

特集 ハイパフォーマンススポーツを対象とした医・科学支援
——ハイパフォーマンス・サポート事業の活動を例に

ブラインドマラソン選手を対象とした暑熱対策サポート
Heat countermeasure support for blind marathon athletes for the 2020 Tokyo
Paralympic games.

高橋あかり¹⁾, 村石光二¹⁾, 袴田智子¹⁾, 中村真理子¹⁾
Akari Takahashi¹⁾, Koji Muraishi¹⁾, Noriko Hakamada¹⁾, Mariko Nakamura¹⁾

キーワード：暑熱対策, マラソン, プレクーリング

I. はじめに

東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会（以下「東京 2020 大会」という。）は暑熱環境下において開催される。暑熱環境下では、過度な深部体温の上昇や発汗量の増大による脱水が要因となり、持久性パフォーマンスが低下することが明らかになっており⁴⁾、マラソン競技は最も影響を受ける競技の一つである⁵⁾。これは長い競技時間や、屋外競技であることによる気温・湿度・地面からの輻射熱といった環境条件が大きく影響しているためと考えられる。パラリンピック陸上競技の種目の一つであるブラインドマラソンは、先天的または後天的に視力が低下していたり、視野に制限がある状態の選手によるマラソン競技である。障がいのクラスによってはガイドランナーと呼ばれる伴走者が、選手と一緒に 42.195km を走り、レース時間は 3 時間に及ぶ。

暑熱環境下でのパフォーマンス低下を抑制するためには、運動時の過度な深部体温の上昇を抑制するための身体冷却、水分補給といった暑熱対策が重要となる。身体冷却には、アイススラリー摂

取による身体内部冷却や¹¹⁾、手掌前腕冷却などによる身体外部冷却がある⁹⁾。身体冷却を実施する際には、競技特性や試合時間、競技間の休憩時間等に合わせた戦略を検討する必要がある³⁾、競技中のハーフタイムやウォーターブレイクといった休憩時間がない競技では、身体冷却を実施するタイミングや水分補給のタイミングが限られる。マラソンの競技規則では約 5km 間隔で給水所を設けるものとする¹³⁾と定められているが、状況によってはレース中に給水が取れないことも多い¹⁾。脱水については体重の 1% 増加するごとに、直腸温は 0.3℃ 上昇すると報告されている¹⁶⁾ことから、過度な深部体温上昇の抑制のために脱水予防（水分補給）も非常に重要である。

したがって、マラソン競技においては、体温上昇を促す要因を排除するため、レース前およびレース中の水分補給や身体冷却といったプレクーリング・パークーリングを実施し、レース中の過度な深部体温の上昇を抑制することが、暑熱環境下でのパフォーマンス低下につながる適切な暑熱対策となると考えられる。

¹⁾国立スポーツ科学センター

¹⁾ Japan Institute of Sports Sciences

E-mail : akari.takahashi@jpnssport.go.jp

そこで本稿では、ブラインドマラソン選手を対象に、東京 2020 大会と同時期の夏季のマラソンレースと本来のマラソンシーズンである冬季のマラソンレースにおけるパフォーマンスおよび脱水状況を比較した。さらに、得られたデータを元に東京 2020 大会に向けてハイパフォーマンス・サポート事業として実施した暑熱対策サポートの概要について述べる。

Ⅱ．暑熱対策サポートの概要

1. 対象者

東京 2020 パラリンピック代表推薦選手のうち、2019 年北海道マラソンまたは 2020 年防府読売マラソンを完走し、かつ 2020 年夏季の強化合宿への参加頻度が高かった男子 3 名、女子 2 名とした。

2. 夏季マラソンと冬季マラソンにおける脱水率の比較

マラソンの優勝タイムと気温には関連があり、レース時の気温が 10 ～ 15℃ の際の優勝タイムが最も早く、気温が上がるにつれ優勝タイムが遅くなると報告されている⁷⁾。

そこで、2019 年 8 月に開催された北海道マラソン 2019（以下、夏季マラソン）と 2020 年 12

月に開催された第 51 回防府読売マラソン（以下、冬季マラソン）において選手の脱水率を測定し、その際のゴールタイムを比較した。夏季マラソンでのスタート時の気温は 18.7℃、湿度は 73.0% であった。また、冬季マラソンのスタート時の気温は 9.0℃、湿度は 36.0% であった。なお、対象選手のうち両レースで 1 名ずつ途中棄権の選手がいた。途中棄権をした選手はどちらも男子 T12 クラスの単独走の選手であった。選手ごとの脱水率、ゴールタイムおよびゴールした 4 名の平均値を示す。

脱水率はマラソンレース前後の体重の変化率 $[(\text{運動前体重} - \text{運動後体重}) / \text{運動前体重} \times 100]$ とした。体重の測定場所は選手控室もしくは待機テント内とした。また、体重測定はレース中に着用したユニフォームを着た状態で実施した。

冬季マラソンでの平均タイムは 2 時間 49 分 49 秒であり、その時の脱水率は $3.09 \pm 1.16\%$ （最大 4.37%）であった。一方で夏季マラソンの平均タイムは 3 時間 9 分 7 秒であり、その時の脱水率は $3.12 \pm 1.56\%$ （最大 4.51%）であった（表 1）。先行研究で報告されているように本サポートの対象であるブラインドマラソン選手においても、気

表 1. 冬季と夏季のマラソンでの脱水率とゴールタイム

選手	夏季マラソン		冬季マラソン	
	脱水率 (%)	ゴールタイム (時：分：秒)	脱水率 (%)	ゴールタイム
A	3.66	3:09:55	3.59	2:54:13
B	途中棄権		4.37	2:22:28
C	0.48	3:15:25	1.23	3:15:25
D	4.51	2:32:19	途中棄権	
E	3.83	3:38:47	3.17	2:47:09
ゴール選手平均	3.12 ± 1.56	$3:09:07 \pm 0:23:51$	3.09 ± 1.16	$2:49:49 \pm 0:18:54$

温が高い夏季マラソンでゴールタイムが遅くなる結果となった（表 1）。脱水率については、夏季マラソン、冬季マラソン共に平均で 3% を超えていた。先行研究では 2% 以上の脱水は持久系パフォーマンスの低下が起こると報告されている¹⁴⁾。ただし、夏季マラソンのスタート時の暑さ指数（wet bulb globe temperature; WBGT）は 18.8℃であり、これは日本スポーツ協会が定める熱中症予防運動指針では「ほぼ安全」にあたる¹⁰⁾。一方、東京 2020 大会におけるブラインドマラソンレース日の 1 年前に当たる 2020 年 9 月 5 日 6 時の WBGT は 24.7℃であったことから、東京 2020 大会はより過酷な暑熱環境下でのレースとなることが予想される。WBGT が上昇するにつれて、ランニングスピードは低下すると報告されており²⁾、また脱水の亢進も予想されることから、東京 2020 大会に向けて適切な暑熱対策が必要となると考えられる。

3. 暑熱対策サポートの方法

東京 2020 大会に向けた夏季の強化合宿に帯同し、以下の方法でサポートを実施した。

1) 暑熱対策に関する講義

実践的なサポートを実施する前に講義の時間を

設け、暑熱環境下で運動を実施した場合の生理的応答やパフォーマンスへの影響、暑熱対策の必要性を説明した。視覚障がい選手が実践方法をイメージしやすいように、講義の際にも冷却デバイスの体験と、アイススラリーの試飲を実施した（図 1）。

2) 身体冷却の提案

身体冷却方法は、アイスベストや手掌前腕冷却などの身体を外部から冷却する方法（外部冷却）⁹⁾とアイススラリーなどの冷たい飲料を摂取して身体を内部から冷却する方法（内部冷却）の 2 種類がある¹¹⁾。ブラインドマラソンの競技特性を考慮し、レース前に効率的に深部体温が低下するような方法として手掌前腕冷却による外部冷却、アイススラリー摂取による内部冷却、またはその両方を組み合わせて行うことを提案した。選手にはそれぞれの方法を練習時に試してもらい、各自で最適な量や時間を選択させた。練習時の身体冷却については大会本番での実施を想定し、30km 以上の距離走練習時を中心に行った

a) 手掌前腕冷却

頬や手、足の裏の冷却は頸部や腋窩の冷却に比べて、深部体温の低下率が高いことが報告されている⁶⁾。Nakamura et al (2020) の方法⁹⁾や競技者の



図 1. 暑熱対策に関する講義の様子

ための暑熱対策実践編¹³⁾を参考に、練習時のスタート地点に冷水を入れたバケツを設置し、手掌前腕冷却を行えるようにした。この時の水温は10-15℃に設定した。練習前の準備やウォーミングアップ等を考慮し、冷却時間は10分を目安に冷却を行った(図2)。

手掌前腕冷却方法は、冷却できる体表面積が大きいことから効率的な冷却ができる。その一方でウォーミングアップ中やレース中といった走行中の実施は難しい。そこで、市販されている冷却デバイスである手掌冷却グローブ(コアクーラー、デサント社製)を用い手掌部の冷却を行った。手掌冷却グローブについては冷却できる部位が手掌のみに限られるものの、蓄冷剤を手に着用できるようになっているため、走行しながらの冷却が可能になる。この手掌冷却グローブで用いられている蓄冷剤は融解温度が12℃であるため、あらかじめ宿舎の冷凍庫で冷却しておき、練習場所までの運搬の際には水を入れたクーラーボックスの中に保管した。また、練習中に再凍結が必要になった場合は、バケツの中に水を入れ、その中に蓄冷剤を入れ再凍結させた。

b) アイススラリー摂取

アイススラリーは水と微小な氷がシャーベット状に混ざった氷飲料である。このアイススラリーを運動前に体重1kgあたり7.5g摂取すると、深部体温は安静時に比べ約0.6℃低下したと報告されている¹⁴⁾。

アイススラリーには、スラリーマシンを用いて市販のスポーツ飲料から作成するものと、市販のものの2種類がある⁸⁾。本サポートにおいては、スラリー作成時の異物混入や、マシンの洗浄に関わる衛生面のリスクを排除するために、市販のアイススラリーを使用した(ポカリスエットアイススラリー、大塚製薬社製)。また、市販のアイススラリーは1個100mlとなっているため、視覚障がい選手が自分の摂取量を把握しやすいという利点もある。本サポートにおいては各選手に体重1kgあたり7.5gにあたる量を提示したうえで、実際の摂取量は選手の判断により決定した。なお、

市販のアイススラリーには食物繊維が含まれることから最大摂取量は400gとした。

市販のアイススラリーはあらかじめ冷凍させておく必要があるため、宿舎の冷凍庫または、ポータブルの冷凍庫で冷凍した。サポートの際には宿舎と練習場所が離れている場合もあり、運搬の際にはポータブル冷凍冷蔵庫を用いた。

3) 脱水対策

マラソン大会時での測定と同様に、練習時において練習前後の体重を測定し、脱水率の測定を行った。選手には練習後の測定時に脱水率を伝え、2%以上の脱水率を示していた選手には水分補給を促す声掛けを行った。



図2. プレクーリング時の手掌前腕冷却の様子



図3. プレクーリング時のアイススラリー摂取の様子

Ⅲ. 暑熱対策の実施事例

1. 身体冷却の実施率

対象選手5名のうち全員が1種類以上のプレ

クーリングを実施した。そのうち、3名がバケツを用いた前腕手掌冷却を実施した。また、4名がアイススラリーを摂取した。また、3名が練習前から手掌冷却グローブを装着し、そのまま練習に入った。また、走行時の冷却すなわちパークーリングについては、選手個々で対応する姿が見られ、手掌冷却グローブを適宜冷却されたものと交換しながら使用した選手が3名、走行中にアイススラリーを摂取した選手が1名、冷却ジェルを使用した選手が2名、セームタオルで汗を拭いていた選手が2名、氷で頸部を冷やしていた選手が1名であった。

2. 外部冷却のみ実施した事例

選手Aは身体冷却方法として外部冷却のみを選択した。選手Aは、普段から冷たいものを飲むと胃腸に不快感があるため、アイススラリーを使用した内部冷却は控えたいとのことであった。外部冷却については不快感なく実施することができ、ウォーミングアップで温まった体を一度プレクーリングで冷やすことで気持ち的にもリフレッシュすることができ、練習に臨めたと話していた。そのため、手掌冷却グローブの使用など走行中もできる外部冷却方法を実施し、練習の前半からこまめに少し冷やした給水を取るようしていた。

3. 外部冷却と内部冷却の組み合わせを実施した事例

選手Bは身体冷却方法のうち、外部冷却としてバケツを用いた手掌前腕冷却と手掌冷却グローブの装着、内部冷却としてアイススラリー摂取を選択した。選手Bには体重1kgあたり7.5gにあたる量から400gのアイススラリー摂取を提案した。しかし、アイススラリー300g摂取後に練習した際に胃腸に不快感があり、練習を中断したため、アイススラリーの摂取量は200gまでとし、外部冷却である手掌前腕冷却と手掌冷却グローブと組み合わせて身体冷却を実施することとした。選手Bは「プレクーリングを行うことで、体温が下がっていくような効果を感じている。また、

これまでは夏のレースや練習の際は気合で乗り越えるという考えであったが、暑熱対策サポートにより暑熱環境下でのレースや練習に対する取り組み方や考え方が変わり、しっかりと準備を行うようになった。また、暑熱対策を行った上で練習を実施することは競技面でプラスになっている」と話していた。また、選手Bは暑さに対して苦手意識があり、これまでもこまめな水分補給を行っていたが、本サポートで脱水率を測定するようになり、練習後の脱水率が他の選手に比べて高いことが分かった。そのため練習前後により積極的な水分補給を実施するよう促した。

4. プレクーリングを実施した際の脱水率とパフォーマンス

対象選手のうち1名でプレクーリングを実施した日と実施しなかった日の40km距離走での走行タイムと脱水率を比較した(表2)。プレクーリングは、手掌前腕冷却による外部冷却とアイススラリー摂取による内部冷却を組み合わせで実施した。

プレクーリングを実施しなかった日の走行タイムは3時間32分28秒で練習後の脱水率は4.7%であった。また、スタート時のWBGTは25.8℃であった。一方で、プレクーリングを実施した日の走行タイムは3時間27分27秒であり、練習後の脱水率は2.6%だった。また、スタート時のWBGTは23.0℃だった。

WBGTの違いは見られたものの、練習時の走行タイムについては選手のベストタイムを元にペースが設定されており、両日共に同じ強度でのペース設定であった。その一方で脱水率は、プレクーリングを実施した日には、実施しなかった日に比べて2.1%抑制した結果となった。

IV. まとめ

暑熱環境下で開催される東京2020大会でブラインドマラソン選手がパフォーマンスを発揮できるよう、冬季と夏季のマラソン大会でのパフォーマンスと脱水状況を把握し、暑熱対策サポートを

表2. プレクーリング実施の有無による脱水率とゴールタイム

プレクーリング有無	脱水率 (%)	ゴールタイム (時：分：秒)	WBGT (℃)
有 (アイススラリー 手掌前腕冷却)	2.6	3:27:27	23.0
無	4.7	3:32:28	25.8

実施した。

暑熱対策サポートを実施した上でも、夏季の距離走練習時の脱水率は常に2%以上の高い脱水率を示し、中には5%以上脱水している選手もいた。マラソンの場合、レースの際には走行しながら水分補給を実施しなければならず、完全に脱水を防ぐことは難しく限界がある。その一方で、プレクーリングの実施を始め、暑熱対策サポートにより選手の意識が変化し、暑熱環境下での練習やレースに対し選手が自ら対策を講じるといった行動変容が起きたことは、本サポートの大きな収穫となったと感じている。

文献

- 1) Beis LY, Wright-Whyte M, Barry F, Noakes T, Pitsiladis YP. Drinking behaviors of elite male runners during marathon competition. Clin J Sport Med, 22(3): 254-261, 2012.
- 2) Ely BR, Ely MR. Running in the heat: Performance consequences and strategies to prepare for hot-weather racing. Strength Cond J, 42(1): 90-96, 2020.
- 3) Gibson OR, James CA, Mee JA, Willmott A, Turner G, Hayes M, Maxwell NS. Heat alleviation strategies for athletic performance: A review and practitioner guidelines. Temperature, 7(1): 3-36, 2020.
- 4) Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. J Appl Physiol, 86: 1032-1039, 1999.
- 5) Guy JH, Deakin GB, Edwards AM, Miller CM, Pyne DB. Adaptation to hot environmental conditions: An exploration of the performance basis, procedures and future directions to optimise opportunities for elite athletes. Sport Med, 45(3): 303-311, 2015.
- 6) Lissoway JB, Lipman GS, Grahn DA, Cao VH, Shaheen M, Phan S, Weiss EA, Heller HC. Novel application of chemical cold packs for treatment of exercise-induced hyperthermia: A randomized controlled trial. Wilderness Environ Med, 26(2): 173-179, 2015.
- 7) Maughan RJ, Shirreffs SM. Dehydration and rehydration in competitive sport. Scand J Med Sci Sports, 20(Suppl. 3): 95-102, 2010.
- 8) 内藤貴司, 斎藤辰哉, 田島孝彦, 染谷俊一, 土橋登志久. テニス競技現場における身体冷却支援法の課題と戦略—2020 全豪オープンテニスでの支援を事例に—. Journal of High Performance Sport, 6: 118-128, 2020.
- 9) Nakamura D, Muraishi K, Hasegawa H, Yasumatsu M, Takahashi H. Effect of a cooling strategy combining forearm water immersion and a low dose of ice slurry ingestion on physiological response and subsequent exercise performance in the heat. J Therm Biol, 89: 102530, 2020.

- 10) 日本スポーツ協会．スポーツ活動中の熱中症
予防ガイドブック第5版．日本スポーツ協会，
2019.
- 11) 日本スポーツ振興センター国立スポーツ科
学センター．競技者のための暑熱対策ガイド
ブック．日本スポーツ振興センター国立ス
ポーツ科学センター，2017.
- 12) 日本スポーツ振興センター国立スポーツ科
学センター．競技者のための暑熱対策ガイド
ブック【実践編】．日本スポーツ振興センター
国立スポーツ科学センター，2020.
- 13) 日本陸上競技連盟．日本陸上競技連盟規則．
<https://www.jaaf.or.jp/about/rule/> (2021 年 6 月
23 日)
- 14) Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan JR,
Montain JS, Stachenfeld SN. American college of
sports medicine position stand. Exercise and fluid
replacement. Med Sci Sports Exerc, 39: 377-390,
2007.
- 15) Siegel R, Mate J, Brearley MB, Watson G,
Nosaka K, Laursen PB. Ice slurry ingestion
increases core temperature capacity and running
time in the heat. Med Sci Sports Exerc, 42(4):
717-25, 2010.
- 16) 芳田哲也．日本における熱中症予防研究．日
本生気象学会雑誌，52(2): 97-104, 2015.