

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750298

研究課題名(和文) 間欠的短時間高強度運動におけるリカバリー条件とパフォーマンスとの関係

研究課題名(英文) Effect of recovery condition on performance during short-duration intermittent exercise

研究代表者

大家 利之(Ohya, Toshiyuki)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ科学部・契約研究員

研究者番号：70610062

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：間欠的高強度運動中の動脈血酸素飽和度の低下を抑制することができれば、運動パフォーマンスの改善につながるかもしれない。高濃度の酸素吸引が間欠的高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響について検討することを目的とした。自転車競技選手8名を対象に、間欠的高強度運動テストを行わせた。吸引する酸素濃度の条件は、通常濃度の酸素条件(21%)と高濃度の酸素条件(36%)の2種とした。高濃度の酸素条件では、間欠的高強度運動テスト時の疲労困憊までの時間が、通常濃度の酸素条件と比較して長かった。高濃度の酸素条件下では、動脈血酸素飽和度が維持された。高濃度の酸素吸引は、間欠的高強度運動パフォーマンスを改善させる。

研究成果の概要(英文)：Some athletes exhibit exercise-induced arterial hypoxemia during high-intensity exercise. Inhalation of hyperoxic gas during exercise has been shown to counteract this exercise-associated reduction in hemoglobin oxygen saturation (SaO<sub>2</sub>), but the effects of hyperoxic gas inhalation on performance and SaO<sub>2</sub> during high-intensity intermittent exercise remains unclear. This study investigated the effects of hyperoxic gas inhalation on performance and SaO<sub>2</sub> during high-intensity intermittent cycling exercise. Eight male cyclists performed identical intermittent exercise tests under two different inspired air conditions, hyperoxia and normoxia. Variables associated with arterial oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) were measured. Time to exhaustion under HO conditions was longer than under NO conditions. SpO<sub>2</sub> was maintained under HO conditions, but decreased under NO conditions. Hyperoxic gas inhalation during the entire high-intensity intermittent exercise enhanced exercise performance in male cyclists.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：間欠的運動 サッカー 高強度トレーニング

### 1. 研究開始当初の背景

サッカーやハンドボールなどのゴール型球技選手は、試合中に秒速 2~3m でのジョギングのようなスピードでの低強度運動を維持しつつ、秒速 7~8m 以上のスプリントのような高強度運動を繰り返している。ゴール型球技選手の試合中の 1 回のスプリント時間は、2~5 秒でありゴール型球技選手の試合中の動きは、いわゆる間欠的短時間高強度運動である。ゴール型球技選手の 1 試合における総移動距離は、5~12km であり、競技レベルが高い程、試合中の総移動距離に占めるスプリントのような高強度での動きの総移動距離が多いと報告されている (Mohr et al., 2003, J Sports Sci)。ゴール型球技選手において、スプリントのような高強度運動のパフォーマンスを低下させないで繰り返すことは、競技力向上において不可欠である。

間欠的短時間高強度運動とは、短時間高強度の主運動を、リカバリーを挟んで繰り返す運動のことである。主運動のパフォーマンスを維持するためには、主運動時にアデノシン三リン酸の再合成に使用したクレアチンリン酸 (以下 PCr) をリカバリー期に素早く回復することが重要である。PCr の再合成量と筋の酸素化レベルとは、強い関連があることから、PCr を素早く再合成するためには、リカバリー期に筋の酸素化レベルを高い状態にすることが重要である。

主運動のパフォーマンスの維持に大きく影響するリカバリー期の条件を決定する要因は、主に 2 つある。運動強度と持続時間である。さらに、運動強度は、大きく 2 つに分類される。主運動後に最大下の運動を継続することで回復を図るアクティブリカバリー (active recovery, 以下 AR) と主運動後に静止することでエネルギー需要を減少させて回復を図るパッシブリカバリー (passive recovery, 以下 PR) である。申請者は、間欠的短時間高強度運動において、リカバリー期の運動強度およびリカバリー時間が運動パフォーマンスに及ぼす影響について検討し、最大酸素摂取量の 40% 強度の AR は PR と比較してパフォーマンスの減少が大きいこと (大家ら, 2013, 体育学研究) リカバリー時間が 50 秒以下では、AR は PR と比較してパフォーマンスの減少が大きいこと (Ohya et al., 2013, Int J Sports Med) を報告した。しかしながら、ゴール型球技選手は、試合中、対戦相手やボールの位置などの変化する運動環境に随時、対応していかなければならないため、AR をせざるを得ない局面も多い。申請者の先行研究の結果から、間欠的短時間高強度運動では、PR の方が AR よりも高強度運動パフォーマンスは維持されるが、ゴール型球技選手の試合中の動きに、より特異的なプログラムでトレーニングすることを想定するという観点から考えると、リカバリー期を AR に設定してトレーニングすることが推奨される。

### 2. 研究の目的

本研究では、リカバリー期に筋の酸素化レベルを高い状態にできると考えられる高濃度の酸素吸引が間欠的高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響について検討する。

### 3. 研究の方法

男子自転車競技選手 8 名 (年齢 20.4±1.9 歳、身長 167.0±5.9cm、体重 58.2±8.2kg、最高酸素摂取量 59.1±7.1mL/kg/min) を対象に、自転車エルゴメータを用いて間欠的高強度運動パフォーマンステストを行わせた。間欠的高強度運動パフォーマンステストは、3 分間の高強度ペダリングを 3 分間の休息を挟んで 5 セット行う内容であった。5 セット目の高強度ペダリングは疲労困憊まで行わせた。主運動の強度は、事前に常酸素環境下で測定した漸増負荷テストでの疲労困憊時の負荷を 100% として、その 90% の負荷に設定した (本研究では、主運動の負荷の範囲は、216~288W であった) 吸引する酸素濃度の条件は、通常酸素条件 (FIO<sub>2</sub>: 21%) と高濃度酸素条件 (FIO<sub>2</sub>: 36%) の 2 種とした。間欠的高強度運動パフォーマンステスト中の動脈血酸素飽和度は、パルスオキシメータを用いて測定した。本研究では疲労困憊時の動脈血酸素飽和度が安静時より 5% 以上低下することを運動誘発性低酸素血症と定義した。

### 4. 研究成果

高濃度の酸素条件 (Hyperoxic: HO) では、通常酸素条件 (Normoxic: NO) と比較して、間欠的高強度運動パフォーマンステスト時の疲労困憊までの時間が有意に長かった (図 1)。

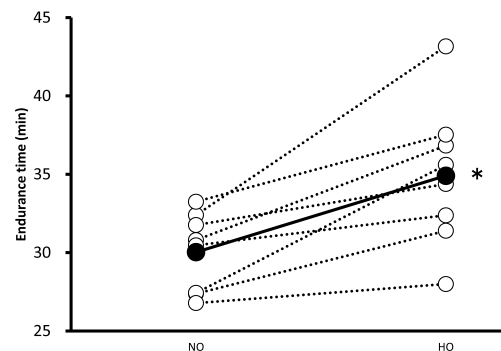


図 1: 間欠的短時間高強度運動パフォーマンステスト時の疲労困憊までの運動時間

運動時間が 3 分以上の高強度な連続的運動において、高濃度の酸素吸引は、高強度運動パフォーマンスを向上させると報告されている。一方で、間欠的高強度運動においては、リカバリー期のみを高濃度の酸素吸引を行った場合、運動パフォーマンスへの効果は、一致した見解が得られていない。本研究は、間欠的高強度運動全体を通しての高濃度の酸素吸引が運動パフォーマンスに及ぼす影

響について検討した、初めての研究である。本研究の結果から、間欠的高強度運動全体を通しての高濃度の酸素吸引は運動パフォーマンスを改善することが示唆された。

間欠的短時間高強度運動パフォーマンステストの疲労困憊時の酸素濃度条件間における動脈血酸素飽和度の差と疲労困憊までの運動時間の差との間には有意な相関関係はなかったが(図2)、常酸素条件下で運動誘発性低酸素血症を引き起こした被検者のみを対象とすると有意な高い正の相関関係があった(図3)。運動誘発性の動脈血酸素飽和度の低下の程度と高濃度の酸素吸引による運動パフォーマンスの改善の程度との関係性については更なる研究が必要である。

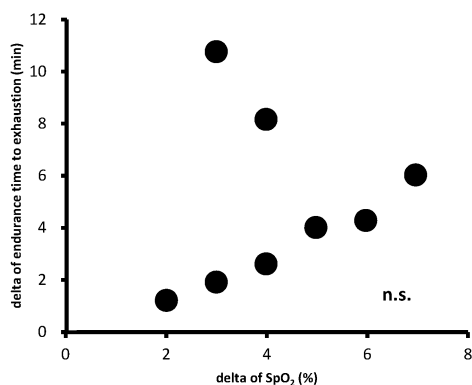


図2：疲労困憊時の酸素濃度条件間における動脈血酸素飽和度の差と疲労困憊までの運動時間の差との関係(本研究の全被験者)

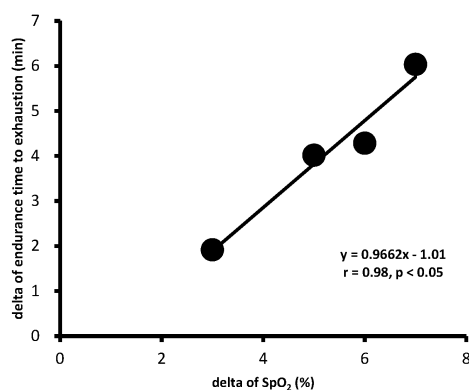


図3：疲労困憊時の酸素濃度条件間における動脈血酸素飽和度の差と疲労困憊までの運動時間の差との関係(常酸素環境下で運動誘発性低酸素血症を引き起こした被検者のみ)

高濃度の酸素条件では、間欠的高強度運動全体を通して動脈血酸素飽和度が維持されたが、常酸素条件下では、安静時と比較して間欠的高強度運動テスト時の動脈血酸素飽和度は有意に低下した(図4)。本研究の結果は、Nummela et al (2002)と同様の傾向を示した。間欠的高強度運動時のリカバリー期にのみ高濃度の酸素吸引をした場合、運動中に低下した動脈血酸素飽和度は、安静時レベルまで回復したが、常酸素環境下では、低下し

たまだった(Nummela et al., 2002, Scand J Med Sci Sports)。

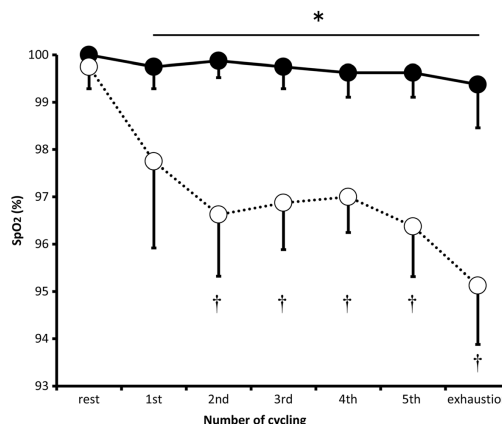


図4：間欠的短時間高強度運動パフォーマンステスト時の動脈血酸素飽和度の変化

本研究の被験者が、エリート競技者ではなく、中程度の競技レベルである自転車競技者(最高酸素摂取量 59.1±7.1mL/kg/min)であったことは、本研究のリミテーションの1つである。いくつかの先行研究において、エリート競技者(最大酸素摂取量 72.0mL/kg/min程度)では、運動誘発性の動脈血酸素飽和度の低下の程度が非エリート競技者と比較して大きいと報告されている(Dempsey et al., 1984, J Physiol)。競技レベル(有酸素性のエネルギー供給能力)と高濃度の酸素吸引による運動パフォーマンスの改善の程度との関係性については、今後詳細に検討する必要がある。

運動全体を通しての高濃度の酸素吸引によって、間欠的高強度運動パフォーマンスは改善する。高濃度の酸素吸引による運動パフォーマンス改善の程度は、運動誘発性の動脈血酸素飽和度の低下の程度と関連することが示唆された。

#### <引用文献>

Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. J Sports Sci, 21, 519-528, 2016.

大家 利之, 荒牧 勇, 北川 薫. 間欠的短時間高強度運動におけるアクティブリカバリーとパッシブリカバリーがパフォーマンスと筋の酸素化に及ぼす影響. 体育学研究, 58, 2013.

Ohya Toshiyuki, Aramaki Yu, Kitagawa Kaoru. Effect of duration of active or passive recovery on performance and muscle oxygenation during intermittent sprint cycling exercise. Int J Sports Med, 34, 616-622, 2013.

Nummela A, Hamalainen I, Rusko H. Effect of hyperoxia on metabolic responses and recovery in intermittent exercise. Scand J Med Sci Sports, 12, 309-315, 2002.

Dempsey JA, Hanson PG, Henderson KS. Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy human subjects at sea level. J Physiol, 355, 161-175, 1984.

#### 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)

Ohya Toshiyuki, Yamanaka Ryo, Ohnuma Hayato, Hagiwara Masahiro, Suzuki Yasuhiro. Hyperoxia extends time to exhaustion during high-intensity intermittent exercise: a randomized, crossover study in male cyclists. Sports Medicine – Open, 2:34, 2016, 査読あり

Ohya Toshiyuki, Hagiwara Masahiro, Suzuki Yasuhiro. Inspiratory muscle warm-up has no impact on performance or locomotor muscle oxygenation during high-intensity intermittent sprint cycling exercise. SpringerPulus, 4:556, 2015, 査読あり

〔学会発表〕(計 3 件)

大家 利之, 山中 亮, 大沼 勇人, 萩原 正大, 鈴木 康弘. 高濃度の酸素吸引が間欠の高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響. 日本体育学会第 67 回大会, 2016 年 8 月, 大阪体育大学 (大阪府・泉南郡).

Ohya Toshiyuki, Yamanaka Ryo, Hagiwara Masahiro, Oriishi Marie, Suzuki Yasuhiro. The 400- and 800-m track running induces inspiratory muscle fatigue in trained female middle-distance runners. American college of sports medicine 63th annual meeting, 2016 年 6 月, Boston.

Ohya Toshiyuki, Hagiwara Masahiro, Suzuki Yasuhiro. Effect of inspiratory muscle warm-up on performance and muscle oxygenation during high-intensity intermittent sprint exercise. American college of sports medicine 62th annual meeting, 2015 年 5 月, San Diego.

#### 6 . 研究組織

##### (1) 研究代表者

大家 利之 (OHYA, Toshiyuki)  
独立行政法人日本スポーツ振興センター  
国立スポーツ科学センター・スポーツ  
科学部・契約研究員  
研究者番号: 70610062

##### (2) 研究協力者

鈴木 康弘 (SUZUKI, Yasuhiro)

萩原 正大 (HAGIWARA, Masahiro)

山中 亮 (YAMANAKA, Ryo)

大沼 勇人 (OHNUMA, Hayato)