

## エルゴメーターによる手のひら冷却装置の効果

### Effectiveness of palm cooling system with ergometer

伊藤 挙<sup>\*\*\*,\*\*\*\*,\*\*\*\*\*</sup>, 横井 修<sup>\*\* ,\*\*\*\*\*</sup>, 山崎 時生<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
坂 達也<sup>\*\* ,\*\*\*\*\*</sup>, 金子 雅希<sup>\*,\*\*\*\*\*</sup>, 羽田 克彦<sup>\*\*\*,\*\*\*\*,\*\*\*\*\* ,\*\*\*\*\*</sup>

Susumu ITOH<sup>\*\*\*,\*\*\*\*,\*\*\*\*\*</sup>, Osamu YOKOI<sup>\*\* ,\*\*\*\*\*</sup>, Tokio YAMAZAKI<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
Tatsuya SAKA<sup>\*\* ,\*\*\*\*\*</sup>, Masaki KANEKO<sup>\*,\*\*\*\*\*</sup> and Katsuhiko HATA<sup>\*\*\*,\*\*\*\*,\*\*\*\*\* ,\*\*\*\*\*</sup>

#### I. はじめに

真夏の期間、スポーツをするときに気をつけなければならないのは熱中症である。統計では日本の真夏の6月下旬~9月上旬まで暑さ指数(WBGT)が嚴重警戒のレベルにあり、気温が高い時期、体温を外部に逃がすことができずに熱中症を発症する可能性がある。特にスポーツをする人は熱中症対策をしなければならない。スポーツをすると筋肉収縮により熱が加算されるため、より熱中症になりやすい。対策として身体冷却が有効である。

今回、身体外部の冷却装置に分類される、手のひら冷却装置、CoolMitt (©Copyright Arteria Technology, Inc. All Rights Reserved)<sup>2)</sup> を使用したレビューを行う。

#### II. 体温調節の基礎知識

##### 1. 深部体温と体温調節

身体は内部に向かうほど体温が高く核心部の体温はおおよそ37℃に調節されている。外殻部(表皮温)は室温に影響されるが28℃から32℃くらいである。一般的な体温計で舌下温や腋下温を測定

するとおおよそ36.9℃となる。核心部の体温は深部体温とよばれ、正確に測定するには食道温や直腸温を測定する。しかし、このような機器は侵襲性が高いため運動中などは簡単に測定することが難しい。最近では、簡易的に皮膚温と放射熱を測定することで深部体温を計算できる測定器がある。

代謝によって発生する熱(熱産生)と体から放射される熱とがうまくバランスを取ることによって、深部体温が37℃を中心に一定の範囲に体温調節されている。主な熱産生として、基礎代謝、身体活動に伴う熱がある。スポーツ活動時には筋肉で大量の熱が発生するため体温が上昇する。一方、血液循環によって熱が表皮に運ばれ体外に熱が放出される。もし外気温が高く、身体の熱が放出できなくなると熱中症を引き起こす。深部体温が40℃以上になると、呼吸循環器系だけでなく、中枢神経系の機能不全を起こし、死に至る場合もある危険な状態である。

##### 2. 運動時の体温上昇

身体運動を行うと、筋肉収縮に伴う熱産生量は安静時の10倍に増え、体温が上昇する。体重60kg

\* 国士舘大学体育研究所 (The Institute of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 国士舘大学防災・救急救助総合研究所 (Research Institute of Disaster management and Emergency medical system, Kokushikan University)

\*\*\* 国士舘大学救急システム研究科 (Department of Emergency Medical System, Kokushikan University)

\*\*\*\* 国士舘大学体育学部スポーツ医科学科 (Department of Sport and Medical Science, Kokushikan University)

\*\*\*\*\* 国士舘大学ハイテクリサーチセンター (High-tech Research Centre, Kokushikan University)

\*\*\*\*\* 数理医科学研究センター (Department of Neuroscience, Research Center for Mathematical Medicine)

\*\*\*\*\* KYBメディカルサービス (KYB Medical Service Co., Ltd.)

\*\*\*\*\* 東京理科大学大学院理学研究科物理学専攻 (Department of Physics, Tokyo University of Science, Tokyo, Japan)

の人がランニング運動を30分した場合、体の熱が全く放散できなければ、深部体温は30分後には40℃にまで達する。しかし実際には、30分間でせいぜい1℃程度の体温上昇にとどまる。皮膚血流の増加や汗の蒸発など強力な体温調節の働きによって多量の熱を放散できるからである。図1は屋外でランニングを行っているときの体温調節の様子を表したものである。熱放散経路は大きく2つに分けられ、皮膚表面から輻射、伝導、対流によって放熱される非蒸発性熱放散と、皮膚表面から汗が蒸発することによる蒸発性熱放散とがある。非蒸発性熱放散は、皮膚と周りの空気との温度差が大きいほど皮膚表面から空気へ捨てる熱量が大きくなり、体温を下げる。一方、汗は皮膚表面から蒸発するとき、気化熱を奪って体温を低下させる。汗の蒸発による熱放散は気温が高くても影響は受けないが、湿度が高いと汗の蒸発が制限され、熱放散の効率が低下する。

### 3. 運動の強度と体温

熱産生量は運動強度に比例して大きくなり、体温も運動強度に比例して上昇する。しかし、熱放散のための機構がうまく働いている限り、体温は一定の範囲内に維持され、生命に危険なほどには上昇しない。熱放散は気温、湿度、および輻射熱の影響を受けるが、特に気温や湿度、輻射熱が高い環境下で強い運動を行えば、熱産生量に見合っ

た熱放散ができず、体温が過度に上昇する。したがって環境温度が高いときには、まずは運動強度を下げなければならない。

### Ⅲ. 身体冷却

身体冷却することで、暑い環境下でも体温の過度な上昇を抑えることで熱中症の予防、持久性運動能力や認知機能低下の抑制、多量の発汗による脱水予防などができる。

冷却方法は大きく2つに分けることができる。アイスバスやアイスパック、送風などを用いて身体外部から冷却する身体外部冷却と、冷たい飲料などを摂取し身体内部から冷却する身体内部冷却とがある。外部冷却は伝導や対流による非蒸発性熱放散と発汗による蒸発性の熱放散のしくみを利用して身体を冷却するものである。一方、内部冷却は皮膚や筋肉の温度を大きく低下させることなく身体内部（核心部）を冷却できる。アイスラリーとは氷と飲料水が混合したシャーベット状の飲料物であり、最近、注目されている。

冷却のタイミングは、運動前、運動中、運動後のリカバリーに区別できる。運動前に体温を低下させておけば、運動中の体温の許容量を大きくでき、運動時間を延ばすことができる。

運動中や休憩時の冷却は、体温や筋温の過度な上昇を防ぎ、運動前に冷却するのと同じく、運動時間を伸ばすことができる。また運動後の冷却は、上昇した体温や筋温による疲労の軽減、筋損傷や炎症反応を抑えることができる。

スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブックから身体冷却方法とその特徴を表に参照する。(図2)

実際の暑熱下のスポーツ活動時では、身体内部と外部からの冷却を組み合わせ

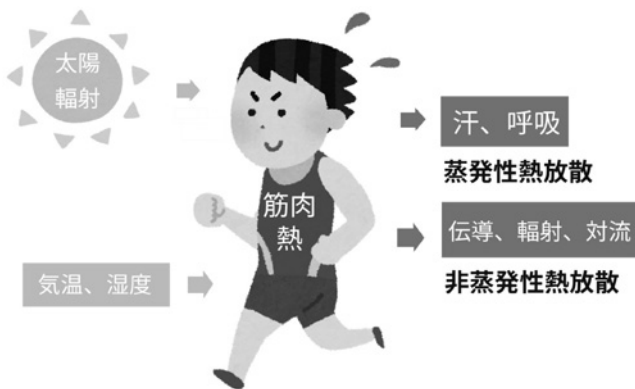


図1 運動時の環境ストレスと熱放散経路

冷却方法	冷却効率		実用性							備考
	核心	皮膚	運動前	運動中	休憩時	運動後	簡便性	運動能力		
外部冷却	アイスバス	◎	◎	○	—	△	◎	△	○	冷却直後のスプリント運動や筋発揮に負の影響あり
	アイスバック	△	◎	△	△	◎	◎	◎	△	冷却効率はアイスバスの1/10程度
	クーリングベスト	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	運動中着用できるが、重量が気になる場合がある
	送風	△	○	△	—	◎	○	○	△	霧吹き/水噴射との組み合わせ可能、屋外でも使用可能
	頭部・頸部冷却	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎
内部冷却	手掌冷却	△	○	◎	—	◎	○	◎	○	温熱感覚に好影響、様々なスポーツ競技で実施可能
	水分補給	○	△	◎	◎	◎	◎	◎	○	脱水予防やエネルギー補給が可能
	アイズラリー	◎	△	◎	△	◎	◎	◎	◎	電解質/糖質補給と冷却効果を組み合わせることができる

日本スポーツ協会「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」より<sup>1)</sup>

図2 身体冷却方法とその特徴

ることが重要である。実践的な暑さ対策は夏季におけるトレーニング効率を向上させるため、熱中症予防や運動能力の向上につながる。

#### IV. 手のひら冷却装置の概要

手のひら冷却は身体外部冷却の分類に位置する。手のひらや足の裏は人体の冷却器官である。

##### 1. 体温調節をする血管

心臓から送り出された血液は、末梢の毛細血管まで及び、静脈を通して心臓に戻っていく。手のひらに毛細血管が存在するが、その毛細血管に枝分かれする前に動脈と静脈とをショートサーキットする動静脈吻合と呼ばれる血管がある。通称AVA (Arteriovenous Anastomoses) と呼ばれる(図3)。AVAは、皮膚では手足の末端、顔の一部だけに存在する特殊な血管である。拡張したときの直径は毛細血管の約10倍。つまり、流体力学の法則から流れる血流量は1万倍にもなる。一方で、完全に閉じると血流量はゼロになる。主に、手のひら、足の裏、顔の一部に存在する。

AVAは体温調節が仕事で、胴体部分から、熱を奪われやすい末端部分へ熱を運ぶことができるように末端に多く存在している。ただし、寒さが強くなると、AVAは収縮して末梢への血流を減



図3 AVA血管の概略図

らし、そこから熱が逃げるのを防ぐ。快適な温度より暑ければ開き、寒ければ閉じるといった体温調節している。

##### 2. 手のひら冷却装置 Coolmitt

(©Copyright Arteria Technology, Inc. All Rights Reserved)

アメリカ・スタンフォード大学で体温を下げる方法を研究してきたクレイグ・ヘラー教授が研究に関わった、手のひらを冷却する機器、それが、Coolmittである。手のひらは身体の放熱器そのものである。教授は手のひらをおよそ15℃に温度を保つと最適と語る。この機能は人だけでなく、

イヌやサルなど哺乳類に共通して備わっている。哺乳類では毛のない手のひらや足の裏にAVAが多く分布し、そこから熱を放出する仕組みが進化したと考えられている。ある研究によると首・脇の下を冷やしたときよりも、AVAの多い手のひら・足の裏・頬の3点を冷やしたときの方が体温を低下させるという結果が得られている。

### V. 深部体温の測定機について

#### 1. 深部体温計Core Body Temperature Monitoring<sup>3)</sup>

胸部の上方部にパッチ型センサを貼り付ける非侵襲の深部体温を測定する機器である。内部構造として皮膚表面にあたる場所にサーミスタセンサを配置し、そのすぐ上部にそれぞれサーミスタセンサを配置することで、熱流束を計測する仕組みになっている。その値から熱流法の原理に基づき深部体温を推定する体温計である。

### VI. 手のひら冷却装置の効果を検証

#### 1. 目的

Coolmittを使用した手のひらクーリングの冷却効果を効果を測定すること。暑熱環境で実験をするべきなのだが時期的に用意できなかった。今回の実験はCoolmittに冷却効果があるのかを目標に実施した。

#### 2. 方法

- 男子大学院生 2名
- 気温 20℃ 湿度 40% (冬季のため、暑熱環境を用意できなかった。)
- 自転車エルゴメーター (COMBI AEROBIKE 820)
- 60% VO<sub>2</sub>max の運動強度
- ウォーミングアップ 10分を含む、60分間の運動

- タイミングは運動中にCoolmittを使用し、冷却ある、なしで測定した。

### 3. 測定機器

1. 手のひら冷却器 Coolmitt
2. 深部体温測定器 Core Body Temperature Monitoring
3. 心拍計 HRM-DUAL (garmin)
4. サイクルコンピュータ egde 130 (garmin)

### VII. 結果と考察

単純に、運動中に冷却ある、なしで、運動を開始した頃、深部体温が一致したところで時間軸を合わせた。男子学生1名の記録である。図4のグラフに示す。この結果を見ると、Coolmittの冷却効果が見られた。しかし、別の男子学生に同様な試験を行ったが、Coolmitt の冷却効果があまり見られなかった。

この実験では、準備が不十分でサンプル数がかなり少なく参考的な記録である。男子学生の1名の結果を素直に見ると、Coolmittの冷却効果は十分にあるのだろう。別の男子学生の結果で、Coolmittの冷却効果が現れなかったのは、暑熱環境を用意

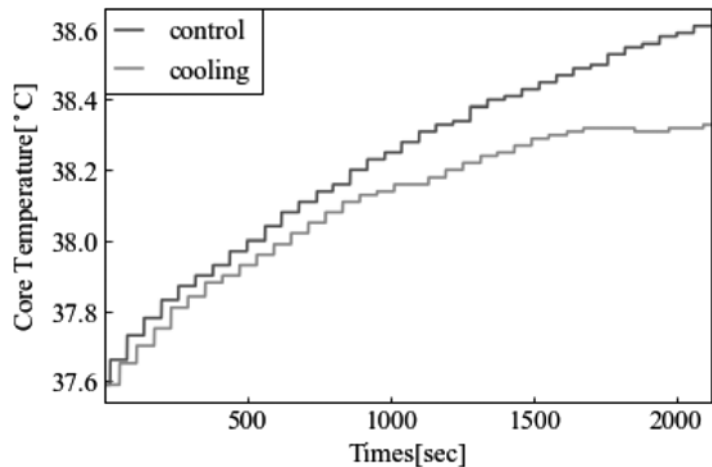


図1 運動時の環境ストレスと熱放散経路

できなかったためと考えている。サンプル数や環境等の整備をして、もう一度、チャレンジしたい。

Coolmittの使用した感想だが、熱中症の予防の視点から、手のひら冷却装置の価値を考えると、暑熱環境の短い期間でしか活躍できない。手のひらを冷却するのに、安価なアイスパックなどの代替手段が存在するのでこの装置の印象が薄い。深部体温をある温度にキープすると運動のパフォーマンスが良いと聞く。深部体温計を共に使用し運動のパフォーマンスが最も良い深部体温にフィー

ドバックするのはどうだろうか。このような高価な装置は代替と違う差別化が必要と考えられる。

#### 参考文献

- 1) 日本スポーツ協会「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」
- 2) CoolMitt  
(©Copyright Arteria Technology, Inc. All Rights Reserved)  
<https://www.coolmitt.com/>
- 3) Core Body Temperature Monitoring  
<https://corebodytemp.com/>