

機関番号：82632

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20700521

研究課題名（和文）異なる酸素濃度環境を用いたスプリントトレーニング効果の検討と実践
 研究課題名（英文）Effect of short-term sprint training under hypoxic or hyperoxic conditions on human skeletal muscle metabolism and exercise performance.

研究代表者

伊藤 穰（ITO OSAMU）

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・スポーツ科学研究部・研究員

研究者番号：00360727

研究成果の概要（和文）：本研究では、通常とは異なる酸素濃度の環境（低酸素環境、高酸素環境）を用いて、スプリント能力の向上に役立つトレーニング方法の開発について検討した。その結果、低酸素環境下における全力ペダリング運動は、通常的环境に比べて、筋のエネルギー代謝に影響（負荷）を与え、スプリントパフォーマンスを改善する可能性が示された。しかし、その効果には個人差が大きいため、今後、さらに検討していく必要がある。

研究成果の概要（英文）：We examined the way of the sprint training methods using hypoxic and hyperoxic environmental conditions. We suggested that sprint performance improved by maximal pedaling exercise under hypoxic condition more than normoxia through effects in muscle metabolism. However, the large difference in training effects among individuals should be the subjects of future studies.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：スポーツ生理学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学—スポーツ科学

キーワード：低酸素、高酸素、スプリント、トレーニング

1. 研究開始当初の背景

(1) オリンピックやサッカーワールドカップなどの国際大会に対する国民の盛り上がりは、現代社会におけるスポーツの果たす意義、役割の大きさを浮き彫りにしているものと思われる。我が国のトップレベルの競技者の国際舞台での活躍は、国民一人一人に感動と生きる勇気を与え、国全体の大きな活力を産むものと確信させる。

(2) 生まれ持った体格や身体能力、すなわ

ち身体資源に乏しい我々日本人にとっては、常に新たなトレーニング方法を開発していくことが極めて重要となる。その意味でも、通常より酸素濃度の低い環境を利用して「質」の高いトレーニングを行うことにより競技力の向上を目指す、いわゆる「低酸素トレーニング」は、日本人の限られた能力を最大限に高められる可能性のある有力なツールである。

(3) 近年、我々の研究によって、低酸素ト

レーニングが持久力（有酸素性能力）のみならず、短時間に発揮されるパワー、すなわちスプリント能力の向上に対しても有効であることが示され、高強度な運動形態を有する多くの競技のトレーニング現場に対して有益な示唆を与えた。

(4) 先行研究の中には、我々の研究とは逆に、通常より酸素濃度が高い環境（高酸素環境）を利用したトレーニングの効果を報告したものもあり、このことは、通常と異なる酸素濃度（低酸素あるいは高酸素）環境という普段のトレーニングでは得られない生体への刺激が、スプリント能力など比較的高強度な運動パフォーマンスの向上に対して有益である可能性を予測させる。

2. 研究の目的

(1) 低酸素環境、高酸素環境およびそれらの組み合わせを用いて、スプリント競技や球技など比較的高強度なスポーツ種目に対して効果的なトレーニング方法について明らかにすること。

(2) オリンピック等の国際大会における日本選手のさらなる飛躍に向け、上記で明らかになったトレーニング方法を実践すること。

3. 研究の方法

(1) 本研究の目的を達成するため、本研究では、以下の課題を設定した。

研究課題 1

異なる酸素濃度環境下におけるスプリント運動の負荷特性

研究課題 2

異なる酸素濃度環境を用いたスプリントトレーニング効果の検討

研究課題 3

異なる酸素濃度環境を用いたスプリントトレーニングの実践

(2) 研究課題 1 では、男子大学生 7 名を対象として、低酸素環境下（酸素分圧 14.5%）、高酸素環境下（酸素分圧 30.0%）および常酸素環境下において自転車エルゴメータを用いた 30 秒間の全力ペダリング運動を実施させた。負荷は、体重の 7.5 %とした。

異なる酸素濃度環境における全力ペダリング時の酸素利用の相違について検討するため、運動中および運動前後における酸素摂取量および筋酸素化レベルなどを測定した。酸素摂取量は、自動呼吸代謝測定装置

（Sensor Medics 社製 V-max21）を用いて breath-by-breath 法により測定した。また、近赤外分光装置（浜松ホトニクス社製、赤外

線酸素モニタ NIRO-300）のプロープを右脚の大腿前面（外側広筋の表面）に装着し、全力ペダリング中およびペダリング前後における筋酸素化レベルをモニタした。なお、筋酸素化レベルは、動脈血流遮断法を用いて被検者ごとに相対評価した。

一方、運動の前後に、筋バイオプシー法による筋サンプルの採取を実施することによって、筋中エネルギー基質の変化を比較した。

(3) 研究課題 2 では、男子大学生 15 名を対象して、低酸素環境（6 名）、高酸素環境（4 名）または常酸素環境（5 名）において、全力ペダリング運動を用いた 4 週間のトレーニング（週 2 回）を実施させた。

トレーニングの前後に、自転車エルゴメータを用いた 30 秒間の全力ペダリング運動を実施させ、ペダリングパワーの変化について調べた。また、研究課題 1 と同様に、近赤外分光装置を用いた筋酸素化レベルの測定を行い、運動後 30 秒ごとに各 10 秒間の阻血を行うことにより、全力ペダリング後における筋酸素消費速度の変化について検討した。

(4) 研究課題 3 では、競輪選手 3 名を対象として、低酸素環境および高酸素環境を用いた週 2 回のスプリントトレーニングを行い、その効果を検証した。

具体的には、酸素分圧 14.5%（標高 3,000m 相当）の低酸素環境下、および酸素分圧 30.0%の高酸素環境下において、それぞれ週 1 回ずつ、各自の自転車を用いたスプリントトレーニングを実施した。トレーニング内容としては、45 秒間と 15 秒間の全力ペダリング運動を 1 セットとして（試技間の休息時間は 60 秒）、これを 5 セット行わせた。トレーニングの期間は 12 週間とした。

トレーニング期間の前後に、自転車エルゴメータを用いた 30 秒間の全力ペダリングテストを行い、最高パワー及び平均パワーを測定した。また、実際の競技会時における走行タイムを参考にするとともに、走行時における被験者の感覚等についても、アンケートにより調査した。

4. 研究成果

(1) 研究課題 1 の結果、低酸素環境下と常酸素環境下との間には発揮パワーに差が認められなかったが、高酸素環境下における発揮パワーは、低酸素環境下および常酸素環境下に比べて高値を示す傾向にあった。

また、酸素摂取量は、運動中においては環境間に有意な差は認められなかったが、運動終了直後の 30 秒間においては、低酸素環境が常酸素環境に比べて有意に低値を示した。

一方、外側広筋の筋酸素化レベルは、運動

開始前の安静時においては、低酸素環境は常酸素環境に比べておよそ 80%程度と低値を示したが、高酸素環境と常酸素環境との間に有意な差は認められなかった。また、運動終了後においては、低酸素環境は常酸素環境に比べて筋酸素化レベルの回復速度が遅く、超回復（オーバーシュート）の程度も低値を示した。

さらに、低酸素環境下におけるペダリング直後の筋中乳酸濃度は、高酸素環境下および常酸素環境下に比べて高値を示す傾向にあった。

これらの結果から、高酸素環境下は常酸素環境下に比べて、骨格筋に大きなメカニカルストレス（物理的な負荷）を与えることができ、一方、低酸素環境下は常酸素環境下に比べて、代謝的な負荷を与えることのできる可能性が示された。

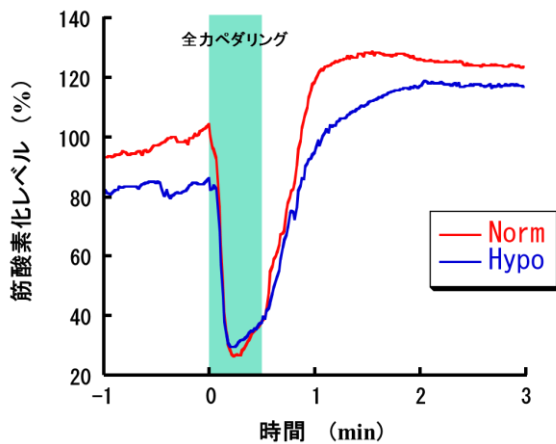


図1 常酸素環境下(Norm)および低酸素環境下(Hypo)における30秒間全力ペダリング運動時の筋酸素化レベルの変化。運動開始時を0分として示した。HypoはNormに比べて、安静時における筋酸素化レベルが低値を示し、また、運動後における回復が遅延する傾向が認められた。

(2) 研究課題 2 の結果、被験者の最高パワーおよび平均パワーは、低酸素トレーニング群が最も高い伸び率を示した。

一方、高酸素トレーニング群においては、最高パワーのみ向上する傾向を示し、運動後における血中乳酸濃度が他の群よりも高い傾向を示した。

近赤外分光装置を用いて測定した運動後における筋酸素消費速度は、低酸素環境においてのみ有意に向上し、高酸素環境では顕著な変化は認められなかった。

これらの結果から、低酸素環境下における全力ペダリング運動は、スプリント運動パフォーマンスの向上に効果的であることが示され、その理由としては、クレアチンリン酸など筋のエネルギー基質の回復速度の向上が、運動中においても影響している可能性のあることが考えられた。さらに、高酸素環境についても、短時間の最高パワーを向上させ

る可能性のあることが示され、両環境を用いたトレーニングを併用していくことが効果的である可能性が考えられた。

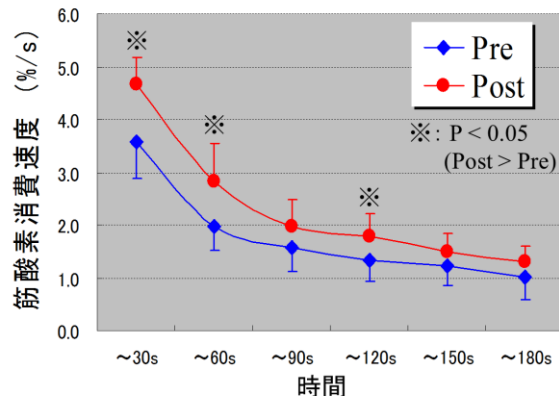


図2 低酸素環境下における30秒間全力ペダリング運動後の筋酸素消費速度の変化。低酸素環境下でのトレーニングにより、運動後の筋酸素消費速度が向上し、筋のエネルギー源であるクレアチンリン酸などの回復速度を高める可能性が認められた。

(3) 研究課題 3 の結果、自転車エルゴメータを用いて測定した競輪選手のペダリングパワーに有意な変化は認められなかったが、競技会時における走行タイムについては、3名中1名が自己ベストを更新した。

さらに、アンケート調査の結果、すべての被験者からスプリント後半におけるパワー持続能力が向上したなどの内証報告が得られた。

自転車エルゴメータのパワーが向上しなかった理由としては、トレーニング時に用いた負荷装置が各自所有の競技用自転車だったことが挙げられる。測定用の自転車エルゴメータでは、競技用自転車と同様のポジション（サドルやハンドル、クランクの長さなど）を再現することが出来なかったことから、パワーの向上を検出することが出来なかったものと考えられる。

(4) 今後は、スプリントの運動様式を含む様々な競技（格闘技や球技など）に応用し、日本独自の科学的トレーニングとして国際競技力の向上に貢献できるよう尽力していく。

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1件)

① 杉田正明、伊藤 稔、高地トレーニングのためのガイドライン及び有効活用に関する研究、日本オリンピック委員会スポーツ科学基金報告書、査読無、2009、44-57

〔図書〕（計4件）

①杉田正明、伊藤 穰、山形県上山市、高地トレーニングのすすめ～ナショナルトレーニングセンター高地トレーニング強化拠点施設の活用について～、2011、16

②杉田正明、伊藤 穰、飛騨御嶽高原高地トレーニングエリア推進協議会、岐阜県高山市・下呂市、高地トレーニングのすすめ、2011、8

③伊藤 穰、他（総監訳：宮永 豊）、西村書店、スポーツ科学・医学大辞典 スポーツ運動科学ーバイオメカニクスと生理学ー、2010、599-613

④伊藤 穰、他（監訳：川原 貴、鈴木康弘）、講談社サイエンティフィック、高地トレーニングと競技パフォーマンス、2008、256

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 穰 (ITO OSAMU)

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
研究部・研究員
研究者番号：00360727

(2) 研究協力者

居石 真理絵 (ORIISHI MARIE)

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・チーム「ニッ
ポン」マルチサポート事業・契約職員

八田 秀雄 (HATTA HIDEO)

東京大学大学院・総合文化研究科・教授