜代次、高松 薫、
休息を挟みながら行う有酸素運動が全身持久力、体組成、耐糖能に及ぼす影響。

第 65 回日本体力医学会大会、2010 年 9 月、千葉

(大塚スポーツ医科学賞・奨励賞受賞講演)

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高松 薫 (TAKAMATSU KAORU)
流通経済大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号：90015727

(3) 連携研究者

石井 直方 (ISHII NAOKATA)
東京大学・大学院総合文化研究科・教授
研究者番号：20151326

田中喜代次 (TANAKA KIYOJI)
筑波大学・人間総合科学研究科・教授
研究者番号：50163514

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：60508258