リポジトリ資料①　2019.5.1

# Mixed-methods pre-match cooling improves simulated soccer performance in the heat

Aldous JWF, Chrismas BCR, Akubat I, Stringer CA, ABT G, Taylor L

## Abstract

This investigation examined the effects of three pre-match and half-time cooling manoeuvres on physical performance and associated physiological and perceptual responses in eight University soccer players during a non-motorised treadmill based individualised soccer-specific simulation [intermittent soccer performance test (iSPT)] at 30°C. Four randomised experimental trials were completed; following 30-min (pre-match) and 15-min (half-time) cooling manoeuvres via (1) ice slurry ingestion (SLURRY); (2) ice-packs placed on the quadriceps and hamstrings (PACKS); (3) mixed-methods (MM; PACKS and SLURRY concurrently); or no-cooling (CON). In iSPT first half, a moderate increase in total (Mean ± Standard Deviation: 108 ± 57 m, qualitative inference: most likely, Cohen's d: 0.87, 90%CL: ±0.31), high-speed (56 ± 46 m, very likely, 0.68 ± 0.38) and variable run (15 ± 5 m, very likely, 0.81 ± 0.47) distance covered was reported in MM compared with CON. Additionally, pre-match reductions in thermal sensation (-1.0 ± 0.5, most likely, -0.91 ± 0.36), rectal (-0.6 ± 0.1°C, very likely, -0.86 ± 0.35) and skin temperature (-1.1 ± 0.3°C, very likely, -0.88 ± 0.42) continued throughout iSPT first half. Physical performance during iSPT first half was unaltered in SLURRY and PACKS compared to CON. Rectal temperature was moderately increased in SLURRY at 45-min (0.2 ± 0.1°C, very likely, 0.67 ± 0.36). Condition did not influence any measure in iSPT second half compared to CON. Only MM pre-match cooling augmented physical performance during iSPT first half, likely due to peripheral and central thermoregulatory factors favourably influencing first half iSPT performance. Further practical half-time cooling manoeuvres which enhance second half performance are still required.

## Introduction

2014 年の FIFA ワールドカップでは、30℃を超える高い環境下でプレーが行われた。Mohr et al(2012)によると、43℃で行われたサッカーの試合において、身体的パフォーマンスの縮小、ピーク時の核心温・筋温が急激に上昇したと報告している。そして Aughey et al(2014)は 40℃を超える核心温は熱中症発症と深く関係していると報告した。Racinais et al(2010)は筋温が上昇することで筋肉の収縮性を促進し、短距離競争パフォーマンスが向上すると報告する一方、Girard et al(2015)は核心温が 39℃を越えるとき、インターバルにおける連続性スプリント能力 (RSA)は漸進的に縮小すると報告した。そこで近年になり様々な冷却戦略(アイスパック、アイススラリー、マウスリンス、冷水浴等)が行われるようになってきている。しかし実験室的課題は多く、競技現場では様々な要因(技術、環境など)が複雑に関係しており、ラボテストが試合を再現しているとは言い難い。そこでサッカーパフォーマンスの評価、冷却戦略の有効性を定量化することの解決法の一つにサッカー特異性を考慮したシミュレーションを利用することが挙げられる。その中で Aldous(2014)(2016)によって、より実際の試合を再現した模擬サッカーパフォーマンステストである iSPT が開発された。そこで本研究は iSPT を用いて、試合前およびハーフタイムにおける冷却戦略を明らかにすることを目的とした。

## Methods

〇対象者

男子学生サッカー選手 8 名(mean±SD,年齢：22±3,体重；76±11kg,身長：187±20cm,Vo2max:56±9mLkg-1min-1)を対象とした。

〇測定上の注意

実験前 24 時間の食事・飲料のモニタリング、実験 48 時間前のアルコール、タバコ、カフェイン、高強度の運動の禁止、

〇測定項目

身体的パフォーマンス:TD,HSD,LSD,

生理学的指標：身長,体重,心拍数,直腸温,皮膚温,RPE,RTS

〇介入群

(1) アイススラリー摂取→7.5gkg-1 (-1℃)を試合前 30 分(10 分ごと×3 回摂取),3.75gkg-1(-1℃)をハーフタイム 15 分で摂取(5 分ごと×3 回)

(2) アイスパック→試合前 30 分に大腿四頭筋側部とハムストリング後面を冷却(15 分で交換)

(3) アイススラリー＆アイスパック(MM)

(4) コントロール

〇プロトコル

気温を 30.7±0.3℃,湿度を 50.9±4.2%に調整した人工気候室内で実験を行った。

プロトコルは以下の通りである。

(図 1:実験プロトコル)

| Movement category | % of PSS | Frequency | Total time (s) | % Total time |
|---|---|---|---|---|
| Stand | 0 | 240 | 1,920 | 17.8 |
| Walk | 20 | 456 | 3,936 | 36.4 |
| Jog | 35 | 300 | 2,592 | 24.0 |
| Run | 50 | 192 | 1,248 | 11.6 |
| Fast run | 60 | 72 | 384 | 3.6 |
| Variable run | Unset | 48 | 288 | 2.7 |
| Sprint | 100 | 72 | 432 | 4.0 |
| Total | | 690 | 5,400 | 100 |

ⁱiSPT = intermittent soccer performance test.

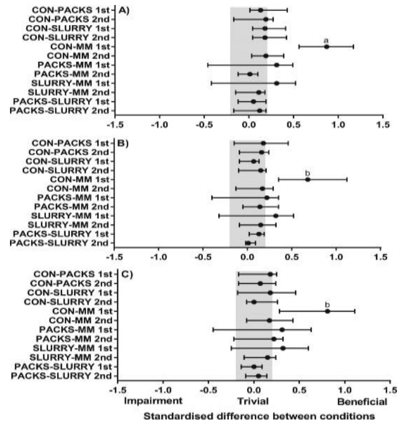
(図 2:iSPT のプロトコル) Aldous(2014)より引用

〇統計解析

ISPT における冷却戦略間の比較は Cohen's の効果量検定を用いた(0.00～0.19:効果なし，0.20～0.59：小, 0.60～1.19:中程度。＞1.20:大)

## Result

〇TD,HSD,VRD における冷却群間の効果量




身体的パフォーマンスにおいては、TD,HSD,VRD の全てにおいて MM 群が iSPT の前半において中程度の効果を示した(TD:0.87±0.31,HSD:0.68±0.38,VRD:0.81±0.47, VS Con)。アイススラリー摂取群、アイスパック群それぞれでは明らかな身体的パフォーマンスの向上は見られなかった(VS Con)。

体温、生理的および知覚的尺度に関しては、アイスパック群において冷却直後の皮膚温と TS の中程度の減少が認められた(VS Con)。アイススラリー群では、試合前の冷却において 直腸温と TS の中程度の減少が認められた。MM 群では試合前の直腸温,皮膚温および TS において中程度の減少が認められた。iSPT の後半の全ての条件の間で直腸温,皮膚温,TS の差は観察されなかった。

## Discussion

〇本研究の意義

本研究は試合 30 分前の MM 群が iSPT 前半に身体的パフォーマンスの中程度の上昇と直腸温、皮膚温および TS の中程度の低下を明らかにした。試合 30 分前のアイススラリー、アイスパックによる冷却は iSPT 前半に身体的パフォーマンスの変化なしに直腸温、皮膚温、TS を減少させたが、直腸温に関してはアイススラリー試行において開始 45 分で穏やかに増加した。また今回のハーフタイムの冷却戦略では iSPT の後半の身体的パフォーマンスに効果がないことが明らかとなった。

〇iSPT 前の冷却

試合前のアイススラリー摂取は口内のサーモレセプターを活性化させ、ヒトの脳の温度を直接的に低下させることが報告されており(Onitsuka et al 2018)、その作用が今回の TS の低下に影響を及ぼした可能性が高い。iSPT 前半にはアイスパックによって四頭筋の皮膚温(およびおそらく筋温)が低下し TS が抑制され MM 群による VRD,HSD に対するエルゴジェニック効果が誘発されたと考えられる。しかし筋温の制御不能な減少は筋肉の収縮性を減少させることによってその後の運動能力を低下させる可能性があるので、試合前に筋肉をプレクーリングすることは慎重になるべきである。したがって筋温の低下を相殺し、前半の早い段階における身体的パフォーマンスの低下を防ぐ為、アイスパックによるプレクーリングの後、適切なウォームアップを行う必要がある。今回の実験において、アイスパック群によるプレクーリングでは蓄熱能力および作業筋への酸素供給を改善するのに十分な量(〜0.2℃)だけ直腸温を減少させるのには不十分であった。一方 MM ではアイスパックとアイススラリーが同時に使用され、末梢(皮膚温)および中枢(直腸温)の体温調節因子が運動前および Con と比較して前半を通じて減少した。したがって MM は熱伝達と中枢の駆動性を増加させ様々な組織温度の低下を促進したと考えられる。

〇ハーフタイムにおける冷却

今回のハーフタイムにおける冷却戦略では iSPT の後半における身体的パフォーマンスおよび生理学的および知覚的尺度に影響を及ぼさなかった。この結果は Minett et al (2011)が報告した結果と異なる。Minett et al(2011)は全身の外部冷却(アイスパック、タオル、ベスト)を 5 分間使用し、セルフペースの断続的なスプリントエクササイズプロトコルの後半に TD を 5%向上させた。この要因として今回の実験計画で使用されている 15 分間とは異なりサッカーの医科学スタッフはハーフタイムで介入を実施するのに利用できるのは 2〜6 分しかないからである(Russel et al 2015)。したがって将来的なハーフタイムの冷却戦略は試合前のプレクーリングと比較してより積極的になるべきである。

〇現場への応用

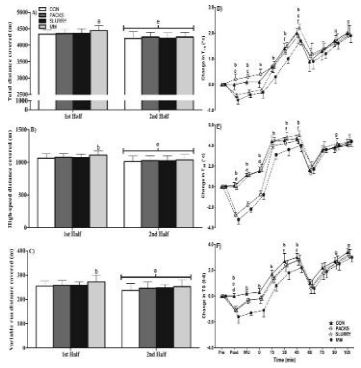
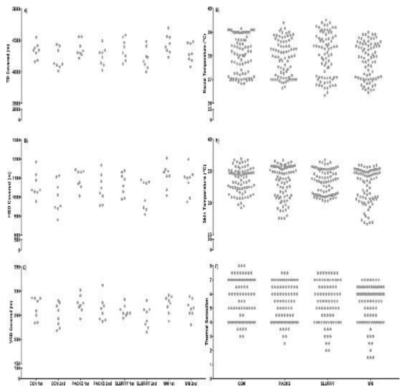
この研究から得られたデータは iSPT の前半ではあるが 30 分間の混合方式の試合前冷却によって模擬サッカーパフォーマンスを向上させることを明らかにした。Girard et al (2015)は上昇した Tc(>39℃)は RSA(Repeated Sprint Ability)の漸進的な減少の主要な要因と考えられると報告した。今回の Con で観察された直腸温(>39℃)は 2022 年の FIFA ワールドカップ(カタール)で発生する可能性のある高い環境温度の範囲内で閾値を越えた。現時点で試合前およびハーフタイム中の冷却に関する統制団体による制限・規制はない。したがってこれらの所見は順化または馴化が不可能な場合、また熱感受性が高いことによる暑熱障害の病歴があるプレーヤー、および暑熱環境化でプレーするチームの医科学スタッフにとって興味深い結果となるかもしれない。さらにアイススラリー摂取とアイスパックの両方は使い方が簡単で持ち運びが簡便かつ安価な為、プレーヤーやスタッフにとって効果的な方法である。しかしながら本研究で明らかになったようにそれらの単独使用は効果がないので同時に使用されるべきである。運動前の活動筋(例：大腿四頭筋やハムストリング)へのアイスパックの利用の後は適切なウォームアップを行って試合に臨むべきである。今回 MM では前半において HSD の増加が見られたことから前半の間にチームがより高い強度でプレーするように編成することによって、高められた身体的パフォーマンスを利用できるかもしれない。しかし前半で速すぎるペースを選択することによる、後半の熱ストレスによるパフォーマンス低下は避ける必要がある。

## Conclusion

試合 30 分前の MM(アイススラリー＆アイスパック)は 30℃における模擬サッカーパフォーマンスを改善させた。しかし身体的なパフォーマンスの向上は ISPT の前半にのみ存在し、これは皮膚温と核心温の低下によるものと推察される。また、試合前の冷却と組み合わせたときのハーフタイムの冷却戦略は暑熱環境下での模擬サッカーパフォーマンスを向上させなかった。

今後の課題としては実際のサッカーの現場での測定が望まれる。

補足資料 1　TD,HSD.VRD における冷却群間の差異および冷却群による直腸温,皮膚温,TS の変化



補足資料 2 個人レベルにおける TD,HSD,VRD の冷却群間による変化、個人レベルにおける TD,HSD,VRD の冷却群間における直腸温,皮膚温,TS