

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25年 5月30日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300222

研究課題名（和文） 筋不動化による筋有酸素能低下に関連する要因の解明

研究課題名（英文） Determination of factors for the decrease in muscle oxidative capacity by muscle immobilization

研究代表者

浜岡 隆文（HAMAOKA TAKAFUMI）

立命館大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：70266518

研究成果の概要（和文）：

筋不動化（21日間の上肢ギプス固定）期間中の運動トレーニング（握力の30%強度の持久トレーニングと握力の70%での筋力トレーニング）やサプリメント投与（クレアチン10g/日）が、筋および血管の形態・機能に及ぼす効果の検討を目的とした。測定の結果、運動トレーニングにより筋不動化中の各機能の低下は抑制できたが、クレアチン投与は、固定による各種機能の低下を改善することは確認できなかった。最大下運動時のクレアチンリン酸の回復には筋血流は関与しなかった。

研究成果の概要（英文）：

We examined the effect of strength (70% of maximum voluntary contraction: MVC) and endurance exercise (30% of MVC) training and creatine supplementation (10 g/day) on skeletal muscle and vascular structure and function during forearm immobilization. The result of this study indicated that exercise training was able to protect the decrease in muscle function, but creatine supplementation was not. No association was found between muscle blood flow and phosphocreatine recovery, an indicator for oxidative capacity, after submaximal exercise.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2011年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2012年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
総計	13,300,000	3,990,000	17,290,000

研究分野：スポーツ健康科学

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：身体不活動、運動トレーニング、筋有酸素能、クレアチンリン酸、筋血流

1. 研究開始当初の背景

筋不動化による筋内クレアチンリン酸の運動後における回復遅延のメカニズムは未解明である。さらに、ギプス固定後の血流変化の関与については未解明の部分が多い。

2. 研究の目的

筋の不動化に伴う筋量、筋代謝能、血管機

能の低下の有無とその程度を明らかにし、その筋代謝能低下メカニズムが、血流低下によるものか否かを検証することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、健常成人（48名）を対象として、3週間の実験的上肢固定実験を行っ

た。対象者は固定群(年齢 22.9 ± 2.9 歳、身長 172.8 ± 6.6 cm、体重 70.0 ± 12.9 kg)、固定+トレーニング群(年齢 22.1 ± 4.0 歳、身長 172.5 ± 5.0 cm、体重 65.8 ± 10.3 kg)、固定しないコントロール群(年齢 21.1 ± 0.9 歳、身長 172.2 ± 3.0 cm、体重 66.0 ± 11.1 kg)に分けた。研究期間 1 年目において、筋の不動化に伴う筋代謝能、血管機能の変化メカニズムの一端を解明するために、固定期間の前後において、非襲的筋代謝および血流の測定を実施した。また、筋機能低下を抑制できる運動トレーニングの最低量を検索するために、これまで用いたトレーニング量の半量も処方した。研究期間 2 年目においては、プレコンディショニング(固定による機能の低下分を事前に増加させるトレーニング)の影響を検討した。また、3 年目においては、固定期間中にクレアチンの処方(クレアチン 10g/日)も行った。

固定方法とトレーニング方法：コントロール群以外の被験者に対し、非利き腕側の upper arm を上腕中位より手掌までを良肢位にて 21 日間固定した。

持久トレーニング方法は、動的グリップ運動を最大随意収縮力の 30% (30%MVC) 強度で 1 秒に 1 回の頻度で、疲労困憊まで行わせた。なお、このトレーニング方法は、先行研究 (Hamaoka et al. Jpn. J. Appl. Physiol., 1998) において平均 39% の筋有酸素能が向上したものと同様である。

筋力トレーニング方法は、70%MVC のグリップ運動を 2 秒に 1 回 (1 秒間等尺性収縮, 1 秒間休止), 計 10 回行わせた (Matsumura et al., Dyn. Med., 2008)。

プレコンディショニングは、筋力トレーニング(等張性短縮性収縮 2 秒間, 等張性伸張性収縮 1 秒間を 7RM (最大繰り返し回数が 7 回の強度) の強度で, 1 セット 7 回×4 セット)と筋持久力トレーニング(動的グリップ運動を 30%MVC 強度で, 1 秒に 1 回の頻度で疲労困憊まで)を週 3 回の頻度で連続 3 週間行った。

各指標の測定は、ギプス固定前(プレコンディショニング前)およびギプス固定後(プレコンディショニング後)の 2 回施行した。

測定指標として、握力(MVC)、前腕の筋量、30%MVC 強度の 1 秒に 1 回の頻度での動的グリップ運動の持続時間(パフォーマンス)を測定した。近赤外分光法の測定指標は運動後酸素消費量回復時定数(TcV02mus)とし、磁気共鳴分光法(MRS)については、運動後クレアチンリン酸(PCr)回復時定数(TcPCr)を測定した。また、超音波法により上腕動脈血流量、血管内皮機能を測定した。

筋量の評価：前腕筋と骨横断面積(CSA)測定は、磁気共鳴画像装置(MRI)(GE 横河メディカル社製, 1.5 テスラー)を用い、非利き手側と利き手側の upper arm 内側上顆より 3-10 cm とした。得られた MRI 画像より前腕筋周囲, をトレース後、NIH image にて各々の横断面積を算出した。

TcPcr (筋有酸素能) の評価：MR スペクトロメーター(GE 横河メディカル社製)を用いた。TcPcr は MVC の 40% 強度の運動を 4 秒に 1 回 (1 秒運動, 3 秒休止) の頻度で 1 分間行い、回復動態より一次指数関数に当てはめることにより求めた。

TcV02mus の評価：TcV02mus は、近赤外分光装置(Omron 社製 HE0200)を用い、運動終了直後から短時間(5 秒から 10 秒)の動脈血流遮断を反復することにより求めた。具体的には、血流遮断中の脱酸素化ヘモグロビン・ミオグロビンの上昇率を測定し、それらを一次指数関数に当てはめて算出した。運動負荷は TcPcr 測定時と同一とした。

運動パフォーマンスの評価：ギプス固定前の 30%MVC 強度とギプス固定後の 30%MVC 強度で 1 秒に 1 回の動的グリップ運動を疲労困憊まで行い、その持続時間を測定した。また、パフォーマンステスト中に 31P-MRS を用いて各運動中の前腕屈筋群の PCr、無機リン酸(Pi)および pH の変化を測定した。

血流量および血管内皮機能の評価：超音波法(Logic 3, General Electric)を用い、40%MVC 強度で 4 秒に 1 回の動的運動および 30%MVC 強度で 1 秒に 1 回の動的グリップ運動中の upper arm 動脈血流量と血管径から、前腕血流量を評価した。5 分間の安静時前腕動脈血流遮断後の血管径の変化から、血管内皮機能を評価した。

4. 研究成果

測定の結果、固定により、MVC 低下(19.2% 低下)、前腕の筋量無変化、持久パフォーマンス低下(19.4% 低下)、TcV02mus 低下(17.9% 低下)、TcPCr 低下(18.0% 低下)が見られた。また、上腕動脈血流量低下(22.1% 低下)、血管内皮機能は変化しなかった。

運動トレーニング(握力の 30% 強度の持久トレーニングと握力の 70% での筋力トレーニング)により筋不動化中の各機能の低下は抑制できた。

プレコンディショニングについては、トレーニング側における MVC は 20.4%有意に増加した。コントロール側における MVC は有意な変化は認められなかった。トレーニング側における CSA は 6.5%有意に増加した。コントロール側の CSA は有意な変化は認められなかった。トレーニング側における筋持久力は 75.3%有意に増加した。コントロール側における筋持久力は有意な変化は認められなかった。トレーニング側における最大仕事量は 87.4%有意に増加した。コントロール側における最大仕事量は有意な変化は認められなかった。トレーニング側における TcVo2mus は 20.7%有意に向上した。コントロール側における TcVo2mus は有意な変化は認められなかった。トレーニング側における前腕最高動脈血流量は 85.7%有意に増加した。コントロール側における前腕最高動脈血流量は有意な変化は認められなかった。

しかし、クレアチン投与は、固定による各種機能の低下を改善することは確認できなかった。これまで用いたトレーニング量の半量も処方したが、効果は証明できなかった。また、最大下運動時のクレアチンリン酸の回復には筋血流は関与しなかった。

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 5 件)

- ① 著者名：二連木晋輔、栗原俊之、藤岡正子、佐伯武士、浜岡隆文
雑誌名：脈管学
査読の有無：あり
巻：53, 発行年：2013, ページ：1-7
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jca/53/January/53_1/_pdf
- ② 著者名：浜岡隆文
雑誌名：脈管学
査読の有無：あり
巻：52, 発行年：2012, ページ：99-102
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jca/52/February/52_February_99/_pdf
- ③ 著者名：T. Hamaoka, K. K. McCully, M. Niwayama, B. Chance
雑誌名：Phil. Trans. R. Soc. A
査読の有無：あり
巻：369, 発行年：2011, ページ：4591-4604
DOI: 10.1098/rsta.2011.0298
- ④ 著者名：F. Ohmori, T. Hamaoka, K. Shiroishi, T. Osada, N. Murase, Y. Kurosawa, S. Ichimura, T. Homma, K. Esaki, R. Kime, T. Katsumura

雑誌名：Eur. J. Appl. Physiol.
査読の有無：あり
巻：110, 発行年：2010, ページ：845-851
DOI: 10.1007/s00421-010-1566-8

- ⑤ 著者名：浜岡隆文
雑誌名：脈管学
査読の有無：あり
巻：50, 発行年：2010, ページ：461-465
<http://www.jc-angiology.org/journal/pdf/2010/461.pdf>

[学会発表] (計 13 件)

- ① 発表者名：浜岡隆文
発表論題：運動時における骨格筋エネルギー代謝のモニタリング
学会等名：第 24 回広島スポーツ医学研究会(招待講演)
発表年月日：2013 年 2 月 2 日
発表場所：広島医師会館 (広島県)
- ② 発表者名：クリッチェリィ香津実
発表論題：3 週間のギプス固定による不活動がピンチング制御能力に与える影響
学会等名：第 25 回日本トレーニング科学学会大会
発表年月日：2012 年 12 月 1 日
発表場所：立命館大学びわこ・くさつキャンパス (滋賀県)
- ③ 発表者名：二連木晋輔
発表論題：21 日間の片側上肢ギプス固定が両腕の組成に与える影響
学会等名：第 25 回日本トレーニング科学学会大会
発表年月日：2012 年 12 月 1 日
発表場所：立命館大学びわこ・くさつキャンパス (滋賀県)
- ④ 発表者名：石田豊
発表論題：筋力および有酸素グリッップトレーニングが筋機能向上に及ぼす効果について
学会等名：第 25 回日本トレーニング科学学会大会
発表年月日：2012 年 12 月 1 日
発表場所：立命館大学びわこ・くさつキャンパス (滋賀県)
- ⑤ 発表者名：Takafumi Hamaoka
発表論題：Skeletal muscle energetics with muscle training and disuse
学会等名：第 33 回グアニジン化合物研究会(招待講演)
発表年月日：2012 年 10 月 20 日
発表場所：全国町村会館 (東京都)
- ⑥ 発表者名：二連木晋輔
発表論題：7 日間のクレアチンサプリメント摂取後における最大運動時の最大仕事量向上

学会等名：第 67 回日本体力医学会大会
発表年月日：2012 年 9 月 14 日
発表場所：長良川国際会議場・岐阜都ホテル（岐阜県）

- ⑦ 発表者名：Shinsuke Nirengi
発表論題：Relationship between oxidative capacity and work capacity with 3-week upper limb immobilization
学会等名：American College of Sports Medicine 58th Annual Meeting
発表年月日：2012 年 6 月 1 日
発表場所：サンフランシスコ（アメリカ合衆国）
- ⑧ 発表者名：江崎和希
発表論題：生活活動と歩行による身体活動が体力、メタボリックシンドロームリスクに及ぼす影響
学会等名：第 66 回日本体力医学会大会
発表年月日：2011 年 9 月 18 日
発表場所：海峡メッセ下関・下関生涯学習プラザ（山口県）
- ⑨ 発表者名：二連木晋輔
発表論題：21 日間のギブス固定による筋有酸素能の変化と運動パフォーマンスへの影響
学会等名：第 66 回日本体力医学会大会
発表年月日：2011 年 9 月 17 日
発表場所：海峡メッセ下関・下関生涯学習プラザ（山口県）
- ⑩ 発表者名：江崎和希
発表論題：ボート競技における全身性有酸素能力及び局所筋有酸素能力について
学会等名：第 66 回日本体力医学会大会
発表年月日：2011 年 9 月 16 日
発表場所：海峡メッセ下関・下関生涯学習プラザ（山口県）
- ⑪ 発表者名：木戸康平
発表論題：低負荷運動中の静脈還流促進を目指したスポーツ用タイツの開発
学会等名：第 66 回日本体力医学会大会
発表年月日：2011 年 9 月 16 日
発表場所：海峡メッセ下関・下関生涯学習プラザ（山口県）
- ⑫ 発表者名：Toshiyuki Kurihara
発表論題：Relationship between whole body adiposity and intramyocellular and extramyocellular lipid contents in sedentary healthy men
学会等名：American College of Sports Medicine 58th Annual Meeting
発表年月日：2011 年 6 月 1 日
発表場所：デンバー（アメリカ合衆国）
- ⑬ 発表者名：Kazuki Esaki
発表論題：Reduced Leg Muscle Oxygenation During Underwater Walking
学会等名：American College of Sports Medicine 57th Annual Meeting

発表年月日：2010 年 6 月 4 日
発表場所：デンバー（アメリカ合衆国）

〔図書〕（計 3 件）

- ① 著者名：浜岡隆文、黒澤裕子、藤岡正子
出版社名：株式会社シーエムシー出版
書名：機能性スポーツフードの開発 「筋力および運動パフォーマンス増強素材」
発行年：2013
ページ：39-46
- ② 著者名：浜岡隆文、黒澤裕子、藤岡正子
出版社名：株式会社シーエムシー出版
書名：身体活動と呼吸・循環機能 「不活動と筋酸素供給消費の変化」
発行年：2012
ページ：141-146
- ③ 著者名：浜岡隆文、二連木晋輔
出版社名：新興医学出版社
書名：NIRS-基礎と臨床- 「活動筋の酸素・エネルギー代謝の測定」
発行年：2012
ページ：227-231

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浜岡 隆文 (HAMAOKA TAKAFUMI)
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号：70266518

(2) 研究分担者

伊坂 忠夫 (ISAKA TADAO)
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号：30247811

(3) 研究分担者

藤田 聡 (FUJITA SATOSHI)
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号：80451863

(4) 研究分担者

高波 嘉一 (TAKANAMI YOSHIKAZU)
大妻女子大学・家政学部・教授
研究者番号：40206777