

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：17201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K16495

研究課題名(和文) 短期有酸素トレーニングによる酸素摂取量および骨格筋内酸素動態の変化

研究課題名(英文) Change in oxygen uptake and skeletal muscle oxygen dynamics by short-term aerobic training

研究代表者

町田 正直 (Machida, Masanao)

佐賀大学・全学教育機構・講師

研究者番号：90579921

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、運動習慣のない人でも実施可能な安全且つ簡便で非侵襲的な方法により測定・評価・フィードバックできる客観的な運動効果が主観的な運動効果と同時に現れるかを検討することである。運動強度は最大強度に近い運動を必要としない推定最大心拍数を用いた予備心拍数法で50%HRRと設定した。呼気ガス分析器とNIRSを用いて運動開始後からの全身の酸素摂取量と筋内脱酸素ヘモグロビン(HHB)の変化を確認した。結果、2-3日間の間を空けた3回の30分間の自転車運動により、VASで測定した主観的な運動強度は減弱し、HHBの平衡状態までの時間は短縮されることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to examine whether objective exercise effect that can be measured, evaluated and fed back by a safe, simple and noninvasive method that can be carried out even by people without physical exercise appears together with subjective exercise effect. The exercise intensity was set to 50% HRR by the preliminary heart rate method using the estimated maximum heart rate that does not require the method close to the maximum intensity. Using the expiratory gas analyzer and NIRS, we confirmed the changes in oxygen uptake and intramuscular deoxygenated hemoglobin (HHB) from the beginning of exercise. As a result, we cleared that subjective exercise intensity measured by VAS was diminished and time of HHB to equilibrium was shortened by three time of 30-minute bicycle movements.

研究分野：運動生理学

キーワード：短期間トレーニング 酸素摂取量 主観的運動効果 筋内酸素動態

## 1. 研究開始当初の背景

身体活動量の低下は種々の生活習慣病の発症のリスクを増加させることは既知の事実であり、日本を含む生活や労働の省力化や機械化が進んだ諸先進国では、運動習慣を定着させるための種々の対策が立案されており、運動継続の支援策の立案に資する研究は健康寿命の向上に貢献できる有用な研究といえる。

動機付けに関する研究では、他者から勧められた行動(例えば、有酸素運動を継続的に実施するという行動)を自分の行動として受け入れる初期段階では「有能感」を感じる事が必要であり、有能感を感じる事により行動の動機付けが高まると考えられている(Ryan and Deci, Am Psychol., 2000)。この理論を基にすると、運動習慣のない人のトレーニング初期段階において、有酸素運動の効果を客観的にも主観的にも実感させる事のできる支援(運動効果の測定・評価・フィードバック)は、運動への有能感を高め、有酸素運動の継続性を高める事ができると考えられる。

運動の初期段階における身体の適応反応には数多くあるものの、多くの人は侵襲性のある血液検査などの測定項目を簡単に用いることはできないため、簡便かつ侵襲性のない方法で測定可能な項目で測定・評価・フィードバックする必要がある。運動習慣のない人のトレーニングの初期段階で運動効果を測定・評価・フィードバックする際に重要な条件として以下の項目が考えられる。

- ① 測定方法が非侵襲的である事
- ② 測定条件が安全であり煩雑でない事
- ③ トレーニングが運動習慣のない人でも安全に行う事のできる運動条件(時間・強度)である事
- ④ ③の条件でも短期間で引き起こされる変化である事
- ⑤ 主観的な運動効果を伴う事

この条件に合致できる可能性のあるものに、運動開始後の酸素摂取量( $VO_2$ )と骨格筋内の脱酸素化ヘモグロビン(HHB)変化の短時間化がある。

この $VO_2$ や骨格筋内HHBは、非侵襲的に測定できる呼気ガス分析機やNIRS(近赤外分光法)を用いた組織酸素モニターで測定可能で、上記の①の条件に合致する。また、トレーニングの1週間以内という非常に短期間で起こる変化

である事も報告されており(Murias et al., Eur J Appl Physiol., 2010)、上記の④の条件に合致する。さらに、近年の研究から50%  $VO_{2max}$ 、30分間程度という運動習慣のない人でも実施可能なトレーニングでも引き起こされる事も報告されており(Murias et al., Scand J Med Sci Sports., 2015)、上記の条件の③に合致する。つまり、運動開始後の $VO_2$ と骨格筋内HHB変化の短時間化は、条件②「測定や運動条件が安全であり煩雑でない事」および⑤「主観的な運動効果を伴う事」を満たすことができれば、運動習慣のない人のトレーニング初期に運動効果を主観的にも客観的にも実感させる事のできる新たな支援方法の開発に発展できる可能性が高い。

一方で、Muriasらの先行研究では高額な測定装置や運動習慣のない人にとっては測定時のリスクが大きい最大強度での運動を行わなくてはいけない $VO_{2max}$ を指標に運動強度を設定している。さらには、30分間トレーニングとトレーニング効果の測定を別日に行っており、運動習慣がない人を対象とした場合には、運動強度の設定の段階での安全性やトレーニング効果の測定での煩雑さに問題がある。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、運動開始後の $VO_2$ と骨格筋内HHB変化の短時間化が条件②「測定や運動条件が安全であり煩雑でない事」の条件下でも、条件⑤「主観的な運動効果を伴う事」を満たす事を検証する事を研究の目的とし実験を実施した。

## 3. 研究の方法

被験者は自転車エルゴメーターによる運動習慣のない健康成人男性5名とした。これらの被験者に推定最大心拍数(220-年齢)を用いた予備心拍数法(HRR)を基準に自転車エルゴメーターによる漸増負荷運動にて50% HRRの運動強度に相当する運動負荷を確認した。その後1週間程度の間において、図1に示すスケジュールで測定とトレーニングを2-3日毎に3回実施した(図1)。

測定とトレーニングの行程を図2に示す。運動2時間前に軽食、運動開始20分前には呼気ガス分析器と筋酸素モニター(NIRS)を大腿直筋に装着した。その後、座位で10分間、自転車エルゴメーター上で10分間、合計で20分間の安静状態を維持した。 $VO_2$ やHHBの安静時の値

は、運動開始 1-4 分前の値の平均値とした。

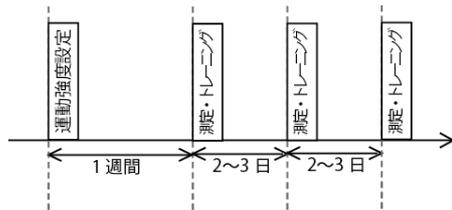


図 1 実験スケジュール

評価・トレーニングの1週間前に、漸増負荷運動により 50% HRR の運動強度に相当する自転車エルゴメーターの負荷を確認する。その後、2~3日毎に評価とトレーニングを3回繰り返す。

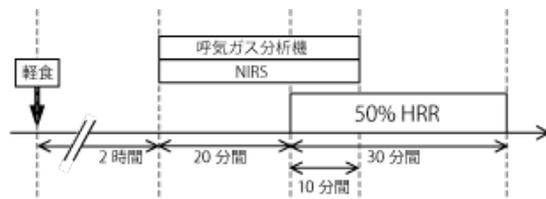


図 2 測定・トレーニングの行程

1回の評価・トレーニングの行程を示す。

また運動時の定常状態の VO<sub>2</sub> および HHB の値は運動開始 9-10 分目の値の平均値とした。運動開始 10 分以降は、被験者の負荷を低下させるために呼吸ガス分析器と NIRS の測定は終了させた。

運動開始後の VO<sub>2</sub> と HHB の時定数は以下の式を用いてモデル化した。

$$Y(t) = Y_{Bsln} + Amp(1 - e^{-(t-TD)/T})$$

$Y(t)$  はある時間  $t$  における VO<sub>2</sub> と HHB の値、 $Y_{Bsln}$  は安静時の VO<sub>2</sub> と HHB の値、 $Amp$  は VO<sub>2</sub> と HHB の安静時から定常状態までの増加量、 $TD$  は立ち上がりの遅れ、 $T$  は時定数とした。

運動開始 3 分前から運動終了時までの大腿直筋の「つらさ」を VAS (Visual Analog Scale) で 3 分毎に測定した。運動時の VAS の値を全て平均した。さらに、トレーニング 3 回目直後に、3 回それぞれの運動の「つらさ」について確認した。

トレーニング 1 回目と 3 回目の VO<sub>2</sub> および HHB の  $T$ 、さらにトレーニング 3 回目直後に再確認した 1 回目と 3 回目のトレーニング時の VAS の平均値は対応のある  $T$  検定にて統計解析を行った。

#### 4. 研究成果

本研究の目的は、運動習慣のない人でも実施可能な簡便で侵襲性のない方法で、トレーニング開始初期の運動効果について測定・評価・フィードバックする方法を検討する事である。

運動強度の設定には、最大強度での運動を必要としない推定最大心拍数を用いた HRR 法を用いて、それぞれの運動強度を 50% HRR とした。測定項目としては非侵襲的に測定できる呼気ガス分析器と NIRS で VO<sub>2</sub> と HHB の変化を測定・評価した。

##### (1) 酸素摂取量の動態

50% HRR の運動強度での自転車エルゴメーター開始後の酸素摂取量の変化の速度について時定数を用いて評価した。その結果、運動開始後の酸素摂取量の変化の時定数には、1 日目と 3 日目では変化は確認できなかった (図 3)。つまり全身の酸素摂取量の変化の速度には、50% HRR の短期間のトレーニングでは不十分である事が考えられる。

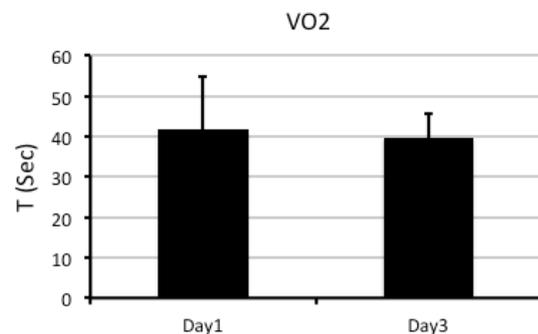


図 3 トレーニング 1 日目と 3 日目の酸素摂取量の変化の比較 (時定数 T)

##### (2) 脱酸素ヘモグロビン量 (HHB) の変化

50% HRR の運動強度での自転車エルゴメーター開始後の HHB について時定数を用いて評価した。その結果、運動開始後の大腿直筋の HHB の変化の時定数は、1 日目の時定数に比べ 3 日目の時定数は有意に低値を示すことが認められた (図 4)。つまり、大腿直筋における HHB の定常状態までの速度は、50% HRR の短期間のトレーニングで早くなることが示された。

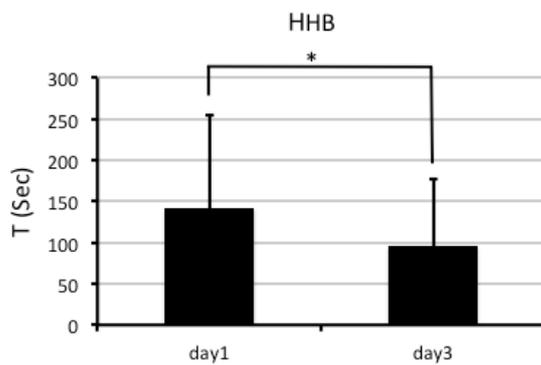


図4 トレーニング1日目と3日目のHHB変化の比較(時定数T)

### (3) VASの変化

3回目のトレーニング直後に3回それぞれのトレーニング中の大腿直筋の「つらさ」についてVASを用いて評価した。その結果、運動中のVASの値は1日目と比較して3日目では優位に低値を示すことが明らかとなった。

この結果から50% HRRでの短期間トレーニングにより、3回目のトレーニングが終了した時点において1日目と比較して「運動が楽にできるようになった」という主観的な変化が起こることが考えられる。

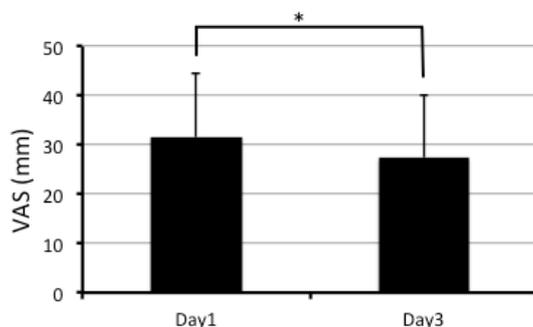


図5 トレーニング1日目と3日目のVASの比較

### (4) まとめ

本研究の目的は、運動習慣のない人でも実施可能な簡便で侵襲性のない方法で、トレーニング開始初期の運動効果について測定・評価・フィードバックする方法を検討する事である。その結果、推定最大心拍数を用いた予備心拍数法で設定した運動強度(50% HRR)での短期間のトレーニングにより骨格筋内のHHBの定常状態までの変化が早くなること、そして、その変化が主観的な運動効果の認識と同時に起こることが明らかとなった。

動機付けに関する研究では、他者から勧められた行動を自分の行動として受け入れる初期段階では「有能感」を感じる事が必要であり、有能

感を感じる事により行動の動機付けが高まると考えられている(Ryan and Deci, Am Psychol., 2000)。つまり、50% HRRの運動強度での運動習慣のない人のトレーニング初期段階において、主観的な運動効果の認識の改善と同時にNIRSを用いた骨格筋内のHHBの変化を客観的にフィードバックする事が、運動への有能感を高め、有酸素運動の継続性を高める対策になる事が考えられる。

### 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2件)

- (1) Enzymatically modified isoquercitrin supplementation intensifies plantaris muscle fiber hypertrophy in functionally overloaded mice. Kohara A, Machida M, Setoguchi Y, Ito R, Sugitani M, Maruki-Uchida H, Inagaki H, Ito T, Omi N, Takemasa T. J Int Soc Sports Nutr. 2017 Sep 2;14:32.
- (2) Functional Overload Enhances Satellite Cell Properties in Skeletal Muscle. Fujimaki S, Machida M, Wakabayashi T, Asashima M, Takemasa T, Kuwabara T. Stem Cells Int. 2016; 2016:7619418.

[学会発表] (計2件)

- (1) Changes in blood lactate levels in response to electrical acupuncture stimulation on fast muscle fibers. Sachiko Ikemune, Masanao Machida, Kenji Imai, Tatsuya Hisajima. 世界鍼灸学会学術大会(WFAS Tsukuba/Tokyo 2016)、茨城、2016年11月
- (2) ローズマリーのハーブティー摂取が心拍変動・筋温・エネルギー代謝に与える影響、萱島知子, 吉野将史, Nong Quynh Nga, 町田正直、日本家政学会九州支部第62回大会、鹿児島、2016年10月

[図書] (計1件)

- (1) 柔道実践論、編者：小侯幸嗣 分担執筆：町田正直、株式会社メディアパル、

2017 年

〔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

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

町田正直 (MACHIDA Masanao)

佐賀大学・全学教育機構・講師

研究者番号：90579921

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

### (4) 研究協力者

( )