

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：32620

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19545

研究課題名（和文）高気圧高酸素条件下における持久的運動時のパフォーマンスと生体応答

研究課題名（英文）Performance and biological response during endurance exercise under hyperbaric hyperoxia conditions

研究代表者

竹澤 稔裕 (Takezawa, Toshihiro)

順天堂大学・スポーツ健康科学部・准教授

研究者番号：10771967

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は、本来リカバリーを目的としている高気圧高酸素環境下において、運動中に酸素を必要とする持久力運動を実施し、運動時のパフォーマンスと生体応答を検討する事を目的としている。運動課題はペダリング運動として、相対強度60%HRRで20分間実施した。測定項目は、運動中の仕事率、最大酸素摂取量、呼気終末二酸化炭素分圧、分時換気量、経皮的動脈血酸素飽和度、心拍数、血中乳酸濃度、ヘマトクリット値とした。

結果は、高気圧高酸素環境下における仕事率ならびに経皮的動脈血酸素飽和度において、通常環境よりも有意に高い値が得られた。加えて血中乳酸濃度においては高気圧高酸素環境下の方が有意に低い値を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果より、高気圧高酸素環境下では、仕事率と動脈血酸素飽和度において、通常環境下よりも有意に高い値が示された。また、高気圧高酸素環境では仕事率が高いにもかかわらず、血中乳酸濃度が通常環境下よりも低い値となる事も明らかとなっている。つまり高気圧高酸素環境下での有酸素運動は、通常環境下よりも高いパフォーマンスを発揮することができ、尚且つ疲労の原因となる乳酸を抑制できるということである。

この成果を基にトレーニング方法を検討し、長期的に介入することで、アスリートのさらなる飛躍が期待できる。また、高齢者やCOPD患者など、酸素供給が制限されてしまっている人々の健康維持に活用できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to examine the performance and biological responses during exercise by performing endurance exercise that requires oxygen during exercise in a hyperbaric hyperoxia environment, which is originally intended for recovery. The exercise task was a pedaling exercise at 60% HRR for 20 minutes. The following parameters were measured during exercise: work rate,  $\dot{V}O_2$ , PETCO<sub>2</sub>, VE, saturation pulse oxygen, heart rate, blood lactate concentration, and hematocrit value.

The endurance exercise under hyperbaric hyperoxia environment showed significantly higher work rate and saturation pulse oxygen than in the normal environment. In addition, blood lactate concentrations were significantly lower under hyperbaric hyperoxia environment.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：高気圧 高酸素 パフォーマンス 血中乳酸濃度

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

今日に至るまで、科学の進歩に伴い、多くのトレーニング機器が開発され、新たなトレーニング方法が確立されてきた。また様々な研究報告から、既存のトレーニング機器を利用して新たなトレーニング方法が提案されている。そんな中、これまでは身体機能回復を目的として利用されてきた酸素カプセルや高気圧高酸素療法もトレーニング機器として検討されてきている。もともとこれらの療法は、気圧の高い環境下において高濃度酸素を吸入させることで、溶解型酸素を増加させることを目的としている。その際、身体の各器官に通常よりも多くの酸素( $O_2$ )が行き渡ることによって、疾病や障がいなどの回復や、ATP合成の効率を向上させる効果が期待されている。

リハビリを目的とした高気圧高酸素における先行研究では、運動後の高気圧高酸素曝露が血中酸素分圧を上昇させて筋痛や筋疲労を軽減できる報告(Ishihara, A, 2005)や、血中乳酸濃度を低下させる効果を示す報告(石井ら, 1995)がある。加えて高気圧高酸素は、酸素と血流を増大させることによって有酸素的な代謝を向上させることが明らかになっている(永友, 2013)。そこで本研究では、直接高気圧高酸素環境下において溶解型酸素が増大することによるアシステッドを利用しながら有酸素運動を行うことで、より効率良く筋持久力を向上させることができるのではないかと考えた。

### 2. 研究の目的

これまで高気圧高酸素環境を運動の合間に利用してパフォーマンス指標を示唆している報告(竹村ら, 2013)はあげられているが、実際に同環境に曝されながら検証している報告は少ない。また高気圧高酸素環境下での運動を検証する報告では短時間の運動指標しか示しておらず、持久的な運動を検証した例はない。そこで本研究では高気圧高酸素環境下において、持久的運動を実施し、運動時のパフォーマンスと生体応答を検証することを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 研究デザイン

本研究では同一被験者が、通常環境下と高気圧高酸素環境下で2回の運動負荷実験を行う。通常環境は、酸素濃度 20.9%、大気圧 754 mmHg、酸素分圧 150 mmHg とし、高気圧高酸素環境は酸素濃度 100%、大気圧 1140 mmHg、酸素分圧 1093 mmHg とした。2つの環境は同一の人工チャンパー内で実施した。チャンパーは鉄製で幅 1,500 mm、奥行き 3,000 mm、高さ 1,900 mm のサイズで自作し、加圧に十分対応できるものを使用した(図 1)。加えて、運動負荷実験中のチャンパー内温度と相対湿度は、ルームエアコンを使用して同一に管理した。

#### (2) 運動負荷実験

運動負荷は、予め設定された目標 HR を維持するようにペダル負荷を自動調節できる自転車エルゴメーターを使用した。運動強度は相対強度である%心拍予備で規定し、60%HRR とした。被験者はチャンパー入室後、測定用機材を装着し、10 分間の安静時間を設けた。高気圧高酸素環境下では、安静時の時間を利用して目標の気圧まで加圧した。運動時間は 20 分間の最大化固定負荷運動とした。ペダリング開始は最小負荷から開始し、自転車エルゴメーターに予め備わっている負荷漸増システムを援用し、ペダルの回転数は 60 rpm とした。運動後はサドル上にて 15 分間の座位安静を設けた。

#### (3) 測定項目

運動負荷実験中は、最高酸素摂取量( $\dot{V}O_2$ )、呼気末二酸化炭素分圧( $P_{ET}CO_2$ )、分時換気量( $\dot{V}E$ )、経皮的動脈血酸素飽和度( $SpO_2$ )、心拍数(HR)を連続的に測定した。

運動時の相対的負担度を反映すると考えられる血中乳酸濃度を、A(運動前)、B(運動開始 10 分)、C(運動終了)、D(運動後 5 分)、E(運動後 10 分)、F(運動後 15 分)の計 6 回測定した。

脱水の間接的指標と考えられるヘマトクリット値と体重を、運動負荷実験前後に測定した。

運動パフォーマンスの指標として、運動中の仕事率(watt)を 1 分毎に計測した。

#### (4) 統計学的解析

結果は全て平均と標準偏差で示した。得られたデータは対応のある t 検定ならびに二元配置分散分析を用いて解析し、有意水準は 5%未満とした。

### 4. 研究成果

#### (1) 生理的指標

運動負荷実験中における生理的な指標となる $\dot{V}O_2$ 、 $P_{ET}CO_2$ 、 $\dot{V}E$ 、HR、ヘマトクリット値、体重についてはそれぞれの環境間で有意な差は得られなかった。

連続してモニタリングを行った $SpO_2$ においては、両環境間で交互作用が認められた( $p < 0.001$ )。なお回復期間を除く運動中の $SpO_2$ の平均値については、高気圧高酸素環境にて有意に高い値を示し、顕著な結果となった(図 1)。

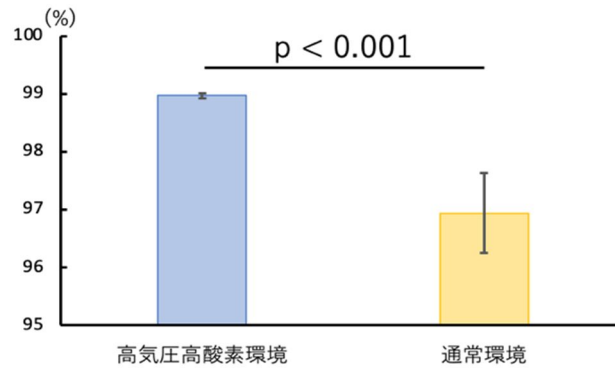


図1. 運動中におけるSpO<sub>2</sub>の平均値

図2に血中乳酸濃度の推移を示した。血中乳酸濃度においては両環境間で交互作用が認められ、B(運動開始10分)、C(運動終了)、D(運動後5分)、E(運動後10分)、F(運動後15分)の時点間で、高気圧高酸素環境が有意に低い値となった。

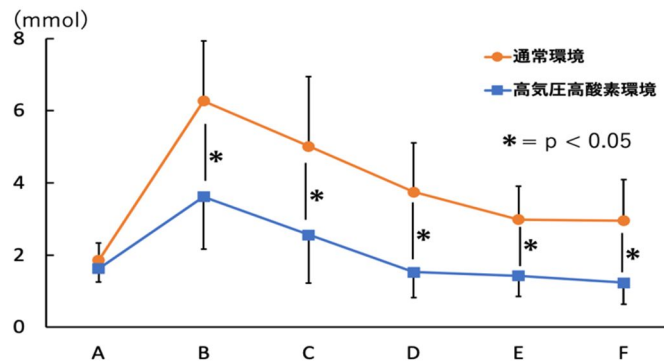


図2. 血中乳酸濃度の推移

### (2) 運動パフォーマンス指標

運動パフォーマンス指標として20分間のペダリング運動を実施したが、目標HRに到達していない開始時の負荷漸増局面は、呼吸循環器系応答が安定していないこと、さらに本研究では相対的運動強度が一致した固定負荷運動中の生体応答の比較を企図したことから判断し、運動後半10分間の仕事率を、それぞれの環境間の比較対象とした。

それぞれの環境における後半10分間の仕事率平均値を図3に示す。運動後半10分間の仕事率平均値については、高気圧高酸素環境にて有意に高い値を示した。

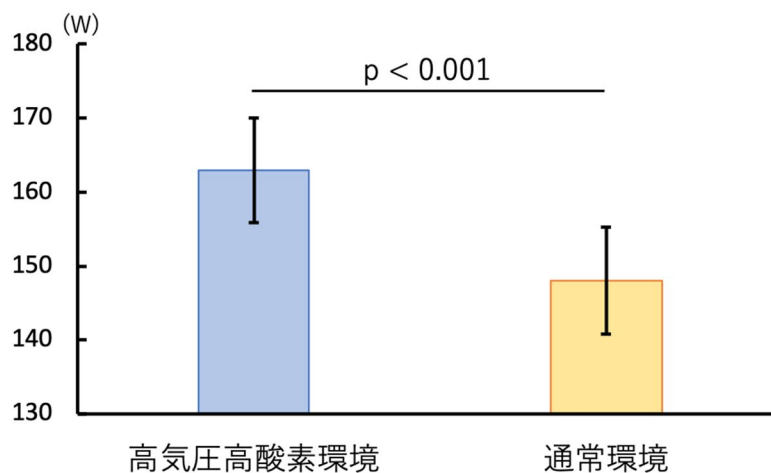


図3. 運動後半10分間の仕事率平均値

### (3) まとめ

本研究の結果より、高気圧高酸素環境下では、仕事率と動脈血酸素飽和度において、通常環境下よりも有意に高い値が示された。また、高気圧高酸素環境下では仕事率が高いにもかかわらず、血中乳酸濃度が通常環境下よりも低い値となる事も明らかとなっている。つまり高気圧高酸素

環境下での有酸素運動は、通常環境下よりも高いパフォーマンスを発揮することができ、尚且つ疲労の原因となる乳酸を抑制できるということである。

この成果を基にトレーニング方法を検討し、長期的に介入することで、アスリートのさらなる飛躍が期待できる。また、高齢者や COPD 患者など、酸素供給が制限されている人々の健康維持に活用できる可能性がある。

#### <引用文献>

Ishihara. A, 高気圧・高濃度酸素は筋疲労および筋痛を早期に回復できるか, デサントスポーツ科学, 26, 2005, 16 - 22

石井 良晶, 宮永 豊, 下篠 仁士, 浅野 勝己, 高気圧高酸素療法の最大運動後の乳酸濃度に及ぼす影響, 日高圧医誌, 30, 2, 1995, 109 - 114

永友 文子, 有酸素的な代謝の向上による生活習慣病の予防・改善法の検討, 日本学術振興会, 2013

竹村 英和, 内丸 仁, 高橋 弘彦, 渡会 稔, 鈴木 省三, 運動間の休息時における高圧高酸素環境滞在が最大無酸素パワーに及ぼす影響, 仙台大学紀要, 44, 2, 2013, 73 - 80

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Toshihiro Takezawa	4. 巻 1
2. 論文標題 Basic research on training in hyperbaric hyperoxia environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 INNOVATIVE EXPLORATORY RESEARCH	6. 最初と最後の頁 52 - 54
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------	---------