

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：34521

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870759

研究課題名(和文) ヒトの暑熱環境下の持久性運動能力に及ぼす輻射熱の影響

研究課題名(英文) Effects of solar radiation on endurance exercise capacity in a hot environment

研究代表者

大谷 秀憲 (OTANI, HIDENORI)

姫路獨協大学・医療保健学部・教授

研究者番号：00412023

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ヒトを取り巻く環境的因子の一つである輻射熱が暑熱環境下(気温30℃、湿度50%)での運動時における持久性運動能力に及ぼす影響について検討することを目的とした。

本研究の結果から、夏季のような暑熱環境下では、輻射熱はヒトの持久性運動能力を抑制する重要な制限因子であり、その抑制の程度は輻射熱の強さに比例することが明らかとなった。また、輻射熱が持久性運動能力を抑制する要因としては、深部体温の上昇よりも皮膚温の上昇と深部体温・皮膚温の温度格差の減少が大きく影響している可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The present study investigated the effects of variations in solar radiation on endurance exercise capacity in a hot environment (30℃ ambient temperature, 50% relative humidity).

The results of the present study directly demonstrates that endurance exercise capacity in a hot environment falls progressively as solar radiation increases. This early fatigue in the higher solar heat load trials was associated with a higher skin temperature and a narrower core-to-skin temperature gradient rather than an increase in core temperature. These observations suggest that solar radiation is a key consideration for individuals exercising in a hot environment.

研究分野：生理学

キーワード：運動 持久性運動能力 高温環境 輻射熱 体温調節 深部体温 皮膚温

1. 研究開始当初の背景

(1) ヒトの持久性運動能力は、身体を取り巻く様々な環境的因子による影響を受けることが知られている。これまでの研究により、気温の上昇は自転車エルゴメーターの運動継続時間を有意に短縮させること (Galloway & Maughan, 1997) が報告され、暑熱環境下ではヒトの持久性運動能力は著しく低下することが明らかとなっている。湿度の影響では、研究代表者ら (Maughan, Otani & Watson, 2012) は暑熱環境下での運動時には湿度の上昇に比例して自転車エルゴメーターの運動継続時間が有意に短縮し、持久性運動能力は著しく低下することを報告している。気流の影響に関しては、Saunders ら (Saunders et al. 2005) により、暑熱環境下では気流の低下に伴い自転車エルゴメーター運動による持久性運動能力は低下することが報告されている。しかし、温熱環境の4要素の残りの1つである輻射熱が持久性運動能力に及ぼす影響については、これまでに詳細な検証が行われていない。

(2) 現在、我が国の運動現場および労働現場では、暑熱環境下で運動選手や労働者の熱ストレスを評価する指標として、気温、湿度および輻射熱を取り入れた「WBGT (湿球黒球温度指標)」が用いられている。日本体育協会と環境省では WBGT を「暑さ指標」と呼び、熱中症発生の危険性を評価する指標として積極的に利用することを推奨している。しかし、WBGT の算出式 ($= 0.7 \text{ 湿球温度} + 0.2 \text{ 黒球温度} + 0.1 \text{ 乾球温度}$) は、気温と湿度の影響が強く反映され輻射熱の影響が弱いこと、WBGT を用いて身体への輻射熱の影響を評価するのは不適切であると考えられる。したがって、輻射熱がヒトの生理機能へ及ぼす影響について検証することは、熱中症予防および熱ストレス評価の観点からも重要な意義を持つものと考えられる。

2. 研究の目的

(1) 輻射熱の違いが暑熱環境下の運動時における持久性運動能力に及ぼす影響について検討すること。

(2) 熱中症予防の基礎データとなることを目的とし、輻射熱の違いが暑熱環境下の運動時における体温調節反応に及ぼす影響について検証すること。

3. 研究の方法

(1) 被験者

成人男性 8 名とした。

(2) 実験条件

輻射熱の設定を 800 W/m^2 、 500 W/m^2 、 250 W/m^2 、 0 W/m^2 の 4 条件とした。輻射熱の設定の根拠は、夏季の直射日光による日射量が約 800 W/m^2 であることおよび曇天時の平均日射量が

約 $200 \sim 500 \text{ W/m}^2$ であることから決定した。

(3) 環境設定

気温 30°C 、湿度 50% に設定した。

(4) 着衣条件

短パン、ソックス、運動靴を着用し、上半身は裸とした。

(5) 運動負荷

自転車エルゴメーター運動を行い、負荷強度は 70% 最大酸素摂取量相当とした。

(6) 測定項目

運動継続時間、直腸温、皮膚温 (胸部、上腕部、大腿部、下腿部)、皮膚血流量、血圧、心拍数、主観的運動強度、温熱感、体重とした。

(7) 算出項目

平均皮膚温、平均体温、貯熱量、平均血圧、皮膚血管コンダクタンスとした。

(8) 実験手順

被験者は人工気象室に入室し、各測定器具の貼付を行い 15 分間の座位安静を保った後、運動を開始した。自転車エルゴメーターのペダル回転数は 60 回/分に規定し、運動は被験者が疲労困憊に到達するまで実施した。本研究では、サーカディアンリズムの影響を考慮し、実験はそれぞれ別の日の同じ時間帯に実施した。また、前の実験の影響を除外するため、各実験は最低でも 7 日間の間隔を空けて条件は順不同で行った。

4. 研究成果

(1) 運動継続時間

運動継続時間 ($\pm \text{SD}$) は、 800 W/m^2 条件 (23 ± 4 分) が他の 3 条件 (500 W/m^2 30 ± 7 分、 250 W/m^2 43 ± 10 分、 0 W/m^2 46 ± 10 分) よりも有意な低値を示し、 500 W/m^2 条件が 250 W/m^2 条件と 0 W/m^2 条件よりも有意な低値を示した (図 1)。

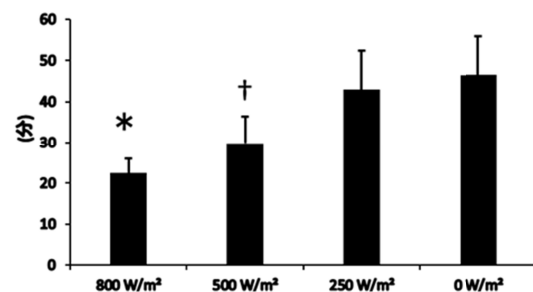


図 1. 運動継続時間. * $P < 0.05$, vs. 他の 3 条件. † $P < 0.05$, vs. 250 W/m^2 と 0 W/m^2 .

(2) 体温

直腸温は、条件間に有意差は認められず、

疲労困憊時の値は約 38.5 ± 0.3 (範囲: $38.0 \sim 39.4$) であった。

平均皮膚温は、 800 W/m^2 条件が 250 W/m^2 条件と 0 W/m^2 条件よりも有意な高値を示し、 500 W/m^2 条件が 0 W/m^2 条件よりも有意な高値を示した。

局所皮膚温は、胸部皮膚温と上腕部皮膚温では条件間に有意差は認められなかった。大腿部皮膚温は、 800 W/m^2 条件が 250 W/m^2 条件と 0 W/m^2 条件よりも有意な高値を示し、 500 W/m^2 条件が 0 W/m^2 条件よりも有意な高値を示した。下腿部皮膚温は 800 W/m^2 条件が他の 3 条件よりも有意な高値を示し、 500 W/m^2 条件が 0 W/m^2 条件よりも有意な高値を示した。

深部体温 - 皮膚温温度勾配は、疲労困憊時に 800 W/m^2 条件が 250 W/m^2 条件と 0 W/m^2 条件よりも有意な低値を示した。

貯熱量は、 800 W/m^2 条件が 250 W/m^2 条件と 0 W/m^2 条件よりも有意な高値を示した。

(3) 発汗

全身発汗量と発汗速度は条件間に有意な差は認められなかった。

(4) 心臓血管系

心拍数、皮膚血流量、皮膚血管コンダクタンスは条件間に有意な差は認められなかった。

(5) 主観的運動強度、温熱感

主観的運動強度は 800 W/m^2 条件が 0 W/m^2 条件よりも有意な高値を示した。温熱感は条件間に有意差は認められなかった。

(6) 本研究の結果から、暑熱環境下での運動時には、輻射熱の上昇に伴い持久性運動能力は段階的に低下することが明らかとなった。また、この輻射熱の上昇による持久性運動能力の低下は、輻射熱の上昇に伴う皮膚温の上昇と深部体温 - 皮膚温温度勾配の減少の影響を強く受ける可能性が示唆された。本研究により、暑熱環境下での持久性運動時には、輻射熱の上昇は重要な運動の制限因子となることおよび熱中症の危険因子となることが確認された。

<引用文献>

Galloway SDR, Maughan RJ, Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1997, 1240-1249.

Maughan RJ, Otani H, Watson P, Influence of relative humidity on prolonged exercise capacity in a warm environment, *European Journal of Applied Physiology*, 112, 2012, 2313-2321.

Saunders AG, Dugas JP, Tucker R,

Lambert MI, Noakes TD, The effects of different air velocities on heat storage and body temperature in humans cycling in a hot, humid environment. *Acta Physiologica Scandinavica*, 183, 2005, 241-255.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

Hidenori Otani, Mitsuharu Kaya, Akira Tamaki, Phillip Watson, Ronald J. Maughan, Effects of solar radiation on endurance exercise capacity in a hot environment. *European Journal of Applied Physiology*, 査読有, Vol.116, No.4, 2016, pp.769-779.

[学会発表](計 2件)

Otani H, Kaya M, Tamaki A, Watson P, Maughan RJ, Influence of solar radiation on endurance exercise capacity and thermoregulation in a hot environment, 第 21 回ヨーロッパスポーツ科学大会(2016 年 7 月 6~9 日: ウィーン〔オーストリア〕)

大谷秀憲、賀屋光晴、玉木彰、輻射熱が暑熱環境下の持久性パフォーマンスと体温調節に及ぼす影響、第 70 回日本体力医学会大会(2015 年 9 月 18~20 日: 和歌山)

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

Hidenori Otani, Ronald J. Maughan, Solar radiation reduces endurance exercise performance in a hot environment,

Atlas of Science, 2016, April 7 (Online article),
<http://atlasofscience.org/solar-radiation-reduces-endurance-exercise-performance-in-a-hot-environment>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大谷 秀憲 (OTANI, Hidenori)
姫路獨協大学・医療保健学部・教授
研究者番号：00412023

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：