

立教大学学術推進特別重点資金(立教SFR)
大学院学生研究
2023年度研究成果報告書

研究科名	立教大学大学院 スポーツウエルネス学研究科 スポーツウエルネス学専攻		
研究代表者 (2024年3月現在のものを記入)	在籍課程・学年		氏名
	<input type="checkbox"/> 博士前期課程 年	<input checked="" type="checkbox"/> 博士後期課程 5年	村石光二
指導教員	所属部局・職名		氏名
	スポーツウエルネス学部・教授		安松幹展
自然・人文・社会の別	自然 ・ <input type="checkbox"/> 人文 ・ 社会	個人・共同の別	<input type="checkbox"/> 個人 ・ 共同 名
研究課題	暑熱下運動時のパフォーマンス発揮レベルと脱水の関係		
研究組織 (研究代表者・共同研究者) ※2024年3月現在のものを記入	在籍研究科・専攻・課程・学年		氏名
	【研究代表者】 スポーツウエルネス学研究科・スポーツウエルネス学専攻・博士後期課程・5年		村石光二
研究期間	2023 年度		
研究経費 (1円単位)	(支出金額) 128,270円 / (採択金額) 200,000円		

研究の概要 (200~300字で記入、図・グラフ等は使用しないこと。)

本研究は、暑熱下における間欠性運動パフォーマンスの低下率の個人差と、脱水レベルおよび暑熱耐性との関係性を検討することを目的とした。暑熱耐性は、暑熱下で生理機能および循環機能を維持する能力と定義され、暑熱下でパフォーマンスを発揮する際に必要不可欠な能力である。また、暑熱下では多量の発汗に伴い脱水の影響を強く受けることが、パフォーマンスの低下要因であることも報告されている。したがって、暑熱下でパフォーマンスが顕著に低下してしまう暑さに弱い人は、パフォーマンスを維持できる暑さに強い選手と比較して暑熱耐性あるいは脱水指標に関わる発汗量および飲水量等の要因において何らかの機能不全が生じている可能性が考えられる。したがって本研究において、暑熱下でのパフォーマンス低下率と暑熱耐性および脱水の関係性を解明する。

キーワード (研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[暑熱環境] [発汗] [暑熱耐性]

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)**【背景】**

環境条件はパフォーマンスを左右する要因となり、暑熱環境下では長時間かつ高強度な競技でパフォーマンスが低下することが広く知られている (Parkin et al., 1999; Mohr et al., 2012; Aldous et al., 2016)。特に、高強度な間欠性運動能力が要求されるサッカーなどの球技では、試合中の走行距離や高強度の走行距離の割合が顕著に低下することが報告されている (Mohr et al., 2012)。暑熱下運動時には、過度な深部体温の上昇や多量の発汗に伴う脱水レベルの亢進により、末梢性疲労および中枢性疲労が引き起こされる (Hargreaves & Febbraio, 1998; Nybo & Nielsen, 2001)。一方、実際の競技場面では、暑熱下でも十分なパフォーマンスを発揮できる暑さに強い選手と、パフォーマンスが顕著に低下してしまう暑さに弱い選手が存在する。両者の間には、体温調節応答または生理機能で何らかの異なる特徴を有していると考えられるが、両者を決定する要因は不明なままである。

暑熱耐性は、暑熱下で生理機能および循環機能を維持する能力と定義され、暑熱下でパフォーマンスを発揮する際に必要不可欠な能力だと考えられる。これまでに、熱中症罹患者のリハビリ評価を目的とした暑熱耐性テストが多数考案されている (Moran et al., 2007)。最も活用されている「イスラエル版暑熱耐性テスト」は、暑熱耐性テストの代表例であり、軍事従事者や外環境労働者が熱中症に罹患した際のリハビリ評価や、研究面では暑熱順化の判定等で活用されている。テスト終了時の深部体温および心拍数の上昇度が、基準値以下の場合は熱耐性と判定し、基準値を超える場合は熱不耐性と判定される。また、熱耐性群は熱不耐性群よりも、暑熱下で有利な体温調節機能および生理機能を有していることが報告されており、暑熱耐性の違いが暑熱下でのパフォーマンスに影響をおよぼしている可能性が考えられる。また、暑熱下では多量の発汗を伴い、体水分状態の著しい低下が引き起こされる。体水分量の低下は、高強度運動パフォーマンスを低下させることが報告されているが、発汗量には明確な個人差が生じる。したがって、暑熱下でのパフォーマンスの低下要因には暑熱耐性および脱水レベルの個人差が影響していることが考えられるが、この点を詳細に検討した研究はこれまで見当たらない。そこで本研究では、冷涼下に対する暑熱下でのパフォーマンス低下率と、暑熱耐性および脱水レベルの個人差の関係性を解明することを目的とする。

【方法】

週3日以上トレーニングを行っている健康な男子大学生9名を対象に、冷涼下および暑熱下での間欠性スプリントパフォーマンステストおよびイスラエル版暑熱耐性テストを実施した。間欠性スプリントパフォーマンステストは暑熱条件(環境温 36°C、相対湿度 50%)と冷涼条件(16°C、50%)の2条件において実施した。運動内容は、自走式トレッドミルを用いて、異なる7種類の走行スピードを散りばめたランニング運動を前後半それぞれ45分、合計90分間とした。ランニングスピードは最大スプリントスピードの割合でそれぞれ決定し、Stop (0%)、Walk (20%)、Jog (35%)、Run (50%)、Fast Run (60%)、Variable Run (自由)、Sprint (100%)の7種類に設定した (Aldous et al., 2014)。イスラエル版暑熱耐性テストは環境温 40°C、相対湿度 40%の環境下で、電動式トレッドミル上で時速 5km の歩行運動を 120 分間実施した (Moran et al., 2007)。実験の流れは Day1 から Day3 は自走式トレッドミルの練習とし、Day4 に最大酸素摂取量測定、そして Day5 以降で間欠性スプリントパフォーマンステストおよび暑熱耐性テストを実施した。

Day1: 間欠性スプリントパフォーマンステストの練習 (自走式トレッドミルの練習)

Day2: 間欠性スプリントパフォーマンステストの練習、最大スプリントスピード測定

Day3: 間欠性スプリントパフォーマンステスト練習

Day4: 最大酸素摂取量測定

Day5・6: 暑熱下または冷涼下での間欠性運動スプリントパフォーマンステスト本番

Day7: 暑熱耐性テスト

統計分析には IBM SPSS Statistics version 27.0 (SPSS, IBM, Japan)を用いて行った。間欠性スプリントパフォーマンステストの総走行距離および高強度走行距離を算出し、冷涼下に対する暑熱下でのパフォーマンス低下率を算出した。条件間のパフォーマンスおよび生理的指標の差は、対応のある t 検定を用いて統計分析を行った。イスラエル版暑熱耐性テストとの各測定項目との関連性を分析するため、Pearson の積立相関分析を用いて相関関係の確認を行った。有意水準は $p < 0.05$ として、表記はすべて平均値±標準偏差とした。

研究成果の概要 (つづき)**【結果】**

間欠性スプリントパフォーマンステストの結果は、90 分間の総走行距離は冷涼条件で 11.10 ± 1.40 km、暑熱条件で 10.55 ± 1.50 km であり、暑熱条件で有意な低下を示した ($p < 0.05$)。また高強度走行距離は冷涼条件で 1.97 ± 0.49 km、暑熱条件で 1.30 ± 0.59 km であり、暑熱条件で有意な低下を示した ($p < 0.05$)。発汗量は冷涼条件で 1.78 ± 0.27 L、暑熱条件で 3.02 ± 0.77 L であり、脱水率は冷涼条件で $2.81 \pm 0.47\%$ 、暑熱条件で $4.71 \pm 1.19\%$ 、そして飲水量は冷涼条件で 0.47 ± 0.31 L、暑熱条件で 0.97 ± 0.62 L であり、いずれも暑熱条件で有意な増加が示された ($p < 0.05$)。また、冷涼条件に対する暑熱条件のパフォーマンス低下率は総走行距離で $-5.49 \pm 4.17\%$ 、高強度走行距離では $-34.98 \pm 22.43\%$ の低下が示された。暑熱条件のパフォーマンスの低下率と各測定項目の相関分析では、総走行距離低下率と個人の最大酸素摂取量 ($r = 0.73$, $p < 0.05$)、運動前体水分率 ($r = 0.75$, $p < 0.05$) で有意な相関関係が示された。暑熱条件での総走行距離および高強度走行距離と、イスラエル版暑熱耐性テストにおける最大直腸温、直腸温上昇度および最大心拍数の間に有意な相関関係は認められなかった。

【考察】

暑熱条件でのパフォーマンス低下率と、発汗量、発汗率率および飲水量に有意な相関関係は認められなかったが、総走行距離低下率と最大酸素摂取量および運動前体水分率に有意な相関関係が認められた。高い最大酸素摂取量を有するヒトは、深部体温上昇度の低下や循環血液量の増大など、暑熱下でのパフォーマンス発揮に関係する生理的適応が報告されている (Hargreaves & Febbraio, 1998)。本研究においても、最大酸素摂取量の高い被検者において低いパフォーマンス低下率が確認されていることから、先行研究を支持する結果が観察された。運動前体水分率は生体電気インピーダンス法を用いて測定を行い、体重に対する水分量の割合を意味している。この結果から、運動時の水分摂取も重要であるが、運動前に十分な水分量を体内に蓄えることで、暑熱下でもパフォーマンスを維持することができるようになること可能性が示唆された。一方で、暑熱耐性テストにおける最大直腸温や直腸温上昇度とパフォーマンス低下率には相関関係は認められなかった。この点は、複数の先行研究で報告されているように、本研究で用いた暑熱耐性テストが、運動時の熱ストレスおよび運動負荷と乖離しており、運動時に要求される暑熱耐性を評価することができていなかったことが考えられる (Mee et al., 2015)。したがって、今後パフォーマンスと暑熱耐性の関係性をより詳細に検討していくためには、運動時と同等の暑熱ストレスを付加することができる新しい暑熱耐性テストを考案する必要があると考えられた。

【引用文献】

- (1) Aldous, J, W, F., Christmas, B, C, R., Akubat, I., Dascombe, B., Abt, G., Taylor, L., 2016. Hot and hypoxic environments inhibit simulated soccer performance and exacerbate performance decrements when combined. *Front. Physiol.* 12, 6, 421.
- (2) Hargreaves, M., Febbraio, M., 1998. Limits to exercise performance in the heat. *Int J Sports Med.* 2, S115-116.
- (3) Mee, J, A., Doust, J., Maxwell, N, S., 2015. Repeatability of a running heat tolerance test. *J Therm Biol.* 49-50:91-97.
- (4) Mohr, M., Nybo, L., Grantham, J., Racinais, S., 2012. Physiological Responses and Physical Performance during Football in the Heat. *Plos one.* 7, 6, e39202.
- (5) Moran, D, S., Erlich, T., Epstein, Y., 2007. The heat tolerance test: an efficient screening tool for evaluating susceptibility to heat. *J Sport Rehabil.* 16(3), 215-221.
- (6) Nybo, L., Nielsen, B., 2001. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol.* 91, 1055-1060.
- (7) Parkin, J, M., Carey, M, F., Zhao, S., Febbraio, M, A., 1999. Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *J Appl Physiol.* 86(3), 902-908.

※この(様式2)に記入の成果の公表を見合わせる必要がある場合は、その理由及び差控え期間等を記入した調書(A4縦型横書き1枚・自由様式)を添付すること。

研究発表 (研究によって得られた研究成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。なお、成果発表を確認できる資料を合わせて研究成果報告書提出フォームより提出してください(紙媒体等、研究成果報告書提出フォームから提出できない場合は、別途リサーチ・イニシアティブセンターへ提出してください)。

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

※修士論文・博士論文は含みません。

① 雑誌論文

該当なし

② 図書

該当なし

③ シンポジウム・公開講演会等の開催

該当なし

④ その他

(1) 2023 年度 第 37 回 運動と体温の研究会 (発表済み)

(2) International Conference on Environmental Ergonomics 2024 (投稿予定)

(3) Asia Pacific Seminar of Environmental and Applied Human Sciences 2024 (投稿予定)