

特集 東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会に向けた暑熱対策
～暑熱対策プロジェクト～

第4章 各競技における東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会での支援

感染症対策下で実施した暑熱順化トレーニングサポート
—男女 3x3 バスケットボール競技日本代表選手を対象としたサポート事例—
Heat acclimation training support in consideration of infection control
—A case study for the Japanese national 3x3 basketball team—

袴田智子¹⁾, 大伴茉奈¹⁾, 飯塚哲司¹⁾, 斎藤辰哉^{1),2)}, 中村真理子¹⁾
Noriko Hakamada¹⁾, Mana Otomo¹⁾, Satoshi Iizuka¹⁾, Tatsuya Saito^{1),2)}, Mariko Nakamura¹⁾

キーワード：3x3バスケットボール競技, 暑熱順化トレーニング, 感染症対策

I. サポート実施の背景

東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会（以下、東京大会）において、選手は暑熱環境下でのパフォーマンス発揮が求められた。暑熱環境下における運動パフォーマンスの発揮には暑熱順化、身体冷却、水分補給に代表される暑熱対策が非常に重要となり、過度な深部体温の上昇を抑制する対策が必要である。

東京大会より正式種目に選ばれた 3x3 バスケットボール競技（以下、3x3 競技）は、3 人制のバスケットボール競技である。3x3 競技は、5 人制バスケットボール競技の約半分のコートの大さで行われる。試合時間は 10 分であるが、どちらかのチームが 21 点以上得点した場合は、その時点で試合は終了となる。ボールを保持してから、12 秒以内に攻めきらなくてはならず、限られた時間内に攻撃をする判断力とトランジションの速さが勝敗のカギと言われている⁴⁾。5 人制バスケットボール競技より試合時間が短いため、1 日に複数回試合が行われることも珍しくない。実際に、東京大会においても、予選ラウンドと決勝ラウンドともに、1 日に 2 試合ずつ実施されるような日

程が組まれていた。また、東京大会における 3x3 競技会場は、屋外の特設コートが設営され、予選ラウンド時では午前 10 頃から午後 10 時半頃まで、決勝時には午後 1 時半頃から午後 10 時半頃まで、1 日中試合の予定が組まれていた。組み合わせや勝ち上がり方次第では、最も気温の高い時間帯に、屋外で試合を行うことが予想された。従って、3x3 競技選手には、酷暑の中、強度の高い試合を 1 日に複数回行う体力が要求された。

3x3 競技日本代表の選手は、5 人制バスケットボール競技を兼任している選手が殆どであった。5 人制バスケットボール競技は屋内競技であるため、日常のトレーニングは屋内で行われている。また、選手選考上、東京大会の直前まで 5 人制と 3 人制の両方を行っている選手が大半を占めていたため、暑熱環境に慣れている選手は非常に少ないのが現状であった。そのような理由からも、3x3 競技日本代表の選手が、限られた期間の中で東京大会に向けた準備をするには、暑熱順化トレーニングは不可欠であり、競技団体も暑熱順化を含む暑熱対策を重要な課題と捉えていた。

暑熱順化トレーニングは、暑熱環境下での運動

¹⁾国立スポーツ科学センター, ²⁾鳥取大学

¹⁾ Japan Institute of Sports Sciences, ²⁾ Tottori University

E-mail : noriko.hakamada@jpnpsport.go.jp

パフォーマンスを最適化できる介入方法として広く知られ^{1),6)}、その効果として安静時および発汗開始時の深部体温の低下、運動時の皮膚血流量の増加、発汗による身体冷却機能の向上、血漿量の増加が期待されている。先行研究においては、持久性運動プロトコルを用いた暑熱順化トレーニングに関する報告が多く^{1),2),5)}、主に球技種目のトレーニングに用いられる高強度間欠性運動プロトコルを用いた報告は少ない現状にある。しかし、近年、アスリートを対象とした7日以下の短期間の暑熱順化方法¹⁾において高強度間欠性運動プロトコルが用いられ、暑熱順化トレーニングの効果が確認されていることから、高強度間欠性運動プロトコルを用いた短期間の暑熱順化トレーニングは、3x3 競技選手の暑熱順化に有用であることが期待された。

そこでハイパフォーマンススポーツセンター（以下、HPSC）国立スポーツ科学センター（以下、JISS）の医・科学サポートでは、東京大会に向けた暑熱対策として、男女3x3 競技日本代表選手を対象とし、高温多湿環境の実験室内において7日間の高強度間欠性運動を用いた暑熱順化トレーニングを行い、その順化効果を得ることを目的とし、サポートを行った。併せて、深部体温をはじめとする生理学的指標から順化を確認するために、効果測定を行った。本稿では、東京大会前に男女3x3 競技日本代表選手を対象に実施した、暑熱順化トレーニングおよびその効果測定方法について報告する。実施時期における新型コロナウイルス（以下、COVID-19）感染対策を考慮した実施体制についても併せて報告する。

II. 暑熱順化トレーニングサポート

1. 対象者

東京大会日本代表選手として3x3 競技の出場を目指す選手12名（男子6名、女子6名）を対象とした。サポートに先立ち、選手には本サポートの概要、目的、サポートに伴う危険性や、サポートから得られる効果（利益）について説明し、書面において同意を得た。

2. サポート実施施設

暑熱順化トレーニングおよび効果測定は、JISSに設置された、環境制御実験室（ESPEC corp. 4.1 × 7.2 × 2.5m）で実施した。環境制御実験室は、温・湿度実験室と気圧実験室の二つが設置されている。温・湿度実験室は、温度0～40度、湿度10～95%の範囲で制御する事が可能である。気圧実験室は、温度20～30度、湿度60～70%、大気圧～533hPaの範囲で制御することができる。本サポートでは、1日にトレーニングを実施する選手数、タイムスケジュール、感染症対策等々の兼ね合いから、温・湿度実験室と気圧実験室の両方を使用する事とし、温度・湿度のみを設定した値に制御し、気圧は常圧で運用することとした。実験室内には、トレーニングで使用する自転車エルゴメーターを運び入れ、選手がトレーニングを行う環境を整えた。

3. 環境条件およびプロトコル

東京の過去5年の平均気温および湿度を算出し、暑熱順化トレーニングの環境設定の参考値とした。環境制御実験室の環境は、室温30～33℃、相対湿度70%とした。選手は、同一環境下において、1日の休息日を挟み計6日間のトレーニングを実施した。また、トレーニング初日と7日目は、測定日とし、各種データを収集した。暑熱順化トレーニングおよび効果測定の際に実施した運動様式は自転車ペダリングとし、選手は自転車エルゴメーター（風神雷神, OCLabo, Japan）を用いて運動を行った。

1) 暑熱順化トレーニングプロトコル

暑熱順化トレーニングはトレーニング2日目から6日目に行った。トレーニングは、定常負荷運動と1分間の高強度間欠性運動（体重×0.075kpで5秒間の全力ペダリング、25秒間無負荷のペダリング、30秒間の休息）を繰り返す行うプロトコルを作成した。トレーニングは、計70分で構成され、トレーニング期間中、1回/日実施した。運動中は、選手の深部体温が38.5℃以上になることを確認しながら実施した。

2) 効果測定プロトコル

効果測定は、トレーニング初日と7日目に行った。定常負荷運動を40分間行った後に、5分間の休息後、暑熱順化トレーニング時と同様の1分間の高強度間欠性運動を20セットを上限とし、疲労困憊まで行うこととした。

4. 測定項目

暑熱順化トレーニング初日に①形態計測、②身体組成を計測した。また、暑熱順化トレーニング初日と7日目に、③深部体温 (ITP010-11, Nikkiso-Therm Co., Ltd., Japan; N542R; Nikkiso-Therm Co., Ltd., Tokyo, Japan)、④皮膚温 (Thermochron Type-SL, KN Laboratories, Japan)、⑤汗中ナトリウム濃度 (LAQUAtwin, Horiba, Japan)、⑥心拍数 (Polar H10, Polar Electro, Finland)、⑦主観的運動強度、⑧温熱感覚、⑨体重 (HW-100KGV, A & D, Japan)、⑩尿比重 (PAL-09S, Atago, Japan)、⑪飲水量を測定した。また、自転車ペダリング運動中の⑫最大パワー、平均パワーおよび回転数等を記録した。2日目～6日目の暑熱順化トレーニング期間中においては⑥～⑫についてのみデータを取得した。

Ⅲ. 感染症対策を施したサポート実施体制

サポートに際し、事前検証等を行ってから、サポートを実施した。事前検証については、トレー

ニングプロトコルや効果測定の検討についてはもちろんの事、感染症を予防するための対策について、スタッフ間で十分に議論し、確認を行った。サポート時の基本的な感染症対策については、HPSCの施設内で取り決めた「感染症対策マニュアル」に則り実施する事とした。本サポート特有の対応策（例えば締め切った環境制御実験室内での選手の対応方法等）については、起こりうる感染リスクを想定し、施設内の感染症対策専門のスタッフに相談をする等し、実施体制を整えた。

1. 人員配置

サポートスタッフは、サポートにあたる期間の直前にPCR検査を受診し、陰性を確認した後サポートに入った。また、サポート対象となる選手には、トレーニング前にPCR検査を受診してもらい、陰性を確認した後にトレーニングを開始する事とした。合宿時のスケジュールの関係から、男女合計12名/日を対象に暑熱順化トレーニングを実施する必要があった。サポートスタッフの配置は、できるだけ選手と接触するスタッフの人数が少なくなるよう、且つ、暑熱環境下で多くの時間連続して環境制御実験室内に留まることが無いように配慮した。基本的には、選手1名に対し、選手対応スタッフ1名、測定データ記録スタッフ1名の計2名が対応する事とした（写真1）。環境



写真1. 暑熱順化トレーニングサポート時の人員配置

制御実験室内で対応するサポートスタッフの他に、環境制御実験室外にサポートスタッフを配置し、環境制御実験室外の準備、片付け等の補助、トレーニングが終了した選手や次にトレーニングを実施する選手の準備等、時間通り滞りなくトレーニングが実施されるよう対応にあたった。事前に詳細なタイムスケジュールおよびサポートスタッフシフトを作成して共有し、トレーニングが円滑に進められるようにサポートスタッフ間で連携をとりサポートを行った。

2. 機器の取り扱い

選手が使用する心拍計や温熱体温計測デバイス、マスク、蛇管等の機器や備品については、選手個々に占有とし、他の選手と共有しないようラベルを付けて管理した（写真2）。洗浄の際にも、まとめて行うことはせずに、選手毎に分けて洗浄した。共有が余儀なくされる機器（自転車エルゴメーター等）については、使用前後に消毒し使用した。飛沫感染と接触感染の対策の観点で、選手対応のためにトレーニング中に環境制御実験室内に滞在するサポートスタッフは、マスク、ガウン、フェイスシールド、ゴム手袋を着用し対応した。

3. 測定環境の整備

JISSにある環境制御実験室は、温・湿度実験室、気圧実験室ともに、換気機能は備えられているも

の外の外気を直接取り込むことができる窓が備えられていない。温・湿度実験室と気圧実験室には、それぞれ直径10cmと直径30cm程度のサービスポートが取り付けられている。このサービスポートは、実験室と外との物の受け渡し等を想定し取り付けられているものであり、通常は気密状態を保つために、閉められている。それぞれのサービスポートを開けると、その先は外気を取り込む窓につながる。事前検証時に確認した結果、換気シミュレーターによる換気状態は、外気（400ppm）とはそれほど変わらず、良好ではあったものの、1名が環境制御実験室内で安静にした際上昇するCO₂濃度は約480ppmであり、運動した際にはCO₂濃度は約820ppmまで上昇する事が確認された。そのため、環境制御実験室内のCO₂濃度が上昇しないよう、また運動時の選手の呼気を直接的にサポートスタッフが浴びることがないように対策を講じる為、選手には、運動時に2-way-valveと蛇管を取り付けたドルフマスクを装着してもらい、選手の呼気は蛇管を介して一部のサービスポートから外に排出させる方法をとった。サービスポートの先はサーキュレーターを稼働させ、呼気が滞留しないようにした。

Ⅳ. サポートの総括

3x3 競技選手12名を対象に、短期間の暑熱順化トレーニングを実施した。暑熱順化トレーニング

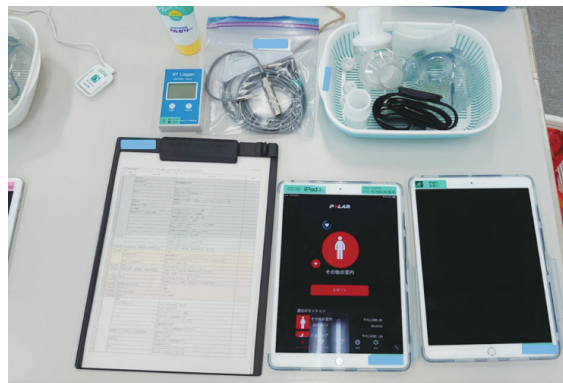


写真2. 1人の選手が使用する機器および備品の一部

グに参加した全ての選手が、予定していた暑熱順化トレーニングおよび効果測定を完遂する事ができた。

図1は、効果測定における測定中の深部体温および心拍数を示している (n=1)。深部体温、心拍数ともに、暑熱順化トレーニング後がトレーニング前より低値を示した。選手には、本測定の結果について、測定終了日に、測定値の一部を図1で示したようなグラフ等にまとめ、フィードバックした。

今回サポートに参加した選手全体でみると、暑熱順化トレーニング前と比べて、トレーニング後の値は、安静時の深部温度は低下し (Pre:

37.43 ± 0.23 °C ; Post: 37.28 ± 0.19 °C , $p < 0.05$)、深部体温が 38.5°C に達するまでの到達時間には延長がみられ (Pre: 47.9 ± 6.5 min; Post: 57.2 ± 8.1 min, $p < 0.05$)、高強度間欠性運動中の平均パワーは高値を示す (Pre: 772.6 ± 173.4 W; Post: 842.3 ± 199.0 W, $p < 0.01$) 等、体温調節機能と運動パフォーマンスの両方に改善が見られた。運動パフォーマンスの向上については、暑熱順化効果、トレーニング効果、それぞれの単独効果が相乗効果かについては本結果だけでは明らかにすることは難しいが、体温調整機能等の暑熱順化に関する生理学的データに改善が見られた事については、今回実施した高強度間欠性運動プロトコルを用い

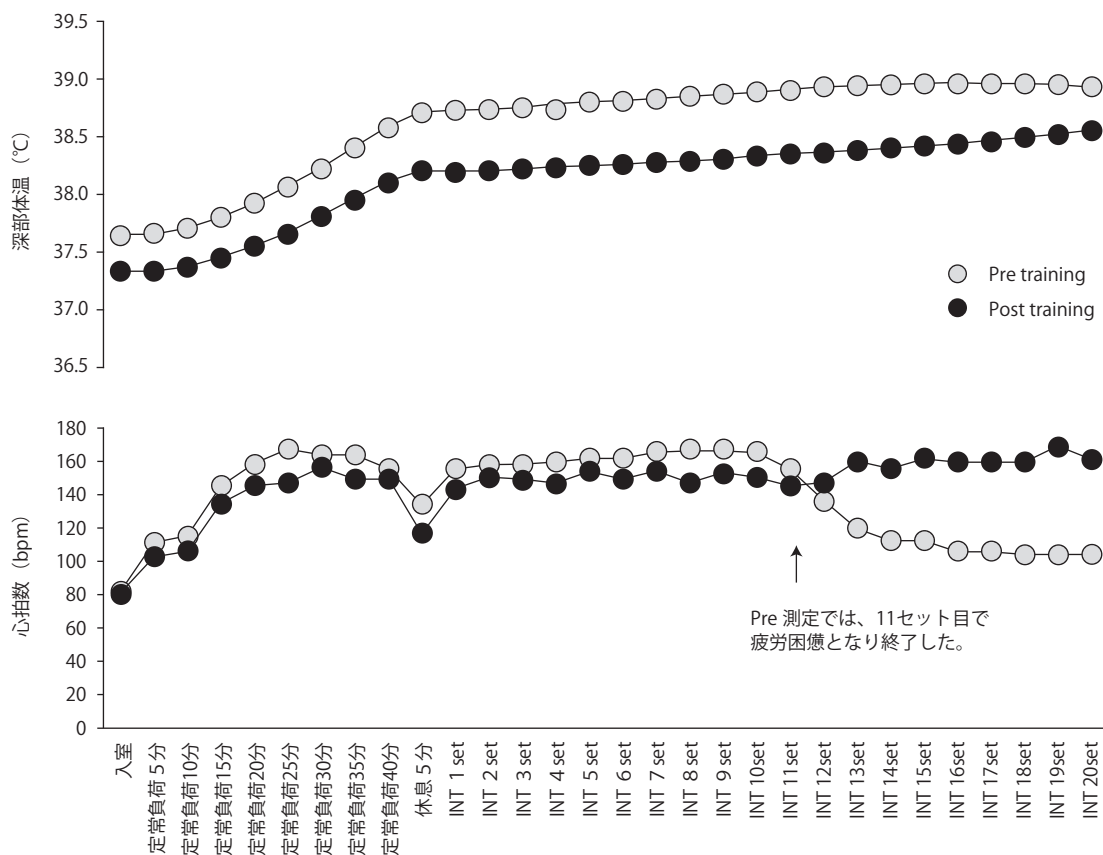


図1. 暑熱順化トレーニングサポート時における深部体温と心拍数の変化 (Pre training= トレーニング初日の効果測定、Post raining= トレーニング最終日の効果測定、INT=高強度間欠性運動のインターバル)

Nakamura et al.,³⁾ より一部引用し改変

た短期間の暑熱順化トレーニングによる効果といえよう。これらのチーム全体の結果については、男女に分けてまとめ、競技団体のコーチ、トレーナーへフィードバックし、これらを基に、東京大会までの暑熱対策等についてディスカッションをした。

トレーニング期間中およびサポート期間終了後数週間において、選手および暑熱順化トレーニングに対応したすべてのサポートスタッフからCOVID-19に感染したとの報告は受けなかった。感染症対策下で実施した暑熱順化トレーニングサポートは、トレーニングを実施した選手、サポートするスタッフの双方にとって、精神的にも負担のかかるトレーニングであったことは間違いない。「新しい生活様式」において一般化されている、飛沫感染予防、接触感染予防、換気等の予防対策を、暑熱順化トレーニング環境下に適応することは、容易ではなかった。しかしながら、事前の準備や、様々な対策を講じる事はもちろんの事、選手の対応にあたったサポートスタッフ、またトレーニングに参加した選手1人1人が、期間中、感染予防を意識し、徹底することで、感染症対策下においても、感染者を出すことなく暑熱順化トレーニングを実施することができた。今後も、「新しい生活様式」に対応したサポートの体制を整え、競技力向上のためのサポートに努めたい。

本サポートが競技団体において3x3 競技における暑熱順化トレーニングプログラムとして確立され、活用されることを期待する。

謝辞

本サポートを実施するにあたり、多くの方々にご指導ご鞭撻を賜りました。

岡本香織様（日本バスケットボール協会）には、競技団体との調整等々、快くお引き受けいただきました。厚く御礼申し上げます。

内藤貴司先生（北海学園大学法学部）、長谷川博先生（広島大学総合科学研究科）、細川由梨先生（早稲田大学スポーツ科学学術院）、安松幹展先生（立教大学コミュニティ福祉学部）には、測

定プロトコルやトレーニングデザイン等々ご助言をくださいました。ここに深謝の意を表します。

サポートを遂行するにあたり、赤澤暢彦先生（早稲田大学 スポーツ科学学術院）、曾根良太先生（東京農業大学 国際食料情報学部）、中山雄大先生（富山県体育協会 / 富山県総合体育センター）、増田雄太先生（京都府立大学 大学院生命環境科学研究科）、安藤啓、安藤良介、今若太郎、岩田理沙、大岩奈青、亀田麻依、小島千尋（以上、国立スポーツ科学センター）には多大なご助言、ご協力頂きました。ここに誠意の意を表します。

文献

- 1) Chalmers S, Esterman A, Eston R, Bowering KJ, Norton K. Short-term heat acclimation training improves physical performance: a systematic review, and exploration of physiological adaptations and application for team sports. *Sports Med*, 44(7):971-988, 2014.
- 2) Lei TH, Wang F. Looking ahead of 2021 Tokyo Summer Olympic Games: How does humid heat affect endurance performance? Insight into physiological mechanism and heat-related illness prevention strategies. *J Therm Biol*, 99: 102975, 2021.
- 3) Nakamura M, Naito T, Saito T, Takahashi A, Muraishi K, Hakamada N, Otomo M, Iizuka S, Nakamura D, Takahashi H. Case Report: Countermeasures Against Heat and Coronavirus for Japanese Athletes at the Tokyo 2020 Olympics and Paralympic Games. *Front Sports Act Living*, 4: 878022, 2022.
- 4) 日本バスケットボール協会. 3人制のバスケット「3x3（スリー・エックス・スリー）」. <http://3x3.japanbasketball.jp/what-is> (2022年8月1日)
- 5) Petersen CJ, Portus MR, Pyne DB, Dawson BT, Cramer MN, Kellett AD. Partial heat acclimation in cricketers using a 4-day high intensity cycling Protocol. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(4):535-

- 545, 2010.
- 6) Racinais S, Alonso JM, Coutts AJ, Flouris AD, Girard O, González-Alonso J, Hausswirth C, Jay O, Lee J K W, Mitchell N, Nassis G P, Nybo L, Pluim B M, Roelands B, Sawka M N, Wingo J, Périard J D . Consensus recommendations on training and competing in the heat. *Br J Sports Med*, 49(18): 1164-1173, 2015.