

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：34448

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01578

研究課題名(和文)呼吸循環代謝システムの長期トレーニング適応における順序発現機構の解明

研究課題名(英文)The effect of low-frequency severe-intensity interval training on cardio-respiratory functions: Time course adaptations of cardio-respiratory functions with training.

研究代表者

中原 英博(Nakahara, Hidehiro)

森ノ宮医療大学・保健医療学部・准教授

研究者番号：90514000

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、週に1回の高強度インターバルトレーニングが呼吸循環機能に及ぼす影響とその順序性を明らかにすることを目的とした。呼吸循環機能は、自転車エルゴメータを用いたランブ負荷試験及び一定負荷運動により評価した。左心室の形態及び機能の変化は、安静時に超音波エコー装置を用いて測定した。一部の被験者は、トレーニング毎に呼吸循環機能及び安静時の左心室形態及び機能計測を実施した。トレーニングは、最大負荷の80%に相当する負荷量を疲労困憊まで継続する運動を3分間の休憩を挟んで合計3回繰り返し行った。トレーニングの結果、最大酸素摂取量、呼吸性代償開始点、換気性作業閾値、そして左心室後壁厚の増加が認められた。

研究成果の概要(英文)：The present study investigated training effects and time course of adaptations in cardio-respiratory functions after low-frequency severe-intensity interval training. Cardio-respiratory function was investigated by incremental maximal exercise test and constant load submaximal exercise test before and after the intervention period. Left ventricular adaptations were assessed by echocardiography under supine resting conditions before and after training. To examine time course of adaptations, some of subjects also investigated cardio-respiratory function during interval training and left ventricular adaptations at rest once a week. The training consisted of three bouts of exercises to volitional fatigue at 80% maximum work rate using cycle ergometer. Increased maximal oxygen consumption, respiratory compensation point, and left ventricular posterior wall thickness were observed after the training program compared to baseline.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：インターバルトレーニング 呼吸循環

1. 研究開始当初の背景

インターバルトレーニングは、持続的トレーニングと比較して、効率よく持久的パフォーマンスや最大酸素摂取量を向上させるとして積極的に研究が進められている (Med Sci Sport Exerc. 2002, Med Sci Sport Exerc 2007)。また、インターバルトレーニングが、スポーツ選手のみならず、メタボリックシンドロームや呼吸・循環器疾患を有する患者の病態改善、QOL 向上などの有益な効果をもたらすこと、さらに、その効果の程度は、持続的トレーニングと同等もしくはそれ以上であるとも報告されている (Circulation 2007)。しかし、過去のインターバルトレーニングの効果を調べた研究の多くが、比較的、持続的トレーニングよりも高強度で実施されているにも関わらず、従来の持続的トレーニングに準じた条件、すなわち、トータル運動時間が 15 分以上で、週に 3 回以上、8 週間以上のトレーニング実施期間を経てその効果の検証がなされることが多く、現時点において、生理学的効果が得られる最短かつ最適なインターバルトレーニング条件 (強度、持続時間、頻度) に関する科学的知見は十分集積されていない。特に、インターバルトレーニングは、持続的トレーニングと比較して高強度で実施されることが多く、心肺機能・各筋組織を最大限に発揮して遂行するために、高頻度でトレーニングを実施することで疲労が蓄積し、オーバートレーニングにつながることも懸念されている (Ann NY AcadSci 1977, J Strength Cond Res 1993)。我々は、これまでの先行研究に用いられていたトレーニング頻度より極端に少ない、週に 1 回の低頻度・高強度インターバルトレーニング手法を用いて、若年健常者を対象に、3 ヶ月の期間トレーニングを行った結果、トレーニング前と比較して、持久的パフォーマンスが向上し、それに伴う 13% の最大酸素摂取量の増加、21% の換気性作業閾値の増加、そして 18% の左心室心筋重量の増加が認められたことを既に報告している。これらの事実に加えて、トレーニング後の高強度一定負荷運動中の分時換気量及び血中乳酸濃度は、トレーニング前と比較して、それぞれ 12% と 16% 減であったことも明らかにしている。しかしながら、週に 1 回の低頻度・高強度インターバルトレーニングの心肺機能に及ぼす効果が、いかなる経過をたどって認められるのか、そしてそれらの効果を引き起こすメカニズムを明らかにする詳細な縦断的研究が未だ不十分であるため、最短かつ最適なインターバルトレーニング手法の確立には至っていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、週に 1 回の低頻度・高強度インターバルトレーニングを用いて、これまでに類をみない最短かつ最適なトレーニング手法の確立を目指すことである。本研究の目的を達成するために下記の実験を計画

している。1) 週に 1 回・全 12 回の低頻度・高強度インターバルトレーニングが、呼吸循環器系及び運動パフォーマンスの改善効果をもたらすか、そして全 8 回のトレーニング回数毎の呼吸循環機能の継時的変化を観察し、それぞれの機能の適応がいかなる経過をたどって成し遂げられるのかを検証する。2) 至適期間を明らかにした上で、その効果を引き起こすメカニズムを解明するために、より詳細に呼吸機能、そして中心および末梢の循環機能それぞれを定量的に評価し、革新的なトレーニング手法の確立につなげる。

3. 研究の方法

実験 1.

週に 1 回の低頻度・高強度インターバルトレーニングを実施し、自転車エルゴメータを用いたランブ負荷試験及び一定負荷運動時の呼吸循環応答を測定評価した。また、全 8 回のトレーニング時の呼吸循環指標を継時的に測定した。

実験 2.

週に 1 回の低頻度・高強度インターバルトレーニングの効果を引き起こすメカニズムを解明するために、アセチレン再呼吸法を用いた運動時心拍出量測定、近赤外線分光法を用いた運動時の筋酸素動態測定、そして超音波心エコー装置を用いた安静時左心室形態及び機能測定を実施した。

上記の測定項目が、週に 1 回・合計 8 回の高強度インターバルトレーニングでいかなる変化をもたらすか、トレーニング前後の値を比較検討した。

4. 研究成果

実験 1.

週に 1 回・全 8 回の高強度インターバルトレーニングによって、最大酸素摂取量及び呼吸性代償開始点のそれぞれの改善効果が認められた。実際に 1 名の被験者の最大酸素摂取量は、トレーニング前：2585ml トレーニング後：3137ml、呼吸性代償開始点は、トレーニング前：2027ml トレーニング後：2429ml と増加が示された。これらの増加率は、我々の先行研究によって明らかにした、12 回の週に 1 回の高強度インターバルトレーニングの結果と同等の割合であった。

実験 2.

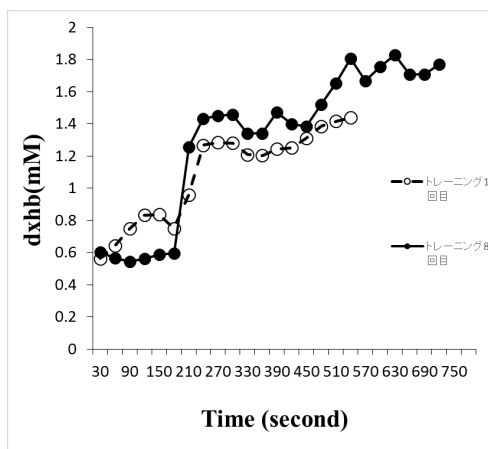
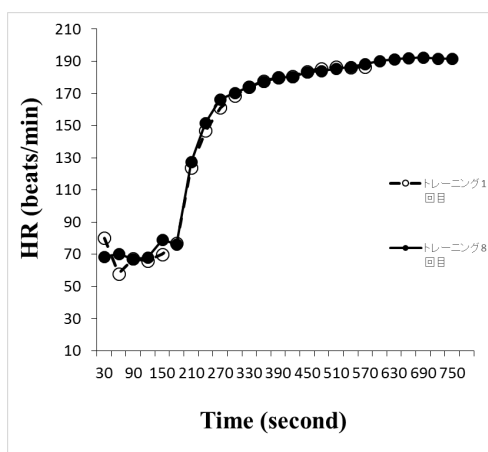
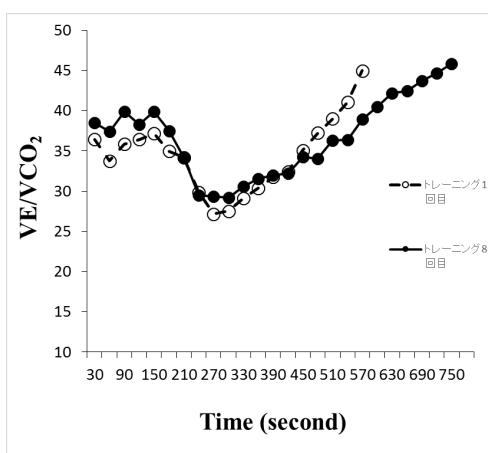
高強度インターバルトレーニング中の、呼吸循環諸量と筋酸素動態を経時的にモニターした結果、換気効率 (VE/VC02) の改善及び脱酸素化ヘモグロビン (dxhb) の増加傾向が示された。これらの改善効果は、トレーニング開始 5~6 回目から認められた。

また、超音波心エコー装置を用いて左心室の形態及び機能を測定した結果、左心室筋重量が 8 回のトレーニング後、有意に増加する

ことが確かめられた。

これらの結果に加えて、アセチレン再呼吸法による安静時心拍出量の測定を行った。1名の被験者の心拍出量は6.2L、一回拍出量は80ml、心拍数は78拍/分との結果が得られた。同被験者の超音波心エコー装置を用いた、一回拍出量の値は、82mlであったため、両測定方法に大きな差異は認められなかった。

実験1及び2の結果から、週に1回の高強度インターバルトレーニングは、8回目でも効果がもたらされること、それらの要因としては、換気効率、心臓の形態、そして末梢循環の改善が考えられる。本研究の結果は、トレーニング適応の順序性を明らかにする上で、重要な知見を提供した。



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7件)

Miyamoto T, Manabe K, Ueda S, Nakahara H.

Development of an anesthetized-rat model of exercise hyperpnea: an integrative model of respiratory control using an equilibrium diagram. *Exp Physiol*. 2018 May 1;103(5):748-760.

Ueda SY, Nakahara H, Kawai E, Usui T, Tsuji S, Miyamoto T.

Effects of walking in water on gut hormone concentrations and appetite: comparison with walking on land. *Endocr Connect*. 2018 Jan;7(1):97-106.

Kawai E, Nakahara H, Ueda SY, Manabe K, Miyamoto T.

A novel approach for evaluating the effects of odor stimulation on dynamic cardiorespiratory functions. *PLoS One*. 2017 Mar 3;12(3):e0172841.

Nakahara H, Kawada T, Ueda SY, Kawai E, Yamamoto H, Sugimachi M, Miyamoto T.

Electroacupuncture most effectively elicits depressor and bradycardic responses at 1 Hz in humans. *Clin Auton Res*. 2016 Feb;26(1):59-66.

Miyamoto T, Nakahara H, Ueda S, Manabe K, Kawai E, Inagaki M, Kawada T, Sugimachi M Periodic Breathing in Heart Failure Explained by Dynamic and Static Properties of Respiratory Control. *Clin Med Insights Cardiol*.

2015 Oct 29;9(Suppl 1):133-42.

Ogoh S, Hirasawa A, Sugawara J, Nakahara H, Ueda S, Shoemaker JK, Miyamoto T.

The effect of an acute increase in central blood volume on the response of cerebral blood flow to acute hypotension. J Appl Physiol (1985). 2015 Sep 1;119(5):527-33.

Nakahara H, Ueda SY, Miyamoto T.

Low-frequency severe-intensity interval training improves cardiorespiratory functions.

Med Sci Sports Exerc. 2015 Apr;47(4):789-98.

〔学会発表〕(計 7 件)

上田真也、中原英博、河合英理子、東浦瑠依、山本裕美、宮本忠吉 アロマオイルによる匂い刺激が消化管ホルモンおよび食欲に及ぼす影響 第 72 回 日本体力医学会大会 2017 年

上田真也、中原英博、宮本忠吉 4 週間の脱トレーニングが安静時糖代謝能に及ぼす影響～13C グルコースを用いた検討～ 第 25 回 日本運動生理学会大会 2017 年

中原英博、上田真也、河合英理子、宮本忠吉 鍼刺激の循環系に及ぼす影響 刺激部位の違いによる効果の検証 第 71 回 日本体力医学会大会 2016 年

宮本忠吉、上田真也、眞鍋幸、河合英理子、中原英博 麻酔下小動物を用いた運動時換気決定機構の定量評価モデル開発 第 71 回 日本体力医学会大会 2016 年

上田真也、中原英博、河合英理子、東浦瑠依、宮本忠吉 4 週間の脱トレーニングは糖代謝機能を低下させる～13C グルコースによる糖代謝測定を用いた検討～ 第 71 回 日本体力医学会大会 2016 年

Nakahara H, Ueda SY, Kawai E, Higashiura R, Miyamoto T. Differential effects of manual acupuncture at the ear

and lower extremity on cardiovascular responses in human subjects. ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2016 年

上田真也、中原英博、河合英理子、宮本忠吉 アスリートにおける肝臓代謝能の非侵襲的評価法の開発 第 70 回日本体力医学会大会 2016 年

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 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 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

中原英博 (NAKAHARA HIDEHIRO)
森ノ宮医療大学・保健医療学部・准教授
研究者番号：90512000

(2) 研究分担者

宮本忠吉 (MIYAMOTO TADAYOSH)
森ノ宮医療大学・保健医療学部・教授
研究者番号：40294136

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：

(4) 研究協力者 ()