

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K11443

研究課題名(和文) 球技スポーツを想定したトレーニングから運動パフォーマンスを予測できるか？

研究課題名(英文) Can physical performance predict from training load in ball sports

研究代表者

高井 洋平 (Takai, Yohei)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授

研究者番号：20574205

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)：本申請課題は、短期間のエアロビクトレーニングにおける負荷の与え方が、心拍変動および身体パフォーマンスに与える影響を、トレーニング負荷との関連から明らかにしたものである。戦略的ピリオダイゼーションの考え方に従い、トレーニングプログラムは、5週間で負荷を増減させた。介入期間中に、外的および内的負荷、副交感神経活動の指標となるLnRMSSDおよび有酸素性作業能力をそれぞれ定量した。その結果、有酸素性作業能力およびLnRMSSDの変動の適応は、外的負荷よりも内的負荷と関連した。一方で、LnRMSSDの変動は、有酸素性作業能力の適応と関連しなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

短期間のエアロビクトレーニングの効果には、個人差がある。一般的に、外的負荷(ベダルの仕事量や走速度など)に基づいてトレーニング強度を設定するが、相対強度が同一であっても内的負荷(心拍数など)に個人差が生じる。本研究の結果は、外的負荷よりも内的負荷が有酸素性作業能力および心拍変動と関連したことから、トレーニングを行う際に内的負荷に基づいた強度設定をする必要があるということが提案できる。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to examine the effects of short-term aerobic training on aerobic work capacity and heart rate variability (HRV) with relation to training load. A 5-week training program was consisted of overloading and tapering periodization. We measured external (work) and internal (heart rate) training load, parasympathetic activity (as measured via the natural logarithm of the root mean squared standard deviation (LnRMSSD)), and aerobic work capacity, respectively. As the results, aerobic work capacity and variation in LnRMSSD were associated with internal load rather than external load. The variation in LnRMSSD was not related to the relative changes in aerobic work capacity.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：心拍変動 戦略的ピリオダイゼーション エアロビクトレーニング 負荷増量 テーパリング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自律神経活動(交感神経活動,副交感神経活動)は身体パフォーマンスと関連し,自律神経活動の変動が身体パフォーマンスの優劣に影響する。これまでの研究では,試合間隔が長いアスリートを対象としたものが多く,球技スポーツのような試合間隔が短いスポーツを想定した研究はない。また,アスリートは身体パフォーマンスを最適化するために,戦略的ピリオダイゼーションを行っている。しかしながら,この戦略的ピリオダイゼーションを行った時の身体パフォーマンスの適応は一致した見解が得られていない。そこで本申請課題では,短期間のトレーニング負荷および自律神経活動との関連から身体パフォーマンスの適応について明らかにした。

2. 研究の目的

- (1) 短期間のトレーニング負荷が,身体パフォーマンスに与える影響を明らかにし,トレーニング負荷と身体パフォーマンスの適応との関係を検証した。
- (2) 短期間のトレーニング負荷が,自律神経活動の指標である心拍変動に与える影響を明らかにし,トレーニング負荷と心拍変動との関係を検証した。
- (3) 心拍変動と身体パフォーマンスとの関係を明らかにした。

3. 研究の方法

・ 対象者

健康な成人男性 17 名(20.4±2.1 歳,174.8±5.7cm,70.5±5.7kg)とし,対照群 7 名と増量群 10 名に分けた。対象者には,研究の目的や方法について十分な説明を行った上で実験参加に対する同意を得た。また,本研究は鹿屋体育大学倫理審査小委員会での承認を得たうえで,実施した(No.11-101)。

・ 実験デザイン

対象者は,5 週間の介入実験に参加した。1 週目では,介入する運動に慣れる目的のため,両群とも同じ内容のプログラムを実施した。2-3 週目(負荷増量期間)では,増量群は外的負荷を 30% 増量させたプログラムを実施した。4-5 週目(テーパリング)では,増量群は 1 週目のトレーニング負荷の 50% になるように負荷を指数減衰させた。対照群は 1 週目と同様のプログラムを継続して行った。介入前および 1 週間毎に,漸増負荷試験および Profile of Mood States (POMS) テストを実施した。運動中に,心拍数を計測した。介入期間中に,携帯型心拍変動分析システム(Hosand HRV)を用いて,起床時の心拍変動を計測した。

・ トレーニングプログラム

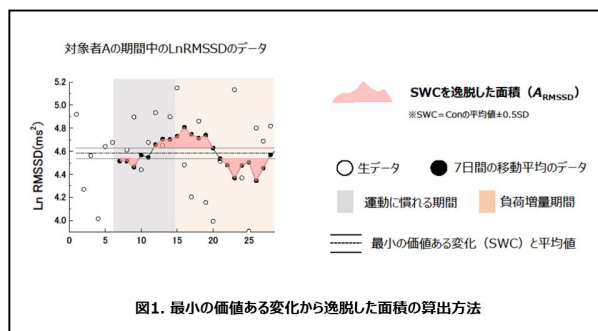
運動様式は,ペダリング運動とした。トレーニングプログラムは,持続的トレーニング(40 分間)と高強度間欠的トレーニング(21-35 分間)とした。運動頻度は,週に 6 日または 7 日(4 日または 5 日:トレーニング日,2 日:効果測定日)とした。持続的トレーニングは,乳酸閾値強度とした。高強度間欠的トレーニングは,最大予備心拍能の 90% の強度で 4 分間,3-5 セット実施し,セット間は最大予備心拍能の 50% の強度で 3 分間の積極的休息とした。トレーニング開始前にはウォーミングアップとして,有酸素性最大パワーの 50% の負荷で 5 分間のペダリング運動を行った。

・ 有酸素性パワー

漸増負荷試験を用いて,有酸素性最大パワー,乳酸閾値時(血中乳酸濃度:2mmol)のパワー,乳酸堆積開始時(血中乳酸濃度:4mmol)のパワーを算出した。

・ 心拍変動の指標

心電図の R 波の経時的な変動(RR 間隔の変動)から,隣接する RR 間隔の差の平均値を 2 乗した平方根を自然対数化した指標(LnRMSSD)を算出した。先行研究に倣って,得られた LnRMSSD の経時データは,7 日間の移動平均を行った後に,期間毎に平均値および変動係数を算出した。また,トレーニングに対する LnRMSSD の変動には個人差があることから,個々のその変化から価値ある最小の変化(smallest worthwhile change, SWC)を算出した(図 1)。すなわち,対象者毎に,介入期間における LnRMSSD の平均値と標準偏差を算出し,標準偏差



に±0.5 を乗じた値から個人の変動の上限と下限を設定する。そして、その範囲を逸脱した値を総和することで、逸脱面積として算出した。

・ データおよび統計処理

得られた値は、平均値および標準偏差で示す。独立変数は、各期間における LnRMSSD の平均値、変動係数および逸脱面積とした。トレーニング負荷は、ペダリングの仕事量を外的負荷、心拍数から得られた予備心拍能レベルを内的負荷とした。各期間におけるトレーニング負荷の総和、平均値および標準偏差を算出し、トレーニングの単調さ(平均値/標準偏差)とストレイン(トレーニング負荷の総和×単調さ)を算出した。

4. 研究成果

(1) 対照群と比較して、増量群の有酸素性最大パワーは、負荷増量期間では同程度増加したが、テーパリング期間では増加の程度が大きかった(図2)。増量群の乳酸閾値および乳酸堆積開始時のパワーは、負荷増量期間ではそれらの増加の大きさが対照群よりも小さかった(図2)。負荷増量期間では、POMS テストから算出された主観的な活力は低下し、疲労感は増大した。以上のことから、本研究で採用したトレーニングプログラムは、対象者に急性疲労の状態を引き起こしたと考えられる。

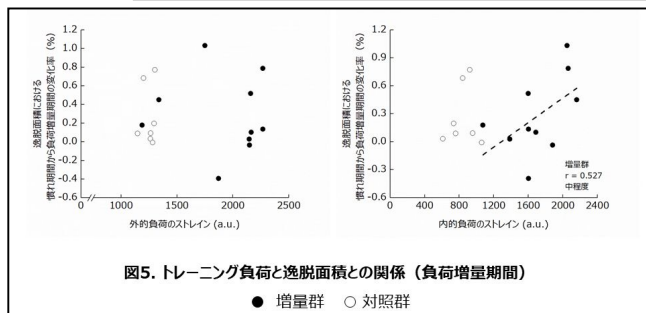
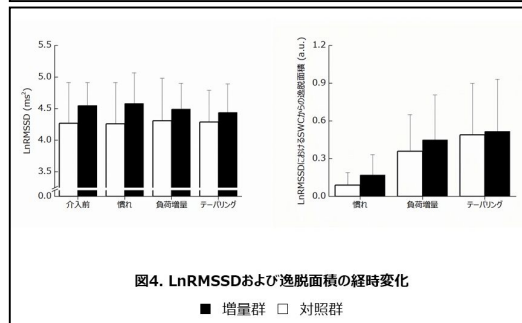
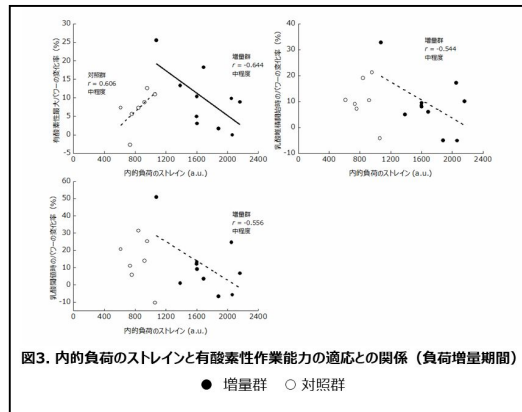
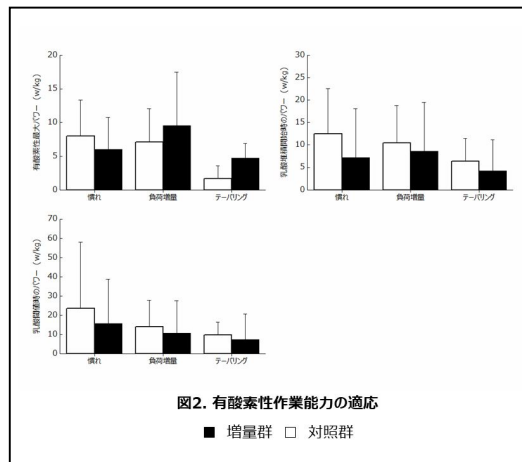
(2) 負荷増量期間における外的および内的負荷から算出したストレインと有酸素性作業能力の変化率との関係を見ると、増量群ではいずれの中程度の負の相関関係にあった(図3)。また、外的負荷から算出したストレインは初期値に依存するため、その影響を除外した偏相関係数を求めた結果、いずれも関係は認められなかった。以上のことから、負荷増量期間における有酸素性作業能力の適応は、外的負荷よりも内的負荷の大きさと関連することが示された。

(3) LnRMSSD は、いずれの期間の間にも有意な変化は認められなかった(図4)。SWC からの逸脱面積は増加するものの、群間に差は認められなかった(図4)。負荷増量期間における外的および内的負荷から算出したストレインとそれらの変化率との関係をみたところ、内的負荷のストレインと SWC からの逸脱面積は中程度の正の相関関係にあった(図5)。以上のことから、LnRMSSD およびその逸脱面積はトレーニング負荷に対する適応には個人差があるが、その個人差は内的負荷の大きさに依存する可能性が示された。

(4) 負荷増量期間における心拍変動の指標と、有酸素性作業能力の適応との関係の強さは、いずれも弱かった($r = -0.32-0.28$)。このことは、心拍変動が直接的に有酸素性作業能力の適応に影響する可能性が小さいことを示している。

< 引用文献 >

- ・ Bosquet L, Montpetit J, Arvisais D, Mujika I. Effects of tapering on performance: a meta-analysis. Med Sci Sports Exerc. 2007;39:1358-1365.
- ・ Meur YL, Pichon A, Schaal K, et al. Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. Med Sci Sports Exerc. 2013;45:2061-2071.
- ・ Bellenger CR, Karavirta L, Thomson RL, Robertson EY, Davison K, Buckley JD. Contextualizing Parasympathetic Hyperactivity in Functionally Overreached Athletes



With Perceptions of Training Tolerance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;11:685-692.

- Manzi V, Iellamo F, Impellizzeri F, D'Ottavio S, Castagna C. Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:2090-2096.
- Figueiredo DH, Figueiredo DH, Moreina A, Gonçalves HR, Stanganelli LCR. Effect of Overload and Tapering on Individual Heart Rate Variability, Stress Tolerance, and Intermittent Running Performance in Soccer Players During a Preseason. *J Strength Cond Res.* 2019;33:1222-1231.
- Halson SL, Bridge MW, Meeusen R, et al. Time Course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *J Appl Physiol.* 2002;93:947-956.
- Hopkins WG. Estimating Sample Size for Magnitude-Based Inferences. *SportsScience.* 2006;10:63-70.
- Meeusen R, Duclos M, Foster C, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45:186-205.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森永浩嗣、高井洋平
2. 発表標題 運動負荷増量時におけるストレインが心拍変動および有酸素最大パワーに与える影響
3. 学会等名 第33回 日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森永浩嗣、高井洋平
2. 発表標題 心拍変動の変化が有酸素性および無酸素性作業能力に与える影響
3. 学会等名 第32回日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森永浩嗣、高井洋平
2. 発表標題 ペダリング運動における運動負荷増量が有酸素性作業能力に与える影響
3. 学会等名 第70回九州体育スポーツ学会
4. 発表年 2021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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------