

運動時の呼吸循環応答に及ぼす 低酸素暴露後の影響について

名古屋大学 片山 敬章
(共同研究者) 同 石田 浩司
豊田工業大学 斉藤 満

Respiratory and Cardiovascular Responses to Exercise after Hypoxic Exposure

by

Keisho Katayama, Koji Ishida
Nagoya University
Mitsuru Saito
Toyota Technological Institute

ABSTRACT

The aim of this study was to clarify the sympathetic nerve activity and cardiovascular response to dynamic exercise following hypoxic exposure. We determined muscle sympathetic nerve activity (MSNA), heart rate (HR), and arterial blood pressure (BP) during leg cycle exercise after hypoxic exposure, and compared these variables during exercise without hypoxic exposure. MSNA was measured from the right median nerve using the microneurographic technique. The experiments were performed on 2 separate days as the following, 1) baseline at rest for 5 min in normoxia, 2) breathing hypoxic or normoxic gas mixture at rest for 20 min (arterial O₂ saturation, 77.5 ± 1.4% in hypoxia and 96.5 ± 1.6% in normoxia, mean ± SE), 3) breathing normoxic gas at rest for 10 min, 4) two consecutive 10-min exercises using the bicycle ergometer at 40% and 70% of peak oxygen uptake ($\dot{V}O_{2peak}$) in normoxia. Hypoxic exposure led to significant (P<0.05) increases in minute ventilation (\dot{V}_E), HR, MSNA burst frequency (MSNA BF). \dot{V}_E

and HR returned to baseline levels after the cessation of hypoxia, whereas hypoxia-induced increased MSNA BF persisted after the return to normoxia. During leg cycle exercise, MSNA BF increased significantly ($P<0.05$), but the magnitude of the increased MSNA BF following hypoxic exposure did not differ from that without hypoxic exposure. There were no significant differences in HR and BP responses to cycle exercise with or without prior hypoxic exposure. These results suggest that prior short-term hypoxic exposure does not affect the sympathetic nerve activity and cardiovascular response to exercise.

要 旨

本研究の目的は、低酸素暴露後の運動時における呼吸循環応答を明らかにすることである。健康男性8名を被験者とした。5分間の通常酸素ガス吸入による安静後、低酸素ガスあるいは常酸素ガスのいずれかを20分間吸入した。低酸素試行では吸気ガスを低酸素ガス発生装置より供給し、動脈血酸素飽和度 (SaO_2) が75-80%になるように吸気酸素濃度 (FiO_2) を調節した ($FiO_2=0.10-0.12$)。低酸素ガス吸入後、吸気ガスを常酸素に戻し、10分間維持した。その後、常酸素下において、40%および70%最高酸素摂取量強度の運動を自転車エルゴメータを用いてそれぞれ10分間実施した。測定項目は、換気量 (\dot{V}_E)、 SaO_2 、心拍数 (HR)、血圧 (BP)、筋交感神経活動 (MSNA) などとした。MSNAは微小神経電図法を用いて肘窩部正中神経より記録した。低酸素ガス吸入中は、換気量 (\dot{V}_E)、心拍数 (HR)、MSNA活動の有意な上昇が認められた。 \dot{V}_E およびHRは常酸素に戻した後に低酸素暴露前の値へ戻ったが、低酸素暴露による増加したMSNA活動は常酸素環境でも持続した。運動によりMSNA活動は増加したが、事前の低酸素ガス吸入による影響は認められなかった。これらの結果から、短時間の低酸素暴露が引き起す筋交感神経活動の過剰な亢進は、その後の運動時の交感神経活動および循環応答に

影響しないことが示唆された。

緒 言

高所・低酸素環境は、平地での持久的パフォーマンスを向上させるために、数多くのアスリートにより使用されてきた。以前は高所滞在や低圧室が用いられてきたが、多くの費用が必要とされ、また低圧室利用も少数の施設に限られていた。しかしながら、近年、簡易型の低酸素ガス発生装置が開発されたことにより、常圧(平地)環境における低酸素室や低酸素テントが普及し、アスリートのみならず、一般健康人においても低酸素トレーニングや高所登山前の馴化獲得ための利用が多くなっている。

低酸素刺激は、換気の増加を引き起すと同時に、心拍数や血圧の増加など循環系にも影響を及ぼす。これらの循環系の調節には自律神経系が関係している。実際に、ヒトで微小神経電図法を用いた研究において、急性および慢性的な低酸素環境への暴露が、筋交感神経活動を増加させることが明らかにされている¹⁻⁵⁾。興味深いことに、低酸素刺激を除去すると、換気量、心拍数、動脈血酸素飽和度 (SaO_2) は暴露前のレベルへ戻るが、筋交感神経活動の増加は低酸素刺激を取り除いた後も持続することが報告されている^{3,6,7)}。

動的な運動が交感神経活動を増加させ、運動時の循環調節に重要な役割をはたしていることは良

く知られている⁸⁻¹¹⁾。前述したように、常圧低酸素環境への暴露は手軽に行えることから、暴露後直ちに通常酸素環境に戻り、運動や激しいトレーニングを実施することが可能である¹²⁾。この場合には、運動トレーニングが交感神経活動の亢進した状況下で実施されることが推測される。さらに、低酸素刺激は末梢化学受容器を介した交感神経の活動感度を増加させること^{3, 5, 13)}、運動中には末梢化学受容器の感受性が増加することも報告されている¹⁴⁻¹⁶⁾。したがって、低酸素暴露後に運動を実施すると、交感神経活動が過剰に亢進することが推測される。交感神経活動の過度の亢進は、通常酸素環境下の運動では必ずしも有利とはいえ、過剰な昇圧応答などの循環系リスクをもたらす可能性も考えられる。

そこで、本研究では低酸素暴露後の運動時における呼吸循環応答を明らかにすることを目的とした。