

# 消防活動時における水分摂取が熱中症予防に及ぼす効果の検証

三野正浩\*, 吉田圭佑\*\*, 日高一誠\*, 下畑行盛\*

## 概要

本検証では、消防活動時におけるこまめな水分摂取が隊員の熱中症予防等に及ぼす効果について検証することを目的とした。この目的を達成するために、4つの群を設定し、時速7.2kmで60分間のペース走を行った。実験結果から、完全着装状態で水分摂取をせずに1時間以上持続する消防活動を行うと、外気温湿度に関わらず熱中症を発症する危険性が高いことや、活動開始40分後以降に初めて水分を摂取しても、その効果は少ないことが確認され、こまめな水分摂取が熱中症予防に効果的であることが示唆された。

## I はじめに

消防職員は、防火衣等の装具を着装して作業強度の高い消防活動を行うため、活動中に熱中症による受傷や体力消耗による活動力の低下等が懸念される。特に最新の防火衣は、隊員を火炎から防護するための耐熱機能の向上が図られている反面、身体活動により産生された体熱の放出を抑制する作用があるため<sup>1)</sup>、熱中症の発生危険や体力消耗度を高めている。そこで、当庁における消防活動時の熱中症予防対策のひとつとして、ペットボトルなどの携行等による効率的な水分摂取が掲げられているが、平成19年中の熱中症による受傷事故件数は総件数の1割を占めている。

本検証では、消防活動時にこまめに水分を摂取することが、熱中症予防にどの程度効果があるのかを、熱中症の症状指標となっている生理的要素(体温、心拍、体重、血圧等)に着目し、消防隊員の安全管理対策に資することを目的とした。

## II 検証方法

### 1 被験者(表1)

平成19年の成人国民体力測定結果が「B」以上の東京消防庁職員9名

| 年齢<br>(歳) | 身長<br>(cm) | 体重<br>(kg) | 最大酸素摂取量<br>(ml/kg/分) |
|-----------|------------|------------|----------------------|
| 39.1±9.2  | 169.4±7.1  | 65.6±5.7   | 45.6±9.1             |

※数値: mean±SD

表1 被験者の身体特性

### 2 実験期間

平成19年12月12日～平成20年3月7日

### 3 実験場所

東京消防庁消防学校体育館3階

### 4 測定項目

#### (1) 生理的測定項目

①鼓膜温、②衣服内温、③血圧、④体重減少率、⑤心拍数、⑥血中乳酸濃度

#### (2) 主観的測定項目

①主観的運動強度、②温熱快感、③口渇感、④クレペリン検査

#### (3) 技術系パフォーマンス

「巻き結び」、「もやい結び」、「プルージック結び」の速度及び精度

#### 5 実験プロトコール

##### (1) 実験群の設定

##### ① 積極的飲水群(写真1)

完全着装でハイドレーションバックを装着してこまめに水分を摂取する群



写真1 小金井消防署考案のハイドレーションバック

② 40分後飲水群

完全着装で実験開始40分後に300mlの水分を摂取する群  
(※火災出場時における水分摂取に関するアンケート調査で最も回答率の高かった「時間帯」と「飲水量」。延焼防止のタイミングでの水分摂取を想定。)

③ 無水群

完全着装で実験開始から終了までの間、一切水分を摂取しない群

④ コントロール群

執務服、運動靴及び無帽で実験開始から終了までの間、一切水分を摂取しない群

(2) 運動負荷様式 (写真2)

実火災での運動負荷様式と同等にするため、床に設置されたペースメーカーに合わせて走るペース走とした。



写真2 ペース走時の実験風景

(3) 運動強度

時速7.2km (※消防作業時の平均心拍数: 約140~145拍/分<sup>2)</sup>になるように予備実験を実施し、速度を設定した。)

(4) 運動時間

60分 (※当庁における平成17年度の建物火災の覚知から鎮圧までの平均時間: 約60分に合わせた。)

(5) 環境条件

環境温湿度: 16.7±0.8℃、49.8±4.5%

(6) 積極的飲水群の飲水条件 (写真3)

容量1800mlのハイドレーションパックには5.6±1.8℃の冷却飲料水1500mlを入れ、背中と接触するパックの側面には9×7cmのアイスパックを2個入れた。



写真3 飲料水パック (左) 及びアイスパック (右)

V 結果及び考察

1 鼓膜温 (図1)

60分後の無水群の鼓膜温は38.1±0.5℃であった。鼓膜温は直腸温より0.3~0.6℃低く、直腸温38~39℃がスポーツ時障害を起こさない限度とされていることから<sup>2)</sup>、無水群は熱中症(脱水症)等の障害を引き起こす可能性があることが確認された。

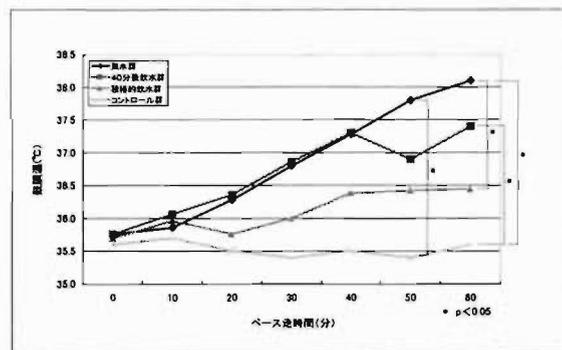


図1 鼓膜温の変動

2 衣服内温 (図2)

防火衣を着装する3群と、防火衣を着装しないコントロール群の衣服内温に有意差が認められたが、防火衣を着装する3群間において有意差はなかった。このことから、防火衣着装の有無による衣服内温の差はあるが、水分摂取の有無による衣服内温の差は生じないことが示され、疲労の軽減、あるいは熱中症予防のためには、衣服内に蓄積された熱を脱衣や前面開放により放出することも効果的な手段であることが確認された。

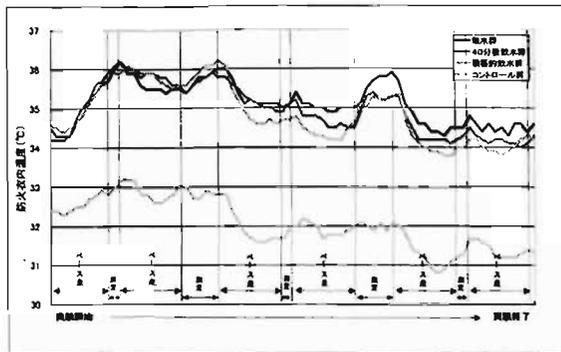


図2 衣服内温の変動

### 3 血圧 (図3)

運動を行うと心拍数の増加により血圧も上昇するが<sup>3)</sup>、熱中症の第一段階(熱失神)になると皮膚血管の拡張によって血圧は低下する<sup>4)</sup>。無水群、40分後飲水群及び積極的飲水群において、血圧低下はみられなかったが、収縮期血圧(最高血圧)は60分間徐々に上昇し続け160mmHg付近まで到達していたことから、60分以上活動を継続するとやがて血圧が低下し、熱中症に陥る可能性もあることが確認された。

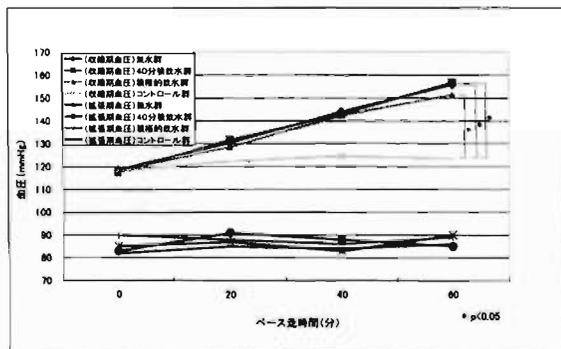


図3 血圧の変動

### 4 体重 (図4)

発汗による体重減少率が3%になると競技力低下、5%になると寒気や20~30%の持久力低下とされており(表2)、無水群(3.8%)、40分後飲水群(3.3%)は持久的運動能力が低下している可能性が示唆された。また、大量に発汗した後に水を多量に摂取すると低ナトリウム血症による意識障害や痙攣を引き起こす場合があることから<sup>5)</sup>、消防活動終了時等に水分を摂取する場合は、水分の量や成分等に配慮することが重要である。

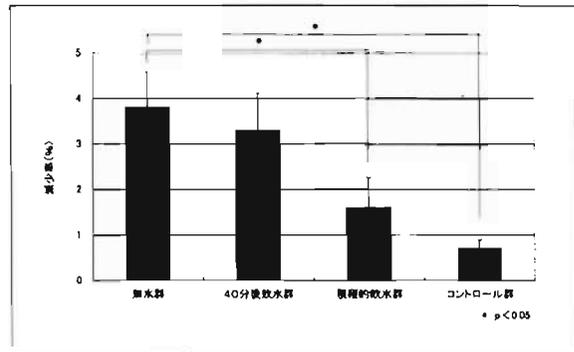


図4 発汗による体重減少率

表2 体重減少率とその症状

| 体重減少率(%) | 症状                         |
|----------|----------------------------|
| 1        | 体温の上昇                      |
| 3        | 競技力の低下                     |
| 5        | 熱による腹痛、寒気、吐き気、20~30%の持久力低下 |
| 8~10     | 脱力感、めまい、頭痛、疲労              |

引用:コーチングクリニック(2001年7月号)より一部改変

### 5 心拍数 (図5、表3) 及び血中乳酸濃度 (図6)

積極的飲水群は心拍数、血中乳酸濃度ともに無水群、40分後飲水群と比較して有意差はなかったが、より低い傾向であった。心拍数を $\%V_{O2max}$ に換算すると、無水群及び40分後飲水群は70~80 $\%V_{O2max}$ 、積極的飲水群は60~70 $\%V_{O2max}$ に相当し<sup>6)</sup>、 $\%V_{O2max}$ に約10%程度の差が生じていたことから、水分摂取により生理的負担が軽減されていることが確認された。

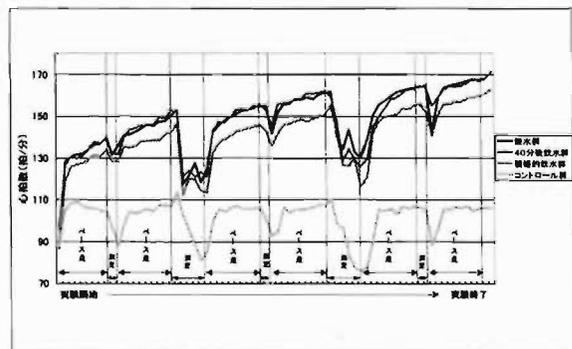


図5 心拍数の変動

表3 平均心拍数と最高心拍数

|         | 平均心拍数(拍/分) | 最高心拍数(拍/分) |
|---------|------------|------------|
| 無水群     | 148 ± 15   | 171 ± 13   |
| 40分後飲水群 | 147 ± 14   | 172 ± 13   |
| 積極的飲水群  | 139 ± 11   | 162 ± 10   |
| コントロール群 | 104 ± 9    | 114 ± 8    |

\* p<0.05

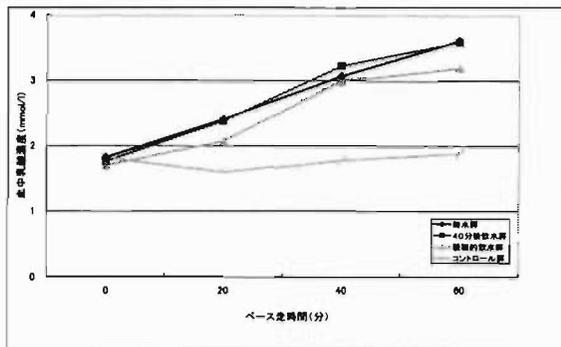


図6 血中乳酸濃度の変動

### 6 主観的身体負担

クレペリン検査において各群間に有意差はみられなかったが、主観的運動強度(図7)、温熱快感、口渇感の測定項目において、積極的飲水群は無水群、40分後飲水群と比較して低い(楽である)傾向であった。水分摂取が運動時の主観的な疲労を緩和するという結果は先行研究と一致しており<sup>7)</sup>、1時間以上持続する消防活動時に水分を摂取しないと後半に感覚的な負担が増加し、集中力が欠けてしまう可能性が確認された。

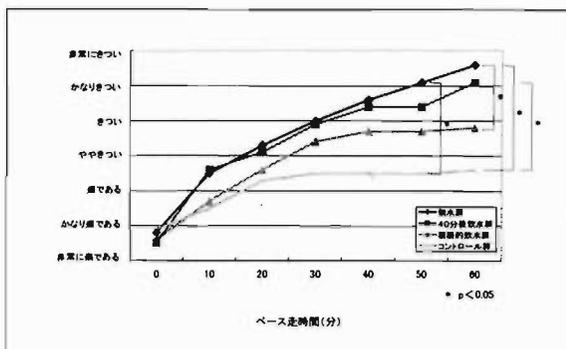


図7 主観的運動強度の変動

### 7 技術系パフォーマンス(図8)

積極的飲水群は時間の経過とともに速度が速くなり精度がほぼ維持され、無水群は時間の経過とともに速度が速くなり精度が低下するという傾向があった。これは前6で記述したとおり、水分摂取の有無による中枢性の疲労が原因であると考えられ、無水群において集中力の欠如が出現したと推察される。

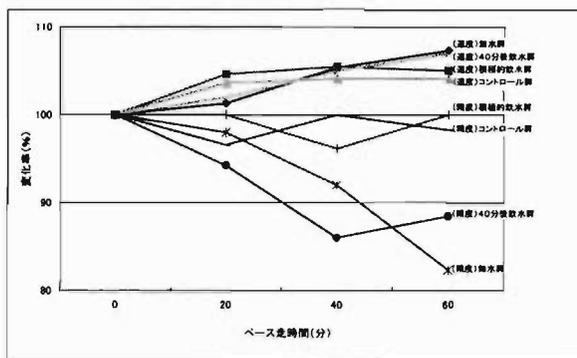


図8 結索速度及び精度の変化率

### 8 ハイドレーションバック内の飲水量について

積極的飲水群が実験中に飲水した量は  $1080 \pm 345 \text{ml}$  であり、運動中の水分摂取の目安(体重減少量の70~80%)を満たしていた<sup>8)</sup>。しかし、本実験の環境温湿度は  $19.8 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 、湿度は  $41.9 \pm 4.5\%$  であり、夏季ではさらに温湿度が高くなることにより、発汗量が増加すると考えられるため、それに伴い飲水量も増加することが予想される。

### VI まとめ

- 1 完全着装状態で水分摂取をせずに1時間以上持続する消防活動を行うと、外気温湿度に関わらず、熱中症を発症する危険性が高い。
- 2 水分摂取をこまめに行くと主観的疲労、生理的身体負担が緩和されるが、活動開始40分後以降に初めて水分を摂取しても、その効果は少ない。
- 3 活動開始40分後以降に初めて水分を摂取する場合は、低ナトリウム血漿に陥らないように、水分の量や成分等に配慮する必要がある。
- 4 完全着装状態では、防火衣等を着装しない場合と比較すると、水分摂取を行っても主観的・生理的身体負担は依然として高い状態にあり、防火衣前面を開放し、体熱を放出させることにより、さらなる疲労の軽減、あるいは熱中症予防につながる。

### VII 今後の課題

消防隊員が飲料水を災害現場に携行し、冷却された飲料水をこまめに摂取する最良の手段として、ハイドレーションバック以外の手段(例:ドリンクボトルなど)に関して検証し、消防活動時に水分摂取を行う方策を確立することが、熱中症事故を減少させると考えられる。

### 【参考文献】

- 1) 消防科学研究所発行: 消防活動における熱中症予防対策の研究, 消防科学研究所報 37号(2000)
- 2) 消防科学研究所発行: 消防活動の身体的負担に関する研究, 消防科学研究所報 35号(1998)
- 3) 嶋津秀昭: 血圧, 山海堂(2001)
- 4) 財団法人日本体育協会ホームページ: 熱中症を防ごう
- 5) 杉浦克己: スポーツドリンクの成分とそのエルゴジェニック効果, コーチングクリニック(2001年7月号)
- 6) トレーニング科学研究会: トレーニング科学ハンドブック
- 7) 安松幹展, 宮城修, 大橋二郎, 田中英登: 暑熱環境下での長時間の間欠的運動パフォーマンスに対する水分補給の効果, p115, デザンスポーツ科学 Vol.23(2002)
- 8) 日本体育協会プロジェクト研究発行: スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック(1999)

# Verification of the effect of water intake on prevention of heat stroke during firefighting

Masahiro MINO\*, Keisuke YOSHIDA\*\*, Issei HIDAKA\*, Yukimori SHIMOHATA\*

## Abstract

This verification aims to examine the effect of frequent water intake during firefighting to prevent firefighter heat prostration.

Four groups were formed. The groups ran 7.2 km per hour for 60 minutes to achieve the above objective. Test results showed that when a firefighter in full gear is engaged in firefighting which continues for one hour or more without intake of water, he is at high risk of heat stroke regardless of external temperature and humidity and that if he drinks water for the first time 40 minutes or more after he starts firefighting, the effect of water is minimal. Thus, the study suggests that frequent intake of water is effective in preventing heat stroke.