

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：17702

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12667

研究課題名(和文)低酸素環境下におけるスプリントトレーニングプログラムの開発

研究課題名(英文)Development of new sprint interval training program performed under hypoxic conditions

研究代表者

塩川 勝行 (SHIOKAWA, Katsuyuki)

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・講師

研究者番号：80284925

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、新たな高地トレーニングの可能性を探るために、高地環境における短期間高強度持続的運動、間欠的運動時のエネルギー代謝特性について明確化し、スプリント能力の向上を目指した低環境下におけるトレーニングプログラムの開発を試みた。その結果、短時間高強度間欠的運動の場合、低酸素環境の方が無酸素性エネルギー供給機構への刺激は大きくなることが明らかとなった。本実験で用いたスプリント間欠的運動プロトコルは、最大酸素借、ミドルパワーを反映する持続的運動、および最大パワー発揮を改善させ得ること、さらにその改善は、低酸素環境で実施した方が、より効果的である可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：In order to examine new possibilities of altitude (hypoxic) training, present study aimed 1) to clarify metabolic profiles during various high-intensity (sprint) continuous and intermittent exercises under normoxic and hypoxic conditions, and 2) to confirm the effects of selected sprint interval training (SIT) performed under the hypoxic conditions on metabolic capacity and intense exercise performance. The results indicated that during short lasting high-intensity intermittent exercise, peak and accumulated oxygen uptake were the greater in normoxic condition, alternatively oxygen deficit became greater under moderate hypoxic conditions. SIT used in this study improved significantly maximal accumulated oxygen deficit, maximal anaerobic power, and consequently high-intensity exercise performance. Furthermore, it is demonstrated that the amount of improvements for these variables are greater when SIT is done under hypoxic conditions, rather than performed under normoxic condition.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：トレーニング科学 スプリントインターバルトレーニング 高強度運動パフォーマンス 低酸素環境

## 1. 研究開始当初の背景

近年、成功を収めた多くのトップアスリート選手は、高地トレーニングを導入している。また、サッカーの日本代表においても高地馴化を目的に高地トレーニングを実施している。従来、高地トレーニングは持久性の運動能力の改善を目的としており、その研究成果においても持久性の運動能力の改善を試みている報告が多い。それに対して、対照的な無酸素性運動能力のスプリント能力の向上についてはあまり検討されていない。そのため、実際にスプリント選手や短距離のダッシュを繰り返し行う球技系の選手がトレーニングで高地トレーニングを実施することは少ない。

また最近では、高地トレーニング後、耐乳酸能力が向上したことや、数分で終了する短時間高強度運動のパフォーマンスが向上した事などが報告され、また、低酸素条件下ほど選択的に速筋線維が動員されることが明らかになっている。これらは酸素が少ない環境ほど無酸素性エネルギー供給系が動員されることを意味し、結果的に無酸素性代謝に対するトレーニング効果が大きい事を示唆している。

高地環境における短時間高強度持続的運動、間欠的運動時のエネルギー代謝特性を明確化した上で、至適な低酸素刺激+トレーニング刺激を与えることができれば、持久力の向上のみならず、ミドルパワーやスプリント能力の向上にも寄与できると考えられる。それにより、高度と有酸素性・無酸素性のエネルギー供給の関係や様々なスポーツ競技のトレーニングに対する至適な高地レベルの設定を明らかにし、スプリント能力の向上に適切なトレーニングプログラムを開発、間欠的運動の特性とトレーニング強度の設定を行うことができれば、新たな高地環境下のトレーニングの可能性について検討することが可能となる。

## 2. 研究の目的

本研究は、新たな高地トレーニングの可能性を探るために、高地環境における短時間高強度持続的運動、間欠的運動時のエネルギー代謝特性について明確化し、平地環境におけるトレーニング刺激との比較を行うこと、さらには、その実験結果から、特に無酸素性エネルギー供給系への刺激を考慮し、スプリント能力向上を目指した短時間高強度インターバルトレーニングプログラムを開発することを目的とした。そのため、以下の3つの点について検討課題を設定した。

- (1) スプリント能力向上に対して効果的なインターバルトレーニングのプログラムを開発するために、異なる低酸素環境下における短時間高強度の持続的、および間欠的運動時のエネルギー供給動態を明らかにする。
- (2) スプリントインターバルトレーニ

ングプロトコルを低酸素環境下において実施し、有酸素性・無酸素性エネルギー供給能力、および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) 1分程度で終了する高強度運動に特化したパフォーマンスの向上に対して効果的なインターバルトレーニングを開発するために、異なる酸素分圧環境下においてインターバル運動時のエネルギー供給動態を明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 「異なる低酸素環境下における短時間高強度の持続的、および間欠的運動時のエネルギー供給動態の解明」

被検者は、年齢  $23 \pm 3$  歳のよく鍛錬された体育学専攻の男子大学生 8 名であった。運動条件は、常酸素環境、海拔 2000m、4000m 相当の低酸素環境下において、10 秒程度で疲労困憊に至る強度による持続的運動、および 5 秒の運動を 10 秒の休息を挟みながら疲労困憊まで反復する間欠的運動とした。本実験では持続的、間欠的運動における総酸素摂取量、総酸素借、さらに間欠的運動のみ休息時の過剰酸素摂取量、真の総酸素借を定量した。

(2) 「有酸素性・無酸素性エネルギー供給能力、および高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響」

被検者は体育学専攻の男子大学生 14 名(年齢 22 歳)とし、常酸素環境(常酸素群)または海拔 4000m 相当の低酸素環境(低酸素群)でトレーニングを行う 2 群に分けた。トレーニングは自転車エルゴメータを用い、10 秒程度維持できる強度で 5 秒の運動を 10 秒の休息を挟み 5 回繰り返すスプリントインターバル運動とし、1 日に 2 回、週 4 日の頻度で 4 週間行われた。トレーニング効果は、最大酸素摂取量、最大酸素借、5 秒の全力運動を 20 秒の休息を挟みながら 10 回繰り返す間欠的全力運動時の最大パワーと仕事量、30 秒程度で疲労困憊に至る運動持続時間によって評価した。

(3) 「異なる酸素分圧環境下におけるインターバル運動時のエネルギー供給動態の解明」

被検者は、年齢  $20 \pm 2$  歳の陸上競技走種目を専門とする体育学専攻の男子大学生 10 名であった。運動環境は、常酸素環境、および 2500m 相当の低酸素環境下とした。運動強度は 30 秒程度で疲労困憊に至る強度とし、10 秒の運動を 10 秒の休息を挟みながら疲労困憊まで反復する間欠的運動を実施した。本実験では、間欠的運動における総酸素摂取量、総酸素借、さらに休息時の過剰酸素摂取量、真の総酸素借を定量し、両環境間における代謝特性を比較した。

## 4. 研究成果

(1) 持続的、間欠的運動ともに同一絶対的運動強度で行われたが、すべての環境条件に

において、運動持続時間に差は認められなかった。また、そのときの代謝特性をみると、持続的運動では総酸素摂取量、総酸素借ともにすべての環境条件間で差は認められなかった。一方、間欠的運動では運動時の総酸素摂取量、ならびに休息時の過剰酸素摂取量が、低酸素環境条件が厳しくなるほど低下傾向を示し、海拔 4000m相当の低酸素条件では、他の条件より有意に低い値となった。一方、運動時の総酸素借および運動時の総酸素借と休息時過剰酸素摂取量の差より求めた真の酸素借は、海拔 4000m相当の低酸素条件において有意に高い値となった。

(2) 最大酸素摂取量は、常酸素群のみ有意に増加した。一方、最大酸素借は、両群ともに有意に増大した。また、間欠的全力運動時における各セットの仕事量は、両群ともに増加傾向を示し、総仕事量に関しては有意な増加であった。ただし、間欠的運動時に得られた最大パワーに関しては、低酸素群のみ有意な増大であった。トレーニング前後に同一絶対的強度で行われた 30 秒運動の持続時間は両群共に有意に増加した。有意に向上した指標の変化量をみると、低酸素群の方が大きい傾向を示した。

(3) 30 秒程度で疲労困憊に至る強度は、常酸素環境における最大酸素摂取量の約 220% に相当する強度であり、本実験では両環境ともに同一絶対的運動強度で実施した。その結果、運動時間は常圧環境(53 秒)の方が低圧環境(49 秒)よりも長い傾向にあったが、有意な差ではなかった。また、そのときの代謝特性をみると、運動時の総酸素摂取量、休息時の過剰酸素摂取量は、いずれも常酸素環境において有意に高かったが、酸素借には環境間で有意な差は認められなかった。その結果、休息時の回復を考慮した真の酸素借は、低酸素環境において高い傾向を示したが、必ずしも有意な差とはならなかった。

以上、本研究をまとめると、

本実験のプロトコールのようなスプリント運動の場合、持続的運動では低酸素条件においても代謝特性に差は認められないものの、間欠的運動時には低酸素条件が厳しくなるにつれて、運動時および休息時の酸素摂取量が低下するため、その低下分を代償するように、無酸素性エネルギーの動員がより高まることが明らかとなった。

本実験で用いたスプリント間欠的運動プロトコールは、最大酸素借、ミドルパワーを反映する持続的運動、およびハイパワーを反復する間欠的運動パフォーマンス、最大パワー発揮を改善させ得ることが明らかとなった。さらにその効果は、低酸素環境で実施した方が、より効果的である可能性が示唆された。

本実験のような間欠的スプリント運動の場合、海拔 2500m 相当の低圧低酸素条件ならば、無酸素性エネルギーの動員が若干高まる傾向はあるものの、運動持続時間が若干短くなることによって、代謝特性に顕著な差は認められなかった。高強度運動に重要とされる無酸素性エネルギー供給系により高い刺激を与えるには、さらにシビアな低酸素環境での実施が要求されるかもしれない。

## 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)

荻田太. 特殊機器を用いた水泳スプリントトレーニング, 体育の科学 査読無 66:100-104, 2016

荻田太. 水抵抗を測る, 体育の科学, 査読無, 66:276-279, 2016.

[学会発表](計 11 件)

Ogita, F., K.Yotani, K.Goto, K.Katayama, H.Tamaki. Effects of cycling exercise and aquatic exercise in hypobaric hypoxia on vascular adaptations and glucose tolerance. Book of Abstracts, 22th Annual Congress of European College of Sport Science:400, 2017.

荻田太, 與谷謙吾, 田巻弘之. 低圧低酸素環境下における短期間の高強度間欠的運動が血圧と動脈ステイフネスに及ぼす影響. 第 25 回日本運動生理学会大会, 2017.

荻田太, 塩川勝行, 與谷謙吾. 間欠的運動時の運動強度漸増・漸減が代謝特性に及ぼす影響. 日本体育学会第 68 回体育学会予稿集:130, 2017.

Ogita, F., K.Yotani, K.Shiokawa, N.Taguchi, H.Tamaki. Effects of sprint interval training under hypobaric hypoxic conditions on metabolic capacity and high-intensity exercise performance. 21th Annual Congress of European College of Sport Science, 2016.

荻田太. 短時間高強度運動がもたらす生理学的効果 第 24 回日本運動生理学会大会, 2016.

荻田太, 塩川勝行, 與谷謙吾, 田巻弘之. 低酸素環境が休息時間の異なる間欠的運動時の代謝特性に及ぼす影響 第 24 回日本運動生理学会大会, 2016.

荻田太, 塩川勝行, 與谷謙吾, 田口信教. 30 秒程度で疲労困憊に至る持続的運動と同一強度における間欠的スプリント運動時の代謝特性の比較. 日本体育学会第 67 回大会, 2016.

Ogita, F. High intensity intermittent

training: Benefits on physical performance and obesity-related metabolic health. Joint Conference of Taiwan Society for Sports Nutrition and Chinese Taipei Association for the Study of Obesity, 2016.

山中萌衣,原大典,木葉一総,塩川勝行,高橋仁大.大学女子バスケットボールチームを対象としたスカウティングに基づいたトレーニングの効果に関する一事例,九州体育・スポーツ学会第64回大会,2015.

Ogita,F., K.Yotani, N.Taguchi, H.Tamaki. The relationship between changes in brachial-ankle pulse wave velocity and blood pressure after short-term hypobaric hypoxic training. 0th Annual Congress of European College of Sport Science, 2015.

荻田太,與谷謙吾,齊藤和人,田巻弘之.低圧環境下における短期間運動トレーニングの間欠的反復実施が心血管応答および動脈スティフネスに及ぼす影響.第70回日本体力医学会大会,2015.

〔図書〕(計0件)

〔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

塩川 勝行 (SHIOKAWA Katsuyuki)  
鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・講師  
研究者番号: 80284925

### (2) 研究分担者

荻田 太 (OGITA Futoshi)  
鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授  
研究者番号: 50224134

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号:

### (4) 研究協力者

( )