

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：82632

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K24304

研究課題名(和文)軽度高気圧酸素の環境を利用した免疫機能の向上方法の検討

研究課題名(英文)Examination of methods for improving immune function using a mild hyperbaric oxygen

研究代表者

竹村 藍 (Takemura, Ai)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ研究部・契約研究員

研究者番号：20845903

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：軽度高気圧酸素の環境(1.3気圧、約30%酸素、MHO)を使用して、免疫機能、及び、気分の低下を向上させられるかどうかを検討した。一般健康者は、予備心拍数の75%の運動負荷での1時間にわたるペダリング運動後、1時間にわたってMHO、もしくは通常環境(CON)へ滞在した。MHO群では、安静座位20分から40分後の平均心拍数がCON群と比較して低下した。環境による免疫機能への影響は認められなかった。MHO群では、運動によって生じる疲労-無気力と緊張-不安の上昇、及び、総合的な気分障害が改善した。本研究から、トレーニング等の高強度運動後の疲労感軽減にMHOを使用できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高強度トレーニングの実施後の免疫機能や主観的な気分の低下を防ぐことは、健康維持や、アスリートのパフォーマンス向上にとって重要である。軽度高気圧酸素の環境は、怪我や身体障害、高齢などで長期にわたって運動の実施が困難な場合にも使用できる。軽度高気圧酸素の環境下における身体の代謝能力の向上が、免疫機能や疲労感に及ぼす影響は、これまでに研究されていなかった。本研究の結果から、トレーニング等の高強度運動後のリカバリーに、特に疲労感の軽減という点で、軽度高気圧酸素を使用できる可能性が示された。アスリートやスポーツ愛好家の健康、及び、パフォーマンス維持に繋がる重要な成果を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to examine the effects of mild hyperbaric oxygen (MHO) at 1.3 atmospheres absolute with approximately 30% oxygen on immunity and mood disturbance induced by high-intensity exercises. In a randomized crossover design, ten healthy adult men completed 2 trials: the control (CON) trial and the MHO trial. Each subject cycled for 60 min at the physical work capacity at 75% of their maximal heart rate. Subsequently, they were exposed to the CON and MHO conditions for 60 min as the recovery period. The averaged heart rate during the 20 to 40 min recovery time points was lower in the MHO trial than in the CON. There are no differences in immunity response between two trials. The fatigue-inertia, tension-anxiety, and total mood disturbance scores decreased at 60 min after the exercise in the MHO trial, but there were no differences of these scores in the CON trial. These results suggest that impaired mood states induced by high-intensity exercise can be improved early by MHO.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：軽度高気圧酸素 疲労感 免疫機能

## 1. 研究開始当初の背景

高強度トレーニング実施後の免疫機能や主観的な気分の低下を防ぐことは、健康維持や、アスリートのパフォーマンス向上にとって重要である。高強度運動後に免疫機能が低下する一方で、適度な運動の継続は免疫機能を高めることが報告されている (Nieman DC, 1994)。また、激しい運動や長時間の運動によって疲労感が生じることは経験的によく知られている。

一方、軽度な高気圧酸素の環境（1.3気圧、約30%酸素）に滞在することによって、酸化ストレスを上げることなく血流や血中酸素飽和度、基礎代謝を向上させられる (Ishihara A et al., 2014)。軽度な高気圧酸素の環境への滞在による細胞や組織への十分な酸素の供給は、細胞内のミトコンドリア活性を向上させて、身体の有酸素的な代謝能力を向上させる (Takemura A et al., 2017)。ミトコンドリア機能と免疫機能には関連があることが報告されており (Chen Y et al., 2018)、軽度な高気圧酸素の環境への滞在によって免疫機能を向上させられるのではないかと考えた。また、軽度な高気圧酸素下での血流の上昇によって、運動で生じた疲労物質が早期に代謝されて、運動後の疲労感を軽減させることができるのではないかと考えた。軽度な高気圧酸素の環境下における身体の代謝能力の向上が、免疫機能や疲労感に及ぼす影響は、これまでに研究されていない。軽度な高気圧酸素の環境は、怪我や身体障害、高齢などで長期にわたって運動の実施が困難な場合にも使用できる。

## 2. 研究の目的

本研究では、軽度な高気圧酸素の環境（1.3気圧、約30%酸素）を使用して、高強度運動後に生じる免疫機能、及び、気分の低下を向上させられるかどうかを明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

一般健常者（10名）は、事前にエアロバイクを使用して決定された予備心拍数の75%の運動負荷で、1時間にわたって自転車エルゴメーターのペダリング運動を行った。運動後、被験者は1時間にわたって軽度な高気圧酸素の環境（1.3気圧、約30%酸素）、もしくは通常環境（1気圧、20.9%酸素）へ座位姿勢で滞在した。環境下への滞在は、クロスオーバーでランダムに行った。

軽度な高気圧酸素、もしくは通常環境への滞在中に、心拍数と血中酸素飽和度を測定した。また、環境下への滞在前後の唾液の分泌型免疫グロブリンA分泌速度を測定することで、免疫機能を評価した。分泌型免疫グロブリンAの測定にはELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay)を使用した。運動前、運動後、環境下への滞後に、疲労感を含む気分尺度をPOMS2 (Profile of Mood States 2nd Edition) 試験を使用して評価した。

## 4. 研究成果

高強度運動後に安静時の約1.5倍だった心拍数は、その後1時間かけて安静時の1.3倍にまで低下した。軽度な高気圧酸素の環境へ滞在させた群では、気圧が1.3気圧に維持された安静座位20分から40分後の平均心拍数が通常環境への滞在と比較して低下した (図1A、B)。軽度な高気圧酸素の環境に滞在した群では、運動直後と比較して、安静座位を開始してから30分後、60分後の血中酸素飽和度が有意に増加した (図1C)。これらの点から、軽度な高気圧酸素の環境への滞在によって、血中酸素飽和度を含む血中酸素量を増大させるこ

とで、高強度運動後の高値な心拍数を低下させたのだと考えられる。

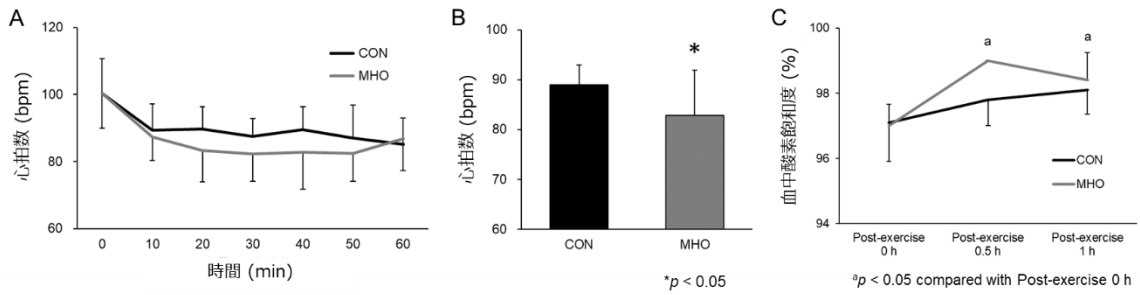


図 1. 各環境下への滞在による心拍数の経時的変化 (A)、変化率 (B)、血中酸素飽和度の変化 (C)

また、分泌型免疫グロブリン A 分泌速度に対しては、運動、及び、軽度な高気圧酸素への滞在による影響は認められなかった。一方で、軽度な高気圧酸素の環境に滞在した群では、運動によって上昇した疲労-無気力 (Fatigue-Inertia) と緊張-不安 (Tension-Anxiety) の指標が改善し、結果として、総合的な気分障害 (Total Mood Disturbance) が改善した (表 1)。軽度な高気圧酸素の環境下では、血中酸素飽和度の上昇に伴う心拍数の低下によって、副交感神経が優位になり、気分障害の程度が改善したのではないかと考えられる。

表 1. 各環境下への滞在による POMS2 得点の変化

Variable	Trial	Δ Post-Exercise		Within trial (p)	Time (p)	Trial×Time (p)
		(0 h)	(1 h)			
Anger-Hostility	CON	-0.6 ± 3.1	-2.1 ± 2.6	0.08	0.03	0.44
	MHO	-1.0 ± 2.3	-1.8 ± 2.5			
Confusion-Bewilderment	CON	-3.1 ± 8.7	-4.2 ± 5.2	0.66	0.35	0.50
	MHO	-3.4 ± 8.1	-6.0 ± 5.8			
Depression-Dejection	CON	0.7 ± 4.6	0.2 ± 2.3	0.57	0.12	0.32
	MHO	-0.4 ± 2.1	-1.8 ± 2.1			
Fatigue-Inertia	CON	9.2 ± 12.9	3.3 ± 7.3	0.06	0.03	0.86
	MHO	7.1 ± 11.0	0.8 ± 5.9 *			
Tension-Anxiety	CON	-0.7 ± 4.1	-3.4 ± 4.4	0.20	0.02	0.40
	MHO	1.0 ± 3.6	-3.7 ± 3.3 *			
Total Mood Disturbance	CON	0.6 ± 5.4	-1.7 ± 2.5	0.07	0.02	0.55
	MHO	0.1 ± 5.2	-2.9 ± 3.3 *			

CON; control, MHO; mild hyperbaric oxygen. Values are means ± SD (n = 10). Δ Post-Exercise shows the change of the score from pre-exercise. \* Indicates significant difference from Δ Post-Exercise (0 h) in MHO trial, p < 0.05.

本研究から、運動後の軽度な高気圧酸素の環境 (1.3 気圧 31.0%酸素) への滞在は、気分障害の程度を軽減するものの、唾液成分中の免疫機能に対しては影響を及ぼさないことが明らかとなった。このことから、軽度な高気圧酸素の環境への滞在によって、高強度運動後の疲労感を軽減できる可能性が示され、アスリートや運動愛好家のトレーニングに対するリカバリーなど、現場での応用が期待される。

## 【引用文献】

1. Nieman DC. Exercise, infection, and immunity. *International Journal of Sports Medicine*. 1994;15:131-141.
2. Ishihara A, Nagatomo F, Fujino H, Kondo H. Exposure to mild hyperbaric oxygen increases blood flow and resting energy expenditure but not oxidative stress. *Journal of Scientific Research and Reports*. 2014:1886-1896.
3. Takemura A, Roy RR, Yoshihara I, Ishihara A. Unloading-induced atrophy and decreased oxidative capacity of the soleus muscle in rats are reversed by pre- and postconditioning with mild hyperbaric oxygen. *Physiological Reports*. 2017;5(14):e13353.
4. Chen Y, Zhou Z, Min W. Mitochondria, Oxidative stress and innate immunity. *Frontiers in physiology*. 2018;9:1487.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takemura Ai, Pajevic Paola Divieti, Egawa Tatsuro, Teshigawara Rika, Hayashi Tatsuya, Ishihara Akihiko	4. 巻 38
2. 論文標題 Effects of mild hyperbaric oxygen on osteoporosis induced by hindlimb unloading in rats	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Bone and Mineral Metabolism	6. 最初と最後の頁 631 ~ 638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00774-020-01100-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ai Takemura, Tatsuro Egawa, Takuji Tanaka, Takashi Kuramoto, Tatsuya Hayashi, Akihiko Ishihara	4. 巻 12
2. 論文標題 Effects of Exposure to Mild Hyperbaric Oxygen on DSS-Induced Colonic Inflammation and Diarrhea in Rats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Inflammation Research	6. 最初と最後の頁 293-299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2147/JIR.S220586	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 竹村 藍, 野村綾子, 枝 伸彦, 斎藤辰哉, 清水和弘.
2. 発表標題 高強度運動後の心拍数と酸化ストレスに軽度な高気圧酸素環境への滞在が及ぼす影響.
3. 学会等名 第75回 日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹村 藍, 石原昭彦
2. 発表標題 軽度な高気圧酸素への滞在が後肢懸垂による骨組織の形態変化に及ぼす影響
3. 学会等名 第74回 日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------