

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：10102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K21212

研究課題名（和文）自発的過換気が高強度運動と回復時の生理応答に及ぼす影響-新運動法開発に向けて-

研究課題名（英文）Effect of voluntary hyperventilation on physiological responses during and after high-intensity exercise -Aiming for development of new training-

研究代表者

土橋 康平（DOBASHI, Kohei）

北海道教育大学・教育学部・講師

研究者番号：80912550

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）：運動能力の向上等を目的として、現場では短時間高強度運動が行われている一方、運動後には血圧が運動前より低下し、失神等が起こる危険性がある。低酸素吸入や運動前に換気量を随意的に増加させる（自発的過換気）と、高強度運動時の無酸素性代謝がより亢進する一方で、運動後の血圧がより低下することも報告されている。本研究では低酸素吸入と過換気の組み合わせが運動時の呼吸代謝やその後の循環応答に及ぼす影響について検討した。その結果、低酸素と過換気の組み合わせは高強度運動時の無酸素性代謝を単独の介入よりもさらに亢進させたが、運動後の血圧低下の程度には影響しないことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果から、低酸素吸入と自発的過換気の組み合わせは、単独の介入と比較して運動後の血圧低下の程度を大きくすることなく、高強度運動時の無酸素性代謝をさらに亢進させることが示唆された。これは、高強度運動のパフォーマンスを向上させるトレーニングとして安全で、これまでよりも効果的に無酸素性代謝を亢進することができる方法であると考えられる。そのため、本研究結果は安全かつ効果的な新たなトレーニング法の開発に寄与したと考えられる。

研究成果の概要（英文）：To improve exercise performance, individuals often engage in short-term high-intensity exercises. However, there is a risk of decreased blood pressure and potential syncope following exercise. It has been reported that voluntary hyperventilation or hypoxia can further enhance anaerobic metabolism during high-intensity exercise, while also leading to a greater decline in blood pressure after exercise. This study aimed to examine the combined effects of hyperventilation and hypoxia on physiological responses during and after high-intensity exercise. Our findings suggest that voluntary hyperventilation and hypoxia synergistically decrease aerobic metabolism and increase anaerobic metabolism during high-intensity exercise. However, these factors do not significantly impact the extent of post-exercise blood pressure reduction.

研究分野：運動・環境生理学

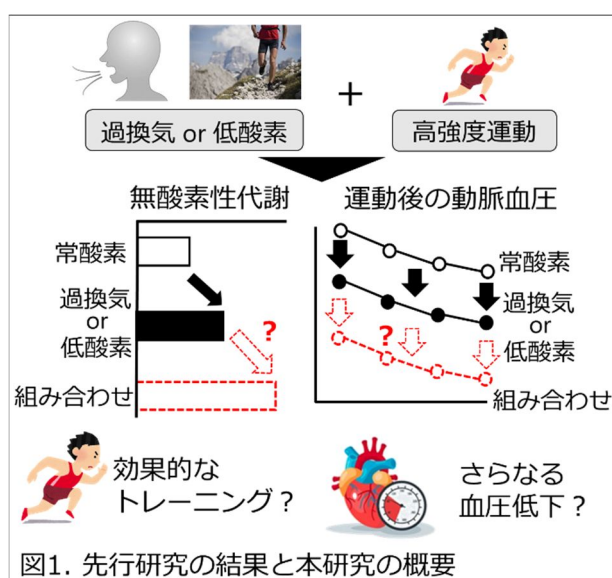
キーワード：自発的過換気 呼吸性アルカローシス 低酸素 高地トレーニング 無酸素性代謝

1. 研究開始当初の背景

健康増進や運動パフォーマンス向上を目的として、アスリートを含め多くの人が短時間高強度運動を行っている。この運動は解糖系などの無酸素性代謝を亢進させるため、トレーニングとして繰り返すことで無酸素性代謝能力が向上し、高出力のパワーを発揮することができるため (Spencer & Gastin, 2001)、高強度運動時のパフォーマンスが向上する (Tabata et al. 2019)。一方で、**高強度運動後には動脈血圧が運動前より低下する場合があります、この低血圧は時に頭痛や失神を引き起こす (Halliwill et al. 2013, 2014)。**従って、**高強度運動を行う際は代謝応答に加え運動後の循環応答を検討することで、効果的で安全にトレーニングを行う方策の策定につながる生理学的知見を得られる**と考えられる。

近年申請者は、運動前に随意的に換気量を増加させる (自発的過換気) と、過換気を行わない場合より高強度運動時のパフォーマンスに影響せずに酸素摂取量が低下する、すなわち無酸素性代謝が亢進すること、運動直後の動脈血圧が低下することを示唆した (Dobashi et al. 2017, 2019, 2020, 図 1)。

一方で低酸素吸入によっても、常酸素下での運動と比較して、前述した無酸素性代謝の亢進や、運動後の血圧低下が促進することが報告されている (Calbet et al. 2003; Horiuchi et al. 2016, 図 1)。従って、**自発的過換気と低酸素吸入を組み合わせると、それぞれ単独の刺激より無酸素性代謝の亢進を促進でき、効果的なトレーニングになる可能性がある一方、血圧低下も大きくなる可能性があり、これについて検討することで効果的で安全なトレーニング開発の策定につながる生理学的知見を得られる可能性があるが、自発的過換気と低酸素吸入の組み合わせが高強度運動時の代謝応答や運動後の循環応答に及ぼす影響は明らかではない。**



2. 研究の目的

本研究の目的は、自発的過換気と低酸素吸入の組み合わせに着目し、高強度運動時の呼吸代謝応答、および運動後の循環応答に及ぼす急性的な影響について検討することである。

3. 研究の方法

(i) 自発的過換気と低酸素吸入が全力自転車運動時の呼吸代謝応答に及ぼす影響

被験者: 健常な男子学生 8 名および女性 4 名

実験条件: 30 秒間の全力自転車運動時の呼吸代謝応答および運動パフォーマンス (発揮パワー) を以下の 4 条件で評価する: 常酸素下で行う条件、常酸素下で運動前自発的過換気を 5 分間行う条件、低酸素下 (高度 5,000 m 相当、全力運動の無酸素性代謝が亢進する程度) で行う条件、および低酸素下で運動前自発的過換気を 5 分間行う条件。呼気ガス (酸素摂取量など)、発揮パワー、血中乳酸濃度などを測定した。

(ii) 自発的過換気と低酸素吸入が高強度運動後の循環応答に及ぼす影響

被験者: 健常な男子学生 8 名および女性 4 名

実験条件: 30 秒間の全力自転車運動後の循環応答を以下の 4 条件で評価する: 運動時に 常酸素を吸入する条件、 常酸素を吸入しながら運動前自発的過換気を 5 分間行う条件、低酸素(高度 5,000 m 相当) を吸入する条件、および 低酸素を吸入しながら運動前自発的過換気を 5 分間行う条件。呼気ガス (酸素摂取量など)、発揮パワー、動脈血圧、心拍出量、心拍数などを測定した。

4 . 研究成果

研究課題 i に関して、低酸素と自発的過換気の組み合わせは、運動パフォーマンスを低下させずにそれぞれ単独の介入よりも相加的に無酸素性代謝の指標である酸素借を増加させた。また、研究課題 ii に関して、運動中の低酸素吸入および過換気の組み合わせを行っても、運動後の血圧低下の程度は自由呼吸条件や低酸素、過換気の単独条件と比較して差は見られなかった。

これらの結果から、低酸素吸入と自発的過換気の組み合わせは運動後の血圧低下の程度を大きくすることなく、無酸素性代謝を亢進させることが示唆された。従って、高強度運動時のパフォーマンスを向上させるトレーニング法として、低酸素吸入と自発的過換気の組み合わせは過度な血圧低下による失神などのリスクを増加させずにより効果的に無酸素性代謝を亢進させることが示唆された。

研究課題 i の内容は、International Journal of Sports Physiology and Performance (IF = 4.211) に採択された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4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 Dobashi Kohei, Katagiri Akira, Fujii Naoto, Nishiyasu Takeshi	4. 巻 18
2. 論文標題 Combined Effects of Hypocapnic Hyperventilation and Hypoxia on Exercise Performance and Metabolic Responses During the Wingate Anaerobic Test	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Sports Physiology and Performance	6. 最初と最後の頁 69 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1123/ijsp.2022-0121	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 Dobashi Kohei, Ichinose Masashi, Fujii Naoto, Fujimoto Tomomi, Nishiyasu Takeshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of Pre-Exercise Voluntary Hyperventilation on Metabolic and Cardiovascular Responses During and After Intense Exercise	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Research Quarterly for Exercise and Sport	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02701367.2022.2121371	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 Fujimoto Tomomi, Dobashi Kohei, Fujii Naoto, Matsutake Ryoko, Nishiyasu Takeshi	4. 巻 324
2. 論文標題 Hypocapnia attenuates local skin thermal perception to innocuous warm and cool stimuli in normothermic resting humans	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology	6. 最初と最後の頁 R120 ~ R127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpregu.00126.2022	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 Moriyama Shodai, Ichinose Masashi, Dobashi Kohei, Matsutake Ryoko, Sakamoto Mizuki, Fujii Naoto, Nishiyasu Takeshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Hypercapnia elicits differential vascular and blood flow responses in the cerebral circulation and active skeletal muscles in exercising humans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physiological Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14814/phy2.15274	査読の有無 有
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 -

1. 著者名 Fujii Naoto, Fujisawa Kouta, Dobashi Kohei, Cao Yinhang, Matsutake Ryoko, Lai Yin-Feng, Nishiyasu Takeshi	4. 巻 94
2. 論文標題 Effects of High-Intensity Exercise Repetition Number During Warm-up on Physiological Responses, Perceptions, Readiness, and Performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Research Quarterly for Exercise and Sport	6. 最初と最後の頁 163 ~ 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02701367.2021.1950901	査読の有無 無
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 Fujimoto Tomomi, Fujii Naoto, Dobashi Kohei, Cao Yinhang, Matsutake Ryoko, Takayanagi Masataka, Kondo Narihiko, Nishiyasu Takeshi	4. 巻 240
2. 論文標題 Effects of low-intensity exercise on local skin and whole-body thermal sensation in hypothermic young males	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physiology & Behavior	6. 最初と最後の頁 113531 ~ 113531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physbeh.2021.113531	査読の有無 無
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17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 土橋 康平、片桐 陽、藤井 直人、西保 岳
2. 発表標題 動脈血二酸化炭素分圧低下が高強度間欠的運動後の血圧応答に及ぼす影響
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K Dobashi, A Katagiri, N Fujii, T Nishiyasu
2. 発表標題 Hypocapnic hyperventilation and hypoxia additively increase anaerobic metabolism during supramaximal exercise
3. 学会等名 The 19th International Conference on Environmental Ergonomics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 工藤 颯太、板谷 厚、土橋 康平
2. 発表標題 積雪寒冷期間およびCOVID-19 禍による練習制限下での野球競技者の複合トレーニングがスプリント能力に及ぼす影響
3. 学会等名 第61回 北海道体育学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土橋 康平、片桐 陽、藤井 直人、西保 岳
2. 発表標題 自発的過換気および低酸素の組み合わせが高強度運動および回復時の呼吸代謝および循環応答に及ぼす影響
3. 学会等名 第61回 北海道体育学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土橋 康平、遠藤 寧々、森田 憲輝、板谷 厚
2. 発表標題 伸張-短縮サイクルを伴うウォームアップが高強度ランニング運動時の呼吸代謝応答に及ぼす影響
3. 学会等名 第35回日本トレーニング科学大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N Fujii, E Ito, A Katagiri, K Dobashi, T Mieda, M Saito, S Nagata, Y Sawae, K Watanabe, Y Shimizu, T Nishiyasu
2. 発表標題 Hyperthermia-induced hyperventilation in individuals with spinal cord injury performing intermittent exercise in the heat
3. 学会等名 ARIHHP Human High Performance Forum 2023 -Next Step in Collaborative Research at ARIHHP- (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	E Ito, A Katagiri, K Dobashi, T Mieda, T Nishiyasu, M Saito, S Nagata, Y Sawae, K Watanabe, Y Shimizu, N Fujii
2. 発表標題	Effect of cold air inhalation on body temperatures in individuals with spinal cord injury performing intermittent exercise in the heat
3. 学会等名	ARIHHP Human High Performance Furum 2023 -Next Step in Collaborative Research at ARIHHP- (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	K Dobashi, K Hideshima, T Nishiyasu, N Fujii
2. 発表標題	Effect of a hot and moisture mask on cardio-pulmonary response during high-intensity intermittent exercise
3. 学会等名	ARIHHP Human High Performance Furum 2023 -Next Step in Collaborative Research at ARIHHP- (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	土橋康平、片桐陽、藤井直人、西保岳
2. 発表標題	自発的過換気と低酸素吸入の組み合わせが全力自転車運動時の呼吸代謝応答に及ぼす影響
3. 学会等名	第76回日本体力医学会大会
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	K Dobashi, K Hideshima, T Nishiyasu, N Fujii
2. 発表標題	Effect of a hot and moisture mask on cardio-pulmonary response during high-intensity intermittent exercise
3. 学会等名	ARIHHP Human High Performance Forum 2023 -Next Step in Collaborative Research at ARIHHP- (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 E Ito, A Katagiri, K Dobashi, T Mieda, T Nishiyasu, M Saito, S Nagata, Y Sawae, K Watanabe, Y Shimizu, N Fujii
2. 発表標題 Effect of cold air inhalation on body temperatures in individuals with spinal cord injury performing intermittent exercise in the heat
3. 学会等名 ARIHHP Human High Performance Forum 2023 -Next Step in Collaborative Research at ARIHHP- (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 N Fujii, E Ito, A Katagiri, K Dobashi, T Mieda, M Saito, S Nagata, Y Sawae, K Watanabe, Y Shimizu, T Nishiyasu
2. 発表標題 Hyperthermia-induced hyperventilation in individuals with spinal cord injury performing intermittent exercise in the heat
3. 学会等名 ARIHHP Human High Performance Forum 2023 -Next Step in Collaborative Research at ARIHHP- (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S Moriyama, M Ichinose, K Dobashi, R Matsutake, N Fujii, T Nishiyasu
2. 発表標題 Combined effects of hypoxia and hypercapnia on circulatory responses in resting humans
3. 学会等名 ARIHHP Forum 2022 "For the Cutting-edge Collaborative Research in Human High Performance" (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 E Itoh, A Katagiri, K Dobashi, T Mieda, T Nishiyasu, M Saito, S Nagata, Y Shimizu, N Fujii
2. 発表標題 Effect of cold air inhalation on body temperatures in individuals with spinal cord injury performing intermittent exercise in the heat
3. 学会等名 ARIHHP Forum 2022 "For the Cutting-edge Collaborative Research in Human High Performance" (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A Katagiri, N Fujii, K Dobashi, B Tsuji, T Nishiyasu
2. 発表標題 Effect of sodium bicarbonate ingestion on hyperthermic hyperventilation during passive heating at rest and exercise in the heat
3. 学会等名 ARIHHP Forum 2022 "For the Cutting-edge Collaborative Research in Human High Performance" (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K Dobashi, A Katagiri, S Moriyama, N Fujii, T Nishiyasu
2. 発表標題 Effects of hypocapnic hyperventilation on post high-intensity exercise hypotension
3. 学会等名 ARIHHP Forum 2022 "For the Cutting-edge Collaborative Research in Human High Performance" (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R Matsutake, M Ichinose, K Dobashi, S Moriyama, N Fujii, T Nishiyasu
2. 発表標題 The effects of pre-apnea voluntary hyperventilation on cardiovascular responses to apnea during dynamic two-legged knee extension exercise
3. 学会等名 ARIHHP Forum 2022 "For the Cutting-edge Collaborative Research in Human High Performance" (国際学会)
4. 発表年 2022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
---------	---------