

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：82632

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K10919

研究課題名（和文）女性アスリートの暑熱対策

研究課題名（英文）Heat countermeasures for female athletes

研究代表者

中村 真理子（Nakamura, Mariko）

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・スポーツ科学・研究部・先任研究員

研究者番号：30343677

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パフォーマンスの低下は、過度な深部体温の上昇が制限因子となることから、それらを抑制するための身体冷却戦略は重要である。しかしながら、月経周期の時期によっては安静時深部体温が上昇する女性の身体冷却の効果については不明な点が多い。本研究では、正常月経周期を有する女性を対象として、月経周期の各期における暑熱環境下のアイススラリー摂取によるプレクーリングが持久性運動時の温熱生理学的指標や主観的指標に及ぼす影響について検討した。

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冷却効果を検討することは、暑熱環境下で安全にかつ高いパフォーマンス発揮を行うため対策を講じるために重要な知見となる。また女性の月経周期に伴う身体冷却効果を検討することは、暑熱環境下における女性固有のコンディショニング方法の提案に繋がると期待できる。さらに、運動中の身体冷却は、アスリートだけでなく学校現場における部活動や体育の授業中の熱中症対策方法の提案にもつながり、本研究で得られた知見はスポーツ場面における熱中症予防の一助となり得る。

研究成果の概要（英文）：The decline in exercise performance in hot environments is primarily due to excessive increases in core body temperature, making strategies to suppress this rise critical. However, the effectiveness of body cooling strategies in women, particularly those whose resting core body temperature increases depending on their menstrual cycle, remains unclear. This study investigated the impact of pre-cooling with ice slurry ingestion on thermo physiological and subjective indices during endurance exercise in hot environments, focusing on women with normal menstrual cycles at different phases of their cycle.

研究分野：運動生理学

キーワード：身体冷却 月経周期

1. 研究開始当初の背景

暑熱環境下における持久性運動では、過度な深部体温の上昇が制限因子となり、運動パフォーマンスが低下することが示唆されている (Gonzalez et al., 1996; Guy et al., 2014; Nassis et al., 2015)。女性の場合、正常月経周期であれば、排卵後の黄体期には卵胞期に比べ基礎体温が 0.3~0.5°C 上昇する。Janse DE Jonge XA et al. (2012) は、正常月経周期者を対象に、暑熱環境下での持久性運動時間が卵胞期に比べ黄体期に低下する事を報告している (Janse DE Jonge XA et al., 2012)。すなわち、正常月経周期を有する女性アスリートが暑熱環境下で試合やトレーニングを行う場合、卵胞期よりも黄体期において深部温の上昇が制限因子となり持久性パフォーマンスが低下する可能性がある。そのため、月経周期の時期に応じた暑熱環境下におけるパフォーマンス低下を防ぐための対策を考案することが重要である。

暑熱環境における運動パフォーマンスの低下に対処するために、複数の身体冷却戦略が考案されている (Siegel & Laursen, 2012)。運動前の身体冷却 (プレクーリング) は暑熱環境下でのパフォーマンス発揮のための重要な戦略の一つとなり得る (Hasegawa et al., 2006; Naito et al., 2018; Siegel et al., 2010)。プレクーリングには、アイスベストや冷水浴など身体を外部から冷却する方法とアイススラリーなどの冷たい飲料を摂取して内部から冷却する方法がある。アイススラリー摂取は、筋温は維持しながら深部体温を低下させ、運動継続時間を延長させることが報告されており (Siegel et al., 2010)、競技現場においても有用なプレクーリングの手段の一つであると考えられる。しかしながら、女性の月経周期を考慮したプレクーリングの効果については不明である。

2. 研究の目的

本研究では、正常月経周期を有する女性を対象として、月経周期の各期における暑熱環境下のアイススラリー摂取によるプレクーリングが持久性運動時の温熱生理学的指標や主観的指標に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

対象は運動習慣のある正常月経周期を有する健康女性 12 名とした。うち 4 名はパンデミックによる実験の中断や怪我による理由により離脱し、最終的に 8 名 (年齢 19.9 ± 0.8 yrs; 身長 158.1 ± 5.3 cm; 体重 53.3 ± 3.2 kg; 最大酸素摂取量 40.5 ± 4.5 ml/kg/min) となった。

対象者は、環境温 30、相対湿度 70 % の暑熱環境下において 10 分間の安静を保った後、アイススラリー (-1; 体重あたり ×7.5g, ICE) またはコントロール飲料 (20; 体重あたり ×7.5g, CON) を摂取し 20 分間の安静を保った。その後、最大酸素摂取量の 60% 強度で深部体温が 38.5 に達成するまで自転車エルゴメーター運動を行った。月経周期は基礎体温を基に、卵胞期 (月経開始日から 8 日まで, Early Follicular phase, EF) および黄体期 (月経開始 18 日~28 日, Mid Luteal phase; ML) に期分けした。冷却条件及び月経周期の 2 期の測定、計 4 回 (EF-CON, EF-ICE, ML-CON, ML-ICE) の測定を無作為化交差試験にて実施した。

測定項目は、最大酸素摂取量、身体組成、尿比重、全身発汗量、体温関連指標 (深部体温 (胃腸内温, T_{gi})、皮膚温 (T_{sk}))、主観的指標 (主観的運動強度 (Ratings of perceived exertion, RPE)、温熱感 (Thermal sensation, TS)、熱快適感 (Thermal comfortable, TC))、ならびに心拍数 (HR) とした。体温関連指標は、暑熱環境下の安静時介入冷却前 (Pre)、冷却介入 20 分後 (Post-Cool)、運動開始時 (Ex0)、運動開始後深部体温が 38.5 に到達するまで 5 分ごとに測定し、主観的指標は運動開始後 10 分ごとに測定した。

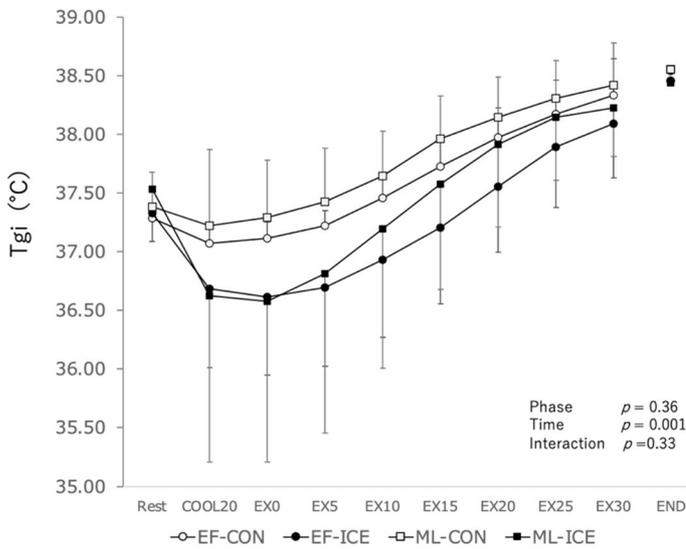
4. 研究成果

月経周期、冷却条件ともに環境温に違いはなく、脱水率、発汗量、並びに運動時間において違いが認められなかった (表 1)。

表 1 環境条件、脱水率、発汗量、運動時間

	EF-CON		EF-ICE		ML-CON		ML-CON	
Ta, °C	32.5 ± 1.0	32.8 ± 0.4	32.6 ± 0.6	33.1 ± 0.4				
Rh, %	72.3 ± 2.8	71.2 ± 1.9	72.8 ± 1.6	71.6 ± 1.0				
WBGT, °C	29.7 ± 0.6	29.5 ± 0.2	29.7 ± 0.4	29.9 ± 0.3				
Dehydration, %	0.2 ± 0.5	0.2 ± 0.6	0.6 ± 0.7	0.1 ± 0.9				
Sweat volume, mL	842 ± 421	836 ± 244	839 ± 222	892 ± 382				
Exercise Time	0:32:33 ± 0:06:16	0:35:13 ± 0:07:33	0:30:20 ± 0:07:28	0:31:51 ± 0:04:54				

図 1 は T_{gi} の変化を示している。卵胞期、黄体期ともに CON 群に比べ ICE 群の T_{gi} の低下が見られたものの、その低下の程度に有意な差は認められず、また T_{gi} 増加の過程にも月経周期及び冷却条件の影響は認められなかった。また、心拍数、RPE (図 2)、TS、並びに TC (図 3 AB) において、月経周期及び冷却条件による違いは認められなかった。



運動中の Tgi 上昇速度においては、月経周期及び冷却条件による違いは見られなかった (EF-CON, 2.52 ± 0.57 ; EF-ICE, 3.13 ± 0.61 ; ML-CON, 2.45 ± 0.94 ; ML-ICE, 3.65 ± 2.63 ; $p = 0.25$)

図 1. 深部体温 (Tgi) の変化

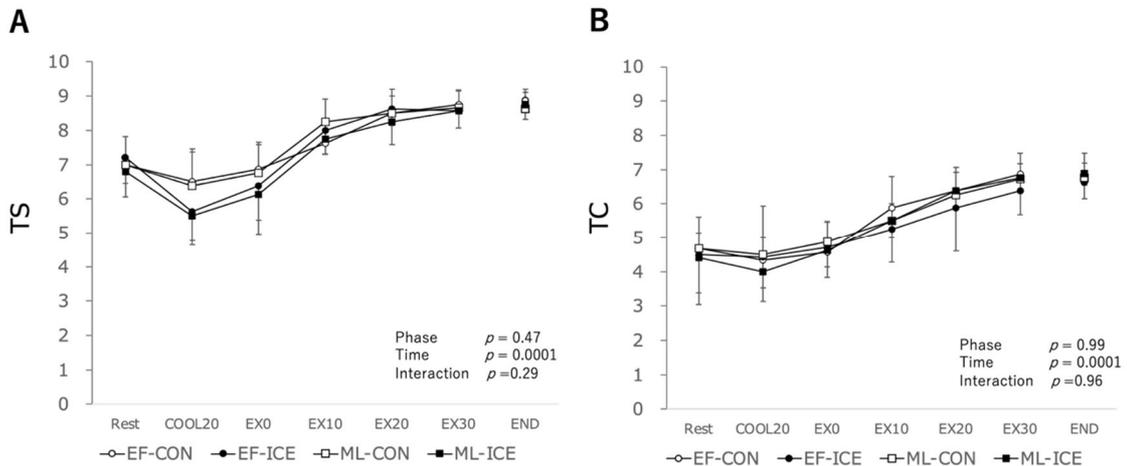


図 2. 温熱感 (TS, A)、熱快適感 (TC, B) の変化

暑熱環境下においてプレクーリングによりあらかじめ深部体温を低下させることによって、持久性パフォーマンスの低下を防ぐことができることが報告されている (Gonzalez et al., 1996; Siegel et al., 2010)。しかしながら、本研究においては、あらかじめ下げられた深部体温の差は運動開始初期に小さくなり、運動時間や主観的温熱感覚等にも差が認められなかった。先行研究において、アイススラリー摂取による深部体温の低下が認められているにもかかわらず、持久性運動パフォーマンスの改善が確認されていない報告もある (Stevens 2016; Zimmermann 2017)。運動中や運動間にアイススラリーを摂取させることで、プレクーリングにより低下した深部体温の差を維持しながら運動パフォーマンスの改善が確認されている (Bongers et al., 2015; Naito et al., 2020)。すなわち、女性においてアイススラリー摂取によるプレクーリングだけではパフォーマンス改善をもたらすだけの冷却効果を得られる可能性は低く、運動間のクーリングと合わせることでパフォーマンス改善を図るといった戦略が必要である可能性がある。

先行研究 (Siegel et al., 2010) に示されるように、暑熱環境下の運動においてプレクーリングによって低下した深部体温は、コントロールと比べその差を維持しながら並行して上昇していき、運動時間の延長が認められることが望ましい。しかしながら、本研究においては先行研究のような深部体温の変化の様相は確認されなかった。運動開始地点の体温は低くても、アイススラリー摂取後の運動時の体温上昇率が外部冷却と比較してわずかに大きいことが報告されている (Jay and Morris, 2018)。本研究において ML-ICE の深部体温上昇率が他の群に比べ僅かに大きかったが有意な差は確認されなかった。アイススラリー摂取後の体温上昇率に影響する要因は特定されておらず不明な点が多く残されていることから、今後熱放散能と月経周期の影響などを含めさらに研究を進める必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4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 0件）

1. 著者名 中村真理子	4. 巻 71
2. 論文標題 女性アスリートの科学サポート	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生体の科学	6. 最初と最後の頁 255-259
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 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 Nakamura Mariko, Naito Takashi, Saito Tatsuya, Takahashi Akari, Muraishi Koji, Hakamada Noriko, Otomo Mana, Iizuka Satoshi, Nakamura Daisuke, Takahashi Hideyuki	4. 巻 4
2. 論文標題 Case Report: Countermeasures Against Heat and Coronavirus for Japanese Athletes at the Tokyo 2020 Olympics and Paralympic Games	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Sports and Active Living	6. 最初と最後の頁 878022-878022
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fspor.2022.878022	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 Nakamura Mariko, Nakamura Daisuke, Yasumatsu Mikinobu, Takahashi Hideyuki	4. 巻 98
2. 論文標題 Effect of ice slurry ingestion on core temperature and blood pressure response after exercise in a hot environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Thermal Biology	6. 最初と最後の頁 102922 ~ 102922
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jtherbio.2021.102922	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 Naito Takashi, Nakamura Mariko, Muraishi Koji, Eda Nobuhiko, Ando Karina, Takemura Ai, Akazawa Nobuhiko, Hasegawa Hiroshi, Takahashi Hideyuki	4. 巻 22
2. 論文標題 In play optimal cooling for outdoor match play tennis in the heat	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Sport Science	6. 最初と最後の頁 326 ~ 335
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/17461391.2020.1870160	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6件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中村真理子
2. 発表標題 月経周期を考慮したコンディショニング
3. 学会等名 水と健康医学会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Mariko Nakamura
2. 発表標題 Countermeasures Against The Heat for The Tokyo 2020 Games
3. 学会等名 The 13th International Congress on Sport Sciences（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mariko Nakamura
2. 発表標題 Cooling Strategies as Heat Countermeasures -From Research to Practice-
3. 学会等名 The 5th ASIA Congress（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村真理子, 中村大輔, 松本良一, 菊島良介, 松尾谷 泰, 立石智彦
2. 発表標題 暑熱環境下での試合における効果的な身体冷却法の検証
3. 学会等名 High performance conference
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mariko Nakamura, Daisuke Nakamura, Mikinobu Yasumatsu, Hideyuki Takahashi
2. 発表標題 Influence of intake of ice slurry ingestion on core temperature and blood pressure during acute recovery period after endurance exercise in hot environment.
3. 学会等名 24th annual congress of the European College of Sport Science
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村真理子, 中村大輔
2. 発表標題 スポーツにおける暑熱対策
3. 学会等名 第60回日本人間工学会シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 一般社団法人 スポーツを止めるな	4. 発行年 2024年
2. 出版社 一般社団法人 スポーツを止めるな	5. 総ページ数 271
3. 書名 1252公認女子アスリートコンディショニングエキスパート検定	

1. 著者名 長谷川, 博, 中村, 大輔	4. 発行年 2021年
2. 出版社 ナッブ	5. 総ページ数 231
3. 書名 スポーツ現場における暑さ対策 : スポーツの安全とパフォーマンス向上のために	

1. 著者名 日本スポーツ振興センター 国立スポーツ科学センター	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日本スポーツ振興センター 国立スポーツ科学センター	5. 総ページ数 37
3. 書名 競技者のための暑熱対策ガイドブック実践編	

〔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
---------	---------