

平成 22 年 6 月 21 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2008 ～ 2009
 課題番号：207 00529
 研究課題名（和文） 非活動筋における代謝亢進を誘発する食事と運動の相乗効果
 研究課題名（英文） Synergistic effects of food intake and exercise on muscle energy expenditure in Non-exercising muscle.
 研究代表者
 笹原千穂子（SASAHARA CHIHOKO）
 明星大学・人文学部・助教
 研究者番号：20459944

研究成果の概要（和文）：本研究では食後に運動を行うと、食事と運動を単独に行った場合に比べて非活動筋での酸素消費量がことなるか否かについて明らかにすることを目的とし、実験を行った。その結果、運動のみでは非活動筋代謝は増加しないが、食後に運動を行うと筋代謝の上昇が維持された。食事と運動の組合せが筋代謝上昇効果を維持する可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to examine the synergistic effects of food intake and exercise on non-exercising muscle oxygen consumption. There was significant increase in non-exercising muscle oxygen consumption after exercise with food intake. In contrast, exercise without food intake did not show any increases. The results indicate that the combination of food intake and exercise is important to sustain the muscle energy expenditure in non-exercising muscle.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	400,000	120,000	520,000
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

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：エネルギー代謝，食事誘発性熱産生，骨格筋酸素消費量，非活動筋代謝

1. 研究開始当初の背景

食事誘発性熱産生（Diet Induced Thermogenesis :DIT）とは食後に体温が上昇することであり、余分なエネルギーを消費す

る働きがあることはよく知られている。DIT は安静時代謝量の約 10%程度といわれているが（Bahr et al. 1991）、肥満者で低値を示したり、加齢に伴い低下したりすることから、

近年、国内外で注目されているメタボリックシンドロームを改善・予防する上で、基礎代謝と並んで重要なファクターであるといえる。従来、DITの熱産生に関わる生体内の組織としては、褐色脂肪細胞が考えられてきた。褐色脂肪細胞とは肩甲骨周辺やわきの下に局在している細胞で、通常の脂肪細胞（白色脂肪細胞）とは異なり、脂肪を蓄えるのではなく、脂肪を取り込んで消費し、熱を産生する働きをする。しかしながら褐色脂肪細胞は嚙歯類や、ヒトの乳児に多く、成人では体内分布量がかなり低下することが知られている。Astrupら（1985, 1986）は成人においてDITに関わる組織としては、褐色脂肪細胞よりも骨格筋の方が大きく関与していることを示唆した。

これまでに骨格筋におけるDITを評価した研究は我々が発表してきた研究（Ueda et al. 2002, 2003）以外には散見する程度である。我々は、食後に非活動筋において代謝が亢進することを確認した。さらに、自律神経活動の低下が肥満と関連していることから、交感神経活動の亢進させる食品（カイエンペッパー）の摂取によって骨格筋の代謝が上昇することを明らかにした。

交感神経活動は運動によっても亢進し、アドレナリンやノルアドレナリンといったホルモンを介して非活動筋代謝も亢進させる（Murakami et al. 2000）しかし、食事の前後で運動を行った場合の非活動筋代謝への影響については報告がなく、骨格筋DITへの食事と運動の相乗効果が得られるかどうかは不明である。また、骨格筋量の相違や、トレーニングによる骨格筋の変化がDITに与える影響については明らかではない。

骨格筋代謝の測定については従来、筋バイオプシーや、動静脈にカテーテルを入れて酸素濃度を測定するなど、侵襲的な方法が主流であったが、近年、磁気共鳴分光法装置（MRS）や近赤外分光法装置（NIRS）といった非侵襲的な方法が骨格筋代謝の測定に応用されるようになってきた。我々は、その中でも比較的安価で測定も容易なNIRSを用いて、食後の非活動筋の代謝（筋酸素消費量）の変化を評価することに成功した（Ueda et al. 2003）。またカイエンペッパー摂取により交感神経活動が亢進し、筋酸素消費量も増加することを報告している。

2. 研究の目的

本研究では食後に運動を行った場合と、食事と運動を単独に行った場合とを比較し、骨格筋での酸素消費量が異なるか否かについて明らかにし、骨格筋における代謝の最も高まる食事と運動のタイミングを考える上で基礎資料とすることを目的とした。

3. 研究の方法

実験の実施に当たっては、所属機関の倫理審査委員会に審査を依頼し、審査を通過した内容のみを行い、被験者には研究の内容を十分に説明し、書面にて同意を得た上で行った（インフォームドコンセントの実施）。被験者は健康成人女性6名とした。被験者の平均年齢は 25.3 ± 2.1 （平均±標準偏差）歳、身長は 157.5 ± 8.0 cm、体重は 51.1 ± 5.6 kgであった。

被験者には事前に実験室に来てもらい、座位膝伸展運動時の最大筋力（MVC）を測定し、運動装置での運動に十分慣れさせた。

各被験者は食事プラス運動（food）または運動のみ（control）の別日に行われた2試行に参加し、運動後に測定した骨格筋代謝の結果を比較した（図1）。本実験の24時間前よりアルコールやカフェイン、香辛料を多く含む食品の摂取を控え、日常生活以外の激しい運動を避けるようにした。また本実験の前日より食事を記録し、両試行とも前日からほぼ同じ内容の食事を摂取するようにした。

実験当日は、早朝空腹時に安静代謝を測定し、食事は高炭水化物食（体重1kg当たり10kcal、タンパク質：糖質：脂質＝9：27：64）を摂取した。食事摂取開始の60分後より運動を行った。

運動は座位で最大随意発揮筋力（MVC）の10, 30, 50, 70, 80%強度で静的膝伸展運動を各1分間、5分以上の回復時間をはさみ、被験者により無作為順で行った。同一被験者の2試行では運動負荷強度は同じ順序で行った。

近赤外分光法（NIRS, NIRO-200, 浜ホト）により前腕屈筋の酸素化ヘモグロビン

（oxyHb）を測定した。NIRSプローブの送受光間距離は3.0cmとした（図2）。被験者の左手上腕部に加圧帯を装着し、一時的動脈疎血法（Hamaoka et al. 1996）によりoxyHbの低下率から筋酸素消費量（ V_{O2mus} ）を求めた（図3）。加圧帯による一時的動脈疎血は食事摂取後（30, 45, 60分）、及び運動後（105, 120, 135, 150, 165, 180分）に行い、それぞれpre1, pre2, pre3及びrec1, rec2, rec3, rec4, rec5, rec6とした。

安静時、食後および運動後の心拍数（HR）は胸部双極誘導法で測定した。各運動強度でのHRは運動終了直前の10秒間の値を平均して求めた。

血圧は収縮期血圧および拡張期血圧を連続指血圧測定装置（Finometer, FMS）にて測定し、平均血圧（MAP）を求めた。運動終了直前の10秒間の値を平均し、各運動強度でのMAPとした。

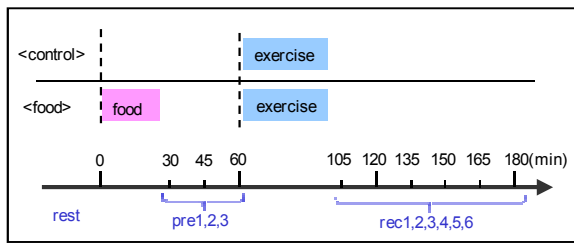


図1. 実験プロトコル

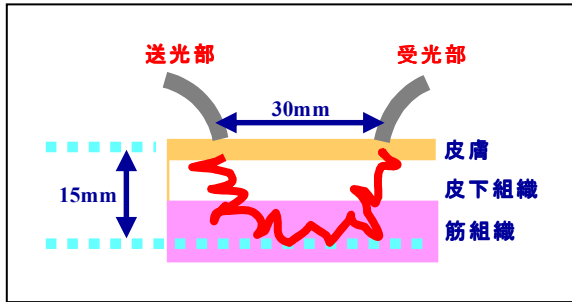


図2. 近赤外分光装置(NIRS)のプロープと光路の模式図

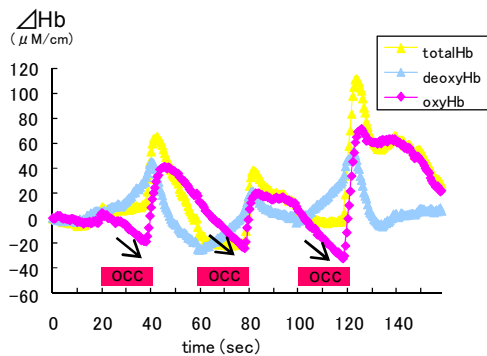


図3. NIRSによる筋酸素消費量 (VO_{2mus})変化の測定

酸素化ヘモグロビン (oxyHb), 脱酸素化ヘモグロビン (deoxyHb), 総ヘモグロビン (totalHb) の一時的動脈血時の変化. oxyHb の低下率の安静時に対する比により VO_{2mus} を算出.

4. 研究成果

VO_{2mus} は control と比較して food で食後の pre1, pre2, pre3 で高くなった(各々安静時に対する割合で food: 1.21±0.09, 1.28±0.05, 1.32±0.10, control: 1.00±0.01, 0.99±0.02, 0.97±0.01). 運動後も rec1, rec2, rec4 で有意に高かった (food: 1.22±0.05, 1.28±0.07, 1.14±0.06, control: 1.02±0.03, 0.99±0.03, 1.00±0.02). 安静時に対しては food でのみ pre3 と rec3 で有意な上昇がみられた (図4).

HR は control では安静時に比べ rec2 で平均で 4.8±4.4bpm 高く, food では rec6 で 8.4

±1.8bpm 高かった. しかし control と food の試行間の差は見られず, また安静時からの変化も有意差はなかった (図5).

MAP は試行間の差はみられなかったが, food において安静時に対して pre1, pre2, pre3, rec1, rec2, rec3, rec6 (各々 8.1±2.5, 10.0±4.1, 9.2±1.9, 10.6±2.3, 8.0±2.2, 11.1±2.0, 8.2±1.2 mmHg) で有意に上昇した. control では安静時に対して rec6 (8.1±2.5 mmHg) でのみ上昇した (図6).

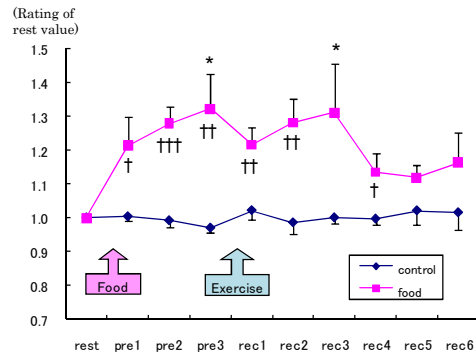


図4. 筋酸素消費量 (VO_{2mus}) の変化

N=6, Mean±SE. † P<0.05, †† P<0.01, ††† P<0.001 vs. control, * P<0.05 vs. rest value.

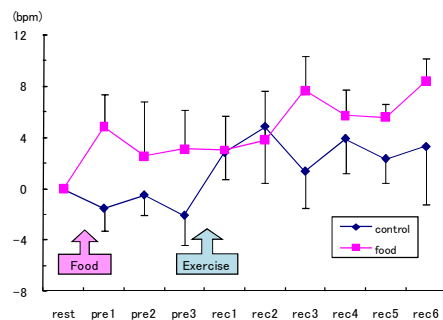


図5. 心拍数 (HR) の変化

N=6, Mean±SE. NS.

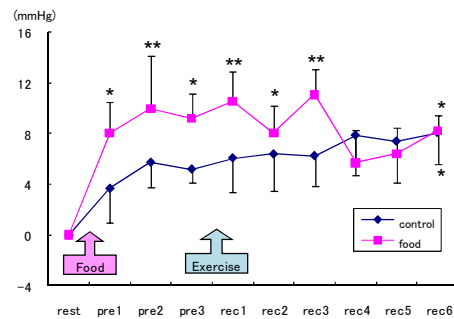


図6. 平均血圧 (MAP) の変化

N=6, Mean±SE. * P<0.05, ** P<0.01 vs. rest value.

VO2mus が food で上昇し control では変化がみられなかったのは、食事により非活動筋を含めた全身の代謝が亢進し、運動後の代謝にも影響を与えた可能性が考えられる。

運動のみでは非活動筋代謝は増加しないが、食後に運動を行うと筋代謝の上昇が維持された。食事と運動の組合せが筋代謝上昇効果を維持する可能性が示唆された。

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0件)

[学会発表] (計1件)

笹原 千穂子

食事摂取が運動後の非活動筋代謝に及ぼす影響,
第64回日本体力医学会大会,
朱鷺メッセ(新潟),
2009年9月19日

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笹原千穂子 (SASAHARA CHIHOKO)

明星大学・人文学部・助教

研究者番号: 20459944