

ハイパフォーマンススポーツセンター
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】



競技者のための 暑熱対策 ガイドブック

【実践編】

目 次

はじめに	3
------	---

1 章

運動前・運動中の身体冷却法	4
---------------	---

2 章

身体冷却の実践編 ～各競技への応用～	10
自転車競技（ロード）	12
テニス	14
セーリング	16
サッカー	18
競技現場からの声	20

3 章

パラアスリートへの身体冷却法の応用	26
-------------------	----

4 章

睡眠時の暑熱対策	30
----------	----

参考文献	35
------	----

● はじめに ●

暑熱環境下では持久性運動パフォーマンスが低下することが知られており、その影響は暑さへの馴れや水分補給、身体冷却の有無、服装などにより異なります。したがって、夏季の屋外競技、特に、長時間にわたり高強度運動を継続するような競技において暑熱環境下で良いパフォーマンスを発揮するためには、競技特性や個人特性に合わせた、適切かつ最適な暑熱環境への対策や戦略が重要となります。

東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会は7月24日～9月6日に開催されます。この時期は猛暑日になることも多く、熱中症が多発する時期であり、非常に過酷な環境になることが予想されます。ハイパフォーマンススポーツセンター（HPSC）国立スポーツ科学センター（JISS）では、東京2020大会に向けたプロジェクト研究の一つとして、2015年度から「暑熱対策に関する研究」に取り組んできました。その中では、暑熱環境下の運動による生理学的変化や特定の暑熱対策の効果を調べるための実験を行うとともに、競技団体関係者に情報提供を行うことを目的とした暑熱対策セミナーを開催しました。さらに、競技者、コーチ・指導者および情報・医・科学スタッフを対象とした暑熱環境対策に関するアンケート調査の結果や、暑熱環境での運動や暑熱対策に関するこれまでの国内外の研究知見をまとめた「競技者のための暑熱対策ガイドブック」を2017年に刊行しました。

そして今回、強化現場における、より実践的な暑熱対策の立案に役立ててもらうことを目的として「競技者のための暑熱対策ガイドブック【実践編】」を作成しました。本ガイドブックは、特に、暑熱対策の中の身体冷却法に焦点を当て、競技者や強化スタッフの皆さんが身体冷却方法をより理解しやすく、そして、その応用をイメージしやすいものになることを目指しました。前回のガイドブックとともに、暑熱対策立案の一助として本ガイドブックを活用していただければ幸いです。

ハイパフォーマンススポーツセンター 国立スポーツ科学センター
スポーツ研究部長
高橋 英幸

1章 運動前・運動中の身体冷却法

東京オリンピック・パラリンピック競技大会では、気温および湿度が非常に高い環境（暑熱）下での競技が予想されています。暑熱下での運動は、過度な深部体温上昇が要因となり運動能力が低下します（詳しくは2017年 JISS 発行の『競技者のための暑熱対策ガイドブック』（以下、暑熱対策ガイドブック2017）をご覧ください）。身体冷却は過度な体温上昇の予防・抑制のための重要な暑熱対策です。ここでは、競技現場でも実施可能な運動前・運動中の身体冷却法としてアイススラリー摂取、アイスベストの着用および手掌前腕冷却について紹介します。

アイススラリー

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す（写真1-1）。アイススラリーは低温で流動性が高く、氷が水に溶ける際に体内の熱を多く吸収することができます。そのため、アイススラリーの摂取は冷たい飲料の摂取よりも非常に高い冷却効果を有しており、有用な暑熱対策の一つです。



写真1-1 アイススラリーとスラリーマシン

アイススラリー摂取のタイミング・量

研究結果では、運動前の摂取であれば、体重1kgあたり7.5g（60kgの選手であれば450g）をこまめに摂取すると十分な深部体温の低下が認められています。また、深部体温はアイススラリーをウォーミングアップ（W-up）前よりも後に摂取すると低下が大きく、持久性運動パフォーマンスに対しても有効であることが報告されています（図1-1A）。

競技中に給水ができる競技では運動中に、競技中に休憩が設けられている競技ではその休憩中に、アイススラリー摂取をすることができます。摂取量は、休憩ごとに体重1kgあたり1.25g（60kgの選手であれば75g）を摂取すると、運動後半の深部体温の上昇を抑制することが報告されています（図1-1B）。

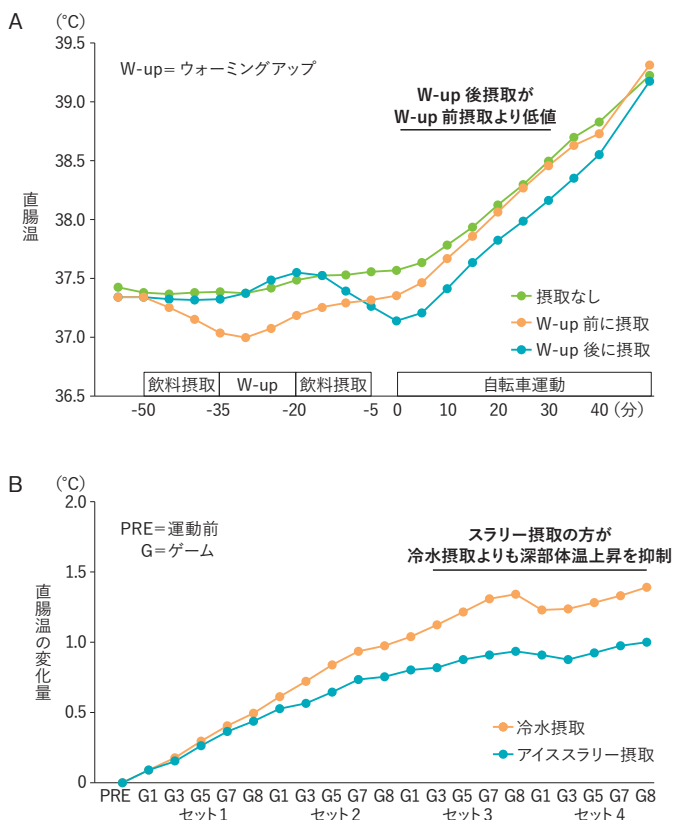


図 1-1 運動前・休憩中のアイススラリー摂取と深部体温（直腸温）の変化
(A: Takeshima et al., 2017から作図 B: Naito et al., 2018から作図)

アイススラリーの競技現場への応用

アイススラリーは主に専用の機械（写真 1-1）で作られています。別の方法でも作製することができます。例えば、氷とスポーツ飲料や選手オリジナルのドリンクを市販のミキサーにかけて、アイススラリーに近いクラッシュドアイス（図 1-2）を作製することができます。クラッシュドアイスでもアイススラリーと同程度の冷却効果があり、氷の粒をより細かくするとさらに冷却効果が上がります。



図1-2 クラッシュドアイスの作製例

氷とスポーツ飲料の割合は氷3：スポーツ飲料1～2程度で、スポーツ飲料の糖度によって割合を調節すると良いでしょう。保存は魔法瓶が実用的です。

アイススラリーの注意点

アイススラリーは低温（約 -1°C ）の飲料であることに加えて、深部体温の十分な低下を得るためには多くの量を飲む必要があるため、それに伴って胃腸の不快感を抱く可能性があります。一方で、アイススラリーは深部体温を低下あるいは上昇を抑制し、運動パフォーマンスに好影響を及ぼすことから、多く摂取できること自体も選手の一つの能力になります。暑熱対策として、アイススラリーを摂取する練習も必要かもしれません。選手は競技会前の練習などで適切な摂取量とタイミングを検討し、自身の身体の変化を把握しておく必要があります。身体が快適に冷却される感覚が得られると運動パフォーマンスにも効果的です。

アイスベスト

アイスベストとは、冷却剤がポケットに入ったベストのことで、着用して身体外部から冷却することで活動筋を冷やすことなく深部体温、冷却剤が内包されている頸部、胸部および背部の皮膚温を低下させることができます。これらの部位の冷却は冷涼感を得ることができ、感覚的にも好影響を及ぼします。また、ベストを着用することで皮膚を効率よく冷やして熱放散が抑えられるため、余分な発汗を抑えることができます。

アイスベスト着用のタイミング・時間

アイスベストによる冷却は、運動前・W-up中・運動中と場面を限定せずに使用することができます（図1-3）。W-up中であれば、20～30分の着用は、着用しない場

合と比べてW-upの質を低下させることなく深部体温上昇を抑制し（図1-4）、持久性運動パフォーマンスの低下を抑制することが報告されています。また、ハーフタイムなどの運動間では、15分程度の着用で運動後半のパワー発揮の低下を抑制することが示されています。



図1-3 運動間のアイスベスト着用イメージ

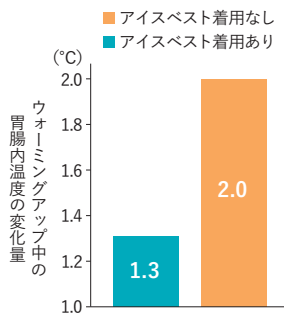


図1-4 W-up中の深部体温（胃腸内温度）の変化量
(Taylor et al., 2019から作図)

アイスベストの競技現場への応用

冷却効果は冷却剤と身体の接触面積が広いほど、冷却剤が低温なほど高まります。したがって、冷却効果の観点から冷却剤が着脱でき、かつ複数の冷却剤を利用できる様式のベストを使用し、こまめに冷却剤を交換することがポイントです。また、アイスベストは着用するだけで冷却を行えるのが特徴であるため、アイススラリー摂取と併用して行くと冷却効率をさらに高めることができます。

アイスベストの注意点

アイスベストは冷却剤に多少の重さ（1～3kg程度）があり、繊細な動きを行う競技中には適さないかもしれません。また、冷却剤は少しずつ溶け、冷却効率も低下していきます。冷却効果を維持するために、こまめに冷却剤を交換するとともに、使用しないときはクーラーボックスなどに入れて温度が高くないようにする必要があります。競技や動きによっては身体とベストが擦れる、もしくは冷却剤がベストから落ちるなど不具合が出るかもしれないため、練習などで事前に試すことが好ましいでしょう。

手掌前腕冷却

手掌前腕冷却は手の掌と前腕を冷水に浸けて、身体外部から冷却をしていく方法です。手の掌には、動脈と静脈が直接連絡している特殊な血管（動静脈^{ひら}吻合）が存在しています。通常の血管より多くの血液が動静脈吻合を通過するので、手掌前腕冷却を行うことで冷却された血液が深部に戻り（還流）、身体が冷却されます（図1-5）。また、手の掌と前腕は体幹部と比べて容積に対する表面積の比が大きく、熱を身体の外へ逃がしやすい構造となっています。

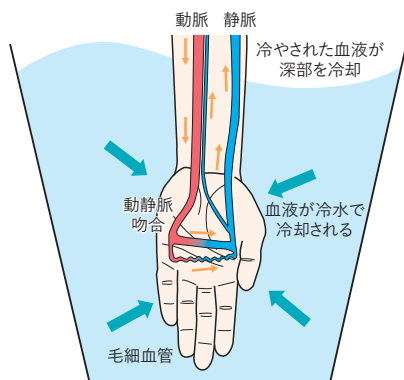


図1-5 手掌前腕冷却（浸水）
(Hirata, 1990 から改変作図)

手掌前腕冷却のタイミング・水温・時間

手掌前腕冷却は運動前や運動間で実施することができますが、研究結果から運動間での使用が有効かもしれません。背景として、手掌部を流れる血流量が運動によって増加し、より多くの血液を冷却することができるためと考えられています。例えば、運動間の10分の浸水（10℃）は直腸温を低下（図1-6）させるだけではなく、皮膚温や心拍数も低下させることができます。水温は運動間であれば、10～15℃程度が効果的な温度とされています。それ以下の温度では血管を収縮させてしまうため、冷却効率は良くありません。冷却時間は深部体温の低下には10分程度が望ましいですが、短時間でも冷却感を得ることができます。

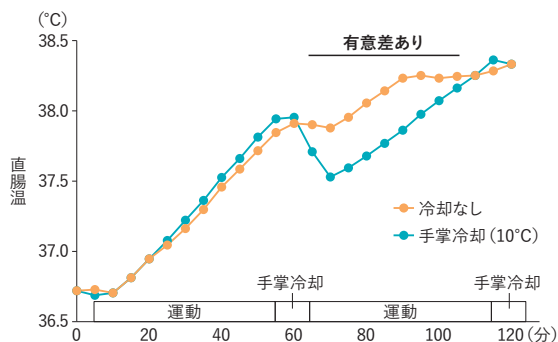


図 1-6 運動間の手掌冷却と深部体温（直腸温）の変化
(Khomenok et al., 2008から改変作図)

手掌前腕冷却の競技現場への応用

手掌前腕冷却は片手よりも両手の方が冷却効果は高くなるため、両手の冷却が望ましいでしょう。冷水に変わるデバイス（アイスパックや手掌冷却用の機械）の使用も可能ですが、浸水による冷却が最も冷却効果が高いようです。

手掌前腕冷却の注意点

手掌前腕冷却中に水温は上昇していきます。冷却をある程度の時間行う場合は、途中で氷を足すなどして調節する必要があります。

以上、3種類の身体冷却法を挙げましたが、競技特性や競技者自身の感じ方が異なるため、練習時に試してみることを推奨します。次章では、3種類の身体冷却法を様々な競技で実践した結果を紹介します。

2章 身体冷却の実践編 ～各競技への応用～

暑熱環境下における運動時の過度な深部体温上昇が持久性運動パフォーマンスの低下を引き起こすため、その過度な深部体温の上昇を抑制するために身体冷却を行うことが重要であることは周知の通りです（暑熱対策ガイドブック2017：2、4章参照）。

身体冷却の実施については実施するタイミングも非常に重要であり、運動前（プレクーリング）、運動中/間（パークーリング）、運動後と大きく3つのタイミングに分けられます。また、それぞれのタイミングにおける身体冷却は主に以下の目的で実施しています（図2-1）。

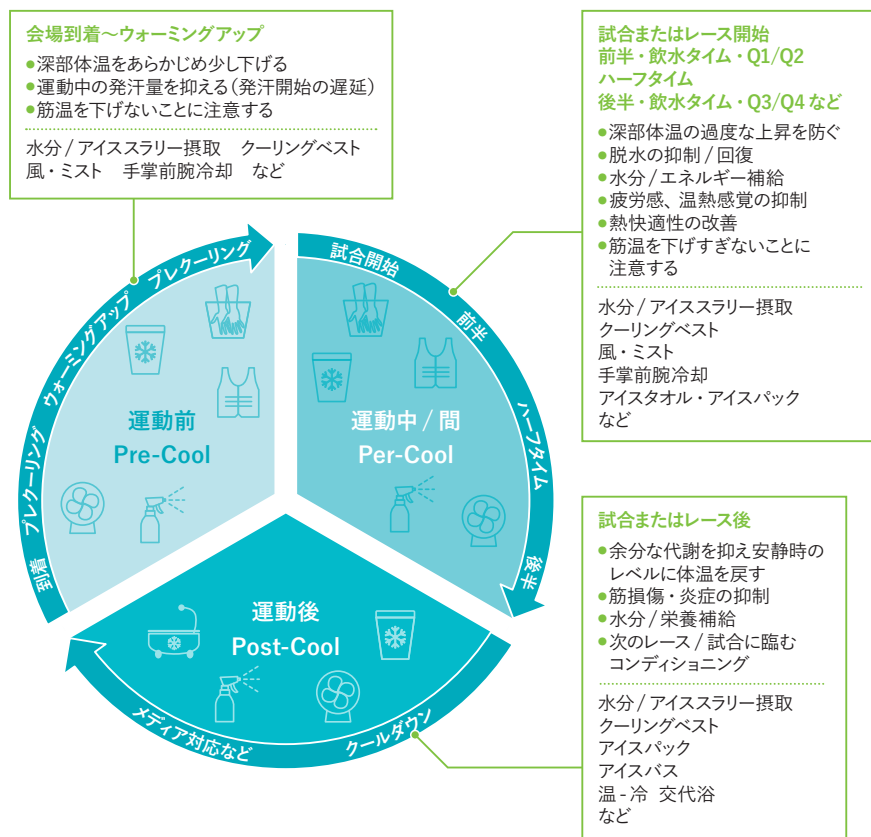


図2-1 暑熱環境下の競技現場における身体冷却のタイミング、目的、種類

（Gibson et al., 2019から改変作図）

したがって、それぞれの競技において、冷却方法と実施タイミングを考慮して身体冷却を実施する必要があります。例えば、試合やレース中に水分補給や身体冷却が行えないような競技では、運動前に実施しておく必要があります。

■プレクーリングが必要な競技

試合/レースが始まると競技を中断できない(例：自転車、陸上トラック長距離、マラソン※、トライアスロン※など)
※マラソン、トライアスロンは限られた条件ではあるが給水や冷却が可能



■プレクーリングとパークーリングが必要(可能)な競技

試合/レース中にブレイク、タイムアウト、攻守交代など定期的な休憩があり、給水や冷却が可能な競技(例：テニス、ビーチバレー、野球、ソフトボールなど)



試合/レース間に一定の休憩時間がある競技(例:サッカー、セーリング、7人制ラグビー、ホッケーなど)



本章では、各競技において実施可能な身体冷却方法と実施タイミングを考慮し、実際の試合やレース時に実践した例をご紹介します。

自転車競技 (ロード)

》プレクーリング

第32回オリンピック競技大会(2020/東京)で使用されるコースは、獲得標高が男子では4,865m、女子でも2,692mあり、急勾配が多いコースとなっています。自転車競技(ロード)ではオリンピックのコースとなっている道志みちの山岳区間が勝負所であり、ここでの過度な深部体温上昇の抑制が重要であると思われます。したがって、山岳部において身体冷却を実施し、深部体温および運動パフォーマンスに及ぼす影響を検証することを目的として測定を行いました。

対象選手	日本自転車競技女子強化指定選手1名
実施期間	2018年8月3日～6日
測定場所	山梨県道志みち山岳区間
環境条件	気温(33.1±0.9℃)、湿度(49.3±3.6%)、WBGT(27.9±0.4℃)
冷却方法	運動前のアイススラリー摂取
実施方法	1時間半のウォーミングアップ後、タイムトライアル開始30分前から体重1kgあたり1.25gのアイススラリーもしくは常温のスポーツ飲料を5分間隔ごとに6回摂取(合計約400g)(写真2-1)。

アイススラリー摂取の場所は、写真のように日陰を利用。その後、標高差352mを含む6.8kmのコースでタイムトライアルを実施。



写真2-1 タイムトライアル前のアイススラリー摂取

測定項目	深部体温(胃腸内温度): 温度センサーカプセルを運動前に飲用して測定 主観的感覚: 温熱感覚(1～9)、温熱快不快感(1～7) 仕事量(平均パワー): 選手のパワーメーターの値から算出 心拍数: 心拍計を胸部に装着
------	--

結果および考察

運動前のアイススラリー摂取は深部体温を安静時から 0.3°C 低下させた一方で、常温のスポーツ飲料は 0.1°C の低下でした（図2-2A）。今まで行われてきたアイススラリー摂取では $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ の低下が報告されており、同程度の結果となりました。アイススラリーの摂取環境は、日光下では余分な熱を受け冷却効果を弱めてしまうため、今回のように日陰下での摂取が望ましいかもしれません。

暑い/寒いを示す温熱感覚はアイススラリー摂取によって涼しさを感じ、温度の快不快感は「不快」から「心地よい」へと変化していきました。暑い環境下での涼しさや心地よさは1秒を争うトップアスリートにおいて重要な心理的要因のため、これらの改善をもたらしたアイススラリー摂取はメンタル面においても有用と思われます。

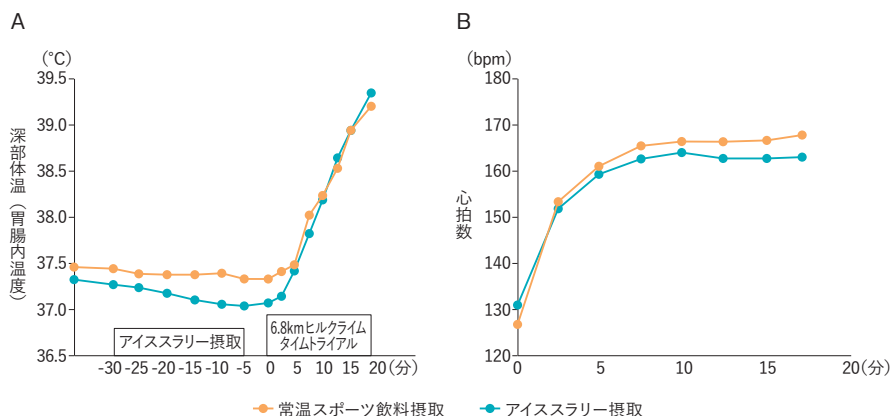


図2-2 運動前のアイススラリー摂取と深部体温（胃腸内温度）の変化（A）とタイムトライアル中の心拍数（B）

深部体温はタイムトライアル開始後に急激に上昇し、20分程度の運動でも深部体温の限界点である 40°C に近い温度に達することがわかりました（図2-2A）。心拍数はトライアルの後半でアイススラリー摂取条件が低い値を示しました（図2-2B）。

今回の測定は、自転車競技（ロード）においてオリンピックのコースとなっている道志みち山岳区間の勝負所でのタイムトライアル（高強度運動）でした。本番においても、この区間でのスプリントによる急激な深部体温上昇が予想され、この区間に入る前に深部体温を低く維持できているかが重要になりそうです。アイススラリーとアイスペストを組み合わせたり、運動前に加えて、レース中の水分摂取などを組み合わせた身体冷却の実施が深部体温上昇の抑制には有効かもしれません。

テニス

》プレクーリング・パークーリング

テニスは四大大会のうち、全米・全豪オープンでは外気温が35℃以上に達することが多く、酷暑下でプレーをしなければなりません。上記の大会では、暑さによる過度な深部体温上昇によって熱中症を発症する選手もいるため身体冷却が不可欠です。そこで、実際の屋外テニスコートで模擬試合を行い、試合中の身体冷却が生理的指標と運動パフォーマンスに及ぼす影響を検討しました。



対象選手	テニス選手8名(男子：4名、女子：4名)
実施期間	2019年8月5日～10日
測定場所	四日市テニスセンター(三重県)
環境条件	気温(31.7～36.3℃)、湿度(41.1～58.4%)、WBGT(28.4～32.5℃)
冷却方法	アイススラリー摂取、アイスベスト着用
実施方法	屋外テニスコートで模擬試合を実施。内容は、1ゲーム3.5分を目安とした6ゲーム先取の試合を、勝敗に関係なく3セット(ゲームブレイク：3～6回、セットブレイク：2回)。冷却介入はウォーミングアップ時、試合までの休憩時、ゲームブレイクおよびセットブレイク時に実施し、組み合わせを含め4条件行った(表2-1)。自由飲水はスポーツ飲料と水を摂取。



写真2-2 ブレイク時の冷却実施の様子(BINE条件)

表2-1 冷却介入の内容

冷却介入	ウォーミングアップ(30分)	休憩(20分)	ゲームブレイク(90秒)	セットブレイク(120秒)
CON	自由飲水	自由飲水	自由飲水	自由飲水
BINE	アイススラリー 200g	アイススラリー 200g + アイスベスト	アイススラリー 100g + アイスベスト	アイススラリー 100g + アイスベスト
L-BINE	アイススラリー 100g	アイススラリー 100g + アイスベスト	アイスベスト + 自由飲水	アイススラリー 100g + アイスベスト
VEST	自由飲水	アイスベスト + 自由飲水	アイスベスト + 自由飲水	アイスベスト + 自由飲水

CON：コントロール、BINE：コンバインド、L-BINE：ローコンバインド(400gまで)、VEST：アイスベスト

測定項目	深部体温(胃腸内温度)：温度センサーカプセルを運動前に飲用して測定 主観的感覚：温熱感覚(1～9)、主観的運動強度(6～20)を測定 心拍数：心拍計を胸部に装着して測定 発汗量：試合前後の体重と水分摂取量から算出 総移動距離、中高強度(>10km/h) 移動距離：GPSを使用
------	--

結果および考察

試合前の深部体温（胃腸内温度）はBINE条件が最も低値を示し、L-BINE条件、VEST条件も0.5℃程度の低下が確認されました（図2-3A）。一方、CON条件では深部体温は上昇したことから、テニス競技における運動前の冷却介入の効果がわかりました。また、試合中の深部体温はCON条件では39℃程度まで上昇すること、ブレイク時に身体冷却を実施するとその上昇が抑制されることがわかりました。冷却介入を行った3条件は、深部体温上昇の抑制に有用であることが確認されました（図2-3B）。しかし、ブレイク毎にアイススラリー摂取とアイスベスト着用を組み合わせたBINE条件は深部体温を低下させすぎたかもしれません。また、BINE条件を行った選手は試合中に膨満感や胃腸の不快感を訴えることがありました。以上をふまえると、L-BINE条件のようにアイスベストは着用し、アイススラリーの量を適度に調節することが望ましいかもしれません。

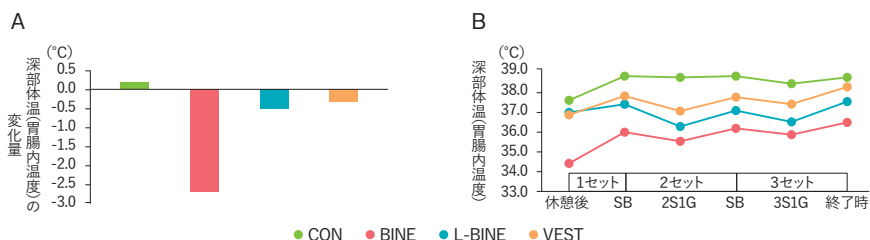


図2-3 各条件における深部体温（胃腸内温度）の測定開始時から試合開始前までの変化量(A)と模擬試合中の変化(B)

発汗量は、アイススラリー摂取をしたBINE条件およびL-BINE条件で低く抑えられることがわかりました。CON条件では約3Lもの発汗量があったことから、アイススラリー摂取は体温上昇の抑制に加えて脱水の予防に有効であることが確認されました。一方で、運動前に冷却を実施すると自発的な水分補給量が低下することが確認されました。運動前に冷却を実施する場合は、アイススラリーの摂取量に加えて水分補給量について事前に規定しておく必要があります。

試合時の総移動距離は4.5～5.0 kmでどの条件も同様でしたが、L-BINE条件およびVEST条件は、1セット目と比べて3セット目においても中高強度の割合が低下せず、高い運動パフォーマンスを維持できていることがわかりました。

以上の結果をふまえると、テニス競技における身体冷却は運動前やブレイク時に適度なアイススラリー摂取やアイスベストの着用を行うと深部体温の上昇を抑制し、運動パフォーマンスを維持できることがわかりました。今後は選手個々におけるアイススラリー摂取の適量を探索できれば、より良いパフォーマンス発揮に繋がられるかもしれません。

セーリング

》プレクーリング・パークーリング

ウィンドサーフィンにはセーリング競技の1つであり、10～15分程度の休憩を挟み、レースが複数回実施される競技種目です。一度レースに出ると2～3時間陸に戻れず、海上で過ごすことになります。外気温が高く風速が弱い気象条件下では、高体温となるリスクが高くなる可能性が考えられることから、海上でのレース間における冷却戦略が重要です。そこで、ウィンドサーフィンのレース間における効果的な冷却方法を検討するため、手掌前腕冷却、アイススラリー摂取、頸部冷却の3種類の冷却方法を用い、それらを組み合わせた身体冷却が生理学的指標および主観的な指標に与える影響を検討しました。



対象選手 エリート女子ウィンドサーフィン選手1名
実施期間 2018年7月21日～23日
測定場所 神奈川県 江ノ島・葉山沖
環境条件 表2-3に記載
冷却方法 頸部冷却：保冷剤を頸部に密着させ固定
 前腕冷却：13℃の水が入ったバケツに手掌および前腕部を浸水



写真2-3 船上で冷却実施の様子(NAS条件)

実施方法 コーチが設定したコースを2周するレース形式の練習を2回実施。1回目と2回目のレースの合間に約20分間の休憩時間を設け、その際選手は船上に上がり、以下の表2-2にある3条件の冷却介入を実施。

表2-2 冷却介入の内容

介入方法	1セット目終了後休憩(10分)	2セット目終了後休憩(10分)
NA条件	頸部冷却 + 前腕冷却	頸部冷却 + 前腕冷却
NAS条件	頸部冷却 + 前腕冷却 + アイススラリー(体重1kgあたり4g)	頸部冷却 + 前腕冷却 + アイススラリー(体重1kgあたり4g)
CON条件	29℃のスポーツドリンク(体重1kgあたり4g)	29℃のスポーツドリンク(体重1kgあたり4g)

頸部冷却(neck cooling: N)、手掌前腕冷却(arm cooling: A)、アイススラリー摂取(slurry: S)、コントロール(CON)

測定項目 深部体温(胃腸内温度)：温度センサーカプセルを運動前に飲用して測定
 皮膚温：ボタン式温度計を胸、上腕、大腿部に貼付
 主観的感觉：温熱感覚(-10～10)、温熱快不快感(1～7)
 心拍数：心拍計を胸部に装着

結果および考察

深部体温についてはCON条件と比べて、NA、NAS条件で低下度合いには大きな差は認められませんでした(表2-4)。一方、温熱感覚はNA条件で10ポイントの低下、NASおよびCON条件で6ポイントの低下がみられましたが、NAS条件は最も低い -3まで低下しました (図2-4)。このように頸部冷却、前腕冷却、アイススラリー摂取それぞれを組み合わせることで、温熱感覚が軽減することが確認されました。

表2-3 各条件下における環境条件とレースタイム

気象条件 / 時間	NA条件	NAS条件	CON条件
WBGT (°C)	27.6	28.0	29.1
気温 (°C)	28.4	28.9	31.3
湿度 (%)	87.0	83.5	69.7
風速 (m/min)	3~4	6~7	3~4
1セット目レース時間 (min)	27	19	25
2セット目レース時間 (min)	25	13	24

表2-4 各条件下における深部体温(胃腸内温度)の変化

深部体温 (°C)	NA条件	NAS条件	CON条件
開始前	37.7	38.3	38.0
1セット目終了直後	38.7	38.5	38.7
冷却後	38.5	38.2	37.2
2セット目終了直後	38.8	38.4	38.7
冷却後	38.4	38.1	38.4

NA：頸部冷却+前腕冷却、NAS：頸部冷却+前腕冷却+アイススラリー摂取、CON：コントロール

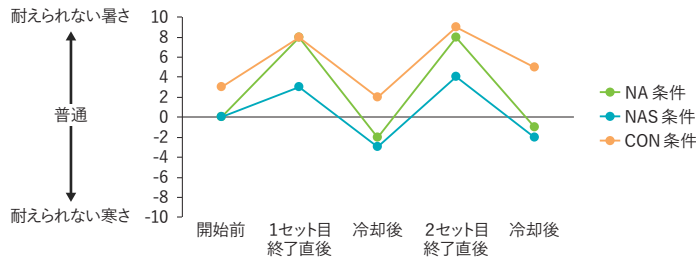


図2-4 各条件下における温熱感覚の変化
NAS条件は他の条件に比べ、温熱感覚が軽減した。

今回の測定では、NAS条件時に風速が高くレース時間の短縮がみられる(表2-3) など、風、気温、波の高さなどの外的要因によって運動パフォーマンスが左右され、一定の条件での測定実施ができなかったという限界があります。しかし、実際のレースにおいて、船上でできる限られた冷却介入と時間を考慮すると、今回実施した頸部冷却、前腕冷却、アイススラリー摂取は船上で実施できる効果的な冷却方法であると考えられます。

アイススラリーは魔法瓶に入れて保存し、保冷剤や前腕冷却用の氷はクーラーボックスに入れて(水は海水利用) コーチのボートに乗せておくことで、数時間沖に出ても船上での冷却介入が可能になります。今回冷却介入を実施した選手からは、有効であったと意見をもらっています。冷却効果には個人差もあるため、船上での冷却実施については事前にトライアルを行い、選手個々に合った冷却方法を確認しておくことが望ましいです。

サッカー

》プレクーリング・パークーリング

暑熱環境下におけるサッカーの試合では脱水が亢進し、暑熱環境下でない時に比べ総移動距離や高強度移動距離が低下することが報告されています。そこで、試合前にアイススラリーと水分の摂取量をあらかじめ規定（計画飲水）することで脱水と運動パフォーマンスの低下を防ぐことを目的とし、暑熱環境下での試合時における効果的な身体冷却方法の検証を行いました。



試合前のアイススラリーとバケツの準備

対象選手	日本代表男子サッカー選手 20 名
実施期間	第 18 回アジア競技大会（2018/ジャカルタ・パレンバン）
測定場所	ジャカルタ
環境条件※	温度 ($29 \pm 1^{\circ}\text{C}$)、湿度 ($67 \pm 9\%$)、WBGT ($26 \pm 1^{\circ}\text{C}$) ※7 試合平均
冷却方法	アイススラリー摂取と手掌前腕冷却
実施方法	表 2-5 に示すように、ウォーミングアップから試合開始前ロッカーアウトまでとハーフタイム中にアイススラリー摂取**と手掌前腕冷却を実施。



写真 2-4 トレーニング中のアイススラリー摂取と手掌前腕冷却の様子

表 2-5 冷却介入の内容

冷却介入	ウォーミングアップ～ロッカーアウトまで(30分)	ハーフタイム(15分)
アイススラリー	体重 1kg あたり 3g	体重 1kg あたり 3g
水	体重 1kg あたり 3g	体重 1kg あたり 3g
手掌前腕冷却	13℃ 時間は自由	13℃ 時間は自由

(例) 70kg の選手
 $70 \times 3 = 210$
 → 約 210g のアイススラリーと 210g の冷たい水を摂取

※※今回用いた市販のスラリーは、通常のスポーツドリンクより糖質含有量が高いため、冷たい水と併用した。

測定項目	脱水率：試合前後の体重から算出 総移動距離、高強度 (>21km/h) 移動距離：GPS を使用 アンケート調査：冷却効果の主観的感覚および脱水効果について
------	--

結果および考察

大会中の脱水率について、グループステージから決勝までの7試合で最も脱水率が多かったのは決勝戦の3.2%であり、7試合平均の脱水率は2.5%でした(図2-5)。体重の2%程度までの脱水は著しい体温上昇の心配はありませんが、それ以降は1%の脱水につき深部体温の約0.3℃の上昇と、心拍数の約10拍/分の増加が引き起こされます(暑熱対策ガイドブック2017:5章参照)。日本の暑熱環境下で行われたある試合ではチーム平均で3.8%程度脱水したことが確認されています。

本大会期間中を通して、試合中の高強度移動距離の割合を見ると、準々決勝で前半から後半にかけて有意な低下が認められたものの、その他の6試合では前半から後半にかけての高強度移動距離の割合の低下は認められず、維持されていました(図2-6)。暑熱環境下におけるサッカー競技の試合では、冷却と計画飲水により過度な脱水を防ぐことが、運動パフォーマンスの低下を防ぐことに繋がると考えられます。

大会期間を通して、選手に「水分摂取量をあらかじめ決めて飲むことで、脱水が抑えられたと感じますか」と聞いたところ、60%の選手が「はい」と回答しました(図2-7)。さらに、「今回の暑さ対策は自身の暑熱環境下でのプレーにおいて役立つ活動であったか?」という問

いに対して、85%の選手が「大いにそう思う」、15%の選手が「ややそう思う」と回答しました。サッカー競技では、試合中に水分補給が難しいこと、またフィールドプレーヤーの主たる活動筋が下肢であることから、比較的短い時間で高い熱放散を狙える手掌前腕冷却とアイススラリー摂取の組み合わせによるプレクーリングおよびパークーリングの実施が効果的であると考えられます。

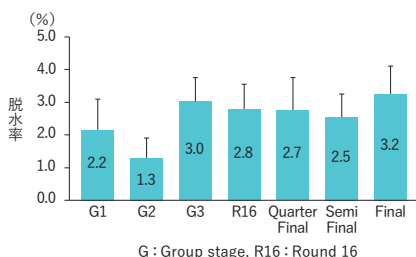


図2-5 各試合における脱水率

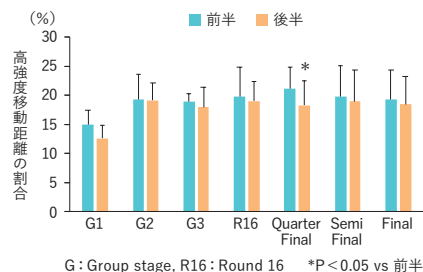


図2-6 各試合における高強度移動距離の割合

試合時の水分摂取量をあらかじめ決めて飲むことで、脱水が抑えられたと感じますか?

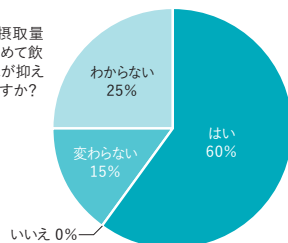


図2-7 脱水抑制効果について

● 競技現場からの声 ●

実際の競技の運動前・運動中において、アイススラリー、アイスベスト、手掌前腕冷却の3種類の身体冷却法を様々な競技で実践した例を紹介してきましたが、選手によって冷却方法が合う、合わないといった個別性があります。実際の競技現場で選手から挙がった声や事例を以下にご紹介します。

Case 1

アイススラリーを飲むとお腹が冷えて、トイレに行きたくなくなるため 摂取したくない (A選手)

A選手の場合、普段から冷たい飲料などを摂取するとトイレに行きたくなくなるという訴えがありましたが、競技が長時間に及ぶ持久性競技であることから、アイススラリー摂取を体重1kgあたり4g摂取するというプレクーリングを実践してもらいました。しかし、図2-8に示すように摂取10分後には0.8℃の深部体温の低下がみられ、その後、胃腸に違和感を訴え、トレーニング開始前にトイレに行くといったことがありました。

A選手のように冷たいものに敏感である場合には、プレクーリングとしては、アイススラリー摂取よりも脱水に見合った適温の水分の摂取と合わせて、手掌前腕冷却やアイスベストの着用といった外部冷却との組み合わせの方が好ましいということが確認できました。

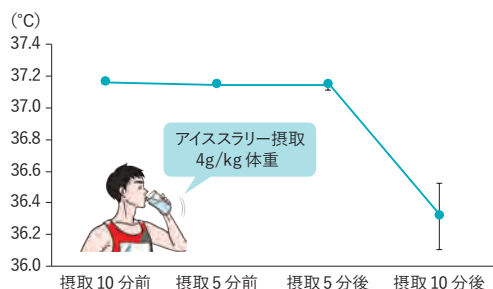


図2-8 アイススラリー摂取による深部体温(胃腸内温度)の低下の例 (A選手)

一方で、競技中において深部体温が高温になった際には、パークーリングとして、少量のアイススラリー摂取、または口に含んで捨てるといった対策がA選手にとっては

効果的である可能性も考えられます。したがって、普段のトレーニング時から自分に合った冷却方法を試し、実際の試合またはレースに向けて準備をしておくことが重要です。

Case 2

アイススラリーを体重あたり7.5g以上摂取した際、 胃腸の膨満感や不快感があった(B選手)

市販のスポーツドリンクを用いてミキサーやスラリーマシンで作製したアイススラリーであれば、ある程度の量を摂取しても胃腸の膨満感や不快感といった違和感を訴えた選手はあまりいません。しかし、市販のアイススラリーなどは通常のスポーツドリンクに比べて糖質や食物繊維が多く含まれていたり、成分が異なる場合があります。その場合はアイススラリーの摂取量をあらかじめ抑え（例えば100～200gまで）、冷たい水の摂取と組み合わせるなど対策を講じることが望ましいと考えられます。

Case 3

身体冷却はアイススラリー摂取だけで十分？

男性エリートビーチバレーの選手を対象に、実際の試合時をシミュレーションし、ブレーキングにおけるアイススラリー摂取の冷却効果について検討しました。

アイススラリー摂取は、ウォーミングアップ時に体重1kgあたり7.5gの量を2回に分けて摂取しました。しかし、深部体温の低下は、アイススラリーを摂取していないコントロールと同程度で（図2-9）、シミュレーションゲームでは深部体温が39.4℃まで上昇することがわかりました（図2-10）。



アイススラリー摂取による深部体温の低下に差が認められなかった原因の一つに、輻射熱が関与している可能性があります。2つの条件でのブレーキングはともに炎天下で実施され、コート周辺に日陰となる場所がありませんでした。さらに、ビーチバレーボール選手のように筋量が多い選手においては、体重1kgあたり7.5gの量を摂取しても深部体温の十分な低下が期待できない可能性もあるため、その他の冷却方法との組み合わせを実施することが望ましいことがわかりました。

ビーチバレーの場合、セット間のクーリングベスト着用または送風も効果的であり、運動パフォーマンスに影響のない範囲での手掌前腕冷却または足部冷却といった身体外部冷却との組み合わせがより効果的かもしれません。

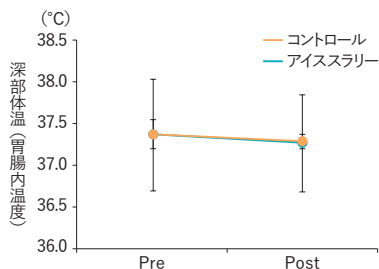


図2-9 男子エリートビーチバレー選手におけるアイススラリー摂取前後の深部体温の変化

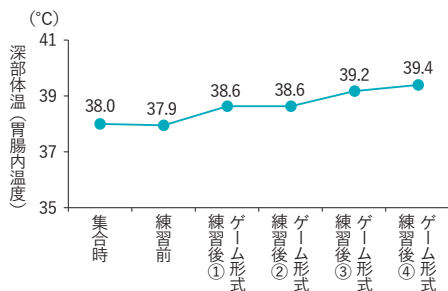


図2-10 練習中における深部体温の変化(C選手)
ゲーム形式の練習を続けることによって深部体温が徐々に上昇することがわかる。



Case 4 屋内競技であるため、身体冷却は必要ない？

屋内競技は空調が効いていること、日光による輻射熱がないことから、過度な深部体温上昇は屋外競技に比べると起こりにくいと考えられます。しかし、一方で空気が冷やされて体積が小さくなくても、空気中の湿気の量は変わらないため湿度は高くなり、屋内競技における熱中症も確認されています。また、脱水は深部体温上昇の要因の一つとなりますので、屋内競技においても冷たい（5℃程度）水やスポーツドリンクを用いた水分補給が必要不可欠です。

一方、特別なウェアを着用する屋内競技においては、過度な深部体温上昇がみられることから注意が必要です。例えば、フェンシングのように防具をつけて行う競技においては、空調の効いた屋内であってもトレーニング中の深部体温が高体温になることがわかっています。

図2-11に、2017年夏季にJISSのフェンシング場において、スパーリング形式のトレーニングを行った際のエリートフェンシング選手の深部体温の変化を示します。ト

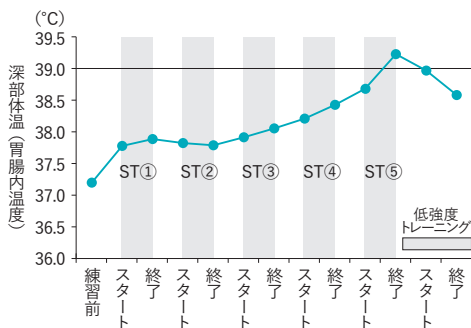


図 2-11 スパーリング形式のトレーニングの継続と深部体温の変化 (D選手)

ST：スパーリング形式のトレーニング、低強度トレーニング；コーチとの基礎トレーニング

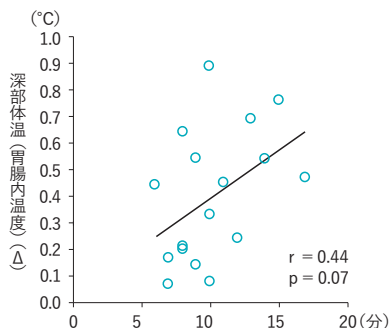


図 2-12 トレーニング時間と深部体温の関係

試合形式の練習時間が長くなると深部体温の上昇が大きくなる傾向がみられる。深部体温の上昇は各試合形式のトレーニング前後から算出。

レーニング前半は深部体温をある一定レベルで維持していますが、トレーニング後半になると深部体温が39℃を超えています。また、試合形式のトレーニングの継続時間が長くなると、深部体温の上昇度も大きくなる傾向が認められました(図2-12)。

この時空調は効いており、気温26～27℃、相対湿度50～57%、WBGT23℃という環境でした。しかしながら、フェンシングのように防具をつける競技では外部への熱放散がうまくできず、深部体温の過度な上昇がみられました。したがって、屋内競技であっても特別なウェアを着用する競技においては身体冷却の実施が必要です。ただし、競技の特性上、アイスベストの着用や手掌前腕冷却などは実施が難しいので、アイススラリー摂取や送風/冷風といった方法の組み合わせが好ましいと考えられます。



写真2-5 セット間のアイススラリー摂取の様子

Case 5 アイススラリーやアイスベストの保冷はどうしてるの？

屋外で炎天下の環境において、アイススラリーやアイスベストの保冷には我々も苦労しています。ミキサーやスラリーマシンで作製したアイススラリーの場合、写真Aのよ

うに魔法瓶を利用して保冷しています。魔法瓶を用いた場合、半日以上はアイスラリーの状態を維持することが可能です。

また、市販のアイスラリーやスポーツドリンク、水、アイスベストの保冷には充電式のポータブルの冷凍庫（写真B）やクーラーボックス（写真C）を使用しています。ただし、チーム競技では大量のアイスラリーや氷、アイスベストが必要になることもあるため、ロッカールームやクラブハウスが競技場近くにある場合には大型冷凍庫が確保できると良いでしょう。

競技時間が1時間を超える場合には、クーラーボックスではアイスラリーの冷凍状態を維持できないこともあります。そういった場合には、ドライアイスを用いて保冷することで、比較的長い時間冷凍状態を維持することが可能です（写真D）。



A 魔法瓶



B ポータブル冷凍庫



C クーラーボックス



D ドライアイス

（ドライアイスを下に敷きアイスベストを保冷）

身体冷却方法は、普段のトレーニング時に選手個々にあった方法を事前に試しておく必要があります。実践例や競技現場での選手の声にもあるように、選手個々によって、それぞれの冷却方法に合う、合わないがあります。身体内部冷却または外部冷却といった冷却方法は、単独あるいはそれぞれを組み合わせることで実施し、個別化して実際の試合またはレースに向けて準備しておくのが良いでしょう。

研究紹介

アイススラリー摂取は、身体内部の深部体温だけでなく脳温の過度な上昇抑制にも効果があることが確認されています。

8名の男性を対象に、アイススラリー(ICE)体重1kgあたり7.5gと常温のスポーツドリンク(CON: 37°C)をそれぞれ飲用し、飲用前後に脳の温度がどのように変わるかを調べました。

脳の温度は、磁気共鳴画像(MRI)装置を用いたプロトン磁気共鳴分光法(^1H MRS)という方法を用い、認知機能に関連するとされている前頭前皮質の温度を測定しました(図2-13)。

その結果、アイススラリーを摂取すると、常温のスポーツドリンク摂取に比べて深部体温だけでなく(図2-14)脳温も低下することがわかりました(図2-15)。

暑熱環境下においては、身体機能の他に注意力や集中力といった状況判断能力の低下もみられ、運動によって引き起こされる過度な深部体温上昇が認知機能を低下させる要因になることがわかっています。したがって、アイススラリー摂取は深部体温に対してのみ効果があるだけでなく、認知機能の低下の抑制にも関与するかもしれません。

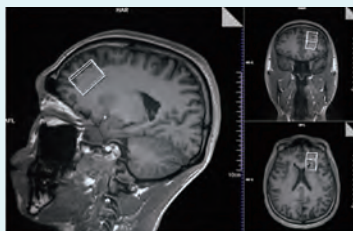


図2-13 前頭皮質を対象としたプロトン磁気共鳴分光法の測定画像

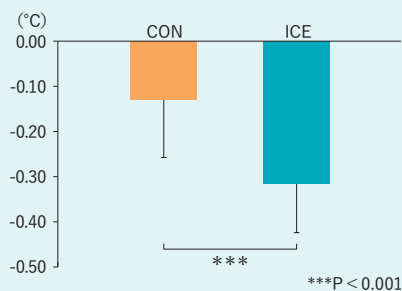


図2-14 直腸温の変化

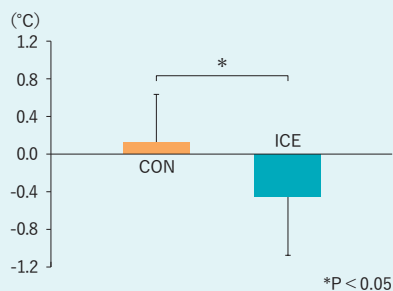


図2-15 脳温の変化

Onitsuka et al., 2018

3章 パラアスリートへの身体冷却法の応用

東京2020パラリンピック競技会は8月から9月にかけて開催されるため、猛暑の中でパフォーマンスを発揮する必要があります。暑熱環境下での熱放散のメカニズムは暑熱対策ガイドブック2017の2章に示した通りですが、障害によっては体温調節を維持することが困難な場合があります。脳の視床下部は体温調節中枢と考えられており、脳性麻痺や脊髄損傷などによって熱放散の主な機能である血管拡張や発汗が低下し、深部体温が上昇します。それぞれの体温調節機能を判断し、暑熱対策をとることが重要です。

障害の種類と体温調節

1. 四肢欠損と体温

四肢欠損の大きさに伴い体温調節の熱放散機能の役割を持つ体表面積が減少することから、環境温への適応が健常者と比べるとやや低下します。欠損部では発汗がないため、呼気からの水分喪失や残存部位からの発汗の増加によって熱放散を促進させます（代償性作用）。しかし、運動時の深部体温と平均皮膚温は健常者よりも高くなる一方で（図3-1）、主観的な温度感覚が低くなることが確認されており、暑熱障害のリスクが非常に高く危険です。また、全身発汗量が健常者より多いことから、脱水を防止するために適度な糖質と電解質を含んだ水分摂取が必要です（暑熱対策ガイドブック2017 第5章）。

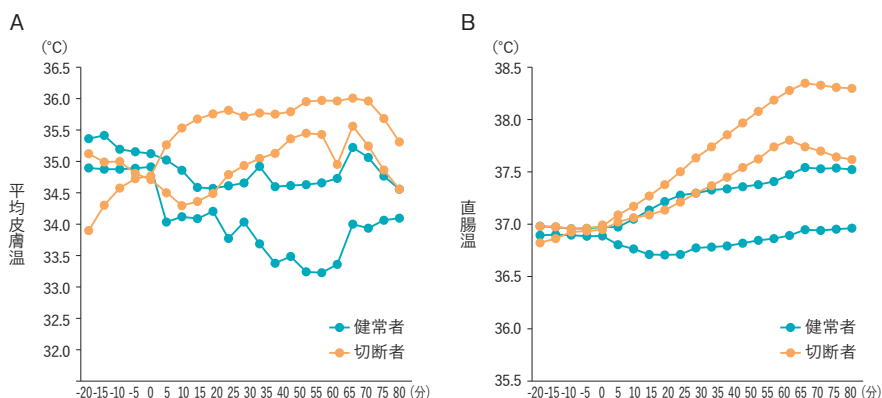


図3-1 平均皮膚温の変化(A)、直腸温の変化(B)

切断部位は大腿切断および下腿切断。室温32°C、相対湿度50%の暑熱環境で、20分間の座位安静後、車いす駆動装置を用いて50% Watt maxの運動負荷で60分間の運動を実施した。（三上ら, 2017）

2. 脊髄損傷と体温

脊髄神経は脊髄から発する末梢神経で、頸神経（C1～C8）8対、胸神経（T1～T12）12対、腰神経（L1～L5）5対、仙骨神経（S1～S5）5対、尾骨神経（Coc）1対の計31対からなります。損傷部位以下に運動麻痺や感覚麻痺、自律神経障害を呈します。体温調節機能は損傷レベルによって異なり、T1～L3に交感神経活性が起こるため、熱放散に必要な血管拡張と発汗作用に影響を及ぼします。L2以下の損傷では発汗は可能ですが、T3～L2の損傷では発汗部位が限定されます。T5以上の損傷では、自律神経障害が現れることから発汗機能が損なわれるため、T6以下の損傷者よりも体温上昇が顕著にみられます。また、血管拡張による熱放散は、T11/12以下の損傷者ではみられますが、それより高位損傷の場合はみられず、深部体温、皮膚温ともに高くなります（図3-2、3-3）。しかし、脊髄損傷による脊髄節と交感神経節の機能障害レベルは必ずしも一致しないことから、選手自身やスタッフが個々の選手の体温調節を評価し、対策を講じる必要があります。

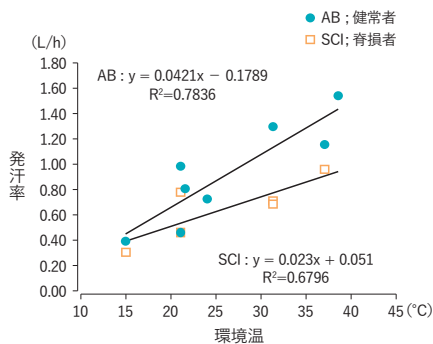


図3-2 環境温と発汗率の関連

環境温を変化させ、50～60% $\dot{V}O_2$ peak 強度のハンドエルゴメーター運動を60～90分実施した。脊損者の発汗率は健康者に比して低い。(Price et al., 2006)

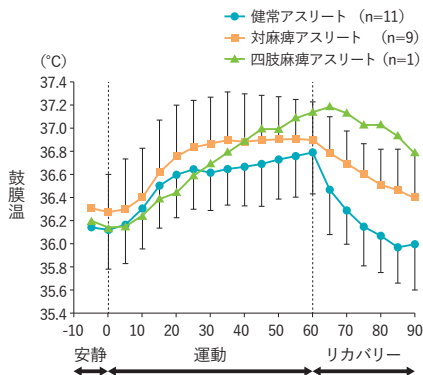


図3-3 運動時の鼓膜温の変化

室温21℃で60% $\dot{V}O_2$ peak 強度のハンドエルゴメーター運動を60分実施させた。麻痺部が大きいほど、体温上昇が著しい。(Price et al., 1999)

暑熱順化

環境や運動によって生じる暑熱ストレスが繰り返されることによって起こる、生体負担度が軽減する適応現象を暑熱順化といいます（暑熱対策ガイドブック2017 3章）。

四肢欠損の場合、健常部位での暑熱順化が期待できます。また、脊髄損傷者においては、完全麻痺部位では熱放散反応は著しく低下していますが、健常域では健常者とほぼ同等の熱放散反応が認められています。したがって、早い段階から暑熱順化を進めることで熱中症予防に貢献することが考えられます。

損傷レベルがC6～T12のアスリートが、人工気象室内（室温：33.4～35.0℃、湿度：40～65％）でハンドエルゴメーター運動と競技の練習を7日間継続すると、人工気象室滞在時の鼓膜温の低下と運動後の素早い鼓膜温低下が報告されています（図3-4、3-5）。これは、脊髄損傷者においても暑熱順化が進み、熱放散機能が亢進していることを意味します。

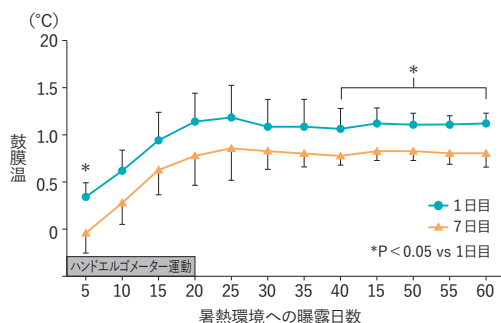


図3-4 暑熱環境曝露と1日目と7日目の比較

室温34.5℃で50% $\dot{V}O_2$ peakで運動を7日間継続させた。暑熱順化が進み、暑熱環境滞在時の鼓膜温が低値を示した。(Castle et al., 2013)

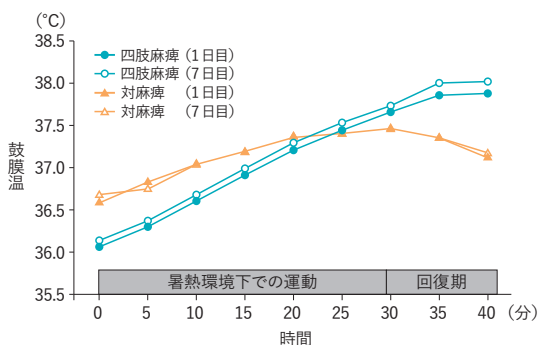


図3-5 暑熱順化による鼓膜温の変化

室温35℃で50% $\dot{V}O_2$ peak強度のハンドエルゴメーター運動を7日間実施させた。麻痺部の大きさにかかわらず、暑熱順化は起こる。(Trbovich et al., 2016)

暑熱対策

基本的な暑熱対策はこれまで紹介してきた健常者に対する体外、体内冷却方法と大きく変わりません（表3-1）。これまで健常者トップアスリートを対象とした冷水摂取またはアイススラリー摂取の効果（第2章を参照）を検証した研究は数多く存在しますが、パラアスリートを対象にしたものはわずかしかありません。しかしながら、冷たい飲料水やアイススラリーの摂取は、パラアスリートでも同様の効果を得られることが期待できます。

浸水（全身、足部、手掌）による体外冷却は、練習時には用いられますが、試合の時には困難な方法です。アイスベストも有効ですが、各競技の規則を確認し、適切な暑熱対策を講じることが必要です。

表3-1 パラアスリートへの身体冷却とその効果

種類	対象者	環境条件	パフォーマンス	深部体温	文献
足部浸水	SCI	32℃	66% $\dot{V}O_2$ peak 強度で45分間のアームクランキング運動	↓	Hagobian et al., 2003
手掌部冷却	SCI 切断	31℃	車いすエルゴメーターを使用した60分間のインターバル運動	↓	Goosey-Tolfrey et al., 2008
水噴霧	SCI	22℃	7分間のアームクランキング運動	気温が低いと効果なし	Pritchett et al., 2010
アイスベスト着用	SCI	32℃	20分間のアームクランキング運動	↓	Webborn et al., 2005
アイスベスト着用	SCI	30.4℃	60分間の車いすラグビー	↓	Diaper and Goosey-Tolfrey, 2008
冷水摂取	SCI	33℃	30分間のアームクランキング運動	↓	Yamasaki et al. 2003

SCI：脊椎損傷者

体温調節が困難となっているパラアスリートの足部冷却は体温上昇を抑制する。運動時に施行することは困難であるが、下肢の発汗や血管拡張が制限されている場合は、練習時や練習後の身体冷却には十分な効果を有する。気温が低かったり、湿度が非常に高い環境では、水噴霧による熱放散は効果が薄い。（Hagobian et al., 2004, Pritchett et al., 2010）

しかしながら、頸損や脳性麻痺など麻痺部が大きい場合は、運動前に全身の体温を下げすぎると運動時の体温が上がり、十分な運動パフォーマンスを発揮することができなくなる可能性があります。これは全身の筋量が少ないことが影響しています。特に、手先の巧緻性を要する競技においては、控え室などの冷やしすぎには注意が必要です。

4章 睡眠時の暑熱対策

日本の夏のように高温多湿な環境では寝つきが悪くなり、中途覚醒（睡眠の途中で目が覚める）が多くなったりします。このような睡眠の質の低下は、睡眠前半にうまく深部体温が下がらないことと関係しています。

快適な環境で眠る場合、睡眠中の深部体温は睡眠開始から3～4時間かけて低下し、最も低くなった後、起床に向けて少しずつ上昇します（図4-1）。しかし、高温多湿の環境では皮膚温と環境温の差が小さく熱が体外へ逃げにくいので、就寝前から睡眠中にかけての深部体温の低下がスムーズにいかず（図4-2）、うまく寝つけなかったり、中途覚醒が多くなったりするのです。

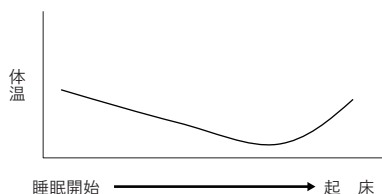


図4-1 快適な環境で眠れているときの
深部体温の変化

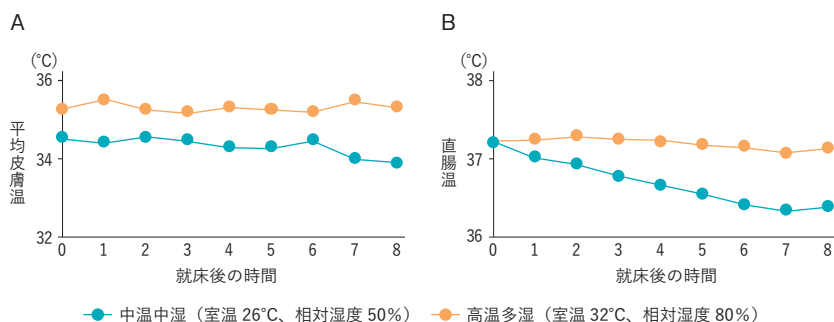


図4-2 高温多湿と中温中湿の環境における睡眠中の体温の推移

中温中湿（室温 26℃・相対湿度 50%：青）に比して、高温多湿（室温 32℃・相対湿度 80%：黄）の環境では、平均皮膚温（A）と直腸温（B）は有意に高い

快適に眠れる環境温と湿度

快適に眠れる環境温は夏では25～28℃、冬では15～18℃、湿度は40～60%といわれています。同じ温度であっても、湿度が高いと汗が蒸発しにくく、気化熱で体温を下

げることがうまくいかないので、眠りが妨げられやすくなります。したがって、高温多湿環境での睡眠の質を高めるには、温度だけでなく湿度にも配慮できると良いでしょう。

質の良い睡眠をとり、翌朝すっきりと目覚めるためには、

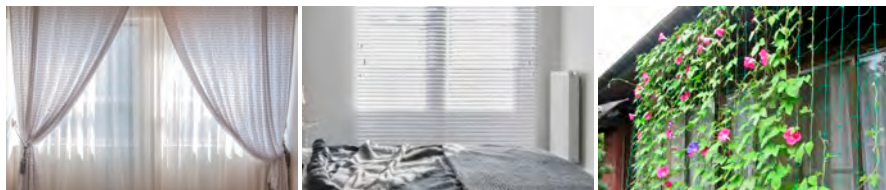
- ①就寝前、手や足の皮膚血流からの放熱で、深部体温が低下しはじめること
 - ②睡眠前半に、深部体温が円滑に低下すること
 - ③明け方、起床に向けて深部体温が上昇すること
- という一連の過程がうまくいくことが重要です。

【気持ち良く眠りにつくために】

スムーズに眠りにつけるように、部屋の温度を下げたり、深部体温を下げる手助けをする方法をいくつか紹介します。

①昼間の遮光・遮熱

レースのカーテン、ブラインド、簾がある場合は、昼間に活用すると良いでしょう。



②入浴

炎天下で長時間運動した後など、身体が火照って眠れそうにない時は、入浴の温度を低めにし、身体から熱を逃がすと良いでしょう。

◆冷房を使う場合

①眠る2時間ほど前から冷房をつけておきましょう

日中、寝室の壁や家具もあたためられています。冷房をつけると部屋の空気はすぐに冷えますが、壁や家具はすぐには冷えないので、冷房が止まった途端、寝室の壁や家具からの輻射熱で室内の空気が再度あたためられてしまいます。それを防ぐには、眠る前から冷房をつけて寝室内の壁や家具も冷やしておきます。

②冷房をつけておく際、ベッドカバーや掛布団をはずしておきましょう

敷布団（からだに触れる面）を冷やしておきましょう。

③除湿

冷房の除湿機能や専用の除湿機を使って湿度を下げましょう。汗が蒸発しやすく快

眠につながります。また、冷房の効き具合が良くなります。

④気流

扇風機やサーキュレーターがある場合は、併用すると効率良く部屋を冷やすことができます。

【朝、気持ち良く起きるために】

①タイマーを使って睡眠中に冷房を切りましょう

就寝から起床まで冷房を使い続ける時、特に温度を低めに設定した場合には、睡眠前半では冷房が体温の低下を手助けして良く眠れますが、睡眠後半になると、起床にむけて体温が上がるのを妨げてしまうのですっきりと起きられず、“身体がだるい”と感じやすくなります。このような場合には、睡眠開始から3～4時間程度で停止するように冷房のタイマーをセットすると良いでしょう。タイマーが切れると部屋の温度は少しずつ上がり始めるため、セットする時間が短すぎると、また暑くなって目が覚めてしまうことがあります。暑い日にタイマーをセットする場合は、睡眠時間の半分くらいがおすすめです。8時間睡眠の前半4時間に冷房を使った場合の睡眠の質は、冷房を使わなかったときよりも良く、一晩中快適な温度であった場合と統計的には差がないことがわかっています（図4-3）。一晩中冷房を使いたいけれど朝のだるさが気になる場合には、少し設定温度を上げると良いでしょう。

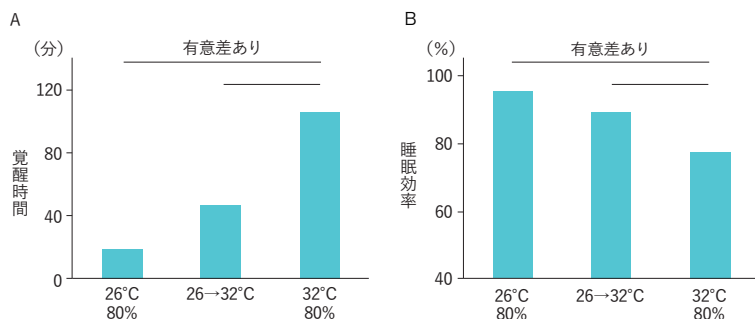


図4-3 睡眠中の室温の差と中途覚醒時間と睡眠効率

睡眠中ずっと室温26°C湿度60%であった場合、前半4時間が26°C・後半4時間が32°Cであった場合、睡眠中ずっと室温32°C湿度80%であった場合の中途覚醒時間と睡眠効率

②冷気を直接身体にあてないようにしましょう

睡眠中、冷気が直接身体にあたり続けると、身体を冷しすぎ、明け方の体温上昇が充分でなくなってしまう。冷房機の真下にベッド・布団を配置しないなどの工夫をしましょう。

◆冷房を使わない場合

室内に気流があると涼しく感じることができます。また、気流がない場合よりも睡眠開始時の深部体温の低下が大きくなり(図4-4)、寝つきやすくなります。

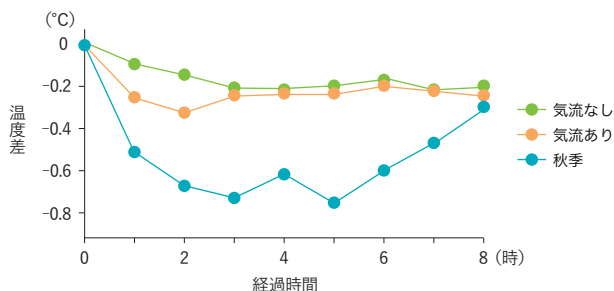


図4-4 夏季で気流があった場合、気流がなかった場合、秋季の睡眠中の深部体温の変化

①窓

窓を開ける時は、風が入る窓と出る窓の2つ、風が通り抜けやすいよう開ける窓の配置を選びましょう。可能なら、風通しの良い場所にベッド・布団を置くと良いでしょう。

②気流

扇風機や風力の強いサーキュレーターを用いて、室内に気流をつくると良いでしょう。

③冷却グッズの利用

氷枕、ジェルシートなどを利用し、身体を冷やすという方法もあります。氷枕はそのままだと冷たすぎて、かえって眠れなくなってしまうことがあるので、薄手のタオルを一枚かけて調節すると良いでしょう。ジェルシートは、冷蔵庫で長時間冷やしたものを使用すると良いでしょう。



◆寝具

寝具内の温度・湿度は、寝返りをうつ際に調節されます。寝返りが打ちにくいと寝具内の熱や湿気が外へ逃げにくく、睡眠が妨げられやすくなります。

①掛け寝具：軽く、放湿性の良いものを選びましょう。

②敷き寝具：柔らかすぎる寝具は避けましょう。

身体が沈み込むほどに柔らかすぎる敷き寝具は、寝返りが打ちにくい上、身体との接触面積が大きく、熱や湿気が寝具内にこもりやすくなります。避けるほうが良いでしょう。

◆衣服

ゆったりとしたサイズで袖口が広いものが、熱を逃がしやすく、良いでしょう。

【参考文献】

1章 運動前・運動中の身体冷却法

- ・ Takeshima et al., Effect of the timing of ice slurry ingestion for precooling on endurance exercise capacity in a warm environment. *J Therm Biol*, 65: 26-31, 2017.
- ・ Naito et al., Ice slurry ingestion during break times attenuates the increase of core temperature in a simulation of physical demand of match-play tennis in the heat. *Temperature*, 5(4): 371-379, 2018.
- ・ Katica et al., Impact of upper body precooling during warm-up on subsequent time trial paced cycling in the heat. *J Sci Med Sport*, 21(6): 621-625, 2018.
- ・ Chaen et al., Wearing a cooling vest during half-time improves intermittent exercise in the heat. *Pront Physiol*, 10: 711, 2019.
- ・ Taylor et al., Limiting the rise in core temperature during a rugby sevens warm-up with an ice vest. *Int J Sports Physiol Perform*, In press, 2019.
- ・ Khomenok et al., Hand immersion in cold water alleviating physiological strain and increasing tolerance to uncompensable heat stress. *Eur J Appl Physiol*, 104: 303-309, 2008.

2章 身体冷却の実践編 ～各競技への応用～

- ・ Gibson et al., Heat alleration strategies for athletic performance: A review and practitioner guidelines. *Temperature*, 2019. DOI: 10. 1080/23328940. 2019. 1666624.
- ・ 中村他, 競技者のための暑熱対策ガイドブック, 独立行政法人日本スポーツ科学センター・国立スポーツ科学センター, 2017.
- ・ 中村他, エリート女子セーリング選手における試合間の冷却戦略が生理的主観的指標に与える影響. *JHPS*, 4: 145-153, 2019.
- ・ Siegel et al., Ice slurry ingestion increases core temperature capacity and running time in the heat. *Med Sci Sports Exerc*, 42(4): 717-725, 2010.
- ・ Yasumatsu et al., Effects of the Olympic match schedule on football performance, dehydration level and muscle glycogen in hot environments. *WORLD CONFERENCE ON SCIENCE & SOCCER - WCSS RENNES*, 2017.
- ・ Mohr et al., Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: A multi-experimental approach. *Scand J Med Sci Sports*, 20(Suppl 3): 125-132, 2010.
- ・ Özgünen et al., Effect of hot environmental conditions on physical activity patterns and temperature response of football players. *Scand J Med Sci Sports*, 20 (Suppl 3): 140-147, 2010.
- ・ Onitsuka et al., Ice slurry ingestion reduces human brain temperature measured using non-invasive magnetic resonance spectroscopy, *Sci Rep*, 8(1): 2757, 2018.
- ・ Siegel et al., Pre-cooling with ice slurry ingestion leads to similar run times to exhaustion in the heat as cold water immersion. *J Sports Sci*, 30(2): 155-165, 2012.

3章 パラアスリートへの身体冷却法の応用

- ・ 福原他, 下肢切断アスリートの夏季活動現場における体温変化の実態調査と身体冷却の有効性. *デサントスポーツ科学*, 39: 20-27, 2018.
- ・ 三上他, 暑熱環境下の下肢切断者車いす走行時の体温調節機構 ～体温管理システム構築のために～. 広島大学研究レポート, 2017.
- ・ Price, Thermoregulation during exercise in individuals with spinal cord injuries. *Sports Med*, 36 (10): 863-879, 2006.
- ・ Price et al., Thermoregulatory responses of spinal cord injured and able-bodied athletes to prolonged upper body exercise and recovery. *Spinal Cord*, 37: 772-779, 1999.

- ・ Castle et al., Partial heat acclimation of athletes with spinal cord lesion. *Eur J Appl Physiol*, 113: 109-115, 2013.
- ・ Trbovich et al., The effects of a heat acclimation protocol in persons with spinal cord injury. *J Therm Biol*, 62: 56-62, 2016.
- ・ Hagobian et al., Foot cooling reduces exercise-induced hyperthermia in men with spinal cord injury. *Med Sci Sports Exerc*, 36: 411-417, 2003.
- ・ Goosey-Tolfrey et al., The effectiveness of hand cooling at reducing exercise-induced hyperthermia and improving distance-race performance in wheelchair and able-bodied athletes. *J Appl Physiol*, 105: 37-43, 2008a.
- ・ Pritchett et al., Evaluation of artificial sweat in athletes with spinal cord injuries. *Eur J Appl Physiol*, 109: 125-131, 2010.
- ・ Webborn et al., Effects of two cooling strategies on thermoregulatory responses of tetraplegic athletes during repeated intermittent exercise in the heat. *J Appl Physiol*, 98: 2101-2107, 2005.
- ・ Goosey-Tolfrey et al., Fluid intake during wheelchair exercise in the heat: effects of localized cooling garments. *Int J Sports Physiol Perform*, 3: 145-156, 2008b.
- ・ 山崎他, 脊損者にとっての効果的な運動時身体冷却法に関する研究. *デサントスポーツ科学*, 24: 44-52, 2003.
- ・ 内藤他, 脊髄損傷者の体温上昇抑制に有効な身体冷却法の検討. *体育学研究*, 63: 1-11, 2018.

4章 睡眠時の暑熱対策

- ・ 都築. 高温多湿環境での快適睡眠の構築法. 早石修監修, 井上昌次郎編著, *快眠の科学*, 朝倉書店, p67-69, 2002.
- ・ 水野. 快適な睡眠確保のための寝室環境の整備法. 堀忠雄・白川修一郎・福田一彦監修, 日本睡眠改善協議会編, *応用講座 睡眠改善学*, ゆまに書房, p66-74, 2013.
- ・ 梁瀬. 温熱環境. 鳥居鎮夫編, *睡眠環境学*, 第III編 生活環境の改善, 9章 寝室の環境づくり. 朝倉書院, p152-157, 1999.

『競技者のための暑熱対策ガイドブック(2017年JISS発行)』はこちら

⇒ <https://www.jpnsport.go.jp/jiss/Portals/0/jigyoku/pdf/shonetsu.pdf>



【執筆者一覧】

中村 真理子	ハイパフォーマンススポーツセンター 国立スポーツ科学センター 研究員	(2章)
内藤 貴司	ハイパフォーマンススポーツセンター 国立スポーツ科学センター 研究員	(1、2章)
星川 雅子	ハイパフォーマンススポーツセンター 国立スポーツ科学センター 前任研究員	(4章)
中村 大輔	立教大学 特任准教授、株式会社ウェザーニューズ	(2章)
林 聡太郎	福山市立大学 都市経営学部 准教授	(3章)

【協力者一覧】

赤澤 暢彦、安藤 加里菜、池田 達昭、枝 伸彦、竹村 藍、原村 未来

ハイパフォーマンススポーツセンター 国立スポーツ科学センター 研究員

高橋 あかり、村石 光二

ハイパフォーマンススポーツセンター 国立スポーツ科学センター ハイパフォーマンスサポート事業スタッフ

石井 泰光

京都先端科学大学 健康医療学部 准教授

【協力競技団体】

日本自転車競技連盟

日本テニス協会

日本セーリング連盟

日本サッカー協会

日本ビーチバレーボール連盟

日本フェンシング協会

【編集】

国立スポーツ科学センター 東京特別プロジェクト研究 プロジェクトメンバー

【監修】

高橋 英幸 ハイパフォーマンススポーツセンター 国立スポーツ科学センター スポーツ研究部長

長谷川 博 広島大学 大学院総合科学研究科 教授

安松 幹展 立教大学 コミュニティ福祉学部 教授

競技者のための暑熱対策ガイドブック【実践編】

第1版発行：2020年3月13日

発 行：独立行政法人日本スポーツ振興センター ハイパフォーマンススポーツセンター
国立スポーツ科学センター（JISS）

〒115-0056 東京都北区西が丘3丁目15番1号

制 作：株式会社デュナミス

〒113-0033 東京都文京区本郷3-38-14 NEOSビル6階

※本冊子の内容の一部あるいは全部を無断で複写複製（コピー）することは、法律で認められた場合を除き、権利侵害となるため著作権者の許諾が必要です。



競技者のための **暑熱対策** ガイドブック

【実践編】