

氏名	奥島 大
学位の種類	博士（体育学）
学位記番号	第33号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	平成26年3月24日
学位論文題目	スポーツ選手のための常圧低酸素環境を利用した事前 順化トレーニング法の検討
論文審査委員	主査 山本 正嘉 副査 荻田 太 副査 金久 博昭

論文概要

<背景・目的>

1,000m以上の高度では、酸素分圧の低下により運動能力が低下する。加えて競技中やトレーニング中には疲労が蓄積しやすく、その後の回復も遅れる。また2,500m以上の高所では、急性高山病や重症の高山病を引き起こす可能性もある。高所登山の分野では、この問題に対処するため、目的とする高所に赴く前に、自然の高所や人工の低酸素室を利用して短期間の低酸素曝露を行い、事前に低酸素に対する順化を獲得する試みが行われてきた（以下、事前順化トレーニング）。

近年では競技スポーツの分野でも、高所での競技会やトレーニングに赴く前に、事前順化トレーニングが行われている。この場合、高度2,000m前後の高所、あるいはそれに相当する酸素濃度環境下で、中強度の運動を実施することが多い。しかしその内容は、実施者や指導者の主観的な裁量によるものが多く、客観的なデータを示した研究はほとんどない。

そこで本研究では、スポーツ選手が利用することを念頭において、事前のコンディショニングとして、常圧低酸素環境を利用して行う事前順化トレーニング方法を検討するために、以下の3つの研究を行った。

<研究 1-1>

乳酸性作業閾値（LT）に相当する強度の連続的な持久運動を用いて、高度2,500mに相当する低酸素環境で1週間のうちに6回的事前順化トレーニングを行った。その結果、事前順化トレーニング後には、低酸素環境下において、LTおよび血中乳酸蓄積開始点（OBLA）に相当する運動強度の低下が5-10%程度軽減した。この原因として、動脈血酸素飽和度（SpO₂）の変化や、交感神経活動の指標であるLF/HFの変化が影響していると考えられた。

<研究 1-2>

サッカーなどの間欠的な競技種目を念頭に置いて、高度 2,500m に相当する低酸素環境で、間欠的な持久運動を用いて 2 週間のうちに 5 回の事前順化トレーニングを行った。運動強度は、血中乳酸濃度で 6mmol/L に相当するものであった。その結果、事前順化トレーニング後には、低酸素環境下における間欠的運動時の仕事率や、LT や OBLA に相当する運動強度の低下が 10%前後軽減した。また、呼吸を制御した際の自律神経機能についても検討したところ、交感神経活動の指標である LF/HF は事前順化トレーニング後に有意に低減していた。したがって、本事前順化トレーニングの効果は、SpO2 の増加や LF/HF の低減といった循環系指標の変化によってもたらされていると考えられた。

<研究 2>

事前順化トレーニングを 2,500m 相当高度以外の環境で行うことを想定して、運動強度の設定に関する目安を得ることを目的に、様々な相当高度の常圧低酸素環境下において、運動強度および生理応答の相互関係について検討した。その結果、換気量、心拍数や血中乳酸濃度といった指標は、相対的運動強度に対して、酸素濃度に関係なく同一の回帰直線あるいは回帰曲線上に位置したが、SpO2 のみは酸素濃度ごとに異なる位置を示した。したがって SpO2 は、低酸素環境がもたらす生理的刺激を、最も直接的に反映する指標であると考えられた。そこで、相当高度と SpO2 の値をもとに、他の指標との関係が一覧できるダイアグラムを作成した。これは、事前順化トレーニングを行う際の運動強度の設定に活用できると考えられた。

<総括論議>

研究 1 の結果から、本研究で用いた 2 種類の事前順化トレーニングは、低酸素環境下での LT および OBLA に相当する運動能力の低下を 5-10%程度軽減できることが明らかとなった。本手法を用いると、1-2 週間のうちに 5 回前後のトレーニングを行うことで前記の効果が得られる。運動様式は、陸上競技長距離や自転車競技など長時間一定の強度で運動する競技では連続的な持続運動を、球技のように間欠的な形式で運動する競技では間欠的な持続運動を用いる、といった選択が可能であると言える。

このような事前順化トレーニングの効果を確認する指標として、従来から利用されている SpO2 に加えて、自律神経活動の変化についても検討した。その結果、LF/HF については SpO2 と類似した変化が認められたことから、この指標もトレーニング効果の評価に利用できると考えられた。

なお本研究では、高度 2,500m に相当する低酸素環境のみで事前順化トレーニングを行ったが、異なる相当高度で同様の事前順化トレーニングを行う際には、研究 2 で作成したダイアグラムが運動強度を設定する上での参考資料になると考えられる。

<結論>

本研究における 3 つの研究結果から、スポーツ選手を対象とした事前順化トレーニングとして、高度 2,500m 程度に相当する低酸素環境下において、低～中強度の連続的あるいは間欠的運動を、1-2 週間の期間中に 5 回前後行うことで、同一相当高度の低酸素環境下にお

ける運動能力の低下を軽減できることが明らかとなった。また、異なる酸素環境下でトレーニングを行う際には、酸素濃度、運動強度と各生理指標の関係を一覧化したダイアグラムが、運動強度設定の参考資料になると考えられた。

論文審査の要旨

スポーツ選手が高所で競技会を行う際や、高地でのトレーニングに赴く際、事前のコンディショニングを行わずに出かけると、パフォーマンスの低下が起こったり、疲労しやすく回復もしにくい、といった問題が生ずる。

本研究では、これを防止するための、低酸素環境に対する「事前順化トレーニング」法について、実験的に検討した。研究1では、2500m 相当の低酸素環境下で、低～中強度の運動を1～2週間の期間内に5～6回行うこと（1日当たりの低酸素曝露時間は1時間程度）により、高所でのパフォーマンス低下を抑止できることについて、持続的運動および間欠的運動という2種類の運動様式を用いて示した。また、研究2では、1500m から 3500m までの低酸素環境下での、各種生理応答の対応関係を明らかにし、事前順化トレーニングを効果的に実施するための基礎資料を示した。