

暑熱環境下で防具を装着して運動をする  
アスリートに対する実践的な身体冷却方略の検証  
ーラクロスに着目してー

中京大学大学院 刑部 純平  
(共同研究者) 中京大学 松本 孝朗  
同 梅村 義久  
至学館大学 近藤 妃畝

**The Investigation of A Feasible Body Cooling Strategy for The Men's  
Lacrosse Players Who Wear Protective Equipment During The Competition  
in The Heat**

by

Jumpei Osakabe  
*Graduate School of Health and Sport Sciences,  
Chukyo University*

Takaaki Matsumoto, Yoshihisa Umemura  
*School of Health and Sport Sciences,  
Chukyo University*

Kiho Kondo  
*Department of Nutrition, Faculty of Wellness,  
Shigakkan University*

ABSTRACT

In this study, we investigated that the effects of half-time body cooling strategy using FAN<sub>wet</sub> (fan with skin wetting), ice slurry ingestion (ICE), and FAN<sub>wet</sub> + ICE on subsequent body temperature and perceptual responses during the intermittent exercise simulated men's lacrosse match while wearing protective equipment in the heat. Ten

physically active men performed following four cooling intervention in random order: FAN<sub>wet</sub> condition, ICE condition, MIX condition (FAN<sub>wet</sub> + ICE) and CON condition (cold drink ingestion). Rise in rectal temperature since HT, skin temperature, thermal sensation, thermal comfort and rating of perceptual exertion were lower in FAN<sub>wet</sub> and MIX conditions. However, there was no significant difference between MIX and FAN<sub>wet</sub> conditions. These results indicate that body cooling strategy by FAN<sub>wet</sub> can be one of the feasible and effective cooling strategies during the men's lacrosse match in the heat. However, cooling effects of ice slurry ingestion, and additional cooling effects of combined with FAN<sub>wet</sub> and ice slurry ingestion were not observed in this study.

## 要 旨

本研究では、暑熱環境下での防具を装着する男子ラクロスの試合を想定した間欠的自転車漕ぎ運動時における模擬ハーフタイム中のFAN<sub>wet</sub>（濡れた皮膚に送風）、アイススラリー摂取（ICE）、およびFAN<sub>wet</sub> + ICEの3種類の身体冷却方略が、その後の体温や主観的指標に及ぼす影響を検証した。成人男性10名を対象に、10分間の仮想ハーフタイム（HT）中に以下の4試行をランダムな順番で実施した：FAN<sub>wet</sub>条件、ICE条件、FAN<sub>wet</sub> + ICE（MIX条件）、冷飲料摂取（CON条件）。FAN<sub>wet</sub>条件およびMIX条件において、HT以降の直腸温上昇の低下、皮膚温、温熱感覚、熱快適性、主観的運動強度の改善が認められた。しかし、MIX条件とFAN<sub>wet</sub>条件の間に差はなかった。これらの結果から、FAN<sub>wet</sub>による身体冷却方略は、暑熱環境下における男子ラクロス試合時の有効な暑さ対策となる可能性が示唆された。しかしながら、アイススラリー摂取による身体冷却効果、およびFAN<sub>wet</sub>とアイススラリー摂取を組み合わせることによる付加的な効果は認められなかった。

## 緒 言

ラクロスは、日本において夏に主要な競技会  
デサントスポーツ科学 Vol.43

（全国地区公式戦など）が行われる。また、ラクロスは競技中に着用するユニフォームが男性と女性で異なり、男子ラクロスでは、ヘルメットやグローブなどの防具の装着が義務付けられている<sup>1)</sup>。しかし、暑熱環境下での長時間の運動は、過度な深部体温の上昇を引き起こし、熱中症を発症するリスクがある<sup>2,3)</sup>。また、男子ラクロスにおいては、防具を装着することで体表面積の一部分が覆われるため、蒸発、対流、放射といった熱放射が妨げられ、深部体温が上昇しやすくなる<sup>4)</sup>。Osakabe et al.は、暑熱環境下でのラクロスの試合を模倣した間欠的自転車漕ぎ運動時の防具着用の有無が体温調節反応に及ぼす影響を検証した<sup>5)</sup>。その結果、防具を装着することで深部体温が急激に上昇し、運動終了時の深部体温が防具をつけていない場合と比較して0.7℃高くなることが明らかとなった。したがって、暑熱環境下での男子ラクロスの試合中の暑さ対策は、重要な課題であると考えられる。

身体冷却は、暑熱環境下での運動時における有効な暑さ対策の一つである<sup>6,7)</sup>。男子ラクロスの試合では、10分間のハーフタイムブレイクおよび、2分間のクォーターブレイクが設けられている<sup>1)</sup>。そのため、試合中の身体冷却を実施する機会として、ハーフタイムブレイクが適していると考えられる。しかし、先述の通り、男子ラクロスでは防

具の着用が義務付けられており、短い休息期間中にすべての防具の着脱は困難である。そこで、防具を装着したままでも実施可能な身体冷却方略を検討する必要がある。

Osakabe et al.は、暑熱環境下(室温35℃, 相対湿度50%)におけるゴール型球技の試合を想定した間欠的自転車漕ぎ運動時の15分間のハーフタイムブレイク中に、水を含んだスポンジで皮膚を濡らし扇風機で送風する身体外部冷却(FAN<sub>wet</sub>)の効果を検証した<sup>8)</sup>。その結果、後半の深部体温の上昇を緩和する(約0.25℃)ことが明らかとなった<sup>8)</sup>。一方、間欠的自転車漕ぎ運動時の休息中にアイススラリーを摂取することで、冷飲料摂取と比較して深部体温の上昇を緩和する<sup>9)</sup>。また、身体外部冷却と身体内部冷却を組み合わせることで、単独の身体冷却方略を実施するより大きな冷却効果(深部体温の低下)が得られる可能性がある<sup>10)</sup>。したがって、FAN<sub>wet</sub>とアイススラリー摂取を組み合わせることで、付加的な効果が得られるかもしれない。これらの身体冷却方略(FAN<sub>wet</sub>, アイススラリー摂取)は、防具の一部を脱ぐことで実施可能であり、ラクロス試合中の身体冷却方略となり得る。しかし、上述の身体冷却方略が暑熱環境下でのラクロス試合中の体温や主観的指標に及ぼす影響は不明である。

そこで本研究では、暑熱環境下における男子ラクロスの試合を想定した間欠的自転車漕ぎ運動時における模擬ハーフタイム中のFAN<sub>wet</sub>, アイススラリー摂取, およびFAN<sub>wet</sub>とアイススラリー摂取を組み合わせた3種類の身体冷却方略が、その後の体温や主観的指標に及ぼす影響を検証することを目的とした。

## 1. 方法

### 1.1 研究対象者

対象者は、運動習慣のある健康な成人男性10名(平均±標準偏差; 年齢: 22.5 ± 1.8歳, 身長:

172.4 ± 4.1cm, 体重: 66.6 ± 7.9kg, 体脂肪率: 13.5 ± 4.0%, 最大酸素摂取量[ $\dot{V}O_{2max}$ ]: 49.2 ± 7.5mL/kg/min)であった。すべての対象者は、非喫煙者であり、心疾患や熱中症の既往歴はなかった。研究に参加するにあたり、対象者に実験の目的や方法等の説明を十分に実施し、対象者から書面にて同意を得た。本研究は、中京大学倫理審査委員会の承認(承認番号: 2020-50)を得て実施した。

### 1.2 事前測定

対象者は実験室へ到着後、身長、体重、体脂肪率(MC-180; Tanita CO, Japan)を測定した。その後、窓を開放した風通しが良い室内(室温: 18.3 ± 3.5℃, 相対湿度: 49.4 ± 12.6%)にて自転車エルゴメータ(Fujin-Raijin, O.C.Labo, Japan)を用いて漸増運動負荷試験を実施し、 $\dot{V}O_{2max}$ を測定した。漸増運動負荷試験は、毎分80回転で100Wから開始し、負荷を2分毎に25Wずつ増加させ、疲労困憊に至るまで行った。 $\dot{V}O_{2max}$ は、呼気ガス分析器(AE-310s; Minato Medical Science, Tokyo, Japan)を用いて測定した。

### 1.3 研究デザイン

本実験は、10分間の模擬ハーフタイム中(HT)に、4℃の冷飲料を摂取する条件(CON条件)、-1℃のアイススラリーを摂取する条件(ICE条件)、スポンジで濡らした皮膚に送風する条件(FAN<sub>wet</sub>条件)、アイススラリー摂取およびFAN<sub>wet</sub>を組み合わせた条件(MIX条件)の合計4試行をランダムな順番で実施した。4試行は、人工気象室(TBR12A4PX, ESPEC, JAPAN; 室温: 35.3 ± 0.3℃, 相対湿度: 48.7 ± 1.3%)にて実施した。

本実験は、疲労を考慮し、最低5日間の間隔をあけて実施した。また、対象者の日内変動を考慮し、4試行は同一の時間帯に実施した。さらに、

実験当日の体調を考慮し、対象者に対して実験に参加する24時間以内の激しい運動、アルコールやカフェインの摂取を控えるよう指示した。実験開始前の脱水を防ぐため、対象者は実験開始2時間前に500mLの水分摂取をした。すべての実験は、3月から6月にかけて実施した。

#### 1. 4 実験プロトコル

実験プロトコルの概要を図1に示した。対象者は実験室へ到着後、尿比重と全裸体重を測定した。その後、直腸温および皮膚温センサー、ハートレートモニターを装着し、ラクロスのユニフォーム（ヘルメット、チェストパッド、エルボーパッド、グローブ、ノースリーブインナーシャツ、ウェア[ラクロス用]、短パン[ラクロス用]）を着用した。対象者は人工気象室に入室後、自転車エルゴメータ上で5分間の座位安静をとった。その後、5分間のウォーミングアップ（100W）を行い、再び5分間の安静をとった。その後、15分間の間欠的自転車漕ぎ運動を開始した（図1；第1クォーター）。15分間の間欠的自転車漕ぎ運動は、90秒間の運動を10回繰り返した。90秒間の運動は、30秒間の無負荷ペダリング、10秒間の高強度ペダリング（130% $\dot{V}O_{2max}$ 強度）、50秒間の中強度ペダリング（60% $\dot{V}O_{2max}$ 強度）から構成され、毎分80回転を維持した。本実験の運動プロトコルは、ラクロスの試合を自転車エルゴメータを用いて模倣した先行研究<sup>5)</sup>と同じであった。第2クォーター

終了後、10分間のHT中に、各条件の身体冷却介入のいずれかを実施した。その後、第3クォーターを開始した。第4クォーター終了後、すべてのユニフォームを脱ぎ、直腸温および皮膚温センサー、ハートレートモニターを取り外し、タオルで汗を拭きたとった後、全裸体重を測定した。

本研究では男子ラクロスの実際の試合を想定して、第2クォーターと第3クォーターの間は、10分間（HT）、第1クォーターと第2クォーターおよび第3クォーターと第4クォーターの間は、2分間の休息（クォーターブレイク）をとった<sup>1)</sup>。ウォーミングアップ後（体重1kgあたり1.5g）、および各クォーターブレイク中（体重1kgあたり2.5g）に冷飲料（4℃；Pocari Sweat, Otsuka Pharmaceutical, Japan）を摂取した。ウォーミングアップの前後、クォーターブレイクおよびHT中は、ヘルメットとグローブを取り外した。また、実験を通じて（ウォーミングアップおよびHTを除く）、対象者の向かいから送風（3m・s<sup>-1</sup>）した。

#### 1. 5 身体冷却介入

第2クォーター終了後、10分間のHT中に、各条件の身体冷却介入のいずれかを実施した。HT10分間のうち50分～55分の5分間で身体冷却介入を行った。

CON条件では、体重1kgあたり4.5gの冷飲料を1分毎に5回に分けて（体重1kgあたり0.9g×5回）摂取した。

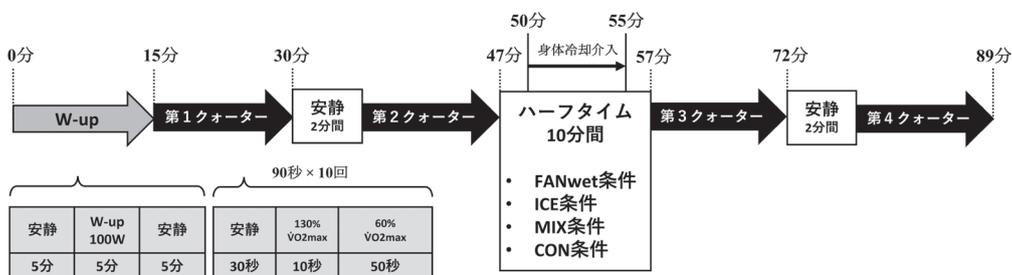


図1 実験プロトコル

W-up:ウォーミングアップ, 130% $\dot{V}O_{2max}$ :最大酸素摂取量の130%強度, 60% $\dot{V}O_{2max}$ :最大酸素摂取量の60%強度

ICE条件では、体重1kgあたり4.5gのアイスラリーを1分毎に5回に分けて（体重1kgあたり0.9g×5回）摂取した。

FAN<sub>wet</sub>条件では、1分毎に合計5回、水を張ったバケツにスポンジを入れて水を含ませ、バケツ上で軽く絞った後に顔、首、前腕、大腿の順に皮膚を濡らした。また、業務用扇風機（SF-45VS-1VPP; Suiden, Japan）を用いて、対象者の正面から5分間連続で送風した（風速： $6.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ）。なお、1分毎に皮膚を濡らした後、CON条件と同じ方法および摂取量の冷飲料を摂取した。

MIX条件では、ICE条件およびFAN<sub>wet</sub>条件の身体冷却介入を組み合わせた。

なお、すべての身体冷却介入における飲料はスポーツドリンク（4℃; Pocari Sweat, Otsuka Pharmaceutical, Japan）を用いた。また、アイスラリーは専用のマシン（Big Biz 1, FMI, Japan）を用いて、スポーツドリンク（Pocari Sweat, Otsuka Pharmaceutical, Japan）で作成した。

## 1. 6 測定項目および測定方法

尿比重は、実験前に尿比重屈折計（PAL-09S, Atago, Japan）を用いて測定した。全裸体重は、実験前後に身体組成計（MC-180; Tanita CO, Japan）を用いて50g単位で測定した。全身発汗量は下記の式を用いて算出した：全身発汗量 = (実験前体重 - 実験後体重) + 水分摂取量。人工気象室内の室温と相対湿度は、実験の前後の値を記録し平均値を示した。

直腸温は、専用のゴムカバーを装着したサーミスタープローブ（LT-08-11, Gram corporation, Japan）にワセリンを塗り、肛門から約15cm挿入して測定した。前腕部、胸部、大腿部の3か所にサーミスタープローブ（LT-08-12, Gram corporation, Japan）を装着し、各部位の皮膚温を測定した。直腸温および皮膚温（前腕部、胸部、大腿部）は、データ収集型温度計（LT-8A, グラム）に30秒毎に記

録し、1分間の平均値を算出した。平均皮膚温は、Roberts et al.による3点法の式を用いて算出した<sup>11)</sup>：平均皮膚温 = (胸部皮膚温×0.43) + (前腕部皮膚温×0.25) + (大腿部皮膚温×0.32)。心拍数は、ハートレートモニター（A300, POLAR, Finland）を用いて30秒毎に記録し、1分間の平均値を算出した。

主観的運動強度（Rating of perceived exertion : RPE）は、Borgの15段階スケール（6～20）を使用し<sup>12)</sup>、各クォーターの7.5分経過時および終了時に記録した。温熱感覚（Thermal sensation : TS）は、櫻村（1986）の9段階スケール（1：とてもさむい～9：とてもあつい）を使用して<sup>13)</sup>、熱快適性（Thermal comfort : TC）は7段階スケール（-3：とても不快～+3：とても快適）を使用して、各クォーターの7.5分経過時および終了時、HT終了時（57分）に記録した。

## 1. 7 統計解析

全ての結果は、平均値±標準偏差で示した。また、すべての統計解析には、SPSS Statistics (Ver. 26.0)を用いた。直腸温、皮膚温（平均、胸部、大腿部、前腕部）、心拍数、体重、PRE、TSおよびTCは、繰り返しのある二元配置分散分析（条件×時間）を用いて比較した。47分から89分までの直腸温上昇、全身発汗量は、繰り返しのある一元配置分散分析法を用いて比較した。有意な交互作用が認められた場合は、Bonferroniの多重比較検定を行った。統計学的有意水準は5%とした。本研究では、第2クォーター終了時の測定値（47分）を基準とした。

## 2. 結果

各条件における実験前後の体重、全身発汗量、尿比重の値を表1に示した。全身発汗量は、MIX条件においてCON条件と比較して有意に低い値を示した（ $P < 0.05$ ）。実験開始前の尿比重は、条

表1 各条件における実験前後の体重, 全身発汗量, 尿比重

	CON条件		ICE条件		FAN <sub>wet</sub> 条件		MIX条件	
	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後	実験前	実験後
体重(kg)	67.2±8.2	66.2±8.0	67.2±7.8	66.4±7.9	67.1±7.8	66.3±7.8	67.1±8.2	66.4±8.2
全身発汗量(L)	1.7±0.4		1.5±0.3		1.5±0.3		1.4±0.3 <sup>a</sup>	
尿比重	1.0111±0.0071		1.0121±0.0086		1.0099±0.0073		1.0106±0.0068	

平均値±標準偏差. a: CON条件 vs. MIX条件

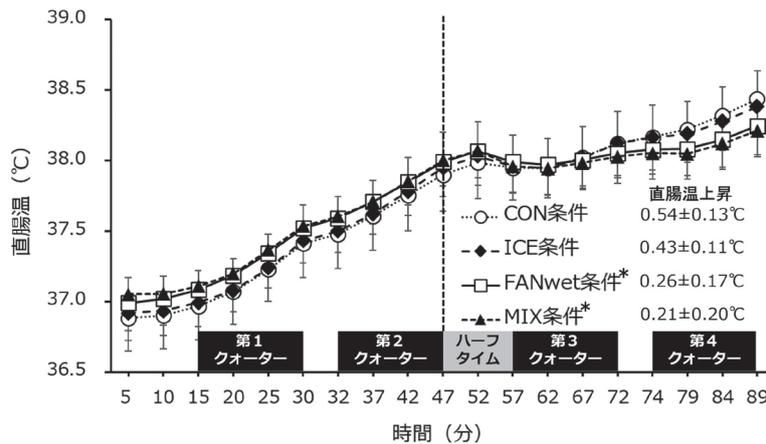


図2 直腸温の経時的変化

平均値±標準偏差. 直腸温上昇; 47分から89分までの直腸温上昇. \*: vs. CON条件 (P < 0.05)

件間で有意差はなかった (P > 0.05).

直腸温の経時的変化と47分から89分までの直腸温上昇を図2に示した. 直腸温は分散分析の結果, 交互作用(条件×時間)があったため (P < 0.05), 多重比較検定を行った. その結果, どの時点においても条件間に有意差はなかった (P > 0.05). 一方, 47分から89分までの直腸温上昇は, FAN<sub>wet</sub>条件 (0.26 ± 0.17°C) およびMIX条件 (0.21 ± 0.20°C) においてCON条件 (0.54 ± 0.13°C) と比較して有意に低い値を示した (図2; P < 0.05). MIX条件とFAN<sub>wet</sub>条件の間に有意差はなかった (P > 0.05).

皮膚温(平均, 胸部, 大腿部, 前腕部)の経時的変化を図3(A, B, C, D)に示した. 皮膚温(平均, 胸部, 大腿部, 前腕部)は分散分析の結果, 交互作用(条件×時間)があったため (P < 0.05), 多重比較検定を行った. 平均皮膚温は, FAN<sub>wet</sub>条件およびMIX条件においてCON条件およびICE条件と比較して52分から89分まで有

意に低い値を示した (P < 0.05). 胸部皮膚温は, FAN<sub>wet</sub>条件はCON条件と比較して52分から62分まで, またICE条件と比較して52分から67分まで有意に低い値を示した (P < 0.05). MIX条件はCON条件と比較して52分から67分まで, またICE条件と比較して52分から72分, および79分で有意に低い値を示した (P < 0.05). 大腿部皮膚温は, FAN<sub>wet</sub>条件およびMIX条件においてCON条件と比較して52分から89分まで有意に低い値を示した (P < 0.05). FAN<sub>wet</sub>条件はICE条件と比較して52分から84分まで有意に低い値を示した (P < 0.05). MIX条件はICE条件と比較して57分から89分まで有意に低い値を示した (P < 0.05). 前腕部皮膚温は, MIX条件はCON条件と比較して52分から67分, および74分において有意に低い値を示した (P < 0.05). MIX条件はICE条件と比較して52分から79分において有意に低い値を示した (P < 0.05).

心拍数は分散分析の結果, 交互作用(条件×時

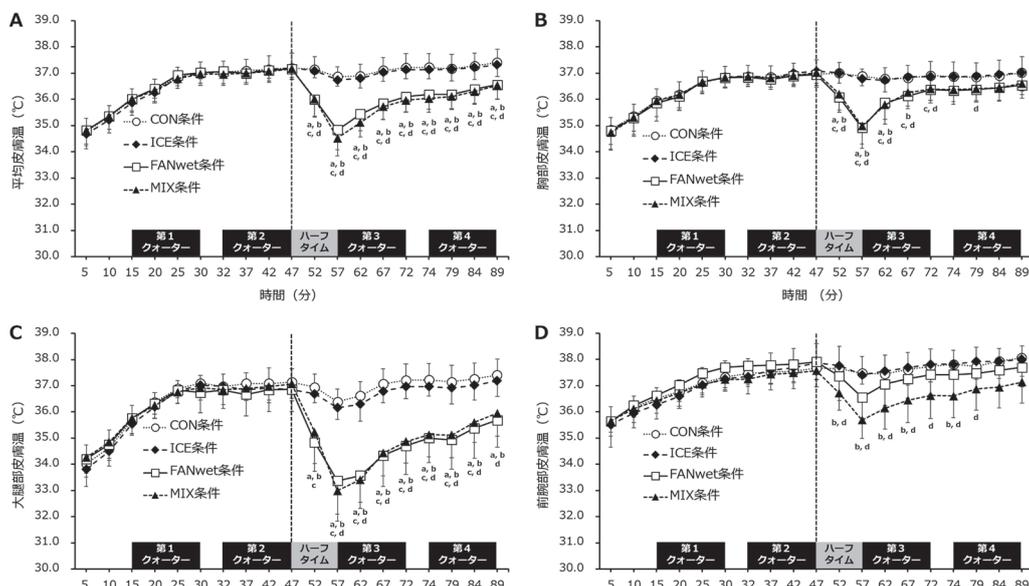


図3 平均皮膚温(A), 胸部皮膚温(B), 大腿部皮膚温(C), 前腕部皮膚温(D)の経時的変化  
 平均値±標準偏差。a: CON条件 vs. FANwet条件 (P < 0.05), b: CON条件 vs. MIX条件 (P < 0.05),  
 c: ICE条件 vs. FANwet条件 (P < 0.05), d: ICE条件 vs. MIX条件 (P < 0.05)。

間)があったため (P < 0.05), 多重比較検定を行った。心拍数は, FANwet条件においてICE条件と比較して62分で有意に低い値を示した (P < 0.05)。MIX条件はCON条件と比較して62分, および74分で有意に低い値を示した (P < 0.05)。

TS, TC, RPEの経時的変化を表2に示した。TS, TC, RPEは分散分析の結果, 交互作用(条件×時間)があったため (P < 0.05), 多重比較検定を行った。TSは, FANwet条件およびMIX条件においてCON条件およびICE条件と比較して57分で有意に低い値を示した (P < 0.05)。TCは, FANwet条件においてCON条件およびICE条件と比較して57分で有意に低い値を示した (P < 0.05)。MIX条件はCON条件と比較して56分から81分まで, およびICE条件と比較して56分, 64分で有意に低い値を示した (P < 0.05)。RPEは, FANwet条件およびMIX条件においてCON条件と比較し89分で有意に低い値を示した (P < 0.05)。

### 3. 考察

本研究は, 暑熱環境下における男子ラクロスの試合を想定した間欠的自転車漕ぎ運動時における模擬ハーフタイム中のFANwet, アイススラリー摂取, およびFANwetとアイススラリー摂取を組み合わせた3種類の身体冷却方略が, その後の体温や主観的指標に及ぼす影響を検証した。その結果, 冷飲料摂取と比較して, FANwet単独の実施は直腸温の上昇を緩和するが, アイススラリー摂取(冷飲料と同量)単独の実施は直腸温の上昇を緩和しなかった。また, FANwetおよびアイススラリー摂取を組み合わせることによる付加的な効果は認められなかった。

HT開始時(47分)から第4クォーター終了時(89分)までの直腸温上昇は, FANwet条件およびMIX条件においてCON条件と比較して有意に低い値を示した。これまでの研究で, 暑熱環境下での運動時にFANwetを実施することで, 深部体温の上昇が緩和することが報告されている<sup>8, 14, 15)</sup>。

表2 各条件における主観的運動強度 (RPE)、温熱感覚 (TS)、熱快適性 (TC)、熱快適性 (HT)

	第1クォーター					第2クォーター					第3クォーター					第4クォーター				
	5分	10分	15分	22.5分	30分	39.5分	47分	57分	64.5分	72分	81.5分	89分								
TS (1 to 9)	CON条件	6.2±1.0	7.4±0.7	6.7±0.9	7.2±1.0	7.4±1.0	7.5±1.0	7.8±1.1	7.7±1.0	8.0±0.9	7.9±1.1	8.3±0.6								
	ICE条件	6.2±0.9	7.2±0.6	6.5±0.9	7.4±0.8	7.4±1.0	7.8±1.1	7.9±1.1	7.4±0.9	7.6±1.0	7.9±1.0	8.0±1.1								
	FAN <sub>wet</sub> 条件	6.1±0.5	6.9±0.9	6.6±0.9	7.6±0.7	7.5±0.8	7.7±1.0	7.8±1.1	4.6±1.3 <sup>ac</sup>	7.1±1.1	7.6±0.9	7.5±1.1								
	MIX条件	6.1±0.8	7.0±0.9	6.3±1.1	7.4±0.7	7.5±0.8	7.8±0.7	7.8±0.9	4.2±1.4 <sup>bd</sup>	6.8±1.0	7.2±0.9	7.5±1.0								
TC (-3 to 3)	CON条件	-0.5±0.5	-1.0±0.6	-0.8±0.6	-1.5±0.7	-1.7±0.6	-1.7±0.6	-1.8±0.7	-1.6±0.8	-2.1±0.9	-2.3±0.9	-2.3±0.9								
	ICE条件	-0.4±0.5	-0.9±0.7	-0.5±0.5	-1.4±0.8	-1.7±0.6	-1.9±0.8	-2.1±0.9	-0.5±0.5	-1.5±0.7	-1.8±0.7	-2.0±0.9								
	FAN <sub>wet</sub> 条件	-0.2±0.4	-0.7±0.5	-0.5±0.5	-1.4±0.5	-1.7±0.9	-1.9±0.8	-2.1±0.9	0.9±1.1 <sup>ac</sup>	-1.2±0.7	-1.7±0.9	-2.0±1.1								
	MIX条件	-0.2±0.4	-0.8±0.6	-0.5±0.5	-1.1±0.5	-1.4±0.7	-1.9±0.9	-2.1±0.9	1.1±1.4 <sup>bd</sup>	-0.6±0.5 <sup>bd</sup>	-1.3±0.8 <sup>b</sup>	-1.7±0.8 <sup>b</sup>								
RPE (6 to 20)	CON条件				12.6±0.5	12.7±1.1	13.3±1.0	13.6±1.4	14.0±1.2	14.5±1.4	15.1±1.6	15.9±1.3								
	ICE条件				12.8±1.2	13.3±1.7	13.7±1.6	14.2±1.5	13.8±1.0	14.4±0.7	14.7±0.8	15.3±0.8								
	FAN <sub>wet</sub> 条件				12.5±0.7	12.9±0.8	13.8±1.2	13.9±1.3	13.4±0.7	14.0±1.1	14.0±1.1	14.6±1.1 <sup>a</sup>								
	MIX条件				12.5±0.7	13.2±1.0	14.0±1.0	14.2±1.1	13.2±0.9	13.9±0.9	14.0±1.1	14.7±1.1 <sup>b</sup>								

平均値±標準偏差. HT:ハーフタイム.

a: CON条件 vs. FAN<sub>wet</sub>条件 (P < 0.05), b: CON条件 vs. MIX条件 (P < 0.05),

c: ICE条件 vs. FAN<sub>wet</sub>条件 (P < 0.05), d: ICE条件 vs. MIX条件 (P < 0.05).

Osakabe et al. は、暑熱環境下におけるゴール型球技の試合を想定した間欠的自転車漕ぎ運動時の HT中に10分間のFAN<sub>wet</sub>を実施することで(Tシャツ, 短パン着用), 後半の直腸温の上昇が約0.25°C緩和することを明らかにした<sup>8)</sup>。一方, 本研究では, 5分間のFAN<sub>wet</sub>実施中に防具の一部(ショルダーパッド, エルボーガード)およびユニフォーム(ノースリーブインナーシャツ, ジャージ, 短パン)を着用していたにもかかわらず, HT以降の直腸温の上昇が約0.3°C緩和した。先行研究と比較して, FAN<sub>wet</sub>実施中に露出している体表面積は小さいものの, 蒸散性熱放散が促進され, 直腸温の上昇が抑制されたと考えられる。また, FAN<sub>wet</sub>条件およびMIX条件においてHT中に平均皮膚温が大きく低下し, 第4クォーター終了時まで低く保たれた。そのため, 身体の深部から皮膚表面への温度勾配が大きくなり, 熱放散が促進されたことで直腸温の上昇率が緩和された可能性が示唆された。このように, FAN<sub>wet</sub>身体冷却方略は, 暑熱環境下での試合において防具を着用して競技をする男子ラクロス選手に対して, 有効な暑さ対策の一つとなる可能性が示唆された。

しかし, HT以降の直腸温の上昇率はICE条件とCON条件, およびMIX条件とFAN<sub>wet</sub>条件の間に有意差はなかった。したがって, アイススラリー摂取単独の実施による直腸温の上昇抑制効果, およびFAN<sub>wet</sub>とアイススラリー摂取を組み合わせることによる付加的な効果はなかったと考えられる。アイススラリーは, 液体に微細な氷の粒が混合したスムージー状の飲料であり, 冷飲料よりも効果的に深部体温を低下させる<sup>16)</sup>。Onitsuka et al. は, 暑熱環境下でのゴール型球技の試合を想定した間欠的自転車漕ぎ運動時における15分間のHT中に体重1kgあたり7.5gのアイススラリー摂取をすることで, その後の直腸温が低下したことを報告した<sup>17)</sup>。一方で, 本研究では, HTの時間が10分間と限定されており, 摂取料が

体重1kgあたり4.5gであった。摂取量が少なかったために直腸温が低下しなかった可能性がある。しかし, 短時間で大量の氷飲料を摂取することで頭痛や胃腸の不快感を生じるリスクがあるため, 競技現場で大量のアイススラリーを短時間で摂取をするには注意が必要である。

本研究では, FAN<sub>wet</sub>条件およびMIX条件においてCON条件およびICE条件と比較して有意に低いTS, TCの値を示した。これまでの研究で, 暑熱環境下におけるゴール型球技の試合を想定した間欠的自転車漕ぎ運動時のHT中にFAN<sub>wet</sub>やアイスベストを用いた身体外部冷却を実施することで, その後のTSやTCが低下することが報告されている<sup>8, 18)</sup>。FAN<sub>wet</sub>によって皮膚表面を冷却することで, 皮膚に存在する温度受容器から体温調節中枢への求心性入力が改善し, 低いTS, TCの値を示したと考えられる。しかし, 第3クォーター以降(64.5分以降)のFAN<sub>wet</sub>条件およびMIX条件におけるTSは急激に上昇し, ICE条件およびCON条件と比較して有意差はなかった。したがって, 防具を装着して運動をすることで, 身体外部冷却による温熱感覚へのポジティブな効果が軽減されてしまう可能性が示唆された。

本研究では, 自転車エルゴメータを用いて男子ラクロス試合中の模擬運動プロトコルを実施した。しかし, 男子ラクロスの実際の試合では, 走運動によるスプリントや方向転換が繰り返し行われる<sup>19, 20)</sup>。これまでの研究で, 暑熱環境下で開催された試合に出場したサッカー選手の最高深部体温が39.5°Cを超えたことが報告されている<sup>21)</sup>。そのため, ラクロスの実際の試合では, 本研究の自転車を用いた運動よりも高強度となり, 本研究で得られた深部体温の値(約38.5°C)よりも高くなる可能性がある。したがって, 暑熱環境下で行われる男子ラクロスの実際の試合において, FAN<sub>wet</sub>やアイススラリー摂取による身体冷却方略の効果を検証することが今後の課題の一つである。

#### 4. まとめ

暑熱環境下での男子ラクロスの試合を想定した間欠的自転車漕ぎ運動時における模擬ハーフタイム中にFAN<sub>wet</sub>を実施することで、その後の深部体温の上昇を緩和することが明らかとなった。また、皮膚温や主観的指標を改善することが明らかとなった。しかしながら、アイススラリー摂取のみによる深部体温および主観的指標への身体冷却効果は認められなかった。また、FAN<sub>wet</sub>とアイススラリー摂取を組み合わせることによる付加的な効果は認められなかった。

#### 謝 辞

本研究に対して、ご助成を承りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼を申し上げます。また、本研究を実施するにあたり、実験に参加していただいた皆様、測定にご協力をいただいた中京大学大学院の稲田峻佑氏、山下湧人氏に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 一般社団法人日本ラクロス協会. 日本ラクロス協会公認男子競技用ルール 2019年度版, <https://www.lacrosse.gr.jp/lacrosse/men/>
- 2) Casa D.J., DeMartini J.K., Bergeron M.F. et al., National Athletic Trainers' Association Position Statement: Exertional Heat Illnesses, *J. Athl. Train.*, **50** (9) : 986-1000 (2015)
- 3) Hasegawa H., Cheung S.S., Hyperthermia effects on brain function and exercise capacity, *J. Phys. Fitness. Sports. Med.*, **2** (4) : 429-438 (2013)
- 4) Armstrong L.E., Johnson E.C., Casa D.J. et al., The American football uniform: uncompensable heat stress and hyperthermic exhaustion., *J. Athl. Train.*, **45** (2) : 117-127 (2010)
- 5) Osakabe J., Kajiki M., Inada R. et al., Wearing lacrosse uniform during exercise-simulated match in heat increases physiological strain index, *J. Phys. Fitness. Sports. Med.*, **11** (1) : 9-19 (2022)
- 6) Racinais S., Alonso J.M., Coutts A.J. et al.,

Consensus recommendations on training and competing in the heat, *Scand. J. Med. Sci. Sports.*, **25** (S1) : 6-19 (2015)

- 7) Bongers C.C., Thijssen D.H., Veltmeijer M.T. et al., Precooling and percooling (cooling during exercise) both improve performance in the heat: a meta-analytical review, *Br. J. Sports. Med.*, **49** (6) : 377-384 (2015)
- 8) Osakabe J., Kajiki M., Kondo k. et al., Effects of half-time cooling using a fan with skin wetting on thermal response during intermittent cycling exercise in the heat, *Sports. Med. Int. Open.*, **5**: 91-98 (2021)
- 9) Naito T., Haramura M., Muraishi K. et al., Impact of ice slurry ingestion during break-times on repeated-sprint exercise in the heat, *Sports. Med. Int. Open.*, **4** (2) : E45-52 (2020)
- 10) Bongers C.C., Hopman M. T., Eijvogels T. M., Cooling interventions for athletes : An overview of effectiveness, physiological mechanisms, and practical considerations, *Temperature (Austin)*, **4** (1) : 60-78 (2017)
- 11) Roberts M.F., Wenger C.B., Stolwijk J.A. et al., Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimation, *J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exerc. Physiol.*, **43** (1) : 133-137 (1977)
- 12) Borg G.A., Psychophysical bases of perceived exertion, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, **14** (5) : 377-381 (1982)
- 13) 櫻村 修. 持久的運動時における温冷感の変動, 体力科学, **35** (5) : 264-269 (1986)
- 14) Schraner D., Scherer L., Lynch G.P. et al., In-play cooling interventions for simulated match-play tennis in hot/humid conditions, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, **49** (5) : 991-998 (2017)
- 15) Lynch G.P., Périard J.D., Pluim B.M. et al., Optimal cooling strategies for players in Australian Tennis Open conditions, *J. Sci. Med. Sport.*, **21** (3) : 232-237 (2018)
- 16) Siegel R., Mate J., Brearley M.B. et al., Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, **42** (4) : 717-725 (2010)
- 17) Onitsuka S., Ueno T., Zheng X. et al., Effect of ice slurry ingestion during half-time breaks on intermittent exercise capacity and thermoregulation in the warm environment, *Gazz. Med. Ital.-Arch. Sci.*

- Med.*, 174 (3) : 113-121 (2015)
- 18) Chaen Y., Onitsuka S., Hasegawa H., Wearing a cooling vest during half-time improves intermittent exercise in the heat, *Front. Physiol.*, 10: 711 (2019)
- 19) Polley C.S., Cormack S.J., Gabbett T.J. et al., Activity profile of high-level Australian lacrosse players, *J. Strength. Cond. Res.*, 29 (1) : 126-136 (2015)
- 20) Akiyama K., Sasaki T., Mashiko M., Elite male lacrosse players' match activity profile, *J. Sports Sci. Med.*, 18 (2) : 290-294 (2019)
- 21) Ozgünen K.T., Kurdak S.S., Maughan R.J. et al., Effect of hot environmental conditions on physical activity patterns and temperature response of football players, *Scand. J. Med. Sci. Sports.*, 20 (3) : 140-147 (2010)