

運動時の水分補給に関する変遷ならびに 日本における運動習慣のある若年成人の現状と課題

宮川 達・麻見直美

The transitional aspect about rehydration at the exercise event and current status and issues in Japanese young adults in regular exercise

MIYAKAWA Toru and OMI Naomi

I. はじめに

水分は五大栄養素と比較してごく僅かな時間で不足・過剰状態となり、死に至ることもあるため、「最も重要な栄養素」と表現されることがある³¹⁾。しかし水分には、その他の一般に言う主要栄養素のように推奨されるような食事摂取基準等の値がない。運動時の水分状態はコンディショニングの面からもとくに重要な要素であるが、アメリカを中心とした海外では、近年、運動時の適切な水分補給に関するガイドラインの内容に大きな変化があった。Beltrami ら¹¹⁾が指摘するように、非英語圏の国が最新の科学情報を受け取るには翻訳のタイムラグがある。日本においても海外と比較してガイドラインの内容に若干の遅れがあり、新旧の様々な情報がまとめられずに氾濫しているのが現状である。

本総説では運動時の水分補給に関する変遷と、現在の日本の運動習慣のある若年成人（男女大学生）の水分補給および水分に関する周辺環境の現状と課題をまとめる。

II. 海外における運動時の水分補給に関する変遷

1960 年以前は、運動時の水分補給に関する調査報告はほとんどされていない。そこで、水分補給に関してあまり積極的な動きのなかった 1960 年以前を「水分不足非認識期」とする。

「水分不足非認識期」以降の、アメリカスポーツ医学会（以下、ACSM）やゲータレードスポーツ科学研究所（以下、GSSI）を中心とした、海外における運動時の水分補給に関する状況や

ガイドラインなどの変遷を、「水分不足認識期」、「水分過剰期」、「水分過剰認識期」、そして「水分補給個別プログラム期」の 4 つの期に分け以下に要約する。

1) 水分不足認識期（1960 年頃～）

1960 年頃は、スポーツ科学がまだ発達しておらず、アメリカをはじめとする多くの国では、スポーツコーチの間で、厳しい訓練を乗り越えることで強くなると信じられていた。防具を着用するアメリカンフットボールの選手では熱中症による死亡者が 10 年間で 50 名近くいたと言われている²⁷⁾。また、マラソンはポピュラーな競技ではなく、その競技人口は少なかった。水分補給の重要性については広くは認識されておらず、ルールによって開始 10km までは水分補給が禁止されていた²¹⁾。1988 年のマサチューセッツ警察訓練校においては、士官候補生 50 人に対して、「トレーニング初日」、「暑熱下」、「水分制限」という環境で複数の体操とランニングドリルが行われた結果、一人が熱射病で倒れ、横紋筋融解症による腎不全のため透析を受けることとなり、さらに肝不全も併発し死亡した。その他の 14 人も横紋筋融解症により入院し、うち 6 人が急性腎不全のため血液透析を受けた²²⁾。

1965 年、フロリダ大学において世界初のスポーツドリンクとなる「ゲータレード」の開発が始まる。フロリダ大学のアメリカンフットボールチーム「フロリダ・ゲーターズ」は、ゲー

タレードを公式に使い始めた1967年の大会で優勝している。スポーツドリンクの効果などのスポーツ科学の研究成果と科学的トレーニングが徐々に知られるようになってからは、水分に対する関心が高まっていった。その例としては、マラソン競技における「no-fluid rule」は1972年までには国際的に廃止されることとなる²⁾。

2) 水分過剰期 (1996年～)

1996年のACSMのposition stand^{7, 注1)}の発表を機に、後に「飲み過ぎ」と認識される方針が流行する。このposition standの特徴は、「汗により失った水分(減少した体重)の十分な補充ができるペースで飲む」か、「可能な限り最大量を飲む」ように推奨したことと、「1時間に600～1200mlのペースで飲む」という個人差を考慮に入っていない包括的な推奨値範囲、つ

まり blanket range^{注2)}を出したことである。

1998年の国際マラソンガイドでも、大量に飲むことが推奨され、それだけでなく、本番でよく飲めるように普段から「飲む練習」もすることが勧められた¹⁾。2002年のRunners World MagazineにはGSSIによる「hydration 101」という特集が掲載されたが、その内容も「喉が渇く前に飲む」や、「600～1700ml/h」という範囲の提示であった。ここではっきりと「hyponatraemia (低ナトリウム血症)」という単語が見られるが、これは大量の発汗によりナトリウムを損失し、大量の水を飲んだ時に生じるものであり、一時間を超える運動時には水よりもスポーツドリンクが良いとされた¹⁾。

これらの主張は、「飲まない」と脱水の危険があるが、アスリートが運動中に「飲みすぎる」ということはないだろうという考えに基づいて

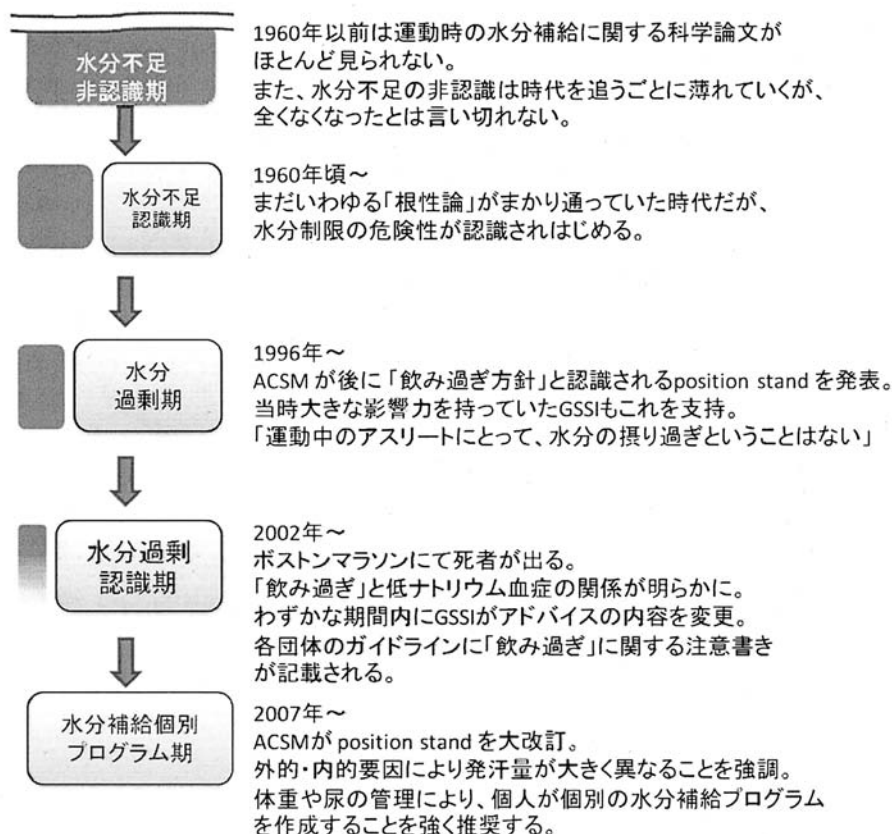


図1 海外における運動時の水分補給に関する変遷

いた¹¹⁾。この position stand の発表をきっかけに、1992 年から 1997 年に発表された論文のテーマにおいて、「plasma osmolality」に関する調査の報告はわずかしかな増加していないにもかかわらず、「body weight」に関する調査は 6～12 倍増加しており、ACSM の影響の強さが指摘されている¹¹⁾。

なおこの時期は、あくまで多く飲むことをよしとすることが「主流」であったのであり、全ての個人や団体が限界まで飲むことを推奨していたわけではない。例えば、全米アスレチックトレーナーズ協会が 2000 年に発表したものでは、「10～20 分ごとに 200～300ml」という範囲を示すとともに、「blanket range よりも、のどが渇いてから、個人の欲求で飲む」ということを推奨した¹³⁾。

3) 水分過剰認識期 (2002 年～)

水分過剰期とはあくまで多く飲むことをよしとすることが「主流」であったのであり、その「主流」を覆したのが、2002 年のボストンマラソンである。

本来、血清中の塩分は約 140mEq に維持されている。何らかの影響で血清ナトリウム濃度が 135mEq 以下になった状態が低ナトリウム血症であり、逆に 145mEq 以上の状態が高ナトリウム血症である。運動による低ナトリウム血症 (exercise associated hyponatraemia, EAH) は、1981 年、南アフリカで行われた 90km レースにおいて初めて認識された¹⁾。その後、マラソン走者に見られるレースに関連した、死亡や生命を脅かす疾患の重大な原因として低ナトリウム血症が考えられ、ボストンマラソンにおいてその実態が調査された。

Almond ら⁶⁾ は、2002 年ボストンマラソンの参加者を対象に調査を行った。その結果、この調査に同意し、ゴール地点で血液検体を提供した 466 名のうち、13%は軽度の低ナトリウム血症 (135mEq 以下) であり、0.6%は重度 (120mEq 以下) であった。そして、その要因として、レース前後で体重が大幅に増加したこと、レース中に 3L 以上の水分を摂取したこと、1 マイル毎に水分を摂取したことなど、つまり「飲み過ぎた」ということが挙げられた。また、レースのタイムが 4 時間を超えたことや、体格指数が低

いの、体格指数が大きい人と同じアドバイスに従ったことなど「飲み過ぎ」につながる要素が挙げられた。

それまで危険がないとされてきた「飲み過ぎ」が低ナトリウム血症につながるということが証明されただけでなく、同レースにおいて GSSI のガイドライン通りに終始スポーツドリンクを飲んでいた女性ランナーが死亡したこともあり¹¹⁾、GSSI と ACSM はそれまでの方針を 180 度転換することとなる。

Runners World Magazine は、2002 年 6 月号では結果的に「飲み過ぎ」を推奨したが、続く 7 月号、8 月号において「飲み過ぎ」が低ナトリウム血症の原因となりうることを認め、アスリートが自分の発汗量を正しく把握することと、それ以上は絶対に飲み過ぎないことを推奨した¹¹⁾。2002 年以降に発表されたその他の団体 (全米陸上連盟、国際オリンピック連盟など) のガイドラインでも、水分補給に関する項目において、低ナトリウム血症に関する内容か、「飲み過ぎ」に関する注意書きが記載されている^{25,34)}。ACSM の position stand も、2007 年に改訂された⁸⁾。

4) 水分補給個別プログラム期 (2007～現在)

2007 年、ACSM は 1996 年に発表した position stand を大きく改訂したものを発表し、近年の研究においては必読と言えるものとなっている⁸⁾。また、2006 年にはワシントン D.C. において「Hydration and Health Promotion」と題したカンファレンスが開かれ、その内容が 2007 年のアメリカ栄養学会学術誌に掲載された。これらは水分・電解質のアンバランスが健康に与える影響に関する近年の研究を要約したものである¹²⁾。

ACSM position stand 2007 の一番の特徴は、それまでの「blanket range」を否定したことにありと言える。運動中の発汗量は季節や種目によって大きく異なる。しかし、外的条件が整えられた場合でも、個人の熱順化の能力や仕事効率など、内的な条件によってまた大きく変動する。そのため、既存の「blanket range」のガイドライン、例えば現在でも日本体育協会 (財) (以下、日体協) のサイトで見られる数字は「500～1000ml/h」であるが、たとえ最大量である

1000ml/h のペースを守って水分補給したとしても、アメリカンフットボールや剣道のような防具を必要とする競技や、その他の競技でも夏場の練習においては発汗量が 1000ml/h を超えることがあり、十分な水分が補給できないということになる。逆に、あまり汗をかかない人が大量に汗をかく人と同じペースで飲んだり、涼しい季節に暑い季節と同じペースで飲んだりすると、必要以上に飲み過ぎてしまう危険がある。つまり、水分補給に関しては個別にプログラムを作成しなくてはならないということが強調されている。

5) 小括～運動時の水分補給に関わる変遷～

水分不足非認識期にはいわゆる「根性論」がたびこり、「飲まないこと」によって死者が出た。水分不足認識期で水分補給の重要性が認識され始めたが、水分補給を意識し過ぎた水分過剰期には、逆に「飲み過ぎ」によって死者が出た。その後の水分過剰認識期を経て現在、水分補給において最も大切なことは、「個人に適切な水分補給」となった。

Ⅲ. 海外で推奨される運動時の水分補給法

1) 水分評価法

さて、自分に合った水分補給プログラムを作成するためには、まずは良い水分状態で運動を始められたか、そして運動終了時まで良い水分状態が維持できたかを評価する必要がある。水分状態の評価には血液を用いた指標が信頼できるが、ほとんどの人の場合には現実的ではなく、現場において、比較的安価で、簡単に評価する方法としては、尿を用いたものが推奨される^{9,10,15,28,32,36,37)}。1.020g/ml 未満の尿比重と 700mOsmol/kg 未満の尿浸透圧は、それぞれ良い水分状態であることを示す。しかし注意しなくてはならないのは、尿のサンプルが必ずしもその時の体の状態を反映しないということである。脱水状態のときに大量の低浸透圧飲料を飲んだ場合、体は水分状態が回復する前に大量の尿を生成し、水分を排泄してしまう。このとき、まだ脱水状態であるにもかかわらず、尿の指標は良い水分状態を示すことになる恐れがある³⁹⁾。

運動中の急激な水分状態の変化を把握する

には、体重の測定が適している。汗の比重は約 1.0g/ml であるため、体重変化をそのまま体液量の変化と考えることができる。脱水により筋力や持久力のような身体的パフォーマンス^{14,18-20,30,33)}と、注意力や集中力、反応時間と言った認知的パフォーマンス^{23,29,35,38)}が低下することが分かってきているが、その境界は体重の 2% に相当する脱水とされている。そのため、水分補給の目的は水分および電解質の過度のアンバランスを防ぐこと、つまり、水分に関しては体重減少を 2% 以下に抑えることである。

良い水分状態で運動を始めるための、個人レベルで行える水分評価法として、GSSI は体重測定 (Weight) に加えて、喉の渇き (Thirst) と尿の色 (Urine) を用いる「WTU ベン図」という指標を提案している¹⁵⁾。これは、起床後の朝一番の尿の観察と、排尿後の体重計測を行い、3つの簡単な質問、1) 昨日の朝と比べて、今朝の体重ははっきりと低かったか、2) 喉が渇いているか、3) 朝の尿は暗い黄色だったか、を用いて水分を評価する方法である。2つ当てはまればやや脱水している可能性が、3つ全て当てはまればかなり脱水している可能性があると言われる。しかし、長期的な体重制限のある競技などにおいて、慢性的な脱水状態にある場合には、評価を誤る可能性がある。また、先にも述べたように、尿の指標がかならずしもその時の水分状態を示さないことを考慮するべきである。

尿指標は比較的現実的であると言っても、毎日続けるにはやや困難で、WTU ベン図は基準値を決定しないと信頼性に欠ける。時折尿指標による客観的な評価と照らし合わせながら、WTU ベン図による評価を毎日記録するのが望ましいだろう。

2) 運動時の水分補給

以下の内容は 2007 年改訂の ACSM position stand⁸⁾ より「FLUID REPLACEMENT (384-386)」の内容と、その注意点をまとめたものである。

運動前

前回の運動後に十分な水分と食事、そして回復時間 (8～12 時間) が与えられたなら、すでに体は限りなく十分な水分状態であり、運動前

の水分補給は必要がないとされている。しかしそうでない場合には、積極的な水分補給が必要となる。最低でも4時間前から少しずつ(5～7ml/kg程度)飲み始め、それでも尿が出なかったり尿の色が暗かったりしたら、2時間前に追加で3～5ml/kgをゆっくり飲むことが推奨される。

運動中

運動中の水分補給に関しては、具体的な摂取量は記載されず、注意点として2つ、「発汗量を超えないこと」「体重の2%以上脱水しないこと」が挙げられるのみである。そのためアスリート達は個人的に「発汗量」と「体重」を管理し、そこから個別のプログラムを作成することが求められる。基本となる体重は先に述べたように、毎朝起床後に記録をつけるようにする。特定運動時の発汗量も、その運動の前後の体重と、運動中の飲料の摂取量を記録することで算出できる。ここでの注意点は、衣服に染みこんだ汗を除外することである。体重測定の際の方法としては、両測定前にシャワーを浴びた後タオルドライをし、両測定で同じ重さの衣服を着用することである。理想的には、運動中の飲料以外の摂取と排尿の記録や、運動による発汗が十分におさまってからの計測をしたい。これにより、運動中の発汗量は単純に、運動前の体重－運動後の体重＋水分摂取量(±その他の要因)で表すことができる。摂取量の範囲は発汗量が最大値となり、最低値は結果的に脱水が2%を超えない数値 $\text{発汗量} - \text{体重} \times 0.02 \div \text{運動時間}$ となる。例えば、体重が80kgで1.5L/hの発汗量の運動を2時間行う場合、実際の水分補給プログラムは0.7～1.5L/hとなる。

ACSMの推奨する水分補給の個別プログラムの作成は、各競技種目のトレーニングと同様に「plan → do → check」のサイクルを前提としている。暑熱環境下における熱障害を予防するためには、暑熱期間に入る前から継続的に、環境や練習内容、水分摂取量、発汗量などの記録を取り、あらかじめ適切な飲水量を見積もっておくことが望ましい。

運動後

運動後の水分補給は、時間があるならば十分

な水分と通常の食事とに合わせることができるとされている。次の運動まであまり時間が取れない場合には、大量の水分摂取に伴う尿生成の増加を相殺するために、体重減少1kgあたり1.5Lの水分を摂ることが推奨されている。この推奨値に関しては、Beltramiらは血中のナトリウム濃度を薄め、低ナトリウム血症を促進する恐れがあると指摘しており、個人の体格やその運動での発汗量により飲む量には注意が必要だろう¹¹⁾。そして、適切な量のナトリウムが補給できないと水分状態の回復が妨げられるため、スポーツドリンクの利用や、少量の塩分を追加した軽食を摂ることが有効とされる。

Ⅳ. 日本における運動習慣のある若年成人の水分補給の現状と課題

1) 水分補給ガイドラインの現状

日本国内での水分に関する情報の発信源としては、環境省や厚生労働省、日体協、そして各スポーツ飲料のメーカーなどがある。熱中症の予防に関して参照されるのは、主に環境省の「熱中症環境保健マニュアル(平成17年発行、平成21年第4回改訂)」²⁾と日体協の「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック(平成11年発行、平成16年改訂)」⁴⁾である。両方をまとめると、水分補給のための休憩は15～30分ごとに摂ること、競技前は250～500ml/h、競技中は500～1000ml/hのペースで水分を摂取すること、運動が3時間以上持続する場合には塩分を必ず補給し、その濃度は食塩0.1～0.2%とすることなどが推奨されている。摂取量としてblanket rangeを挙げているが、環境省はコラムとして低ナトリウム血症について触れ、日体協は発汗量の70～80%の補給を目標にすることと、起床後および運動前後に体重を計り、体重減少を2%以下に抑えるようにとしている。飲料に含まれる塩分の濃度の表現としては、ナトリウム量(mg/dl)、食塩濃度(%), ナトリウム濃度(mmol/L, mEq/L)が用いられるが、主に食塩0.1～0.2%の濃度が推奨され、ナトリウムの表示では100ml当たり40～80mgに相当することが補足として書かれている。

2) 運動習慣のある若年成人の水分補給の実際

以上が海外での運動時の水分補給に関する動

向の要約と、日本におけるガイドラインであるが、それでは実際の日本の運動習慣のある若年成人の行動はどうであろうか。結論から言うと、水分補給に対する意識が非常に低い、と思われる。大学生を対象とした著者らの調査では、練習時には対象者の約 70% が「水を飲む」と回答した (図 2)⁵⁾。スポーツドリンクではポカリスエットが一番飲む人の割合が高かったが、約 34% にとどまった。試合時には水を飲む人の割合は約 35% まで減少し、ポカリスエットとアクエリアスを飲む割合が増える傾向にあり、試合時には練習時よりも積極的に電解質を摂ろうとすることが示唆された。

これには主にふたつの原因が考えられた。ひとつは経済的な問題である。粉末から作る場合でも、全ての練習のためにスポーツドリンクを購入することは、学生には大きな負担となるようである。練習場の近くに冷水機が設置されている場合には水を飲む人の割合が増えるが、部活で提供される場合には練習時でも 100% の割合でスポーツドリンクが飲まれていた。しかし部活でスポーツドリンクを提供する場合にも、理由は定かではないが、およそ 2 倍に薄められることが多いようである。

もうひとつは味の問題である。暑熱下長時間の発汗量の多い運動では、フレーバーのある水や糖質および電解質を含んだ飲料はただの水より

り摂取量が多く、自発的脱水を抑制する可能性があることや、エネルギーの指標となる「甘味」に敏感になるということが示されているが³⁾、それでも「市販スポーツドリンクは甘すぎて飲みにくい」という声を非常によく耳にする。飲料の濃度に関しては、糖分濃度と浸透圧の二方向からのアプローチがあるが、このふたつは両立が非常に難しい。パフォーマンス維持のための糖分濃度として、ACSM は「約 5 ~ 10%²⁴⁾」、「約 30 ~ 60g/h^{16,17)}」、「30 ~ 80g/h⁸⁾」、「6 ~ 8%⁸⁾」などと様々な表現をしており⁸⁾、強く推奨している数字は未だない。著者らの調査⁵⁾で最も飲まれていたスポーツドリンクに従い糖分濃度を 6 ~ 7% とすると、浸透圧は高くなり過ぎてしまう。ヒトの体液と同じ浸透圧 (アイソトニック) とは、厳密には 280mOsm/kg であるが、吸収効率の良い浸透圧は同じかやや低め (ハイポトニック) の 270mOsmol/kg 程度と言われている。糖分濃度の高い飲料の浸透圧は 300mOsmol/kg を超えてしまうため、「体液に近い」という意味でアイソトニック飲料と謳ってはいるが、実際には「ハイパートニック (体液より高い浸透圧)」に分類されるべきだろう。

薄めると何が問題となるのか、それは塩分濃度である。ヒトは汗と共にミネラルも損失し、そのため運動中には水分だけでなくミネラルも

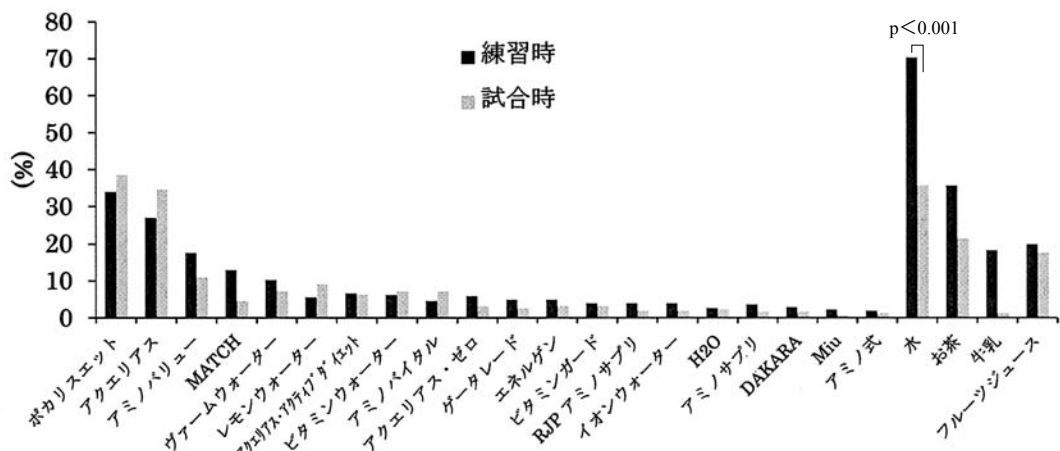


図 2 日本の運動習慣のある学生が運動時に飲む飲料

T 大学体育会系に所属する運動部員 305 名を対象に、運動時に飲んでいる飲料の種類について複数回答可で調査を行った。水を飲んでいる人の割合が、試合時の約 36% に対し、練習時は約 70% と有意に高かった ($p < 0.001$)。

補給しなくてはならない。ここまでは周知の事実であるが、実際のその量を把握している人がどれだけいるだろうか。ヒトの汗のナトリウム濃度が平均約 35mEq/L (10 ~ 70mEq/L) である⁸⁾のに対して、現存のスポーツドリンクのうち最もナトリウム濃度の高いものでも約 20mEq/L と、塩分の補給を目的とするなら十分とは言えない濃度である。さらにそれを 2 倍に薄めていけば、ナトリウム濃度が約 10mEq/L となり、多くの対象者が主に水を飲用していることも併せると、ほとんどの対象者が塩分に関して正しい知識を持っておらず、運動中に十分な塩分の補給ができていないと考えられる。

体液はその量ではなく、濃度によって調整される。汗は血液から作られるが、含まれるミネラルが体表面へ排出されるまでに再吸収されるため体液よりも低浸透圧となり、大量の発汗による脱水状態では体液は高浸透圧状態となる。そのため体液の浸透圧が高浸透圧から正常に向かうまでは水やお茶でも有効であるが、それ以上は体液が薄まっていき、いくら飲んでも濃度調整のために脱水が促されてしまう（自発的脱水）。

以上のことから、全国レベル、国際レベルのアスリートを含む運動習慣のある若年成人でさえ水分補給に対する意識・知識は十分でないことが想像でき、大量の発汗を伴う運動時にはパフォーマンスの低下を伴う脱水状態となりやすいことが予想される。

3) 今後の課題

運動時の水分補給が蔑ろにされていた時代から、スポーツ科学の進歩とともに水分の不足の危険性を認識し始めた時代、逆に水分を摂り過ぎた時代とその後の大きな転換期を経たのち、現在の「個人単位の細かな管理が必要」という至極シンプルな答えに至った。日本においても熱中症予防のためのマニュアルや、運動時の水分補給に関するガイドラインが作成され、また飲料メーカーからはそれぞれ「水分補給に適した」と主張される様々なスポーツドリンクが販売されている。しかし、実際に運動習慣のある若年成人たちが自己管理のために十分な知識を持っているとは考えにくく、身近な通説に流されて行動していることが懸念される。

近年の研究は、吸収効率の良い飲料の開発や、パフォーマンスを維持するための飲料の組成の解明など、「摂取後効率」を重視したものが主流である。しかし「水分補給効率」とは「摂取後効率」と同様に、「消費者が摂取後効率の良い飲料を選択する」という「摂取前効率」も重要である。いくら理想的な飲料の組成が解明され、性能の良い飲料が開発されても、消費者が購入時に自分の目的に合った飲料を選択できないなど、適切に判断するための知識を持っていなければ、適切な水分補給はなされない。つまり、「無料で楽だから水を飲む」「必要と思わないから何も飲まない」という判断がされてしまう。

Kenefic²⁶⁾ は暑熱環境下の労働者の半分が適切でない水分状態で働いていることと、水分補給について教育することで良い水分状態が維持されることを示した。Manz³¹⁾ はドイツにおいても、現在是否定されているにもかかわらず、「過去に正しいとされた通説」が蔓延しており、それら文化的背景も考慮して政策を進めるべきだと主張している。

日本の運動習慣のある若年成人が適切な水分補給を行うには、まずは適切な塩分の摂取のために、異なる種目や運動歴など様々な状況における汗の塩分濃度の、より多くの日本独自のデータが必要である。そしてそれと同時に、適切な自己管理のためにどのような知識が必要かの検討、実際の現場での指導と行動や、どの程度の知識があるのかなどを調査、改めて日本の現状を把握し、わずかな脱水によるパフォーマンスの低下から重度の脱水による熱中症まで予防するための水分補給、また、実際の事例を交えた飲み過ぎの危険性に関する指導の方法を根本から見直す必要があると考える。

注

- 1) アメリカスポーツ医学会から出された、スポーツ医学と運動科学に関する公式な声明。本総説ではとくに 1996 年と 2007 年に発表された水分補給に関するものに限定する。
- 2) 本総説では、「〇〇～〇〇 ml」という表現の仕方を、引用文献 11 に従い「blanket range」と呼称する。

引用文献

- 1) 橋本壽夫 (2008): 塩・話・解・題 41: 耐久レースと低ナトリウム血症. たばこ塩産業新聞.
- 2) 環境省 (2009): 熱中症環境保健マニュアルー 2009 年 6 月改訂版ー.
- 3) 本岡佑子、麻見直美 (2010): 暑熱下での屋外スポーツ活動が味覚閾値に及ぼす影響. 日本運動生理学雑誌 17: 59–66.
- 4) 日本体育協会 (財) (2006): スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック.
- 5) 麻見直美 (2008): 高強度スポーツ実施者がスポーツ飲料に求めるもの. 日本オリンピック委員会 / 日本コカ・コーラススポーツ科学基金 2008 年度研究報告書.
- 6) Almond CS, Shin AY, Fortescue EB, Mannix RC, Wypij D, Binstadt BA, Duncan CN, Olson DP, Salerno AE, Newburger JW, and Greenes DS (2005): Hyponatremia among Runners in the Boston Marathon. *N Engl J Med*: 1550–1556.
- 7) American College of Sports Medicine, Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawka MN, Senay LC Jr, and Sherman WM (1996): American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 28: i–vii.
- 8) American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, and Stachenfeld NS (2007): American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 39: 377–390.
- 9) Armstrong LE (2007): Assessing Hydration Status: The Elusive Gold Standard. *J Am Coll Nutr* 26: 575S–584S.
- 10) Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Kenefick RW, LaGasse KE, and Riebe D (1994): Urinary indices of hydration status. *Int J of Sport Nutr* 4: 265–279.
- 11) Beltrami FG, Hew-Butler T, and Noakes TD (2008): Drinking policies and exercise-associated hyponatraemia: is anyone still promoting overdrinking?. *Br J Sports Med* 42: 496–501.
- 12) Buyckx ME (2006): Hydration and Health Promotion: A Brief Introduction. *J Am Coll Nutr* 26: 533S–534S.
- 13) Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, Roberts WO, and Stone JA (2000): National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for Athletes. *J Athl Train* 35: 212–224.
- 14) Cheuvront SN, Carter R 3rd, and Sawka MN (2003): Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr Sports Med Rep* 2: 202–208.
- 15) Cheuvront SN and Sawka MN (2005): Hydration Assessment of Athletes. *GSSI Sports Science Exchange* 97: 1–8.
- 16) Coyle EF (2004): Fluid and fuel intake during exercise. *J Sports Sci* 22: 39–55.
- 17) Coyle EF and Montain SJ (1992): Carbohydrate and fluid ingestion during exercise: are there trade-offs?. *Med Sci Sports Exerc* 24: 671–678.
- 18) Devlin LH, Fraser SF, Barras NA, and Hawley JA (2001): Moderate levels of hypohydration impairs bowling accuracy but not bowling velocity in skilled cricket players. *J Sci Med Sport* 4: 179–187.
- 19) Edwards AM, Mann ME, Marfell-Jones MJ, Rankin DM, Noakes TD, and Shillington DP (2007): Influence of moderate dehydration on soccer performance: physiological responses to 45-min of outdoor match-play and the immediate subsequent performance of sport-specific and mental concentration tasks. *Br J Sports Med* 41: 385–391.
- 20) Galloway SD and Maughan RJ (1997): Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Med Sci Sports Exerc* 29: 1240–1249.
- 21) Gina Kolata (2004): *ULTIMATE FITNESS*. Picador, New York, pp.164–165.
- 22) Goodman A, Klitzman S, Lau S, Surick IW, Schultz S, Myers W, Dawson J, Smith JE, Timperi RJ, and Grady GF (1990): Exertional rhabdomyolysis and acute renal impairment—New York City and Massachusetts, 1988.

- MMWR Morb. Mortal. Wkly 39: 751–756.
- 23) Grandjean AC (2007): Dehydration and Cognitive Performance. *J Am Coll Nutr* 26: 549S–554S.
- 24) Institute of Medicine (1994): Fluid Replacement and Heat Stress.
- 25) International Olympic Committee (2003): Nutrition for Athletes.
- 26) Kenefick RW and Sawka MN (2007): Hydration at the Work Site. *J Am Coll Nutr* 26: 597S–603S.
- 27) Knochel JP (1975): Dog Days and Siriasis: How to Kill a Football Player. *JAMA* 233: 513–515.
- 28) Kovacs EMR, Senden JMG, and Brouns F (1999): Urine color, osmolality and specific electrical conductance are not accurate measures of hydration status during postexercise rehydration. *J Sports Med Phys Fitness* 39: 47–53.
- 29) Lieberman HR (2007): Hydration and Cognition: A Critical Review and Recommendations for Future Research. *J Am Coll Nutr* 26: 555S–561S.
- 30) MacGregor SJ, Nicholas CW, Lakomy HK, and Williams C (1999): The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. *J Sports Sci* 17: 895–903.
- 31) Manz F (2007): Hydration in Children. *J Am Coll Nutr* 26: 562S–569S.
- 32) Maughan RJ and Shirreffs SM (2008): Development of Individual Hydration Strategies for Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 18: 457–472.
- 33) Murray B (2007): Hydration and Physical Performance. *J Am Coll Nutr* 26: 542S–548S.
- 34) Noakes T and Martin DE (2002): IMMDA-AIMS Advisory statement on guidelines for fluid replacement during marathon running. *New Studies in Athletics* 17: 15–24.
- 35) Petri NM, Dropulic N, and Kardum G (2006): Effects of voluntary fluid intake deprivation on mental and psychomotor performance. *Croat Med J* 47: 855–61.
- 36) Popowski LA, Oppliger RA, Patrick Lambert G, Johnson RF, Kim Johnson A, and Gisolf CV (2001): Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Med Sci Sports Exerc* 33: 747–753.
- 37) Shirreffs SM and Maughan RJ (1998): Urine Osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1598–1602.
- 38) Shirreffs SM, Merson SJ, Fraser SM, and Archer DT (2004): The effects of fluid restriction on hydration status and subjective feelings in man. *Br J Nutr* 91: 951–958.
- 39) Shirreffs SM, Taylor AJ, Leiper JB, and Maughan RJ (1996): Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med Sci Sports Exerc* 28: 1260–71.