

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 22 日現在

機関番号：32645

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700702

研究課題名（和文） 運動誘発性末梢血管拡張機能の非侵襲的モニタリング

研究課題名（英文） Noninvasive monitoring of exercise induced microvascular expansion

研究代表者

木目 良太郎（KIME RYOTARO）

東京医科大学・医学部・講師

研究者番号：90366120

研究成果の概要（和文）：

固定負荷運動時において、酸素化ヘモグロビン（ $\Delta[\text{oxy}]$ ）および総ヘモグロビン（ $\Delta[\text{tHb}]$ ）が増加する現象（ $f\text{-}\Delta[\text{tHb}]$ ）が、末梢組織の血管拡張に起因するのか、もしくは単に皮膚血流量（sBF）の増加による影響かについて検討した。その結果、固定負荷運動中における $\Delta[\text{tHb}]$ の変化が皮膚血流量の変化と全く異なる動態であったこと、ならびに中強度運動時における $f\text{-}\Delta[\text{tHb}]$ が $\Delta[\text{oxy}]$ の増加との間には有意な正の相関関係が得られたことから、 $f\text{-}\Delta[\text{tHb}]$ は筋組織内の末梢血管拡張反応に起因する可能性が高いことが示唆された。

これらの成果は、第66回日本体力医学会で発表するとともに、詳細な結果を加えた論文を学術雑誌へ投稿した。

研究成果の概要（英文）：

We examined changes in total hemoglobin response during bicycle exercise at various constant workloads ($f\text{-}\Delta[\text{tHb}]$) and clarified whether the $f\text{-}\Delta[\text{tHb}]$ indicates a dilation of the vascular bed and/or capillary recruitment or just an increase of skin blood flow. The kinetics of $f\text{-}\Delta[\text{tHb}]$ was totally different from that of skin blood flow at all workloads, and the $f\text{-}\Delta[\text{tHb}]$ were significantly correlated with the increase of oxygenated hemoglobin ($\Delta[\text{oxy}]$) during constant exercise. These results suggest that the increase of $[\text{tHb}]$ during constant workloads may be caused by the microvascular expansion in muscle tissue.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：運動性充血，近赤外線分光法，筋組織酸素動態，自転車運動，皮膚血流量

1. 研究開始当初の背景

我々は以前に、固定負荷自転車運動時において、酸素化ヘモグロビン ($\Delta[\text{oxy}]$) および総ヘモグロビン ($\Delta[\text{tHb}]$) が増加する現象を報告した。この血液量の増加 ($f\Delta[\text{tHb}]$) は末梢組織の血管拡張に起因すると考えられるが、近赤外分光法 (NIRS) は表層の情報を強く反映するため、 $f\Delta[\text{tHb}]$ が皮膚血流量 (sBF) の増加による影響の可能性も否定できない。また、NIRS装置を用いて、全身運動時における筋酸素動態を検討した研究はこれまでに多くみられるが、 ΔtHb の定量化が困難であることから、 ΔtHb を用いて末梢血管拡張反応を計測した研究はみられない。我々は、皮下脂肪層が光計測に与える影響の補正法について報告しており、この手法を用いることで ΔtHb の定量的計測が可能となった

2. 研究の目的

本研究では、固定負荷運動時における血液・酸素動態と sBF を同時に測定し、 $f\Delta[\text{tHb}]$ に及ぼす sBF の影響について検討した。

3. 研究の方法

健康な成人男性 10 名を対象に、1 分間の空漕ぎ (0W) の後、中強度および高強度の負荷でそれぞれ 6 分間の自転車運動を行った。NIRS を用いて、運動時における $\Delta[\text{tHb}]$ 、 $\Delta[\text{oxy}]$ および筋組織酸素飽和度 (SmO_2) を計測し、併せてレーザー式組織血流計を用いて sBF の変化を記録した。外側広筋の筋腹上にプローブを貼付した。なお、固定負荷運動開始から 1 分以内における $\Delta[\text{tHb}]$ および $\Delta[\text{oxy}]$ の最低値から運動終了直前までにおける最高値との差をそれぞれ $f\Delta[\text{tHb}]$ 、 $f\Delta[\text{oxy}]$ として評価した。

4. 研究成果

空漕ぎ開始と同時に sBF は急激に増加したが、 $\Delta[\text{tHb}]$ 、 $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ 、および SmO_2 は顕著な変化が観察されなかった。中強度負荷では運動継続に伴い $\Delta[\text{tHb}]$ 、 $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ 、および SmO_2 はそれぞれ有意に増加したが、sBF は

殆ど変化しなかった。高強度負荷時における $\Delta[\text{tHb}]$ 、 $\Delta[\text{Oxy-Hb}]$ および SmO_2 は、運動継続に伴う顕著な変化がみられなかった。また、中強度運動時における $f\Delta[\text{tHb}]$ と $f\Delta[\text{oxy}]$ の間には有意な正の相関関係が得られた。更に、理論上は表層部 (皮膚表面) の影響を受けないとされる SmO_2 においても、中強度運動時では運動継続に伴い有意に増加した。固定負荷運動中における $\Delta[\text{tHb}]$ の変化が皮膚血流量の変化と全く異なる動態であったこと、ならびに中強度運動時における $f\Delta[\text{tHb}]$ が $f\Delta[\text{oxy}]$ との間には有意な正の相関関係が得られたことから、 $f\Delta[\text{tHb}]$ は筋組織内の末梢血管拡張反応に起因する可能性が高いことが示唆された。

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 10 件)

Takagi S, Kime R, Niwayama M, Murase N, Katsumura T. Muscle oxygen saturation heterogeneity among leg muscles during ramp exercise. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 査読有, *in press*

大澤拓也, 木目良太郎, 浜岡隆文, 山本正嘉, 勝村俊仁. 外側広筋の脱酸素化が高強度運動時に停滞する機序についての検討. *脈管学*, 査読有, 52: 103-107, 2012.

Osawa T, Kime R, Hamaoka T, Katsumura T, Yamamoto M. Attenuation of muscle deoxygenation precedes EMG threshold in normoxia and hypoxia. *Med Sci Sports Exerc*, 査読有, 21. 43(8), 1406-13, 2011.

Suzuki H, Niwayama M, Yamakawa T, Ohkubo M, Kime R, Katsumura T. Simultaneous determination of

absorption coefficients for skin and muscle tissues using spatially resolved measurements. *Advanced Materials Research*, 査読有, 222, 309-312, 2010.

Ohmori F, Hamaoka T, Shiroishi K, Osada T, Murase N, Kurosawa Y, Ichimura S, Homma T, Esaki K, Kime R, Katsumura T. Low-volume strength and endurance training prevent the decrease in exercise hyperemia induced by non-dominant forearm immobilization. *Eur J Appl Physiol*, 査読有, 110(4): 845-51. 2010.

Kime R, Niwayama M, Fujioka M, Shiroishi K, Osawa T, Shimomura K, Osada T, Murase N, Katsumura T. Unchanged muscle deoxygenation heterogeneity during bicycle exercise after 6 weeks of endurance training. *Adv Exp Med Biol*, 査読有, 662, 353-358, 2010.

Fujioka M, Kime R, Koga S, Osawa T, Shimomura K, Osada T, Murase N, Katsumura T. Comparison of muscle O₂ dynamics in different site of forearm flexor muscle during incremental handgrip exercise. *Adv Exp Med Biol*, 査読有, 662, 359-64, 2010.

Shiroishi K, Kime R, Osada T, Murase N, Shimomura K, Katsumura T. Decreased muscle oxygenation and increased arterial blood flow in the nonexercising limb during leg exercise. *Adv Exp Med Biol*, 査読有, 662, 379-84, 2010.

Osawa T, Kime R, Katsumura T, Yamamoto M. Effects of acute hypoxia on the inflection point of muscle oxygenation. *Adv Exp Med Biol*, 査

読有, 662, 385-90, 2010.

木目良太郎, 村瀬訓生, 勝村俊仁. 運動時血管機能の非侵襲的計測. *脈管学*, 査読無, 50, 455-460, 2010.

[学会発表] (計2件)

木目良太郎, 藤岡正子, 大澤拓也, 高木 俊, 安生幹子, 金子泰久, 長田卓也, 村瀬訓生, 勝村俊仁. NIRS を用いた末梢血管拡張機能の評価に及ぼす皮膚血流量の影響. 第66回日本体力医学会, 平成23年9月17日, 山口.

木目良太郎. 骨格筋 NIRS 評価指標の再検討. ワークショップ「体力医学分野での近赤外分光装置の応用」. 第66回日本体力医学会, 平成23年9月17日, 山口.

[図書] (計2件)

木目良太郎, 大澤拓也. 肋間筋の酸素動態 (Section 11 呼吸機能). 身体運動と呼吸・循環機能 (宮村美晴編集). 真興交易, 東京, 印刷中

木目良太郎: 筋エネルギー代謝 (Section 9 運動と呼吸). 運動生理学のニューエビデンス (宮村美晴編集). 真興交易, 東京, pp259-267, 2010.

[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：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木目 良太郎 (KIME RYOTARO)
東京医科大学・健康増進スポーツ医学講座・
講師

研究者番号：90366120

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

庭山雅嗣 (NIWAYAMA MASATSUGU)

静岡大学・工学部・准教授

研究者番号：40334958