

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300238

研究課題名(和文)異なる中等度運動強度及び朝・夕の運動実施時間帯の相違による総脂質酸化量の変動

研究課題名(英文)The influence of the different moderate exercise intensity and the difference of exercise time namely exercise in the morning or evening on the total fat oxidation

研究代表者

坂本 静男(SAKAMOTO, SHIZUO)

早稲田大学・スポーツ科学大学院・教授

研究者番号：00266032

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,600,000円

研究成果の概要(和文)：目的：運動実施時間帯(朝・夕)や中等度運動強度の相違がトレッドミル運動中及び終了後の脂質代謝に及ぼす影響を検討すること。方法：健康若年男性を対象に異なる運動実施時間帯(9時～10時、17時～18時)で最大酸素摂取量60%60分間の運動を実施し、運動前・終了直後・終了2時間後に採血、運動開始～終了1時間後まで呼気ガス分析を実施。同様の対象に最大酸素摂取量65%強度と最大脂質酸化量時運動強度で運動を実施し、同様に採血、呼気ガス分析を実施。結果・考察：朝に比較し夕で脂質分解亢進。最大酸素摂取量65%強度に比較し最大脂質酸化量時運動強度で総脂質酸化量が有意に大。運動処方作成で有用な所見を得た。

研究成果の概要(英文)：Aim: The purpose of this study was to compare effects of acute treadmill exercise performed either in the morning and evening and the different moderate exercise intensity on lipid metabolism in young men. Method:1)Young healthy men performed treadmill exercise in the morning (9-10AM) and evening (5-6PM). In both morning and evening trials, they walked for 60 min at 60%VO₂max on a treadmill. We continuously analyzed expired gases and took blood samples before exercise, immediately after exercise, and 2 hours after exercise. 2)Young healthy men walked on a treadmill for 30 minutes at 65%VO₂max and around 53 min at the exercise intensity indicating maximal fat oxydation rate (Fatmax). We analyzed expired gases and took blood samples samely. Result and Conclusion:1)Findings suggest that performing exercise in the evening is more effective with respect to lipolysis.2)Total fat oxidation is more at Fatmax than at 65%VO₂max. We got good informations for making the exercise prescription.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：運動実施時間帯 中等度運動強度 総脂質酸化量 運動中脂質酸化量 運動中止後脂質酸化量 最大脂質酸化量 最大脂質酸化量時運動強度 トレッドミル運動

1. 研究開始当初の背景

現在、厚生労働省が抱えている重大な杞憂は、メタボリックシンドローム (Met.S) 対策である。国民医療費増大の原因の一つとして、これら疾患を保有する中高年者の急激な増加が挙げられている。国民衛生の動向 (厚生指標 臨時増刊 第53巻第9号 2006年) によれば、内臓脂肪型肥満症 (20歳以上男性29.3%、女性14.2%)、高血圧症 (男性51.7%、女性39.7%)、糖尿病 (740万人) といった保有率あるいは保有者数が報告されている。これまでは中高年者におけるMet.Sの保有率の高さが問題視されてきたが、最近では若年成人においてもMet.Sの保有率の高いこと、あるいはMet.S予備軍の多いことが指摘され、若年期からの早急な対策を行うことの必要性が叫ばれている。Met.Sを保有していることは動脈硬化の進行を促進することに繋がり、虚血性心疾患・脳血管障害・閉塞性動脈硬化症などの原因になると考えられている。Met.S対策の上では、肥満、特に内臓脂肪型肥満症対策が重要視されている。Met.Sは発症機序として遺伝的な素因が重要視されており遺伝的背景も検討されている (β_3 アドレナリン受容体遺伝子多型、LPL遺伝子多型、アポB遺伝子多型、アポE遺伝子多型など) が、Met.Sの治療や予防においては、栄養・休養と共に定期的な、適切な運動実践が重要な役割を担っており、肥満の軽減あるいは解消が重要であると国内外で報告されるようになってきている (National Institute of Health Consensus Development Conference Statement 1997、Sato Y.:

Physical exercise for diabetes mellitus JMAJ 2003)。特に 2006年度に厚生労働省が作成し、一般に発表した「健康づくりのための運動指針2006」の中において、

初めて栄養・休養よりも上位に定期的な運動実践を位置付けるようになってきている。これは国内外の多くの研究論文を検討した結果に基づいて厚生労働省研究班がまとめたもので、この分野では特筆すべきガイドラインである。つまり近い将来を考えるとMet.S対策を講じる事は必須事項であり、中高年者に限らず若年成人に関しても積極的に対策を講じていくことが、健康長寿を全うしてもらう上で有用なことである。

2. 研究の目的

メタボリックシンドローム対策として有用な運動内容に関して、適切な運動強度および運動実施時間帯を総脂質酸化量 (運動中及び運動中止後回復期の脂質酸化量の総和) の観点から検討することを、主な研究目的とした。

3. 研究の方法

(1) 中等度運動強度内での運動強度の相違による総脂質酸化量の相違の検討

対象は持久的鍛錬者 10名 (21.3 ± 1.6 歳)であった。身体組成測定と、安静時代謝、ピーク時酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2peak}$)、最大脂質酸化量 (MFOR) を測定するための症候限界性トレッドミル用ランブ負荷試験 (プレ測定) 及び異なる2つの中等度強度での単一運動負荷試験2回 (本測定) の計3回で、実験を行った。各測定は最低1週間以上空け、本測定の施行順はランダムとした。全ての測定は、測定前夜の夕食から12時間以上あけた空腹時午前9時に行った。測定前夜の夕食は各被験者で毎回同じ量・質に統一し、以降は水分摂取のみ可とした。測定前日は、カフェイン、アルコールの摂取及び激しい運動を控えさせた。

プレ測定

午前9時に開始し、最初に身長、インピーダンス法による体組成測定 (体重、体脂肪率) を行い、次いでアンケート調査 (年齢、

性別、運動歴、身体活動量など)を行った。その後呼気ガス分析で 30 分間の安静時代謝測定を行い、さらに呼気ガス分析を含めた症候限界性トレッドミル用ランブ負荷試験を実施した。この負荷試験にて $\dot{V}O_{2peak}$ 、MFOR、最大脂質酸化量時運動強度(Fat_{max})の測定を行った。また Borg Scale を用いた息切れと下肢疲労感に関する主観的運動強度 (rating of perceived exertion : RPE) の測定と血圧の測定を運動中 1 分毎に行い、心電図記録も行った。エンドポイントは $\dot{V}O_2$ プラトー, 呼吸交換比 (RER) 1.1, 年齢別予測最高心拍数 (220 - 年齢) 拍 / 分の 90% 以上を全て満たし、RPE も考慮して決定した。

本測定

午前 9 時に開始し、最初に体組成測定を行い、採血のための留置針を挿入した後、以下のプロトコルで測定を行った。10 分間座位安静後 3 分間のウォーミングアップを行い、その後 65% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度試行ではトレッドミル運動を 30 分間、 Fat_{max} 試行では約 53 分間 (30 分間の 65% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度施行と同一消費エネルギー量になるように調整した時間) 行った。両試行とも運動終了後はそのまま座位安静を保ち回復期とした。回復期時間は、 Fat_{max} 試行は 2 時間、65% $\dot{V}O_{2peak}$ 強度試行では、 Fat_{max} 試行全体の測定時間と等しくなるように 2 時間 + α で調整した。呼気ガス分析及び心電図は、運動前の座位安静時から運動終了後の回復期終了まで経時的に測定した。血圧は運動中 3 分毎に測定し、運動終了後回復期初めの 30 分間は 5 分毎にそれ以降は 15 分毎に測定した。運動開始から運動 30 分まで 5 分毎に、指尖採血により乳酸値を測定した。留置針からの採血は安静時代謝測定前、運動終了直後、運動終了後 20、40、80、120 分の計 6 回行った。

血液検査項目 : カテコラミン、コルチゾー

ル、遊離脂肪酸、血清脂質、成長ホルモン、インスリン、血糖、LCAT、リポプロテインリパーゼ (LPL) 等。これら血液検査項目と総脂質酸化量などを両施行間で比較検討した。

(2) 運動実施時間帯の相違による総脂質酸化量の相違の検討

本研究の対象は、健常若年男性 10 名であった。神経系及び内分泌系の日内変動が各種測定結果に影響を及ぼす可能性が考えられ、事前調査で極端に朝方あるいは夜型の生活習慣を持つ者は除外した。各被験者の $\dot{V}O_{2peak}$ 測定のために、プレ測定として呼気ガス分析を含めたトレッドミル用ランブ負荷試験および体組成測定を実施した。本測定の 2 日前から激しい運動は禁止し、測定前日の夕食は規定の物を摂取させた。測定当日は、測定開始 3 時間前に規定の食事を摂取させた。本測定は、午前 9 時 (朝) と午後 5 時 (夕) に呼気ガス分析を含めた 60% $\dot{V}O_{2peak}$ の単一負荷運動を 60 分間行わせ、運動終了後回復期の測定は 2 時間継続した。運動前、運動終了直後、運動終了 2 時間後に採血を行った。両測定間隔は 1 週間以上あけ、施行順はランダムとした。呼気ガス分析より運動中と運動終了後の総脂質酸化量を測定し、血液検査項目 : カテコラミン、コルチゾール、インスリン、アディポネクチン、レプチン、LPL、LCAT、血清脂質 (遊離脂肪酸含む)、血糖等。これらの測定項目を、朝運動負荷施行群と夕運動負荷施行群とで比較検討した。

4 . 研究成果

(1) 対象の身長 171.9 ± 5.4 cm、体重 56.3 ± 7.5 kg、 $\dot{V}O_{2peak}$ 65.7 ± 5.6 ml/kg/min であった。脂質代謝特性は Fat_{max} : $36.2 \pm 4.8\%$ $\dot{V}O_{2peak}$ 、MFOR : 10.8 ± 2.0 mg / min/lean mass) であった。運動中及び運動後のエネルギー消費量は試行間で有意差は認められなかった。運動中の脂質酸化量は、

Fat_{max} 試行で 65%試行よりも有意に多かった(Fat_{max} 試行: 16.0 ± 4.7g、65%試行: 8.0 ± 3.5g p<0.01)。運動終了後回復期の脂質酸化量について試行間に有意差は認められず(Fat_{max} 試行: 7.4 ± 3.0g、65%試行: 8.0 ± 2.5g)。運動中、運動終了後回復期をあわせた脂質酸化量は、Fat_{max} 試行の方が 65%試行よりも有意に多かった。(Fat_{max} 試行: 23.3 ± 6.9g、65%試行: 16.0 ± 4.9g p<0.01)以上の結果から、中等度強度の中でも Fat_{max} での運動を実施することが、運動中及び中止後回復期 2 時間までの総脂質酸化量を多くすることに繋がると考えられる。

(2) 酸素摂取量と心拍数

運動前、運動負荷終了直後及び運動負荷終了 1 時間後の $\dot{V}O_2$ と HR は朝及び夕方両試行間に有意差は認められなかった。

基質酸化

朝試行の運動負荷終了後 40 分(P < 0.05)、夕試行の運動負荷終了後 30 分(P < 0.05)の RER は、各試行の安静時の値より有意に低かったが、安静時、運動負荷時及び運動負荷終了後の RER には両試行間に有意差は認められなかった。また脂質酸化量と糖質酸化量においても朝試行と夕試行で有意差は認められなかった。

ホルモン及び代謝関連指標

アドレナリン濃度において有意な交互作用が認められ(P < 0.05)、運動負荷終了直後(朝試行: 176.8 ± 29.3pg/ml; 夕試行: 344.2 ± 61.0pg/ml)において朝試行と比較して夕試行で有意に高値を示した(P < 0.05)。成長ホルモン濃度には有意な交互作用が認められ(P < 0.01)、運動負荷終了直後(朝試行: 7.2 ± 1.6ng/ml; 夕試行: 23.3 ± 4.3ng/ml)と運動負荷終了 2 時間後(朝試行: 0.1 ± 0.0ng/ml; 夕試行: 0.5 ± 0.2ng/ml)において朝試行と比較して、夕試行で有意に高い値が認められた(P < 0.01)。FFA 濃度は有意な交互作用が認められ(P <

0.001)、両試行で運動負荷終了直後に有意な増加が認められた(朝試行: P < 0.01, 夕試行: P < 0.001)。さらに夕方試行においてのみ運動負荷終了直後から運動負荷終了 2 時間後にかけて FFA 濃度の有意な増加が認められ(P < 0.05)、運動負荷終了 2 時間後(朝試行: 608.2 ± 64.0μEq/l; 夕試行: 1075.6 ± 125.5μEq/l)においてのみ試行間で有意差が認められた(P < 0.01)。コルチゾール濃度にも試行間において交互作用が認められ(P < 0.01)、夕試行で運動負荷終了直後に比較して運動負荷終了 2 時間後において有意な減少が認められた(P < 0.001)。しかしながらノルアドレナリン、グルコース、インスリン、中性脂肪、総コレステロール、HDL-C、LDL-C は試行間に有意差は認められなかった。

異なる運動実施時間帯に一過性持久性運動を実施し代謝関連指標ならびにホルモン応答に及ぼす影響について検討した結果、朝と比較して夕の運動後において脂質代謝亢進に作用するホルモンの分泌が高まり、遊離脂肪酸の血中濃度を増加させることが示唆された。これらのことから、朝と比べて夕の方が脂質代謝亢進のためにより好ましい運動実施時間帯となる可能性が考えられる。

(3) 今回の研究結果より、メタボリックシンドローム、特に脂質代謝異常に対して運動処方を作成する上で非常に有益な情報を得たと考えられる。

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 13 件)

坂本静男、緑川泰史、青山友子：小児メタボリックシンドロームへの遺伝・運動・栄養の影響，日本小児科学会雑誌 116：1688-1696，2012 (査読無

し)

Sakamoto Shizuo, Konishi Masayuki, Kim Hyeon Ki, Endoh Naoya, Takahashi Masaki, Takagi Syun, Midorikawa Taishi : Exercise prescription for fat metabolism disorder – from the view point of fat oxidation rate. J Phys Fitness Sports Med 1: 499-504, 2012 (査読有り)

Kawano Hiroshi, Mineta Mayuko, Asaka Meiko, Miyashita Masashi, Numao Shigeharu, Gando Yuko, Ando Takafumi, Sakamoto Shizuo, Higuchi Mitsuru : Effect of different modes of exercise on appetite and appetite-regulating hormones. Appetite 66: 26-33, 2013 (査読有り)

Kunpei Tanisawa, Tomoko Ito, Xiaomin Sun, Ryuken Ise, Satomi Oshima, Zhen-Bo Cao, Shizuo Sakamoto, Masashi Tanaka, Mitsuru Higuchi : Strong influence of dietary intake and physical activity on body fatness in elderly Japanese men : age-associated loss of polygenic resistance against obesity. Genes Nutr 9: 416-424, 2014 (査読有り)

金 鉉基、高橋将記、小西真幸、田端宏樹、遠藤直哉、沼尾成晴、鈴木克彦、坂本静男 : 運動実施時間帯の違いが一過性持久性運動における代謝関連指標ならびにホルモン応答に及ぼす影響 . 日本臨床スポーツ医学会誌 22 : 497-505 , 2014 (査読有り)

[学会発表](計 26 件)

Kawano H., Mineta M., Asaka M., Miyashita M., Gando Y., Ando T., Numao S., Sakamoto S., Higuchi M. : Effects of different modes of exercise

on appetite in young men. American College of Sports Medicine 59th Annual Meeting, San Francisco, USA, 2012, May

Kumpei Tanisawa, Hirokazu Taniguchi, Xiaomin Sun, Tomoko Ito, Zhen-Ba Cao, Shizuo Sakamoto, Mitsuru Higuchi : Common FNDC5 SNPs associated with glucose metabolism without altering serum irisin levels in low-fitnessmen. ACSM 61st Annual Meeting, Orlando, USA, 2014 May 29

Tabata Hiroki, Kim Hyeon-Ki, Endo Naoya, Konishi Masayuki, Sakamoto Shizuo : Fat oxidation during and after moderate- and low- intensity exercise: focused on the intensity of maximal fat oxidation. 19th Annual Congress of the European College of Sport Science, Amsterdam, Netherlands, 2014 July 4

Ando Karina, Kim Hyeon-Ki, Konishi Masayuki, Nishimaki Mio, Tabata Hiroki, Xiang M., Sakamoto Shizuo : Effects of circadian rhythm and acute endurance exercise on blood glucose and salivary cortisol. 19th Annual Congress of the European College of Sport Science, Amsterdam, Netherlands, 2014 July 4 2014

安藤加里菜、金鉉基、小西真幸、西牧未央、田端宏樹、項 蜜、坂本静男 : 朝や夕の一過性運動が糖質・脂質酸化量および主観的疲労度に与える影響 . 第 33 回日本臨床運動療法学会学術集会 . グランフロント大阪 B2F コンプレクショナルセンター , 大阪府 , 大阪市 , 2014 年 9 月 6 日

安藤加里菜、金鉉基、小西真幸、西牧未央、田端宏樹、項 密、坂本静男 : 朝や夕の最大酸素摂取量および脂質・

糖質酸化量の比較 .第 25 回日本臨床スポーツ医学会学術集会 .味の素ナショナルトレーニングセンター , 東京都 , 北区 , 2014 年 11 月 9 日

〔図書〕(計 2 件)

坂本静男 : 健康運動指導士養成講習会テキスト上・下 . 共著 (総ページ数 217 ページ), 公益財団法人 健康・体力づくり事業財団, 東京都, 2014

坂本静男 : スポーツ医学【内科】—はじめて学ぶ 健康・スポーツ科学シリーズ . 共著 (総ページ数 748 ページ), 化学同人, 京都府, 2014

〔産業財産権〕

出願状況 (計 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 :

出願年月日 :

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

坂本 静男 (SAKAMOTO Shizuo)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号 : 00266032

(2) 研究分担者

樋口 満 (HIGUCHI Mitsuru)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号 : 20192289

緑川 泰史 (MIDORIKAWA Taishi)

桜美林大学・健康福祉学群・講師

研究者番号 : 50434345

沼尾 成晴 (NUMAO Shigeharu)

京都薬科大学・薬学部・講師

研究者番号 : 90454074

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :