

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700688

研究課題名(和文) 一過性有酸素運動と食後中性脂肪：簡易測定器による評価

研究課題名(英文) Acute aerobic exercise ad postprndail triacylglycerol:
Evaluation by a bench-top analyser

研究代表者

宮下 政司 (MIYASHITA MASASHI)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教

研究者番号：40447248

研究成果の概要(和文)：研究1より、中年の肥満男性において、身体活動指針が推奨する最低限の運動量での一過性の30分の自転車漕ぎ運動は、食後毛細血管中性脂肪濃度を低減させることを明らかにした。この結果より、運動を定期的に行い習慣となれば、心血管疾患の予防のための運動療法となり得ることを示唆した。研究2より、食後毛細血管中性脂肪濃度は、非活動群と比較し、活動群で低値を示した。この結果より、急性的な身体活動による影響とは区別した習慣的な身体活動による食後中性脂肪の低減効果を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：From the Study 1, we have demonstrated that performing one 30-min session of moderate-intensity cycling in line with minimum activity guidelines for health was effective in attenuating postprandial capillary triacylglycerol concentrations in centrally obese middle-aged men. These findings may have important implications for the prescription of exercise as a means to reduce the risk of cardiovascular disease if such exercise is performed for an extended period of time. From the Study 2, we have demonstrated that postprandial capillary triacylglycerol concentrations were significantly lower in the active group compared with the inactive group. These findings demonstrate that regular physical activity has a beneficial effect on lowered postprandial lipaemic response which is independent of the acute effects of physical activity.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 1,300,000 | 390,000 | 1,690,000 |
| 2010年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,100,000 | 630,000 | 2,730,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：有酸素運動、身体活動、食後中性脂肪、脂質代謝、毛細血管血、肥満、高齢者

1. 研究開始当初の背景

食後の中性脂肪の著しい上昇および日常化は、動脈硬化を促進させ、心血管疾患の独

立した危険因子の一つであり、食後の高中性脂肪は心血管疾患の罹患率を高めると報告されている(JAMA 2007; 298: 309-316; JAMA

2007 ; 298 : 299-308)。多くのヒトの日常生活では、一日の大部分が食後の状態になっていることから、食後の中性脂肪の上昇を抑制することは、心血管疾患のリスクを軽減する上で重要である。

有酸素運動は食後の中性脂肪濃度の上昇を抑制させ (Sports Med 2006 ; 36 : 547-560)、生活習慣病の予防という観点から有効な介入方法の一つであると報告されている。しかし、多くの先行研究 (Sports Med 2006 ; 36 : 547-560) において、活動的な若年健康者を対象として検討していたため、有酸素運動における食後中性脂肪濃度上昇の抑制効果を一般に当てはめることは難しいと考えられる。さらに、試験食として高脂肪食 (食事の60~93%が脂質由来) を用い、脂質負荷試験を行っていたため、1回の食事で脂質を過剰に摂取した後の中性脂肪の変化を一般に当てはめることは難しいと考えられる。

食後の中性脂肪を評価する際、脂質負荷試験中に随時採血が必要となり、留置針がよく用いられる。よって、参加者の身体への負担は大きく、より侵襲度の低い測定法が必要と考えられる。近年、欧米諸国では、脂質異常症、糖尿病、代謝症候群の予防や治療モニタリングに指先からの微量な全血にて中性脂肪、血糖、コレステロール値等を測定できる簡易測定器が普及してきている。しかし、簡易測定器を用い、身体活動指針 (Med Sci Sports Exerc 2007 ; 39 : 1423-1434) に沿った一過性の有酸素運動が、肥満者における食後の中性脂肪上昇の抑制に効果があるか否かは明らかではない。また、有酸素運動による食後血中中性脂肪濃度の低減は急性的な効果であると報告がある (Can J Appl Physiol 2004 ; 29 : 591-603)。これまでの先行研究 (J Appl Physiol 1998;84 : 1895-1901 ; Br J Nutr 1998;80:57-66) は、運動鍛錬者を対象とし、運動トレーニングを行わないよう指示してからどの程度で運動誘発性食後中性脂肪の低減効果が消失するかという検討であり、一般者を対象とし、習慣的な身体活動量の違いが、食後中性脂肪濃度にどのような影響を与えるか否かは明らかではない。

2. 研究の目的

本研究は1) 中年の肥満男性を対象に、身体活動指針に沿った一過性の自転車漕ぎ運動が食後毛細血管中性脂肪濃度に及ぼす影響 (研究1)、2) 高齢者を対象に、活動的な高齢者と非活動的な高齢者の食後毛細血管中性脂肪濃度 (研究2) について、簡易測定器を用い検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 研究1

①参加者

参加者は、肥満男性 10 名であった。本研究では日本肥満学会の定義に従って、体格指数 (BMI) 25 kg/m² 以上を肥満とみなした。基礎疾患、喫煙者、サプリメント (最近 6 ヶ月以内)、常用薬剤の服用歴のある者および減量中の者は対象としなかった。参加者の年齢、身長、体重、BMI、腹囲、収縮期血圧、拡張期血圧、最大酸素摂取量 (推定) の平均と標準誤差は、それぞれ 46.2 ± 2.2 歳、171.0 ± 2.5 cm、92.5 ± 3.3 kg、31.6 ± 1.0 kg/m²、104.6 ± 2.2 cm、136 ± 4 mm Hg、90 ± 4 mm Hg、30.0 ± 2.0 mL/kg/min であった。

②実験デザイン

運動負荷試験後、各参加者は一試行が連続した 2 日工程の実験に 2 回参加した (運動試行、安静試行)。一試行が連続した 2 日工程を用いた理由は、骨格筋のリポ蛋白リパーゼの活性が、運動後 8 時間以上で最大となり、この酵素が中性脂肪分解を促進するため Exerc Sports Sci Rev 1998 ; 26 : 191-218) であった。各試行は少なくとも 7 日間の間隔を空け、試行順は無作為とした。

【実験 1 日目】運動試行では、参加者に自宅で昼食を済ませ、14:30 に実験室に来訪するよう指示した。30 分の座位安静後、15:00 から 15:30 まで、30 分連続の自転車漕ぎ運動を行った。自転車漕ぎ運動中の運動強度は、事前の運動負荷試験より求めた最大心拍数の 60% の強度を用いた。自転車漕ぎ運動中、心拍数を 4-5、9-10、14-15、19-20、24-25、29-30 分の間 15 秒間隔で心拍モニターより記録した。また、心拍数は参加者の主観的運動強度に影響する可能性があり、参加者が心拍モニターを目視できないようにした。主観的運動強度は Borg スケールを用い心拍の測定中に記録した。ペダルの回転数は毎分 60 回転とした。推定のエネルギー消費量は参加者の体重、心拍数および自転車漕ぎ運動中の負荷量より算出した。安静試行では、参加者に一日運動を行わないよう求め安静を保つよう指示した。

【実験 2 日目】各試行において、参加者に、10 時間の絶食の後、08:00 に実験室に来訪するよう指示し、30 分間の座位安静後、血液を指先から採取した。その後、参加者に試験食を摂取させ、食後は実験室内にて 14:30 まで読書および映画鑑賞のみ可とし、安静を保たせた。また、その間血液を中性脂肪、総コレステロール、血糖測定のために、食後 2 時間、4 時間、6 時間に採取した。

③食事・運動の画一

1 回目の試行において実験日一日目とその

前日の朝、昼、夜および間食を含む摂取したものをすべてを記録用紙に記録するよう求めた。また、この間および実験日二日目の実験終了までアルコール摂取は禁止するよう指示した。暴飲・暴食は避けるよう、食事は普段と同じ内容となるよう指示した。そして、これらと全く同様および同量の食事を2回目の試行でも摂取するよう依頼した。摂取した食事および飲料の栄養計算は管理栄養士が行った。本実験で行う運動以外は、各試行とも実験一日目の前日より実験二日目の実験終了まで運動を行わないよう求めた。また参加者に各試行実験一日目の前日および実験一日目に本実験で行う運動と睡眠以外の間で、加速度計 (HJA-350IT、オムロン社) を装着するよう指示した。

④ 試験食

試験食には、市販の食パン、スライスチーズ、バター、マヨネーズ、レタス、トマト、牛乳およびココアパウダーを用いた。試験食の摂取量は体重あたりとし、脂質 0.34 g/kg、炭水化物 1.11 g/kg、蛋白質 0.29 g/kg、総カロリー 36 kJ (= 9 kcal) /kg とした。参加者が摂取した脂質、炭水化物、蛋白質および総カロリーは、 31.4 ± 1.1 g、 102.6 ± 3.7 g、 26.8 ± 1.0 g、 3.48 ± 0.12 MJ (脂質 35%、炭水化物 52%、蛋白質 13%) であった。参加者には 20 分以内で試験食を摂取するよう指示し、摂取時間を記録し2回目の試行時に同じ時間で摂取するようにした。試験食の摂取時間は 12.2 ± 0.8 分であった。各試行において、参加者より試験食による身体への副作用があったという報告はなかった。本実験二日目において、1 回目の試行時に水のみ自由摂取とし (試験食以外として)、その摂取量を記録し、2 回目の試行で同じ量を摂取させた。

⑤ 血液測定

穿刺器具で指先を穿刺し、毛細血管血 (全血) をヘパリンリチウム入りのチューブに 30 μ L 採取した。採取した検体はそれぞれの試験紙 (中性脂肪、総コレステロール、血糖用) にピペットを用い滴下した。検体を滴下した試験紙は、直ちに検査装置 (Reflotron Plus, Roche Diagnostics 社) にて測定した。なお、測定マニュアルに従い、各試行前に検査装置のシステム機能 (反射率) を検査した。さらに、正常域と異常域の2種類のヒト血清由来の凍結乾燥した血清を用い、精度管理を行った。測定内変動係数はそれぞれ、中性脂肪 2.4%、総コレステロール 1.2%、血糖 0.6% であった。測定間変動係数はそれぞれ、中性脂肪 3.3%、総コレステロール 2.7%、血糖 1.8% であった。

⑥ 算出方法・統計解析

すべての統計処理には PASW (SPSS Version 18.0, SPSS Japan Inc.) を用いた。すべての測定項目において、統計処理の前に Shapiro-Wilk テストを用い、正規性の検定を行った。すべての測定項目においてデータの正規性が認められたため、そのまま測定値を用い統計処理を行った。脂質負荷試験中の血中濃度の曲線下面積は台形法にて算出した。また、測定条件 (試行) と時間を要因とした測定項目の変化については、反復測定の二元配置の分散分析によって、その有意性を検定した。二元配置の分散分析で交互作用の有意性が認められた際は、Bonferroni の方法にて多重比較を行った。統計学的有意水準を危険率 5%未満に設定し、得られたデータはすべて平均値 \pm 標準誤差で示した。

(2) 研究2

① 参加者

参加者は、日常生活に支障がない身体機能を保持した高齢者 26 名であった。なお、基礎疾患、常用薬剤の服用歴 (脂質・糖質代謝改善薬) のある者および減量中の者は対象としなかった。参加者の年齢、男女比、身長、体重、BMI、腹囲、収縮期血圧、拡張期血圧、身体活動量の平均と標準誤差は、それぞれ活動群 69.3 ± 1.1 歳、男性 5/女性 10、 155.6 ± 2.0 cm、 49.6 ± 1.9 kg、 20.6 ± 0.6 kg/m²、 76.9 ± 2.1 cm、 123 ± 3 mm Hg、 74 ± 1 min Hg、 229 ± 13 min/週、非活動群 70.4 ± 1.2 歳、男性 5/女性 6、 158.0 ± 2.5 cm、 56.9 ± 2.6 kg、 22.8 ± 0.6 kg/m²、 85.5 ± 2.0 cm、 125 ± 3 mm Hg、 74 ± 1 mm Hg、 98 ± 8 min/週であった。

② 身体活動量の調査

身体活動量は、記録機能を持つ1軸加速度計 (Lifecoder-Ex、スズケン社製) を用いて算出した。事前に使用についての注意点を十分に説明した上で、4 週間の測定期間中は毎日起床時から就寝時までの間、入浴や水泳など装着できない場合を除き常に右腰部の上前腸骨棘辺へ装着するよう依頼した。本研究で用いた加速度計は、身体の移動に伴って生じる鉛直方向上への振動と頻度から身体活動強度を 11 段階 (0: 安静状態、0.5: 微小活動、1-3: 低強度身体活動、4-6: 中強度身体活動、7-9: 高強度身体活動) に分類し、4 秒毎に記録することが可能である。本研究では、参加者による加速度計の一日の装着時間が 10 時間以上で少なくとも平日 4 日および週末 1 日のデータが得られた者を分析に用いた。得られた測定結果は、調査終了後にコンピュータへダウンロードし、専用解析ソフトによって分析した。なお、本研究の身体活動のデータは、測定期間の 4 週間のデータから

1 週間あたりの平均値を用いた。得られた加速度計のデータに基づいて、参加者を活動群と非活動群の二群に分類した。なお、本研究では、身体活動指針 (Med Sci Sports Exerc 2007 ; 39 : 1423-1434) に習い、中強度 (3 メッツ) 以上の身体活動が週 150 分以上確保されている者を活動群、中強度 (3 メッツ) 以上の身体活動が週 150 分以上確保されていない者を非活動群と定義した。

③脂質負荷試験

脂質負荷試験は、身体活動量の調査終了後より最低 1 週間の間隔を空け実施した。参加者に、10 時間の絶食の後、08 : 20 に実験室に来訪するよう指示し、10 分間の座位安静後、血液を指先から採取した。その後、参加者に試験食を摂取させ、食後は実験室内にて 14 : 30 まで読書およびテレビ鑑賞のみ可とし、安静を保つよう求めた。また、その間血液を中性脂肪および血糖測定のために、食後 2 時間後、4 時間後、6 時間後に採取した。なお、急性的な身体活動による血液指標への影響を考慮し、参加者には、脂質負荷試験日の 2 日前より日常生活に関わる活動以外の身体活動を行わないよう求めた。また、脂質負荷試験日の前日、活動群と非活動群のエネルギー摂取量を調査するために、秤量法により一日の食事を記録するよう依頼した。

④試験食

試験食には、市販の食パン、スライスチーズ、バター、マヨネーズ、レタス、トマト、牛乳およびココアパウダーを用いた。試験食の摂取量は体重あたりとし、脂質 0.34 g/kg、炭水化物 1.11 g/kg、蛋白質 0.29 g/kg、総カロリー 9 kcal/kg とした。二群全体の参加者が摂取した脂質、炭水化物、蛋白質および総カロリーは、 31.4 ± 1.1 g、 102.6 ± 3.7 g、 26.8 ± 1.0 g、 474 ± 15 kcal (脂質 35%、炭水化物 52%、蛋白質 13%) であった。参加者には 20 分以内で試験食を摂取するよう指示した。各群において、参加者より試験食による身体への副作用があったという報告はなかった。脂質負荷試験中は、水のみ自由摂取とし (試験食以外として)、その摂取量を記録した。

⑤血液測定

穿刺器具で指先を穿刺し、毛細血管血 (全血) をヘパリンリチウム入りのチューブに 30 μ L 採取した。採取した検体はそれぞれの試験紙 (中性脂肪、血糖用) にピペットを用い滴下した。検体を滴下した試験紙は、直ちに卓上型の検査装置 (Reflotron Plus, Roche Diagnostics 社) にて測定した。なお、測定マニュアルに従い、各試行前に検査装置のシステム機能 (反射率) を検査した。さらに、

正常域と異常域の 2 種類のヒト血清由来の凍結乾燥した血清を用い、精度管理を行った。測定内変動係数はそれぞれ、中性脂肪 2.4%、血糖 1.4% であった。測定間変動係数はそれぞれ、中性脂肪 0.4%、血糖 3.6% であった。

⑥算出方法・統計解析

すべての統計処理には、PASW (SPSS Version 18.0, SPSS Japan Inc.) を用い、統計学的有意水準は 5% に設定し、得られたデータはすべて平均値 \pm 標準誤差で示した。二群間における各測定指標の平均値の差の検定には、対応のないスチューデントの *t* 検定を用いた。ただし、二群間の性別の分布割合については、 χ^2 乗検定を用いた。身体活動量の違いと脂質負荷試験における食事前後の血液項目の変化については、空腹時 (0h) 測定前での体重、体格指数および腹囲 (二群間に差があったため) を調整した分散分析を用いて解析を行った。脂質負荷試験中の血中濃度の曲線下面積は台形法にて算出した。

4. 研究成果

(1) 研究 1

運動試行において、安静試行と比較し、1 日を通し毛細血管中性脂肪濃度が低値を示した。二元配置の分散分析の結果、試行間 ($P = 0.020$)、時間 ($P < 0.0005$) および交互作用 ($P = 0.001$) に有意性が認められた。交互作用が認められたため多重比較を行ったところ、運動試行において、安静試行と比較し、毛細血管中性脂肪濃度が食後 4 時間と 6 時間で有意に低値を示した。運動試行における食後毛細血管中性脂肪濃度の総曲線下面積は、安静試行と比較し、9% 低値を示した (運動試行 13.93 ± 1.32 mmol/L \cdot 6h, 安静試行 15.30 ± 1.36 mmol/L \cdot 6h, $P = 0.023$)。

研究 1 の主な知見として、中年の肥満男性において、30 分間の中強度の自転車漕ぎ運動は、翌日の脂質負荷試験中の毛細血管中性脂肪濃度の上昇を抑制させることを明らかにした。これらの結果より、身体活動指針 (Med Sci Sports Exerc 2007 ; 39 : 1423-1434) が推奨する最低限の運動量 (総エネルギー量 0.84 MJ/日の 30 分間の中強度運動) においても、食後毛細血管中性脂肪濃度を低減させることが認められた。食後の中性脂肪濃度は健常者に比べ肥満者では高中性脂肪の状態が持続することから考えると (Am J Clin Nutr 1997;65:525-533 ; Int J Obes 2001;25:1767-1774)、本研究における一過性の運動における効果は肥満者のための運動実践として重要だと考えられる。

(2) 研究 2

活動群において、非活動群と比較し、毛細

血管中性脂肪濃度が低値を示した ($P < 0.0005$)。活動群における食後毛細血管中性脂肪濃度の総曲線下面積は、非活動群と比較し、38%低値を示した (活動群 548.3 ± 52.1 mg/dL \cdot 6h, 非活動群 882.6 ± 173.7 mg/dL \cdot 6h, $P = 0.047$)。

研究2より、身体活動指針 (Med Sci Sports Exerc 2007; 39: 1423-1434) が推奨する最低限の運動量を充足している高齢者は、充足していない高齢者に比べ、食後毛細血管中性脂肪濃度が低値を示すことを明らかにした。これまで身体活動による食後血中中性脂肪濃度の低減効果は急性的であると報告されてきたが、研究2の結果より、慢性的な身体活動も同様に食後高中性脂肪血症の予防や改善に対し重要であるということを示した。

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3件)

- ① Miyashita M, Sasai H, Tanaka K. Post-prandial capillary triacylglycerol responses in centrally obese middle-aged men to moderate exercise. Journal of Sports Sciences 2010;28:1269-1275. 査読有
- ② 宮下政司. 運動における食後中性脂肪の上昇抑制効果: 最近の実証研究からの報告. 肥満研究 2010;16:100-104. 査読有
- ③ Miyashita M, Park J-H, Takahashi M, Burns SF, Kim S-K, Suzuki K, Nakamura Y. Physical activity status and postprandial lipaemia in older adults. International Journal of Sports Medicine (in press) 査読有

[学会発表] (計4件)

- ① Miyashita M. The research direction and application of physical activity and health promotion. Presented at 2011 The International Council for Health, Physical Education, Recreation, Sport, and Dance (ICHPER \cdot SD) Asia Congress in Taipei, Taiwan, 23 January 2011. Physical activity and health promotion: Research directions and methods. Symposium (IV).
- ② Miyashita M, Park J-H, Takahashi M, Kim Y-H, Burns SF, Suzuki K, Nakamura Y. Postprandial lipaemia and physical activity status in older adults. Presented at 2011 The International Council for Health, Physical Education, Recreation, Sport, and Dance

(ICHPER \cdot SD) Asia Congress in Taipei, Taiwan, 20 January 2011.

- ③ Miyashita M. Physical activity and postprandial lipaemia: Implications for active living. Invited lecture: Presented at 10th Anniversary International Symposium on Human and Sports Science held at the Keimyung University, South Korea, 17 December 2010.
- ④ Miyashita M, Sasai H, Tanaka K. Thirty minutes of aerobic exercise reduces postprandial capillary triacylglycerol concentrations in centrally obese middle-aged men. Presented at European College of Sport Science Annual Congress in Antalya, Turkey, 23 June 2010. Exchange Symposia: Adaptation to exercise - from bench to practice.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮下 政司 (MIYASHITA MASASHI)
早稲田大学・スポーツ科学学術院・助教
研究者番号: 40447248