

# 運動時脱水回復に及ぼす給水方法の影響

京都女子大学 中井 誠 一

(共同研究者) 京都工芸繊維大学 芳田 哲也

京都府立医科大学 森本 武利

## **Analysis of the Rehydration Process during Physical Training in Hot Environment**

by

Seiichi Nakai

*Kyoto Women's University*

Tetsuya Yoshida

*Kyoto Institute of Technology*

Taketoshi Morimoto

*Department of Physiology Kyoto Prefectural University of Medicine*

### **ABSTRACT**

The relationship between environmental factors and water balance during training of baseball, handball, soccer and American football was analyzed. The environmental factor was assessed in terms of WBGT (wet-bulb globe temperature).

During physical training, a commercially available sports drink was provided. The sweat rate and the amount of water intake were significantly correlated with WBGT in each physical training. By replenishing body fluid with water intake body weight was well maintained irrespective of WBGT. Body weight loss was significantly decreased with the increase of rehydration rate (fluid intake / sweat loss).

The effect of free fluid intake on the rate of rehydration was compared between sucking through a straw and drinking out of a

cup during fencing training : the rate of rehydration was 59.3% with cup and 36.6% with straw on averages.

These results indicate that both sweat loss and water intake during exercise increase with WBGT, and that body weight loss is maintained at a fairly constant level during exercise with free water intake. The results indicate that rate of rehydration is influenced by the accessibility to fluid, along with the pattern of physical training and the tools to provide fluid together with the knowledge on the importance of fluid replacement to maintain work performance and to prevent heat casualty.

## 要 旨

スポーツ練習時（野球，ハンドボール，サッカー，アメリカンフットボール）の環境温度と水分出納（発汗量，飲水量，体重減少量）の関係を検討した。練習中市販スポーツドリンクを供給した。発汗量と飲水量はWBGTの上昇に伴い増加した。水分を摂取することにより体重減少量はWBGTと相関関係を示さなかった。体重減少量は発汗量と飲水量から求めた水分補給率との間には負の相関関係が認められた。

フェンシング練習時に，ストローで給水した場合とコップで給水した場合の水分補給率を比較すると，ストロー給水は36.6%であるが，コップ給水は59.3%で高値であり，水分の投与方法にも注意が必要である。これらの結果から，発汗量と飲水量はWBGTの上昇に伴い増加するが，体重減少量は自由飲水において，おおむね一定に保たれる。水分補給率は練習形態，供給の用具，あるいは水分摂取の利点，ならびにその必要性についての知識等，ならびに練習中に選手が飲水容器に近づきやすい条件により影響を受けることが示された。

## 緒 言

近年，各種スポーツ競技大会が高温環境下で実施されることが多くなり，高温環境下での運動に対する対策（たとえば衣服，暑熱下トレーニング，水分補給等）に関心もたれている。

高温環境下におけるスポーツ活動時，あるいは身体運動時には運動筋への血流量が増加するだけでなく，体温調節反応として皮膚血流量が増加するとともに発汗が生じる。発汗による体液の損失は運動能力の低下を招くだけでなく，暑熱障害すなわち熱中症の誘因となる。したがって，運動時の水分補給は熱中症予防や運動能力の低下を防ぐために，きわめて重要である<sup>5,6,9-12)</sup>。また，運動時の水分補給が体温の上昇を抑制すること等の効果についての報告<sup>1,4,10,18,19)</sup>や，水分補給量のガイドライン等も報告されている<sup>2,3,7,8)</sup>が，熱中症の予防や運動能力の低下を防ぐためには，運動中の発汗量に見合った水分補給の方法について検討することが重要である。

すでに著者らは，運動時にスポーツドリンクと水道水を供給した場合の飲水量についての実態調査から，練習中には発汗量に見合った水分は補給されておらず，スポーツドリンクも水道水を供給

した場合には水分補給割合が異なることを報告した<sup>15)</sup>。また、その際には体重減少量すなわち脱水量に差が生じることを報告した<sup>17)</sup>が、給水の条件により水分補給割合が異なり、運動中の脱水回復程度も異なることが考えられる。

そこで本研究においては、夏季運動場において各種の運動部の運動選手について飲水行動を観察し、運動の種類ならびに給水方法が水分補給率および体重減少量に及ぼす影響について比較し、それぞれの運動における給水方法について検討した。

## 1. 方 法

### 1.1 調査方法

練習時に自由飲水を実施している大学運動部を対象として、練習時に調査日を設定して、練習時の環境温度と体重減少量、飲水量および発汗量を調査した。

#### 調査1) 自由飲水による水分補給率の調査

調査対象は表1に示す4種目の運動であり、被験者は各種目14名ないし20名の大学生である。表1のグループ(G\*)分けて示すごとくIからVのグループに分けた。すなわち、アメリカンフットボールは水道水を供給した場合とスポーツドリンクを供給した場合に分けた。野球およびサッ

カーは2年ないし3年にわたる調査であるが、同一大学の運動部であり、練習形態などに大きな差がみられないので1つのグループとしてとりまとめた。

#### 調査2) ストローとコップによる給水条件の比較

大学フェンシング部員(男子16名)を対象として、自由飲水の際にスクイズボトルからストローを用いて飲水する場合(以下ストロー給水)とボトルのキャップをはずしてコップ状で飲水する場合(以下コップ給水)の水分補給率を調査した。

#### 調査3) 自由飲水と30分ごとの給水による比較

大学野球部員(男子6名)を対象として、自由飲水(以下自由飲水)と30分ごとに強制的に飲水する場合(以下強制飲水)について調査した。

### 1.2 測定項目

測定項目は(1)発汗量(練習前後の体重差)、(2)飲水量、(3)練習時間、(4)環境温度(乾球温度、湿球温度、黒球温度およびWBGT)である。また、発汗量と飲水量から水分補給率を求めた。

#### 1.2.1 発汗量の測定

練習前後において半裸体状態(パンツ1枚)で体重を測定した。体重計はデジタル体重計(A &

表1 調査対象の運動種目と被験者の身体特性

運動種目	G*	人数	年 齢	身長 (cm)	体重 (kg)	回数	調査年	飲 料
アメリカン フットボール	I	14	19.3±0.6	177.2±6.6	72.1±8.3	6	1986	水道水
	I	15	19.0±0.5	177.9±5.1	71.8±6.8	7	1988	水道水
	II	15	19.0±1.0	176.3±5.8	78.4±8.6	19	1989	スポーツ飲料
野 球	III	15	19.4±1.0	172.4±7.5	60.0±7.1	5	1991	スポーツ飲料
	III	15	20.9±1.0	174.4±4.9	64.6±7.5	3	1992	スポーツ飲料
	III	14	20.8±1.0	174.2±5.0	64.1±7.6	6	1992	スポーツ飲料
サッカー	IV	20	20.5±1.4	171.0±5.3	64.3±6.8	5	1991	スポーツ飲料
	IV	14	21.4±1.1	171.0±3.8	65.3±5.4	4	1992	スポーツ飲料
ハンドボール	V	14	20.2±1.7	170.6±5.2	61.7±5.5	9	1993	スポーツ飲料

G\*: グループ

D, UC-300, 最小表示 50 g) を用いた。発汗量は練習前後の体重と飲水量から次式で算出した。

$$\text{発汗量} = (\text{練習前体重} + \text{飲水量} - \text{練習後体重})$$

発汗量は、練習時間や調査対象者の体重がそれぞれ異なるので、単位時間、体重 1 kg あたり (g/kg・h<sup>-1</sup>) であらわした。なお、時間あたりの発汗量の算出に用いる時間は、練習前の体重測定から練習後の体重測定までの時間とした。

### 1.2.2 飲水量の測定

飲水は指定の飲料 (スポーツ飲料) を被験者ごとの個人用ボトルを用いて自由摂取させ、飲水前と飲水後のボトル重量の差から飲水量を求めた。なお、用いたスポーツ飲料は粉末状の市販用ポカリスエット (大塚製薬) で、濃度についてはとくに規制しなかったが、規定の濃度の 2 倍に溶解したものをを用いる場合が多かった。また、飲料の温度についても統一しなかったが、氷を入れることにより飲みやすい状態で供給した。

### 1.2.3 環境温度の測定

運動の練習時間は 2 時間から 3 時間、運動種目によってはそれ以上に及ぶため、環境温度は 30 分ごとに測定し、求められた値の平均値をもってその日の環境温度として検討を行った。

乾球温度と湿球温度の測定は August 温度計を、黒球温度の測定は黒球の大きさが直径 6 インチの黒球温度計を用いた。また、同時にリアルタイムで WBGT が表示される WBGT 計 (京都電子工業) を併用した。WBGT の算出は以下の式によって求めた。

(屋外で日光照射のある場合)

$$\text{WBGT} = 0.7 \times (\text{湿球温度}) + 0.2 \times (\text{黒球温度}) + 0.1 \times (\text{乾球温度})$$

(屋内で日光照射のない場合)

$$\text{WBGT} = 0.7 \times (\text{湿球温度}) + 0.3 \times (\text{黒球温度})$$

なお、これらの環境温度の測定は著者らが従来行っている方法<sup>5,13-16)</sup>に準じて実施した。

## 2. 結 果

### 2.1 自由飲水による水分補給率

4 種目 5 グループについて、発汗量と飲水量から練習中の水分補給率を調査した。図 1 には、野球練習時の 1992 年 7 月と 8 月に測定した 6 日間の結果を示した。図の下段には体重減少量、飲水量と発汗量を調査日ごとの平均値と標準偏差を被験者数とともに示した。また、図上段には WBGT を示した。

これらの測定値 (調査日ごとの平均値) と環境温度 (WBGT: 練習時間内の平均値) の関係を図 2 (上段) に示した。体重減少量、飲水量および発汗量はそれぞれ単位時間、体重 1 kg あたり (g/kg・h<sup>-1</sup>) で示した。飲水量および発汗量は環境温度 (WBGT) と有意な相関関係が認められるが、体重減少量には有意な相関関係は認められず、環境温度の変化とは関係なくほぼ一定の値 (2.01 ± 0.43 g/kg・h<sup>-1</sup>) を示した (文献 17) に既報)。

図下段には、その際の飲水量と発汗量の関係を

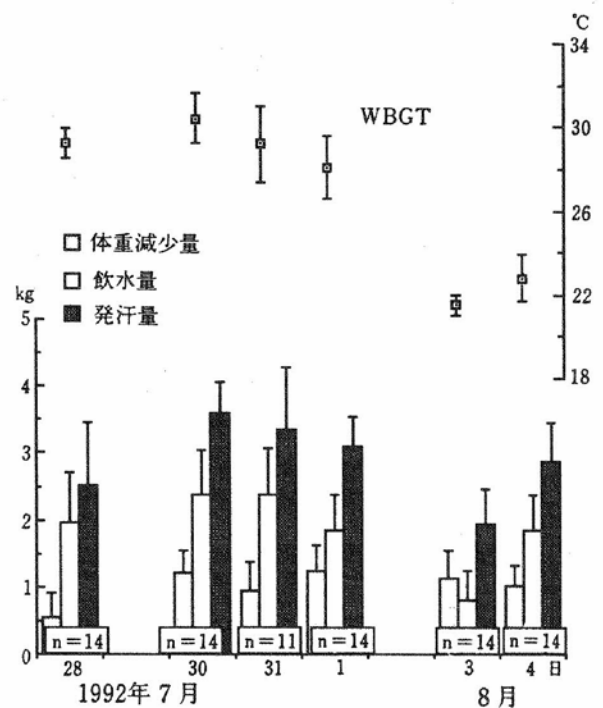


図 1 野球練習時の体重減少量、飲水量、発汗量と環境温度 (WBGT)

各個人の値について示したものである。発汗量に対する飲水量を示すもので、回帰直線の回帰係数（この場合は0.924）が発汗量に対する水分摂取量の割合になり、水分補給率とした。野球の場合の水分補給率は92.4%であった。

図3は、サッカーとハンドボール練習時の環境温度（WBGT）と体重減少量、飲水量および発汗量の関係である。野球の場合と同様に、飲水量および発汗量は環境温度（WBGT）と有意な相関関係が認められるが、体重減少量には有意な相関関係は認められず、環境温度の変化とは関係なく一定の値で、サッカーでは $4.62 \pm 2.18 \text{ g/kg} \cdot \text{h}^{-1}$ であり、ハンドボールでは $6.93 \pm 1.01 \text{ g/kg} \cdot \text{h}^{-1}$ であった。

これらの2種目について水分補給率を示す飲水量と発汗量の相関関係を図4に示した。それぞれ

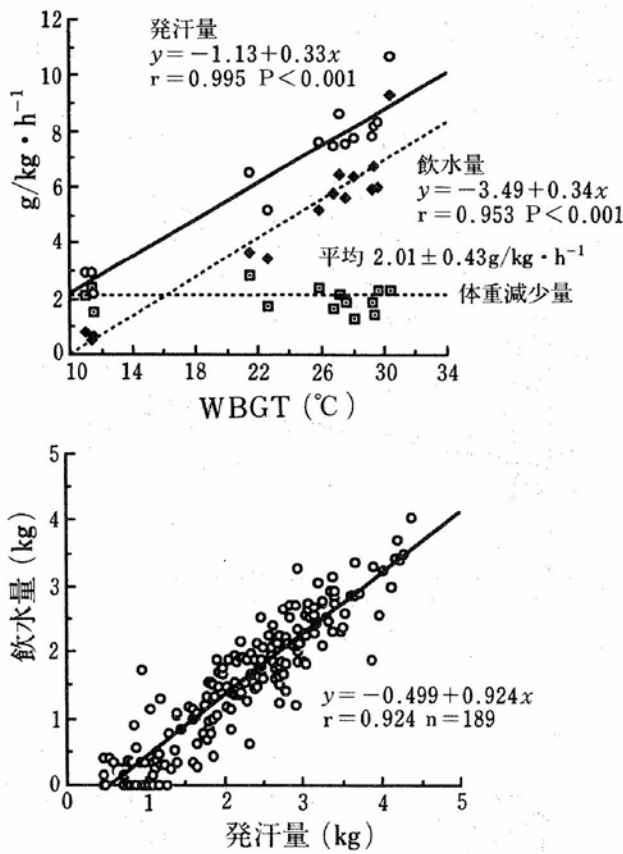


図2 野球練習時の WBGT と体重減少量、飲水量、発汗量の関係（上段）と水分補給率（下段）

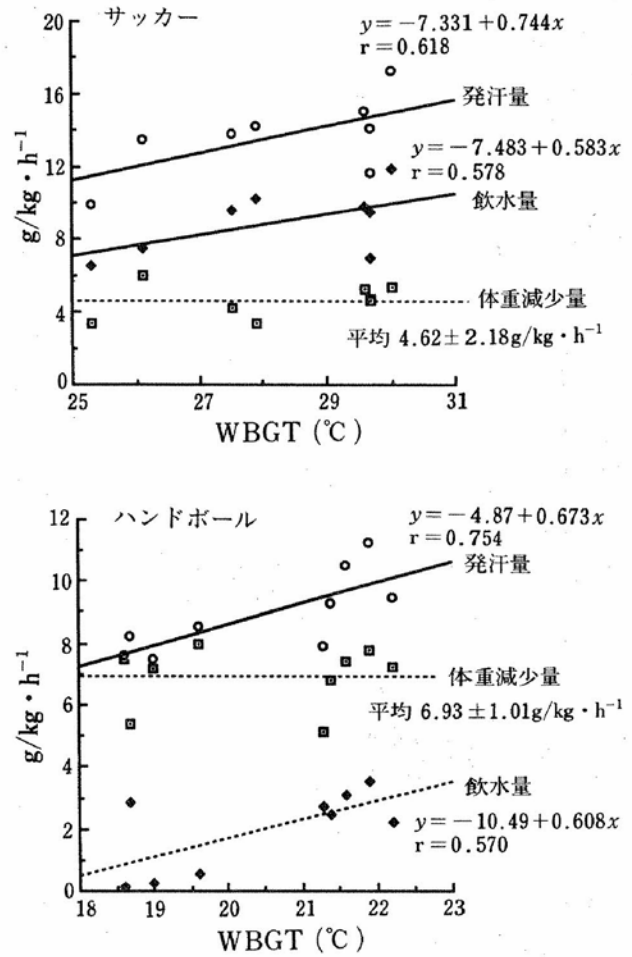


図3 サッカー、ハンドボール練習時の WBGT と体重減少量、飲水量、発汗量の関係

表2 運動中の飲水量（ $y$ ）と発汗量（ $x$ ）の関係と体重減少量

種目	回帰式	相関係数	例数	体重減少量*	飲料
アメフト	$y = -0.183 + 0.609x$	0.731	141	4.96	水道水
アメフト	$y = -0.332 + 0.771x$	0.711	264	4.11	スポーツ飲料
野球	$y = -0.499 + 0.924x$	0.925	189	2.01	スポーツ飲料
サッカー	$y = 0.163 + 0.584x$	0.623	121	4.62	スポーツ飲料
ハンドボール	$y = -0.131 + 0.350x$	0.570	120	6.39	スポーツ飲料

アメフト：アメリカンフットボール  
\*：g/kg体重・h<sup>-1</sup>

有意な相関関係が認められ、回帰直線の回帰係数から水分補給率はサッカーでは発汗量の58.4%で、ハンドボールでは35.0%であった。

各運動種目の練習中の飲水量と発汗量の相関係数、および回帰直線と体重減少量を表2に示した。アメリカンフットボールについては、文献17)に報告したものである。回帰係数から水分補給率は野球が92.4%で最高値を示し、ハンドボールが35.0%と最低値を示した。体重減少量も野球が最も低く、 $2.01 \text{ g/kg} \cdot \text{h}^{-1}$ であり、ハンドボールは $6.93 \text{ g/kg} \cdot \text{h}^{-1}$ であった。

この表に示された水分補給率と体重減少量の相関関係を図5に示した。図のように、水分補給率

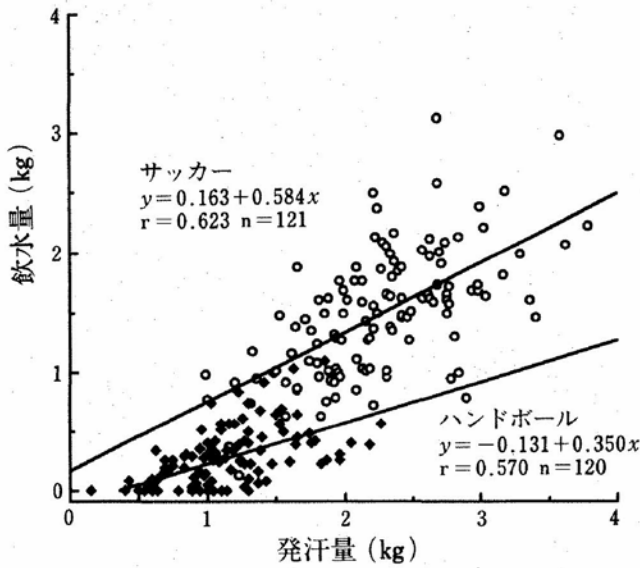


図4 サッカー、ハンドボール練習時の水分補給率

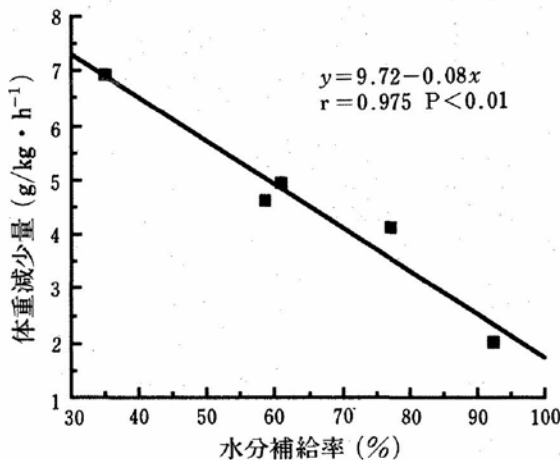


図5 水分補給率と体重減少量の関係

の低下に伴い体重減少量が増加する負の相関関係(1%の危険率)が認められた。

## 2.2 ストローとコップによる給水条件の比較

男子大学フェンシング部員を対象として、練習時にスクイズボトルからストローを用いて飲水する場合(以下ストロー給水)は11日間、ボトルのキャップをはずしてコップ状で飲水する場合(以下コップ給水)は9日間の練習について、水分補給率を調査することができた。

図6の上段がストロー給水、下段がコップ給水

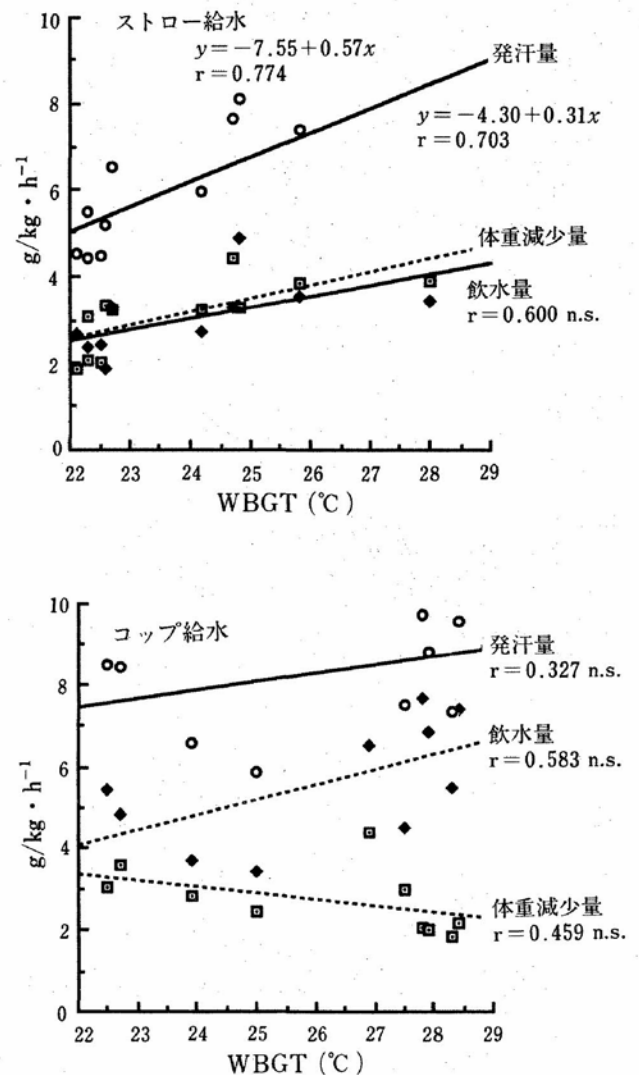


図6 フェンシング練習時のWBGTと体重減少量、飲水量、発汗量の関係 —ストローによる給水(上段)とコップによる給水(下段)—  
n. s.: 有意性なし



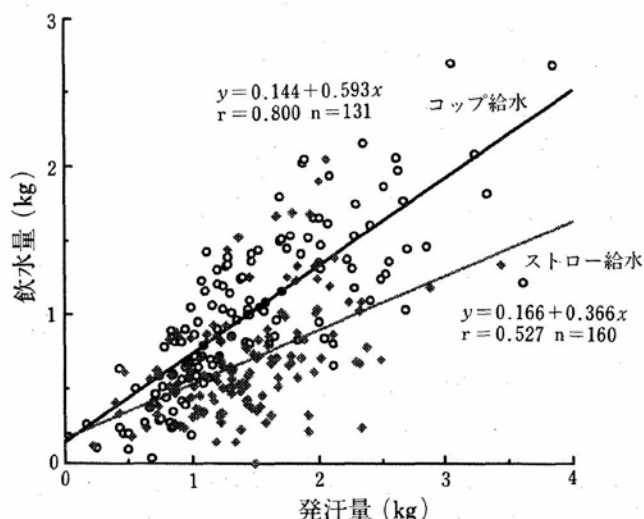


図7 フェンシング練習時の水分補給率  
—給水方法の比較—

時の環境温度 (WBGT) と体重減少量, 飲水量および発汗量の関係を示した。上段のストロー給水では, 発汗量と体重減少量は環境温度 (WBGT) と有意な相関関係 (1% および 5% の危険率) が認められるが飲水量は有意な相関関係は認められない。また, コップ給水においては, いずれの項目も有意な相関関係は認められないが, 体重減少量は環境温度の増加にともないストロー給水では増加傾向にあり, コップ給水では減少傾向を示している。

これら 2 条件での水分補給率を示す, 飲水量と発汗量の相関関係を図 7 に示した。これらの関係にはそれぞれ有意な相関関係が認められ, 回帰直線の回帰係数による水分補給率はコップ給水が 59.3% で, ストロー給水が 36.6% であり, コップ給水がストロー給水よりも補給率が高いことが示された。

### 2.3 自由飲水と 30 分ごとの給水による比較

男子大学野球部員 6 名を対象として, 練習時に自由飲水の日 (以下自由飲水) と 30 分ごとに強制的に飲水する日 (以下強制飲水) を設定して飲水量および発汗量等を調査した。表 3 には各測定値の平均値と標準偏差を示し, 2 条件について比較した。環境温度は両条件間に差は認められないが練習時間は自由飲水では 269.0 ± 2.0 分, 強制飲水では 287.6 ± 0.5 分で統計的に有意な差が認められた。そこで, 発汗量, 飲水量と体重減少量は単位時間あたり, 体重 1 kg あたりで示した。

これらの項目で統計的に有意な差が認められたのは発汗量だけで, 他の測定値については条件間で差は認められなかった。飲水回数は強制飲水が 7 回, 自由飲水が 3 回ないし 4 回であり, 飲水量も高値を示すが統計的には差は認められなかつ

表 3 野球練習時の飲水条件による発汗量と飲水量

測定項目	飲水条件		
	自由飲水	群間差	強制飲水
発汗量 (g/kg・h <sup>-1</sup> )	7.178 ± 1.094	P < 0.01	9.134 ± 0.935
飲水量 (g/kg・h <sup>-1</sup> )	4.171 ± 1.363	n.s.	5.656 ± 0.994
体重減少量 (g/kg・h <sup>-1</sup> )	3.007 ± 0.706	n.s.	3.478 ± 1.625
飲水量/発汗量 (%)	57.29 ± 11.16	n.s.	62.78 ± 14.24
飲水回数 (回)	3 ~ 4		7
1 回飲量 (kg/回)	0.342 ± 0.124	n.s.	0.261 ± 0.058
尿量 (ml)	160 ± 43	n.s.	183 ± 98
WBGT (°C)	28.3 ± 1.6	n.s.	28.3 ± 2.1

強制飲水は 30 分ごとに飲水  
n.s.: 有意性なし

た。しかし、飲水量を飲水回数で除した1回の飲水量は、強制飲水時には低値を示した。また、尿量も強制飲水時には高値を示すが、差は認められなかった。

### 3. 考 察

著者らは、アメリカンフットボールおよび野球練習時の飲水量の実態調査から、練習中には発汗量に見合った水分は補給されていないこと、スポーツドリンクと水道水を供給した場合には水分補給割合が異なることを報告した<sup>15)</sup>。また、その際には体重減少量すなわち脱水量に差が生じることを報告した<sup>17)</sup>。

近年、運動時の水分補給量のガイドライン等も報告されている<sup>2,3,7,8)</sup>が、運動現場での実態を把握することも重要と考えられる。とくに運動の種類、練習形態により補給割合も異なると考えられる。発汗量は環境温度や運動強度の影響を強く受ける。とくに運動場（グラウンド、体育館）の環境温度は気温、湿度だけでなく輻射熱が高いことが特徴<sup>13)</sup>であることを考慮する必要がある。そこで輻射熱環境を考慮した温熱指数として、WBGT (wet-bulb globe temperature ; 湿球黒球温度) が熱中症予防のための温熱指標として採用されている<sup>5,14)</sup>ので、WBGTと運動時の発汗量や飲水量との関係を検討した。

4種目5グループについて練習時自由飲水条件で環境温度(WBGT)、発汗量、飲水量および体重減少量を調査した。運動種目はチーム競技の球技である。各種目とも、環境温度(WBGT)と発汗量および飲水量には、それぞれ相関関係が認められるが、体重減少量は相関関係が認められなかった。また、環境温度(WBGT)と発汗量および飲水量の相関関係の回帰直線は運動種目により異なった。

単位時間あたり、体重1kgあたりの体重減少量は運動種目により異なったが、この体重減少量

の差は発汗量に対する水分補給割合に関係する。すなわち、飲水量と発汗量の関係から求めた水分補給率と体重減少量とは有意な相関関係が認められた。運動の種目により水分補給率が異なるのは、練習形態によることが考えられる。野球で補給率が高いのは練習時間が長いこと(約4時間におよぶ)と、打撃練習などで個人ボトルの設置場所にたびたび近づくことができる。また、対象とした野球チームは飲水の効果について、選手自身ならびに監督も十分理解していることが考えられる。

ハンドボールやサッカーでは、チームプレー(連携プレー)があるため容易に飲水ができないために補給率が低値であると考えられる。体重減少量が低値であることは体液量の喪失が少ない、いわゆる脱水の程度が少ないことであり、給水の目的が達成されたことになる。

強制的に給水(30分ごとに給水)した場合には、自由飲水よりも飲水量が高値を示したが、統計的に差は認められなかった。しかし、発汗量に差がみられ体重減少量も自由飲水より高値を示した。この調査の対象は、野球チームであり、もともと水分補給率の高いチームであったために、強制飲水と自由飲水に明確な差が出なかったと考えられる。しかし、1回の飲水量は、強制飲水では低値を示し、口渇に対して被験者自身の調節機能が働いていると考えられる。

飲水量に及ぼす因子として、飲料の味および温度についても考慮する必要があるが、粉末のスポーツ飲料を提供して飲みやすい濃度(規定の濃度または2倍の濃度)にチームごとに溶解している。温度についてもフィールド調査であるために、一定にコントロールすることは困難であったが、氷を入れることにより飲みやすい状態にした。

したがって、自由飲水状態で水分補給率に影響を及ぼす要因として、練習形態、給水容器の要因



が大きいと考えられる。強制的に飲水をさせても1回の飲料を調節することがみられるので、いつでも飲水できる自由飲水の状態であれば、脱水の程度を低値にとどめることができると考えられる。

運動中の飲水の体温冷却効果についても調査する必要があるが、体重減少量を低値に止めることにより、循環血液量を保証することができるので体温調節能にも効果的と考えられる<sup>9)</sup>。また、飲水量のガイドライン<sup>2,3,5,7)</sup>も示されているが、その必要性を理解させ、また十分に水分補給を行いうる条件を設定すれば、自由飲水で水分補給の基本的目的は達成できると考えられる。

#### 4. まとめ

スポーツ練習時の環境温度と発汗量、飲水量(自由飲水)、体重減少量を4種目5チームについて観察した。発汗量と飲水量は、総合温熱指数の1つであるWBGTの上昇に伴い増加するが、水分を摂取することにより体重減少量はWBGTと相関関係を示さなかった。

発汗量と飲水量から求めた水分補給率は運動種目により異なり、練習形態により飲水率に差があると考えられる。また、飲水率と体重減少量の間には負の相関関係が認められ、飲水率を高めることにより体重減少量(脱水量)を低値に抑えることができる。ストロー給水よりもコップ給水が水分補給率は高値であり、水分の投与方法にも注意が必要である。

給水回数を増加させる強制飲水では、自由飲水よりも発汗量が高値を示したが、1回飲水量は自由飲水よりも低値であり、必要量に見合った飲水量の調節が行われていると考えられた。水分摂取量の利点ならびにその必要性を理解させ、運動練習中、十分に水分補給を行いうる条件を設定すれば、自由飲水で水分補給の基本的目的は達成できると考えられる。供給時の容器の形態と練習中に

容器が選手の近くにあることも補給率を高める条件となる。

#### 謝 辞

本稿の調査は、多くの被験者の皆さまの協力によるものである。また、花輪啓一氏(小樽商科大学)、高橋英一氏(東京農業大学)ならびに河端隆志氏(大阪市立大学)には多大な援助を賜りました。ここに記して感謝いたします。

#### 文 献

- 1) Candas, V., Libert, J. P., Brandenberger, G., Sagot, J. C., Amoros, C., Kahn, J. M.; Hydration during exercise, Effect on thermal and cardiovascular adjustments, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **55**, 113-122 (1986)
- 2) Coyle, E. F., Montain, S. J.; Benefits of replacement with carbohydrate during exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **24** (9) Supplement, s324-s330 (1992)
- 3) Gisolfi, C. V., Duchman, S. M.; Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events, *Med. Sci. Sports Exercise*, **24** (6), 679-687 (1992)
- 4) Greenleaf, J. E., Castle, B. L.; Exercise temperature regulation in man during hypohydration and hyperhydration, *J. Appl. Physiol.*, **30**, 847-853 (1971)
- 5) 川原 貴, 中井誠一, 白木啓三, 森本武利, 朝山正巳; スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 日本体育協会(1994)
- 6) Ladell, W. S. S.; The effects of water and salt intake upon the performance of men working in hot and humid environments, *J. Physiol.*, **127**, 11-46 (1955)
- 7) Maughan, R. J., Noakes, T. D.; Fluid replacement and exercise stress, *Sports Medicine*, **12** (1), 16-31 (1991)
- 8) Millard-Stafford, M.; Fluid replacement during exercise in the heat—review and recommendations, *Sports Medicine*, **13** (4), 223-233 (1992)
- 9) Morimoto, T.; Thermoregulation and body fluids: Role of blood volume and central venous pressure, *Jpn. J. Physiol.*, **40**, 165-179 (1990)
- 10) 森本武利, 三木健寿, 能勢 博, 山田誠二, 平川

- 和文, 松原周信; 発汗時の水分塩分摂取と体液組成の変化, 日生气誌, **18**, 31-39 (1981)
- 11) 森本武利; 水分摂取と塩分バランス, 臨床スポーツ医学, **4** (10), 1097-1103 (1987)
  - 12) Nadel, E. R., Forty, S. M., Wenger, C. B.; Effect of hydration state on circulatory and thermal regulations, *J. Appl. Physiol.*, **49**, 715-721 (1980)
  - 13) 中井誠一, 寄本 明, 芳田哲也, 岡本直輝, 森本武利; 運動時の暑熱障害発生と環境温度の関係—グラウンドの環境温度の観察から, 臨床スポーツ医学, **8** (1), 41-45 (1991)
  - 14) 中井誠一, 寄本 明, 森本武利; 夏季運動時温熱環境の実態と温熱指標の比較, 体力科学, **39**, 120-125 (1990)
  - 15) 中井誠一, 寄本 明, 岡本直輝, 森本武利; アメリカンフットボール練習時の発汗量と水分摂取量の対態, 臨床スポーツ医学, **10** (8), 973-977 (1993)
  - 16) 中井誠一ほか; 日本の環境温度と運動時の飲水量・発汗量に関する実態調査, 平成4年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. VIII スポーツ活動における熱中症事故予防に関する研究—第2報 (1993)
  - 17) 中井誠一, 芳田哲也, 寄本 明, 岡本直輝, 森本武利; 運動時の発汗量と水分摂取量に及ぼす環境温度 (WBGT) の影響, 体力科学, **43** (4), 283-289 (1994)
  - 18) Pitts, G. C., Johnson, R. E., Consolazio, F. C.; Work in the heat as affected by intake of water, salt and glucose, *Amer. J. Physiol.*, **142**, 253-259 (1944)
  - 19) 山田誠二, 松原周信, 能勢 博, 三木健寿, 伊藤俊之, 瀬尾芳輝, 平川和文, 森本武利; 発汗時補給水分の体温冷却効果, 日生气誌, **19** (1), 45-51 (1982)