

解説

暑いとき、無理な運動は事故のもと

体温調節の基礎知識

■ 体温

身体の温度は部位によって異なり、身体内部(核心部)の温度は高く、表面(外殻部)は低くなっています(図3)。一般に体温と呼んだ場合は、核心部の温度を指します。通常、体温として舌下温や腋下温を測りますが、より正確な体温を測るには食道温や直腸温を用います。一方、温度の変化しやすい外殻部の温度としては皮膚温を測ります。

体温が異常に上昇したり低下したりして体温調節機能が著しく障害を受けると、循環器系や中枢神経系に機能不全が起こり、生命を脅かすことにもなります。したがって、ヒトなど哺乳動物がいとなむ体温調節の目的は、核心部の体温を一定の範囲に保つことなのです。

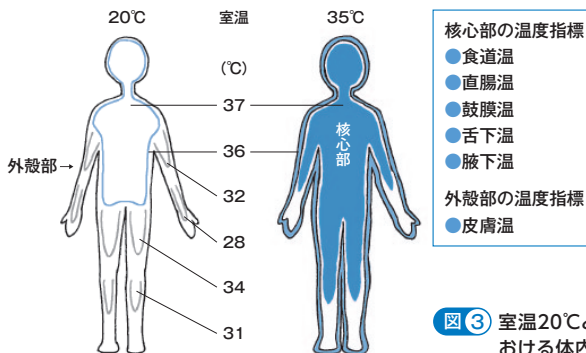


図3 室温20℃と35℃における体内温度

■ 体温調節のしくみ

人の体温は、脳に組み込まれたサーモスタットの働きによって、ほぼ 37°C になるように調節されています。これは、代謝によって発生する熱と体から逃げていく熱とがうまくバランスをとっているからです(図4)。

おもな熱産生として、基礎代謝、身体活動に伴う熱産生、ホルモンの影響などがあげられます。安静時の熱は、肝臓、脳、腎臓などの内臓で発生しますが、スポーツ活動時には筋で大量の熱が発生するため、体温が上昇します。

一方、身体各部位の熱は血液の循環によって体表に運ばれ、輻射、伝導、対流などによって体外に放散されます。さらに全身の皮膚に分布する汗腺から汗が分泌され、汗の蒸発による熱放散も起こります。熱産生と熱放散のバランスが崩れ熱産生量が熱放散量を上回った場合には、熱が体に蓄積され体温が上昇、逆の場合には体温が低下します。



図4 熱産生と熱放散のバランス

■ 運動時の体温上昇

身体運動を行うと、筋収縮に伴う熱産生量は安静時の10～15倍にも増え、体温が上昇します。筋のエネルギー効率を約20%と考えると、運動に伴う代謝エネルギーの約80%が熱に変換されることとなります。体重60kgの人が中程度の運動をした場合、全く熱放散できなければ、体温は30分後には40℃にまで達してしまい、運動を続けられなくなります。しかし実際には、30分間でせいぜい1℃程度の体温上昇にとどまります。皮膚血流の増加や汗の蒸発など強力な体温調節の働きによって多量の熱を放散できるからです。

図5は屋外でランニングを行っているときの体温調節の様相を表したものです。熱放散経路は大きく2つに分けられ、皮膚表面から輻射、伝導、対流によって放熱される非蒸発性熱放散と、皮膚表面から汗が蒸発することによる蒸発性熱放散とがあります。

非蒸発性熱放散は、皮膚と周りの空気との温度差が大きいほど皮膚表面から空気へ捨てる熱量が大きくなり、反対に空気の温度が皮膚の温度より高いとき（外気温がおよそ35℃を超えるときや輻射熱の多いとき）には、熱が体に流れ込み体温が上昇します。

一方、汗は皮膚表面から蒸発するとき、気化熱を奪って体温を低下させます（蒸発性熱放散）。汗の蒸発による熱放散は気温が高くても影響は受けませんが、湿度が高いと汗の蒸発が制限され、熱放散の効率が低下します。

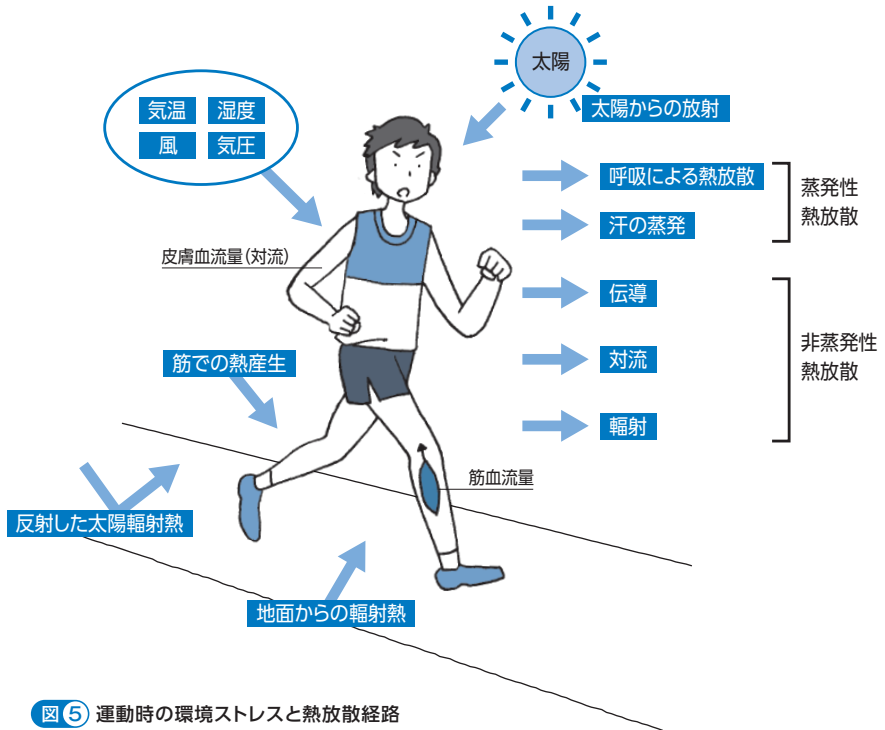


図5 運動時の環境ストレスと熱放散経路

- 熱産生量 = 熱放散量 ± 蓄熱量
- 熱放散量 = 蒸発性熱放散量 ± 非蒸発性熱放散量
- 熱の収支に関係する環境因子は、気温、湿度、輻射熱、気流である。
WBGTは、乾球温度(気温)、湿球温度(湿度)、黒球温度(輻射熱)から計算するが、湿球温度と黒球温度には気流の影響も含まれるため、WBGTは4要因すべてを反映する。

■ 運動の強度と体温

熱産生量は運動強度に比例して大きくなり、体温も運動強度に比例して上昇します。しかし、熱放散のための機構（蒸発性および非蒸発性熱放散機構）がうまく働いている限り、体温は一定の範囲内に維持され、生命に危険なほどには上昇しません。熱放散は気温、湿度、風の強さ、および輻射熱の影響を受けますが、特に気温や湿度、輻射熱が高い環境下で強い運動を行えば、熱産生量に見合った熱放散ができず、体温が過度に上昇します。したがって環境温度が高いときには、まずは運動強度を下げなければなりません。

運動すると、体は血液配分をめぐる2つの問題を抱えることとなります。すなわち、運動を続けるための筋肉組織への血液確保と、熱放散のための皮膚への血液確保です。つまり、運動のための筋血流と体温調節のための皮膚血流との間で血液の奪い合いが起こるのです。しかし、皮膚への血液が増加すると、多くの血液が皮膚にたまってしまい、心臓へ戻る血液の量が減少することになります。そこで、内臓の血管を収縮させて内臓への血液を減らし、なんとか心臓への血液の戻りが減少しないように調節しているのです。

ところが、運動強度が強すぎたり環境温度が高すぎたりすると、この調節がうまくできなくなります。その結果、循環器系や中枢神経系の機能不全が起こり、生命を脅かすことさえあります。環境条件を考慮して運動の強さを設定することが大切なのは、このためです。「熱中症予防運動指針」(15ページ)には環境温度に応じた運動強度の設定のしかたが具体的に示されていますので、このことを十分に理解してください。

子どもの体温調節

熱放散量は身体サイズに影響されます。立方体の物理特性として、体積(サイズ)が小さくなるにつれ表面積は相対的に大きくなっていきます。したがって、子どもの体表面積は体重比にすれば大人より広くなります。産熱量は体重に比例するので、子どもは熱発生量に比し相対的に広い放熱面積を持つこととなります。つまり、子どもの体は物理的に熱しやすく冷めやすい特性を持っているのです。

一方、子どもの発汗機能は未発達で、大人より発汗量が少なく、その差は多くの汗を必要とする条件ほど顕著になります。子どもは発汗能力で劣る分、頭部や躯幹部の皮膚血流量を大人より増加させて熱放散を促進する特性を持っています。

子どもは汗っかきではない

環境温<皮膚温……深部体温=
環境温>皮膚温……深部体温↑

体表面積/体重
子ども>成人



子どもの熱放散特性の模式図
(井上,2010)

ただし、子どもの広い体表面積が有利なのは、環境温が皮膚温より低く非蒸発性熱放散によって環境が体表の熱を奪ってくれる場合に限られます。環境温が皮膚温より高く、輻射熱の大きな条件(夏季の炎天下)になると、熱は逆に体に入ってくるようになり、子どもの広い体表面積はかえって不利になります。またこのような環境条件では汗が唯一の熱放散手段になるので、子どもの未発達な発汗機能が深部体温をさらに上昇させます。

子どもは決して「汗っかき」ではありません。真っ赤な顔をして汗っかきに見える場合でも、それは熱ストレスが大きくなっているからなのです。思春期前の子どもにとって、WBGT 31℃以上、すなわち「熱中症予防運動指針」において「運動は原則中止」に相当する高温環境では、大人以上に過酷な熱ストレスになり、特に持久的運動には不向きです。したがって、子どものスポーツ活動では、環境条件が「運動は原則中止」になっていないかどうか特に注意する必要があります。

PICK UP

身体冷却

スポーツの成績は体温上昇に強く影響されます。暑い環境下でも体温の過度な上昇を抑えることで熱中症の予防、持久性運動能力や認知機能低下の抑制、多量の発汗による脱水予防などができます。したがって、暑熱下のスポーツ活動時には積極的に身体冷却を実施することが重要です。実際に身体冷却を実施するには、①冷却方法、②タイミング、③冷却時間を考慮して行うとよいでしょう。これら3つの変数の組み合わせによって、得られる効果が異なります。

冷却方法

×

タイミング

×

冷却時間

冷却方法は大きく2つに分けることができます。バスタブなどを用いた冷水浴(アイスバス)やアイスパック、送風などを用いて皮膚などの身体の外部から冷却する身体外部冷却と、冷たい飲料などを摂取し身体の内部から冷却する身体内部冷却とがあります。外部冷却は伝導や対流による非蒸発性熱放散と発汗による蒸発性の熱放散のしくみを利用して身体を冷却するものです(21ページ参照)。一方、内部冷却は皮膚や筋肉の温度を大きく低下させることなく身体の内部(核心部)を冷却できることが特徴です。最近は氷と飲料水が混合したシャーベット状の飲料物であるアイススラリーの摂取が注目されています。スポーツ飲料でアイススラリーを作ると、身体冷却に加え、水分、電解質、糖質も同時に補給できるので効果的な方法といえます。

冷却のタイミングは、運動前(プレクーリング)、運動中、ハーフタイムなどの休憩時、運動後のリカバリーに大別できます。プレクーリングはあらかじめ運動前に体温を低下させておけば、運動中の体温の許容量(貯熱量)を大きくでき、運動時間を延ばそうとするものです。運動中や休憩時の冷却は、体温や筋温の過度な上昇を防ぎ、疲労感や暑さなどの主観的な感覚を和らげます。また運動後の冷却は、上昇した体温や筋温による疲労の軽減、筋損傷や炎症反応を抑えることができます。いつまでも体温上昇が続くと余分なエネルギーを消費してしまうため、運動後に身体を冷却することで、リカバリー効率の向上につながります。

冷却時間では、体温や筋温を適切な状態に保つために、選択した冷却方法とタイミングにより冷却時間を調整することが重要です。例えばサッカーのハーフタイム時にアイスパックを用いて筋温を過度に低下させるとその後の運動能力に悪影響を及ぼす場合があるので、冷却の

温度や時間に気をつける必要があります。

スポーツ活動時における実践的な身体冷却方法とその特徴を表にまとめました。それぞれの冷却方法の目的や冷却効率を理解したうえで実施することが重要です。また身体冷却は競技特性を考慮して実施すべきであり、スポーツ現場ではそれらの実用性や簡便性が重要になってきます。実際の暑熱下のスポーツ活動時では、イラストのように身体内部(アイススラリーの摂取)と外部からの冷却(頸部冷却、クーリングベストの着用、手掌冷却)を組み合わせることが重要です。実践的な暑さ対策は夏季におけるトレーニング効率を向上させるため、熱中症予防や運動能力の向上につながります。



冷却方法	冷却効率		実用性				簡便性	運動能力	備考	
	核心	皮膚	運動前	運動中	休憩時	運動後				
外部冷却	アイスバス	◎	◎	○	—	△	◎	△	○	冷却直後のスプリント運動や筋発揮に負の影響あり
	アイスパック	△	◎	△	△	◎	◎	◎	△	冷却効率はアイスバスの1/10程度
	クーリングベスト	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	運動中着用できるが、重量が気になる場合がある
	送風	△	○	△	—	◎	○	○	△	霧吹き/水噴射との組み合わせ可能、屋外でも使用可能
	頸部・頸部冷却	△	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	運動中使用できるが、核心までは冷えないので熱中症に注意
	手掌冷却	△	○	◎	—	◎	○	◎	○	温熱感覚に好影響、様々なスポーツ競技で実施可能
内部冷却	水分補給	○	△	◎	◎	◎	◎	◎	○	脱水予防やエネルギー補給が可能
	アイススラリー	◎	△	◎	△	◎	◎	◎	◎	電解質/糖質補給と冷却効果を組み合わせることができる

表 身体冷却方法とその特徴

熱中症発生実態と環境温度

■ 最近の熱中症死亡数

熱中症による死亡数は、1968～2017年の50年間で15,079件(男8,717件、女6,362件)年間平均では301件になります(図6)。なかでも、1994年以降は年次ごとに増加する傾向にあることが目を引きます。特に熱波であった2010年では、年間で1,745件もの死亡が発生しました。

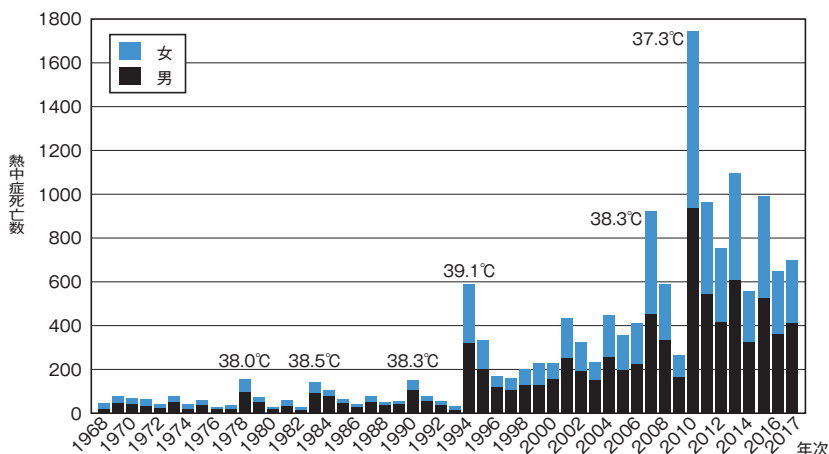


図6 熱中症死亡数の年次推移(男女別) [図中の数字は大阪の日最高温度]
(中井,2019)

年齢層別にみると、15～19歳で小さな山がみられ、特に男性に多くみられますが、そのほとんどがスポーツ活動中の事故と考えられます。一方、30～59歳になると男性の事故数が年齢とともに増えていますが、こちらは主に労働時の発生と思われます。また、65歳以上からは女性の事故数が急増しています。ここでの原因は、日常生活、労働(家事などを含む)、スポーツ活動など多様な状況での発生と考えられます(次ページ図7)。

図8は、年齢層別の事故数をその年の総数に占める割合で年次ごとに示したものです。65歳以上の割合をみると、1994年以降増加しており、高齢者の熱中症死亡数が相対的に増加していることがわかります。一方、それ以下の年齢層ではむしろ低下傾向にあります。スポーツ活動中の熱中症予防活動に一定の成果があったものと思われる。ただし、死亡数は減少していても、熱中症で救急搬送された数は減少しておらず、引き続き予防活動を怠ってはならないでしょう。

また、高齢者の熱中症発生場所に注目してみると、自宅、屋外道路・駐車場が多く、睡眠中の発症が多いのも特徴的です。日常生活での高齢者のケアや家族の協力も重要になってくるでしょう。

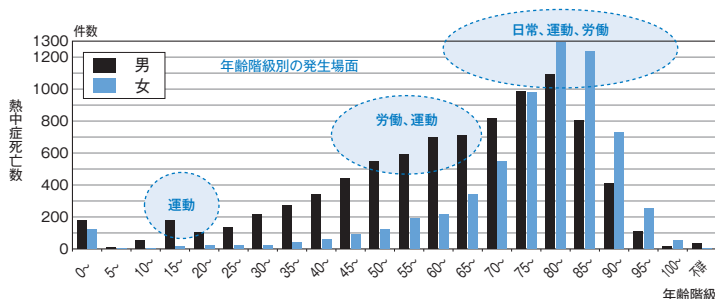


図7 熱中症死亡数の年齢階級別累積分布(1968～2017年)
(中井,2019)

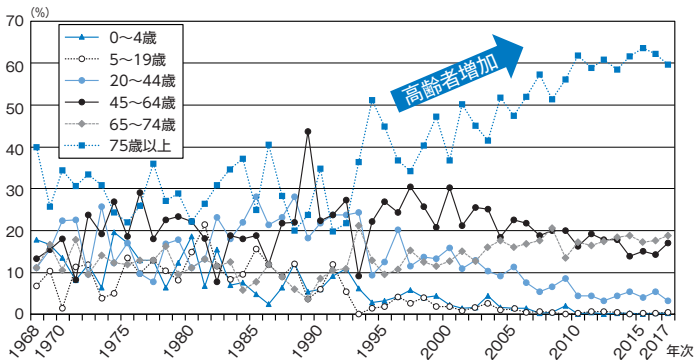


図8 熱中症総数に対する年齢階級別割合の年次推移
(中井,2019)

■ 発生時の環境温度

つぎに、運動時の熱中症事故例で温度と湿度の資料が入手できた479例(死亡、非死亡例をともに含む)について、両者の関係を図9に示しました。気温が比較的低くても湿度が高ければ熱中症事故は発生しています。熱中症の発生には、気温だけでなく湿度も大きく影響していることがわかります。

なお、熱中症事故はそれほど気温が高なくても発生していることにも注意しておかなければなりません。気温16℃以下においても熱中症は4例発生し、最も低温の5.7℃で発生した事例は2月の校内マラソンで、厚着をして走った例でした。その他、野球練習時にダッシュを繰り返したりレスリングの減量時に発生しています。熱中症の発生には環境温度だけでなく、無理な運動が影響していたことが考えられます。

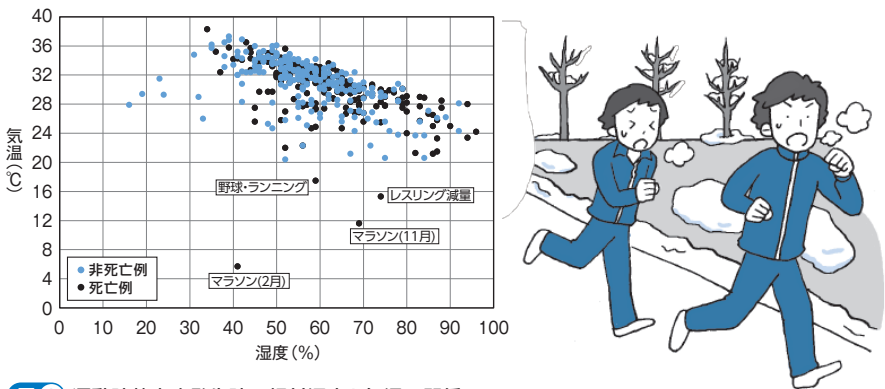


図9 運動時熱中症発生時の相対湿度と気温の関係
(1970～2018年)

(中井,2019)

このほか、気温と湿度だけでなく、とりわけ夏期の運動場ではグラウンドからの照り返しなど輻射熱の影響も重要になります。したがって、環境温度には気温、湿度、輻射熱、気流の4要素を組み入れたWBGT(暑さ指数)を用いることが勧められるのです。WBGTと熱中症事故発生件数との関係は図10に示したとおりです。WBGTが16℃以下でも事故は起きており、25℃前後から増え始め、28℃を超えると急激に増加しています。ただし31℃以上になると、事故数は少なくなります。このような過酷な条件になるとさすがに無理な運動が少なくなるからでしょう。

高温になるほど、熱中症の発生リスクが増加します。そこで、WBGTを基準にして運動のしかた、注意点を示したのが「熱中症予防運動指針」(15ページ)でした。図10にも、その運動指針のポイントを示しています。「運動指針」とあわせて参照してください。

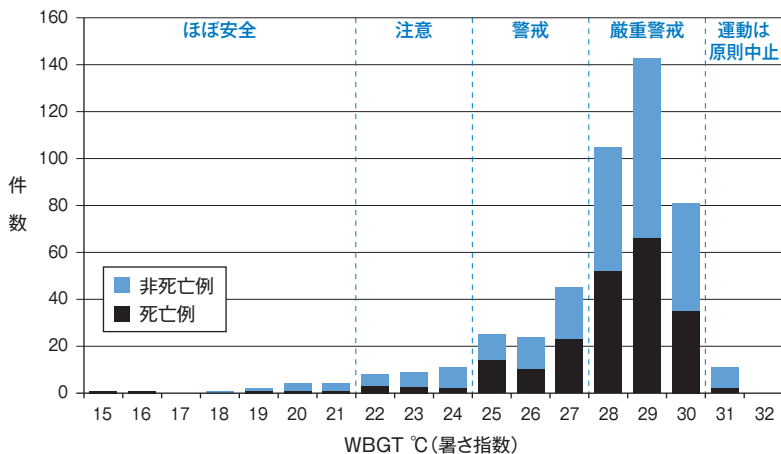


図10 運動時熱中症発生時のWBGT分布と運動指針(1970~2018年)
(中井,2019)

■ 学校管理下の熱中症死亡事故

わが国のスポーツによる熱中症死亡事故全体のデータはありませんが、学童・生徒の学校管理下の事故については、日本スポーツ振興センターのデータがあります。学校管理下の熱中症死亡事故は1960～2017年の58年間に195件ありました。死亡には至っていませんが、熱中症の医療費の請求のあった件数では以前は数百件程度でしたが、2000年頃から増加し、最近では年に4000～5000件程度あります。医療機関を受診しない軽症例を含めると、かなりの数の熱中症が発生しているものと推測されます。死亡事故は1975年頃から増加し、1984年をピークにその後はやや減少し、最近では明らかに減少しています(図11)。熱中症の医療費請求件数は増加しているにもかかわらず、死亡数が減少しているということは、熱中症に対する認識が高まり、早めに医療機関を受診させていることが考えられます。

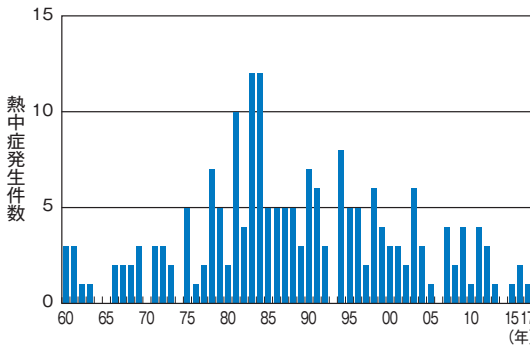


図11 学校管理下の熱中症死亡事故の推移
(1960～2017年 n=195)

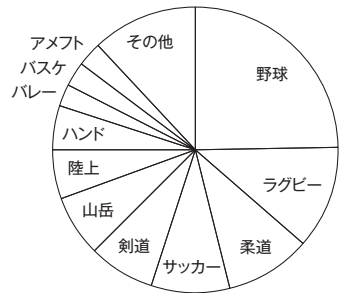


図12 スポーツ部活動の種目
学校管理下の熱中症死亡事故
(1975～2017年 n=145)

そこで、熱中症事故が増加し始めた1975年以降、2017年までの43年間の死亡事例170件について分析してみました。170件のうち運動部活動によるものは145件、学校行事によるものが22件、その他3件であり、多くは運動部活動によるものでした。運動部活動による熱中症死亡事故145件のスポーツ種目では野球が最も多く、屋外種目ではラグビー、サッカー、屋内種目では柔道、剣道で多く発生しています(図12)。

スポーツ種目は多岐にわたっていますが、練習内容では持久走やダッシュの繰り返しなど継続するランニングで多発しています。学校行事も登山8件、マラソン4件、長距離徒歩3件、スポーツ大会3件などスポーツ活動が多く、学校管理下の熱中症死亡事故はほとんどがスポーツ活動によるものと言えます。

図13は性別、学年別の死亡事故数を示したものです。性別では男子158件、女子12件で圧倒的に男子に多くみられました。これは男子が暑さに弱いというより、激しい運動をするためと考えられます。スポーツ少年団の活動は学校管理下ではないため、小学生は5件と少なく、中学生40件、高校生122件、高専2件で72%が高校生でした。高校ではスポーツ活動が本格化してくるため、事故が多くなると考えられます。また、学年では体力や技術が未熟な低学年に多くみられました。

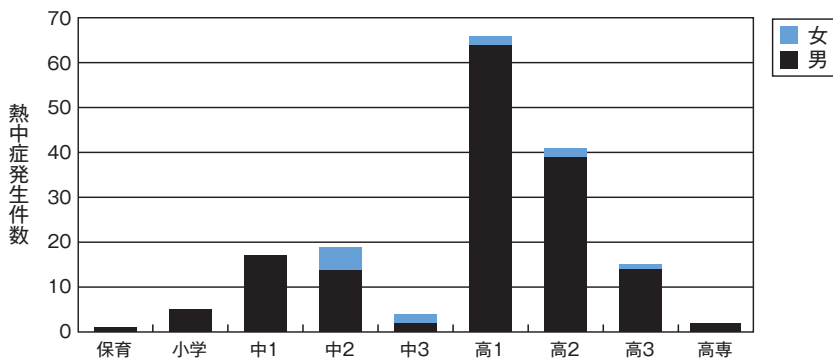


図13 性別・学年別件数 学校管理下の熱中症死亡事故(1975~2017年 n=170)

発生時期では7月と8月で150件、88%を占めていますが、特に7月下旬～8月上旬にかけて多く発生しています(図14)。2～5月にかけて4件、11月に1件発生していますが、これらは校内行事のマラソン、30km徒歩によるものでした。

発生時刻では午前10時～午後4時の間に多くみられますが、午前10時以前、午後6時以降にも発生しています(図15)。

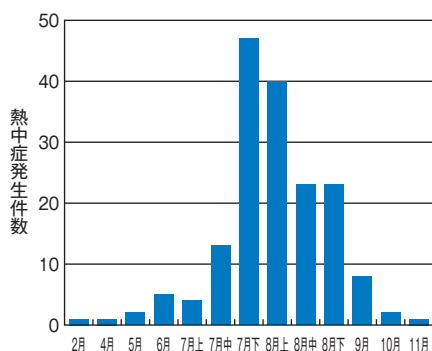


図14 発生時期 学校管理下の熱中症死亡事故 (1975～2017年 n=170)

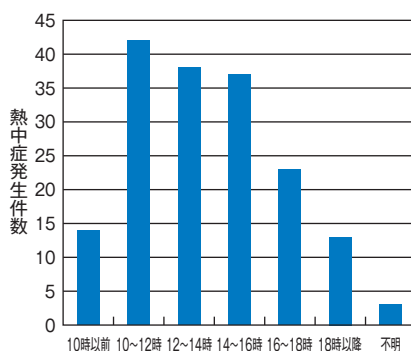


図15 発生時刻 学校管理下の熱中症死亡事故 (1975～2017年 n=170)

170件のうち運動によるもので、その開始時間の記載があった146件について、熱中症発生までの運動時間をみると、必ずしも長時間とは限らず、2時間以内が38%、そのうち1時間以内が14%みられました(図16)。激しい運動では短時間でも死亡事故が起こりうることに注意が必要です。1時間以内に発生した例の多くは持久走によるものであり、暑いときの慣れない持久走は避けるべきです。

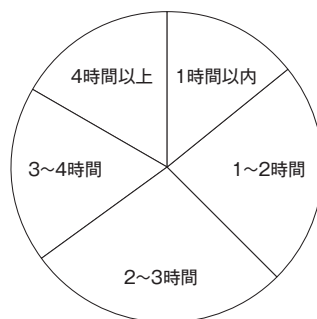


図16 運動開始から発症までの時間 学校管理下の熱中症死亡事故 (1975～2017年 n=146)

熱中症発生から死亡までの時間をみると、6時間以内が24%、24時間以内が62%と急速に病状が悪化して死亡に至る例が多いことがわかります(図17)。

事故例での体力や体調など個人の要因については、資料だけでは不明な点が多いのですが、1990～2017年の事故例のうち身長、体重の記載があった45例の体格的特徴をみみると標準体重から20%超過している肥満者は69%にのぼり、熱中症死亡事故に肥満者が多いことがわかります(図18)。肥満の人は熱中症を起こしやすく、30分のランニングで死亡した例もあり、特別の配慮が必要です。

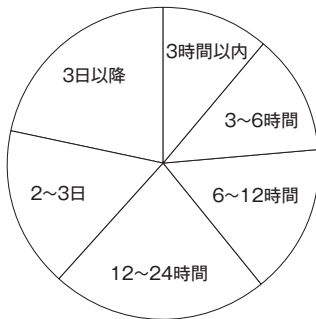


図17 発症から死亡までの時間
学校管理下の熱中症死亡事故
(1975～2017年 n=168)

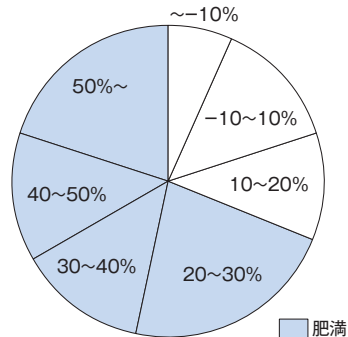


図18 肥満度 (%)
学校管理下の熱中症死亡事故
(1990～2017年 n=45)

典型的症例

運動時の熱中症の典型的症例を示します。各病型の発生機序や症状の違いを理解し、予防につなげましょう。

症例1 熱けいれん

23歳、男性。7月末、炎天下で約1時間テニスの練習をし、たくさん汗をかいた。練習後に多量のジュースや氷水を飲んだところ、間もなく強い腹痛が起こり、自ら近医を受診した。急性腹症※1の診断を受け、救急施設へ救急車にて搬送された。救急施設到着時には、意識は清明で、血圧、脈拍、呼吸などはすべてほぼ正常であった。腹部は腹筋全体の強い強直が認められたが、グル音※2は聴取でき、腹部単純X線像には異常を認めなかった。直ちに500ccの生理的食塩水の急速点滴を行ったところ、腹筋の強直は急速に消失した。熱けいれんは下肢に生じることが一般的であるが、このように腹筋に生じることもある。ほぼ典型的な熱けいれんの症例である。

※1:開腹手術を要する可能性のある腹痛。 ※2:腸管が動く音

症例2 熱疲労

45歳、男性。夏の炎天下、ゴルフを行った。ワンラウンドを終わる頃から、次第に酷暑が耐え難くなり、全身倦怠感と頭痛が強くなり吐き気を伴うようになった。プレーが終り、冷たいシャワーを浴びたが頭痛は続き、吐き気のため飲料もあまり飲むことができなかった。帰宅するため、クーラーの効いた自動車に乗ったところ、ますます気分は悪くなり嘔吐を繰り返すようになったため、途中で病院を受診した。受診時、発汗が続いており、皮膚はむしろ冷たいくらいであった。血圧、脈拍、呼吸は正常であるが、頭痛とめまいを訴えていた。直腸温は36.5℃であった。強い頭痛、吐き気、嘔吐、めまいなどは中枢神経系の循環不全に由来する症状である。

症例3 熱射病(救命例)

45歳、男性。炎天下のマラソン中に倒れ、救急搬送された。意識は昏迷し※1、うわ言を言い、不穏な動きをしていた。来院後間もなく、全身けいれんを起こし、昏睡状態となった。体温は41℃で、皮膚は熱く乾燥※2。血圧は正常で、軽度の頻脈があった。氷水中での全身冷却※3を行いつつ、鎮静剤の投与と持続点滴を行った。呼吸管理に困難をきたしたため、気管内挿管を行い人工呼吸器に接続した。約2時間後に直腸温は38℃まで下降したため、ICUに移し、体液・呼吸などの管理を行った。間もなく利尿剤により利尿が得られるようになった。12時間後に意識が回復し、人工呼吸器を止め、自発呼吸に復した。以後、順調に回復した。

※1:意識障害のレベルの一つで、昏睡よりは軽い。

※2:これは、発汗停止を意味するが、運動時の熱射病では発汗が続いていることもあり、注意を要する。

※3:氷水浴/冷水浴法は、末梢血管収縮やシバリングを誘発するため体温が低下しないとの危惧から、かつては禁忌とされてきたが、最近では、その大きな体温低下率から、熱射病の身体冷却法の第一選択肢として推奨されるに至った。

症例4 熱射病(死亡例)

17歳、男性。35℃の炎天下に、アメリカンフットボールの練習後に、練習態度不良の理由で、プロテクター、ヘルメットなど完全装備の上、駆け足を命じられた。一緒に走った仲間達は次々と落伍していったが、この生徒はキャプテンであり責任感を感じたのか一人で走り続け、グラウンドを数周後に崩れるように倒れた。近医に救急搬送されたが、昏睡状態で、全身は強直性にけいれんしていた。体温は42℃以上で測定不能。2時間の全身冷却にもかかわらず、体温はなお40℃であり、全身状態の改善がないため当科へ転送入院。来院時、強直性けいれんを伴う深昏睡、ショック状態(血圧70/0mmHg、脈拍数140/分、四肢末梢冷)であった。血清浸透圧の上昇、ヘモグロビンの異常高値(18.7g/dl)から極度の脱水が示唆された。全身の氷水中での冷却、大量の輸液を行った。筋強直は筋弛緩剤の投与によって自発呼吸が停止しても、下半身では消失しなかった。血圧は30Lの大量の輸液・輸血と昇圧剤の投与によってようやく維持されたが、利尿剤を併用しないと尿量は全く得られなかった。20時間後から急速な肺機能の低下をきたすとともに、烈しい下血、吐血、肺出血をきたし、26時間で死亡した。

出典 1) 杉本 侃ほか:高温環境下の障害-いわゆる熱射病-.総合臨床,29,555-558,1980. 2) 松本孝朗:運動と熱中症.保健の科学,56(7),457-463,2014.

急な暑さに要注意

暑さへの慣れと熱中症

熱中症は、梅雨明けなどの気温が急に上昇したときに多く発生しています。また、学校の部活練習における合宿初日や休み明け、あるいは低学年(特に新入生)に多くみられます。いずれも、「体が暑さに慣れていない」からです。図19は、熱中症発生時の相対湿度と気温の関係を示した28ページの図9について、発生時期を6月と7月に区分した図です。6月の気温分布は7月に比して明らかに低温に分布し、その差は約4℃低値となります。暑さに慣れていない6月は熱中症が起きやすいことがよくわかります。

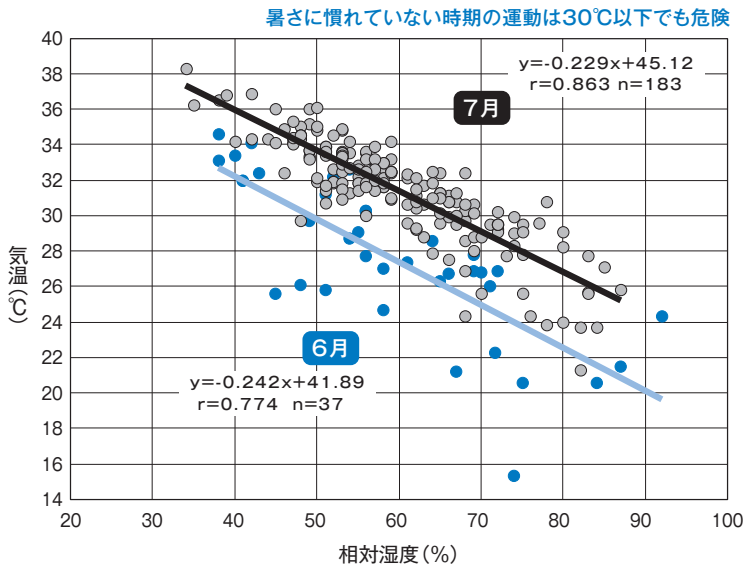


図19 運動時熱中症発生時の相対湿度と気温の月別分布(1970~2018年)
(中井,2019)

暑い環境下において運動トレーニングを繰り返し行くと、暑さへの抵抗力(耐性)が高くなります。このように体が暑さに慣れることを暑熱順化と言います。暑熱順化すると、暑熱環境における安静時および運動時の体温上昇や心拍数増加などの生理的ストレスを軽減することができます。また循環血液量が増加し、汗をかき始める時間も早くなります。そのため同一体温あたりの汗の量も増え、より効果的な体温調節ができるようになり、運動をより長く続けられ、また熱中症の危険性も少なくなるのです(図20)。

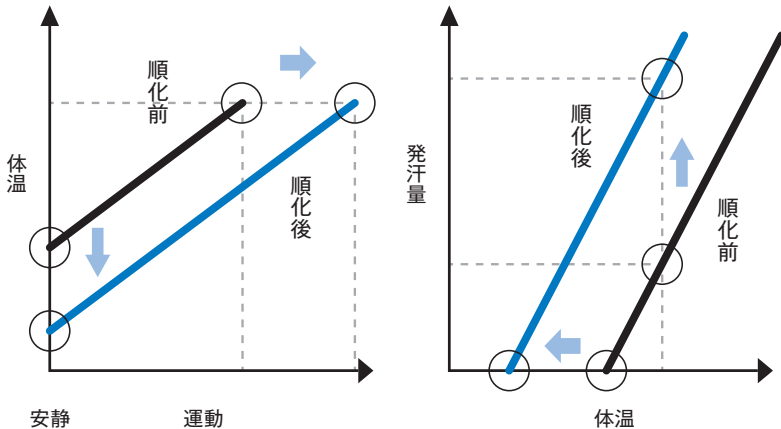


図20 暑熱順化による主な体の変化
(Périardら, 2015)

体を暑さに慣らすには

■ 暑さに慣れるためにはどのようなことをしたらよいのでしょうか？

本格的な夏のトレーニングや競技会に備え、気温が高くなり始めたら、暑さに慣れるまでの順化期間を設けましょう。順化期間の最初は運動量を落とし、次第に負荷を高めて行きます。ただし現場では、環境条件や各個人の状態も異なるため、個々の選手の状態をよく把握して順化を進めていくことが大切です。また、普段の冷房使用に関しても、本格的な暑さの前(5~6月)に冷房に頼りすぎると暑さへの慣れを遅らせることにもなるので、注意したいところです。

暑熱順化のためのトレーニングポイント

① 開始時期

- 気温が高くなり始める5~6月から開始する
- 暑熱環境地域に移動して競技会に参加する場合は、5日間以上前に現地に入り、トレーニングを行う

② 暑熱順化に必要な期間および持続性

- トレーニング開始から順化の効果が表れるまで5日間を要する
- トレーニングを中止した場合、短い場合は1週間、長くても1か月でその効果は消失する
- 順化のためのトレーニングは、3日間以上間をあけない

③ トレーニングの強度、時間、服装など

- 最大酸素摂取量の50~75%の強度の運動を30~100分実施する
(環境条件や個々の体力を考えて実施する)
- 強度及び運動継続時間は、順化が進むにつれて漸増する
- 服装は汗の蒸発を妨げない服装が好ましい

④ その他

- 非暑熱下でのトレーニングや暑熱環境曝露のどちらかだけでは効果が小さい
- 順化トレーニングにより発汗量は増加するため、より多くの水分を補給することが必要である

失われる水と塩分を取り戻そう

運動と汗

■ 汗の意義

汗が蒸発するときに皮膚表面から気化熱を奪って体温を下げます。100gの汗をかくと、それがすべて皮膚から蒸発したとして（1gの汗の蒸発は0.58kcalの熱を奪う）、体重70kgの人では体温を約1℃下げることができます。ただし、蒸発せずに体表表面からポタポタとしたたり落ちてしまった汗は、本来の目的を達成できない無駄な汗となります。

■ 発汗のしくみ

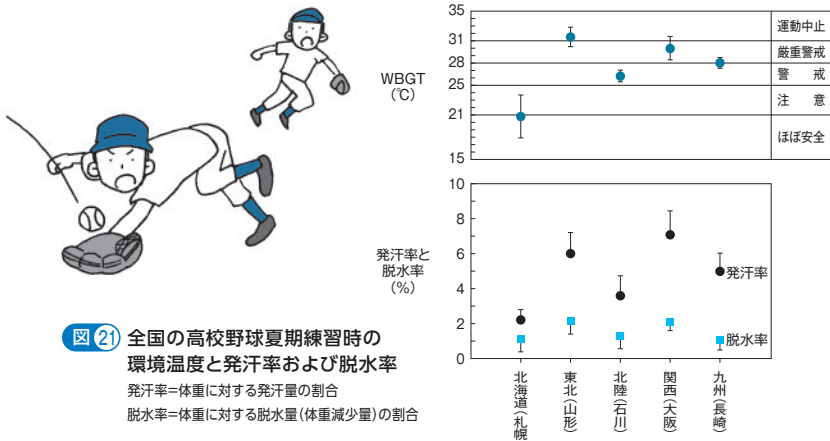
汗は汗腺から分泌されますが、汗腺には腋の下などに局在するアポクリン腺と全身の皮膚表面に開口するエクリン腺とがあり、体温調節にあずかるのは水分を多く分泌するエクリン腺（以下、汗腺）の方です。汗腺は視床下部の体温調節中枢に支配されています。皮膚や脳からの温度情報を体温調節中枢が受け取り、中枢が暑いと判断すると、汗を出す命令が発汗神経を介して汗腺へ伝達され、汗腺から汗が分泌されます。汗腺には汗を分泌できない不能汗腺と分泌能力のある能動汗腺とがありますが、日本人の能動汗腺数は約230万と言われ、この汗腺の能動化は2歳半で成人の値になります。

汗腺では、血液や間質液を原料として汗の原液が作られます。汗の成分の99%以上は水ですが、細胞や血液と同じように電解質や有機物も含まれています。汗の量が少ない場合、汗原液中の塩分は皮膚表面に分泌されるまでに再吸収されますが、汗が多くなると再吸収されない塩分が増え、汗の塩分濃度が上昇します。汗を多くかいた時に塩分を含んだ飲料が勧められるのはこのためです。

■ スポーツ活動中の汗の量

私たちはスポーツ活動中にどの程度の汗をかいているのでしょうか。夏の甲子園大会を目指して練習に励む球児たちが、どれくらいの環境下でスポーツ活動を行い、どれくらいの汗をかいているかを実態調査した結果をみてみます。

図21の上段のグラフは、北海道から九州まで全国5地域において行われた夏期練習時の環境温度をWBGTで示し、下段は発汗量および脱水量の体重に対する割合で示したものです。発汗量(率)は地域によって異なっており、体重の2~7%と幅がありますが、やはりそのときの環境温度が大きく影響しているようです。「熱中症予防運動指針」(15ページ)の「運動は原則中止」に相当するWBGT31℃前後にある東北・山形、関西・大阪の発汗率が6~7%と大きくなっています。ただし、この調査では球児たちが自由に給水できる環境が整えられ、その結果、水分補給が十分行われ脱水率は1~2%に収まっていました。それでもWBGTが31℃前後になっている地域では、発汗量が大きく脱水率も2%に達していることから、熱中症予防に相当の注意を払う必要があります。



■ 運動と水分、塩分の補給

運動中の発汗量は、1時間に2リットルにも及ぶことがあります。このような多量の発汗によって脱水が体重の2%以上になると、運動能力や競技成績への影響が大きくなります。したがって、運動中に汗によって失われた水分は適切に補給してやる必要があります。

一方、脱水とは逆に水を取り過ぎることの弊害もあります(45ページの「低ナトリウム血症」を参照)。2%以上の脱水は避けなければなりません、同時に体重減少量以上に過剰な水を取り過ぎてしまうことにも注意が必要です。

水分補給には、体から失われる水分量、すなわち発汗量に相当する量を補えばよいのですが、汗の量は個人の身体サイズ、そのときの気象条件、運動強度によって大きく異なり、一律には決まりません。そこで勧められるのが、「のどの渇き」に応じた自由な飲水です。それによって、ちょうど適量の水分が補給されることが多くの研究調査で明らかにされています。自由飲水では少量の不足が生じる傾向にありますが、2%以内であれば十分許容できる範囲と言えます。体重50kgの人であれば、練習後の体重減少量が1kg以内に収まればよいことになります。



運動時の水分補給のしかた

運動中、過度の脱水にならないように発汗量に見合った水分を補う必要があり、同時に飲み過ぎにも注意しなければなりません。適切な水分の補給量は、体重減少が体重の2%以内に収まることが目安になります。運動の強度が高い場合で、気温が高く、体の大きい人では多めの量を、気温が低く、体の小さい人では少なめの量を選択する配慮が必要です。適切な水分補給を心掛けてください。

■ 自由に水分補給できる環境を

運動中、自由に水分を補給できる環境を整えることが大切です。スポーツドリンクなど水分・塩分を補給できる飲料を用意し、適宜飲水休憩をとるなどの工夫をします。補給量については、「のどの渇き」に応じて自由に補給することで適量が補給でき、体重減少量(脱水量)は2%以内に収まります。

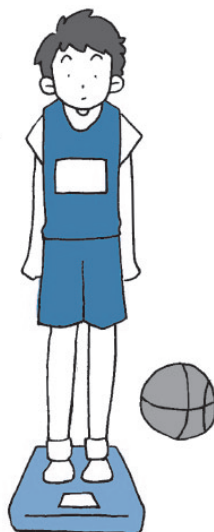
■ 体重測定で汗の量を知る

体重減少量は個人によって著しく異なります。運動前後の体重を測ることでそのときの発汗量を知ることができ、水分補給の必要量を予測することができます。日頃から、運動前後の体重を測る習慣を身につけるとよいでしょう。

▶ 1時間あたりの発汗量の計算

1時間あたりの発汗量

$$\frac{\text{運動前の体重} - \text{運動後の体重} + \text{飲水量}}{\text{運動時間(時間)}}$$



摂取する飲料としては、

- 1 5～15℃に冷やした水を用いる
- 2 飲みやすい組成にする
- 3 胃にたまりにくい組成および量にする



などが勧められます。

補給する飲料の中身としては、0.1～0.2%の食塩と糖質を含んだものが効果的で、一般のスポーツドリンクが利用できます。ただし、余り糖質濃度が高くなると胃にたまりやすく好ましくありません。エネルギーの補給を考慮すれば、4～8%程度の糖質濃度がよいでしょう。

[食塩相当量が0.1～0.2g(100ml中)であれば、0.1～0.2%の食塩水に相当します。]



子どもの水分補給

汗をかいて体から多くの水分が失われると、自然にのどの渴きをおぼえます。こののどの渴きは、飲水行動をうながし、体内の水分を安定した状態に保つ役割を演じています。とりわけ、スポーツ活動時のように短時間に大量の水分が失われるような場合に重要になります。

夏のスポーツ活動中にスポーツ飲料を自由に補給させた場合、大人は発汗量の60～70%を補給しますが、子どもでも発汗量に見合った水分を補給することができます。図22は、スポーツ少年団を対象に夏の練習時にどれくらい水分を補給しているかを調査した結果です。このとき、練習中に水分を自由に補給できるように飲料を準備し、適宜飲水休憩をとらせています。バレー、バスケット、サッカーなどのように比較的運動量の大きな種目では、2時間半程度の練習で1リットル以上の汗をかきますが、子どもたちはそれに見合った水分補給をして、体重減少量は体重の1%以内に収まっています。

子どもの口渇感が特に大人に劣るということはないようです。安全なスポーツ活動のためには、のどの渴きに応じて自由飲水ができるように指導し、その能力を磨くべきでしょう。

夏期のスポーツ活動時には、状況に応じて水分補給タイムを設けるなどの工夫をしながら、子どもたちが自由に飲料を利用できる環境を整えることが何より大切です。

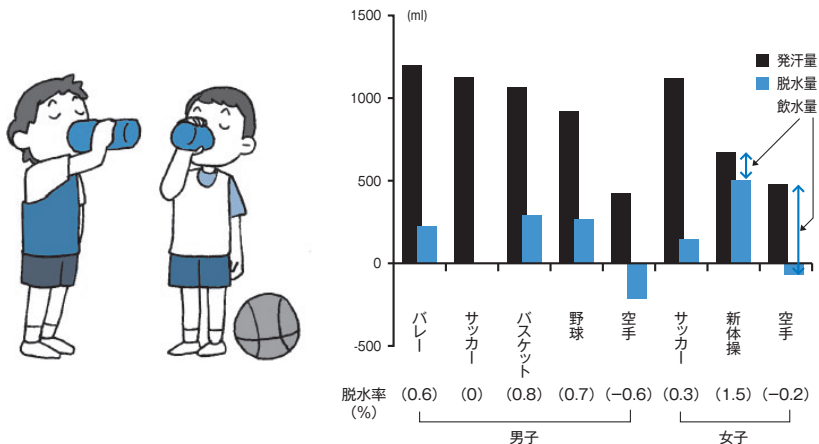


図 22 スポーツ少年団の夏期練習中における水分摂取の実態調査
(川原ほか, 2002)

低ナトリウム血症＝水中毒

2002年、アメリカのマラソンレースで低ナトリウム血症による死亡事故が続けて起こりました。いずれも女性の初心者ランナーで、水の飲み過ぎが原因と診断されています。死亡事故の報道でにわかに注目されるようになりましたが、ごくまれにしか起こらない事故とは限りません。細胞中の水が過剰になることで起こり、軽症では無症状のこともあります。倦怠感、吐き気、嘔吐、筋肉のこむら返りなどの症状がみられ、重症になると肺水腫(肺に水がたまった状態)や脳浮腫(脳がむくんだ状態)から呼吸困難や意識障害などの症状が起こり、最悪の場合にはこの事故例のように死に至ることもあります。

運動中に起こる低ナトリウム血症の原因はまだよくわかっていませんが、はっきりしているのは、事故を起こしたランナーがいずれも水を飲み過ぎてレース後に体重が増加していることです。走る速度が遅く、レース時間が長くなるほど、また発汗量の少ない冬のレースほど、そして体重の軽い人(女性)ほど水が過剰になりやすく低ナトリウム血症の危険性が高くなります。したがって、一流ランナーより市民ランナーに注意が必要です。

決められた量の水を無理に飲み続けることは、是非避けなければなりません。のどの渇きに応じて、適宜水分を補給することが勧められます。それによって、過剰な摂取にもならず、また2%以上の過度の脱水を防ぐことができます。そのほか、水分補給のしかたは42・43ページを参照してください。



薄着スタイルでさわやかに

衣服と体温

環境温度の変化や、運動によって熱産生量が増えると、身につけている衣服を脱いだり、新たに着用したりして体温の調節をします。

皮膚表面と衣服との間にできる局所の気候を衣服気候(または微気候)とよび、体温調節反応や快適感はこの衣服気候によって影響されます。衣服気候は衣服の大きさ、型、材料などによって調節が可能で、衣替えは衣服による行動性体温調節のひとつと言えます。さらに、衣服気候は運動や環境条件にも影響されます。他方、衣服気候は皮膚温、発汗、皮膚血流、皮膚の湿潤度、蒸発の程度などに影響します。

■ 体からの熱放散促進

高温下での運動時には、体温上昇とともに、体表温度も上昇し、衣服気候も変化します。衣服気候を快適な状態に保つためには、衣服素材の通気性や水分放散性が高く、保温性が低い熱放散に優れた衣服が勧められます。水分放散性に関しては、汗の量が少ないときには吸湿性が高い綿などの天然繊維や合成繊維で処理できますが、大量の発汗の場合には放湿性に優れた吸水速乾性の高い合成繊維の方が汗の処理に適しています。

一般に衣服の熱抵抗は衣服で覆われる面積に比例して大きくなるため、なるべく体表を覆う面積の小さい薄着の方が熱は放散しやすくなります。また、四肢は体幹部よりも熱放散効率が高いため、できるだけ四肢を露出したほうが効果的です。

夏期スポーツ活動では、半そで、短パンなどの軽装薄着が適しています。しかしスポーツ種目によっては、外傷予防をはじめさまざまな理由からその種目特有のユニフォームを着用することになります。特に、剣道やアメリカンフットボールなどのよう

な防具(ギア)を着用するスポーツ種目では、熱の放散量が制限されるため、注意が必要です。このようなスポーツ種目では、環境条件やトレーニングの過程などを考慮に入れて着衣条件を変えることが大切です。アメリカンフットボールの例では、全米大学体育協会(NCAA)は夏期トレーニング開始時に5日間の暑熱順化期間を設け、この順化期間でのフル・ユニフォームの装着を禁じ、ヘルメット、ショルダーパッド、そしてフル・ユニフォームと順次着衣条件を変えるように規定化しています。

図23は、剣道着・防具を着用した条件と着用しない条件における高温下運動時の直腸温、心拍数、発汗量を示したものです。明らかに、剣道着・防具着用時には熱放散が制限され、循環および体温調節系への負荷が増していることがわかります。したがって、こうした重装備の服装やユニフォームを着用しなければならないスポーツ種目では、できるだけ休憩時間を設け、その間に防具をはずし衣服を緩め、冷たいタオルや氷嚢などで体を冷やし体温を下げる工夫が必要です。

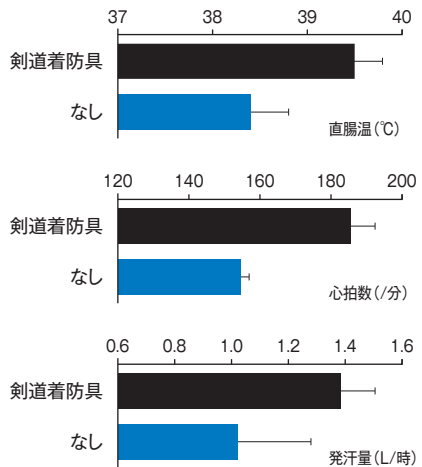


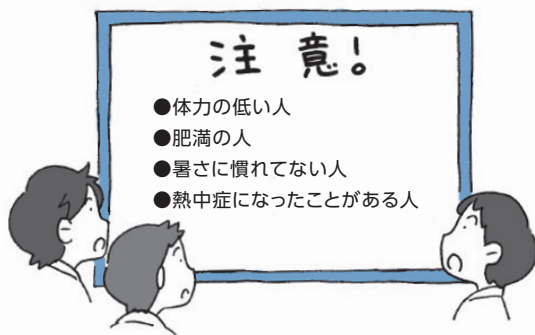
図23 剣道着・防具着用時の生体負荷
(丹羽,2001)

体調不良は事故のもと

体調と熱中症

暑さへの耐性は個人によって大きな差があります。体力の低い人、肥満の人、暑さに慣れていない人、熱中症を起こしたことがある人などは暑さに弱いので運動を軽減する必要があります。筋で発生した熱は血液によって皮膚に運ばれ放散されるので、熱の放散能力には循環機能が関係します。持久力の低い人は循環機能も低いので暑さに弱いのです。肥満の人は同じ運動でもエネルギー消費が大きく、熱の発生も多くなります。また、皮下脂肪が熱の放散を妨げるため、うつ熱が起きやすくなります。暑さへの慣れも重要です。急に暑くなったとき、涼しいところから暑いところへ移動したとき、しばらく休んでいて暑いときに復帰した場合などは注意が必要です。

同一個人でも暑さへの耐性は体調によっても変わってきます。体調が悪いと体温調節能力が低下します。熱中症の事故にはしばしば体調が関係しています。疲労、睡眠不足、発熱、風邪など体調が悪い場合には無理に運動をしないようにしましょう。また、胃腸障害で食欲が低下したり、下痢があると脱水傾向となり、熱中症になりやすいので注意が必要です。



体調チェック

万全の体調でトレーニングにのぞむことが、熱中症予防はもとより、より効果的なトレーニングを進めるためにも重要になります。ここでは、熱中症予防の観点から、指導者が選手の体調を管理するうえで必要になるチェックポイントを紹介します。

選手の特性チェック

指導者は選手の特性をあらかじめ把握しておきます。
1つでもチェックが入れば、その選手の日頃のトレーニングに目を配ります。

- 経験年数が少ない
- 過去に熱中症を経験したことがある
- 肥満気味である
- 体力が低い

環境チェック

以下の環境チェックに応じて、トレーニングメニューを考慮し、
選手指導の参考にします。

- WBGTの確認
 - 運動中止
 - 厳重警戒
 - 警戒
 - 注意
 - ほぼ安全
- 天候の特徴
 - 急に暑くなった
 - 特に蒸し暑い

トレーニング前の体調チェック

選手には、練習日誌などを用い、練習の前に自分の体調をチェックする習慣をつけさせます。
1つでもチェックが入れば、その選手のトレーニングメニューを軽くして、
常にその選手に目を配るようにします。

- 睡眠が不足している(よく眠れなかった)
- 熱がある、熱っぽい
- 喉が痛い
- 風邪を引いている
- 下痢をしている
- 朝食を抜いた

■ 熱中症からのスポーツへの復帰

一度、熱射病を起こした人は、医師の許可があるまでは運動を控えてください。運動を再開する場合には、涼しい環境で軽い運動から徐々に始めます。暑熱下の運動は、体力が十分に回復した後に、暑さに十分慣らしてから行うようにしましょう。少なくとも退院後7日は運動を控えてください。その後、涼しい環境での運動から始め、2週間くらいかけて暑さに身体を慣らし、さらに2~4週間のトレーニングを経て、競技への完全復帰を行いましょう。

熱疲労の場合も、当日の復帰は見合わせ、慎重に進めるべきです。軽症の場合でも、1~2日様子を見てから再開しますが、その場合にも運動の強度と量は徐々に上げるようにしましょう。



市民マラソンのための運動指針

マラソンは熱負荷の大きい運動であり、一般のスポーツ活動より熱中症の発生する危険性が高くなります。したがって、一般のスポーツ活動とは異なる基準にする必要があります。ここでは、市民マラソンを対象とした運動指針として、アメリカスポーツ医学会などの指針を参考にして示しました。

なお、マラソンレースでは多量の汗をかき体から水分が失われます。そのため、適切に水分補給をする必要があります。ただし、水の飲み過ぎは、胃の具合が悪くなるだけでなく、思わぬ事故(低ナトリウム血症)を起こすこともあり、注意が必要です。また、暑さによる障害だけでなくWBGT10℃以下の低温では低体温症の危険があります。

この表では、熱中症の危険度とフラッグカラーを示しました。開催時のWBGTにより危険度を示す色の旗を提示することで、参加者、関係者に注意喚起を促すことができます。

WBGT ℃	熱中症の危険度	フラッグカラー	警告
28	極めて高い	黒	熱中症の危険性が極めて高い。出場取消。
23	高い	赤	熱中症の危険性が高く、嚴重注意。 トレーニング不足の場合は出場取消。
18	中等度	黄	レース途中で気温や湿度が上昇すると危険性が増すので、注意。 熱中症の兆候に注意し、必要ならばペースダウンする。
10	低い	緑	熱中症の危険性は低い。 ただし熱中症が起こる可能性もあり注意が必要。
	低い	白	低体温症の危険性がある。 雨天、風の強い日には特に注意が必要。

(ACSM, Hughson)

プールにおける熱中症の予防

2014年に中学校水泳部における熱中症発症が報道されたことから、プールでも熱中症が発生することが認識されました。日本スポーツ振興センターの資料によると、プールでの熱中症の発生は、2013～2017年の5年間で179件ありましたが、死亡事例はありませんでした。2017年度の28件のうち8件は見学中に発生していました。プールサイドに直射日光が当たらないよう日除け、テント、遮光ネットを設置することがのぞまれます。

水中での人の体温には、水温が大きく影響します。水中で安静状態の人の体温が上がりも下がりもしない水温を「中性水温」といい、33～34℃です。水中で運動する場合には、これ以下の水温であっても、その運動強度に応じて体温が上昇します。夏季の屋外プールや温水プールでの水泳時には体温が上昇し、かなりの汗をかき、脱水を生じています。発汗量に応じた水分補給が必要です。また、水泳時には口の中が水で濡れるため、のどの渇きを感じにくいことに注意が必要です。

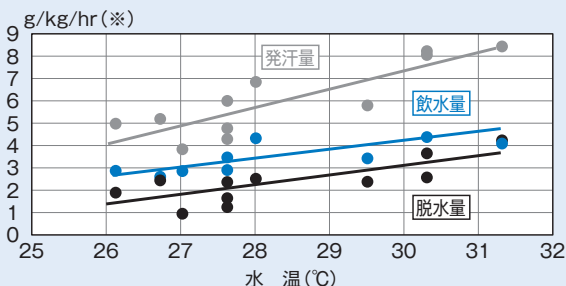


図24 高校水泳部の練習時のプールの水温と発汗量、飲水量、脱水量の関係
(環境省「熱中症 環境保健マニュアル2018」より)
※タテ軸は1時間に体重1kg当たりの量

プールから出ると全身が濡れており、皮膚の上で水が蒸発することで、全身に汗をかいたときと同じ体温を下げる効果があり、水泳運動を行い体温が上昇しても、プール外の風通しのよい日陰で休憩することで、体温は比較的容易に低下すると推測されます。熱中症の予防のためには、長時間の連続泳を避け、こまめに日陰や冷所で休憩をとりましょう。

(公財)日本サッカー協会(JFA)のWBGTに基づいた熱中症対策

JFAでは2002年から、育成年代の試合において、中学生、高校生はWBGT28℃以上(小学生は25℃以上)で、試合中の意図的な水分補給時間(飲水タイム)を導入してきました。飲水タイムが導入された当時は、指導者から「飲水タイムによってゲームの流れが変わってしまった」など導入に否定的な声もありました。現在では、飲水タイムの認識は定着し、育成年代だけではなく全ての年代の試合において、WBGTに基づいて飲水タイムだけではなく、身体の冷却を目的としたクーリングブレイク(Cooling break)も設定されるようになりました。以下が、2016年に通達されたJFA熱中症ガイドラインの主な内容になります。図25に示されているように、試合中のWBGTによって、下記のJFA熱中症対策AとBを講じなければ、試合は開催できないことを強く勧告する内容になっており、他競技にも参考になる具体的な対策になっています。

JFA熱中症対策A の主な内容

- 日射を遮る
- スポーツドリンクが飲める環境を整える
- 緊急対応用の水、スポーツドリンク、経口補水液、救急病院を準備する
- Cooling breakまたは飲水タイムを行う

JFA熱中症対策B の主な内容

- 会場に医師、看護師、一次救命処置保持者のいずれかを常駐させる
- クーラーがあるロッカールーム、医務室が設備された施設で試合を行う

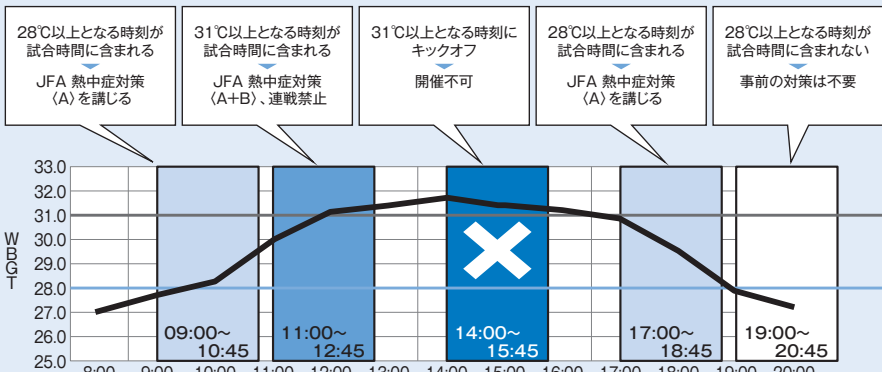


図25 WBGT過去平均値による試合時間の規制と対策

(公財)日本サッカー協会ホームページ、https://www.jfa.jp/documents/pdf/other/heatstroke_guideline.pdf、https://www.jfa.jp/documents/pdf/other/heatstroke_faq.pdf、2016.6.1)