

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：34448

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K10912

研究課題名(和文)最新トレーニング理論に基づく革新的運動プログラムのアスリートへの応用

研究課題名(英文) Experimental verification in effects of innovative interval training on athletes' performance

研究代表者

中原 英博 (Nakahara, Hidehiro)

森ノ宮医療大学・保健医療学部・教授

研究者番号：90514000

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、1)高強度・低頻度のインターバルトレーニングが日頃から運動経験のある運動選手に対して、そして2)低年齢層に対しても応用可能かを検討することを試みた。

研究1：高強度・低頻度インターバルトレーニングは、体育会サッカー部に所属する学生の最大酸素摂取量の増加、呼吸性代償開始点での酸素摂取量の増加、そして左室心筋重量の増加を引き起こす。研究2：本トレーニングは、幼児期の子どもの運動後の心拍数減少を促進させる。研究3：本トレーニングは、体育会バレーボール部に所属する学生の最大酸素摂取量を増加させ、そして仰臥位から立位へ姿勢を変化した際の拡張期血圧の増加割合を向上させることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々は週に1回の高強度インターバルトレーニングが、呼吸循環機能の向上に効果的であることをすでに明らかにしている。本研究において、幼児期からアスリートに至るまで幅広い対象者に、革新的なインターバルトレーニングの効果を明らかにし、汎用性が高くなったことは、学術的・社会的に価値が高い。また、一般的に呼吸循環系の機能改善には、週に3～5のトレーニング頻度を有するため、本トレーニング手法が広まることで、技術・戦術面を高める時間の確保が容易となり、意義は高いと考える。

研究成果の概要(英文)：The present study attempted to investigate the effects of high intensity and low frequency interval training on exercise performance-related cardiovascular functions.

Study 1: High intensity and low frequency interval training induced significant increases in maximal oxygen consumption, oxygen consumption at respiratory compensation point, left ventricular mass in student soccer players. Study 2: The training induced a more rapid heart rate recovery after exercise in childhood. Study 3: The training method also increased maximal oxygen consumption, and improved the augmented response of head-up tilt induced diastolic blood pressure in college volleyball players.

研究分野：運動生理学

キーワード：インターバルトレーニング 最大酸素摂取量 呼吸性代償開始点 アスリート

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

先行研究において、インターバルトレーニングが、持続的トレーニングと比較して、効率的に持続的パフォーマンスや最大酸素摂取量を向上させるトレーニング手法として報告されている。また、インターバルトレーニングは、運動を行っている者に対してのみならず、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も既に報告されている。

我々は、週に1回の高強度の Severe high-intensity インターバルトレーニング (SHI-training) が、持続的トレーニングと比較して、総活動量は少ないにも関わらず、類似した効果が得られることを既に報告している。この報告は、今まで報告されていた研究と比較しても、さらに効率よく呼吸・循環機能を向上させることが可能であることを示唆している。しかしながら、インターバルトレーニングの生体へ及ぼす効果に関する基礎研究は、積極的に報告されている一方、基礎研究の成果を実際のスポーツ現場で活用するための橋渡し研究 (translational research) が不足しているために、インターバルトレーニングが、スポーツ現場で実施されている例はまだまだ少ないのが現状である。本法が一般人からアスリート、そして幼少期から高齢者まで幅広く利用することが可能となれば、社会的な意義は大きいと考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、これまで我々が明らかにしてきた週に1回の SHI-training の効果を運動選手で実証し、スポーツ現場での有効性を検証することで、アスリートをサポートする、革新的なトレーニング手法とプログラムを提供すること。また、幼少期でも週に1回のトレーニングが効果をもたらすかを明らかにすることで、幅広い年齢層に应用可能か否かを検討することである。

3. 研究の方法

(1) 週に1回の高強度インターバルトレーニングが、日頃からトレーニングを行っている運動鍛錬者の呼吸循環機能に及ぼす影響

対象者は、運動部に所属する男子大学生 18 名とし、運動鍛錬群 9 名と対象群 9 名にそれぞれランダムに振り分けた。週に1回の高強度インターバルトレーニング前後で、自転車エルゴメータを用いた漸増負荷運動を行い、最大酸素摂取量 (V_{O2max}) および呼吸性代償開始点 (RCP) を求め、其々の地点の換気諸量を測定した。また、心エコー装置を用いて左室の形態及び機能の測定を行った。運動鍛錬群対象に実施した週に1回の高強度インターバルトレーニングは、漸増負荷運動テストによって求められた最大負荷量 (watt) の 80% 負荷を疲労困憊まで持続させ、3 分間の休憩期を挟み合計 3 回繰り返す様式を用いた。インターバルトレーニングの頻度は週に1回、期間は 2 ヶ月間実施した。

(2) 週に1回のサッカートレーニングが、幼少期の心拍応答に及ぼす影響

対象者は、20 人の幼児 (トレーニング群 10 名; 対象群 10 名) とした。トレーニングは、週に1回の頻度、持続時間は 90 分、期間は 3 ヶ月間の条件で行った。心拍数は、心拍センサー (Polar Team Pro, Polar 社製) を使用した。実験中 10Hz のサンプリング周波数で連続的に記録した。また、心臓副交感神経活動を評価するために、連続する RR 間隔から Coefficient of variation of RR interval (CVRR) を算出した。走行距離は、グローバル・ポジショニング・システム (GPS) を用いて測定した。

(3) 週に1回の高強度インターバルトレーニングが、運動鍛錬者の起立負荷時の循環機能に及ぼす影響

対象者は、大学体育会男子バレーボール選手 11 名を対象にした。トレーニング前後に、自転車エルゴメータを用いた漸増負荷運動を行い、 V_{O2max} の測定、そして起立負荷時の血圧および心拍数応答の比較検討を行った。トレーニングは、上記に示した週に1回の高強度インターバルトレーニングを実施した。起立負荷試験は、チルト電動昇格式を用いて行った。対象者は、1) 5 分間チルト台において仰臥位で安静にする (Rest 条件)、2) 5 分間の 60° ヘッドアップチルト状態において仰臥位で安静にする (HUT60 条件) の両条件を行った。6 名の被験者は、Rest 条件から HUT60 条件の順序で、5 名の被験者は HUT60 条件から Rest 条件の順序で実施した。

4. 研究成果

(1) 週に1回の高強度インターバルトレーニングが、日頃からトレーニングを行っている運動鍛錬者の呼吸循環機能に及ぼす影響

運動鍛錬者に対する週に1回のインターバルトレーニングは、 V_{O2max} および RCP での酸素摂取量の有意な増加をもたらした。また、 V_{O2max} と RCP での酸素摂取量のトレーニング前とトレ

ーニング後の変化量には有意な正の相関関係が認められた (図 1)。

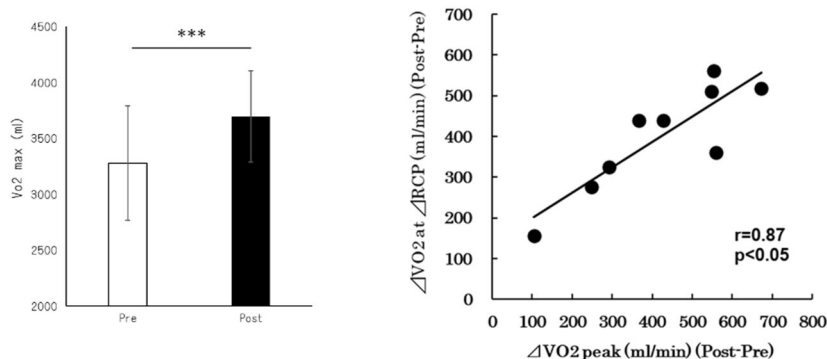


図1

(2) 週に1回のサッカートレーニングが、幼少期の心拍応答に及ぼす影響

本研究の結果、幼少期に対して週に1回のトレーニングを行うことによって、サッカー競技中の走行距離の有意な増加、そして運動後の心拍数の回復を早めることが明らかになった。また、運動後の回復期での心拍数の回復促進には、副交感神経活動の亢進が関与していることが示唆された。

(3) 週に1回の高強度インターバルトレーニングが、運動鍛錬者の起立負荷時の循環機能に及ぼす影響

体育会男子バレーボール部に所属する対象者に対して、週に1回の高強度インターバルトレーニングを実施した結果、 $\dot{V}O_{2\max}$ が有意に増加することが示された。また、起立負荷試験をトレーニング前後に実施したところ、トレーニング後にはトレーニング前と比較して起立時に拡張期血圧を増加させ、起立耐性を向上させていることが明らかになった (図 2)。

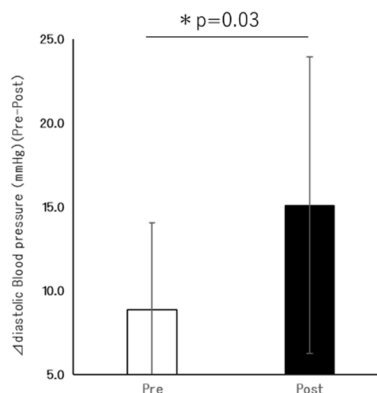


図2

成果のまとめ

本研究成果の結果、週に1回の高強度のSHI-trainingは、日ごろから運動経験を有する対象者に対しても、最大酸素摂取量の増加、そして心臓血管系の応答を改善することが明らかになった。また、週に1回の低頻度のトレーニングは、幼少期に対しても効果をもたらすものであることが示唆された。これまでの報告では、心臓血管系に影響を及ぼすトレーニング頻度は、週に3~5回必要であると述べられている。しかしながら、本SHI-trainingは、幼少期から成人、そしてアスリートに対しても、週に1回の低頻度で効率よく心臓血管系に影響を及ぼす革新的なトレーニング手法であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nakahara Hidehiro, Ueda Shin-ya, Miyamoto Tadayoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Low Frequency Severe-Intensity Interval Training Markedly Alters Respiratory Compensation Point During Incremental Exercise in Untrained Male	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fphys.2020.01100	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Kawai E, Takeda R, Ota A, Morita E, Imai D, Suzuki Y, Yokoyama H, Ueda SY, Nakahara H, Miyamoto T, Okazaki K.	4. 巻 30
2. 論文標題 Increase in diastolic blood pressure induced by fragrance inhalation of grapefruit essential oil is positively correlated with muscle sympathetic nerve activity.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Physiol Sci.	6. 最初と最後の頁 2
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12576-020-00733-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Nakahara H, Kawada T, Ueda SY, Kawai E, Yamamoto H, Sugimachi M, Miyamoto T.	4. 巻 69
2. 論文標題 Acupoint dependence of depressor and bradycardic responses elicited by manual acupuncture stimulation in humans.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Physiol Sci.	6. 最初と最後の頁 1077-1084
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12576-019-00728-y.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Miyamoto T, Manabe K, Ueda S, Nakahara H.	4. 巻 103
2. 論文標題 Development of an anaesthetized-rat model of exercise hyperpnoea: an integrative model of respiratory control using an equilibrium diagram.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Experimental Physiology	6. 最初と最後の頁 748-760
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1113/EP086850.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ueda SY, Nakahara H, Kawai E, Usui T, Tsuji S, Miyamoto T.	4. 巻 7
2. 論文標題 Effects of walking in water on gut hormone concentrations and appetite: comparison with walking on land.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Endocrine Connection	6. 最初と最後の頁 97-106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1530/EC-17-0323.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 坂本拓巳, 坂口芽以子, 原裕昭, 玉木蒼一郎, 中原英博, 上田真也
2. 発表標題 幼児期における週 1 回のサッカーが心拍数の応答に及ぼす影響
3. 学会等名 第34回 近畿体力医学会 (大阪)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮本忠吉, 真鍋幸, 伊藤剛, 中原英博, 上田真也
2. 発表標題 慢性心不全モデル小動物を用いた運動時呼吸異常のメカニズム解明への解析的アプローチ
3. 学会等名 第73回 日本体力医学会 (鹿児島)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤剛, 大槻伸吾, 仲田秀臣, 中原英博, 宮本忠吉
2. 発表標題 呼吸循環代謝系のインターバルトレーニング強度依存性の運動適応発現プロセスの解明
3. 学会等名 第73回 日本体力医学会 (鹿児島)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ito G, Nakahara H, Miyamoto T
2. 発表標題 Effects of Weekly Interval Training at Different Intensity on Dynamic Cardiorespiratory Responses to Exercise
3. 学会等名 第82回日本生体医工学会（岡山）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Miyamoto T, Ito G, Nakahara H
2. 発表標題 Weekly Interval Training Attenuates the Central Respiratory Drive during Heavy Exercise.
3. 学会等名 第82回日本生体医工学会（岡山）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Miyamoto T, Nakahara H
2. 発表標題 Weekly interval training time-dependently attenuates respiratory drive during exercise through desensitization of the respiratory controller.
3. 学会等名 第84回日本循環器学会（京都）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nakahara H, Ito G, Miyamoto T
2. 発表標題 Cardiac Adaptation to Weekly Exercise Interval Training: A Cross-sectional and Longitudinal Study of Athlete's Heart.
3. 学会等名 第84回日本循環器学会（京都）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 剛 , 中原 英博 , 宮本 忠吉
2. 発表標題 呼吸循環器系の長期運動適応機構の時系列解析-短期間低頻度高強度インターバルトレーニングの生理学的効果-
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮本 忠吉 , 伊藤 剛 , 中原 英博
2. 発表標題 呼吸化学調節系の長期運動適応発現機構の解明-システム定量解析による運動時換気亢進抑制メカニズム評価-
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中原 英博 , 上田 真也 , 伊藤 剛 , 宮本 忠吉
2. 発表標題 週1回の高強度インターバルトレーニングがアスリートの呼吸循環機能及び運動パフォーマンスに及ぼす影響
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤 剛 , 中原 英博 , 宮本 忠吉
2. 発表標題 Effects of once a week high intensity .interval training at different intensity .on cardiovascular and respiratory responses .to dynamic exercise in athletes.
3. 学会等名 生体生理工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本拓巳, 中原英博, 宮本忠吉, 上田真也
2. 発表標題 アスリートにおける血中グレリン濃度と運動誘発性食欲不振との関係
3. 学会等名 第73回 日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤剛, 宮本忠吉, 中原英博
2. 発表標題 週1回の異なる強度でのインターバルトレーニングがアスリートの運動時呼吸循環応答及び運動パフォーマンスに及ぼす影響.
3. 学会等名 第73回 日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮本忠吉, 伊藤剛, 中原英博
2. 発表標題 呼吸化学調節系の制御部特性の短・長期適応変化は高強度インターバルトレーニングによる運動時換気亢進反応の抑制に大きく寄与する.
3. 学会等名 第73回 日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ito Go, Nakahara Hidehiro, Sano Kanae, Miyamoto Tadayoshi
2. 発表標題 Cardiorespiratory adaptation induced by low-frequency sever-intensity interval training
3. 学会等名 ライフエンジニアリングシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakahara Hidehiro, Ueda Shin-ya, Kawai Eriko, Higahsiura Rui, Miyamoto Tadayoshi
2. 発表標題 Effect of acupuncture-induced bradycardia on heart rate responses during posture change and high intensity exercise.
3. 学会等名 ライフエンジニアリングシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	宮本 忠吉 (Miyamoto Tadayoshi) (40294136)	大阪産業大学・スポーツ健康学部・教授 (34407)	
研究分担者	上田 真也 (Ueda Shin-ya) (40616926)	岐阜大学・教育学部・准教授 (13701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------