

研究種目： 若手研究(B)
 研究期間： 2008 ～ 2009
 課題番号： 20700523
 研究課題名（和文） 低酸素環境における運動時の呼吸循環調節メカニズムの解明
 研究課題名（英文） Respiratory and cardiovascular regulations during exercise in hypoxia

研究代表者
 片山 敬章 (KATAYAMA KEISHO)
 名古屋大学・総合保健体育科学センター・准教授
 研究者番号： 40343214

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、低酸素環境における安静時および運動時の呼吸循環応答を明らかにすることであった。実験 1；安静状態にて 20 分間の低酸素ガス吸入前後に血流依存性血管拡張能（flow-mediated vasodilation, FMD）を測定した。低酸素ガス（12%O₂）吸入により、有意な FMD の増加が認められ、低酸素環境が血管内皮機能を向上させることが明らかとなった。実験 2；運動には自転車エルゴメータを用いた。常酸素（21%O₂）または低酸素（12.7%O₂）ガスを吸入しながら、最大運動の 40%強度および 60%強度の運動を実施した。低酸素環境下の運動時血圧応答および筋交感神経活動反応は、常酸素環境のそれとは異なる結果となった。これらの結果から、運動時の血圧調節に動脈血酸素含量が影響する可能性が考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of the present study was to elucidate respiratory and cardiovascular responses at rest and during exercise in hypoxia. Study 1; the subjects breathed hypoxic gas mixture (12%O₂) for 20 min. Flow-mediated vasodilation (FMD) was measured before and after hypoxic exposure. FMD was increased after acute hypoxia, suggesting that acute hypoxic exposure could improve endothelial function. Study 2; the subjects performed cycle exercise at 40% and 70% of maximal exercise intensity in normoxia (21%O₂) and hypoxia (12.7%O₂). Arterial blood pressure and muscle sympathetic nerve activity during exercise in hypoxia (hypoxic condition) differed from those in normoxia. These results suggest that arterial oxygenation could affect arterial blood pressure regulation during exercise.

交付決定額

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：低酸素環境，運動，呼吸循環

1. 研究開始当初の背景

これまで、高所・低酸素環境における運動トレーニングは、競技力向上のために数多くのアスリートにより用いられてきた。しかしながら、簡易型の低酸素ガス発生装置が開発されたことにより、アスリートのみならず、一般健常人においても低酸素環境での運動やトレーニングが行われるようになっていく。近年では、低酸素環境と運動との組み合わせは、生活習慣病の予防・改善に有効である可能性も考えられており、今後も低酸素環境の利用は増加すると思われる。しかしながら、低酸素環境における運動時の呼吸循環動態や調節メカニズムについては不明な点が多く、基礎データが不足している。

2. 研究の目的

低酸素環境における安静時および運動時の呼吸循環応答を明らかにすること。

3. 研究の方法

(1) 20分間の低酸素ガス吸入前後における、呼吸循環パラメータおよび血管内皮機能の指標である、Flow-mediated dilation (FMD)を測定した。

(2) 運動には、リカンベント式の自転車エルゴメータを用いる。被験者は、常酸素(21%O₂)および低酸素ガス(12.7%)を吸入しながら多段階漸増負荷を用いて最大酸素摂取量を測定した。その後、40%および60%運動強度を算出し(両環境で相対的運動強度は同じ)、常酸素および低酸素環境において、それぞれ15分間の運動を実施し、呼吸循環応答を測定した。

4. 研究成果

(1) 20分間の低酸素ガス吸入により、FMDに有意な増加が認められた。この結果から、急性の低酸素暴露は、血管内皮機能を向上させることが明らかとなり、低酸素環境が心血管疾患の予防・改善に利用できることが示唆される。しかしながら、低酸素環境に対する適応は、低酸素環境の濃度、時間、期間により異なることが考えられる。今後は、異なる低酸素の濃度および時間による適応を明らかにする必要がある。

(2) 運動時の心拍数に両環境間で差は認められなかった。一方、低酸素環境での運動時の血圧は、常酸素環境と比較して低い傾向が見られた。微小神経電図法を用いた筋交感神経活動は、40%運動強度では、低酸素環境よ

り常酸素環境において高く、70%運動強度では低酸素環境が低値を示す傾向が認められた。これらの結果から、動脈血の酸素含量の

違いが運動時の血圧調節に影響していることが示唆される。血圧調節に係るものとして、体液性の要因も考えられる。本研究では、採血も実施していることから、血圧調節に係るカテコラミンやホルモンなどについても分析し、検討を(継続する。)行う予定である。

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3件)

- ① Katayama, K., et al. Muscle deoxygenation during sustained and intermittent isometric exercise in hypoxia. *Med Sci Sports Exerc.* in press, 査読有
- ② Katayama, K., et al. Substrate utilization during exercise and recovery at moderate altitude. *Metabolism.* 59: 959-966, 2010 査読有
- ③ Katayama, K., et al. Effect of two durations of short-term intermittent hypoxia on ventilatory chemosensitivity in humans. *Eur J Appl Physiol* 105: 815-821, 2009, 査読有

[学会発表] (計5件)

- ① 藤田理, 片山敬章ら. 低酸素吸入が血流依存性血管拡張能に及ぼす影響. 東海体育学会第57回大会, 2009 (愛知県).
- ② 片山敬章ら. 準高所環境での有酸素運動が、エネルギー代謝に及ぼす影響. 第64回日本体力医学会大会, 2009 (新潟県).
- ③ Katayama, K., et al. Muscle deoxygenation and electromyographic activity during isolated muscle exercise in hypoxia. *American College of Sports Med 56th Annual Meeting*, 2009, USA.
- ④ Katayama, K., et al. Ventilatory chemosensitive adaptation to intermittent hypoxic exposure. *The 16th International Hypoxia Symposium*, 2009, Canada.

- ⑤ 片山敬章ら，低酸素暴露後における運動時の呼吸循環応答について．第 63 回日本体力医学会大会，2008（大分県）．

〔図書〕（計 3 件）

- ① Katayama, K. Effect of intermittent hypoxia on hypoxic ventilatory response, In: Physiology and pathophysiology of intermittent hypoxia. Eds. X. Lei and T.V. Serebrovskaya, Nova Science Publishers, Inc. NewYork, 281-296, 2009.

Katayama, K., and Amann M. Arterial oxygen delivery and muscle fatigue. In:

- ② Advances in neuromuscular physiology of motor skills and muscle fatigue. Ed. Shinohara M., Research Signpost, Kerala, 327-350, 2009.

- ③ 片山敬章．運動時の換気応答，身体トレーニング（宮村実晴編集），254-260，真興交易（株）医書出版部，東京，2009．

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片山 敬章 (KATAYAMA KEISHO)
名古屋大学・総合保健体育科学センター・
准教授
研究者番号：40343214

(2) 連携研究者

石田 浩司 (ISHIDA KOJI)
名古屋大学・総合保健体育科学センター・
教授
研究者番号：50193321

齊藤 満 (SAITO MITSURU)
豊田工業大学・工学部
教授
研究者番号：80126862