

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：17702

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12647

研究課題名(和文) スプリント能力向上を目指した低酸素トレーニングのプロトコルの開発と効果の検証

研究課題名(英文) Development of high-intensity training under hypoxic conditions for improving sprint performance and its training effectiveness

研究代表者

田口 信教 (TAGUCHI, Nobutaka)

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・教授

研究者番号：10171597

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、低酸素環境下における間欠的運動時の代謝特性を明らかにすることによって、エネルギー供給能力の向上に至適なトレーニング条件を見出し、そのトレーニング効果を検証することであった。その結果、短時間高強度間欠的運動の場合、有酸素性エネルギー供給系の刺激は常酸素環境の方が、また、無酸素性エネルギー供給機構への刺激は低酸素環境の方が大きくなることが明らかとなった。そこで、シビアな低酸素環境下において高強度間欠的運動トレーニングを実施したところ、最大酸素借、最大推進パワー、それにともなうスプリント運動パフォーマンスの大きな向上が得られた。

研究成果の概要(英文)：This study aimed 1) to develop optimal conditions of high-intensity interval training (HIT) by determining metabolic profile during various intermittent exercise under normoxic and hypoxic conditions, and 2) to confirm the effects of selected HIT 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 a normoxic condition, alternatively oxygen deficit became greater under moderate hypoxic conditions. In experiment 2, HIT under hypoxic conditions corresponding to 4000m above sea level was done, the greater improvement in maximal accumulated oxygen deficit, maximal anaerobic power, and consequently sprint swimming performance were observed.

研究分野：コーチ学

キーワード：トレーニング科学 一流競泳選手 低酸素環境 スプリントインターバルトレーニング 代謝特性

1. 研究開始当初の背景

オリンピックをはじめ、国際大会で成功を収めた多くのスポーツ競技選手が、高地トレーニングを導入している。従来、高地トレーニングは持久性運動能力の改善を主たる目的として実施されてきた。一方、高地トレーニング後、耐乳酸性能力の指標である筋の緩衝能が高まることが示され、これを裏付けるように、無酸素性エネルギー供給能力の指標である最大酸素借と高強度運動のパフォーマンスが改善されたという結果も示されている。さらには、低酸素条件下では成長ホルモンの分泌が促進され、筋力トレーニング後より大きな筋肥大が誘発されることも明らかにされている。これら直近の研究結果は、「高地トレーニングが持久的選手のみならず、スプリント選手へも応用可能」であることを示唆するものである。これらの事象を実験的に実証できるならば、低酸素環境下での高強度トレーニングは、短時間高強度でレースを行うほとんどの競泳選手に対して効果的トレーニング法となり、限界まで鍛錬されている一流選手にとっても、更なる向上を図る有効な手段になり得る事が期待できる。

2. 研究の目的

本研究は、さまざまな低酸素環境下における持続的・間欠的運動時のエネルギー代謝特性を明らかにすることで、有酸素性・無酸素性エネルギー供給系に最適なトレーニング条件を見出し、実際にトレーニング効果を検証するために、以下の2つの点について検討することを目的とした。

- (1) 「常酸素および低酸素環境下において高強度持続的・間欠的運動時のエネルギー供給動態を定量し、エネルギー供給能力向上に効果的な条件を見出す」
- (2) 「これまでの結果によって得られた至適条件を用い、常酸素環境、低酸素環境におけるトレーニングが、エネルギー供給能力向上およびパフォーマンス向上に及ぼす影響について検討する」

3. 研究の方法

(1) 「常酸素および低酸素環境下における高強度持続的・間欠的運動時のエネルギー供給動態」に関する検討

被検者は、よく鍛錬された体育学専攻の男子大学生とした。運動は、30秒程度で疲労困憊に至る持続的運動と、持続的運動と同一強度で10秒の休息を挟みながら10秒の運動を疲労困憊まで繰り返す高強度間欠的運動とし、それぞれを常酸素環境、海拔2500m相当の低酸素環境下において行った。各運動における運動時総酸素摂取量、総酸素借、さらには間欠的運動時には休息時の過剰酸素摂取量を測定し、真の総酸素借を定量した。

(2) 「至適条件に基づく低酸素環境における高強度間欠的トレーニングが、エネルギー

供給能力向上およびパフォーマンス向上への効果」に関する検討

被検者はよく鍛錬された競泳選手14名であり、常酸素環境(常酸素群:6名)、海拔4000m相当の低酸素環境(低酸素群:8名)でトレーニングを行う2群に分けた。トレーニングは、我々の先行研究、および昨年度の研究成果を踏まえ、最も刺激が高いと判断された高強度間欠的運動プロトコルを用いた。すなわち、10秒程度で疲労困憊に至る強度(泳速)において、5秒の運動を10秒の休息を挟みながら疲労困憊まで繰り返す高強度間欠的運動(概ね5回ほどで疲労困憊に至る)とし、それを20分間ほどの休息を挟んで1日2回、週5回の頻度で、4週間、流水プールで実施した。トレーニング前後に、エネルギー供給能力の指標として最大酸素摂取量、最大酸素借、力学的指標として最大推進パワー、泳速-抵抗関係、泳パフォーマンスの指標として50m泳記録を測定し、トレーニング効果を評価した。

4. 研究成果

(1) 持続的運動、間欠的運動における運動持続時間は、常酸素、低酸素の両条件間で有意な差は認められず、低酸素がパフォーマンスに及ぼす影響は認められなかった。また、間欠的運動では概ね5~6セット目で疲労困憊に達した。運動時間が長かったことから、間欠的運動における総酸素需要量の平均値は、持続的運動のそれと比較して1.7倍ほど高かった。運動時の総酸素摂取量も間欠的運動の方が有意に高かったが、低酸素環境における値は、常酸素環境におけるそれより有意に低く、その低減率はほぼ最大酸素摂取量のそれと同程度であった。尚、間欠的運動終了直前の酸素摂取量は、どちらの環境においてもその環境で得られた最大酸素摂取量レベルまで達していた。運動時の総酸素借、および運動時の総酸素借から休息時過剰酸素摂取量を引いた間欠的運動時の真の酸素借においても、両環境ともに持続的運動時の総酸素借より有意に高かった。さらに、低酸素条件においては、休息時の過剰酸素摂取量が常酸素環境のそれよりも有意に低かったことから、間欠的運動時の真の酸素借は、常酸素環境のそれよりも有意に高く、ほぼ最大酸素借レベルまで達していた。

(2) 4週間のトレーニング後、最大酸素摂取量は常酸素群において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加したが、その増加量は、低酸素群において有意に大きい値であった。最大推進パワーは、両群ともに増加傾向を示したが、その増加は低酸素群においてのみ、統計上有意であった。各被検者の泳速-抵抗関係式より得られた抵抗係数および抵抗指数には、両群ともにトレーニング前後で有意な変化は認められず、抵抗に関する影響は認められなかった。50m泳

記録は、常酸素群で6人中5名が、低酸素群では8名中全員が向上し、その記録の向上は統計上有意であった。ただし、泳記録の向上は低酸素群においてより大きいものであった。また、50m全力泳時のストローク指標についてみると、常酸素群にはストローク頻度、ストローク長のどちらにも有意な変化は認められなかったが、低酸素群においては、ストローク頻度の有意な増加が認められた。

以上、本研究をまとめると、

30秒程度で疲労困憊に至る強度で10秒の運動を10秒の休息を挟んで反復する間欠的運動は、同一強度で疲労困憊まで実施する持続的運動よりもより高い刺激をエネルギー供給系に与えることができ、有酸素性エネルギー供給機構には常酸素環境が、一方、無酸素性エネルギー供給機構には、低酸素環境の方がより高い刺激を与え得ることが明らかとなった。特に、短時間の運動で終了するにもかかわらず、常酸素環境では運動時の酸素摂取量はほぼ最大酸素摂取量に相当し、低酸素環境では真の酸素借がほぼ最大酸素借に達することは新たな知見であるが、常酸素、低酸素どちらの環境においても、両エネルギー供給系に最大の刺激を与えることができないことから、どちらのエネルギー供給系を強化するか、目的に応じて使い分ける必要があらう。

10秒程度で疲労困憊に至る強度(泳速)において、5秒の運動を10秒の休息を挟みながら5回繰り返す超短時間高強度間欠的運動トレーニングは、常酸素環境においては最大酸素摂取量、最大酸素借の両方を、低酸素環境においては、最大酸素借、最大パワー発揮の向上に有効である事が明らかとなった。その結果、両環境におけるトレーニングともに短距離泳パフォーマンスを改善させることに有効であるが、低酸素環境下で実施したほうが、よりスプリントパフォーマンスに影響する因子を効果的に改善させ得ることが明らかとなった。

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4件)

赤嶺卓哉, 萬久博敏, 高田大, 藤井康成, 添嶋裕嗣, 田口信教. 膝関節症例の身体機能に及ぼす水中運動の影響, 整形外科と災害外科, 査読有, 65: 815-818, 2016

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

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

赤嶺卓哉, 高田大, 萬久博敏, 藤井康成, 添嶋裕嗣, 田口信教. 膝関節症例の身体機能に対する水中運動の効果 - 全身・部位別体組成測定を含めて -, 整形外科と災害外科, 査読有, 65: 193-195, 2015.

[学会発表](計8件)

田口信教. 指導者養成を基盤とするコーチング, 九州体育・スポーツ学会第65回大会, 2016年9月16日-18日, 長崎国際大学(長崎県・佐世保市)

村崎光, 金高宏文, 田口信教, 萬久博敏. 大学競泳競技者のトレーニングにおけるストローク方略に関する研究 - 専門距離および競技パフォーマンスに着目して -, 九州体育・スポーツ学会第6回大会, 2016年9月16日-18日, 長崎国際大学(長崎県佐世保市)

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, 8月24日~26日, 大阪体育大学(大阪府泉南郡熊取町)

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年7月6日~9日, Vienna (Austria)

赤嶺卓哉, 萬久博敏, 高田大, 藤井康成, 添嶋裕嗣, 田口信教. 膝関節症例の身体機能に及ぼす水中運動の影響 - 全身・部位別骨密度測定(DXA法)を含めて -, 第130回西日本整形・災害外科学会学術集会, 2015年11月14日~15日, 宮崎市民プラザ(宮崎県宮崎市)

荻田太, 山中大祐, 田口信教. 抵抗測定装置における固定板間隔の違いが泳速-抵抗関係および最大推進パワーに及ぼす影響. 2015年日本水泳・水中運動学会年次大会, 2015年10月17日~18日, 日本女子体育大学(東京都世田谷区)

荻田太, 與谷謙吾, 田口信教. 簡便な定量法における水泳運動時推進効率の妥当性 - 従来式直接定量法との比較より -, 日本体育学会第66回大会, 2015年8月25日~8月27日, 国土館大学(東京都世田谷区)

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. 20th Annual Congress of European College of Sport Science, 2015年6月24日~6月27日, Malmö (Sweden)

〔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

田口 信教 (TAGUCHI Nobutaka)
鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学
系・教授
研究者番号：10171597

(2) 研究分担者

萬久 博敏 (MANKYU Hirotohi)
鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学
系・准教授
研究者番号：50239167

齊藤 和人 (SAITO Kazuto)
鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授
研究者番号：50170494
定年退職により平成 27 年度のみ

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

()