

空冷ジャケットを用いた高温環境下の運動による深部体温変動の計測

Measurement of deep body temperature wearing air cooling jacket during exercise of high temperature environment.

吉村拓巳(産技高専) 黄 銘 (NAIST) 唐 尊一(大阪電通大) 内田光也(株式会社プロップ)

○田村俊世(大阪電通大)

Takumi YOSHIMURA, Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology
Ming HUANG, Nara Institute of Science and Technology
Zunyi TANG, Osaka Electro-Communication University
Mituya UCHIDA, Prop co.
Toshiyo TAMURA, Osaka Electro-Communication University

Abstract: By the influence of recent global warming, it is expected that the number of people suffering from heat stroke will increase. Therefore immediate measures to prevent heat stroke are desired, especially for outdoor workers. To address this issue, we have developed a wearable air-cooling jacket to mitigate heat strain. In order to verify the effect of the jacket, We have measured the deep body temperature (DBT) of seven subjects who were instructed to complete a 20 minutes cycling exercise at an isothermal chamber in the condition of 40 °C ambient temperature and 40 % relative humidity. Subject also went through the control experiments without the cooling jacket. According to the results of these experiments, obvious relief of heat strain was confirmed by comparing the changing pattern of DBT after the exercise.

Key Words: Heat stroke, Wearable air cooling jacket, Deep body temperature

1. はじめに

厚生労働省の調査⁽¹⁾によると、熱中症による死者数は近年 1000 人前後を推移しており、特に観測以来、夏の気温がもっとも高かった 2010 年は熱中症による死者数が過去最高の 1700 人以上になった。また、熱中症による年間の救急搬送者数は 4 万~5 万人で半数が高齢者である⁽²⁾。近年、温暖化やヒートアイランド現象などの影響により、夏場の気温は上昇する傾向にあり、熱中症に罹患する人の数は今後も増加すると考えられる。

熱中症は外気温上昇により、体内の熱の発散が追いつかず、深部体温が上昇する事によって発生する。また、深部体温の上昇により発汗が生じ、体内の水分と塩分が失われることにより脱水症状となり、症状が重篤化する。一般に、深部体温が 40°C 以上になると、脳や臓器の機能が阻害され、体温調節不全、意識障害に至る。このため熱中症を予防するには、発汗による深部体温の低下を促すことが重要である。

熱中症による死者のうち約 80% 以上は高齢者で、自宅における死亡例がほとんどである⁽¹⁾。この場合、部屋の温度管理を行う事で予防措置を講じる事が可能である。一方、40 歳までの熱中症による死亡場所は、自宅以外では工場や農場、商業施設などの作業環境とみられる場所の割合が増加している⁽¹⁾。工事現場や屋外の車両誘導などの場合には空調の管理が困難なため、熱中症の予防措置を講じることが困難であると考えられる。したがって、空調管理が困難な場所における熱中症対策が重要であると考えられる。

われわれは、屋外作業者の熱中症予防を目的として、ファンを用いた空冷ジャケットを開発した。本研究では開発したジャケットを被験者に装着し、40°C の環境下においてエルゴメータを用いた運動負荷実験を行い、深部体温を計測する実験を行った。

2. 空冷ジャケットの概要

Figure 1 に開発した空冷ジャケットの外観を示す。空

冷ジャケットは背中に装着したブローアとブローアから風を導くダクトから構成されている。ダクトには背中と首回り、胸の部分に穴が開けられており、ブローアからの風が穴から排出されることで、各部位を冷却する構造になっている。電源には USB タイプのモバイルバッテリー(バッテリー容量 3000mAh)を 2 本用いており、約 3 時間の連続動作が可能である。重量は約 700[g]で長時間の装着においても、使用者の負担にならないように設計されている。



Figure 1 Appearance of the air cooling jacket

3. 実験方法

開発した空冷ジャケットの効果を検討するため、ジャケット非動作時と動作時の深部体温変化を測定する実験を行った。健康成人男性 7 名(年齢 25.3±8.9[歳],身長 169.6±5.2[cm],体重 64.7±8.6[kg])を対象に、室温 40°C, 相対湿度 40%, Wet Bulb Grovel Temperature (WBGT) 33°C の恒温室で 20 分間のエルゴメータ運動負荷を加えた後、10 分間の休憩を行う実験を行った。エルゴメータの負荷は 50[W]とした。被験者の背中の深部体温を深部温度計(コアテンプ, CM-210, TERUMO)を用い測定した。深部体温は体表面とは異なり、体の中枢温度である。体表面の温度は、

汗の蒸発やジャケットからの風による気化熱により体表面温度が低下しやすいと考えられる。しかし、熱中症は深部体温が上昇する事により生じることから、体表面の温度測定では深部体温が確実に把握できず、熱中症に効果があるのかの判断が困難である。本研究では深部体温を計測しているため、冷却の効果を確実に把握可能である。

本研究は大阪電気通信大学倫理委員会の承認を得たのち各被験者に対して、実験の目的や内容などのインフォームドコンセントを十分に行い、同意の得られた被験者に対して実験を実施した。また、ジャケットの動作有りと動作無しの実験は実験日と実験の順番をランダムに変えて行い、実験の順番による影響が出ないように行った。

4. 結果と考察

実験結果の一例を Figure 2 に示す。(a)はジャケットの動作無しの場合、(b)はジャケットの動作有りの場合である。(a)のジャケット動作無しの場合は 20 分間の運動中に深部体温が上昇しており、運動後も深部体温が上昇を続けていることがわかる。一方、(b)のジャケットの動作がある場合は、運動開始 15 分後より深部体温が低下し始め、運動終了後も下降を続けていることがわかる。

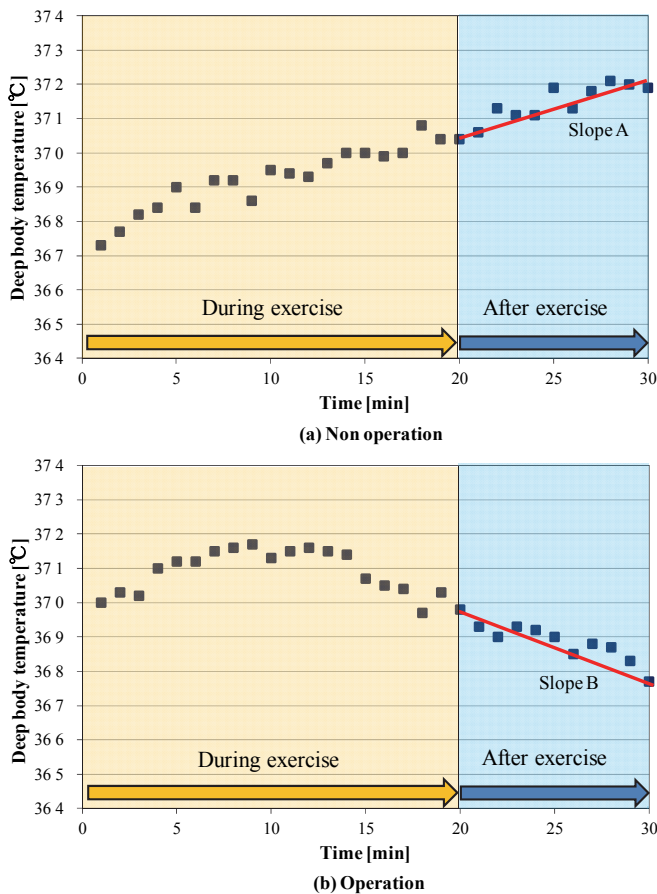


Figure 2 A typical example of the result of deep body temperature.

被験者 7 名の結果を検討した結果、動作有りと動作無しの実験はランダムに行ったため、運動開始時の深部体温は異なっていた。また、運動開始から運動終了までの温度上昇の傾きは、ジャケット動作有りと動作無しの場合で、明確な差異は見られなかった。これは、実験時の気温が深部体温より高い 40[°C]であったため、運動による体内の熱の発生に対して、風による冷却の効果が少なかったためであると考えられる。このため、運動終了後の深部体温変化の

傾きに注目し解析を行った。ジャケット動作無しの場合の運動終了後の深部体温変化の傾きを「Slope A」、ジャケット動作有りの運動終了後の深部体温変化の傾きを「Slope B」とし、傾きの変化量を以下のように定義する。

$$\Delta S = \text{Slope B} - \text{Slope A}$$

計測した 7 名の ΔS を Table 1 とグラフを Figure 3 に示す。

Table 1 The slope of the deep body temperature change.

Subjects	Slope A [°C/min]	Slope B [°C/min]	ΔS
A	0.0325	-0.0043	-0.0368
B	0.0085	-0.0029	-0.0114
C	0.0140	-0.0145	-0.0285
D	0.0032	-0.0218	-0.0250
E	-0.0130	-0.0166	-0.0036
F	0.0000	-0.0083	-0.0083
G	-0.0060	-0.0071	-0.0011

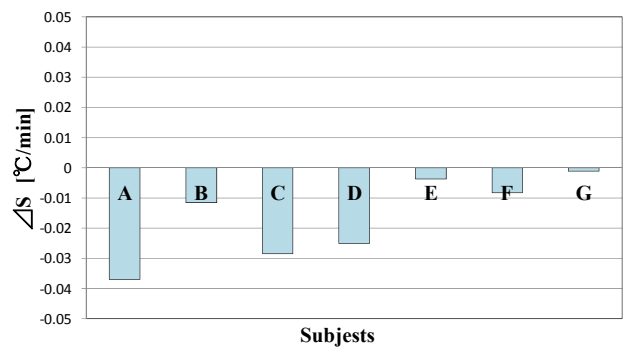


Figure 3 The graph of ΔS .

Table 1 より、ジャケット動作無しの場合の傾き(Slope A)は被験者 E と G を除いて正の傾きであった。これより運動終了後も温度が上昇していることがわかる。一方、ジャケット動作有りの傾き(Slope B)はすべての被験者で負の傾きとなり、運動終了後に深部体温が低下していることがわかる。 ΔS はすべての被験者で負の値になった。このことより、ジャケットを動作させることにより、動作させない場合に比較して、より深部体温が減少していることがわかる。

今回、ジャケット動作有りと無しの実験は、計測の日ごとに順番をランダムに変えて行った。このため、 ΔS には実験の順番による影響もランダムに混入していると考えられる。しかし、 ΔS がすべての被験者で負になったことより、実験の順番の影響よりも、ジャケットの動作による冷却の効果が出ていると考えられる。

5. まとめ

本研究では屋外作業者の熱中症予防を目的として開発した空冷ジャケットを用い、40[°C]の環境下において運動時の深部体温を計測する実験を行った。計測の結果、ジャケットを用いることによって、安静時の深部体温上昇を抑えることが可能であることが明らかとなった。

参考文献

- (1) 平成25年我が国の人口動態 - 厚生労働省, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/81-1a2.pdf>
- (2) 環境省 熱中症環境保健マニュアル, http://www.env.go.jp/chemi/heat_stroke/manual.html