

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：33928

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2023

課題番号：19K24327

研究課題名（和文）暑熱環境下での持久的運動能力低下と身体冷却の関係-呼吸筋機能に着目して-

研究課題名（英文）Relationship between body cooling and reduction of endurance exercise performance in a hot environment -Focus on respiratory muscle function-

研究代表者

刑部 純平（Osakabe, Jumpei）

愛知みずほ大学・人間科学部・助教

研究者番号：70844926

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,600,000円

研究成果の概要（和文）：暑熱環境下における運動時の身体冷却は、持久的運動パフォーマンスの低下を防ぐ可能性が示唆されている。その要因として、皮膚温や温熱感覚の改善が関連している可能性が考えられている。本研究では、呼吸筋機能に着目をして、暑熱環境下での持久的運動時の身体冷却効果を検証した。その結果、身体冷却による持久的運動パフォーマンスの改善に呼吸筋機能の改善が関連している可能性が示唆された。しかし、サンプル数が不足しているため、結果の解釈には注意が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

暑熱環境下における運動時の身体冷却は、熱中症予防の観点からだけでなく、運動パフォーマンスの低下を防ぐ観点からも重要である。一方で、身体冷却によって持久的運動パフォーマンスが改善する詳細なメカニズムは不明である。メカニズムの解明は、暑熱環境下における身体冷却の意義を高めるためにも重要であると考えられる。本研究では、サンプル数が少ないものの、身体冷却による持久的運動パフォーマンスの改善に呼吸筋機能が関連している可能性が示唆された。今後、呼吸筋機能を呼吸筋トレーニングで改善することや身体冷却を実施して深部体温をコントロールする有用性について、研究が進んでいくことが期待される。

研究成果の概要（英文）：It has been suggested that body cooling during endurance exercise in heat may prevent a decline in endurance exercise performance. It has been considered that improved skin temperature and thermal sensation due to body cooling may contribute for preventing a decline in endurance exercise performance. In this study, we focused on respiratory muscle function, then we investigated the relationship between body cooling and endurance exercise performance and respiratory muscle function. In the results, it is suggested that improve in endurance exercise performance due to body cooling associated with respiratory muscle function. However, sample size were insufficient in this study. Therefore, caution should be exercised in interpreting the results.

研究分野：Exercise physiology

キーワード：身体冷却 呼吸筋

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

隔膜や肋間筋といった筋肉は呼吸筋と呼ばれ、これらの筋肉の収縮と弛緩によって呼吸運動が行われている。運動中の換気の増加は、呼吸筋の活動を増加させ、呼吸筋の疲労を引き起こす。これまでの研究で、持続的運動によって呼吸筋の疲労が生じることが報告されている。また、呼吸筋が疲労すると代謝受容器反射を引き起こし、末梢血管の収縮が生じる。したがって、持続的運動時に呼吸筋の疲労が生じると活動筋への血液量を減少させ持続的運動パフォーマンスを低下させる。そのため、呼吸筋の疲労は持続的運動パフォーマンスの制限因子の一つであると考えられる。

暑熱環境下での持続的運動によって、深部体温や皮膚温度が上昇する。体温(深部体温や皮膚温)が上昇すると、皮膚血流量が増加し、熱放散を促進する。そのため、相対的に活動筋や呼吸筋への血流量が減少することが考えられる。また、暑熱環境下では、呼吸数や換気量が増大することから、呼吸筋の活動が活発になる。したがって、通常環境下での持続的運動と比較して、暑熱環境下での持続的運動は、呼吸筋疲労が起こりやすいと考えられる(より大きな呼吸筋疲労が生じる)。

暑熱環境下での持続的運動時の身体冷却は、体温(深部体温や皮膚温)の低下や温熱感覚を改善することで、持続的運動パフォーマンスを改善する。しかし、暑熱環境下での持続的運動時の身体冷却によって、持続的運動パフォーマンスが改善する要因として呼吸筋疲労に着目した研究はされていない。身体冷却によって深部体温や皮膚温の上昇を抑えれば、呼吸筋への血流量の増加や呼吸筋の活動を抑える可能性があり、呼吸筋の疲労を緩和すると考えられる。先述したように、呼吸筋の疲労は持続的運動パフォーマンスの制限因子であるため、暑熱環境下での身体冷却は、呼吸筋の疲労を緩和し持続的運動パフォーマンスを改善する可能性がある。身体冷却が呼吸筋疲労へ及ぼす影響を検討することで、身体冷却による暑熱環境下での持続的運動パフォーマンス改善の新たなメカニズムの解明に貢献できる可能性があり、重要である。また、一般人と比較して暑熱耐性が高いとされるエリート長距離選手を対象として身体冷却の効果を検証した研究は少ない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、エリート長距離選手を対象として、暑熱環境下における持続的運動時の身体冷却が呼吸筋機能および持続的運動パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることである。

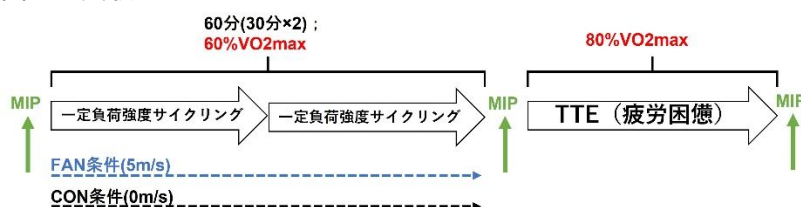
### 3. 研究の方法

一般成人男性(n=1)を対象に実験を実施した。対象者は、以下の2条件を実施した: CON条件: 一定負荷自転車漕ぎ運動時に身体冷却しない条件、FAN条件: 一定負荷自転車漕ぎ運動時に送風(向かい風風速 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )をする条件。

対象者は事前測定として、自転車エルゴメータと呼吸ガス分析器(ミナト医科学)を用いた最大酸素摂取量測定を実施した。

対象者は本実験として、室温 $33^\circ\text{C}$ 、相対湿度60%に設定した人工気象室にて実験を行った。対象者は、人工気象室に入室し、皮膚温測定のため胸部、上腕部、大腿部、下腿部の4点に皮膚温サーミスタ、皮膚血流量測定のため上腕部にレーザー血流計(レーザードップラー ALF21, アドバンス社)筋の酸素動態の測定のために右大腿部にレーザー組織血液酸素モニター(BOM-L1TRW, オメガウェーブ社)、胸部にハートレートモニターを装着した。5分間の安静の後、呼吸筋トレーニング器具(パワーブリーズ、パワーブリーズ社製、イギリス)を用いて吸息筋のウォーミングアップを行った(30呼吸 $\times$ 2セット)。その後、最大吸気口腔内圧を測定(PRE)し、呼吸ガス測定用マスクを着用し、再度5分間の安静を保ち、60分間(30分間 $\times$ 2セット;水分補給のため2セットへ分割)の一定負荷強度(60%VO<sub>2</sub>max)での自転車漕ぎ運動を開始した(図1を参照)。自転車漕ぎ運動終了後、呼吸ガス測定用マスクを外し、最大吸気口腔内圧(MID)を測定した(図2)。その後、80%VO<sub>2</sub>max強度での自転車漕ぎ運動を疲労困憊に至るまで実施した。運動終了後、再度、最大吸気口腔内圧(POST)を測定した。なお、各時点における最大吸気口腔内圧は、3回測定平均値を使用した。

図1: 実験プロトコル



#### 4. 研究成果

運動継続時間は、FAN 条件（5 分 0 秒）において CON 条件（3 分 0 秒）と比較して延長した。

MIP は、FAN 条件において CON 条件と比較して一定負荷強度サイクリング実施後（MID）の時点において、やや高い値を維持した（図 3）。

直腸温と皮膚温は、FAN 条件において CON 条件と比較して、実験を通して低い値を示した。また、温熱感覚と熱快適性においても、FAN 条件において CON 条件と比較して、実験を通して低い値を示した。

以上の結果を踏まえると、暑熱環境下での身体冷却による持久的運動能力の改善には、体温や温熱感覚だけでなく、最大吸気口腔内圧（呼吸筋の機能）が関連している可能性が示唆された。しかし、サンプル数が不足しているため、結果の解釈には注意が必要である。また、エリート長距離選手を対象として実験を実施するに至らず、エリート長距離選手においても同様の結果が得られるかは不明である。

図 2：最大吸気口腔内圧を測定している様子

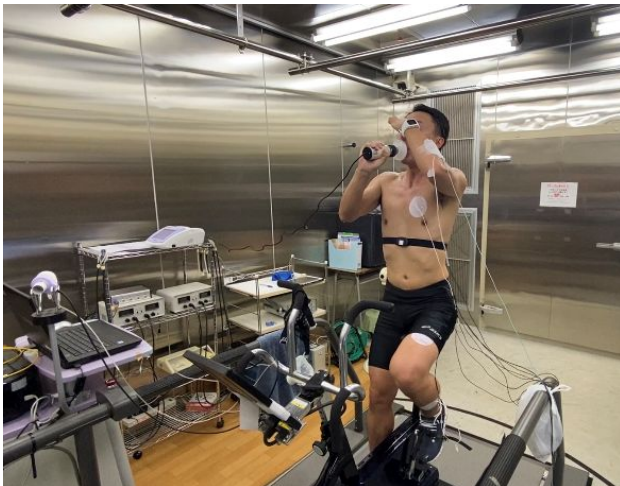
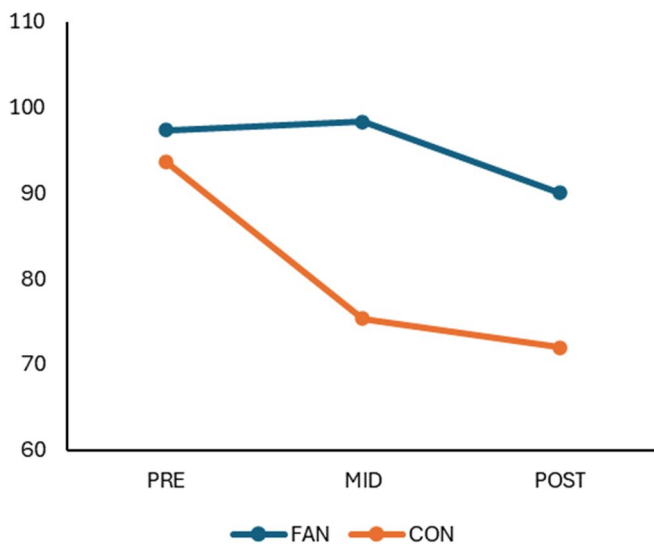


図 3：最大吸気口腔内圧の経時変化



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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
---------	---------