

平成 21 年 5 月 22 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700536
 研究課題名（和文） 運動時における筋酸素動態不均一性の評価とそのスポーツ医科学分野への応用
 研究課題名（英文） Evaluation of muscle oxygen dynamics heterogeneity during exercise and its application for sports science and medicine
 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：

組織酸素飽和度（SmO₂）の測定が可能な近赤外空間分解分光法の測定装置を左外側広筋全体に貼付し、自転車運動時における SmO₂ の部位差について検討した。その結果、運動終了直前における SmO₂ の最低値は、近位部に比べて遠位部で有意に低く、全身持久力の指標である最高酸素摂取量との間には有意な負の相関関係が観察された。また、6 週間の持続的トレーニングに伴い全測定部位で SmO₂ は有意に低下した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,400,000	0	1,400,000
2007 年度	700,000	0	700,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	210,000	3,010,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学

キーワード：スポーツ生理学

1. 研究開始当初の背景

（1）最近の研究で、我々は改良型の多チャンネル NIRcws システムを用いて、自転車運動時における外側広筋の酸素動態不均一性について調べた結果、高強度運動時において筋内酸素動態がより均一化されたという知見を報告している（Kime et al, Med Sci Sports Exer, 2005）。この理由としては、運動強度の増大に伴う筋活動部位の均一化や活動部位への酸素供給の均一化が考えられる。有酸素能力の高い筋は酸素需要の増大に伴う酸素供給機能が優れているため、運動時

における筋酸素動態の不均一性が健常者と比べて小さいと推察される。しかし、有酸素能力と運動時における筋内酸素動態の不均一性を検討した研究は、現在までのところ見当たらない。

（2）有酸素能力の高い筋組織は、微小循環が発達し、毛細血管の recruitment により運動時における酸素供給機能が優れているので、健常者に比べて持続的機能の高い方が、運動時の酸素動態はより均一化されると考えられる。しかしながら、持続的トレーニン

グに伴う活動筋脱酸素化レベルおよびその不均一性の変化について検討した研究はこれまでのところ皆無である。

2. 研究の目的

本研究では、(1) 有酸素能力と自転車運動時における筋酸素動態の不均一性との関係について検討すること、(2) 6週間の持続的トレーニングにより活動筋脱酸素化レベルおよびその不均一性が変化するかどうかについて検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 被験者は健康な成人6名(男性5名, 女性1名, 年齢: 25 ± 5 yrs, 身長: 169.4 ± 6.7 cm, 体重: 61.4 ± 12.3 kg, 最高酸素摂取量: 53.2 ± 8.1 ml/kg/min, 最高運動強度: 298.2 ± 54.0 W)であった。主運動の前に座位安静を1分間保った後, 0Wのウォーミングアップを1分間行った。その後, 2秒毎に1Wずつ増加する30Wランプ負荷法(女性は20W)による自転車運動負荷を疲労困憊まで実施した。8カ所測定可能な近赤外線空間分解分光法(NIR_{SRS})のプロープを左外側広筋上に装着し, 単一筋内における筋組織酸素飽和度(SmO₂)の部位差を計測した。また運動時における酸素摂取量の変化は呼気ガス分析装置を用いて測定した。0.5秒間隔で得られたNIRシグナルを2秒毎に算出した。なお自転車運動中のSmO₂変化は各強度の前後10秒(合計20秒)を平均処理して評価した。また, 遠位部3カ所(ch 1-3), 中間部2カ所(ch 4-5)と近位部3カ所(ch 6-8)をそれぞれ平均化し, 運動時におけるSmO₂の部位間比較を行った。

(2) 健康な成人9名(男性6名, 女性3名, 年齢: 25 ± 5 歳, 身長 168.7 ± 7.4 cm, 体重: 62.4 ± 12.4 kg)を対象に, ランプ負荷法による自転車運動負荷試験を疲労困憊まで行った。NIR_{SRS}のプロープを外側広筋の長軸方向に沿って8箇所装着し, 運動時におけるSmO₂を連続的にモニターした。なお各測定部位の皮下脂肪厚を測定し, 光学係数に与える脂肪厚の影響を補正した。筋酸素動態不均一性は, 標準偏差を平均値で除した値(SD/Mean)で評価した。自転車運動による持続的トレーニングを60%VO_{2peak}から開始し, トレーナビリティに応じて5%VO_{2peak}ずつ増加した。トレーニングは, 1回30分以上, 週に3回以上の頻度で6週間行った。

4. 研究成果

(1) 0Wのウォーミングアップ時では, 全測定部位において安静時に比べてSmO₂が増加

する傾向が観察され, 遠位部では有意に増加した($p < 0.05$)。その後, 運動負荷強度の増大に伴い全測定部位のSmO₂は顕著に低下した。また, 全ての運動強度において, 近位部に比べて遠位部の方で有意に低く, 疲労困憊時では全ての部位で最低値を示した(遠位部: $40.4 \pm 5.8\%$, 近位部: $52.7 \pm 3.7\%$, $p < 0.05$)。さらに, VO_{2peak}時における各測定部位のSmO₂とVO_{2peak}との関係を調べた結果, 全ての測定部位において両者の間には負の相関関係がみられた。標準偏差を平均値で除した値(RD)を不均一性の評価指標として調べた結果, 安静時($7.7 \pm 1.3\%$)および0W負荷時($6.9 \pm 1.5\%$)と比較して, 高強度運動時ではStO₂のRDが有意に増大した(80%VO_{2peak}: $17.4 \pm 5.7\%$, $p < 0.05$, 100%VO_{2peak}: $23.0 \pm 6.4\%$, $p < 0.05$)。つまり, 負荷強度の増大に伴い単一筋内におけるSmO₂の不均一性も増大した。

(2) 持続的トレーニングによりVO_{2peak}は有意に増加した(Pre-T: 42.7 ± 9.9 ml/kg/min, Post-T: 52.3 ± 7.2 ml/kg/min, $p < 0.001$, 22.5%のup-regulation)。また, 疲労困憊時における活動筋内の平均SmO₂は, トレーニングにより有意に脱酸素化が亢進した(Pre-T: $56.1 \pm 1.1\%$, Post-T: $53.3 \pm 2.2\%$, $P < 0.05$)。一方, 活動筋内におけるSmO₂の不均一性に関しては, トレーニング前後において有意な変化を認めなかった。以上の結果をまとめると, 持続的トレーニングによる骨格筋有酸素能力の向上に伴い, 活動筋内のmuscle O₂ extractionは亢進したが, 筋酸素動態の不均一性は変化しなかった。持続的トレーニング後にVO_{2peak}が有意に向上した結果と併せて考慮すると, 運動時における酸素バランス分布の不均一性は, 活動筋での酸素交換効率に影響を及ぼさない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6件)

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, in press.2009 (査読有)

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, in press.2009 (査読有)

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, in press.2009 (査読有)

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. 印刷中.2009 (査読無)

Kime R, Im J, Moser D, Nioka S, Katsumura T, Chance B. Noninvasive determination of exercise-induced vasodilation during bicycle exercise using near infrared spectroscopy. Med Sci Monit, 15 (3), CR85-94, 2009. (査読有)

木目良太郎, 庭山雅嗣, 曾根慎悟, 白石聖, 藤岡正子, 下村浩祐, 長田卓也, 村瀬訓生, 勝村俊仁. 自転車運動時における単一筋内酸素濃度の部位差について. 多チャンネル近赤外空間分解分光法を用いて. 脈管学 48 (4), 383-388, 2008. (査読有)

[学会発表](計 10 件)

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. 第 15 回医用近赤外線分光法研究会. 2008 年 10 月 26 日. 東京.

木目良太郎ら, 持久的トレーニング前後における筋内脱酸素レベルおよびその不均一性の変化. 第 63 回日本体力医学会. 2008 年 9 月 19 日. 別府.

藤岡正子, 木目良太郎ら, 掌握運動時の前腕屈筋群における筋酸素動態の部位別比較.

第 63 回日本体力医学会 2008 年 9 月 19 日. 別府.

Kime R et al. Unchanged muscle deoxygenation heterogeneity during bicycle exercise after 6 weeks of endurance training. International Society of Oxygen Transport to Tissue (ISOTT), 2008 年 8 月 6 日, 札幌.

Fujioka M and Kime R et al. Comparison of muscle O₂ dynamics in different site of forearm flexor muscle during incremental handgrip exercise. International Society of Oxygen Transport to Tissue (ISOTT), 2008 年 8 月 6 日, 札幌.

Shiroishi K and Kime R et al. Decreased muscle oxygenation and increased arterial blood flow in the nonexercising limb during leg exercise. International Society of Oxygen Transport to Tissue (ISOTT), 2008 年 8 月 6 日, 札幌.

Kime R et al. Higher muscle desaturation heterogeneity during bicycle exercise at heavy work rates. European College of Sport Science (ECSS), 2008 年 7 月 11 日, リスボン, ポルトガル.

木目良太郎ら. 最高酸素摂取量と筋組織酸素飽和度の不均一性との関係. 第 62 回日本体力医学会. 2007 年 9 月 17 日. 秋田.

木目良太郎ら. 高強度運動時における筋組織酸素飽和度の不均一化. 第 15 回日本運動生理学会. 2007 年 7 月 26 日. 弘前, 青森.

木目良太郎ら. 自転車運動時における筋組織酸素濃度の不均一性 - 多チャンネル近赤外空間分解分光法を用いて -. 第 13 回医用近赤外線分光法研究会. 2006 年 10 月 22 日. 東京.

6 . 研究組織

(1)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

(2)研究協力者

庭山雅嗣 (NIWAYAMA MASATSUGU)
静岡大学・電気電子工学科・准教授
研究者番号：40334958

