

## 常圧低酸素環境での低負荷運動におけるエネルギー代謝への影響 —酸素濃度 14.5%と 20.9%での脂肪酸化率, ブドウ糖酸化率の比較—

片山 訓博<sup>1,2)</sup>, 大倉 三洋<sup>1)</sup>, 山崎 裕司<sup>1)</sup>, 重島 晃史<sup>1,2)</sup>, 藤本 哲也<sup>2)</sup>, 藤原 孝之<sup>2,3)</sup>

1)高知リハビリテーション学院 理学療法学科, 2)信州大学大学院総合工学系研究科, 3)郡山健康科学専門学校

**key words** 常圧低酸素環境・低負荷運動時・エネルギー代謝

### 【はじめに】

標高 1000~3000 m に居住する高地住民には, 冠心疾患や高血圧症などの発生率が低く, 長寿者が多いことが知られている。また, 高地トレーニングが脂質糖質代謝の改善に有効なことが指摘されている。しかし, 高地トレーニングや低圧低酸素環境下でのトレーニングを実現することは物理的, 経済的に極めて困難である。また, 低酸素環境における高強度のトレーニングは, 重度の低酸素血症を誘発する可能性が高い。心疾患や肺疾患を合併することが少なくない中高年者の生活習慣病予防を目的とした運動としてはリスクが高い。近年, 比較的簡易な装置を用いて常圧環境下で低酸素環境を作り出すことが可能となっている。もし, 常圧の低酸素環境によって運動時のエネルギー代謝に好影響が与えられるとすれば, 効果的なトレーニング環境が容易に実現できる可能性がある。本研究では, 常圧低酸素環境における低強度運動時のエネルギー代謝応答を測定し, 運動療法施行時の環境としての有用性について検討した。

### 【方法】

対象は健康成人男性 13 名で平均年齢 21.2 (20—22 歳), 平均身長 168.8 ± 4.7cm, 平均体重 62.6 ± 5.1kg, 平均体表面積 1.72 ± 0.08 m<sup>2</sup> であった。被験者は前日の夕食以降絶食として翌日の午前中に測定を実施した。研究の条件は, 常圧下での低酸素濃度環境 (以下, 低酸素) (酸素濃度 14.5%, 0.7atm, 高度 3,000m 相当) および通常酸素濃度環境 (以下, 通常酸素) (酸素濃度 20.9%, 1.0atm) とした。低酸素は, 藤原らの特許を用いた塩化ビニール製テント (容積 4.0 m<sup>3</sup>) と膜分離方式の高・低酸素空気発生装置 (分離膜: 宇部興産製 UBEN2 セパレーター, コンプレッサー: アネスト岩田製 SLP-22C) を用いて設定した。各条件での測定は, 先ず通常酸素条件で行い, その後 1 週間の間隔を設けて低酸素条件で実施した。両条件とも 30 分間の安静椅子座位後, 嫌気性代謝閾値 (以下, AT ポイント) の 70% 定量負荷による自転車エルゴメータ運動 (回転数は 55 回/分) を 30 分実施した。呼気ガス分析は, エアロモニター (AE-300S ミナト医科学製) を用いた。各データは安静開始から終了まで 1 分間隔で測定し, 5 分間毎の平均値で比較検討した。NU (尿中窒素排出量/分) は 0.008g/分 で一定とした。LOR (mg) = 1.689 × (VO<sub>2</sub> - VCO<sub>2</sub>) - 1.943 × NU, GOR (mg) = 4.571 × VCO<sub>2</sub> - 3.231 × VO<sub>2</sub> - 2.826 × NU で得られた LOR, GOR は体表面積で補正した。統計学的手法は, Willcoxon の符号付順位和検定を用い, 有意水準は危険率 5% 未満とした。

### 【倫理的配慮、説明と同意】

対象者には, 研究の主旨・内容および注意事項について説明し, 同意を得たのちに実験を開始した。

### 【結果】

被験者の AT ポイント 70% における自転車エルゴメータの負荷量は, 47.5 ± 5.3watt であった。LOR は, すべての stage において低酸素条件より通常酸素条件が有意に高値を示した (p < 0.05)。GOR は, 運動時全ての stage において低酸素条件が通常酸素条件より高値を示した (p < 0.05)。低酸素条件における運動時 GOR は通常酸素条件よりも平均で 191.1mg/min/m<sup>2</sup> 大きく, 逆に運動時 LOR は, 低酸素条件で平均 37.5mg/min/m<sup>2</sup> 小さかった。

### 【考察】

低常圧低酸素環境への暴露後の運動が呼吸循環代謝応答に与える影響について分析した。GOR は, stage において低酸素条件が通常酸素条件より高値を示した。高地環境における低酸素血症では, ミトコンドリア内では有機的解糖が阻害されるため, ミトコンドリア脱共役タンパク質の減少で代償が図られる。それとともに, 嫌气的解糖による ATP 合成効率を増やして ATP 不足を補う結果, グルコース利用が増加し, 血糖値が低下する。結果として, インスリン分泌も低下し, インスリン感受性の改善がもたらされることが報告されている。今回の常圧低酸素環境でも同様の効果によりグルコースが多く利用されたと考えられる。低酸素条件における GOR は 30 分間の運動中平均は 191.1mg/min/m<sup>2</sup> 通常酸素条件よりも大きく, これは通常酸素条件の GOR の 27.5% に相当した。このことは今回の常圧低酸素設備でも, 糖質利用が促進されることを示している。よって, 常圧低酸素環境は糖質代謝を促進する必要がある対象者にとって有益なトレーニング環境となる可能性がある。

### 【理学療法学研究としての意義】

低圧低酸素環境では, 安静時代謝の亢進および脂質代謝が改善され, より効果的な減量が可能であると報告されている。常圧低酸素環境においても同様の効果が生じる可能性が示唆され, 生活習慣病や減量を目的とした理学療法を施行する時の環境として利用できると思われる。