

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月6日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700613

研究課題名（和文） 高地環境における人工低酸素環境併用トレーニングの効果

研究課題名（英文） Effects of training at altitude using hypoxic environment

研究代表者

禰屋 光男（NEYA MITSUO）

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：30359640

研究成果の概要（和文）：自然環境の高地滞在と人工低酸素環境への曝露を併用したトレーニングがエリート競技者の総ヘモグロビン量や最大酸素摂取量の変化に及ぼす影響を検討した。研究対象者が限定されたため、統計学的な有意性は認められなかったが、平均値として、総ヘモグロビン量の増大が見られた。大学生中長距離選手では同様の形態でこれらの増大が過去の研究で認められたため、エリート競技者でも同様の効果が生じるかさらなる検証が必要と考えられる。また、2回の10日間の高地・低酸素暴露による総ヘモグロビン量の増加の可能性を検討したが、連続的に21日間滞在する場合に生じた総ヘモグロビン量の増加は認められなかった。

研究成果の概要（英文）：The effects of training of altitude accommodation and simulated altitude exposure on total hemoglobin mass and maximal oxygen uptake of elite endurance athletes. The statistical significance of the increase in these parameters could not be detected due to limited numbers of the subjects. But the average increase of total hemoglobin mass was found. The previous study showed the increase in these of college runners. Therefore, further study is needed to investigate the effects on elite athletes. In addition, the possibility of increase in total hemoglobin mass by twice 10 days exposure to altitude and hypoxia was investigated. The increase in Hbmass which increased by 21 days exposure to altitude and hypoxia was not detected.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：総合領域

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：高地トレーニング、総ヘモグロビン量

1. 研究開始当初の背景

自然環境の高地を利用したトレーニングでは、標高2500m程度が一般的に有効とされているが、日本国内でその環境を求めることは困難である。そこで人工低酸素環境を併用

することで、比較的標高の低い自然環境の高地を利用することも可能であると考えられた。

2. 研究の目的

標高1200～1800mでトレーニングを実施し、

睡眠時に標高 3000m に相当する人工低酸素環境に曝露されることにより、大学生陸上中長距離選手ではこれらの併用効果が認められたが、すでに持久性の運動能力が非常に高い水準にあるエリート競技者でも同様の方法で増血などの効果が生じるかどうかは不明であった。

また、曝露期間をより短縮してもヘモグロビン量や最大酸素摂取量の増大が生じるのかも検討課題として依然残っていると考えられた。

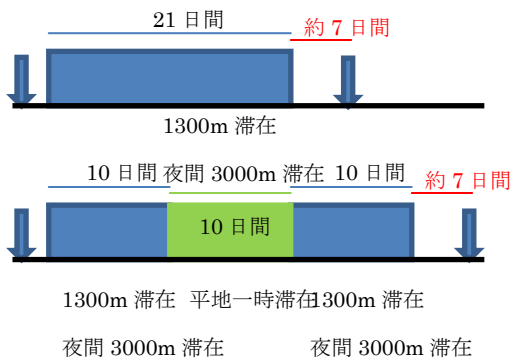
そこで、トップレベルの陸上中長距離選手が 21 日間の自然環境高地と睡眠時人工低酸素環境曝露を併用した場合の赤血球量および競技パフォーマンスの変化を滞在期間中のトレーニング量（距離や心拍数による相対的強度により評価）およびトレーニング実施の標高（1200～1800m）の調整により検証し、併用トレーニングの効果的な実施方法を検討すること、また、大学生陸上中長距離選手が同様の環境条件で中間に 10 日間の平地滞在を設定し、その前後に 10 日間ずつこの形態でのトレーニングを実施した場合のヘモグロビン量や最大酸素摂取量の変化を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

<対象者および期間>

日本国内のエリート持久性競技者 10 名を対象として標高 1200m において 21 日間の合宿を行った。対象者のうち、5 名 (HYP 群) は夜間睡眠時 (約 9～10 時間) に人工低酸素環境下 (標高 3000m 相当) に滞在し、残りの 5 名 (CON 群) は通常環境に滞在した。

期間中、昼間のトレーニングは周辺標高



1300m～1800m で実施した。(下図上段)

大学生陸上中長距離選手については 8 名を対象とし、全員が標高 1200m に滞在し、夜間睡眠時は標高 3000m 相当の人工低酸素環境に滞在した。期間中のトレーニングは標高 1300m～1800m 付近で実施した。期間は最初の 10 日間の滞在后、5 日間の平地滞在进行、その後再び 10 日間の高地低酸素環境滞在进行を実施した。(下図下段)

<期間前後の測定および評価>

最大酸素摂取量、総ヘモグロビン量の測定を行い、これらを効果の評価の基準とした。最大酸素摂取量はダグラスバッグ法により測定し、総ヘモグロビン量測定は一酸化炭素再呼吸法により実施した。これらの測定は実験期間の 2 週間から 3 日前までに、また、実験期間の 7 日から 10 日後までにそれぞれ実施した。

大学生中長距離学生については実験開始前と実験期間中の早朝に空腹時の採血を実施した。

血液はそれぞれ初期処理を施して冷蔵宅配により分析機関に搬送した。これらの分析により、血液性状の変化および生理ストレスマーカーの変動を評価した。

4. 研究成果

HYP 群については期間後に平均値としては酸素摂取量の低下 (ウォーキングエコノミーの向上) が見られたが、CON 群同様期間の前後で有意な差は認められなかった。

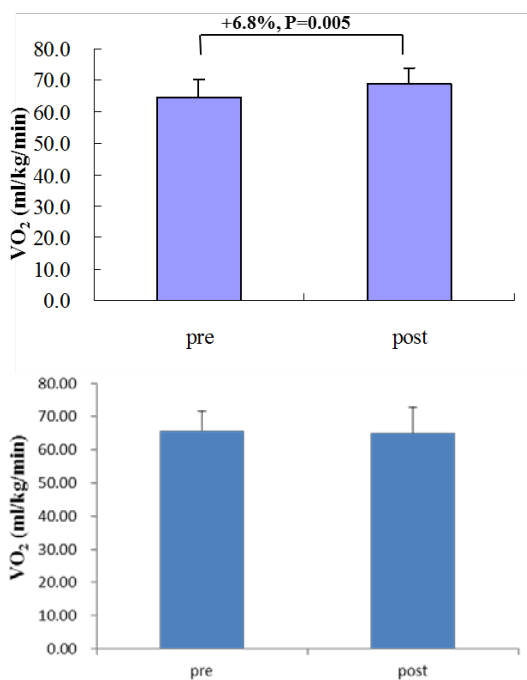
最大酸素摂取量は試合出場前などの理由で期間後は 6 名 (HYP 群 3 名、CON 群 3 名) のみ実施した。期間前後両方で測定を行った対象者については両群共に有意な差は認められなかった。

CON 群の体重当たりの総ヘモグロビン量は期間前が $15.5 \pm 1.5 \text{g/kg}$ 、期間後が $15.1 \pm 1.4 \text{g/kg}$ で有意な変化は認められなかった。一方、HYP 群は期間前が $14.6 \pm 1.1 \text{g/kg}$ 、期間後が $15.6 \pm 0.9 \text{g/kg}$ で平均としては増加したが、有意な増加は認められなかった。

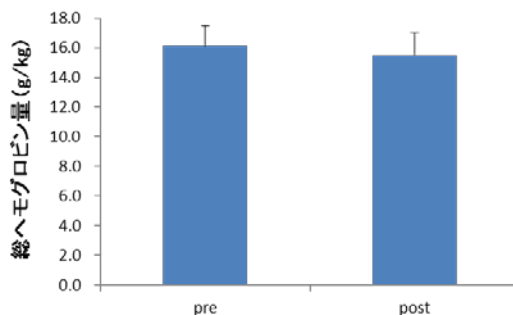
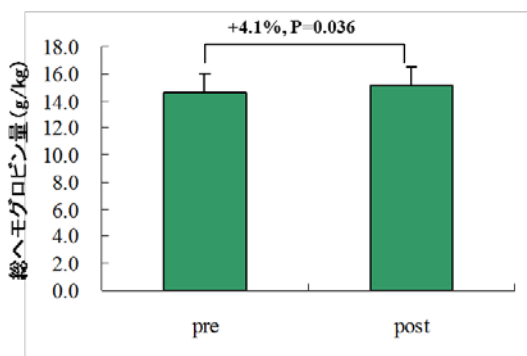
エリート陸上競技者については、最大下および最大運動時の酸素摂取量および血中乳酸濃度の変化は、被験者数および測定実施数の不足から十分な検討ができなかった。競技時間が長時間に及ぶことを考慮すると、最大下強度における酸素摂取量の低下 (ウォーキングエコノミーの改善) が競技パフォーマンスとして大きな要因となると考えられる。低酸素環境曝露により最大下強度における酸素摂取量の低下は報告されていることもあり、この点について今後例数を増やして評価をすることが重要と考えられる。

また、期間後に HYP 群については有意ではないものの総ヘモグロビン量が平均として増加したことから、本来ヘモグロビン量が一般人よりも多い持久性競技者でも、今回の人工低酸素環境を併用した 3 週間程度の高地トレーニングでヘモグロビン量の増大とそれに伴う有酸素性運動能力の亢進の可能性を期待することもできると考えられる。

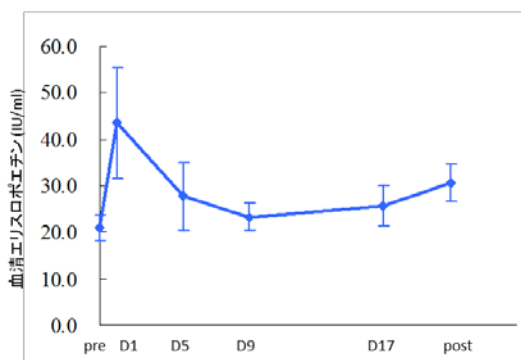
一方、大学生陸上中長距離選手については、今回の曝露形態では総ヘモグロビン量や最大酸素摂取量は増加しなかった。10日間ずつの高地低酸素滞在の間に5日間の平地滞在を設定したが、これを設定せず、連続的に21日間滞在した場合には陸上中長距離選手では総ヘモグロビン量や最大酸素摂取量の増加が過去の研究で認められた。最大酸素摂取量の結果は下図（上段=前回の21日間連続曝露時の結果、下段=今回の研究の結果）に示した。



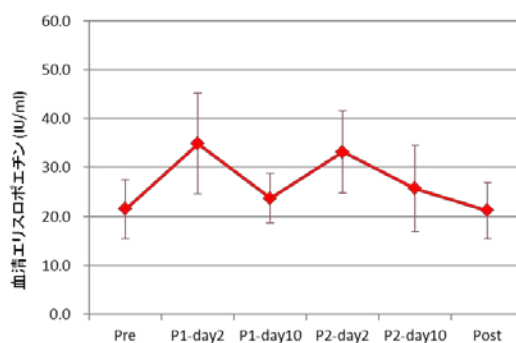
総ヘモグロビン量の結果は下図（上段=前回の21日間連続曝露時の結果、下段=今回の研究の結果）に示した。



そこで、低酸素環境に曝露された際に分泌が亢進される血清エリスロポエチン (EPO) の反応を比較した。下図は前回の研究において陸上中長距離選手が連続して20日間今回利用した環境条件と同じように滞在した際のEPOの反応である。



滞在初期に分泌が亢進し、その後低減し、9日目ではほぼ滞在前の濃度に低下している。一方、今回の研究では以下のような変化となった。



それぞれ2回の滞在初期(2日目)には滞在前と比較して、EPOは増大するものの、ピークの値が21日間の連続的な曝露の時と同様に滞在期間の経過とともに分泌量は低下した。これらの結果を比較した限りでは、EPOの分泌の度合いと総ヘモグロビン量の増加

との間には大きな関係がないと考えられた。

これらの結果から、標高1200～1800mの自然環境の高地と人工低酸素環境を併用したトレーニングによる総ヘモグロビン量や最大酸素摂取量の増大は競技者のレベルや曝露形態により生じる場合とそうならない場合があると考えられる。専攻の研究ではこれらの増大を確実に得るためには1日当たり12～16時間、で3週間以上、標高2500m以上の環境に滞在することが推奨されているが、この形態では日常生活やほかのトレーニングの実施の大きな制約になり、全体として競技力の向上につながるかどうか課題になると思われる。前回の研究で今回と同じ環境条件での滞在であっても、大学生陸上中長距離選手では総ヘモグロビン量や最大酸素摂取量は増大したことから、より競技レベルの高い競技者に対する処方についてさらなる研究が必要と考えられる。

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0件)

〔学会発表〕(計1件)

禰屋光男、飛騨御嶽高原高地トレーニングセンターを利用したトレーニングの効果、第14回高所トレーニング国際シンポジウム 2010 東京、2010年10月16日、東京

〔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

禰屋 光男 (NEYA MITSUO)
東京大学大学院・総合文化研究科・助教
研究者番号：30359640