

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：57301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500781

研究課題名(和文) 熱中症防止のための体温コントロールに関する研究

研究課題名(英文) Study of Controlling Body Temperature to Prevent Heat Stroke

研究代表者

吉塚 一典 (YOSHIZUKA, Kazunori)

佐世保工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：10220691

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、暑熱環境での運動時において熱中症などの事故やパフォーマンス低下を防ぐため、過度な体温上昇を抑制し、体温をコントロールする方法を検討するものである。

本研究により、ランニング中(計21分程度のインターバル走)の体温をコントロールするためには、帽子の着用は効果がみられず、冷水を頭部にかけることが重要であることが分かった。また選手の感覚としては、強制対流が頭部に当たることで、無帽の方がより快適に感じていることが分かった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to investigate a method of controlling body temperature in order to prevent heat stroke and reduction of performance during exercise in a hot environment.

The results showed that wearing a cap is ineffective and that pouring cold water on the head has an effect on controlling body temperature during training (a total of about 21 minutes interval running). In addition, we found that the runners who are not wearing a cap feel more comfortable sensuously, compared with the runners in a cap, because they are exposed to forced convection.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：長距離走 熱中症 鼓膜温 帽子 水かけ

1. 研究開始当初の背景

熱中症を防ぐ最大の対策は、暑熱環境での運動を避けることである。日本体育協会(以下体協)は熱中症防止のガイドライン¹⁾を定め、環境温によっては、運動禁止の指針を示している。

しかし、陸上競技会中の環境温を調べた報告²⁾によると、体協が示す厳重警戒や運動禁止の中で 5000m 走が行われているなど、実際のスポーツ現場で暑熱環境下での運動を避けることは現実的に不可能である。

脳は最も熱に弱い臓器とされ、40.5 を超えると不可逆的ダメージを受ける^{3,4,5)}ことが報告されている。また近年、脳温の上昇が疲労の要因の一つであるという報告^{6,7,8)}もある。このことは、頭部の温度上昇を抑制できれば、運動パフォーマンス向上に繋がる可能性があることを示唆するものである。

したがって、本研究を進めることは、熱中症予防という安全対策のみならず、夏季に集中している国際大会はじめ、各種競技会での競技力向上のためにも貢献できると思われる。

2. 研究の目的

本研究では、過度な体温上昇を防ぐ対策についての生理学的検証を行い、スポーツ現場で実践できる、より効果的な体温コントロール法を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、脳の温度に近い^{9,10)}とされる鼓膜温を研究のパラメータとして用いた。

実験は、暑熱環境であり、かつ WBGT の条件がほぼ同程度となるような日程を選んで行なった。その結果、実験は平成 19 年 8 月 1 日及び 8 月 6 日の 2 日間、実験は平成 27 年 7 月 25 日～8 月 6 日の 10 時～15 時にかけて、S 高専の 400m トラックで実施した。なお、実験は実施時の環境温は全ての日が体協の示す厳重警戒、もしくは原則運動禁止レベルであった。

実験：帽子着用の効果の検証

長距離走者 8 名を被験者とし、夏季の暑熱環境下(WBGT=29.9～31.7)において「着帽(メッシュ素材の帽子のつばを後ろにして着用)」と「無帽」の 2 条件で 400m×10 本のインターバル走を行い、鼓膜温、体表面温、HR、RPE、暑さ感覚などを 1 本ごとに測定した。

実験：水かけに適した水温の検討

長距離走者 5 名を被験者とし、夏季の暑熱環境下(WBGT=27.8～32.9)において 400m×10 本のインターバル走の途中(4 本目と 8 本目)に頭部への水かけを行い、鼓膜温、体表面温、心拍数(以下 HR)、RPE、暑さ感覚などを 1 本ごとに測定した(図 1)。

被験者は 4 日間かけて 5 種類(10, 15, 20, 25, 常温)の水温中 4 つの水温の実験をランダムにクロスオーバーデザインで行った。

実験とともに、鼓膜温の測定には、赤外線式鼓膜体温計ジニアス(日本シャ-ウッド社製)を用い、測定に熟練した検者が 2～3 回行って、その最高値を採用した。体表面温は、NEC Avio 製サーモショット F30 で測定を行った。環境温の測定は、WBGT 温度計(WBGT-103, 京都電子工業株式会社製)を用いて 20 分間隔で測定した。体重の測定は、最小表示 50g の体重計(UC-322, エー・アンド・デイ社製)を用い、ランニングパンツのみを着用させた状態で、汗を完全に拭き取ってから実施した。

各変数の測定結果は、平均値±標準偏差(mean±SD)で示した。条件の評価は二元配置分散分析を用い、水かけの効果を検定した。平均値の差の検定には一元配置分散分析を用い、その後の検定には Tukey を用いた。全ての統計処理には SPSS 15.0J を用い、有意水準は 5%未満とした。

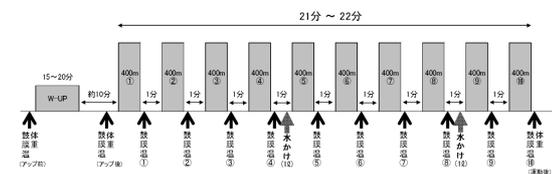


図 1. 実験のプロトコール

4. 研究成果

本研究による研究成果は、以下の通りである。ただし、本研究の結果は計 21 分程度のインターバル走を対象としたもので、さらに運動時間の長い 10000m やマラソンなどの長距離種目全般にも該当するかどうかは、未確認であることを最初に記す。

(1) 帽子による体温コントロール

鼓膜温への影響

帽子着用効果を調べた実験における鼓膜温の変動を図 2 に示した。本数が進むにつれ、両条件ともに鼓膜温が上昇した。10 本目の鼓膜温は無帽条件 38.7±0.3、着帽条件 38.8±0.3 といずれの条件でもアップ後と比較して有意な上昇がみられた。この結果から、帽子を被ってもランニング中の鼓膜温上昇を抑制できないことが明らかとなった。

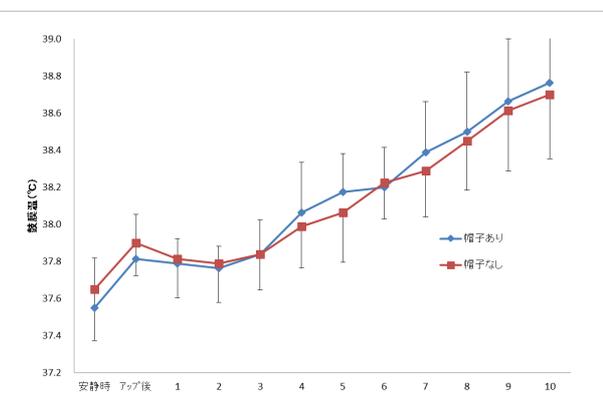


図 2. インターバル走中の鼓膜温の変動

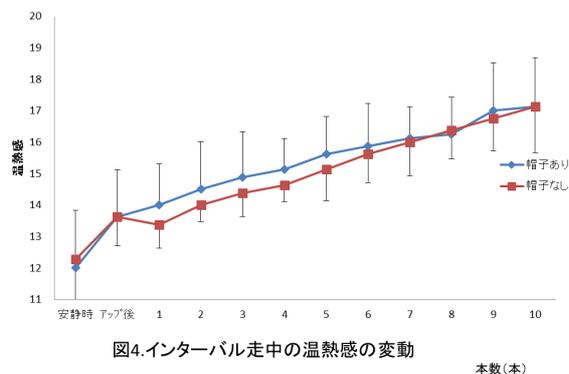
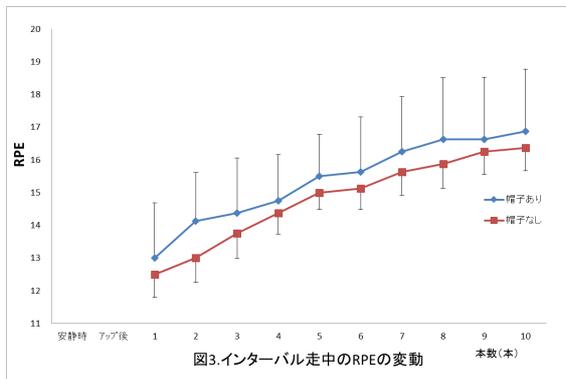
生理学的指標への影響

運動直後 HR ,回復期の HR,脱水率などにおいても,着帽と無帽の間に有意な差は認められず,帽子を着用しても生理学的な効果は見られないことが分かった.

主観的感覚

図3には,インターバル走中の RPE の変動を示した.着帽の方が終始高い傾向を示したが,有意な差は認められなかった.

図4には,被験者の暑さ感覚の変動を示した.両者の変動パターンに有意な差が見られ,被験者は着帽の方が暑さをより強く感じていることが分かった.



帽子の効果のまとめ

本研究の結果から,帽子を着用しても鼓膜温の上昇を防ぐことができないうえ,逆に被験者はより暑さを強く感じていることが示唆された.また帽子を着用することで被験者がきつさをより強く感じている傾向もみられ,着帽で日差しを遮るよりも,無帽で頭部に風を当てた方がより快適に感じていることがわかった.

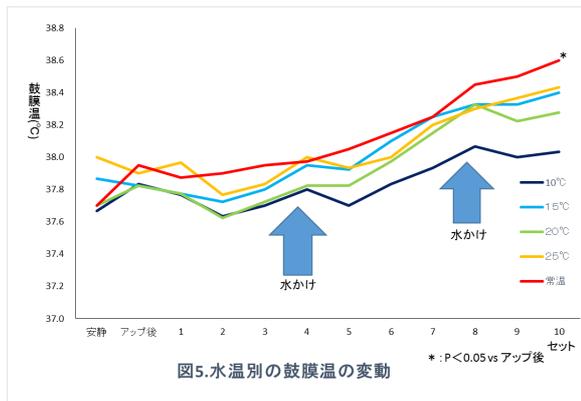
これらのことから,21分程度のランニングであれば,帽子を被らない方が良いことが示唆された.

(2)体温コントロールに適した水温の検討

鼓膜温への影響

5種類の水温を頭部にかけた場合の鼓膜温の変動を図5に示した.

その結果,常温の水では鼓膜温の上昇を抑制できなかったが,それ以外の水温(以下冷却水)ではいずれも鼓膜温の上昇を抑制できることが確認された.抑制効果が見られた冷却水4条件間では効果の大小は認められず,水かけに最適な水温を確定することはできなかったが,選手の感想では15と20が最も好評で,以下25と続き,10は冷た過ぎるという感想であった.



【本研究における研究成果の総括】

本研究の結果から,暑熱環境下でランニング中の体温をコントロールするためには,帽子の着用は効果がなく,冷却水を頭部にかけると良いことが分かった.

先行研究では,帽子着用の有効性を示すものがほとんどであるが,「強制対流」が発生するランニングでは,他の競技と異なり,帽子の着用が逆効果となる可能性が示唆された.

また,ランニング中の水かけについては,25以下の冷却水であれば,体温コントロールに有効であるが,常温では効果がないことが示唆された.今回採用した水温では,水温による冷却効果の大小は認められなかったが,被験者の感想としては,15と20が最も好評であり,10では冷たすぎて不快だという声が聞かれた.

これらの結果より,ランニング中の体温をコントロールするためには,冷却水を頭部にかけることが有効であり,さらに頭部に風を当てることとで選手の快適度が向上することが示唆された.

文献

1) 川原貴,朝山正己,白木啓三,中井誠一,森本武利:熱中症予防ガイドブック,日本体育協会,1999.

2) 吉塚一典,山本正嘉:暑熱環境下での5000mレースにおける体温上昇-鼓膜温を指標として-,トレーニング科学,19(3):263-273,2007.

3) Caputa M.: Selective brain cooling an

important componeny of themal physiology,
Pergamon Press,Oxford: 183-192, 1981 .

4) Cabanac,M.: Selective brain cooling in
humans, FASEB.J., 7: 1143-1147, 1998 .

5) 永坂鉄夫：暑熱と運動，体力科学
Vol.41:17-19, 1992 .

6)Nielsen,B.,T.Hyldig,F.Bidstrup,J.
Gonzalez-Alonso,G.R.Christoffersen:
Brain activity and fatigue during
prolonged exercise in the heat, Pflugers
Arch,442(1): 41-48, 2001.

7) Nybo,L.: Hyperthermia and fatigue,
J.Appl. Physiol.,104: 871-878,2008.

8) Racinais,S., N.Gaoua, J.Grantham:
Hyperthermia impairs short-term memory
and peripheral motordrive transmission,
J.Physiol.,586: 4751-4762, 2008.

9)Mariak Z., J.Lewko, J.Luczaj, B. Polocki
M.D.White:The relationship between
measured human cerebral and tympanic
temperatures during changes in brain
temperatures, Eur.J.Appl. Physiol.,69:
545-549, 1994 .

10) 松本孝朗，小坂光男，山内正毅，大渡伸，
土屋勝彦，李嘉明，楊果杰，鶴田雅子，横
山直方，和泉元衛，長瀧重信：放射鼓膜
温計の基礎的・臨床的検討，日生氣誌，29:
119-125, 1992 .

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)吉塚一典，濱田臣二，
川尾勇達：暑熱環境下の長距離走における帽
子着用の有無が鼓膜温に及ぼす影響，トレ
ニング科学，査読無，27-2：77，2015.

〔学会発表〕(計1件)吉塚一典，濱田臣二，
川尾勇達：暑熱環境下の長距離走における帽
子着用の有無が鼓膜温に及ぼす影響，トレ
ニング科学大会，鹿屋体育大学(鹿児島県・鹿
屋市)，2015年11月13日～11月15日.

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉塚 一典 (YOSHIZUKA Kazunori)
佐世保工業高等専門学校・その他部局等・
教授
研究者番号：10220691

(2)研究分担者

濱田 臣二 (HAMADA Shinji)
北九州工業高等専門学校・その他部局等・
教授
研究者番号：10228538

縄田 亮太 (NAWATA Ryouta)
愛知教育大学・教育学部・助教
研究者番号：60551281

川尾 勇達 (KAWAO Yuuya)
佐世保工業高等専門学校・その他部局等・
講師
研究者番号：20511520