

平成22年 6月17日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20700532
 研究課題名 (和文) 運動がもたらす非活動筋代謝亢進効果の機序解明と
 新しい運動療法効果の確立
 研究課題名 (英文) Mechanism to increase energy metabolism in nonexercising muscle by
 exercise and establishment of new effect of exercise therapy
 研究代表者
 永澤 健 (NAGASAWA TAKESHI)
 広島工業大学・情報学部・准教授
 研究者番号：80390566

研究成果の概要 (和文)：運動に直接関与しない非活動筋の代謝に及ぼす有酸素性運動の強度と時間の影響について、近赤外分光法を用いて検討した。さらに、中等度のウォーキングが非活動筋代謝を亢進させるか否かについて検討した。非活動筋代謝は運動開始 15 分～20 分後に増加を開始し、運動強度の高い方が非活動筋代謝の増加が大きくなることが示された。また、ウォーキングによって非活動筋代謝が安静の 1.3 倍まで増加することが示された。これらの知見は、運動療法のプログラムを作成する上で新たな情報になるものと考えられる。

研究成果の概要 (英文)：This study examined that the effect of exercise intensity and duration on energy metabolism in muscles that are not directly involved in exercise (so-called nonexercising muscle) during aerobic exercise by using near-infrared spectroscopy. Moreover this study examined whether walking at moderate intensity has an effect on increasing energy metabolism in nonexercising muscle. This study indicated that the energy metabolism in nonexercising muscle significantly increased 15-20 minutes after the beginning of exercise and that higher intensity exercise produced a larger increase in energy metabolism in nonexercising muscle during exercise. In addition, this study indicated that walking increased energy metabolism in nonexercising muscle to 1.3 fold over resting value. These findings of this study were considered to potentially provide new viewpoints about exercise prescription.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
20年度	1,400,000	420,000	1,820,000
21年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：健康・スポーツ科学

科研費の分科・細目：スポーツ科学・スポーツ生理学

キーワード：非活動筋, 近赤外分光法, 運動療法, 有酸素性運動, 筋酸素消費量

1. 研究開始当初の背景

運動がもたらす代謝亢進効果は、運動による体重調節効果を考える上で、重要な知見である。運動後に安静よりも酸素消費量の高い状態が続くことが知られており、この現象は運動後過剰酸素消費量 (EPOC) と呼ばれている。この EPOC は、運動後も全身レベルでの代謝亢進効果がしばらく続くことを示しており、運動による体重調節効果を説明する重要なエビデンスである。

運動に直接関与しない非活動筋は、運動時の血流調節、乳酸および糖代謝などに重要な役割を持つ。例えば、非活動筋は運動中に活動筋で産生された乳酸を循環血中から取り込み、その乳酸を酸化する役割がある。しかしながら、これまで非活動筋代謝が、運動時にどの程度亢進しているかについては十分に調べられていない。この理由のひとつとして、これまで非活動筋代謝の変化を非侵襲的に計測する手法が確立されていなかったことが上げられる。

近赤外分光法は、近年、運動時における骨格筋の酸化状態を非侵襲的に測定できる方法として利用されるようになってきている。近赤外分光法は一時的な動脈血流遮断を行うことにより、運動時の筋代謝 (筋酸素消費量) の評価が可能である。この近赤外分光法装置は、小型プローブを用いるため測定領域を限定でき、筋の局所的な酸素消費の変化を捉えることが可能である。したがって近赤外分光法は、運動時の非活動筋代謝の変化を検討することができる有力な手段である。

2. 研究の目的

運動がもたらす非活動筋代謝の亢進効果を新しい運動療法の効果として確立するために、非活動筋代謝が亢進する運動条件を明らかにすること、ウォーキングが非活動筋代謝に与える影響について検討することを目的とした。本研究は、近赤外分光法を用いて運動時の非活動筋代謝の変化を捉えた。

本研究では、まず、非活動筋代謝の亢進に影響を与える有酸素性運動の条件 (運動強度および運動時間) を検討することを目的とした。運動強度および運動時間が非活動筋代謝に与える影響について検討することで、非活動筋の代謝亢進効果の機序についても検討することができるものと考えられる。さらに、健康づくりの場において運動療法として広

く実施されているウォーキングが、非活動筋代謝亢進に有効か否かについて検討することを目的とした。健康づくりを目的としたウォーキングの新たな効果を提示することが可能になるものと考えられる。

3. 研究の方法

(1) 研究 1

非活動筋代謝が亢進する有酸素性運動の条件を近赤外分光法により検討することを目的として実験を行った。健康成人男性 7 名を対象とし、自転車エルゴメータを用いて 30 分間の中等度運動 (50% $\dot{V}O_{2max}$ 強度) と 60 分間の低強度運動 (30% $\dot{V}O_{2max}$ 強度) の 2 条件の有酸素性運動を実施した。

非活動筋は右腕前腕屈筋群とした。運動前後および運動中は右腕前腕部をアームレストの上に置き、筋活動が生じないようにした。非活動筋代謝の変化は、近赤外分光法を用いて一時的な動脈血流遮断中の酸素化ヘモグロビン/ミオグロビンの低下率から評価した。非活動筋代謝の値は、安静時からの相対値で表した。

(1) 研究 2

非活動筋代謝が中等度のトレッドミルウォーキングによって亢進するか否かについて検討することを目的として実験を行った。健康成人男性 7 名を対象とし、30 分間のトレッドミルウォーキング (速度 6km/h) を実施した。ウォーキングの運動強度と運動時間は健康づくりの場で多く実施されている運動条件とした。

非活動筋は右腕前腕屈筋群とし、ウォーキング中は右腕前腕部をアームレスト上に置き、筋活動が生じないようにした。非活動筋代謝は近赤外分光法を用いて一時的動脈血流遮断法によって評価した。

4. 研究成果

(1) 研究 1

低強度運動において非活動筋代謝は、運動開始から運動開始 15 分目まで有意な変化を示さなかったが、運動開始 20 分目から非活動筋代謝が有意な増加 ($P < 0.05$) を示した (安静時の 1.2 倍)。中等度運動では運動開始後 15 分目から非活動筋代謝が有意な増加 ($P <$

0.01)を示した(安静時の1.3~1.5倍). 運動開始15分以降の非活動筋代謝の増加は, 低強度よりも中等度運動の方が有意に($P < 0.05$)大きかった. これらのことから, 低強度運動では運動時間が15~20分, 中等度運動では運動時間が10~15分以上の運動条件が, 運動中の非活動筋代謝を亢進させることが示唆された. さらに, 低強度運動よりも中等度運動の方が, 運動中の非活動筋代謝の増加は大きくなることが示唆された.

以上のように, 有酸素性運動時の非活動筋代謝の変化は, 運動強度と運動時間に影響を受けること, 非活動筋代謝は, 運動開始から15分~20分遅れて増加することが示唆された.

(2) 研究2

非活動筋代謝はウォーキング開始20分と30分目に有意に($P < 0.05$)増加した(それぞれ安静の1.2倍と1.3倍の増加). このことから本研究で実施したような中等度のウォーキングは, 非活動筋代謝の亢進に有効であることが示唆された.

本研究で観察されたウォーキングによる非活動筋代謝の増加値(1.2~1.3倍)は, 中等度($50\%VO_{2max}$)の自転車運動における非活動筋代謝の増加値(1.5倍)よりも低値であった. さらに, 本研究のウォーキング時の $\%VO_{2max}$ は57%であった. このことから, 運動強度が同じならば, ウォーキングによる非活動筋代謝の増加量は自転車運動と比較して小さくなることが示唆された. したがって, 同じ運動強度の有酸素性運動でも運動様式の相違により運動時の非活動筋代謝は異なることが示唆された.

また, 非活動筋代謝は運動開始20分目に増加したことから, 本研究で実施したようなウォーキングにより非活動筋代謝を亢進させるためには, 15~20分の運動継続時間が必要であることが示唆された.

(3) 研究成果のまとめと意義

本研究で得られた主要な知見は, 有酸素性運動では, 運動強度が高い方が非活動筋代謝の増加が大きいこと, 運動開始から15分~20分遅れて非活動筋代謝が増加を開始すること, 健康づくりで実施する運動条件でのウォーキングによって非活動筋代謝が亢進すること, 同じ有酸素運動でも運動様式の違いが非活動筋代謝の増加量に影響を与えること, である. これら本研究で得られた成果は, 本研究代表者が知る限り, 国内外を通じて初めて報告するものである.

本研究では運動時の活動筋代謝の亢進に影響を与える因子として, 運動強度, 運動時間, 運動様式を提示することができた. このことは, 運動時の非活動筋代謝の亢進の生理

学的機序を理解する上で重要な知見になるものと考えられる. 今後, 非活動筋代謝の測定に加えて, 運動時の非活動筋代謝亢進に関わると推察される体温や筋交感神経活動の変化等を測定することで, 非活動筋代謝亢進の生理学機序について詳細に検討することができると考えられる.

以上のように, 本研究では, 運動時の非活動筋代謝の亢進に効果的な有酸素性運動の運動時間と運動強度の条件を示すことができた. このことは運動療法プログラムを作成する上で新たな情報になりうるものと考えられる. また, ウォーキングが非活動筋代謝の亢進に有効であるという本研究の成果は, ウォーキングの運動療法の効果について新しい視点を提供することができるものと考えられる. さらに, 運動による代謝亢進効果が, 非活動部位の筋へ波及するという本研究の知見は, 将来的に, リハビリテーション医学分野等への応用も可能であると考えられる. 例えば, 下肢が非活動状態にある人(寝たきりの高齢者や脊髄損傷患者など)に対して, 上肢の運動が非活動部位である下肢の筋代謝の亢進に効果を提示することも可能であると考えられる.

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3件)

① Takeshi Nagasawa, Oxygen consumption in nonexercising muscle after exercise, *International Journal of Sports Medicine*, 査読有, 29, 2008, 624-629.

② Takeshi Nagasawa, Resistance exercise increases postexercise oxygen consumption in nonexercising muscle, *European Journal of Applied Physiology*, 査読有, 104, 2008, 1053-1059.

③ Takeshi Nagasawa, Shiro Ichimura, Tetsushi Moriguchi, Effect of walking for health promotion on oxygen consumption nonexercising muscle, *International Journal of Health and Sports Science*, 査読有, 7, 2009, 6-11.

[学会発表] (計2件)

①永澤健, 非活動筋代謝が亢進する有酸素性運動の条件の検討, 日本体力医学会, 大分, 2008年9月19日.

②永澤健, 非活動筋代謝はドレッドミルウォーキングによって亢進するか? 日本体力医学会, 新潟, 2009年9月20日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永澤 健 (NAGASAWA TAKESHI)
広島工業大学・情報学部・准教授
研究者番号: 80390566