生理機能及びAMSスコアに及ぼす低酸素室を利用したLHTHとLHTL法における一過性運動の影響

身体運動科学研究領域
5011A058-5　中山直哉　　研究指導教員：村岡　功　教授

【緒言】

高地トレーニングは、酸素運搬や利用能力の向上による、持久的種目での競技能力の向上を目的として始まった。高地馴化に加えトレーニング効果の相乗効果によって、平地以上のトレーニング効果を期待することができ、オリンピック選手など多くのトップアスリートに用いられて成果をあげているトレーニング法である。しかし、低酸素という特殊な環境の影響により、良好なコンディションの維持が非常に難しく、期待したトレーニング成果が得られないことや、途中で下山を余儀なくされることもある。高地トレーニングの初期ではトレーニング強度と量を減らす必要があると言われており、高地に順応できていない段階での運動がその原因の一つと考えられている。

高地トレーニングは従来、滞在とトレーニングともに高地で行う Living high-Training high (LHTH)が用いられてきた。Levine らは LHTH での高地では平地と同様な強度でのトレーニングを行えないことや、コンディションの維持が難しいという問題を克服する方法として、滞在は高地で行うが、トレーニングは低地で行う Living high-Training low (LHTL)を提唱した。

低酸素環境での運動や滞在では、IL-6 やカテコラミンの増加、交感神経活動の活性など、免疫系、内分泌系、自律神経系に対して平地環境とは違った応答を示すことが報告されている。しかし、LHTH と LHTL の 2 つの高地トレーニング様式間での生体影響を比較したものはない。

本研究では、低酸素環境に 24 時間滞在させた後の、低酸素環境に順応していないと考えられる段階で、平地環境と低酸素環境で一過性の運動を行わせ、LHTH と LHTL の 2 つの高地トレーニング様式間における生理的指標としての免疫系、内分泌系、自律神経系への影響の違いを検討し、それらと主観的指標としての AMS スコア(Acute Mountain Sickness Score)との関連性を明らかにすることを目的とした。

【方法】

被験者は過去 1 年間に高地環境に滞在していない男子大学生 7 名とした。

LHTH と LHTL の 2 試行を 2 週間の間隔をあけクロスオーバー法で実施した。低酸素環境(酸素濃度 15.4%、高度 2500m 相当)に 24 時間滞在した後、60 分間の運動を行わせ、運動 24 時間後までの影響を検討した。LHTL 試行では運動開始 1 時間前に平地環境(酸素濃度 20.93%)に移動し 8 時間滞在した。運動は自転車エルゴメーターを使用し、平地環境で測定した 45%VO_{2max} 強度で行った。LHTH と LHTL の 2 試行で同じ物理的運動負荷強度を課した。運動前、運動直後、運動 2 時間後、運動 24 時間後において、採血および唾液の採取を行い、乳酸、アドレナリン、ノルアドレナリン、コルチゾール、IL-6、IL-1ra、SIgA の分析を行った。また、起床時に心拍数(HR)、5 分間の心電図の測定および、AMS スコアへの記入を行った。

【結果】

1. 運動強度

運動中の HR は運動開始 30 分以降に試行間で有意差がみられ、低酸素環境での運動で高い値を示した。また自覚的運動強度(RPE)に関しては、低酸素環境での運動 30 分の時点で有意に高く、50

分、60 分の時点でも高い傾向がみられた。運動直後の乳酸濃度は低酸素環境で増加し、平地環境での運動と比較して有意に高かった。

2. 内分泌指標

血中のアドレナリン濃度は低酸素環境での運動直後で増加が認められた。また運動 24 時間後において、運動前と比較して高い値を示した。しかし、どの時点においても試行間での差はなかった(図1)。血中のノルアドレナリンとコルチゾール濃度には試行間での交互作用は認められなかったが、運動直後で増加が認められた。

3. 免疫指標

血中 IL-6 濃度は両試行で運動直後に増加した。また、運動直後の値は低酸素環境では平地環境での運動と比較して高い値を示した。IL-1ra および唾液指標である SIgA には変化がみられなかった。

4. 自律神経機能

低酸素環境滞在 24 時間後と 48 時間後の起床時心拍数および心拍変動からみた自律神経機能に変化は認められなかった。

5. AMS スコア

試行間での交互作用は認められなかったが、実験開始時と比較して、低酸素環境滞在 48 時間後の AMS スコアは高い値を示した(図 2)。

【考察】

運動時の HR および RPE、また運動直後の血中乳酸濃度は平地環境での運動と比較して低酸素環境での運動で高かったが、このことは物理的運動負荷強度を同じにしたため相対的な生体負担が低酸素環境での運動で高くなっていたことが考えられる。運動直後の血中の IL-6 濃度で試行間に差があった原因のひとつである可能性がある。しかし、本研究では IL-6 濃度の増加は先行研究と比較して小さく、内分泌系に関しては、試行間に差が認められなかった。

原因としては、比較的高度が低く酸素濃度が高かったことや運動強度が低かったことが考えられる。相対的に同じ運動強度を負荷した場合でも、運動直後の乳酸濃度が 1.7mmol/L 程度の運動ではストレスホルモンの変化に違いはなかったが、乳酸濃度が 5mmol/mL 程度の運動では、低酸素環境での運動でストレスホルモンの増加が大きかったことが報告されている。したがって本研究の高度 2500m 相当の酸素濃度で、60 分間の平地での 45%VO_{2max} 強度の運動では、低酸素の影響が小さく、翌日の AMS スコアや客観的指標にも高地トレーニング様式での違いが現れなかったと考えられる。

また、他のストレスホルモンや自律神経機能に変化が認められなかったものの、両試行で運動翌日にアドレナリン濃度が増加したままであったことから、低酸素環境での滞在および運動でアドレナリン濃度が上昇する可能性も示唆される。本研究では、睡眠障害が複数の被験者で観察されたことから、低酸素環境での滞在による睡眠障害が長期間続くことによる影響や、AMS スコアの高い者においてアドレナリンの血中濃度が高いことが認められたことからも、高地トレーニングによって交感神経活動の活性を引き起こし、コンディションへ影響を与える可能性も考えられることから、この点については今後さらなる検討が必要であると思われる。

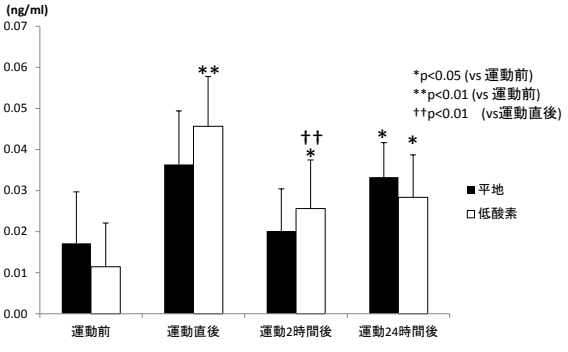

図.1 平地環境、低酸素環境試行におけるアドレナリンの変化

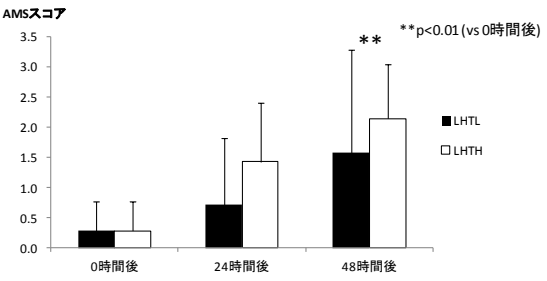

図2. LHTH、LHTL試行におけるAMSスコアの変化