

平成12年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.IX ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究

—第1報—

財団法人 日本体育協会  
スポーツ医・科学専門委員会



# 平成12年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

## No.IX ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究

### — 第1報 —

|       |  |
|-------|--|
| 研究班長  | 川原 貴 <sup>1)</sup>   |
| 研究班員  | 朝山 正己 <sup>2)</sup> 花輪 啓一 <sup>3)</sup> 丹羽 健市 <sup>4)</sup>    |
|       | 大貫 義人 <sup>4)</sup> 戸苅 晴彦 <sup>5)</sup> 梶原 洋子 <sup>6)</sup>    |
|       | 井川 正治 <sup>7)</sup> 田中 英登 <sup>8)</sup> 平下 政美 <sup>9)</sup>    |
|       | 中井 誠 <sup>—10)</sup> 宮側 敏明 <sup>11)</sup> 井上 芳光 <sup>12)</sup> |
|       | 倉掛 重精 <sup>13)</sup>   |
| 担当研究員 | 伊藤 静夫 <sup>14)</sup> 森丘 保典 <sup>14)</sup>                      |

### 目 次

|   |          |    |
|---|----------|----|
| 緒言  | 川原 貴     | 3  |
| 1. 北海道における空手およびサッカー練習時のWBGTおよびBMIからみた体重減少量、発汗量、飲水量の実態について   | 花輪 啓一    | 4  |
| 2. 幼児の夏期遊び時における実態調査<br>—発汗量、飲水量、脱水率、水分補給率、鼓膜温変動、活動量、WBGT—   | 田辺 実 ほか  | 14 |
| 3. 夏季におけるスポーツ少年団バレーボール練習時の飲水量、発汗量に関する実態調査                   | 丹羽 健市 ほか | 17 |
| 4. サッカー少年団の実態   | 戸苅 晴彦 ほか | 22 |
| 5. 小・中学生における夏期剣道練習時の脱水率実態調査                                 | 田中 英澄 ほか | 27 |
| 6. 高校野球に夏季大会審判活動時における飲水量の違いが血液性状に及ぼす影響                      | 平下 政美    | 32 |
| 7. 夏期サッカー練習時における環境温度、運動量、発汗量、飲水量の実態と水負債及び体温上昇量からみた生体負担度について | 森 悟 ほか   | 39 |
| 8. 夏季運動時における発汗率と水分補給率の年齢差                                   | 井上 芳光 ほか | 45 |
| 9. 夏季のカヌー練習時の環境温度、発汗量、飲水量の実態                                | 倉掛 重精 ほか | 54 |
| 10. 全国中学校軟式野球大会および柔道大会における環境温度の実態                           | 倉掛 重精 ほか | 60 |
| 11. 野球スポーツ少年団における夏期練習時の温熱生理学的検討                             | 梶原 洋子 ほか | 66 |

1) 国立スポーツ科学センター 2) 小樽商科大学 3) 北海道大学医療技術短期大学部 4) 山形大学

5) 平成国際大学スポーツ科学研究所 6) 文教大学 7) 日本体育大学 8) 横浜国立大学

9) 金城大学社会福祉学部 10) 京都女子大学 11) 大阪市立大学 12) 大阪国際女子大学 13) 大分医科大学

14) 日本体育協会スポーツ科学研究所



## 緒 言

研究班長 川原 貴<sup>1)</sup>

夏のスポーツ活動は、暑さのため消耗が激しい割には効果が上がりにくく、熱中症の危険も存在する。したがって、夏のスポーツ活動を安全に、しかも効果的にするために、暑さに対して十分な配慮がなされなければならない。現実には学業との関係から夏休みに競技会が開催されることが多く、それにともないスポーツ活動も活発に行われているが、必ずしも、暑さに十分な配慮がなされているとは言い難く、毎年熱中症死亡事故が発生している。

こうした状況から日本体育協会スポーツ科学専門委員会では、平成3～5年度に事故予防の観点から、「スポーツ活動における熱中症事故予防に関する研究班」を設置した。この研究班では、熱中症死亡事故の実態調査、スポーツ現場の環境調査と生体への影響、運動時の体温調節に関する基礎的研究等が行なわれ、その成果として「熱中症予防のための運動指針」が作成された。

また平成9～11年度には「ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究班」で、各競技における

夏期のスポーツ活動の実態調査と生体への影響を中心として、よりスポーツ現場に近い研究が行われ、夏期トレーニングのガイドブックが作成された。

しかし、これまでの研究は高校生のスポーツ活動を対象としたものが主であり、小中学生を対象とした研究資料は少なく、今後の課題として残されていた。

日本体育協会には、小中学生を対象とした少年団が加盟しており、平成11年度から大塚製薬の協賛を得て、スポーツ少年団での熱中症予防キャンペーン活動を大々的に進めている。そこで、今回、大塚製薬の協賛を得て、「ジュニア期のスポーツ活動に関する研究班」として新たな形で、研究を継続することとなった。これまでの研究は国庫等の補助金で実施してきたが、このような形での研究事業は、日本体育協会としては、初めての試みである。本研究では、体温調節の発育特性やスポーツ少年団の夏期スポーツ活動の実態と生体への影響、あるいは指導者の意識などにも注目し、多角的に究明して行く予定である。

---

1) 国立スポーツ科学センター

# 1. 北海道における空手およびサッカー練習時の WBGT および BMI から みた体重減少量、発汗量、飲水量の実態について

報 告 者 花輪 啓一<sup>1)</sup>

## I. はじめに

一般に、北国である北海道は本州の環境温度に比較して年間平均気温が低く、夏季は涼しく過ごしやすいと考えられ、暑熱による死亡事故等はないものと多くの人々に考えられている。しかし、1900年（明治33年）の札幌市の平均気温はそれぞれ8月20.9℃、9月16.1℃であった。一方、1999年の札幌市の平均気温は、8月24.9℃、9月19.7℃で、この100年間で8月は4.0℃、9月は3.6℃上昇している。さらに、熱中症事故が多発する7月、8月、9月の3ヶ月間の札幌市の平均気温は1900年では18.1℃であるのに対して、1999年では22.2℃で、この100年間で4.1℃も上昇している<sup>6)</sup>。

夏季スポーツ活動中の熱中症事故の多くは北海道を除いた各地域で多発している報告が多い<sup>2,3,9)</sup>。しかしながら、比較的北方に位置する北海道でも1967年から1994年までの28年間に熱中症事故発生件数は30件、83例発生している。うち死亡数27例、非死亡数56例である。そのうちスポーツ活動中に発生した事故件数は16件で総発生件数の53%を占めている。また死亡数では27例中12例(44%)、非死亡数にいたっては56例中53例(95%)がスポーツ活動中に起きている<sup>11,12)</sup>。このことは比較的北方に位置する北海道でも熱中症の発生は例外ではない。1967年7月には市民体育祭開会式で幼稚園児が日射病により30人倒れている。その時の気温32.4℃、湿度22.7℃、WBGT 28.2℃である。また1982年9月には5歳の幼稚園児がランニング直後に倒れ死亡している。その時の気温21.0℃、湿度15.6℃、WBGT 18.1℃である。このように北海道では比較的低い環境温度下でも熱中症の事故が発生していると同時に、北海道の平均気温の上昇とともに熱

中症による事故が近年増加の傾向を示してきている<sup>11,12)</sup>。

そこで、今回は北海道での熱中症予防の資料を得るにあたり、比較的涼しくなる8月から9月にかけて室内運動種目である空手練習時および屋外運動種目であるサッカー練習時における体重減少量、発汗量、飲水量がWBGT および BMI の変動とともにどのような実態にあるのかを目的に調査したので報告する。

## II. 調査内容と方法

### 1. 調査対象

小樽市スポーツ少年団加盟団体で本調査に同意していただいた空手スポーツ少年団員男子8名(年齢9.4±6.1歳(5歳~13歳)、身長137.4±21.2cm、体重36.4±16.9kg)、女子7名(年齢8.7±2.0歳(6歳~11歳)、身長136.0±13.9cm、体重40.1±15.8kg) およびサッカー少年団員男子18名(年齢10±1歳(8歳~12歳)、身長139.6±8.3cm、体重36.7±9.2kg) を対象に通常練習時の実態を調査した。

### 2. 調査期間

測定は空手スポーツ少年団は2000年8月9日、23日、9月1日、6日、13日の延べ5日間、サッカー少年団は2000年8月10日、22日、24日、31日、9月7日、12日の延べ6日間実施した。

### 3. 測定方法

#### 1) 体重減少量、飲水量、発汗量

体重はデジタル体重計(エー・アンド・ティ社製、UC-300、最小表示目盛り50g)を用いて、空手では練習着、サッカーでは半ズボンおよびTシャツの条件で練習前後に測定した。体重減少量は次式により算出した。

$$\text{体重減少量 (g/kg/hr)}$$

$$= (\text{練習前体重} - \text{練習後体重})$$

$$\div \text{練習前体重} \div \text{練習時間}$$

1) 小樽商科大学

飲水量は各被検者に専用のボトル(1.0ℓ)を用意し、スポーツ飲料(ポカリスエット)を飲水させ、飲水前後のボトル重量を上皿バネ天秤(ISHIDA社製)で時刻と共に秤量・記録することにより算出した。スポーツ飲料の濃度は規定の濃度とし、氷の入ったクーラーボックスに入れ、温度は5~8℃に保った。

発汗量は次式により算出した。

$$\text{発汗量 (g/kg/hr)}$$

$$= (\text{練習前体重} + \text{飲水量}) - \text{練習後体重} \\ \div \text{練習前体重} \div \text{練習時間}$$

## 2) 1回飲水量、脱水率、水分補給率

1回飲水量(g/kg/hr)は、各調査対象者が練習中に飲水するごとにボトルを計量して飲水量を算出した。

脱水率と水分補給率はそれぞれ次式により算出した。

$$\text{脱水率 (\%)} \\ = (\text{練習前体重} - \text{練習後体重})$$

$$\div \text{練習前体重} \times 100$$

$$\text{水分補給率 (\%)} = \text{飲水量} \div \text{発汗量} \times 100$$

## 3) 体温

非接触型赤外線鼓膜温度計(テルモ社製、耳式体温計M20)を用いて、練習前後に測定した。練習前後の鼓膜温度から体温上昇量を求めた。

## 4) BMI (Body Mass Index)

BMIは次式により算出した。

$$\text{BMI} = \text{練習前体重(kg)} / (\text{身長(m)})^2$$

## 5) 環境温度

乾球温度(NDB)と湿球温度(NWB)はAugust温度計を、さらに黒球温度(GT)は6インチの黒球寒暖計(Varnon型)を用いて測定した。これらの測定器具は地面および床から約1.2mの高さに設定した。温度の測定は練習開始から練習修了まで30分ごとに行なった。これらの測定値より相対湿度(rh)と総合温熱指標としてのWBGT(Wet-Bulb Glob Temperature)を次式により算出した。

屋外で日射のある場合

$$\text{WBGT} = 0.7\text{NWB} + 0.1\text{NDB} + 0.2\text{GT}$$

屋内で日光照射のない場合

$$\text{WBGT} = 0.7\text{NWB} + 0.3\text{GT}$$

今回の調査にあたっては予め指導者と面談し本

調査の目的、内容の詳細を説明の上、対象となる幼児・児童の父母に指導者と同様の説明文を配布し、本調査に協力してもらえる幼児・児童の父母の同意(承諾)を得てから調査を実施した。

## III. 結 果

### 1. 空手について

練習時刻は夕方の18時30分ごろから21時00分までのおよそ151±15分間で練習メニューは男女ともにはほぼ同一のメニューであった。また練習中の休憩および水分摂取はいずれの練習日ともに練習開始後約90分後の1回のみであった。

練習時の1日平均環境温度はNDB22.4~25.4℃、NWB19.8~23.1℃、GT22.8~26.0℃、hr77.2~82.7%，WBGT20.7~23.9℃であった。

体重減少量は男子では練習後に平均1.65±5.38g/kg/hr(-8.40~4.09g/kg/hr)有意( $p < 0.05$ )な増加がみられた。女子でも練習後に平均-0.54±1.94g/kg/hr(-4.16~2.43g/kg/hr)増加したが有意ではなかった。体温は男子では練習前36.6±0.6℃から練習後36.6±0.9℃に上昇、女子では練習前37.3±0.6℃から練習後37.2±0.3℃に低下したが、両者ともに有意な変動ではなかった。飲水量では男子は6.27±2.30g/kg/hr(1.67~11.09g/kg/hr)、女子は5.20±1.51g/kg/hr(3.21~8.12g/kg/hr)で、平均1.07g/kg/hr女子は男子に比して有意( $p < 0.05$ )に低かった。1回飲水量では男子では平均13.06±6.84g/kg/hr(3.15~21.94g/kg/hr)、女子では平均9.90±3.12g/kg/hr(5.14~15.85g/kg/hr)で、女子は男子に比して有意( $p < 0.025$ )に低かった。発汗量では男子は4.61±4.29g/kg/hr(0.57~8.77g/kg/hr)、女子では4.66±1.40g/kg/hr(2.97~9.28g/kg/hr)増加したが、両者において有意な差はみられなかった。脱水率では男子は-0.6±1.8%(-7.3~1.1%)、女子では-0.2±0.5%(-1.1~0.5%)で両者において有意な差はみられなかった。水分補給率は男子では147.2±163.0%(29.6~957.1%)、女子では120.3±49.4%(62.5~231.6%)で両者において有意な差はみられなかった。BMIは男子では平均18.3±3.0(17.8~25.5)、女子では21.2±

3.9(15.6~25.6)で、男子は女子に比して有意( $p < 0.01$ )に低かった。

図1, 2はWBGTと体重減少量、飲水量、発汗量の相関関係を示した。男女ともにWBGTが高くなるにともない飲水量は若干増加しているが、発汗量はほぼ同一レベルを維持し、体重減少量は負の増加を示した。いずれにおいても有意な相関関係は認められなかった。図3, 4はBMIと体重減少量、飲水量、発汗量の相関関係を示した。男子ではBMIの変動にともない著しい変動はみられなかった。一方、女子においてはBMIと体重減少量( $p < 0.05$ )と発汗量( $p < 0.05$ )との間に有意な相関関係が認められた。図5はBMIと脱水率の相関関係を示した。男子ではBMIの値が高くなるにともない脱水率は若干高くなる傾向がみられた。一方、女子ではBMIが16前後では脱水率は男子とほぼ同一レベルにあり、BMIの値が20以上では著しく高くなる傾向がみられた。また、空手練習時の体温変動は男女ともに何れの測定項目においても統計的に有意な相関関係はみられなかった。

## 2. サッカーについて

練習時刻は8月10日では15時00分~17時15分までの135分間、それ以外の練習日は16時15分からおよそ18時15分までの平均130±12分間で、その間の練習メニューは調査対象者全員ほぼ同じ練習メニューであった。練習中の飲水頻度は休憩を兼ねながら練習開始から約20~30分ごとに3~4回であった。

練習時の日平均環境温度はそれぞれNDB19.9~26.9°C, NWB17.1~23.0°C, GT 20.8~34.9°C, rh 54.0~76.8°C, WBGT 18.2~25.6°Cの範囲であった。

体重減少量は平均1.78±4.45g/kg/hr(-24.16~7.02g/kg/hr)増加したが有意ではなかった。体温は運動前36.98±0.41°Cから運動後

36.99±0.51°Cで平均0.01°C上昇したが有意な変動ではなかった。飲水量は平均11.79±5.14g/kg/hr(5.18~37.17g/kg/hr)であった。一回飲水量では練習開始後最初の飲水は全員飲水し、その量は27.33±17.28g/kg/hr(3.15~115.67g/kg/hr), 2回目は94.4%の者が飲水し、その飲水量は17.45±8.24g/kg/hr(2.23~40.56g/kg/hr), 3回目は60.2%の者が飲水し、その飲水量14.34±8.24g/kg/hr(3.84~32.22g/kg/hr), 4回目は5.6%の者が飲水し、その飲水量は16.02±9.04g/kg/hr(9.88~20.01g/kg/hr)で、1回目の飲水量に比して2回目( $p < 0.001$ ), 3回目( $p < 0.001$ )の飲水量は有意に低下した。また3回目の飲水量は2回目飲水量よりもさらに低下( $p < 0.05$ )した(図6)。発汗量は平均10.00±2.89g/kg/hr(6.14~15.67g/kg/hr)であった。脱水率は平均-0.03±1.09%(-3.0~2.6%)であった。水分補給率は平均120.8±45.7%(61.2~305.9%)であった。BMIは平均18.8±3.0(14.4~27.3)であった。

図7はサッカー練習時のWBGTと体重減少量、飲水量、発汗量の相関関係を示した。WBGTが高くなるにともない飲水量と発汗量は増加する傾向がみられたが、体重減少量は負の相関関係を示した。それらの傾向はいずれとも有意な相関関係ではなかった。図8はサッカー練習時のBMIと体重減少量、飲水量、発汗量の相関関係を示した。サッカーではBMIの値が高くなるにともない飲水量( $p < 0.05$ )、発汗量( $p < 0.01$ )とともに負の相関関係が認められたが、体重減少量はほぼ同一レベルを維持していた。図9はサッカー練習時のBMIと脱水率の相関関係を示した。BMIと脱水率との間に一定の相関関係はみられなかった。また、サッカー練習時の体温変動はいずれの測定項目においても統計的に有意な相関関係はみられなかった。

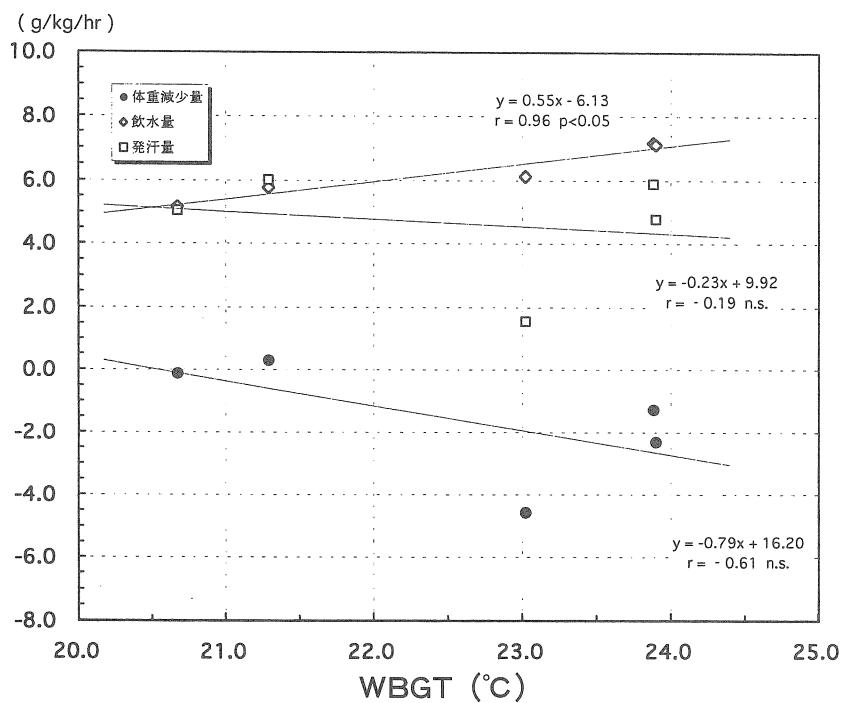


図1 男子空手練習時の WBGT と体重減少量, 飲水量, 発汗量

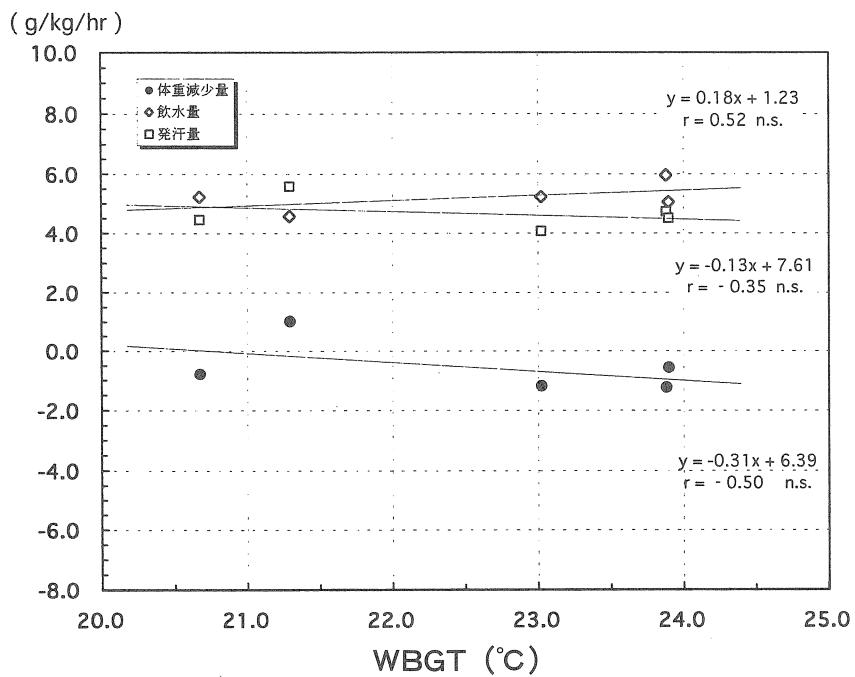


図2 女子空手練習時の WBGT と体重減少量, 飲水量, 発汗量

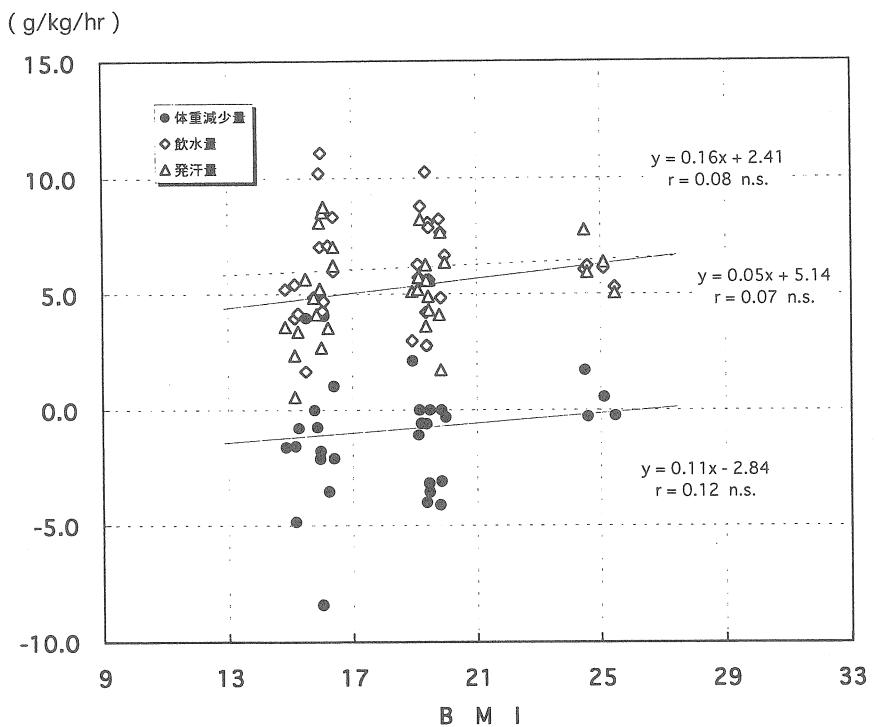


図3 男子空手練習時の BMI と体重減少量、飲水量、発汗量

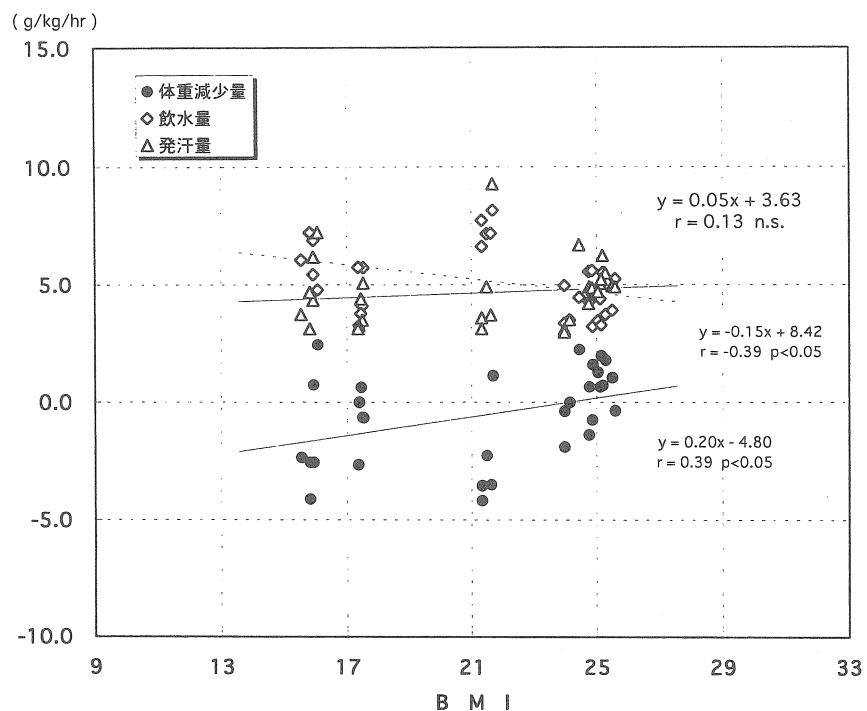


図4 女子空手練習時の BMI と体重減少量、飲水量、発汗量

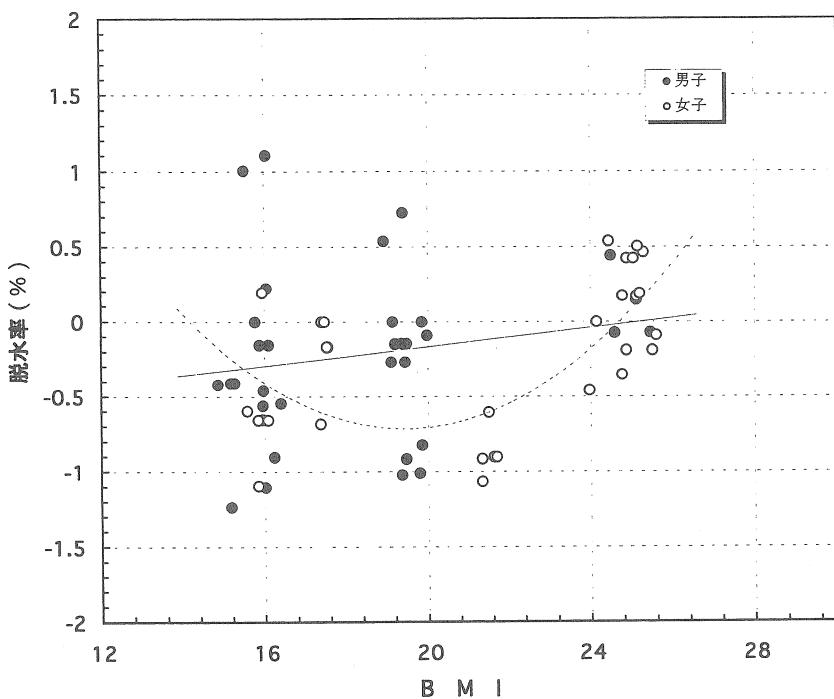


図5 空手練習時のBMIと脱水率

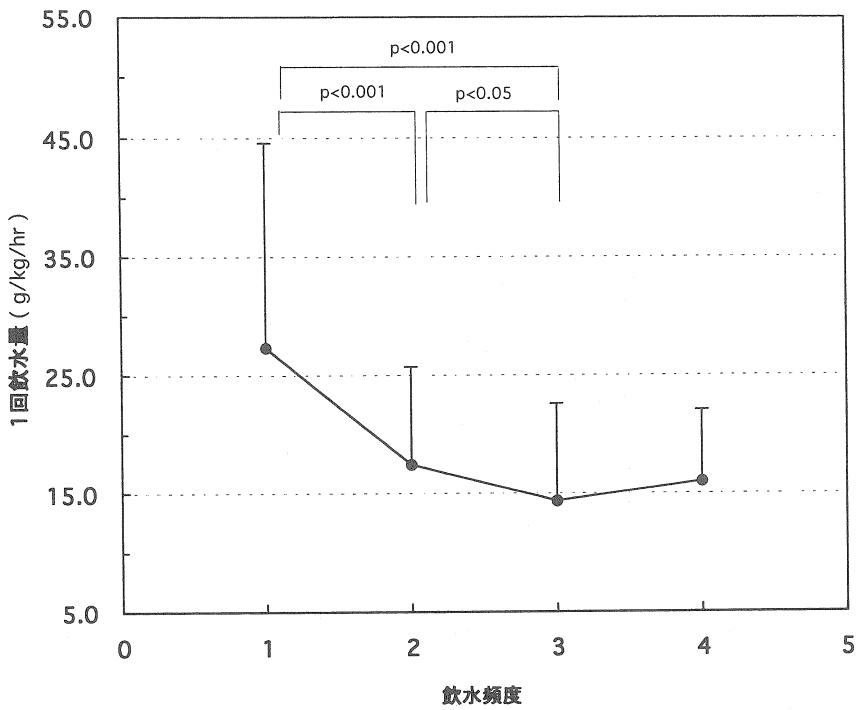


図6 サッカー練習時の飲水頻度と1回飲水量

( g/kg/hr )

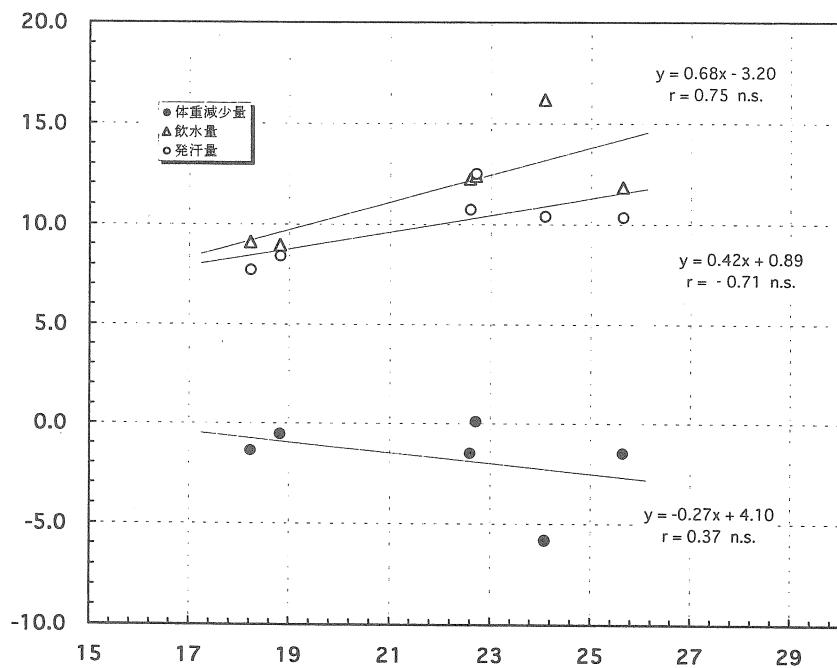


図 7 サッカー練習時の体重減少量、飲水量、発汗量

( g/kg/hr )

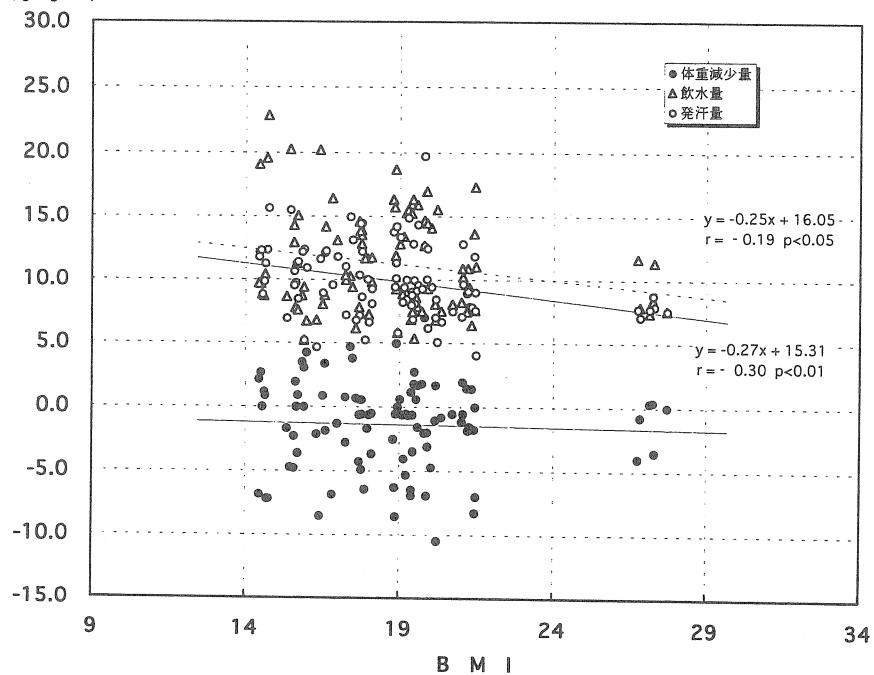


図 8 サッカー練習時の BMI と体重減少量、飲水量、発汗量

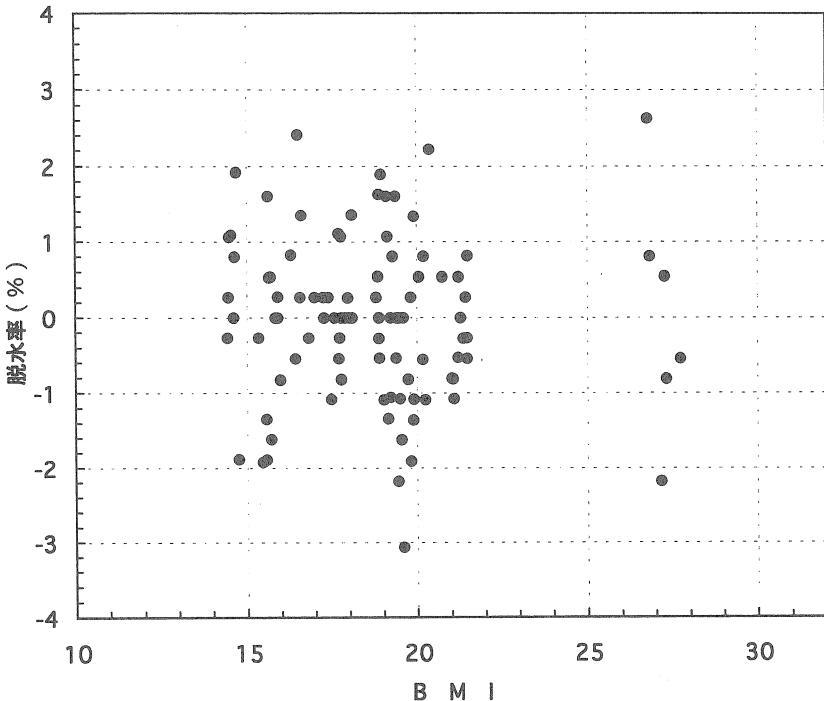


図9 サッカー練習時のBMIと脱水率

#### IV. 考察

空手の練習が夕方（日没）から夜にかけての練習であるため、練習時のNDB, NWBおよびWBGTの値は、日本体育協会のスポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック<sup>4)</sup>では「ほぼ安全域」から「注意域」にある。この両域では熱中症予防のためには適宜水分補給もしくは積極的水分補給をすることが推奨されている。

一方、サッカーの練習時間は夕方から日没にかけての練習であったため、日平均のNDB, GT, WBGTの値は室内の空手練習時より若干高い値にあったが、NWBの日平均値においては屋内、屋外練習時ともにほぼ同一レベルの温度であった。しかし、サッカー練習時の日平均NWBが23.0°Cの日もある。日本体育協会のスポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック<sup>4)</sup>の「熱中症予防のための運動指針」ではNWB 23.0°Cは「警戒域」の高いレベルにあり、積極的に休息を推奨し、さらにWBGTが25°C以上では熱中症の危険が増すとしている。今回のサッカー練習時の調査ではWBGTの値が

25.6°Cを示す練習日もあり、北海道の夕方でも激しい運動中に休息や水分補給なしでは十分に熱中症の危険に至る環境温度にあると考える。

空手練習時の男女の体温変動では、男女ともに練習前後にほとんど著しい変動はみられない。これは男女ともに平均151±15分間の練習時間の中で僅か1回の飲水頻度であるにもかかわらず、脱水状態（男子-0.6±1.8%，女子-0.2±0.5%）にいたっていないこと、さらに練習場所が室内、練習時間帯が夜であることから日光の照射がないため黒球温度が22.8~26.0°Cで極めて輻射温度が低かったためと考える。暑熱環境下運動時の水分補給率では発汗量の約80%と言われているが、今回の空手練習時の調査では男子では平均147.7±163.0%，女子でも平均120.3±49.4%と、両者ともに遙かに100%を超えており、その結果、体水分量が極度に増加したため練習後の体重が増えたものと考える。一方、サッカー練習時の体温変動では空手練習時と同様に練習前後にほとんど著しい変動はみられない。体重減少量では運動前の体重よりも練習後の体重が増加している。これは発汗

量 ( $10.00 \pm 2.89$ g/kg/hr) よりも飲水量 ( $11.79 \pm 5.14$ g/kg/hr) が多いため、結果的に体液の喪失量を抑制し体水分量が多くなったためと考えられる。したがって、サッカーという激しい身体活動中の水分補給率が平均 $120.8 \pm 45.7\%$ の非常に高い補給率であったため、脱水状態 ( $-0.03 \pm 1.09\%$ ) には至っていない。練習時の飲水頻度は練習開始後の最初の休息時には全員飲水し、その後、飲水する者が減っている。さらに練習中の1回飲水量を測定した結果、最初(1回目)の飲水量は $27.33 \pm 17.28$ g/kg/hr で他の回数に比して多量であり、さらに2回目 ( $17.45 \pm 8.27$ g/kg/hr), 3回目 ( $14.34 \pm 8.24$ g/kg/hr) と飲水頻度が増すに従い1回飲水量が明らかに減少している(図6)。この状態は、もうすでに練習が始まると前に相当の脱水状態にあったものと考えられる。この脱水状態を改善するために第1回目の休息時の飲水で多量の水分補給をしたことにより、体液の喪失量を抑制し、体液バランスを維持したことにより徐々に飲水行動が抑制されていったものと考える。また、両者ともに飲水量は発汗量をかなり上回っている。飲水の最大量は1分間あたり20~40mlまで飲料水の補給が可能であり<sup>7)</sup>、発汗量を上回る飲水は胃から消化管への最大移送量の限度を超え、胃内残存時間が長くなり、その結果として過剰の飲水は運動遂行能力に支障を招くものと考える。

また、空手練習時およびサッカー練習時とともに体温変動に著しい変動がみられなかつたことは、十分な飲水により脱水量が少なかつたことが大きな要因と考えられる<sup>1,8,10)</sup>。

空手練習時のWBGTが $20.7^{\circ}\text{C} \sim 23.9^{\circ}\text{C}$ と比較的低い環境温度下での練習であった。男女ともにWBGTの上昇とともに飲水量は僅かに増加、発汗量は低下し、結果として、体重は増える傾向にあった。特に、男子は女子に比して体重が有意に増加した。これは1回飲水量が男子(平均 $13.06 \pm 6.84$ g/kg/hr) は女子(平均 $9.90 \pm 3.12$ g/kg/hr) に比して有意に増加したためによるものと考えられる。サッカー練習時においても空手練習時と同様にWBGTの上昇にともない飲水量、発汗量は増加する傾向にあり、その割合は発汗量よりも飲水量が多い。その結果、練習後に体重が増加する傾向に

あった。この状態は両者ともに発汗量よりも飲水量が上回ったためであると考えられる。

川原<sup>5)</sup>は1990年から1999年までの10年間の熱中症死亡事故45例について調べた結果、45例中23例のBMIの平均が $27.7$ とかなり高い値であり、さらに23例中16例が(70%)が日本肥満学会の判定基準でBMI 25以上の肥満であったと報告している。今回の調査ではBMIの変動に対して体重減少量、飲水量、発汗量、脱水率および体温がどのような関係にあるのかを調べた結果、空手選手のBMIからみた体重減少量、飲水量、発汗量では、男子はBMIの値が高くなるにともなって体重減少量、飲水量、発汗量が増加する傾向にはなかった。一方、女子においては図4にみられるようにBMIの値が高くなるにともなって体重減少量と発汗量は明らかに増加することが認められたが、飲水量にはその傾向は認められず、むしろ低下する傾向にあった。このことは図5に示したように女子はBMI 20前後からBMI 26にかけて脱水率が $-1.1\%$ から $0.6\%$ へと急激な上昇を示している。これはBMIの値が高くなるにともなって体重減少量と発汗量が増加し、一方、飲水量は低下することが要因となっていると考えられる。つまり肥満傾向にある者は意図的に飲水量を抑制しているのではないかと考えられる。一方、サッカー選手のBMIからみた体重減少量、飲水量、発汗量では、BMIの値が高くなるにともない飲水量と発汗量は明らかに低下することがわかった。しかし、体重は変動しない。今回の調査では持久性運動様式であるサッカー選手の中でも肥満傾向の者(BMI 26.8~27.7)は、他の者と同一の練習メニューにもかかわらず運動量を少なくしていることが推測される。その結果として練習時の飲水量、発汗量の低下により体重が一定水準に維持されているものと考える。したがって、図9にみられるようにBMIの値が高くなつても運動時の脱水が進行していないことが伺える。しかし、脱水の進行には $2.6\%$ にも達する者もあり相当の個人差がみられた。これらについてはもっと高い環境温度下での検討が必要と思われる。

今後は北海道での熱中症予防のためにも気温が高くなる7月から8月にかけて日射の強い状態での屋内、屋外の運動時の実態について調査するこ

とが望まれる。

## 謝 詞

本研究は、小樽スポーツ少年団役員および関係者各位の深い理解とご協力によるものであることをここに記す。また、調査にあたり多大なる御協力を賜りました小樽空手スポーツ少年団およびベアーズサッカー少年団の幼児、児童および御父母の皆様方に心より深謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) Aolph, E.F., and Associztes : Physiology of Man in the Desert, Interscience Publ., New York, 1947.
- 2) 川原 貴：小学、中学、高校スポーツ活動における熱射病死亡事故の実態、平成4年度日本体育協会スポーツ医・科学報告 No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第2報－、29～33, 1992.
- 3) 川原 貴：学校管理下における熱中症死亡事故の実態(1991～1996年)、平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学報告 No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第1報－、50～54, 1997.
- 4) 川原 貴、森本武利 編集：子どもの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、1999.
- 5) 川原 貴：学校管理下および少年団のスポーツ活動における熱中症死亡事故の実態調査、平成11年度日本体育協会スポーツ医・科学報告 No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－、8～12, 2000.
- 6) 田辺 実：未発表資料
- 7) 田辺 実、花輪啓一：自由飲水時において脱水率に影響を及ぼす要因－夏期高校野球練習時における発汗量、飲水行動、運動量、体温変動、WBGTの実態調査－、平成11年度日本体育協会スポーツ医・科学報告 No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－、100～114, 2000.
- 8) 中井誠一、寄本 明、岡本直樹、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実態、臨床スポーツ医学, 10(8) : 973～977, 1993.
- 9) 中井誠一：熱中症死亡数と気象条件－日本における1年間の観察－、日本生気象学会雑誌, 30(4) : 169～177, 1993
- 10) 中井誠一、朝山正己、花輪啓一、田辺 実、丹羽健市、大貫義人、井川正治、田中英登、森 悟、平下政美、宮側敏明、菅原正志、倉掛重精、小松裕：夏期における高校野球の練習および競技会の実態、平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学報告 No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第2報－、74～94, 1998.
- 11) 花輪啓一：新聞記事による北海道における熱中症事故発生の実態、第75回北海道医学大会 産業衛生分科会研究発表抄録集 pp.18, 1995
- 12) 花輪啓一：北海道における熱中症事故発生の実態、北海道体育学研究 32 : 29 1997.

## 2. 幼児の夏期遊び時における実態調査

—発汗量、飲水量、脱水率、水分補給率、鼓膜温変動、活動量、WBGT—

報 告 者 田辺 実<sup>1)</sup> 佐藤 洋子<sup>1)</sup> 川田 吾子<sup>1)</sup>  
徳原 麻美<sup>1)</sup>

### I. はじめに

熱中症とは暑熱環境下で運動をした時などに生じる障害（熱疲労、熱失神、熱痙攣、熱射病）の総称である。中井（1993）<sup>1)</sup>は、熱中症で死亡数が高値となる年齢として4歳以下、15～24歳、25～64歳、65歳以上の4つを挙げている。これまで夏期運動時における実態調査が行われているが、乳幼児に関しては死亡数が多いにも関わらずその実態や因果関係については不明な点が多い。

乳幼児が熱中症にかかりやすい要因の1つとして体温調節の未発達が考えられる。幼児では体重あたりの体表面積が広く発汗量が多いにもかかわらず、直腸温の上昇がみられる<sup>2)</sup>など、自律性の体温調節反応が充分に機能していない可能性が推察される。また、幼児の温度調節や衣服の着脱など、行動性の体温調節は母親の温熱感覚によることが大きく<sup>3)</sup>、必ずしも適切に行われているとはいえない。

そこで、本研究では、乳幼児の中でも対象を幼児に絞り、1) 幼児の夏期遊び時において熱中症の誘因となる高体温や脱水が生じるのか、2) どのような条件下で高体温や脱水が起こり易くなるのかを各変量間の相関関係から明らかにし、幼児の熱中症予防のための基礎的資料を提供することを目的とした。

### II. 研究方法

- 1) 対象：Y保育園9名（月齢71.6±2.7月）、H保育園7名（月齢51.4±8.3月）計16名を対象とした。
- 2) 調査期間：2000年7月25日～8月3日の中の

6日間、それぞれの保育園にて実態を調査した。

- 3) 測定項目：湿球黒球温度（WBGT）は次式より算出した。

$$\text{WBGT} (\text{屋外}) = 0.7 \times \text{WBT} + 0.2 \times \text{GT} + 0.1 \times \text{DBT}$$

$$\text{WBGT} (\text{屋内}) = 0.7 \times \text{WBT} + 0.3 \times \text{GT}$$

（但し、DBTは乾球温度、WBTは湿球温度、GTは黒球温度を示す）

鼓膜温は耳式体温計（M20、テルモ）を用いて測定の前後における上昇量を算出した。飲水量は、ペットボトルあるいは園内のコップにて、遊び中の飲水量を測定した。遊び前後の体重をデジタル体重計（UC-300、A & D）で測定し、その差から体重減少量を算出した。総発汗量（TSW）、脱水率（DH）、水分補給率（WIR）はそれぞれ次式より算出した。

$$\text{TSW} = \text{BWb} + \text{TWI} - \text{BWb}$$

$$\text{DH} = (\text{TSW} - \text{TWI}) \div \text{BWb} \times 100$$

$$\text{WIR} = \text{TWI} \div \text{TSW} \times 100$$

（但し、BWbは遊び前体重（kg）、BWaは遊び後体重（kg）、TWIは総飲水量（kg）を示す）

また、発汗量（SW）は遊び時間や体重に影響されるので、時間当たり、体重当たりの量（g/kg/hr）で、飲水頻度（FR）は単位時間当たりの回数（回/hr）で、一回飲水量（WI）は体重当たりの量（g/kg）で示し、それぞれ次式より算出した。

$$\text{SW} = \text{TSW} \times 1000 \div \text{BWb} \times T$$

$$\text{FR} = f \div T$$

$$\text{WI} = \text{TWI} \times 1000 \div f \div \text{BWb}$$

（但し、Tは遊び時間（hr）、fは飲水回数を示す）

活動量は万歩計（電子式デジタル歩数計、TW102）を幼児の衣服に装着し、遊び時の歩数を

1) 北海道大学医療技術短期大学部

表 各変量間の相関係数

| 変量       | 1      | 2     | 3      | 4     | 5      | 6      | 7     | 8     | 9      | 10     |
|----------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 1. 月齢    | —      |       | -0.315 |       |        |        |       |       |        | -0.691 |
| 2. WBGT  |        | —     | 0.496  |       |        |        |       |       |        |        |
| 3. 鼓膜温上昇 | -0.315 | 0.496 | —      |       |        |        |       |       |        |        |
| 4. 脱水率   |        |       | —      | 0.617 | -0.559 |        |       |       |        |        |
| 5. 発汗量   |        |       | 0.617  | —     |        |        |       |       | 0.831  |        |
| 6. 飲水量   |        |       | -0.559 |       | —      | 0.909  | 0.732 | 0.806 | -0.461 |        |
| 7. 飲水頻度  |        |       |        | 0.909 | —      | 0.621  |       |       | -0.703 |        |
| 8. 1回飲水量 |        |       |        | 0.732 | 0.621  | —      |       |       |        |        |
| 9. 万歩計   | -0.691 |       |        | 0.831 | 0.806  |        |       |       | —      |        |
| 10. 遊び時間 |        |       |        |       | -0.461 | -0.703 |       |       |        | —      |

有意な相関係数のみ示す

計測した。

- 4) 測定手順：鼓膜温，体重を測定した後，幼児の遊んでいる場所（屋内，屋外）にて30分毎にWBGTを測定した。幼児を通常通り遊ばせ，飲水量を測定した。測定終了後に鼓膜温と体重を測定した。
- 5) 統計処理：各変量平均値，標準偏差，変動係数を求めた。変量間の相関行列をピアソンの積率相関係数より求め，5%水準以下でその有意性を判定した。

### III. 結 果

- 1) 各変量の平均値：WBGTは26.4~31.3°Cであった。鼓膜温上昇量は $-0.10 \pm 0.46^\circ\text{C}$ であった。脱水率は $0.38 \pm 0.56\%$ ，水分補給率は $56 \pm 58\%$ であった。発汗量は $4.86 \pm 2.86\text{g/kg/hr}$ であった。飲水行動として，飲水量は $2.48 \pm 2.7\text{g/kg/hr}$ ，飲水頻度は $0.82 \pm 0.79\text{回/hr}$ ，1回飲水量は $2.2 \pm 2.1\text{g/kg}$ であった。万歩計は $3121 \pm 1946\text{歩}$ であった。
- 2) 各変量間の相関係数（表）

月齢は鼓膜温上昇量 ( $r = -0.315$ )，万歩計 ( $r = -0.691$ ) と負の有意な相関がみられた。WBGTは鼓膜温上昇 ( $r = 0.496$ ) と正の相関がみられた。脱水率は発汗量 ( $r = 0.617$ ) と正の，飲水量 ( $r = -0.559$ ) と負の有意な相関がみられた。発汗量は万歩計 ( $r = 0.831 \quad p < 0.1$ ) と正

の相関がみられた。飲水量は飲水頻度 ( $r = 0.909$ )，1回飲水量 ( $r = 0.732$ )，万歩計 ( $r = 0.806$ ) と正の相関がみられた。遊び時間は飲水量 ( $r = -0.461$ )，飲水頻度 ( $r = -0.703$ ) と負の相関がみられた。

### IV. 考 察

- 1) 幼児の実態：熱中症死亡事故はWBGT $25^\circ\text{C}$ から増加し， $28^\circ\text{C}$ 以上で著増する<sup>4)</sup>。本調査の環境条件はWBGTで $26.4 \sim 31.3^\circ\text{C}$ であった。このようにWBGTが高いにもかかわらず，鼓膜温上昇は $-0.10 \pm 0.46^\circ\text{C}$ であり，脱水率は全員が2%以下であった。異常となる高体温や脱水を生じる幼児はいなかったと考えられる。
- 2) 各変量間の関係：①月齢は鼓膜温上昇量と負の有意な相関があった。月齢が低いほど同一環境において，鼓膜温が上昇しやすいと考えられる。②WBGTは鼓膜温上昇度と正の有意な相関があった。WBGTが高いと鼓膜温が上昇しやすいと考えられる。③生体負担度の指標として脱水率がある。脱水が1リットル進むごとに体温は $0.3^\circ\text{C}$ ずつ上昇し心拍出量は毎分1リットルずつ減少する。心拍数は8拍ずつ上昇し<sup>5)</sup>，体温調節反応や循環調節系への負荷が強まり，運動能力の低下をきたし熱中症の危険度が高まる。本実態調査における脱水

率は $0.38 \pm 0.56\%$ であった。脱水率は飲水量と負の相関があり、発汗量と正の相関が見られた。飲水量に関して、飲水頻度( $r = 0.909$ )と1回飲水量( $r = 0.732$ )のどちらも、飲水量を増加させ脱水率を低く抑えるには重要と考えられる。発汗量に関して、万歩計と正の相関があり活動量の多い幼児ほど発汗量が多く、脱水率が高くなりうると考えられる。(4)遊び時間は飲水頻度と負の相関があることから、遊び時間が長いほど飲水の回数が減ってくると考えられる。

## V. ま と め

1) 幼児で熱中症が発生する要因として体温調節の未発達が考えられたが、今回の調査ではWBGTが高いにも関わらず、高体温や脱水を起こした幼児は見られなかった。したがって、夏期遊びにおける幼児の体温調節は自由飲水により正常に機能しうると考えられる。

2) 「WBGTが高い時」、「月齢の若い幼児ほど」鼓膜温の上昇が大きくなる傾向があるので注意が必要と考えられる。脱水の進行には飲水頻度と1回飲水量の低下、並びに発汗量の増加が関与した。特に、「長時間の遊びによる飲水頻度の低下」と「活動量の高い幼児の発汗量の増加」に注意を促して熱中症を予防することが重要と考えられる。

## 謝 詞

実態調査に同意しご協力いただいた園児とそのご両親並びに、実態調査の実施に承諾していただいた幼稚園の先生方に心から感謝致します。

## 引 用 文 献

- 1) 中井誠一 (1993) : 热中症死亡数と気象条件－日本における21年間の観察－, 日本生気象学雑誌, 30(4) : 169-177.
- 2) 都築和代, 大中忠勝, 栄原裕, 加藤佐枝子(1995) : 母親により選択された室温下での子供と母親の温熱反応, 日本生気象学雑誌, 32(2) : 103-109.
- 3) 加藤佐枝子, 池田麻子, 富田純子, 都築和代, 飯塚幸子(1994) : 乳幼児の生活環境及び衣服に関する調査研究, 実践女子大学家政学部紀要, 31 : 65-72.
- 4) 中井誠一, 新里寛英, 森本武利(1996) : 热中症発生に関する疫学的検討－1990-1994年の新聞記事にもとづく検討－, 日本生気象学雑誌, 33(2) : 71-77.
- 5) Coyle,E.A., and Montain, S.J. (1992) : Benefits of fluid replacement with carbohydrate during exercise. Med. Sci. Sports Exerc. 24 : 324-330.

### 3. 夏季におけるスポーツ少年団バレーボール練習時の飲水量、 発汗量に関する実態調査

報 告 者 丹羽 健市<sup>1)</sup>  
協 力 者 多勢 吉郎<sup>1)</sup> 斎藤 学<sup>1)</sup>

#### I. はじめに

夏期の長期休暇中はスポーツ少年団員にとって絶好の練習機会であるが、高温の影響を考慮する必要がある。高温環境下では水分蒸発はともかく、輻射・対流による熱放散は期待しがたくなるので、生体から多量の水分が喪失し、運動能力の低下をもたらすばかりでなく、熱中症の発生頻度は増大する。

夏期の高温環境において安全で効果的な運動を実施するため日本体育協会では1994年に熱中症予防指針<sup>1)2)4)5)</sup>を報告し、さらに運動時の水分補給による体温上昇の抑制効果<sup>3)6)7)8)9)</sup>や水分補給量のガイドブック<sup>2)</sup>も報告されている。しかしながら、近年、著しく発展してきたスポーツ少年団を対象とした夏場におけるトレーニングに関する実態調査はほとんどなされていない。

従来、スポーツ少年団員の熱中症死亡事故は少ないとはいえる、身体的に発達途上にある少年団員の夏場におけるトレーニングの実態を把握し、それに対する対応策を講じることは極めて重要な意味を持つものと考える。

本研究は、スポーツ少年団員を対象に夏場におけるスポーツ活動時の環境温度や発汗量、及び飲水量ならびに体温を測定し、練習時の体温調節反応について検討した。

#### II. 方 法

##### 1. 被験者と測定期間

被験者は8~12歳の健康な滝山バレーボールスポーツ少年団員（男子）11名（第6学年6名、第4学年1名、第3学年3名、第2学年1名）で、

その身体的特徴は身長141.9±11.0cm、体重39.2±11.1kgであった。

測定は平成12年8月1日、3日、4日（練習時間；10:00~12:30）、7日、9日、11日（練習時間；13:00~15:30）の6日間、滝山小学校体育館で実施した。

##### 2. 測定方法

1) 温度測定：練習場（滝山小学校体育館、天井の高さ7~12m、窓は両側にあり、採光、換気は良好）の環境温度は乾球温度、湿球温度、及び黒球温度を従来の方法<sup>1)2)</sup>にならって練習開始時から30分間隔で測定し、各測定値から総合温熱指数としてのWBGTを算出した。

2) 体温：体温の測定はテルモ耳式体温計M20（テルモ k.k.精度±0.1°C）を用いて練習前後に測定した。測定にあたっては耳穴の奥（鼓膜）の方向や、プローブの入り具合を確認した後に測定した。

3) 発汗量：体重はデジタル体重計（A&D社製、UC-300、最小表示50g）を用い、練習前後に半裸体状態で測定し、体重減少量を求め、次式により発汗量を算出した。発汗量=（練習前体重+飲水量）-練習後体重。

4) 飲水量：水分補給は市販のスポーツ飲料水（ポカリスエット・大塚製薬）を被験者ごとの個人用ペットボトルを用いて休憩中に自由に摂取させ、飲水前後のボトルの重量差から飲水量を求めた。飲料水（ポカリスエット）の濃度は規定濃度の2倍に溶解し、飲料水の温度は8~10°Cの範囲に保持した。

5) 心拍数：心拍数は携帯用心拍計（POALA VAN-TAGL XL.）を用いて練習開始時から終了時まで連続して測定した。さらに、タイムスタディ法により、練習中の運動内容と時間を記録した。

1) 山形大学教育学部

測定期間中は同一指導者が担当し、ほぼ同様の練習内容であった。なお、測定に先立ち、指導者、被験者及び保護者各位に測定の主旨と方法等を詳細に説明し、協力の了解を得た。

### III. 結 果

#### 1) 環境温度の実態

図1に各練習日における練習時間中のNDB, NWB, GT, 及びWBGTの平均値と標準偏差を逐日に示した。天候は8月1日から4日までは晴天、7日以降は薄曇のち曇の天候であった。乾球温度は8月7日( $28.8 \pm 9.1^\circ\text{C}$ )を除けば $31.0 \sim 34.1^\circ\text{C}$ の範囲にあり、6日間の練習中の平均は $31.3 \pm 1.6^\circ\text{C}$ であった。湿球温度は $24.5 \sim 27.9^\circ\text{C}$ の範囲にあり平均 $25.9 \pm 1.1^\circ\text{C}$ であった。また、黒球温度はすべての練習日に $30^\circ\text{C}$ 以上の水準にあり、平均 $32.8^\circ\text{C}$ であった。WBGTは8月1日に $30.1 \pm 0.6^\circ\text{C}$ の最高値を示し、最小値は8月7日の $26.2 \pm 1.0^\circ\text{C}$ であり、平均 $28.0 \pm 1.2^\circ\text{C}$ であった。

#### 2) 練習中の運動強度

図2に練習開始時から終了時までの心拍数の逐時的経過の一例を、表1には各練習日における最高、最低、平均心拍数、及び% HRmax.を示した。練習の内容は補強運動(持久走、ダッシュ、ジャンプ、敏捷性等)、オーバー、アンダーハンドパス、レシーブ(対人、コンビ、サーブレシーブ)、スパ

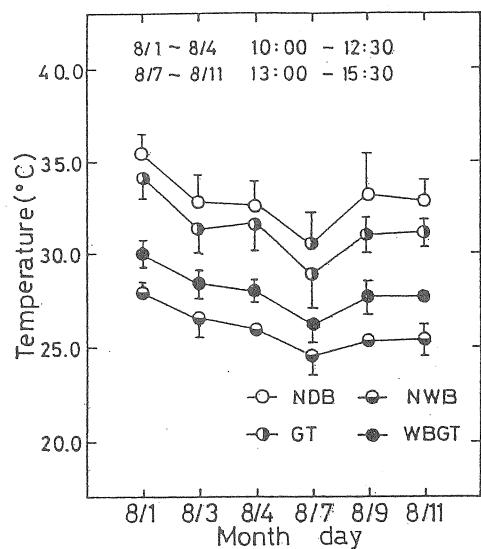


図1 バレーボール練習時の環境温度  
NDB: 乾球温度 NWB: 湿球温度  
GT: 黒球温度 WBGT: 湿球黒球温度

表1 バレーボール練習時の最大、最小及び平均心拍数

| Month Day   | Heart rate (min) |      |              |            |
|-------------|------------------|------|--------------|------------|
|             | Max.             | Min. | M $\pm$ SD   | % H R max. |
| 8/1         | 199              | 113  | 153 $\pm$ 17 | 73.6       |
| 8/3         | 187              | 116  | 146 $\pm$ 14 | 70.2       |
| 8/4         | 187              | 97   | 139 $\pm$ 18 | 66.8       |
| 8/7         | 189              | 107  | 143 $\pm$ 18 | 68.7       |
| 8/9         | 191              | 103  | 142 $\pm$ 20 | 68.2       |
| 8/11        | 189              | 109  | 142 $\pm$ 18 | 68.2       |
| Subj. T. S. |                  |      |              |            |

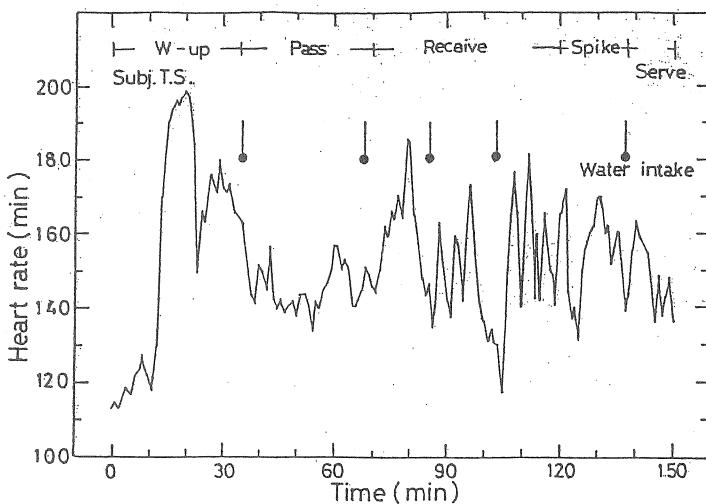


図2 バレーボール練習時の心拍数変動の一例 Subj. T. S.

イク、チームプレー、サーブ等であった。練習時間は2時間30分であり、その間、3~5回の給水時間が与えられた。練習中の心拍数は97~116拍/分(最小)から187~199拍/分(最高)の範囲にあり、平均139~153拍/分であった。この値は、最高心拍数の66.8~73.6%の水準にあった。練習中の心拍数は練習内容によって大きく変動し(図2)，特に練習開始直後の10分間持久走、補強運動なら

びにレシーブ(二人組)では高く(160~199拍/分)一方、パス、サーブ等の練習時では軽減する傾向を示した(130~150拍/分)。

### 3) 各測定値の一般的概要

図3に練習前後の体重、及び体温変動を、図4には練習時の発汗量、飲水量ならびに発汗量に対する飲水率の平均値と標準偏差を逐目的に示した。

練習開始時の体重は、8月1日は平均42.2kg、

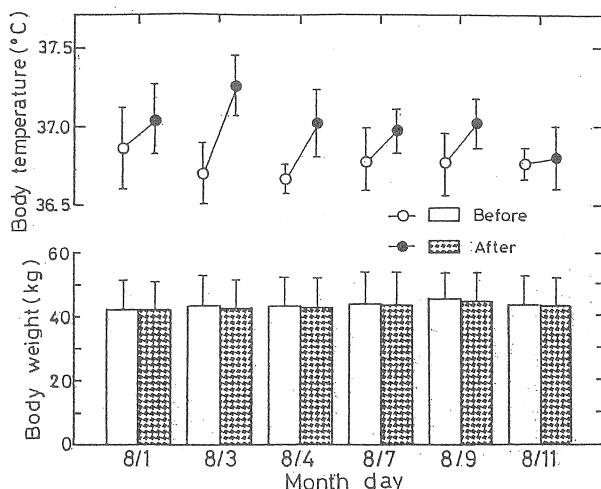


図3 バレーボール練習前後の体重及び体温変動  
—平均値と標準偏差—

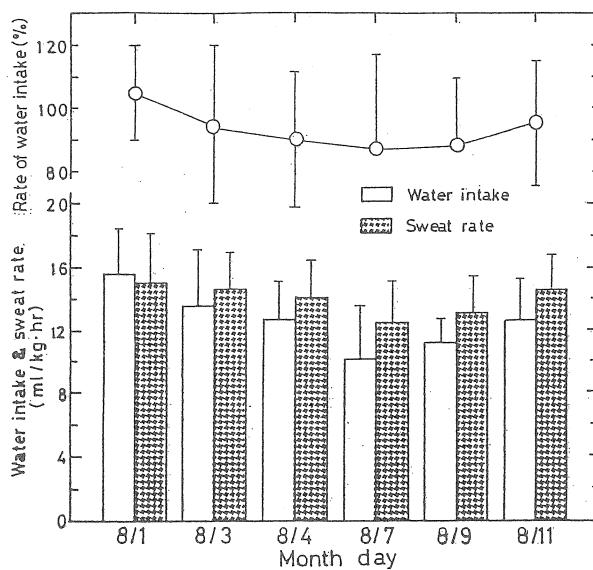


図4 バレーボール練習時の発汗量、飲水量ならびに発汗量に対する飲水率  
—平均値と標準偏差—

3日に43.2kg, 4日に44.43kg, 7日に43.8kg, 9日に45.2kgそして11日には43.8kgであるが、練習終了後の体重は1日では42.2kg, 3日では43.1kg, 4日では43.1kg, 7日では43.6kg, 9日では44.9kg, 11日では43.7kgとそれぞれ0kg, 0.1kg, 1.3kg, 0.2kg, 0.3kg, 0.1kg減少し、それは初期体重の0%, 0.3%, 1.3%, 0.5%, 0.7%, 0.3%の減少率であった。

練習開始時の体温は36.6~36.9°Cの範囲にあり、平均36.8±0.1°Cであるが、練習後のそれは36.8から37.3°Cの水準にあり、その変化量は0.01から0.50°Cであった。

練習時の単位体重・時間当たりの発汗量は12.5~15.1ml/kg·hrの範囲にあり、平均13.8±0.9ml/kg·hrであった。一方、飲水量は10.3から15.6ml/kg·hrの範囲にあり、平均12.6±1.8ml/kg·hrであった。また、発汗量に対する飲水率は82.4から103.3%の間を変動し、平均91.1±7.3%であった。

#### IV. 考 察

夏期休暇中は、スポーツ少年団の練習が活発になり、対外試合や各種の全国大会が行われるが、これらの試合や練習は高温下で行われることが多いため、トレーニングの質的低下や各種の暑熱障害が発生しやすい。

従って、練習場の環境温度の実態を把握した上で、運動強度や持続時間、水分・塩分の補給、健康状態、休息のとり方等に十分配慮しながら計画立案する必要がある。

測定期間中の練習を環境温度ならびに運動強度から捉えると、環境温度は26.2~30.1°C(WBGT)の範囲で実施され、平均28.0±1.2°Cであった。これを「熱中症予防のための運動指針」から捉えると『厳重警戒』の領域で行われたことになる。一方、心拍数は練習内容によって97~199拍/分の間を変動し、平均心拍数は139~153拍/分であった。これは最大心拍数のほぼ66.8~73.6%の水準にあったにもかかわらず、運動終了時の体温の水準は36.8~37.3°Cの水準にあり、その変化量も0.1から0.50°Cの上昇に留っている。このことは練習中に十分な熱放散が行われていることを示唆している。

練習中の水分補強は、ほぼ30分間隔で行われ、発汗量の91.1%の水分が補給され、その結果、体重減少率は0.4%以内にあり、体液量はほぼ一定に保たれた。また、本測定時では平均皮膚温を測定していないので正確に冷水補給による体冷却効果を算出できないが、平均皮膚温を無視して算出すると冷水補給により体温は0.98±0.13°Cの体温低下をもたらすものと推定された。

結局、今回の練習は十分な水分補給の下で実施されており、これは、体液量を一定に保持するばかりでなく、冷水補給による体冷却効果により体温の上昇は抑制され、比較的安全な状態の下で練習が実施されていたと考えられる。

#### V. 要 約

夏期におけるスポーツ少年団員のトレーニングの実態と熱中症予防のための基礎的知見を得るために、スポーツ少年団を対象に、スポーツ活動時の環境温度や飲水量、発汗量ならびに体温を測定し、練習時の体温調節反応について検討した。得られた結果は以下の通りである。

1. 練習期間中のWBGTは26.2~30.1°Cの範囲にあり、そのうち3日間は厳重警戒(28.0°C)を越え、平均28.0±1.0°Cであった。

2. 練習中の平均心拍数は139~153拍/分の間を変動し、これは最大心拍数の66.8~73.5%の水準にあった。

3. 練習前後の体重減少量は0.1~1.3kgの範囲にあり、平均0.4kgであった。

4. 練習開始時の体温は36.6~36.9°Cであるが、終了後のそれは36.8~37.3°Cの水準に上昇し、その変化量は0.1~0.5°Cであった。

5. 単位体重・時間当たりの発汗量は平均13.8±0.9ml/kg·hr、一方、飲水量は平均12.6±1.8ml/kg·hrであった。また、発汗量に対する飲水率は82.4~103.3%の範囲にあり、平均91.1±7.3%であった。

#### 参考文献

- 1) 川原 貴, 森本武利編集: スポーツ活動時の熱中症予防。日本体育協会, 1993.
- 2) 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。
- 3) Morimoto,T : Thermoregulation and body fluids : Role of blood volume and central venous pressure. Jpn. J.Physiol., 40, 165-179, 1990.
- 4) 中井誠一, 奇本 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。—グランドの環境温度の観察から—臨床スポーツ医学, 8(1), 42-45, 1991.
- 5) 中井誠一, 川原 貴：学校管理下における熱中症死亡事故発生時の環境温度。臨床スポーツ医学, 13(6), 562-566, 1996.
- 6) 丹羽健市：運動時体温調節反応に及ぼす飲料水の温度の効果。日本運動生理学雑誌, 4, 99-104, 1997.
- 7) Pitts,G.C.,Johnson,R.E.and Consolazio, F.C. : Work in the heat as affected by intake of water, salt and glucose. Amer. J.Physiol.142, 253-259, 1944.
- 8) 山田誠二, 松原周信, 能勢 博, 三木健寿, 伊藤俊之, 濑尾芳輝, 平川和文, 森本武利：発汗時補給水分の体温調節効果。日本生気象学会雑誌, 19 (1), 45-51, 1982.
- 9) 奇本 明, 中井誠一, 芳田哲也, 森本武利：屋外における暑熱下運動時の飲水行動と体温調節。体力科学, 44, 357-364, 1995。
- 謝辞：本測定に当たり、滝山スポーツ少年団各位に多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

## 4. サッカー少年団の実態

報告者 戸苅 晴彦<sup>1)</sup> 安松 幹展<sup>1)</sup> 石崎 聰之<sup>2)</sup>  
長谷川 博<sup>3)</sup>

### はじめに

日本の発育期における夏期のスポーツ活動は、休暇中であることから全国大会を始めとした各種大会、合宿、練習などが集中的に行なわれる。日本サッカー協会では小学生年代を第4種のカテゴリーと位置づけているが、最も大きい大会である全日本少年サッカー大会も毎年7月末から8月にかけて開催される。また、8月の中旬から下旬にかけて全国少年少女草サッカー大会が288チームを集めて清水市で行なわれている。こういった大きな大会があれば、その準備のために地域予選や合宿、練習などが活発に行われる。

日本サッカー協会は暑熱環境下における対策の基本的な考え方を「熱中症による事故対策」と、「良いコンディションによる技術、戦術の習得」の2点にしている。そのために「サッカーの暑さ対策ガイドブック」をはじめ「熱中症予防ガイドブック」、「夏のトレーニング・ガイドブック」など日本体育協会が発行したガイドブックを利用しながら、指導者の意識向上のための努力をしている。また、技術委員会が作成した「サッカー指導教本」にも暑さ対策の章を設けて指導者に啓蒙している。さらに、具体的な対応措置として、夏期における2種（高校生年代）以下の大会では、WBGTを指標にして試合中に主審の裁量で、前後半の半ばに「飲水タイム」を設けることを実施している。

本研究の目的は、これまでの資料には欠落していた「夏期におけるサッカー少年団の練習中の実態」について調査することである。

### 研究方法

対象にしたクラブ、人数および測定月日は表1に示した通りである。以下、クラブ名は、測定日順にFC桜田、東鷲宮SC、八千代町SS、砂原SCと称することにする。対象クラブは特別に競技レベルが高いわけでもなく、また地域のサッカーの競技レベルが特別に高いこともない、ごく普通のサッカー少年団を抽出した。ただし、各クラブとも複数の指導者のものとに、数人の父母が交代でサポートに来ており、クラブ運営としてはしっかりしていた。被験者は測定項目などとの関係から管理しやすい人数とし、高学年を中心に各クラブ10名前後とした。

測定項目は環境温度、練習前後の体重、耳内温度、全体を通して飲料別の飲水量、運動中の心拍数、各チーム2名の運動中の歩数、カロリーそして飲水時間を含む練習内容とした。

環境温度はWBGT計（京都電子工業KK）を用いて、練習開始から終了までの時間を中心に、30分ごとに乾球温度、湿球温度、WBGTを測定した。体重は練習前後にサッカー用ショーツのみ着用して測定した。体重計は50gまで測定可能なものを用いた。耳内温度はINSTANT THERMOMETER（THERMOSCAN社）を用いて、練習前後に測った。

水分摂取量は、測定時間中は個人のスクイズボトルからのみ飲水をするようにして10g単位の秤量

表1 測定対象

| 測定日        | 対象チーム            | 対象人数 |
|------------|------------------|------|
| 平成12年8月 5日 | FC桜田スポーツ少年団（埼玉県） | 10   |
| 平成12年8月 6日 | 東鷲宮スポーツクラブ（埼玉県）  | 9    |
| 平成12年8月 7日 | 八千代町SS（茨城県）      | 10   |
| 平成12年8月26日 | 砂原サッカークラブ（埼玉県）   | 10   |

1) 平成国際大学スポーツ科学研究所

2) 小山工業高等専門学校

3) 広島大学

計を用いて測定した。なお、飲料は大塚製薬から援助を受けたエネルゲン、ポカリスエット、水(クリスタルガイザー)を準備し、クーラーボックスを用いて氷で冷却して飲み易くした。また、個人で持参した飲料を摂取したい場合は申し出るような措置をしたが、該当者はなかった。

運動強度の指標としてハートレイトモニター(POLAR 社)を被験者全員に装着させて運動中の心拍数の変動を測定した。また、各クラブ2名の選手に歩数計(TANITA 5667)を装着し、歩数とカロリーを計測して運動量の参考にした。

## 結果と考察

### 1) 環境温度

図1に結果を示したように、4クラブのうちFC桜田、東鷺宮SC、八千代町SSの3クラブは午前、砂原SCの1クラブは午後の練習であったが、練習時間帯のWBGTの平均には大差がなかった。しかし、午後からの練習であった砂原SCはWBGTの平均気温は変わらないものの徐々に温度が下がり、

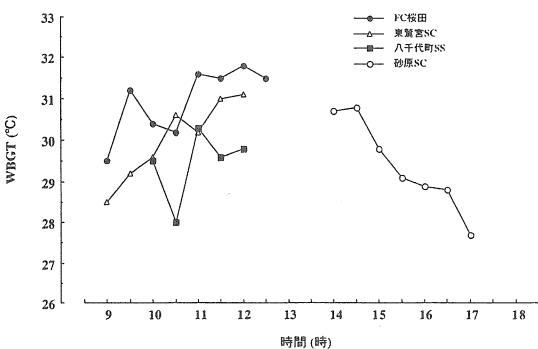


図1 測定時の環境条件 (WBGT)

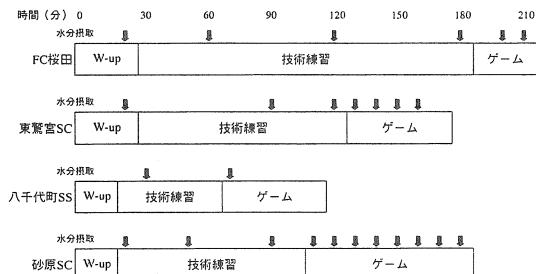


図3 各クラブの練習内容と水分摂取のタイミング

気分的にも楽になっていく感じがあったように思われた。

### 2) 水分摂取量 (図2, 3, 4)

クラブ差がみられたが、全体の平均は1,369.2±598.7mlであった(図2)。特に砂原SCは2,000mlと多かったが、これは練習時間の長さ、飲水頻度の多さに影響を受けているものと思われた。飲料別ではクラブによって好みが違い、水、ポカリスエット、エネルゲンという順や、エネルゲン、ポカリスエット、水という順もあったが、平均では水が多く、エネルゲン、ポカリスエットはほぼ同様であった。子どもたちは個々に好みはあっても、その時の雰囲気に左右されることもあるので、一概に利用飲料の順位を決めつけることはできないが、実態はこのようなものであった。

水分摂取量は練習時間や休憩頻度、時間に影響されるものである(図3)。摂取量の多かった砂原SCは練習時間も3時間と多めであったし、特にゲ

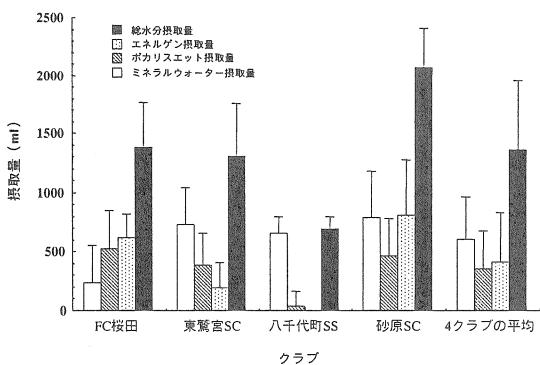


図2 各クラブの水分摂取量の実態

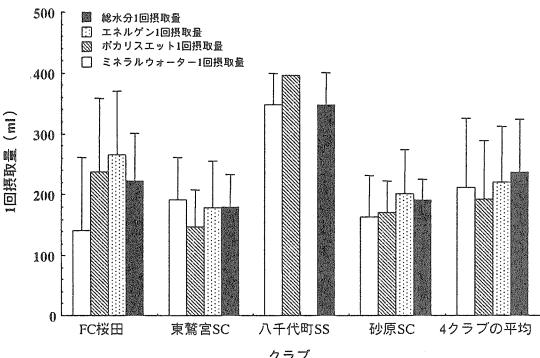


図4 各クラブにみられる1回の水分摂取量

ームに入ってからの頻度が多い結果だといえる。それに対し八千代町 SS は、練習時間は 2 時間と他の 3 クラブに比較して 1 時間少なく、しかも飲水頻度は 2 回であった。FC 桜田は練習時間の割には飲水量が少なく、特に個人技術を中心とした練習時は 60 分間隔の飲水で、間隔が少ないといえる。また東鷺宮 SC は、特に個人練習の前半で数人の体調不良者を出したが、ウォーミングアップ時に飲水させた後は、1 時間ほど水分補給がなかったことが影響していると思われた。このような結果を避けるためには、練習の前半は水分摂取に加え、運動強度のコントロール、休憩の取り方などを工夫する必要があるといえよう。

1 回の水分摂取量は図 4 に示した通りであるが、八千代町 SC が多かった。これは飲水頻度が少なく、2 時間の練習中に 2 回だけであり、選手たちは集中的に補給しているといえる。

全体の平均でみると、 $236.9 \pm 87.5 \text{ ml}$  であった。

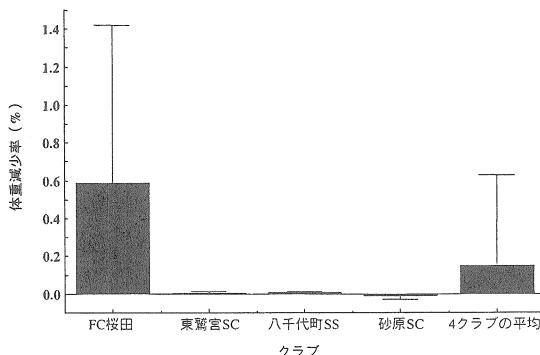


図 5 各クラブにみられる体重減少率

この摂取量は高校生の練習中の  $160.1 \pm 50.0 \text{ ml}$  と比較すると多い傾向にあり、休憩時間の長さと関係があるものと考えられる。

### 3) 体重減少率

練習前後の体重を測定した結果から減少率を算出すると、図 5 に示したように全体的に少なかった。その中で、練習時間が 3 時間 30 分であった FC 桜田は比較的大きく、標準偏差の大きさからも個人的に大きく減少している選手がいたことを示している。水分摂取量の最も多かった砂原 SC はむしろ増加している傾向がみられた。

### 4) 水分補給率

練習において発汗して失った水分が、どの程度補充されたかをみたものが水分補給率である(図 6)。全体の平均は  $89.8 \pm 31.8\%$  ということで、かなり水分補給ができていると考えてよい。特に砂原 SC は 100% を超えるもので、やや取り過ぎの傾向もあり、集団心理的な働きが多少見られた。そ

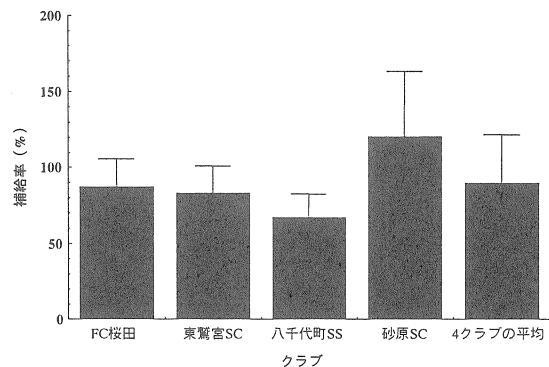


図 6 各クラブにみられる水分補給率

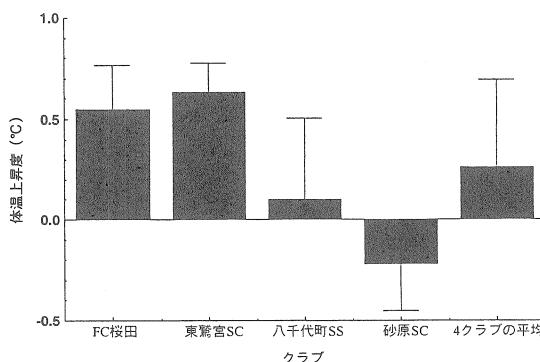


図 7 各クラブにみられる体温上昇度

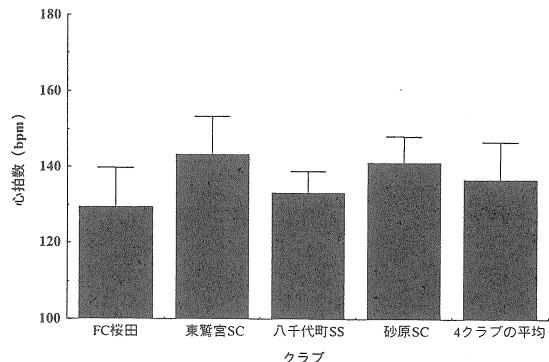


図 8 各クラブにみられる平均心拍数

れに対し八千代町 SS は相対的に低く、1回に補給する量が多かったものの、飲水頻度が2回と少なかったことが影響していると考えられる。

### 5) 体温上昇度

全体的に体温上昇度はそれほど高いものではなかった。の中でも砂原 SC は体温の低下がみられたが、これは水分摂取が十分できていること（図7）、最後の練習ゲームがグループ交代で休憩があったこと、午後の練習でWBGTも下降していたことなどが影響していると思われるが、はっきりしたことは分からぬ。しかし、全体的に水分補給率が高いことなどと考え併せると、暑熱環境下の配慮としては良い方向だといえよう。

### 6) 心拍数

心拍数の測定は各クラブ10名前後で、全員を対象にしたものである。チームごとの平均は図8に示した通りであり、全員の平均は $136.8 \pm 9.9$ 拍/分であった。試合や練習中の心拍数の変動に関する報告は成人の例はかなりあるが、小学生年代のものはほとんどない。したがって、本調査の心拍数が練習強度を考えたときにどの程度の強度であるかを評価するのは難しい。ただし、図9、10に練習時間の長いものと短いものの代表例を示したごとく、練習の強度には強弱の波があり、ボール拾いや、順番待ちが長く、しかも休憩も入るので、平均だけでは評価が難しい。

### 7) 歩数、カロリー

歩数計の準備の関係で各チーム2名を対象として

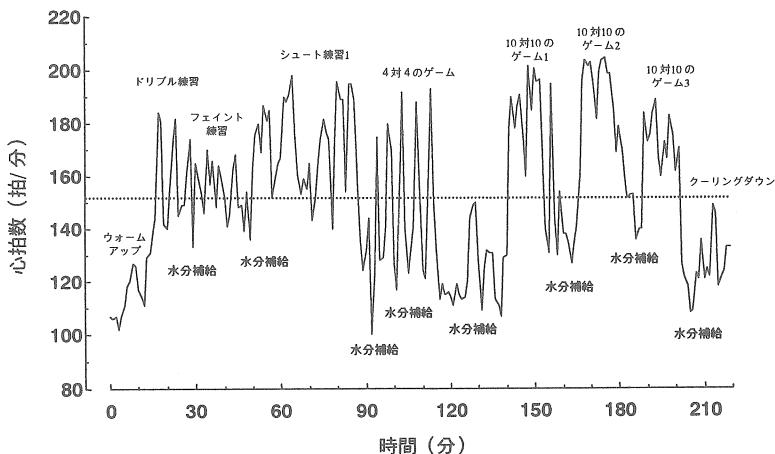


図9 砂原 SC・O選手の練習中の心拍変動

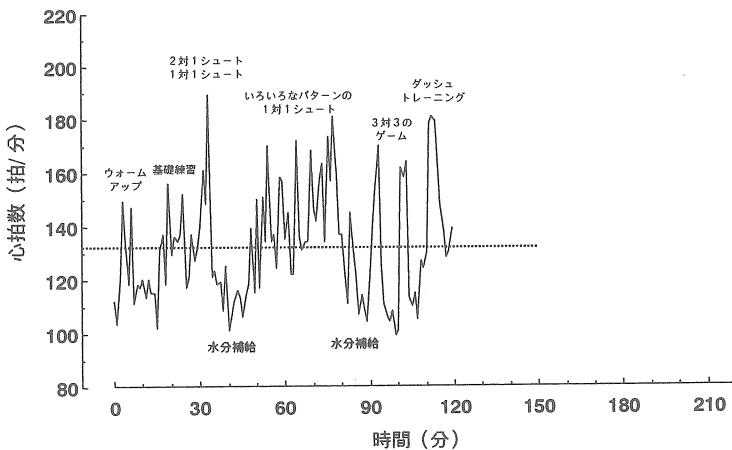


図10 八千代町 SS・A選手の練習中の心拍変動

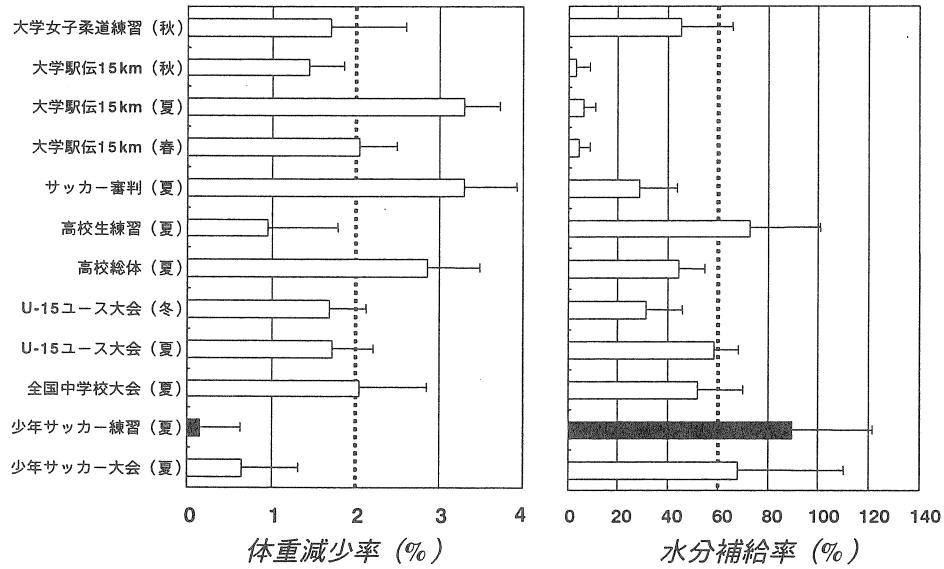


図11 様々な条件における体重減少率と水分補給率

データを収集した。また、チームは八千代町SSを除く3チームとした。3チームの練習時間はいずれも3時間前後と長いものであった。その間の移動歩数は平均で $10,380.5 \pm 1,688.6$ 歩、消費エネルギーは平均で $256.6 \pm 59.5$ kcalであった。この数値は比較資料がなく、3時間前後にも及ぶ練習の移動歩数と消費エネルギーの1例として今後の参考にしたい。なお、歩数計の精度などに問題はあるが、個人の相対値など大雑把な資料としては参考になるものと考えられる。

### ま　と　め

本研究は夏期におけるサッカー少年団の練習中の飲水状況を調査することを目的として行った。

その結果、図11のように、他の競技種目およびサッカーと比較すると、体重減少率は低く、水分補給率は約90%と高いものであった。また、練習前後の体温上昇度もさほど高いものではなかった。したがって、練習中の水分摂取という点ではかなり配慮がなされていると考えられる。しかし、水

分摂取量の多さは練習時間の長さとも関連があり、もう少し短い時間の間隔で、飲水頻度を増す必要があるものと考えられる。また、特に少年の場合は、練習を開始してから1時間ぐらいの間ににおける暑熱環境に対する配慮が必要であることがわかった。

今回の調査は比較対象にする資料がなく、サッカー少年団の実態的一面を捉えたに過ぎない。今後は競技レベル、指導者の資格、地域などを考慮した対象に関する資料を収集すると、なお参考になると思われる。

### 参　考　文　献

- 1) 日本サッカー協会：サッカーの暑さガイドブック，1997。
- 2) 日本体育協会：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック，1999。
- 3) 日本体育協会：夏のトレーニングガイドブック，2000
- 4) 日本サッカー協会：サッカー指導教本，1998

## 5. 小・中学生における夏期剣道練習時の脱水率実態調査

報 告 者 田中 英登<sup>1)</sup> 大貫 義人<sup>2)</sup> 菅原 正志<sup>3)</sup>

### 1. はじめに

近年、熱中症の発生予防が叫ばれているにもかかわらず、熱中症による死亡事故の報告は絶えない。むしろ地球温暖化現象は熱中症の発生に拍車をかけており、平成12年の夏の猛暑は熱中症死亡者数を増加させている。熱中症とは、主に高温環境下において発生する高体温、脱水症などによって導かれる様々な機能障害で、基本的な予防を行なってさえいれば充分に防ぐことのできるものである。これまでの熱中症による死亡件数を年齢別に見ると、乳幼児（0～4歳）と高齢者（70歳以上）において特に高いことが報告されているが、学齢期においても夏期のスポーツ活動時の熱中症発生は数多く報告されている<sup>1)</sup>。この夏期スポーツ活動時の熱中症予防のため、学齢期における熱中症発生頻度が高い高校生（15歳～18歳）を中心とした様々なスポーツ種目における夏期練習及び大会時の実態調査が行なわれてきた<sup>2,3,4)</sup>。しかしながら、近年、中学生以下の低年齢層における夏期のスポーツ活動機会（地域スポーツ少年団などの普及）が増加しており、また発育発達の途上にあるこの年齢層では充分な暑熱耐性機能も備わっていないことなどから、今後この低年齢層における熱中症の発生増加も懸念されている。

学校管理化におけるスポーツ活動時の熱中症の発生件数（学校管理下でないスポーツ少年団での活動時の発生件数は含まれない）をスポーツ種目別にみると、野球が最も多く、ラグビー、サッカー、柔道、山岳、剣道、陸上と続いている<sup>5)</sup>。本調査では、この熱中症発生件数の比較的高い剣道に焦点を当て、小学生及び中学生の夏期練習時の飲水量、発汗量、体温変動量及び運動量についての

実態調査を行ない、低年齢層における剣道練習時の熱中症予防について検討を行なった。

### 2. 調査方法

#### 1) 調査地域及び調査期間

調査は山形市、横浜市及び長崎市に所在する少年剣道クラブ（道場）にて行なった。調査期間は表1に示すとおりである。

#### 2) 調査対象者

調査対象者は各少年剣道クラブ（道場）に所属する小学生（1部中学生含む）を対象に行なった。各調査日の調査人数は表2に示したとおりである。

#### 3) 測定項目

##### (1) 環境温度の測定

練習場の温熱環境は、熱中症予防のための運動指針（日本体育協会）<sup>5)</sup>に示す環境温度測定方法に従って観測した。測定項目は乾球温度（気温）、湿球温度、黒球温度であり、相対湿度とWBGT（湿球黒球温度）を算出した。

WBGTは乾球温度、湿球温度及び黒球温度から以下の式により算出した。

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

（室内で日射のない場合の算出式）

##### (2) 発汗量、飲水量及び脱水率の測定

一般に、スポーツ練習時には水分補給（飲水）が伴うものと思われたが、我々が調査した3地域の剣道クラブ（道場）では、年少者の練習中の水分補給はまったく行なわれていなかった。そこで、本調査では日常の練習時における実態を明らかにするため、水分補給が行なわれない状態（飲水量0）における、練習前後の体重変動を測定した。体重はデジタル体重計（最小目盛50g）を用い、上半身裸体、下半身パンツ1枚の状態で練習開始直前と終了直後に測定した。本調査では水分補給を行なっていないため、練習前後の体重差は主に練習中の発汗量を示すものと考えた。また、[(練習前体重) - (練習後体重)] / 練習前体重 × 100 より

1) 横浜国立大学

2) 山形大学

3) 長崎大学

表1 各調査地域における調査日の練習時間及び環境条件

| 調査地域<br>(担当者) | 調査日   | 練習時間                | 平均WBGT<br>(°C) | 平均気温<br>(°C) | 平均相対湿度<br>(%) |
|---------------|-------|---------------------|----------------|--------------|---------------|
| 山形市<br>(大貫義人) | 8月22日 | 17:00~18:15(1時間15分) | 27.2           | 30.9         | 75            |
|               | 8月24日 | 17:00~18:15(1時間15分) | 26.8           | 31.0         | 78            |
|               | 8月26日 | 16:30~18:00(1時間30分) | 27.2           | 31.5         | 70            |
| 横浜市<br>(田中英登) | 7月7日  | 17:40~19:20(1時間30分) | 25.5           | 25.2         | 80            |
|               | 7月9日  | 9:20~10:30(1時間10分)  | 26.5           | 27.8         | 70            |
|               | 7月26日 | 18:45~19:42(57分)    | 27.2           | 29.2         | 68            |
| 長崎市<br>(菅原正志) | 7月31日 | 18:10~19:28(1時間18分) | 27.0           | 28.5         | 60            |
|               | 8月2日  | 18:37~19:45(1時間8分)  | 26.0           | 28.6         | 60            |

表2 各調査地域における調査内容

| 調査地域 | 調査日   | 調査人数(年齢)    | 測定項目       |
|------|-------|-------------|------------|
| 山形市  | 8月22日 | 11人(10~12才) | 体重、鼓膜温     |
|      | 8月24日 | 11人(10~12才) | 体重、鼓膜温     |
|      | 8月26日 | 12人(10~12才) | 体重、鼓膜温     |
| 横浜市  | 7月7日  | 15人(8~12才)  | 体重、鼓膜温     |
|      | 7月9日  | 13人(8~12才)  | 体重、鼓膜温、運動量 |
| 長崎市  | 7月26日 | 21人(9~15才)  | 体重、鼓膜温、運動量 |
|      | 7月31日 | 18人(9~15才)  | 体重、鼓膜温、運動量 |
|      | 8月2日  | 16人(9~15才)  | 体重、鼓膜温、運動量 |

り、脱水率(%)を算出した。

#### (3)体温の測定

練習前後の体温は鼓膜温度計(テルモ:耳式体温計EM-20CP)を用いて測定した。鼓膜温度の測定は測定方法によっては誤差が出やすいため、同条件下で2回の測定を行なった。

#### (4)運動量の測定

横浜(1日)、長崎(3日間)の調査において、練習時の運動量をカロリーメーター装着によって測定した。この測定によって得られた運動量の表示は歩数で表示した。

### 3. 調査結果及び考察

#### 〈環境調査結果〉

各調査地域における調査日の環境条件(WBGT, 気温, 相対湿度)は表1に示したとおりであった。各調査日の平均WBGTは25.5°C~27.2°Cの範囲で、日本体育協会による熱中症予防のための運動指針によるところの環境温度は「警戒」域に属し、熱中症の危険が増すため積極的に休息をとり、水分補給をすること、とされている<sup>5)</sup>。

#### 〈平均脱水率、平均鼓膜温上昇度〉

図1に各調査日の平均脱水率を、図2に鼓膜温度の平均上昇度(練習後-練習前)を示す。調査地域ごとにみると、平均脱水率は0.82±0.18%(山

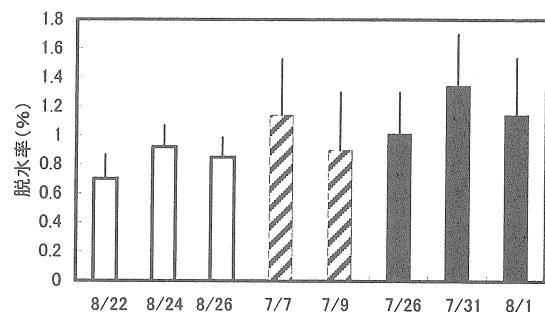


図1 各地域における調査日の環境温度(WBGT)

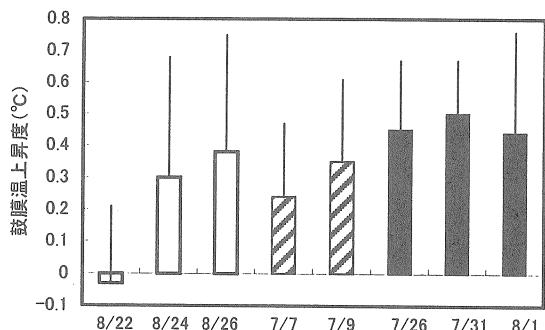


図2 各地域における調査日の体温上昇度

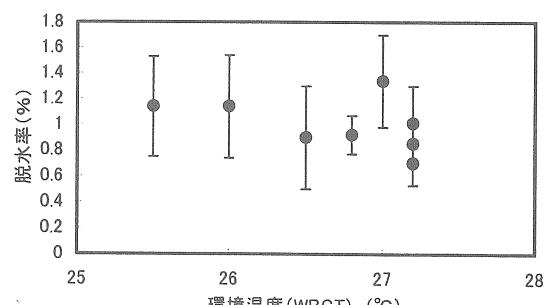


図3 環境温度と脱水率の関係

形； $n=34$ ）， $1.03 \pm 0.41\%$ （横浜； $n=28$ ）， $1.15 \pm 0.37\%$ （長崎； $n=56$ ）であり、調査地域間の差は認められなかった。また、鼓膜温度の平均上昇度は $0.15 \pm 0.36^\circ\text{C}$ （山形）， $0.29 \pm 0.25^\circ\text{C}$ （横浜）， $0.50 \pm 0.24^\circ\text{C}$ （長崎）であり、地域間差は認められなかった。図3に環境温度(WBGT)と平均脱水率の関係を示す。中井ら<sup>6,7)</sup>や丹羽ら<sup>8)</sup>によれば、脱水率は環境温度(WBGT)とは無関係に一定であることが報告されており、本調査においても同様に環境温度と脱水率との関係はみられなかった。

#### 〈個々の脱水率、鼓膜温上昇度、運動量〉

図4に各調査地域における年齢と脱水率の関係を示した。1%の脱水率増加は深部体温を $0.3^\circ\text{C}$ 増加させ、また脱水率2%以上になると脱水率に比例して強い乾き感、血液濃縮の増大、心拍数の増加が報告されている<sup>9)</sup>。また、脱水率5%以上では、脱水による熱疲労(dehydration exhaustion)が生じ精神機能の低下を、10%以上で深部体温の直線的な上昇が起り、さらに15%以上で循環不全、昏睡をきたし、死に至るとされている。このような脱水に伴う生体機能障害発生予防のため、日本体育協会発行の熱中症予防ガイドブックにおいては脱水率が2%以上にならないようにと注意を呼びかけている<sup>5)</sup>。しかしながら、本調査において、体重2%以上の脱水率を示した子供が数名観察され、また、1.5%を超える者は全体の約10%も示された（山形の調査では0）。そこで、どのような子供が高脱水率（熱中症）になりやすいのであろうか検討を試みた。

先ず年齢と脱水率との関係を見ると（図4）、横浜及び長崎の調査において年齢と脱水率との間に正の相関関係が見られたが、山形においては全く年齢との関係が見られなかったため、全体としては年齢と脱水率とは低い相関にとどまった。次に、運動量を測定した横浜と長崎の調査についての分析を試みた。図5は運動量と脱水率との関係を示したもので、運動量が多いほど、脱水率が高いことが示された。本調査における剣道練習時には、水分補給が行なわれなかつたため、脱水率は発汗量に直接依存した。運動量が多いことは、エネルギー代謝量が多いことを示し、代謝量が多いほど、

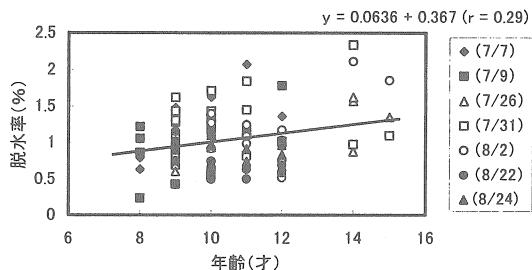


図4 年齢と脱水率の関係

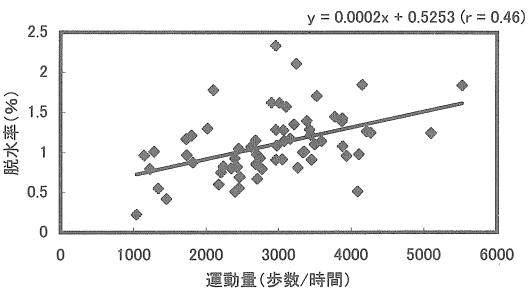


図5 運動量と脱水率の関係

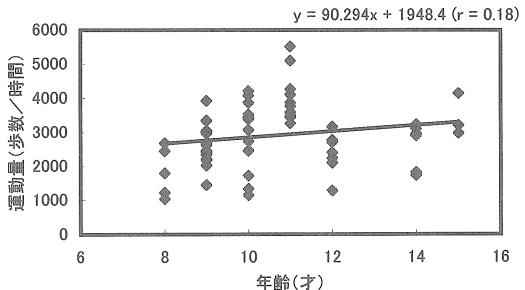


図6 年齢と運動量の関係

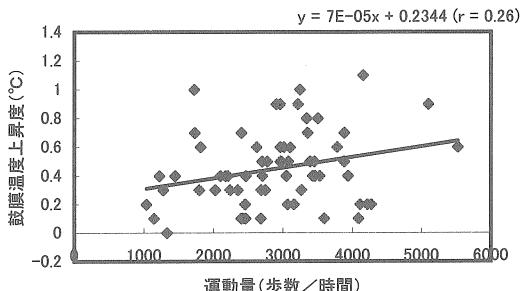


図7 運動量と体温上昇度の関係

体内の熱產生量は増加する。体内の熱を何らかの手段により放散しなければ、深部体温は上昇することになる。そこで、過度の体温上昇を防ぐため熱放散反応が発現する。ヒトの熱放散手段は皮膚血管拡張による dry heat loss と発汗による wet heat loss があるが、暑熱環境下では発汗のみ有効な熱放散手段となる。本調査における環境条件においても、発汗は重要な熱放散手段であったと考えられる。よって、年齢とともに運動量が多くなる傾向があることから(図6)、年齢に比例して脱水率が高くなることも予想される(データ数の問題で、今後さらに検討が必要であろう)。また、運動強度に比例して運動時の体温水準は高くなるとされているが<sup>10)</sup>、本調査においても同様の結果が得られた(図7)。

本調査結果から、小・中学生の夏期剣道練習時の脱水率において2%以上となる子供も見られ、熱中症発生の危険性が示唆された。この大きな原因是、練習中の水分摂取を行なわせないことがある。従来、日本においては、悪しき伝統?により、スポーツ活動中の水分摂取を禁止してきた。この理由は、トレーニングとしての飲水制限、明治から第二次大戦までの飲食思想及び衛生上の問題、軍隊の影響、多飲の害(胃腸障害、血圧への影響、脂肪過多症など)などが挙げられている<sup>11)</sup>。日本の伝統スポーツである「剣道」は、特にその日本の悪しき伝統を引きずっているのであろうか?今回調査した一クラブ(道場)の指導者に水を飲ませない理由を聞くと、以下のような答えが返ってきた。子供に練習中、水分摂取を行なわせると 1) 練習に対する集中力が低下する、2) 面を外すことにより練習が効率的にできない、などを挙げている。さらに、日本伝統の「武道」として発展してきた「剣道」が精神修行の場としても考えられている点が、上記の水を飲ませない理由とともに挙げられるかもしれない。実際に、中学生以上の大人的練習においても水分補給が必ずしも行なわれていない場合も多いようである。一方、ある大学剣道部においては、練習中「面」をかぶりながらストローを用いて水分を補給することもあると聞く。発育発達の時期にある小・中学生においては、このような方法をうまく取り入れることが場

合によっては必要であろう。今後、指導者に水分摂取の指針を提示できるように、さらにデータを積み重ねていくことが必要と思われる。

#### 4. まとめ

本調査は、熱中症死亡件数の比較的多い「剣道」における発育発達期の小・中学生の夏期練習時の実態を明らかにするため、山形、横浜、長崎の3地域の剣道クラブ(道場)にて行なった。その結果は以下のようであった。

- 1) 調査実施日の各地域の環境温度(WBGT)は25.5~27.2°Cであり、日本体育協会の熱中症予防指針の「警告」域であった。
- 2) 何れの調査クラブ(道場)においても、練習中の水分補給は基本的に行なわれていなかった。
- 3) 各地域の平均脱水率は0.82%~1.15%であり、平均鼓膜温度上昇度は0.15°C~0.50°Cであった。
- 4) 全体の約10%にあたる子供は練習終了後に1.5%以上の脱水率を示し、数名は熱中症発生の可能性がある2%以上の脱水率を示した。
- 5) 水分補給を行なわない場合、運動量が多くなるほど発汗量も増加するため、運動量の多い子供には十分注意することが必要である。

今後、さらに剣道練習時の調査をすすめ、剣道練習時における水分摂取の指針を作成することが必要と思われた。

#### 〈謝辞〉

本調査にあたり、ご協力をいただきました各地域の少年剣道クラブ(道場)に感謝の意をここに表します。また、(株)テルモ及び(株)大塚製薬のご協力に対しても、感謝いたします。

#### 〈参考文献〉

- 1) 中井誠一:熱中症死亡数と気象条件 -日本における21年間の観察-。日生気誌 30, 171, 1993
- 2) 勘日本体育協会 スポーツ医科学専門委員会 発行 平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学委員会報告 No.VIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究-第1報- 1998

- 3) 勘日本体育協会 スポーツ医科学専門委員会 発行 平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学委員会報告 №VIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第2報— 1999
- 4) 勘日本体育協会 スポーツ医科学専門委員会 発行 平成11年度日本体育協会スポーツ医・科学委員会報告 №VIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第3報— 2000
- 5) 川原貴ら：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック 勘日本体育協会 発行 1999
- 6) 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実態 臨床スポーツ医学 10: 973-977, 1993
- 7) 中井誠一, 寄本明, 岡本直輝, 森本武利: 運動時の環境温度と飲水量, 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: 283-289, 1994
- 8) 丹羽健市ら: 運動時の環境温度と飲水量・発汗量及び体温に関する実態調査 体力科学 45: 151-158, 1996
- 9) Adolph EF ら: Physiology of Man in the Desert. Harfner Pub. Co., New York, 1947
- 10) Saltin B and Hermansen L: Esophageal, Rectal and Muscle Temperature during Exercise. J. Appl. Physiol., 21: 1757, 1966
- 11) 坂本ゆかり 運動時の水分摂取をめぐる史的背景 J. J. Sports Sci., 2: 452-458, 1983

## 6. 高校野球夏季大会審判活動時における飲水量の違いが 血液性状に及ぼす影響

報 告 者 平下 政美<sup>1)</sup>

### 1. はじめに

夏季ほぼ梅雨明けに一致して開催される全国高校野球県大会では、選手や審判員が長時間暑熱に曝されるためその生体負担はかなり大きい<sup>2)</sup>。インサイドプロテクターによる熱放散を阻害する被服条件、立位姿勢による圧反射の影響で皮膚血管の収縮に伴う体温の恒常的上昇<sup>3)</sup>、プレーに対する集中力の維持など発汗を亢進しやすい条件が多く備わっている。しかし、実際の審判活動時では、審判員は排泄への不安や、試合中の水分を補給するタイミングが難しいなどの理由から極端に飲水量は少なく、昨年までの審判活動時の発汗に対する水分補給率は5~10%に留まっていた。脱水は熱中症の原因となる。脱水によって血圧は低下しやすくなり体温調節機能不全にまでいたり有る。また血液は濃縮し血液粘性抵抗が増し、血液温の上昇による血小板の働きにより血栓ができやすくなり心筋梗塞や急性腎不全をも誘発しうる)。1998年石川県で高校野球夏季大会で起きた審判員の急性心筋梗塞事故もやはり脱水が原因であった<sup>5)</sup>。高温環境下での審判活動時においてはこれまで5回終了時によそ100mlの水分を補給してきた。しかし2000年夏から水分の補給の工夫がなされ石川県では自由飲水を奨励し始めた。しかし従来に比べ、自由飲水で如何程水分補給が亢進するか、またそれによって生体負担が改善するや否や未だ検討されていない。また、下肢加圧は立位姿勢時の静水力学的圧の影響に対して有効といわれている<sup>6)</sup>。この研究は夏季の暑熱下での高校野球夏季大会開催中における審判員に水分補給量の差異および下半身に軽度な陽圧を負荷した場合、血液成分や体温、心拍数をいかに修飾するかについて検討した。

1) 金城大学社会福祉学部

### 2. 研究方法

#### 1) 測定期間と被験者

測定調査対象は石川県野球協会に所属する審判員7名で主審活動に限定した。その身体的特徴を表1に示した。測定は石川県立野球場あるいは金沢市民球場にて行われた高校野球石川県夏季大会(開催期間7月16日から28日)開催期間に行なった。測定手順:測定対象審判員はあらかじめ担当試合の30~40分前までに測定室に入室し、安静を保った後、採血、体重測定、血圧、鼓膜温を測定し、その後審判打ち合わせ等を行なった。そして、試合直前に心拍数測定装置、飲水袋の装着およびカロリーカウンターを装着させ主審活動を開始させた。主審活動時はタイムスタディ記録用紙にて行動を観察し、自由飲水時は飲水回数を記録した。5回終了後飲水量を測定し、試合終了後室温26°C~28°Cにコントロールした部屋で座位にて安静を保たせ、血圧、鼓膜温を測定し、その後心拍数メモリーとカロリーカウンターをはずし、体重を測定した。同一審判員に従来どおり5回終了時飲水するコントロール群(C群)と回数にこだわらず、あらかじめ用意した飲水袋から自由に飲んだ群(FD群)、この条件に下半身に軽い加圧を目的とした網状タイツを装着した群(FDP群)の3回の調査測定を経験させ、個々の審判時間を1日のうちほぼ同一時刻に行なうように配慮した。

#### 2) 測定項目

##### ① グランドの環境温度

試合中の環境温度は一塁側の内野席付近を測定し、その日のグランドの温度とした。

測定は8時から17時までの9時間とした。環境温度は湿球温、黒球温、乾球温、WBGTを測定し、これらはいずれもWBGT計(京都電子工業社製)

にて測定した。

## ②身体的測定項目

### 飲水量および発汗量

飲水量の測定はあらかじめ用意した被験者ごとの個人用飲水コップ重量を測定することで休憩時の飲水量を算出し、グランドでの審判活動時は試作した飲水袋の試合前後の重量の差から求めた。

飲料水として使用したのは、スポーツ飲料（ポカリスエット：大塚製薬社製）を規定の濃度よりほぼ2倍に溶解させたもので、そのときの飲水温度はほぼ4°Cとした<sup>7)</sup>。

発汗量は体重減少法で測定し、以下の式より算出した。

発汗量=(審判活動前体重+飲水量)-審判活動後体重 この時の体重測定は、エイアンドディUC300、最小表示50g精密体重計を用いた。

血圧は自動血圧計(オムロン社制：HEM-757)

を用いて測定した。

心拍数はワイヤレス脈拍計(日本精密機器：PUX-1001)にて1分毎に連続測定した。

運動量及び歩行数は消費カロリーカウンター(スズケン社制：カロリーカウンターセレクト2)にて連続測定した。

鼓膜温は耳式体温計(テルモ社：M20)にて測定した。

採血による血液の化学成分は赤血球、シースフローDC検出法、白血球、DC検出法、ヘモグロビンSLSヘモグロビン法、MCV、MCH、MCHCは計算法、ヘマトクリットは赤血球パルス波高値検出法、GOT、GPT、JSCC準拠法、尿素窒素、ウレアーゼGLDH法、尿酸、ウリカーゼPOD法、ミオグロビン、RIA個相法、クレアチニンJaffe法で分析した。

表1 審判員の身体的特徴と審判活動時間および環境条件

| subjects | 年齢<br>(Yr) | 身長<br>(cm) | 体重<br>(Kg) | 活動時間<br>(hr) | 代謝量<br>(Kcal) | 歩行数<br>(歩) | WBGT<br>(°C) | 風速<br>(m/sec) | 湿度<br>(%) |
|----------|------------|------------|------------|--------------|---------------|------------|--------------|---------------|-----------|
| Y.U      | 45         | 173.0      | 82.45      | 1.67         | 320           | 3345       | 29.9         | 1             | 51.9      |
| T.T      | 53         | 174.5      | 71.30      | 2            | 323           | 3905       | 30.3         | 1.5           | 50.9      |
| T.M      | 48         | 175.0      | 81.95      | 2.67         | 537           | 4815       | 30.7         | 3.5           | 50.5      |
| E.T      | 39         | 168.0      | 71.55      | 2.67         | 532           | 6845       | 30.3         | 1             | 49.0      |
| Y.K      | 48         | 170.0      | 70.10      | 2            | 389           | 4751       | 29.5         | 2.3           | 55.0      |
| T.K      | 56         | 182.0      | 75.80      | 2            | 405           | 4655       | 29.6         | 4.7           | 51.5      |
| T.S      | 49         | 160.0      | 71.95      | 2            | 391           | 4485       | 30.2         | 4.8           | 52.5      |
| Mean     | 48.3       | 171.9      | 75.01      | 2.1          | 413.9         | 4685       | 30.1         | 2.7           | 51.6      |
| SD       | 5.5        | 6.83       | 5.21       | 0.4          | 88.9          | 1090       | 0.43         | 1.7           | 1.9       |
|          |            |            |            |              |               |            |              |               |           |
| Y.U      | 45         | 173.0      | 82.65      | 20.25        | 399           | 4679       | 29.4         | 6.7           | 46.2      |
| T.T      | 53         | 174.5      | 71.15      | 3            | 462           | 5249       | 29           | 4             | 48.6      |
| T.M      | 48         | 175.0      | 82.95      | 2.42         | 451           | 4187       | 29.1         | 5             | 45.9      |
| E.T      | 39         | 168.0      | 71.80      | 2.42         | 431           | 4525       | 29.1         | 5.7           | 51.3      |
| Y.K      | 48         | 170.0      | 69.90      | 2            | 388           | 4740       | 29.5         | 5             | 45.1      |
| T.K      | 56         | 182.0      | 75.95      | 1.8          | 393           | 4851       | 29.6         | 3             | 40.6      |
| T.S      | 49         | 160.0      | 73.30      | 3            | 525           | 5690       | 30.2         | 5             | 52.2      |
| Mean     | 48.3       | 171.9      | 75.39      | 2.4          | 435.6         | 4848       | 29.4         | 4.9           | 47.1      |
| SD       | 5.5        | 6.83       | 5.41       | 0.5          | 48.9          | 492        | 0.41         | 1.2           | 4.0       |
|          |            |            |            |              |               |            |              |               |           |
| Y.U      | 45         | 173.0      | 82.50      | 2.17         | 501           | 5332       | 28.2         | 1.7           | 51.7      |
| T.T      | 53         | 174.5      | 71.10      | 2            | 320           | 3650       | 29.2         | 1.3           | 49.0      |
| T.M      | 48         | 175.0      | 82.20      | 1.4          | 317           | 2864       | 30.1         | 1             | 45.9      |
| E.T      | 39         | 168.0      | 71.80      | 3.42         | 498           | 6649       | 27.7         | 1.5           | 57.2      |
| Y.K      | 48         | 170.0      | 69.85      | 1.4          | 273           | 3470       | 29           | 4             | 48.6      |
| T.K      | 56         | 182.0      | 76.35      | 2            | 375           | 4351       | 30.1         | 3.5           | 51.0      |
| T.S      | 49         | 160.0      | 71.45      | 2.33         | 414           | 4846       | 29.1         | 5             | 45.9      |
| Mean     | 48.3       | 171.9      | 75.04      | 2.1          | 385.4         | 4451       | 29.1         | 2.6           | 49.9      |
| SD       | 5.5        | 6.83       | 5.39       | 0.7          | 90.0          | 1284       | 0.89         | 1.6           | 3.9       |

### 3. 結 果

表1に審判活動当日の身体的特徴、環境条件、運動量を示した。それぞれの審判活動時における平均WBGTはC条件、RD条件、FD条件、それぞれ30.07°C、29.41°C、29.05°Cで、この時の風速・温度の平均値はそれぞれ2.7m/sec・51.6%，4.9m/sec・47.1%，2.6m/sec・49.9%であった。試合時間・運動量はC条件、RD条件、FD条件でそれぞれ2.1hr・413Kcal(4685歩), 2.4時間・436Kcal(4845歩), 2.1hr・385Kcal(4452歩)であった。これらの測定項目についてそれぞれの群で有意な差が観察されなかった。しかし、C条件のWBGTは他の群に比べ高い傾向を示した。

表2に審判活動前後の飲水量、発汗量、血圧、

体温の変化を示した。発汗量はいずれの条件下でも1試合でおよそ2リットルに達した。飲水量はC条件、RD条件、FDP条件でそれぞれ250ml, 1000ml, 863mlであった。最高血圧、最低血圧、平均血圧はそれぞれの条件間で試合前後で有意に低下した。

表3に血中化学成分の変動を示した。C条件ではほとんどの測定項目で審判活動前-後間で有意な差が観察された。しかしF条件ではRBC、Hbの濃度やHtで審判活動前後で有意差が観察されなかつた。FDP条件では審判活動前後で血圧、RBC、血小板に変化が見られなかつた。

図1にC条件、FD条件、FDP条件下での審判活動時の飲水量、△Ht、△血圧、△鼓膜温および△血小板について単位時間当たりの数値を示した。

表2 審判活動前後の、飲水量、発汗量、血圧、体温の変化

| subjects | 飲水量   | 発汗量    | 収縮期血圧 |       | 拡張期血圧 |      | 平均血圧  |       | 体温   |      |
|----------|-------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|
|          |       |        | 前     | 後     | 前     | 後    | 前     | 後     | 前    | 後    |
| Y.U      | 400   | 1900   | 148   | 112   | 101   | 72   | 116.7 | 85.3  | 37   | 38.2 |
| T.T      | 200   | 1800   | 134   | 116   | 78    | 73   | 96.7  | 87.3  | 36.6 | 37   |
| T.M      | 300   | 3200   | 163   | 115   | 115   | 85   | 131   | 95    | 37.3 | 37.6 |
| E.T      | 160   | 1610   | 145   | 120   | 91    | 77   | 109   | 91.3  | 37.4 | 38.3 |
| Y.K      | 225   | 1755   | 122   | 110   | 74    | 80   | 90    | 90    | 36.6 | 37.5 |
| T.K      | 235   | 1955   | 147   | 95    | 129   | 97   | 135   | 97.6  | 37   | 38.2 |
| T.S      | 280   | 1430   | 150   | 131   | 103   | 93   | 116.7 | 104   | 37.1 | 37.7 |
| Mean     | 257.1 | 1950   | 144.1 | 114.1 | 98.7  | 82.4 | 113.6 | 92.9  | 37   | 37.8 |
| SD       | 78.5  | 536.0  | 12.0  | 10.9  | 19.6  | 9.7  | 16.6  | 6.5   | 0.31 | 0.47 |
|          |       |        |       |       |       |      |       |       |      |      |
| Y.U      | 780   | 2330   | 159   | 126   | 109   | 98   | 125.7 | 107.3 | 36.7 | 38.2 |
| T.T      | 860   | 2410   | 133   | 94    | 76    | 67   | 95    | 76    | 37.1 | 37.2 |
| T.M      | 770   | 3570   | 171   | 129   | 104   | 93   | 126.3 | 105   | 37.3 | 37.6 |
| E.T      | 475   | 1675   | 150   | 128   | 96    | 91   | 114   | 103.3 | 36.8 | 37.6 |
| Y.K      | 1220  | 2020   | 126   | 120   | 77    | 78   | 93.3  | 92    | 36.7 | 37.1 |
| T.K      | 1710  | 2110   | 141   | 137   | 91    | 87   | 107.7 | 103.7 | 37   | 38   |
| T.S      | 1220  | 2220   | 150   | 140   | 98    | 93   | 115.3 | 108   | 36.9 | 37.4 |
| Mean     | 1005  | 2333.6 | 147.1 | 124.9 | 93    | 86.7 | 111.0 | 99.3  | 36.9 | 37.5 |
| SD       | 377.4 | 595.8  | 15.3  | 15.2  | 12.64 | 10.7 | 13.3  | 11.6  | 0.22 | 0.40 |
|          |       |        |       |       |       |      |       |       |      |      |
| Y.U      | 645   | 2845   | 152   | 110   | 118   | 83   | 129.3 | 92    | 37.2 | 38.3 |
| T.T      | 620   | 1520   | 126   | 101   | 81    | 68   | 96    | 74    | 36.5 | 37.9 |
| T.M      | 485   | 1985   | 165   | 133   | 119   | 95   | 134.3 | 107.6 | 37.3 | 37.3 |
| E.T      | 755   | 2005   | 141   | 140   | 88    | 87   | 105.7 | 104.7 | 37.1 | 38.2 |
| Y.K      | 855   | 1155   | 126   | 113   | 77    | 72   | 93.3  | 85.7  | 36.6 | 36.7 |
| T.K      | 1620  | 1970   | 154   | 154   | 92    | 93   | 112.7 | 113.3 | 37.2 | 37.7 |
| T.S      | 1060  | 1610   | 151   | 155   | 93    | 104  | 112.3 | 121   | 37   | 37.4 |
| Mean     | 862.8 | 1870   | 145   | 129.4 | 95.42 | 86   | 111.9 | 99.8  | 37.0 | 37.6 |
| SD       | 381.5 | 531.3  | 14.7  | 21.7  | 16.8  | 12.8 | 15.5  | 16.5  | 0.31 | 0.55 |

浸透圧は試合中に変化分で示した。飲水量はC条件ではおよそ160ml/hr, FDおよびFDP条件下では430ml/hrに達し、C条件に比べFD, FDP条件水分補給量は有意に増加した。浸透圧は、C条件に比べFD, FDP条件で低下する傾向を示したが有意ではなかった。試合前後の $\Delta Ht$ はC条件に比べFD条件で有意に減少した。試合前後の $\Delta$ 血小板についてC条件は他の条件に比べ高い傾向が見られたがわずかに有意ではなかった。この時の血圧低下はC条件はFDやFDP条件下に比べ大きかった。鼓膜温の変化はC群に比べD群、FDP群は低かったが有意な差ではなかった。

図2に審判員1名について試合時的心拍数を経時的に示した。また6名の試合時の毎分平均心拍数を条件毎に示した。C条件下では140拍/分に達し、FD条件やFDP条件では毎分当たりほぼ10拍減少した。すべての審判員についてC群に比べFD, FDP条件は試合中常に心拍数は低く抑えられた。

#### 4. 考 察

本研究は夏季の高温環境下での高校野球審判活動時に水分補給量の違いが生体に如何に影響するかについて検討することを目的とした。

表3 審判活動前後の血液性状の変化

| 試合条件 |   | WBC<br>$10^4/\mu\text{l}$ | RBC<br>$/\mu\text{l}$ | Hb<br>g/dl        | Ht<br>%           | 血小板<br>$10^4/\mu\text{l}$ | 浸透圧<br>mOsm/l     | GOT<br>IU/l      | GPT<br>IU/l       | $\gamma$ -GTP<br>IU/l | BUN<br>mg/dl     | 尿酸<br>mg/dl      | CPK<br>IU/l       |
|------|---|---------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| C    | 前 | 5.36<br>*(1.91)           | 463.6<br>(44.7)       | 14.89<br>(0.86)   | 43.2 **<br>(3.70) | 20.6 **<br>(5.75)         | 291.6 **<br>(3.3) | 27.4 *<br>(10.9) | 30.4 *<br>(17.3)  | 39.42 *<br>(22.8)     | 14.44 *<br>(2.8) | 6.31 **<br>(1.3) | 138.0 **<br>(105) |
|      | 後 | 6.47<br>(2.50)            | 480.1<br>(48.1)       | 15.36<br>(0.87)   | 45.1<br>(2.54)    | 23.1<br>(4.36)            | 298.7<br>(6.9)    | 29.6<br>(11.4)   | 33.4<br>(19.5)    | 42.00<br>(25.2)       | 15.39<br>(3.4)   | 6.94<br>(1.5)    | 219.3<br>(197)    |
| FD   | 前 | 5.64<br>(1.57)            | 457.1 **<br>(40.8)    | 14.66<br>(0.76)   | 43.1<br>(1.55)    | 20.5 *<br>(3.86)          | 290.9 **<br>(2.6) | 24.7 *<br>(6.2)  | 28.3 *<br>(14.0)  | 39.86<br>(24.7)       | 14.57<br>(2.9)   | 6.49 **<br>(1.0) | 152.0 **<br>(85)  |
|      | 後 | 5.52<br>(1.70)            | 460.3<br>(43.2)       | 14.93<br>(0.92)   | 43.8<br>(1.83)    | 22.2<br>(3.75)            | 296.3<br>(5.0)    | 27.6<br>(8.1)    | 30.4<br>(15.7)    | 41.29<br>(26.7)       | 15.24<br>(3.3)   | 7.02<br>(1.4)    | 203.2<br>(102)    |
| FDP  | 前 | 5.12<br>(1.56)            | 456.4<br>(45.5)       | 14.74 *<br>(0.63) | 43.8<br>(3.57)    | 22.2<br>(5.48)            | 291.3 **<br>(4.3) | 26.3 *<br>(7.7)  | 32.0 **<br>(16.1) | 38.71<br>(18.9) **    | 14.07 *<br>(1.8) | 6.79 *<br>(1.0)  | 153.5 **<br>(151) |
|      | 後 | 5.91<br>(1.89)            | 474.6<br>(49.3)       | 15.29<br>(0.77)   | 45.1<br>(3.22)    | 23.7<br>(5.20)            | 297.6<br>(5.4)    | 28.9<br>(8.6)    | 34.7<br>(17.7)    | 42.28<br>(20.8)       | 14.79<br>(1.5)   | 7.40<br>(1.4)    | 225.0<br>(149)    |

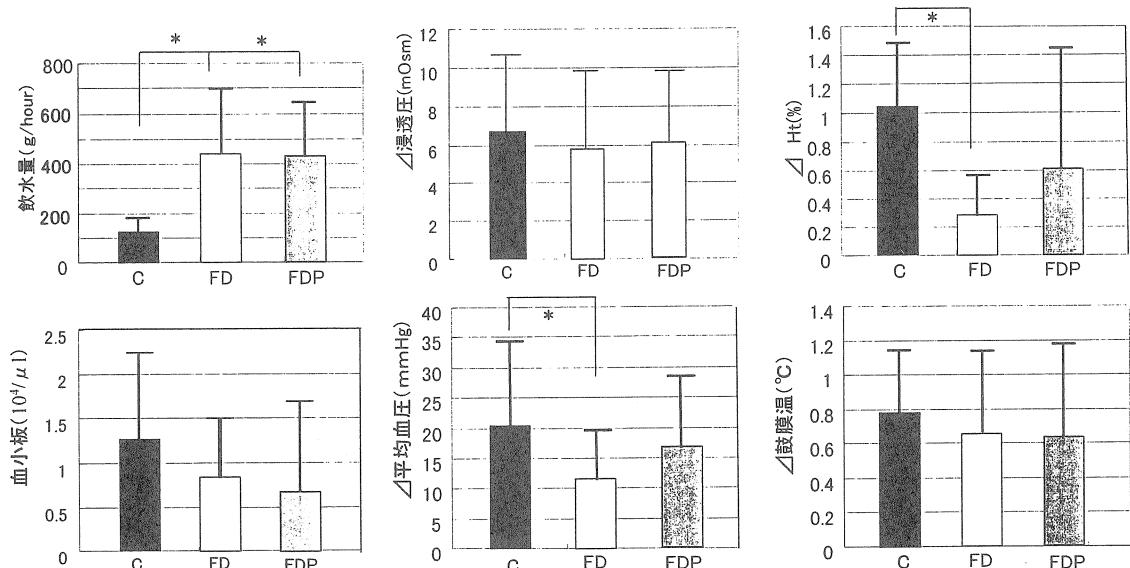


図1 審判活動前後の飲水量、浸透圧、Ht、血小板、平均血圧、鼓膜温の変化分(Δ)についてのC, FD, FDP条件間による比較 \* P < 0.05

## ① 高校野球主審活動時の環境条件と発汗量・飲水量

高校野球審判活動環境温度 WBGT で29.1に達し、熱中症予防のための運動指針によると「厳重注意域、持久的運動を避け、積極的な休息、水分補給を行う必要がある」とする領域に該当し、極めて過酷な暑熱条件であった。1試合当たりの審判活動時発汗量はおよそ2リットルであった。未発表ではあるが、すでに我々は高校生を対象とした試合でおよそ1.4リットルの発汗量を観察している。また三浦ら<sup>9</sup>は中学生の野球の試合では選手の飲水量はおよそ1000mlと報告している。これらの数値は審判員のそれよりかなり少ない。おそらく審判員の発汗量が選手より多いのは、選手は試合時間の半分をベンチで休憩できるのに対して、審判員は試合を通して暑熱に曝されることによるであろう。審判活動時に5回のみ飲水する条件(13%程度)に比較して自由飲水条件では発汗に対する飲水率は有意に増加した。しかしその数値は45%程度に留まった。これは審判員は試合が単調であると水分を補給するが試合が緊迫すると「水分補給を忘れる」「水分補給する余裕がなくなる」という理由で飲水が亢進しなかったのであろう。審判活動時の飲水率をより高めるには、水分を定期的に摂取させるなど今後さらに検討していく必要があると思われる。

## ② 血液体状の変化

飲水条件に関わらず試合前後で血液体状に変化が観察された(表3)。何れの飲水条件でも審判活動前後で、血液の濃縮の指標となる血清浸透圧やHt、血小板などの数値は上昇した。またその程度は、飲水によって抑制された。審判活動に代表されるように長時間暑熱環境下に曝されると、自発的脱水がいっそう亢進し、血液の濃縮が起こる。血液の濃縮は血液の粘性抵抗を増加させ、環流速度を低下させる。血液の環流速度の低下は血栓を产生しやすくし、高体温や高齢に伴う動脈硬化はそれを助長する。高校野球審判員の高齢化が進む昨今、審判員の高齢化対策にも取り組む必要がある。血清CPK活性の上昇は、激運動時による筋繊維の損傷や無酸素あるいは低酸素状態による細胞膜透過性の増大によって血中へ逸脱するためと考えられている<sup>4</sup>。また運動時間が長いとその活性値時間につれて上昇する<sup>3</sup>。本結果でも水分補給の程度に関わらずCPK値は正常値を大きく上昇した。これは中腰を保持する時間が長く、大腿部で静的運動負荷がかかることがその部分の骨格筋に影響を与えており、主審活動の特徴と思われる。

## ③ 審判活動時的心拍数の変動特性

立位姿勢では仰臥姿勢に比較して、心室の拡張期容積が減少するため、一回拍出量が減少し心拍数の増加で代償する。本研究でも図2、3が示す

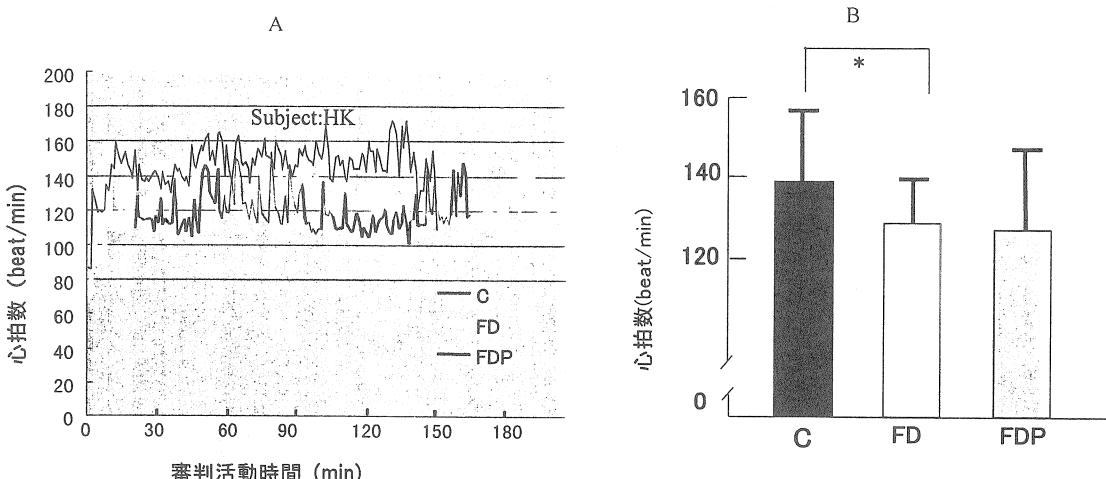


図2 1名の審判活動時の心拍数の経時的变化(図A)および7名の平均心拍数の比較(図B)  
(黒バー:C条件、白バー:FD[条件、灰バー:FDP条件を示す。\*P<0.05)

ように主審活動初期から高い心拍数を示した。発汗による体液量の減少によっても心拍出量は低下し、心拍数は上昇する。図3-Aの心拍数の上昇はそれを明確に示している。すなわち審判活動開始直後の立位の姿勢の影響による高い心拍数に加え、水分補給をしない場合、時間経過とともに脱水が亢進し、心拍数が徐々に増加していく様子が見て取れる。さて運動強度が一定であれば心拍数の揺れは少なく変動する。しかし主審活動時の心拍数は揺れ幅が大きく推移している。これはピッチャーの投球に対する集中力など精神的影響あるいはキャッチャーフライなどスタートダッシュ時に見られる不規則な運動の両方の影響と考えられる。このような要因が複雑に絡み合って審判活動時の心拍数の変動が大きくなると考えられ、循環器系への負担が大きいと言える。

#### ④ 審判活動時の起立性循環調節への対応

審判活動時は立位の姿勢時間が極めて長いことが倉掛ら<sup>2)</sup>によって報告されている。立位では仰臥

姿勢に比べ、静水圧の影響で下肢に貯留する血液が増加し静脈圧および毛細血管圧が増大する。仰臥姿勢から立位姿勢に変化させた場合、足部静脈圧および毛細血管圧はそれぞれ17.1mmHg から95.2mmHg, 23.4mmHg から112.8mmHg に変化する<sup>3)</sup>。そして暑熱下では皮膚血管のコンプライアンスが増加し、立位姿勢での下肢の貯留血液量は著しく増加する。その結果、毛細血管から間質へ移動する液量は増加し血漿量の減少を招く。このような観点から審判活動時に下半身陽圧を目的として網状タイツで軽い圧を負荷した。しかしほとんどの測定項目で自由飲水時有意な変化が観察されなかった。平田ら<sup>6)</sup>は立位姿勢時における下半身陽圧負荷強度と血圧の関係を追求し、その効果はきついと感じる程度に負荷した場合に得られると報告している。本研究で用いた下半身陽圧負荷は極めて低いものであった。しかし、今後審判活動時に下半身にきついと感じる陽圧負荷で起立性反射を抑制できることが充分予想でき、今後のさら

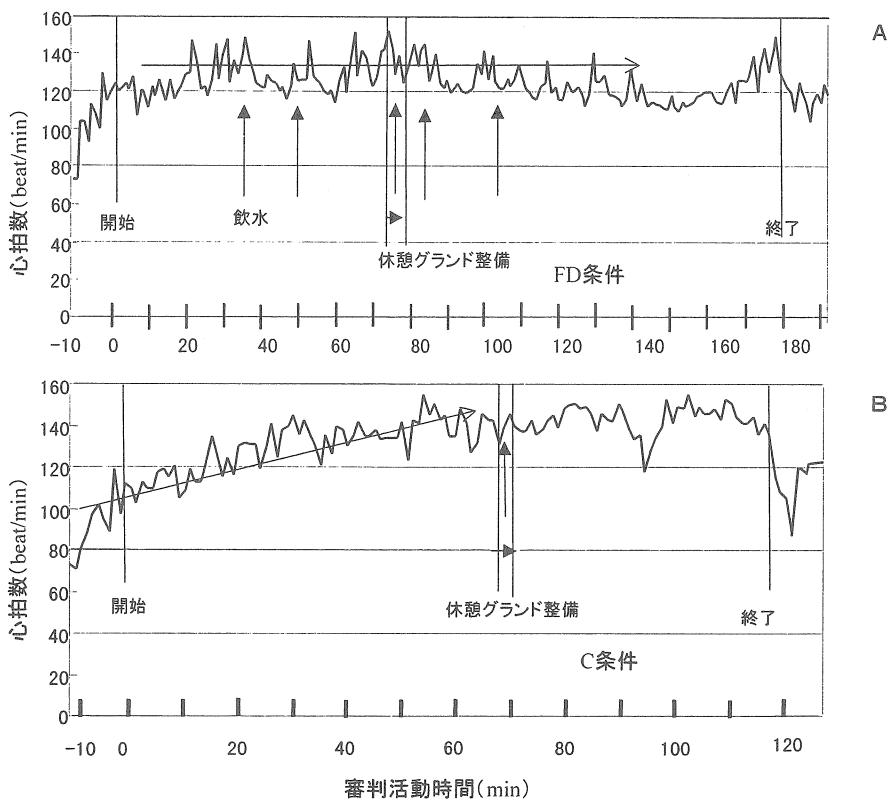


図3 同一審判員における飲水様式と心拍数の経時的变化動態の違い

なる研究が望まれる。

#### ⑤ むすびにかえて

高校生への教育的配慮、試合途中の排泄への不安、休憩時間を設けることで“試合の流れ”が変わるものではないか等の理由で野球の審判活動時の飲水は難しいのが実態であった。しかし1999年の夏に起きた石川県立野球場での審判員の事故をきっかけに、試合活動時の飲水のあり方が工夫されるようになってきてはいるが、「やはり大衆の面前で飲水をすることは気が引ける」(審判員の弁)というのが実態である。高温環境下での野球審判活動の生理的負担を啓発することで、各方面で飲水の意義が正しく理解され自由飲水あるいは定期的飲水法が定着し、「万全の体調で良い審判ができる」と願うものである。

#### 謝 詞

研究にご協力賜りました財日本体育協会、石川県高野連、審判部、大塚製薬㈱、石川県医師会、㈱ファルコバイオシステムズに深謝いたします。

#### 文 献

- 1) 倉掛重精、菅原和夫、熊江 隆、島岡 章、大下 喜子、岡村典慶、町田和彦 暑熱環境下の野球試合における審判員の水分摂取の影響 日衛誌 第44巻第6号 1120-1127, 1990.
- 2) 倉掛重精、菅原和夫、熊江 隆、島岡 章、町田

和彦、岡村典慶 夏季の野球試合が審判員の生体に及ぼす影響 日衛誌 第42巻第号 1013-1022, 1988.

- 3) 五味邦英、高木康、名沢修二 筋細胞中の酵素とスポーツ、臨床スポーツ医学, 11巻, 631-636, 1982.
- 4) 橋本治雄、長時間水泳と血清クレアチン fosfオキナーゼ(CPK)-CPK-MB アイソザイムと運動時間の関係について－ 慶應義塾大学体育研究所紀要, 22巻, 11-18, 1982.
- 5) 平下政美、紫藤 治、倉掛 重精高校野球夏季大会における主審活動と暑熱負荷—審判員の死亡事故をめぐって— 平成11年度 日本体育協会スポーツ医・科学的研究報告 No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究 —第3報— 95-101, 2000.
- 6) 平田耕造、永坂鉄夫、布村忠弘、野田裕子、紫藤 治、平井敦夫、平下政美、高畠俊成 「きつい」と感じるスポーツウェアの皮膚圧迫効果の実験的研究 デサントスポーツ科学 8巻125-136, 1987.
- 7) Fordtran.J.S and Saltin,B. Gastric emptying and intestinal absorption during prolonged severe exercise. J.Appl. Physiol.3, 331-335, 1967.
- 8) Perry, M.A., Coiebatch, J.G., Glover, W.E. and Roddie, I.C. Measurment of capillary pressure in humans using a venous occlusion method. J. Appl.Physiol., 60 : 2114-2117, 1986.

## 7. 夏期サッカー練習時における環境温度, 運動量, 発汗量, 飲水量の実態と水負債及び体温上昇量からみた生体負担度について

報告者 森 哲<sup>1)</sup> 栄 涼子<sup>1)</sup> 宮側 敏明<sup>2)</sup>  
朝山 正巳<sup>1)</sup>

### 〈緒 言〉

日本サッカー協会から発行された「サッカーの暑さ対策ハンドブック」によると、1988年にアメリカのミネソタで開催されたUSAカップユースサッカー大会に11歳から19歳までの男女4000余人が参加し、その時の環境温度は、気温が38℃、WBGTは28℃以上に達し、大会2日目の昼までに18名の熱中症患者が発生したといわれる<sup>1)</sup>。その後、熱中症発生の予防策として、試合時間の短縮、休憩時間の延長、選手交代制限の緩和などの措置がとられ、熱中症患者の発生数は減少したことが報告されている<sup>1)</sup>。

日本体育協会の「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」では、WBGT28℃以上の環境下で運動する場合には、積極的な休息と水分補給を行うことなどが挙げられている<sup>2)</sup>。すなわち、運動時には、激しい身体活動によって熱産生量が増加して体温が上昇する。一方で体温を下げるために、皮膚血管の拡張によって、皮膚血流量を増して熱放散を行うと同時に、多量な発汗が見られる。水分補給は、発汗により喪失した体液を補い、循環血液量の維持に役立つ。そのために、夏期スポーツ活動時の環境温度や運動量を十分把握し、競技者の発汗量に見合った適正な飲水量を補給させることが必要となる。

これまでに日本体育協会では、スポーツ活動時の熱中症予防のための研究班をつくり、運動時の体温調節に関する基礎実験や<sup>3)</sup>、活動中の環境温や発汗量などの実態調査<sup>3)4)5)</sup>、熱中症事故例の調査研究などを行って<sup>6)~13)</sup>、その成果をもとに、先述した「ス

ポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」としてまとめ<sup>12)</sup>、熱中症予防のための啓発に努めてきた。

また、数年前からは、「ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究」のためのプロジェクト研究がスタートし、その一貫として、新たにスポーツ少年団をはじめとするジュニア選手の熱中症予防に必要な知見を得るためにプロジェクト研究が計画されてきた。

本報告では、ジュニア期のサッカーチーム員を対象として、夏期トレーニング時の環境温度や運動量、及び発汗量と飲水量の実態を調査するとともに、水負債率と体温上昇量からみた生体負担度について検討した。

### 〈方 法〉

#### 1. 測定の日時と対象者

(1)測定の日時：測定は平成12年8月12日と13日の両日、午後1時30分から午後4時までの2時間半にわたって行った。

(2)対象：調査対象は、大阪府市スポーツ少年団育成フットボールクラブ部員、男子14名、女子7名の計21名であった。各測定日における被検者の年齢、身長、体重を男女別に、表1に示した。

#### 2. 測定方法

##### (1)環境温度

乾球温度 (Natural Dry-Bulb Temperature, NDB), 湿球温度 (Natural Wet-Bulb Temperature, NWB), 及び黒球温度 (Globe Temperature, GT) を WBGT 計 (京都電子 WBGT-101) を用いて15分ごとに測定し、各測定値から総合温熱指数として WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature) を次式(1)より算出した。

$$WBGT = 0.7 \times NWB + 0.2 \times GT + 0.1 \times NDB \cdots (1)$$

1) 中京女子大学

2) 大阪市立大学

表1 測定日と対象者の性別、人数、年齢、身長、及び体重

| 測定月日       | 性別 | 人数<br>人 | 年齢<br>歳  | 身長<br>cm   | 体重<br>kg    |
|------------|----|---------|----------|------------|-------------|
| 2000.8.12. | 男  | 9       | 9.7±1.6  | 134.4±8.6  | 34.23±10.94 |
| 2000.8.12. | 女  | 8       | 10.3±4.1 | 134.3±23.7 | 41.63±25.45 |
| 2000.8.13. | 男  | 14      | 9.6±1.5  | 133.5±8.4  | 32.90±8.93  |
| 2000.8.13. | 女  | 7       | 11.7±4.3 | 142.0±22.7 | 47.61±23.23 |
| 平均値±標準偏差   |    |         |          |            |             |

表2 練習時の環境温度の平均値と標準偏差

| 測定月日       | 測定回数<br>回 | 乾球温度<br>℃ | 湿球温度<br>℃ | 黒球温度<br>℃ | WBGT<br>℃ |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2000.8.12. | 11        | 35.7±0.7  | 26.7±0.3  | 39.3±1.7  | 30.1±0.6  |
| 2000.8.13. | 11        | 34.6±1.4  | 26.9±0.9  | 38.1±3.0  | 29.9±1.2  |
| 平均         | 22        | 35.2±1.2  | 26.8±0.6  | 38.7±2.4  | 30.0±0.9  |

## (2)運動量

フットボールクラブの監督が無作為に抽出した男子4名の被検者に、アクトコード(YAGAMI 製、YH-1)を装着させ、練習中の歩数を経時に測定した。

## (3)発汗量

練習前と後に半裸体状態(下着着用)で体重を測定し、体重減少量(5g単位)を求め、次式(2)により発汗量を算出した。

$$\text{発汗量} = \text{練習前体重} + \text{飲水量} - \text{練習後体重} \cdots (2)$$

## (4) 飲水量

飲水量は飲水前後のボトルの重量差から求め、自動秤(ISHIDA 製)により測定した。

飲料水は、市販の1リットルのペットボトルで供給し、休憩時に自由に摂取させた。スポーツドリンクは粉末ポカリスエット(大塚製薬)の74(g/1)とした濃度(Na<sup>+</sup>: 21mEq/1, K<sup>+</sup>: 5 mEq/1, Ca<sup>2+</sup>: 1 mEq/1, Mg<sup>2+</sup>: 0.5mEq/1, Cl<sup>-</sup>: 6 mEq/1, citrate<sup>3-</sup>: 10mEq/1, lactate<sup>-</sup>: 1 mEq/1)を2倍に希釈し、氷で冷やして約4℃に保って用いた。

## (5)体温

耳式体温計(テルモ製、M20)を用いて、鼓膜温を運動前後にそれぞれ3回測定し、その平均値を用いた。運動前後の体温から体温上昇量を求めた。

## (6)水負債率

水負債率を次式(3)により算出した。

$$\text{水負債率} (\%) = (\text{運動前体重} - \text{運動後体重}) / \text{前体重} \times 100 \cdots (3)$$

## (7)発汗による水分喪失

運動前体重に対する発汗量の割合から発汗による水分喪失(%)を求めた。

## &lt;結果&gt;

## (1)環境温度

表2は、夏期練習時の環境温度の平均と標準偏差の結果を示した。測定日の1日目は、乾球温度で35.7±0.7℃、湿球温度で26.7±0.3℃、黒球温度で39.3±1.7℃、及びWBGT30.1±0.6℃であり、測定日の2日目は、乾球温度で34.6±1.4℃、湿球温度で26.9±0.9℃、黒球温度で38.1±3.0℃、及びWBGT29.9±1.2℃であった。2日間の平均にして、乾球温度で35.2±1.2℃、湿球温度で26.8±0.6℃、黒球温度で38.7±2.4℃、及びWBGT30.0±0.9℃であった。このように、本調査で得られた夏期サッカー練習時の環境は、熱中症予防の分類<sup>2)</sup>では、「厳重警戒(激しい運動は中止)」に相当する過酷な温熱環境であった。

## (2)運動量

図1は、被検者M.A.のサッカー練習時の歩数の経時的推移を表した。上段に1日目を、下段に2日目の結果をそれぞれ表した。

被検者4名の平均総歩数は、1日目が12873.8±187.9歩、2日目が10913.3±2240.2歩であり、平均で12138.6歩であった。平均分当たり歩数は、1

1日目が $82.9 \pm 9.4$ 歩/分, 2日目が $68.7 \pm 7.6$ 歩/分であり, 平均で75.8歩/分であった。

### (3) 発汗量と飲水量

図2は, 各測定日における発汗量と飲水量の平均値と標準偏差を示した。

発汗量(g)は, 男子で $1103.7 \pm 513.8$ g, 女子で $1087.8 \pm 618.1$ gであり, 時間当たりでは, 男子で $450.3 \pm 191.6$ g/hr, 女子で $446.5 \pm 227.2$ g/hrであった。また, 体重・時間当たりにして, 男子で $13.2 \pm 3.2$ g/kg/hr, 女子で $10.7 \pm 4.6$ g/kg/hrであり, 男女の平均は $12.2$ g/kg/hrであった。

飲水量(g)は, 男子で $1109.9 \pm 406.7$ g, 女子で $1001.1 \pm 523.4$ gであり, 時間当たりでは, 男子で $466.4 \pm 157.2$ g, 女子で $401.2 \pm 196.1$ g/hrであった。また, 体重・時間当たりにして, 男子で $14.2 \pm 4.2$ g/kg/hr, 女子で $9.6 \pm 3.3$ g/kg/hrであり, 男女の平均は $12.4$ g/kg/hrであった。

### (4) 飲水の回数と間隔, 1回の飲水量及び水分摂取率

図3は, 各測定日における飲水の回数とその間隔, 1回の飲水量, 及び水分摂取率の平均値と標準偏差を示した。

1回の練習に要した飲水の回数(回/2.5時間)が, 男子で $3.8 \pm 0.4$ 回, 女子で $3.5 \pm 0.5$ 回であった。飲水間隔は, 男子で $29.5 \pm 2.2$ 分, 女子で $29.0 \pm 2.1$ 分であった。1回の飲水量(g/回)は, 男子

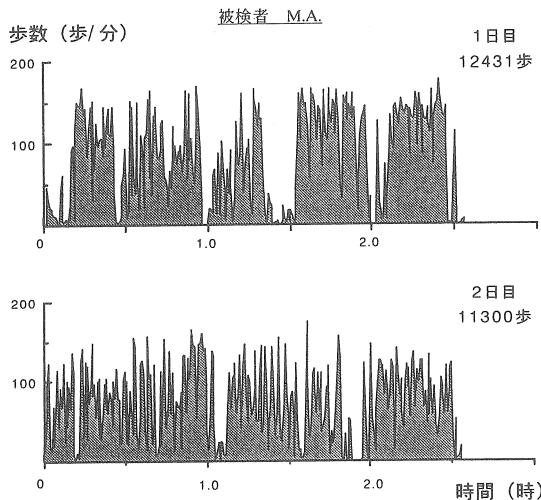


図1 サッカー練習時の歩数の経時的推移

で $288.6 \pm 97.6$ g/回, 女子で $297.1 \pm 165.0$ g/回であり, 体重当たりにして男子で $8.8 \pm 2.5$ g/kg/hr, 女子で $7.0 \pm 3.2$ g/kg/hrであった。水分摂取率は, 男子で $112.0 \pm 46.7\%$ , 女子で $104.1 \pm 48.4\%$ であった。

### (5) 体温, 水負債率, 及び発汗による水分喪失

図4は, 各測定日における練習前と後の体温, 水負債率, 及び発汗による水分喪失の平均値と標準偏差を示した。

練習前の鼓膜温は, 男子で $37.09 \pm 0.18^\circ\text{C}$ , 女子で $36.65 \pm 0.33^\circ\text{C}$ であった。

練習後の鼓膜温は, 男子で $37.19 \pm 0.33^\circ\text{C}$ , 女子で $37.42 \pm 0.43^\circ\text{C}$ であった。練習前後の体温上昇量は, 男子で $0.10 \pm 0.34^\circ\text{C}$ , 女子で $0.77 \pm 0.64^\circ\text{C}$ であった。

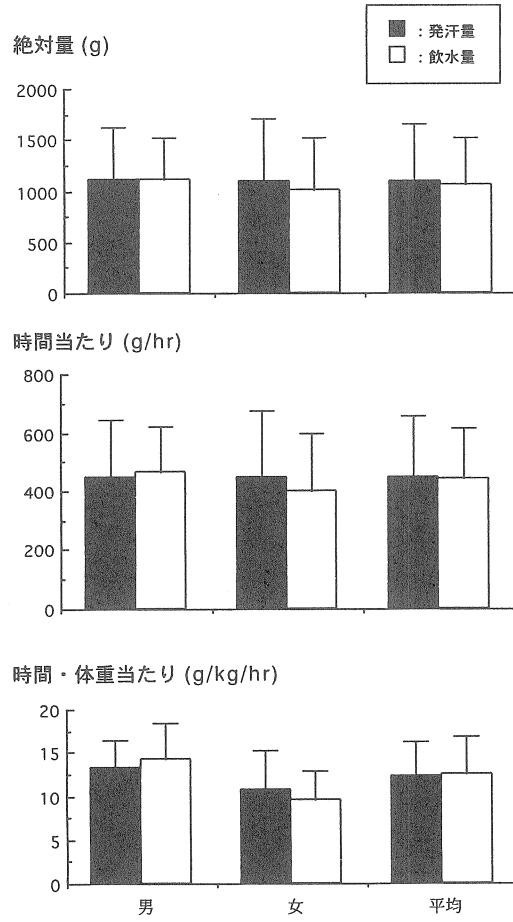


図2 サッカー練習時の発汗量と飲水量

練習時の水負債率(%)は、男子で $-0.14 \pm 1.07\%$ 、女子で $3.21 \pm 0.83\%$ であった。練習時の発汗による水分喪失(%)は、男子で $3.21 \pm 0.83\%$ 、女子で $1.94 \pm 0.65\%$ であり、男女の平均で $2.71\%$ であった。

### 〈考 察〉

ジュニア期のスポーツ選手（児童、生徒）にあっても、夏期トレーニング時の暑さ対策は、基本的には成人のそれと変わらない。従って、日本体育協会の「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブ

ック」で唱っている「熱中症予防 8 カ条」が、そのままジュニア期のスポーツ活動時の熱中症予防のための対策となり得る。

しかし、身体の諸機能や器官が未発達の段階にあるスポーツ選手にとっての暑さ対策は、成人のそれに比べて、より細かな配慮が必要となろう。

すなわち、ジュニア期は、

①自律神経や体温調節機能が未発達である。

②基礎代謝量は成人に比べて高く、熱産生量が大きい。

③体容積に対する体表面積に占める割合が、成人より子供の方が大きく、暑熱の影響を受け易く、体温が変動し易い。

④経験や訴える能力に乏しく、暑熱障害を未然

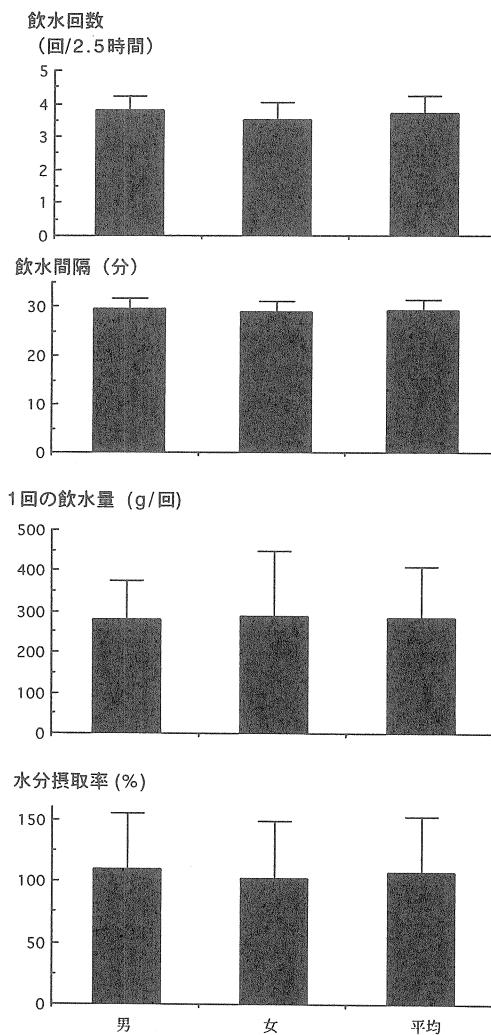


図 3 サッカー練習時の飲水回数、間隔、1回の飲水量、及び水分摂取率

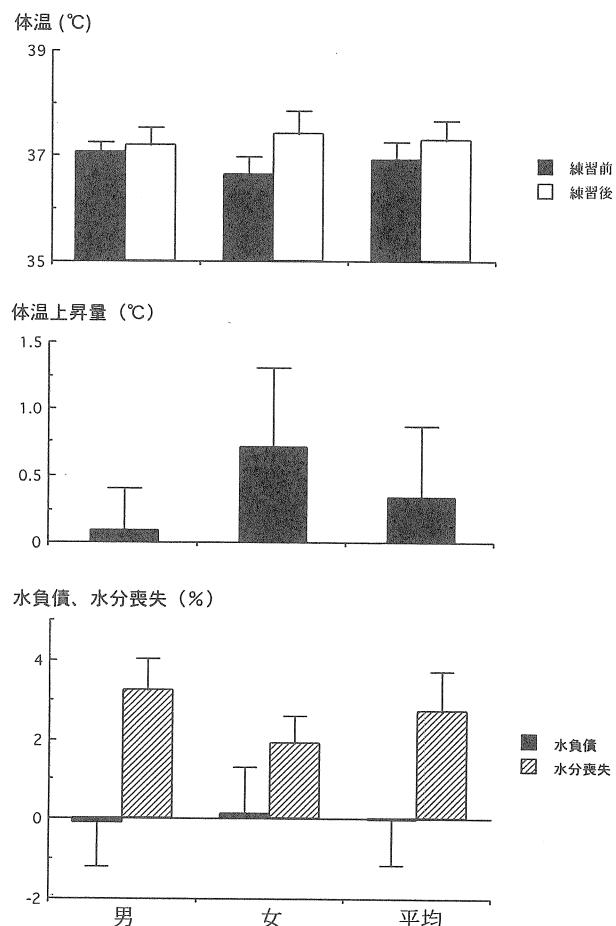


図 4 サッカー練習時の体温、体温上昇量、水負債と水分喪失

に防ぎ難い。

以上の理由からジュニア期のスポーツ選手は、成人のスポーツ選手に比べて熱中症にかかる危険性が高いと考えられる。

ジュニア・スポーツ大会は、日本で最も気温の高くなる夏期に実施されることが多い。我々のプロジェクト研究でも、例えば、香川県開催時の高校総体サッカー場のWBGTは28°C以上を記録したことを報告している<sup>11)</sup>。また、本調査でも夏期サッカー練習時の総合温熱指数 WBGT は平均30°Cを示し、運動を実施する上では「厳重警戒」<sup>2)</sup>に相当する過酷な温熱環境の下で練習が行われていた。

本調査の過酷な温熱環境下のサッカー練習は、2.5時間に及び、平均1万2千歩の運動量を示した。図1の歩数の経時記録からも明らかなように、150歩/分以上の激しい運動が頻繁に行われていることを表している。これはパスやドリブルをしながらのランニングやダッシュが繰り返されるためである。

のことから、散歩やジョギングなどと違って、単純に歩数から運動に要したエネルギー量を推定することは誤差が大きくなることが考えられるが、本研究で得られた平均分当たり歩数（x：歩/分）から体重当たり酸素摂取量（y：ml/kg/分）を推定式（y = 0.0095x + 9.449）を用いて<sup>14)</sup>推定すると、10.2ml/kg/分となる。平均体重33.42kg、平均運動時間を150分、1 Lを5 kcalとして、エネルギー消費量を計算すると255.7kcalと推定された。

このような暑熱下の運動時の体重・時間当りの平均発汗量は、12.2 g/kg/hrであった。これは本調査とほぼ同じ WBGT28°C以上の環境下で測定された他の報告と比べ、大学生スポーツ活動時(1994年)の10.4 g/kg/hr<sup>5)</sup>や、高校野球練習時(1998年)の10.0 g/kg/hr<sup>9)</sup>あるいは高校野球練習時(1999年)11.8 g/kg/hr<sup>15)</sup>よりも、本結果が若干高値であった。

サッカーなど運動強度の高い運動を行う場合の水分補給は、1時間に500 gから1000 gが目安とされている<sup>2)</sup>。本研究の練習時の平均発汗量は時間当たりにすると448.8 g/hrであり、それに対する平均飲水量は440.7 g/hrであった。最小目安となる500 g/hrの飲水量を本調査では若干下回ったが、発汗

によって喪失された水分をほぼ飲水によって充足していた。充分な水分補給の結果、水負債はほとんどなく、体温は平均で0.36°Cと低い上昇量にとどまった。しかし、発汗による水分喪失率(%)を求めるとき、男子で3.21%、女子で1.94%に達しており、飲水によって充分な水分の補給がされないと仮定すると、熱中症発生の危険性が危惧される。

サッカー協会による暑さ対策ガイドブックによると<sup>16)</sup>、水分摂取の頻度は15分から20分ごとに行い、1回に飲む量は200 gを目安にしている。本調査では、約30分ごとに自由に摂取した飲水量は約300 gを示し、この結果はガイドブックの指摘がほぼ適正であることを裏付けた。

#### 〈ま と め〉

夏期サッカー練習時の環境温度と運動量、発汗量、飲水量の実態を調査するとともに、水負債率や体温上昇量からみた生体負担度について検討した。

調査は、2000年8月12日と13日に行った。対象とした被検者は男女サッカーチーム員延べ38名であった。測定項目は、乾球、湿球、黒球の環境温度とWBGT、運動量、飲水量、発汗量、及び体温であった。市販のスポーツドリンクを用いて、練習の休憩時に、被検者に自由に飲水させた。

得られた主な結果は、次のとおりであった。

(1)2日間の環境温度の平均値は、乾球温度35.2°C、湿球温度26.8°C、黒球温度38.7°C、WBGT30.0°Cであった。過酷な温熱環境においても練習が実施されていた。

(2)運動量は、総歩数にして平均で12138.6歩であった。

(3)発汗量は、男女の平均で448.8 g/hrであり、体重・時間当りにして12.2 g/kg/hrであった。

(3)飲水量は、男女の平均で440.7 g/hrであり、体重・時間当りにして12.4 g/kg/hrであった。

(4)練習時の水負債率(%)は、男女の平均で-0.04%であった。

(5)練習前後の鼓膜温の上昇量(°C)は、男女の平均で0.36°Cであった。

(6)練習時の発汗による水分喪失(%)は、男女の

平均で2.71%であった。

以上のことより、夏期サッカー練習は環境温度WBGTが30°Cの過酷な温熱環境において実施されていたが、自由飲水により水負債や体温上昇は軽微であった。

## 謝 詞

測定に協力いただいた大阪市スポーツ少年団育和FC監督嘉幡邦良さんはじめ部員と父兄の方々や測定に協力いただいた津村有紀さん、宮側美さん、宮側賀美さんに深く感謝いたします。

## 〈文 献〉

- 1) 日本サッカー協会(1998)：サッカーの暑さ対策ハンドブック，6－7.
- 2) 日本体育協会：スポーツ活動における熱中症事故ガイドブック (1998)，13.
- 3) 川原貴ら(1987)：平成3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1報－，1－47.
- 4) 朝山正己、森悟ら(1998)：夏期ソフトボール練習時の環境温度と水負債、体温上昇量及び運動量からみた生体負担度について、平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第2報－，7－16.
- 5) 中井誠一、朝山正己、平田耕造、花輪啓一、丹羽健一、井川正治、平下政美、菅原正志(1994)：運動時の環境温度と飲水量、発汗量に関する実態調査－その2－平成5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3報－，20－32.
- 6) 川原貴(1998)：学校管理下における熱中症死亡事故の実態(1991－1996)，平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第1報－，50－54.
- 7) 中井誠一(1998)：運動時熱中症の疫学的検討、平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第1報－，29－38.
- 8) 中井誠一(1992)：運動時熱中症予防のための環境温度の測定方法の検討、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1報－，35－47.
- 9) 中井誠一、朝山正己、花輪啓一、田辺実、丹羽健市、大貫義人、井川正治、田中英登、森悟、平下政美、宮側敏明、菅原正志、倉掛重精、小松裕(1999)：夏期における高校野球の練習および競技会の実態、平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告，No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第2報－，74－94.
- 10) 中井誠一(1992)：運動時熱中症予防のための環境温度の測定方法の検討、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1報－，35－47.
- 11) 戸苅晴彦、磯川正教、丸山剛生、金子保敏、沼澤保敏、福井真司、安松幹展、石崎聰之：高温環境がサッカーの技術、戦術へ及ぼす影響、平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第2報－，63－73.
- 12) 梶原洋子、小野伸一郎、山本正彦、五十嵐桂一、大畠好美：暑熱環境下で開催されたジュニア期の全国陸上競技大会における環境条件の実態調査、平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第1報－，55－66.
- 13) 川原貴ら(2000)：平成11年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－，1－148.
- 14) 星川保、森悟(1995)：無線方式酸素摂取量測定装置(K2)を用いた歩数計歩数のカロリメトリックス－1万歩の消費カロリー－，12－9，1058，臨床スポーツ医学
- 15) 前掲書13)，89.
- 16) 前掲書1)，28.

## 8. 夏季運動時における発汗率と水分補給率の年齢差

報 告 者 井上 芳光<sup>1)</sup> 中井 誠一<sup>2)</sup>

### 1. はじめに

わが国での熱中症による死亡事故は、毎年いろいろな場面で発生している。1968～1994年に発生した熱中症の年齢階層別死亡率をみると、幼児と高齢者が圧倒的に多い<sup>1)</sup>。これは、若年成人に比し、思春期前の子どもや高齢者の熱放散能が劣ることにも起因している<sup>2)</sup>。

子どもは若年成人より活動汗腺密度が高いものの、汗腺が小さいために発汗量が少ない<sup>2,3,4)</sup>。この少ない発汗量を代償するために子どもは頭や軀幹部の皮膚血管をより拡張して熱放散を促進する特性を有する<sup>2,4,5)</sup>。環境温が皮膚温より低い場合は、子どもの体格特性（大きな体表面積／体重比）が熱放散をより促進するため、子どもは少なくとも30°C環境下の45分間程度の運動では深部体温を若年成人とほぼ同等に調節できる<sup>2)</sup>。しかし、汗が唯一の熱放散手段となる環境温度が皮膚温より高くなる条件では、子どもの大きな体表面積／体重比が熱獲得を促進するとともに、未発達な発汗機能が大きく影響し、深部体温の調節が若年成人より劣るようになることが十分予想される<sup>2)</sup>。

高齢者の場合、暑熱・運動刺激時の皮膚血流量に関する研究では、1970年代まで高齢者が若年成人より高値を示すデータが多かったものの、1980年代後半からの報告は皮膚血管拡張能が老化に伴い低下することを示している<sup>6,7,8,9,10)</sup>。また、高齢者の発汗機能も低下することが知られている<sup>2)</sup>。近年、熱放散反応の老化特性は、皮膚血流量→汗腺出力→活動汗腺数と順次低下し、この一連の低下は下肢→軀幹後面→軀幹前面→頭部と進行することが横断的・縦断的検討から推定されている<sup>9,11,12,13)</sup>。すなわち、皮膚血管拡張能の老化に伴う低下が汗腺への酸素供給を制約し、それが汗腺出力を低下

させ（汗腺の萎縮を示唆する）、ひいては活動汗腺数の低下をも招来するものと考えられている。さらに、発育・老化に伴う皮膚血管拡張能および発汗機能の変化機序も詳細に検討されている<sup>5,10,14,15,16,17,18)</sup>。これらの子どもや高齢者の劣った体温調節機能と最近の競技スポーツの低齢化や地球の温暖化を考え合わせると、今後夏季スポーツ活動時における子どもや高齢者の熱中症が増加することが予想され、そのための十分な対策が必要である。

暑熱下運動時における十分な水分補給は、深部体温の過度な上昇を抑制することから、熱中症予防に重要な役割を果たすことが知られている<sup>19,20,21,22,23)</sup>。水分補給量は、血漿浸透圧の変化に依存した口渴感に強く関連する<sup>20,24)</sup>。さらにスポーツ活動時の水分補給量は、飲水方法や飲料などにも影響される<sup>21,25)</sup>。大学生を対象とした各種スポーツ活動時の調査において、水分補給率（発汗量あたりの水分補給量）は50～70%程度であることが報告されている<sup>21,22,25)</sup>。しかし、実際の夏季スポーツ活動場面で子どもや高齢者がどの程度発汗し、どの程度水分を補給しているのか明確ではない。

本研究では、夏季運動時における子ども、若年成人、高齢者の発汗率（体重あたりの発汗量）や水分補給率を調査し、それらの年齢特性を検討した。さらに、子どもにおける発汗率や水分補給率の性差および種目差（屋内 vs. 屋外）を検討した。また、子どもと若年成人において異なる飲料（スポーツ飲料 vs. お茶）が発汗率および水分補給率に及ぼす影響も検討した。

### 2. 調査方法

#### (1) 調査対象

調査対象は、少年野球チームに所属する小学生男子31名、ミニバスケットボールチームに所属する小学生男子12名と小学生女子12名、ソフトボールクラブに所属する女子大学生28名、野球クラブ

1) 大阪国際女子大学

2) 京都女子大学

に所属する男子大学生14名、ゲートボールに参加している高齢者（65～82歳）5名であった（表1）。少年野球チームの調査は、屋外練習時に3日間実施し、そのうち2日は午前中、1日は午後の練習であった（表2）。ミニバスケットボールチームでは、屋内練習時に4日間調査し、そのうちの3日間は午後、1日は午前中の練習であった。男子大学生の野球においては4日間にわたって午後の練習時に調査した。女子大学生のソフトボールおよび高齢者のゲートボールについては、いずれも1日のみの調査とした。調査日には、スポーツ飲料の自由摂取を原則としたが、ミニバスケットでは1日のみお茶の自由摂取を設定し、女子大学生のソフトボールでは同一練習日にスポーツ飲料摂取群とお茶摂取群を設定した。なお、全ての調査は夏季（7～8月）に実施した。

各クラブの指導者、各調査対象者、児童の保護者には事前に調査の目的、条件および測定項目等を説明し、調査協力の承諾を得た。

## （2）測定項目

上記各種スポーツ練習時において、発汗量・水分補給量・練習時間・環境温度をそれぞれ測定した。

発汗量：練習前後において、練習着着用のまま体重（A&D、UC-300、最小表示50g）を測定した。発汗量は練習前後の体重と水分補給量から次式で算出した。

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

発汗量を比較するにあたって、練習時間や調査対象者の体表面積がそれぞれ異なるため、単位時間、体表面積1m<sup>2</sup>あたりの総発汗量（g/m<sup>2</sup>/h）を算出した。なお、体表面積は標準的方法で測定した身長（H, cm）および練習前に測定した体重（W, kg）から下記の推定式を用いて、体表面積（AD）を算出した。

$$AD(m^2) = W^{0.444} \times H^{0.663} \times 88.83 / 10000$$

さらに、下記の式で発汗率（体重あたりの発汗量）も算出した。

$$\text{発汗率}(\%) = \text{発汗量} / \text{練習前の体重} \times 100$$

水分補給量：飲水は、上記のようにミニバスケット1日と女子ソフトボールお茶摂取群を除く全ての調査で、スポーツ飲料（大塚製薬、ポカリ

スエット）を被験者ごとに準備した個人ボトル（1ℓ用）で自由摂取させ、飲水前後におけるボトルの重量差から水分補給量（g）を求めた。子どもと成人の体格が大きく異なるため、水分補給率（発汗量あたりの水分補給量）を下記の式で算出した。

$$\text{水分補給率}(\%) = \text{水分補給量} / \text{発汗量} \times 100$$

夏季練習時の水分補給量は1ℓを超えたため、適時ボトルに飲料を補給した。また飲料の温度は厳密に規定しなかったが、10ℓ容量のジャグボトルに飲料を準備する際に氷2kgを加え飲料を冷やした。スポーツ飲料は、市販の粉末ポカリスエットに水を加えて通常の2倍希釀とした。さらに、飲水中以外は、個人用ボトルは氷を入れたクーラーボックスで保存した。

環境温度の測定：環境温度は、いずれの調査においても乾球温度（DT）・湿球温度（WT）・黒球温度（GT）を30分ごとに測定し、平均値をもってその日の環境温度とした。温熱環境の総合的指標として、以下の式でWBGTを算出した。

$$\text{屋外において } WBGT(\text{°C}) = 0.7\text{WT} + 0.2\text{GT} + 0.1\text{DT}$$

$$\text{屋内において } WBGT(\text{°C}) = 0.7\text{WT} + 0.3\text{GT}$$

## （3）データ分析および統計処理

全てのデータは平均値±標準誤差で表示した。身体的特性、総発汗量、発汗率、水分補給率の年齢差、性差、種目差、飲料差は一要因の分散分析で検定した。なお、同一被験者の比較には、被験者内比較を用いた。全ての検定は、有意水準を5%に設定した。

## 3. 調査結果

表1は、被験者の身体的特性を示したものである。ミニバスケットボール女子の身長・体重が同一年齢の標準値よりやや劣る傾向であったが、他は同一年齢の標準値にほぼ類似した<sup>26)</sup>。表2は、それぞれの調査日における被験者数、飲料、WBGT、練習時間、発汗量（kg）、総発汗量（g/m<sup>2</sup>/h）、発汗率（%：体重あたりの発汗量）、水分補給量（kg）、水分補給率（%：発汗量あたりの水分補給量）を示したものである。以下、これらの調査結果に基づき、ミニバスケットボールの男子vs.女子、少年野球vs.ミニバスケットボール、子どもvs.若

表1 調査対象者の年齢および身体特性（平均値±SEM）

|             | n  | Age (yr) | Height (cm) | Mass (kg)  | AD ( $m^2$ ) |
|-------------|----|----------|-------------|------------|--------------|
| 子ども         |    |          |             |            |              |
| 少年野球        | 31 | 10.6±0.2 | 136.83±1.48 | 31.94±1.18 | 1.077±0.024  |
| ミニバスケット(男子) | 12 | 11.4±0.2 | 145.20±2.83 | 41.26±3.27 | 1.251±0.054  |
| ミニバスケット(女子) | 12 | 12.0±0.0 | 143.80±1.94 | 35.23±1.28 | 1.175±0.027  |
| 若年成人        |    |          |             |            |              |
| 野球          | 14 | 19.6±0.3 | 174.25±1.33 | 63.28±1.87 | 1.713±0.026  |
| ソフトボール      | 28 | 19.8±0.2 | 160.85±0.85 | 57.98±1.22 | 1.560±0.018  |
| 高齢者         |    |          |             |            |              |
| ゲートボール      | 5  | 72.6±3.3 | 164.20±2.11 | 56.64±2.97 | 1.568±0.047  |

AD:体表面積

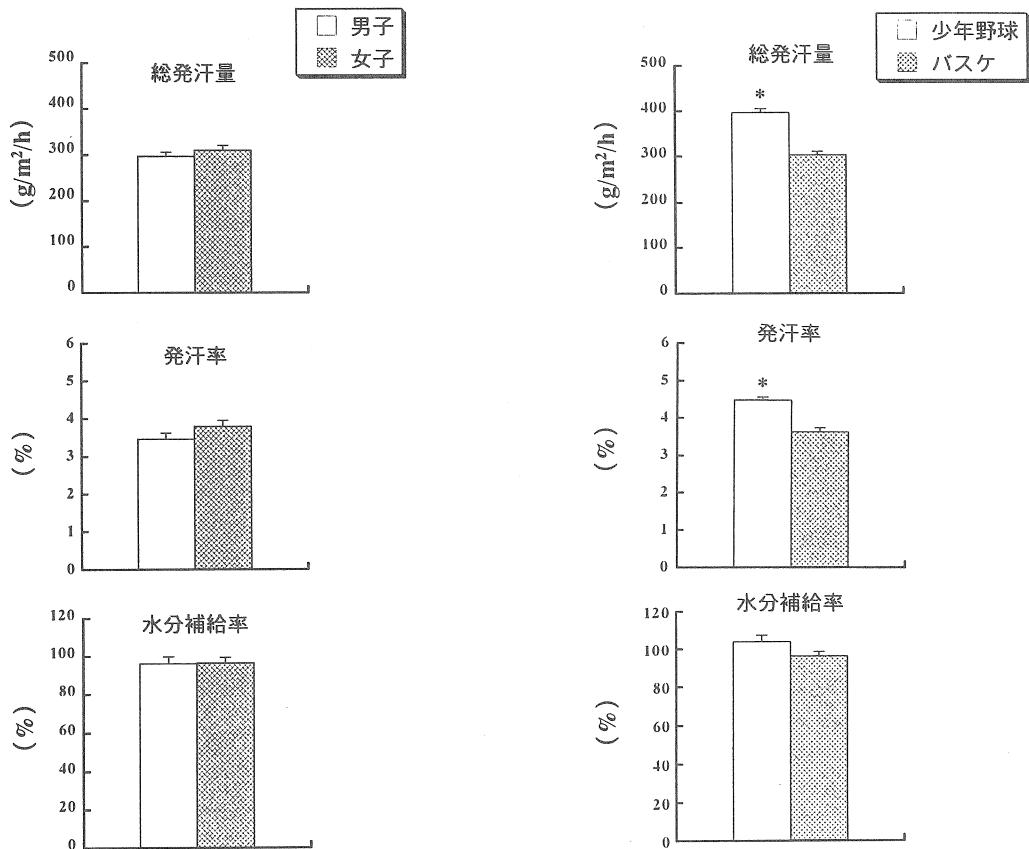


図1 ミニバスケットボール練習時における男子と女子の総発汗量 ( $g/m^2/h$ ), 発汗率(体重あたりの発汗量), 水分補給率(発汗量あたりの水分補給量)。

年成人, 高齢者 vs. 若年成人, スポーツ飲料摂取 vs. お茶摂取, の各データを比較した。

#### (1)子どもの性差・種目差 (屋外 vs. 屋内)

夏季スポーツ活動時の子どもの発汗量や水分補給において、性差が存在するか否かミニバスケットボール練習時の男子と女子のデータを比較した。

図2 子どもの少年野球とミニバスケットボール(バスケ)練習時における総発汗量 ( $g/m^2/h$ ), 発汗率(体重あたりの発汗量), 水分補給率(発汗量あたりの水分補給量)。

\*はバスケと有意差あり ( $p < 0.01$ )

男子と女子の総発汗量, 発汗率, 水分補給率には、有意な性差は認められなかった(図1)。

屋外 vs. 屋内スポーツの相違を検討するため、子どもの少年野球とミニバスケットボール(スポーツ飲料を摂取した1～3日目)における総発汗量,

表2 各スポーツ活動における調査日ごとの調査対象者数、飲料、WBGT、練習時間、発汗量、総発汗量、発汗率(体重あたりの発汗量)、水分補給量、水分補給率(発汗量あたりの水分補給量)(平均値±SEM)

| 種目   | 調査日    | n     | 飲料 | WBGT<br>(°C) | 練習時間<br>(h) | 発汗量<br>(kg) | 総発汗量<br>(g/m <sup>2</sup> /h) | 発汗率<br>(%) | 水分補給量<br>(kg) | 水分補給率<br>(%) |           |
|------|--------|-------|----|--------------|-------------|-------------|-------------------------------|------------|---------------|--------------|-----------|
| 子ども  | 少年野球   | 7月16日 | 24 | ポカリ          | 31.32       | 3.50        | 1.38±0.06                     | 364±9      | 4.36±0.11     | 1.38±0.09    | 99.9±5.3  |
|      |        | 7月22日 | 10 | ポカリ          | 31.69       | 3.25        | 1.79±0.11                     | 464±16     | 4.87±0.17     | 1.65±0.14    | 93.1±7.5  |
|      |        | 8月6日  | 14 | ポカリ          | 31.65       | 3.25        | 1.45±0.09                     | 404±14     | 4.40±0.14     | 1.69±0.09    | 118.2±3.2 |
|      | ミニバス   | 7月26日 | 20 | ポカリ          | 26.13       | 3.50        | 1.17±0.05                     | 284±9      | 3.30±0.11     | 1.20±0.06    | 104.5±5.3 |
|      |        | 7月27日 | 22 | ポカリ          | 25.84       | 3.75        | 1.19±0.06                     | 278±10     | 3.11±0.13     | 1.03±0.06    | 86.5±2.9  |
|      |        | 7月29日 | 20 | ポカリ          | 27.69       | 4.00        | 1.68±0.06                     | 348±12     | 4.50±0.18     | 1.66±0.08    | 98.3±3.3  |
|      |        | 8月2日  | 21 | お茶           | 27.50       | 3.50        | 1.40±0.05                     | 330±7      | 3.72±0.09     | 1.17±0.06    | 83.2±3.3  |
| 若年成人 | ソフトボール | 8月25日 | 19 | ポカリ          | 31.03       | 4.50        | 2.64±0.09                     | 379±11     | 4.63±0.13     | 1.84±0.11    | 69.7±3.0  |
|      |        | 8月25日 | 9  | お茶           | 31.03       | 4.50        | 2.61±0.11                     | 366±18     | 4.47±0.25     | 1.62±0.10    | 62.4±3.2  |
| 野球   | 野球     | 7月28日 | 14 | ポカリ          | 29.20       | 5.00        | 2.58±0.21                     | 296±19     | 4.12±0.35     | 1.97±0.20    | 74.8±2.7  |
|      |        | 7月30日 | 14 | ポカリ          | 30.40       | 5.00        | 3.60±0.12                     | 412±11     | 5.67±0.15     | 2.81±0.15    | 77.8±2.5  |
|      |        | 7月31日 | 11 | ポカリ          | 29.20       | 5.50        | 2.88±0.23                     | 313±17     | 4.64±0.18     | 2.34±0.18    | 82.0±3.1  |
|      |        | 8月1日  | 12 | ポカリ          | 28.10       | 5.75        | 2.94±0.22                     | 297±21     | 4.60±0.16     | 2.42±0.16    | 87.6±8.9  |
| 高齢者  | ゲートボール | 8月24日 | 5  | ポカリ          | 31.00       | 2.00        | 0.80±0.04                     | 257±18     | 1.44±0.12     | 0.28±0.09    | 34.3±19.9 |

ミニバス:ミニバスケットボール、ポカリ:ポカリスエット摂取、お茶:お茶摂取

発汗率、水分補給率を比較した(図2)。少年野球練習時のWBGT ( $31.6\pm0.1$ (SEM)°C)は、ミニバスケットのWBGT ( $26.6\pm0.6$ °C)より有意に高かった( $p<0.01$ )。総発汗量および発汗率は、いずれも屋外で練習した少年野球が有意に高かったが( $p<0.01$ )、水分補給率には有意な種目差がみられず、子どもは発汗量とほぼ同量の水分を補給していた。

### (2)子どもと若年成人の比較

夏季スポーツ活動時の発汗や水分補給における子どもの特性を検討するため、スポーツ種目の類似する少年野球 vs. 若年成人の野球(男子)およびソフトボール(女子)の各種データを比較した。練習時のWBGTは、子どもが $31.5\pm0.2$ °C(3日間)、若年成人が $29.2\pm0.5$ °C(ソフトボール1日と野球4日間)であり(表2)、子どものWBGTが若年成人より有意に高かった( $p<0.01$ )。図3は、スポーツ活動時における子ども・若年成人・高齢者の総発汗量、発汗率、水分補給率を示す。総発汗量は子どもにおいて有意に高かったものの( $p<0.001$ )、練習時間では子どもが若年成人より有意に短かったため( $3.4\pm0.02$ vs. $5.1\pm0.08$ 時間,  $p<0.001$ )、発汗率には有意な年齢差は認められなかった。しかし、水分補給率は、子どもが若年成人より有意に高かった( $p<0.001$ )。

### (3)高齢者と若年成人の比較

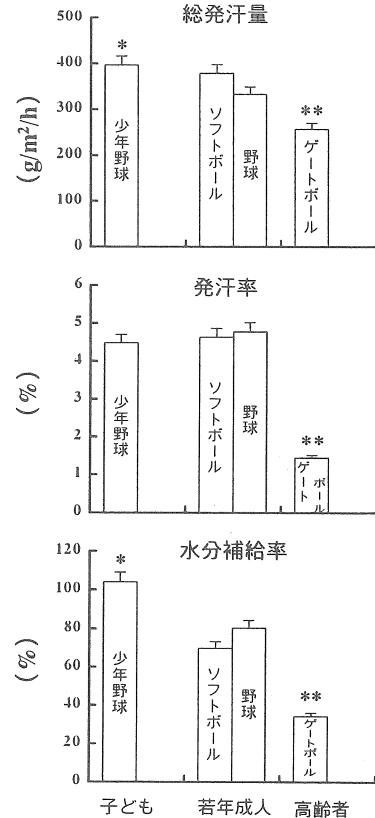


図3 子ども、若年成人、高齢者におけるスポーツ飲料摂取時の総発汗量(g/m<sup>2</sup>/h)、発汗率(体重あたりの発汗量)、水分補給率(発汗量あたりの水分補給量)。\*は若年成人、\*\*は子どもおよび若年成人と有意差あり( $p<0.05$ )

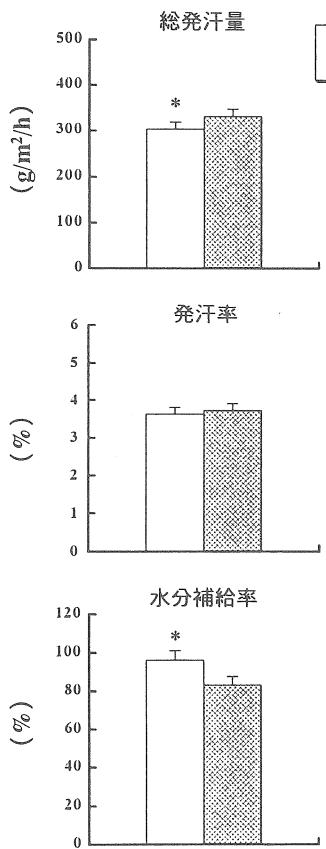


図4 ミニバスケットボール練習時における子どものスポーツ飲料（ポカリ）摂取時とお茶摂取時の総発汗量（g/m<sup>2</sup>/h），発汗率（体重あたりの発汗量），水分補給率（発汗量あたりの水分補給量）。\*はお茶摂取時と有意差あり（p<0.05）

夏季スポーツ活動時の発汗や水分補給における高齢者特性を検討するため、高齢者のゲートボールと若年成人の野球およびソフトボールのデータを比較した。練習時間は高齢者が2時間、若年成人が前述のように5時間程度であり、高齢者が若年成人より短かった。練習時のWBGTについては、高齢者が31.0°C、若年成人が上記のように29.2±0.5°Cであり、高齢者が高い傾向であった。総発汗量（p<0.03）、水分補給率（p<0.001）、発汗率（p<0.001）は、いずれの項目も高齢者が若年成人より有意な低値を示した（図3）。

#### (4) スポーツ飲料とお茶の比較

異なる飲料が夏季スポーツ活動時の水分補給率

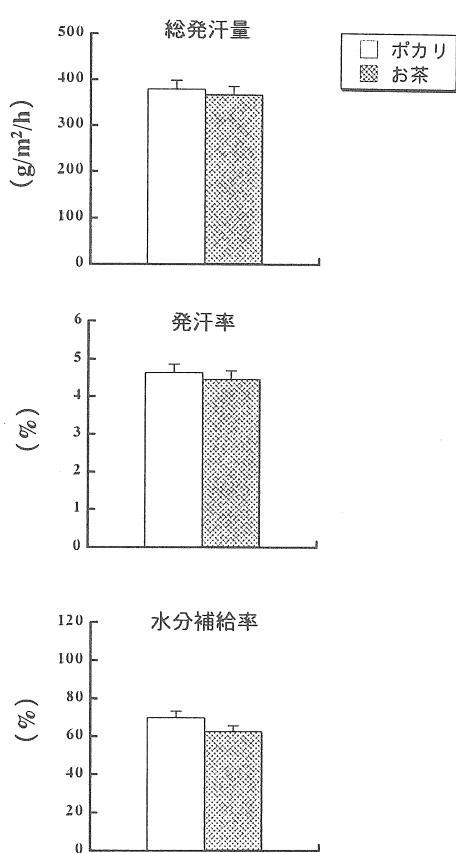


図5 ソフトボール練習時における若年成人女子のスポーツ飲料（ポカリ）摂取群とお茶摂取群の総発汗量（g/m<sup>2</sup>/h），発汗率（体重あたりの発汗量），水分補給率（発汗量あたりの水分補給量）。

に影響するのか否かを検討するため、子どもではミニバスケット練習時、若年成人では女子ソフトボール練習時、におけるスポーツ飲料vs.お茶のデータを比較した。ミニバスケットでは、同一被験者に練習1～3日目にスポーツ飲料を、4日ににお茶をいれても自由摂取させたデータであり、女子ソフトボールでは、同一練習日にスポーツ飲料摂取群とお茶摂取群を設定し、両群の各種データを比較した。なお、ミニバスケットの練習時間はスポーツ飲料摂取時が3.7±0.02時間でお茶摂取時が3.5時間であり、お茶摂取時が15分程度短かった。

ミニバスケット練習時の体育館内のWBGTは、スポーツ飲料摂取時が26.6±0.6°C（3日間平均），

お茶摂取時が $27.5^{\circ}\text{C}$ であり、お茶摂取時の方がWBGTは高い傾向だった。図4は、ミニバスケット練習時におけるスポーツ飲料とお茶摂取時の総発汗量、発汗率、水分補給率を示す。総発汗量はスポーツ飲料摂取時有意に少なかった( $p<0.04$ )。発汗率には有意な差は認められなかったものの、水分補給率はスポーツ飲料摂取時の方がお茶摂取時より有意に高かった。 $(96.1\pm2.4\text{vs}83.2\pm3.3\%$ ,  $p<0.006$ )。しかし、若年成人の女子ソフトボールでは、総発汗量、発汗率、水分補給率に飲料の影響は認められなかった(図5)。

#### 4. 考 察

本調査において、炎天下スポーツ練習時の子ども(少年野球)の総発汗量( $\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ )が $400\text{ g}/\text{m}^2/\text{h}$ に達し、実験室的先行研究で報告された思春期前児童の最大総発汗量にはほぼ相当した<sup>2,3)</sup>。この子どもの総発汗量は若年成人(男子大学生野球および女子大学生ソフトボール)より有意に多かった。この結果と思春期前の子どもの発汗機能が若年成人より劣ることを報告した先行研究結果<sup>2,3,4)</sup>と考え合わせると、本調査では測定できなかったが、炎天下における子どものスポーツ活動時には深部体温がかなり上昇していたことが推察される。しかし、観察した限りでは子どもの運動強度が若年成人より高かったとは考えられないことから、この高い総発汗量は炎天下での高いWBGTに起因しているものと推察される。すなわち、思春期前児童は、発汗機能が成人より劣るもの<sup>2,3,4)</sup>、環境温が皮膚温より低い環境下では頭部や軸幹部の皮膚血流量をより増加することで成人とほぼ同等に深部体温を調節できるのに対し<sup>2,4,16)</sup>、環境温が皮膚温より高くなると子どもの劣った発汗機能が大きく影響し、深部体温が若年成人より大きく上昇することが報告されている<sup>2)</sup>。さらに、子どもは成人より大きな体表面積/体重比を有するため、環境温が皮膚温より低い環境下ではこの体格特性が熱放散を成人より促進するが、環境温が皮膚温より高くなると逆に環境からの熱獲得が子どもより成人の方が大きくなる。このような子どもの体格特性や熱放散特性がWBGTの極度に高い炎天下で子どもの深部体温をより上昇し、若年成人より多

い総発汗量を生じたものと推察される。そのため、炎天下で子どもがスポーツ活動する場合には、WBGTに応じた積極的休息および練習時間の短縮が熱中症予防に向け必要であろう。日本体育協会は、熱中症予防のための運動指針で、WBGT $31^{\circ}\text{C}$ 以上の環境では運動を原則的に中止すべきだと提唱しているが<sup>27)</sup>、上記のように熱放散能の劣る子どもにはさらに厳しい環境基準を設定すべきであろう。

総発汗量( $\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ )は子どもが若年成人よりも多かったが、子どもの練習時間が有意に短かったため、本調査の発汗率には有意な年齢群差は認められなかった。しかし、若年成人が発汗量の $60\sim80\%$ 水分を補給していたのに対し、子どもは発汗量とほぼ同等(100%)の水分を補給していた。水分補給は血漿浸透圧の変化で調節されている口渴感と強く関連することが知られている<sup>20,24)</sup>。子どもの口渴感と血漿浸透圧の関連性が若年成人と異なるのか否か明確ではなく、この点からの実験室的検討が待たれる。その機序はいずれにしても、子どもにスポーツ飲料を自由摂取させれば脱水は十分防げることが推察される。

若年成人(女子ソフトボール)の水分補給率には有意な飲料差が認められなかったが、子ども(ミニバスケット)の水分補給率はスポーツ飲料摂取時の方がお茶摂取時よりも有意に高かった。今回の結果は、運動時において子どもは味のついたスポーツ飲料を嗜好し、好ましい味のスポーツ飲料摂取時に水摂取時より水分補給量が大きく上まわることを報告した Meyer et al. の結果<sup>28)</sup>と一致した。そのため、熱中症予防に向け子どもの水分補給をより促進するためには、お茶よりスポーツ飲料を奨励すべきであることが示唆される。

子どものミニバスケット vs. 野球において、水分補給率には有意な種目差がみられなかったものの、総発汗量・発汗率は観察した限りで運動強度が低いように思えた野球がミニバスケットより有意に高かった。これは、屋外と屋内の WBGT、特に黒球温度、の相違に起因したものと考えられる。心拍数は個人の体力レベルや練習内容で修飾されるが、少年野球練習時の方がミニバスケットより高い傾向だった。これは、炎天下で一回拍出量の低

下が著しく、心拍数の増加で心拍出量を保持しているためと考えられる<sup>2)</sup>。少年野球の心拍数は休憩時においても120拍/分を超える例が多々観察された。そのため、炎天下の運動時では涼しい休息場所の確保とともに、温熱条件に応じて練習内容・練習時間も考慮することが熱中症予防に向け重要であろう。

少年野球の調査において、第3日目の練習開始30分間で体調不良を訴え、練習を中止した子どもが7名存在した（第3日目の調査人数が少なかったのはこのためである）。暑熱下において、1)子どもが皮膚血管拡張により依存した熱放散反応を有すること、2)子どもの一回拍出量の低下が顕著であること、3)子どもの血液量（体重あたり）が少ない、とする先行研究結果<sup>2)</sup>を考え合わせると、子どもは暑熱下運動時において十分な血圧調節ができないため熱失神を感じ、体調不良を訴えたものと考えられる。その機序はいずれにしても、7名の子どもは全てが4年生以下で、野球チームに入って初めて夏季シーズンを迎えた子どもであったことから、低学年で初心者ほど熱中症に罹る可能性が高いことを示唆している。このことは、運動トレーニング児と一般児童の比較において、発汗機能には差がみられないが、一般児童の直腸温上昇度が運動トレーニング児より大きかった（多分劣った皮膚血管拡張能に起因）ことを報告している先行研究結果<sup>29)</sup>からも裏づけられる。また、子どもの暑熱順化・馴化の程度は若年成人より小さく、かつ順化・馴化速度も遅いことが報告されている<sup>30,31)</sup>。子どものスポーツ活動は一般に週末のみに実施されていることから、練習の実施されないウイークデーでも屋外遊びを奨励し、暑熱順化を促進させることも熱中症予防に貢献するものと考えられる。

男女同一練習に参加したミニバスケットでは、総発汗量・発汗率・水分補給率に有意な性差がみられなかった。この結果は、思春期以前の子どもの発汗量に有意な性差がみられないことを報告した Araki et al.<sup>3)</sup>の実験室的検討結果と一致した。発汗機能は思春期を境に男子は大きく亢進し、女子においては発汗より皮膚血管拡張に依存した熱放散特性を有することから、思春期後の発汗機能

には性差が生じることが十分予想できる<sup>2)</sup>。今回の調査では思春期に関する調査は実施しなかったが、1) 男子より早熟である女子では6年生を対象としたが、身長・体重とも同一年齢の標準値より劣っていたこと<sup>26)</sup>、2) 男子の身長も145cm程度であったこと、を考え合わせると、男女とも思春期を迎えている子どもがほとんど含まれていなかつたものと推察される。

高齢者は若年成人に比し、水分補給率が極度に低かった。これは、高齢者の練習時間が短く発汗率が低かったためともとれるが、先行研究で報告されている高齢者の鈍化した口渴感<sup>32)</sup>が強く反映していたものと思われる。今回の高齢者は2時間のゲートボールで発汗率は1.5%程度であったが、高齢者の熱中症予防に向けては、頻繁に休憩をとり、口渴感が低い場合でも積極的に水分を補給させる必要があると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、夏季運動時における子ども（少年野球・ミニバスケットボール）、若年成人（女子ソフトボール・男子野球）、高齢者（ゲートボール）の総発汗量（g/m<sup>2</sup>/h）・発汗率（体重あたりの発汗量）・水分補給率（発汗量あたりの水分補給量）を調査し、それらの年齢差、子どもにおける性差および種目差（屋内 vs. 屋外）、飲料差（スポーツ飲料 vs. お茶）を検討した。なお、いずれの場合も水分補給は自由摂取とした。

- (1) 子どもにおいて、観察した限りでは野球の方がミニバスケットより運動強度が低かったが、炎天下で実施された野球の方が高いWBGTを示したため、総発汗量および発汗率が有意に大きかった。しかし、水分補給率には種目間差が認められず、子どもは発汗量とほぼ同等の水分を補給していた。なお、子どもの総発汗量・発汗率・水分補給率には、有意な性差はみられなかった。
- (2) 少年野球と若年成人の野球およびソフトボールとを比較すると、総発汗量は子どもが若年成人より有意に多かったものの、若年成人の練習時間が長かったため、発汗率には有意な群差は認められなかった。しかし、スポーツ飲料摂取時の水分補給率は子どもの方が若年成人より有意

に高かった。

- (3)高齢者における炎天下のゲートボール練習時の総発汗量は、若年成人より有意に低かった。ゲートボールの練習時間も短かったため、高齢者の発汗率も有意に低かった。これらの低い総発汗量や発汗率に起因したのかもしれないが、高齢者の水分補給率は若年成人より極度に低かった。
- (4)スポーツ飲料 vs. お茶摂取の比較において、若年成人（女子ソフトボール）では発汗率および水分補給率に有意な差が認められなかつたが、子ども（ミニバスケット）ではスポーツ飲料摂取時の水分補給率がお茶より有意に高かった。
- (5)以上の結果、炎天下における子どものスポーツ活動時の総発汗量が先行研究で報告されている最大総発汗量に相当したことから、深部体温がかなり上昇していることが推測され、夏季運動時には熱中症予防に向けた積極的休息の必要性がうかがえた。また水分補給率が極端に低い高齢者には、積極的な水分補給を奨励することが熱中症を予防するために必要だと考えられる。なお、子どもの水分補給をより促進するためには、お茶よりスポーツ飲料を奨励すべきであることが示唆された。

## 参考文献

- 1) Nakai S, Itoh T, Morimoto T (1999) Deaths from heat-stroke in Japan: 1968–1994. *Int J Biometeorol* 43 : 124–127.
- 2) Inoue Y, Shibasaki M, Araki T (2001) Strategy for preventing heat illness in children and the elderly. *Exercise, Nutrition and Environmental Stress II* (Nose H et al. eds), Cooper Publishing Group, LLC (in press).
- 3) Araki T, Toda Y, Matsushita K, Tsujino A (1979) Age differences in sweating during muscular exercise. *J Physical Fitness Jpn* 28 : 239–248.
- 4) Shibasaki M, Inoue Y, Kondo N, Iwata A (1997) Thermoregulatory responses of prepubertal boys and young men during moderate exercise. *Eur J Appl Physiol* 75 : 212–218.
- 5) Shibasaki M, Inoue Y, Kondo N, Aoki K, Hirata K (1999) Relationship between skin blood flow and sweating rate in prepubertal boys and young men. *Acta Physiol Scand* 167 : 105–110.
- 6) Kenney WL (1988) Control of heat-induced cutaneous vasodilatation in relation to age. *Eur J Appl Physiol* 57 : 120–125.
- 7) Richardson D (1989) Effect of age on cutaneous circulatory response to direct heat on the forearm. *J Gerontol* 44 : M189–194.
- 8) Havenith G, Inoue Y, Luttkholt V, Kenney WL (1995) Age predicts cardiovascular, but not thermoregulatory, responses to humid heat stress. *Eur J Appl Physiol* 70 : 88–96.
- 9) Inoue Y, Shibasaki M (1996) Regional differences in age-related decrements of the cutaneous vascular and sweating responses to passive heating. *Eur J Appl Physiol* 74 : 78–84.
- 10) Inoue Y, Shibasaki M, Hirata K, Araki T (1998) Relationship between skin blood flow and sweating rate, and age related regional differences. *Eur J Appl Physiol* 79 : 17–23.
- 11) Inoue Y, Nakao M, Araki T, Murakami H (1991) Regional differences in the sweating responses of older and younger men. *J Appl Physiol* 71 : 2453–2459.
- 12) Inoue Y, Nakao M, Okudaira S, Ueda H, Araki T (1995) Seasonal variation in sweating responses of older and younger men. *Eur J Appl Physiol* 70 : 6–12.
- 13) Inoue Y (1996) Longitudinal effects of aging on heat-activated sweat density and output in healthy active older men. *Eur J Appl Physiol* 74 : 72–77.
- 14) Kenney WL, Ho CW (1995) Age alters regional distribution of blood flow during moderate-intensity exercise. *J Appl Physiol* 79 : 1112–1119.
- 15) Kenney WL, Morgan AL, Farquhar WB, Brooks EM, Pierzga JM, Derr JA (1997) Decreased active vasodilator sensitivity in aged skin. *Am J Physiol* 272 : H1609–1614.
- 16) Shibasaki M, Inoue Y, Kondo N (1997) Mechanisms of underdeveloped sweating responses in prepubertal boys. *Eur J Appl Physiol* 76 :

- 340–345.
- 17) 井上芳光 (1998) 最大皮膚血管コンダクタンスの発育・老化特性. デサントスポーツ科学19 : 254–260.
  - 18) Inoue Y, Shibasaki M, Ueda H, Ishizashi H (1999) Mechanisms underlying the age-related decrement in the human sweating response. Eur J Appl Physiol 79 : 121–126.
  - 19) 森本武利, 三木健寿, 能勢博, 山田誠二, 平川和文, 松原周信 (1981) 発汗時の水分塩分摂取と体液組成の変化. 日生気誌18 : 31–39.
  - 20) Morimoto T (1990) Thermoregulation and body fluids : Role of blood volume and central venous pressure. Jpn J Physiol 40 : 165–179.
  - 21) 中井誠一, 寄本明, 岡本直輝, 森本武利 (1993) 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実態. 臨床スポーツ医学 10 : 973–977.
  - 22) 中井誠一, 芳田哲也, 寄本明, 岡本直輝, 森本武利 (1994) 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 : 283–289.
  - 23) 寄本 明, 中井 誠一, 芳田 哲也, 森本 武利 (1995) 屋外における暑熱下運動時の飲水行動と体温変動の関係. 体力科学44 : 357–364.
  - 24) Takamata A, Morimoto T, Nose H (2000) Interrelationship between osmoregulation and thermoregulation in a hot environment and during exercise. Exercise, Nutrition and Environmental Stress (Nose H, Gosolfi CV, Imaizumi K (eds)), PP 179–202, Cooper Publishing Group LLC.
  - 25) 中井誠一, 芳田哲也, 森本武利 (1995) 運動時脱水回復に及ぼす給水方法の影響. デサントスポーツ科学16 : 91–100.
  - 26) 東京都立大学体力標準値研究会 (2000) 新・日本人の体力標準値, 誠信堂.
  - 27) 日本体育協会・スポーツ活動時の熱中症事故予防研究班 (1996) スポーツ活動時の熱中症予防ガイド. 日本体育協会 (川原 貴, 森本武利編).
  - 28) Meyer F, Bar-Or O, Salsberg A, Passe D (1994) Hypohydration during exercise in children: effect on thirst, drink preferences, and rehydration. Int J Sport Nutr 4 : 22–35.
  - 29) Matsushita K, Araki T (1981) The effect of physical training on thermoregulatory responses of preadolescent boys to heat and cold. Jpn J Phys Fitness 29 : 69–74.
  - 30) Bar-Or O, Dotan R, Inbar O, Rotshtein A, Zonder H (1980) Voluntary hypohydration in 10-to 12-year-old boys. J Appl Physiol 48 : 104–108.
  - 31) 白石 隆, 荒木 勉 (1990) 暑熱暴露下の体温調節における幼児と成人の比較：主として発汗及び皮膚温反応について. 学校保健研究32 : 134–143.
  - 32) Takamata A, Ito T, Yaegashi K, Takamiya H, Maegawa Y, Ito T, Greenleaf JE, Morimoto T (1999) Effect of an exercise-heat acclimation program on body fluid regulatory responses to dehydration in older men. Am J Physiol 277 : R1041–1050.

## 9. 夏季のカヌー練習時の環境温度、発汗量、飲水量の実態

報告者 倉掛 重精<sup>1)</sup> 明石 秀伸<sup>1)</sup> 藤崎 晶子<sup>1)</sup>

### I. 目的

ジュニア期の夏期スポーツ活動中の飲水量、発汗量および環境温については、効果的かつ安全なトレーニングを作成するための基礎資料、熱中症の予防の立場などから多くの研究がみられる。しかし、これらの研究はいずれも陸上における競技か<sup>1)~6)</sup>、または室内競技に関する報告で<sup>7)</sup>、水上および水中で行われる競技に関するものは見当たらない。水上で行う競技は、周りを水で囲まれているために、大変涼しい競技に見え、選手の負担は少ないのでないかと考えられる。さらに、水面に近いために陸上より湿球温度が高く、輻射熱が低いのではないかと考えられるが、その実態についての研究は行われていない。

そこで本研究では、カヌー競技練習時の水上および陸上の環境温度、選手を対象に体重減少量、飲水量および鼓膜温を計測し、夏期トレーニングにおける環境温および選手の発汗量や水分摂取量が、選手の生体にどのような影響を与えていいるか、その実態について研究を行った。

### II. 方 法

#### 1. 期間と対象者

(1)期間：調査は平成12年8月12日午前8時30分より11時まで、8月31日午前8時30分より11時20分までの2日間行った。

(2)対象者：調査対象者は大分市内の高等学校のカヌー部員で、12日は男子29名、女子11名、計40名、31日は男子23名、女子11名、計34名である。

#### 2. 測定方法

##### (1)環境温度

環境温度は、図1・2に示すように陸上で地面より1m、水上は水面より1mにそれぞれAugust温度計と6インチ黒球温度計を設置し、30分間隔

で乾球温度(NDB) 湿球温度(NWB)、黒球温度(GT)の計測を行い、各測定値から総合温熱指数としてWBGT(湿球黒球温度)を算出した。WBGT(Wet-Bulb Globe Temperature)は以下の式で算出した。

$$WBGT = 0.7 \times NWB + 0.2 \times GT + 0.1 \times NDB$$

##### (2)発汗量

体重計測は大和製のナーカル体重計(50g単位)を使用し、練習の前後に全裸で体重を計測し、次の式にて発汗量を算出した<sup>6)</sup>。

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

##### (3)飲水量

飲水量は練習の前後にボトルの重量を大和製の上皿バネ秤(50g単位)により計量し、前後の重量差より求めた。飲料水は市販の1リットルのプラスチック製ボトルに、粉末ポカリスエット(大塚製薬)と水および氷を入れ、カヌーに持ち込み、練習中自由に摂取させた。

##### (4)体重減少率(脱水率)

体重減少率(脱水率)を次の式より算出した<sup>8)</sup>。

$$\text{体重減少率(脱水率)(\%)} = (\text{練習前体重} - \text{練習後体重}) / \text{練習前体重} \times 100$$

##### (5)水分補給率

水分補給率を次の式より求めた<sup>8)</sup>。

$$\text{水分補給率(\%)} = \text{飲水量} / \text{発汗量} \times 100$$

##### (6)鼓膜温

鼓膜温はテルモ耳式体温計ミッピHを使用し、練習の前後計測した。

### III. 結果及び考察

#### 1) 環境温度の変化

図3に陸上と水上の日平均環境温度を示した。8月12日の日平均環境温度は、陸上が乾球温度30.5°C、湿球温度26.9°C、黒球温度37.2°C、WBGT29.3°C、水上が乾球温度30.3°C、湿球温度26.6°C、黒球温度37.2°C、WBGT29.1°Cであった。図4-1から4-4に陸上と水上の環境温度の日

1) 大分医科大学

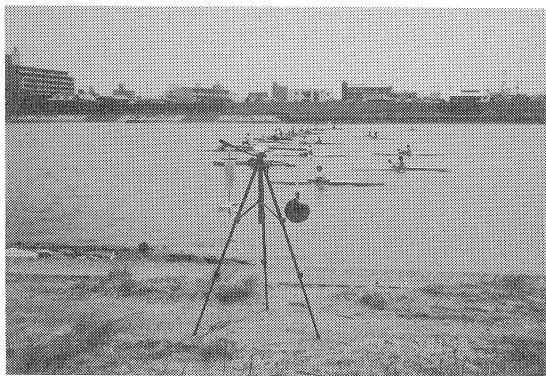


図 1



図 2

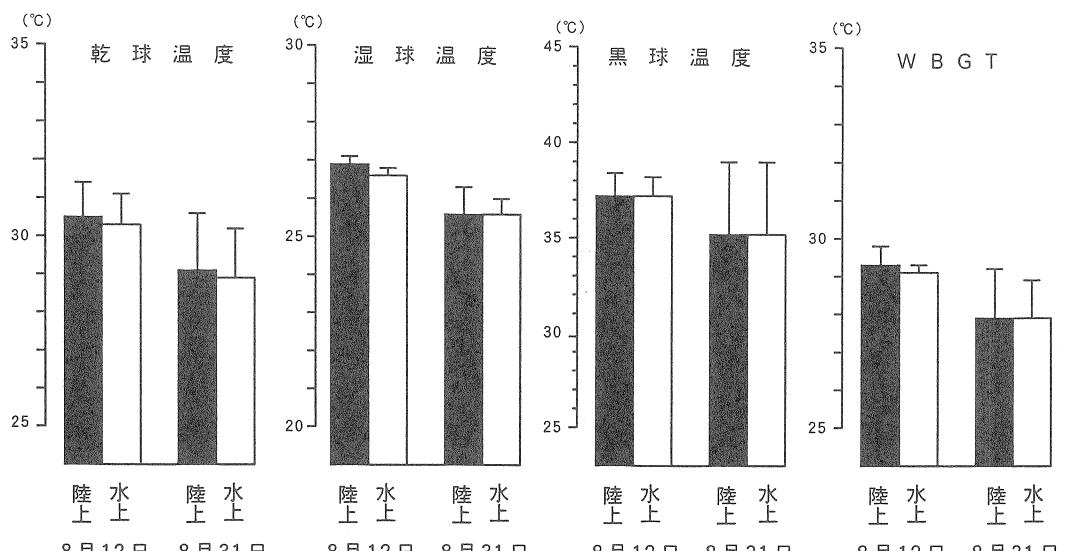


図 3 陸上と水上の環境温度の比較

内変動を示した。8月12日の陸上の日内変動は、計測開始後より乾球および湿球温度ともに漸増し、午前11時には乾球温度32℃、湿球温度28℃の最高値を示した。黒球温度は計測後漸増傾向を示し、午前10時30分には42.5℃の最高を記録したが、11時に直射日光が雲により遮られた事で、38℃まで低下した。水上の乾球および湿球温度の日内変動は、陸上と同様に計測開始後漸増し、午前11時に乾球温度32℃、湿球温度27℃の最高値を記録した。黒球温度も計測後漸増を示し、10時30分に42.5℃の最高値を示した後、11時には38℃まで低下した。水中の温度の日平均は、27.5℃を示したが、陸上と水上の環境温度はほぼ同じであった。

8月31日の平均環境温度は、陸上が乾球温度29.1℃、湿球温度25.6℃、黒球温度35.2℃、WBGT27.9℃、水上が乾球温度28.9℃、湿球温度25.6℃、黒球温度35.1℃、WBGT27.9℃であった。陸上の日内変動は、乾球温度が午前9時以後29~30℃前後、湿球温度は25.5~26℃で推移した。黒球温度は9時に最高値37℃を示した後漸減する傾向がみられた。水上でも乾球および湿球温度は陸上と同様に、それぞれ27~29.5℃、25.5~26℃で推移したが、黒球温度は陸上と同様に午前9時に最高値37℃を示し、その後は漸減する傾向を示した。水中の温度の日平均は26.9℃であったが、陸上と水上の環境温度には、12日と同様に差はなかった。

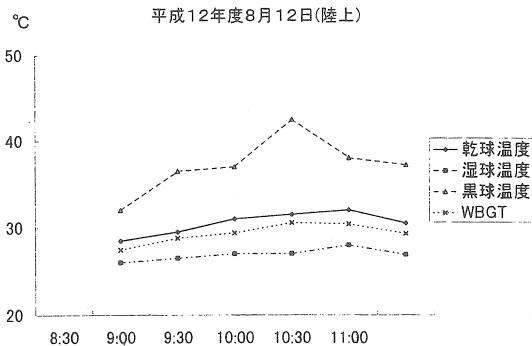


図 4-1

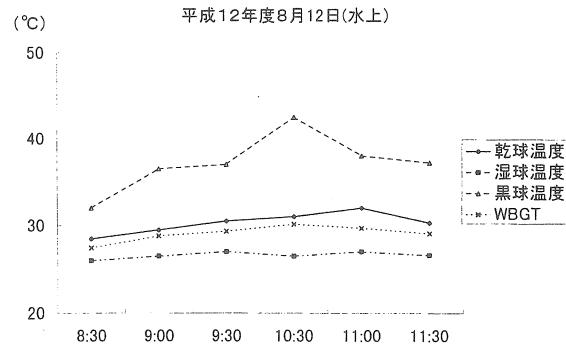


図 4-2

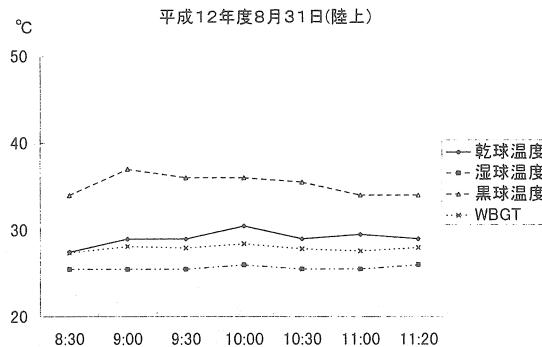


図 4-3

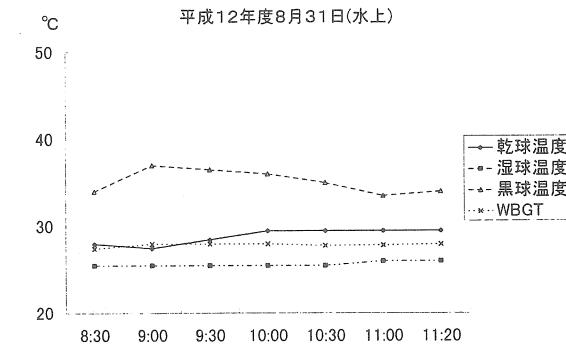


図 4-4

しかし、12日と31日の環境温度を比較すると、31日は12日よりWBGTで約1.4°C低かった。また、水上の環境温度は、陸上より湿球温度が高く輻射熱が低いのではないかと考えたが、日平均では近似値であり、日内経時的変動でも類似しており、水上の環境温度は陸上の環境温度と同じであった。

夏季の陸上におけるスポーツ活動中の熱中症発生を予防するために、日本体育協会は「熱中症予防ガイドブック」を作成し<sup>9)</sup>、事故防止に努めている。その「ガイドブック」では、総合温熱指数WBGTが19°C以上で熱中症は発生し、28°C以上では発生数が急激に増加すると報告されている。アメリカスポーツ医学会でも<sup>10)</sup>WBGT28.0°C以上では長距離レースは避けるよう勧告し、Hughsonら<sup>11)</sup>もWBGT28.0°Cを超えると、暑熱障害発生の危険度は特に高いと注意を促している。今回調査したカヌー競技の練習時の環境温は、水上においてもWBGTが約28°C以上であり、陸上と同様に熱中症発生の危険性が高い、厳しい環境条件下であった。

が、男子および女子の選手の多くは帽子を着用していないなかった。特に8月31日においてもWBGTは約28°Cを示し、選手が暑熱環境に馴化しているとはいえるが、熱中症発生の危険性が高い炎天環境下で、約3時間も曝露されていることを考慮すると、帽子を着用するなどの熱中症に対する適切な予防を図ることが求められる。

## 2) 発汗量、脱水量、体温上昇

日本体育協会の「熱中症予防のための運動指針」の中で、WBGT28°C以上では、熱中症の危険が高いので激しい運動や持久走など熱負荷の大きい運動は避けるか、運動を行う場合は積極的に休息を取り、水分補給を行うことが重要である<sup>9)</sup>と述べている。本結果における飲水量を図5に示した。12日の飲水量は男子0.43±0.23kg、女子0.51±0.26kg、31日は男子0.33±0.20kg、女子0.55±0.26kgであった。高温環境下の運動中は、発汗の亢進に伴う体重の減少がみられるが、本調査でも図6に

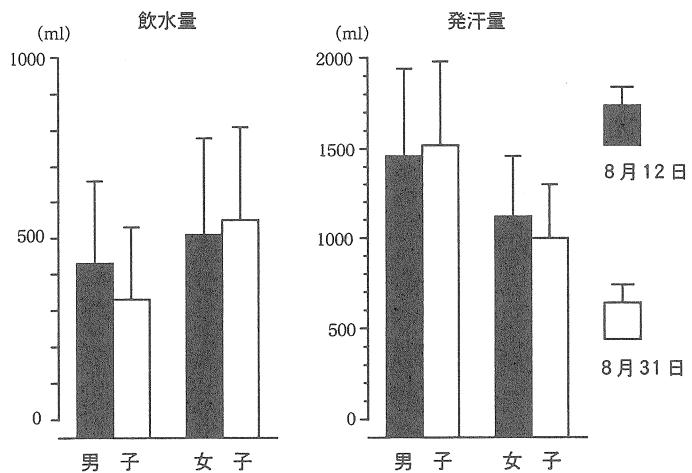


図5 8月12日と8月31日の飲水量・発汗量

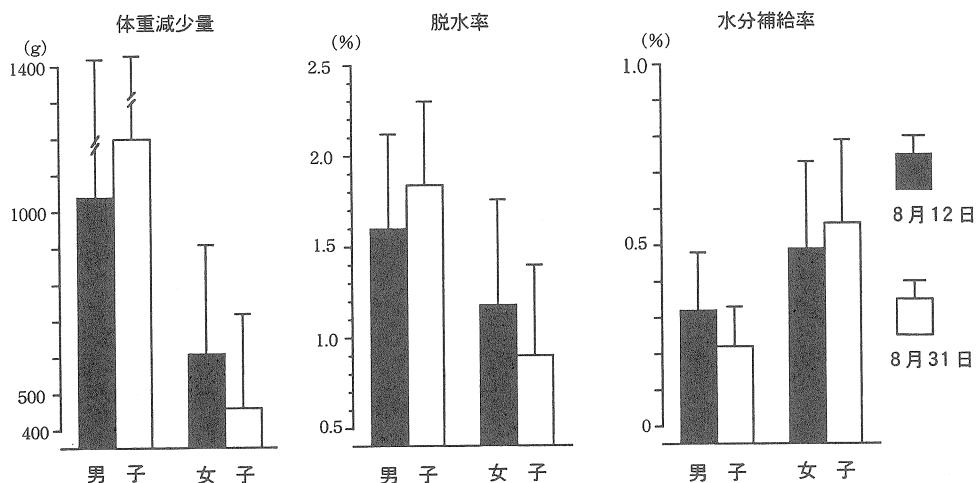


図6 8月12日と31日の体重減少量・脱水率・水分補給率

示すように12日の男子の平均体重減少量は $1.04 \pm 0.46\text{kg}$ 、女子の平均体重減少量は $0.61 \pm 0.3\text{kg}$ 、31日は男子が $1.20 \pm 0.37\text{kg}$ 、女子が $0.46 \pm 0.26\text{kg}$ であった。体重減少量と飲水量より求めた発汗量は図5に示したが、8月12日の男子 $1.47 \pm 0.48\text{kg}$ 、女子 $1.12 \pm 0.34\text{kg}$ 、8月31日は男子 $1.53 \pm 0.46\text{kg}$ 、女子 $1.01 \pm 0.28\text{kg}$ であった。発汗量に対する飲水割合（水分補給率）は、図6に示したように12日の男子 $29.4 \pm 42.4\%$ 、女子 $45.8 \pm 24.6\%$ 、31日の男子 $21.8 \pm 11.8\%$ 、女子 $54.4 \pm 23.7\%$ であり2日間ともにきわめて低値であった。女子は男子よりも水分補給率は高値であるが、野球などの他の競技

と比較すると補給率が低値であった<sup>6,12)</sup>。スポーツ活動に伴う水分補給率は、少なくとも80%が必要とされており<sup>12)</sup>、今回の結果は極めて少なく、スポーツ活動時の発汗量に見合った水分補給がなされていないことを示唆している。

体重減少率すなわち脱水率は、2%を上回ると持久的運動能力が顕著に低下し<sup>13)</sup>、3%以上の水分が失われると体温調節に影響を与え、無気の運動能力を顕著に低下させる<sup>14)</sup>ことが知られている。したがってスポーツ活動中の熱中症発生を予防する立場からは、体重減少率が2%以内で収まるよう水分の補給を求めている<sup>15)</sup>。本結果における体重

減少率は、図6に示すように12日が男子平均1.59%，女子平均1.16%，31日が男子平均1.88%，女子平均0.88%で、いずれも2%以内で水分の補給は十分であるようにみられた。しかし、12日は男子の中に体重減少率が3.1%の選手も1名みられ、その他に2%を上回る選手は男子3名、女子1名もみられた。31日は気温が12日より僅かに低下したためか、また暑熱環境に馴化したためか、選手の水分補給量は少ないが、女子選手は体重減少量が2%を上回るものはいなかった。しかし、男子選手の中には、カヌーにボトルを持ちこまない者もみられ、体重減少率が2%を上回る選手が9名いた。選手が練習中に水分を摂取しない要因の1つには、尿量の増加の心配が影響している。高校野球審判員も過去には、試合中の水分摂取が尿量の増加につながると考え、水分を全く摂取しないこともあった<sup>4)</sup>が、尿量の増加にはならない<sup>3)</sup>ことが解り、現在では水分を摂取しない審判員は見られなくなった。水分補給は体温上昇を抑制する効果があり<sup>16)</sup>、脱水による体液量の減少が持久的運動能力を低下させることは明らかで、ボトルをカヌーに持ち込み、練習中に積極的な飲水が必要であることを、指導していかなければならぬと考える。

鼓膜温の変動を図7に示した。鼓膜温は、練習

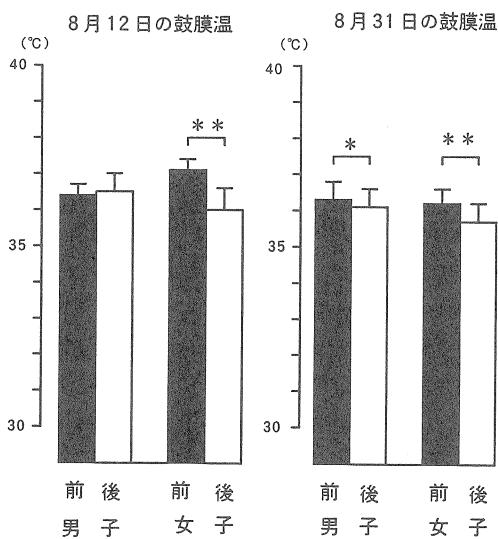


図7 練習前後の鼓膜温の変動

前より練習後に8月12日の男子 $0.09 \pm 0.53^\circ\text{C}$ 、女子 $-1.14 \pm 0.55^\circ\text{C}$ 、8月31日男子 $-0.25 \pm 0.57^\circ\text{C}$ 、女子 $-0.56 \pm 0.63^\circ\text{C}$ の変動がみられ、12日の男子を除きいずれも統計的には有意の低下であった。夏季の屋外における競技、野球競技などでは体温が上昇することが報告されている<sup>8)</sup>が、カヌーでは12日の男子を除き、鼓膜温が低下を示し、他の競技とは異なる現象がみられた。これまでに水分補給は、体液量の維持と体温の上昇を抑制し、深部温の冷却に効果をもたらすことが報告されている<sup>18)</sup>。すなわち十分な飲水により脱水が少なければ体温の上昇も少ないとされるが、本結果では水分補給率が他の競技と比較して低値であり<sup>6),12)</sup>、十分体液が維持されていたとは考えられず、他の要因が影響しているものと考える。その一つの要因として、カヌー競技が下肢を使わない運動であること、上半身のみによる運動、すなわち全身運動でないことも影響しているのかもしれない。これはあくまで推測に過ぎず、今後詳細な検討が必要と考える。

いずれにしても陸上の競技と同様、熱中症発生の危険性が高い厳しい暑熱環境であり、積極的な水分補給などの対策が必要であると言える。

#### IV. まとめ

カヌー競技における夏季の練習時の環境温および選手を対象に発汗量、飲水量、鼓膜温を測定し、夏季の暑熱環境が選手の生体に及ぼす影響について検討した。

- 水上の乾球温度、湿球温度、黒球温度およびWBGTなどの環境温度は、陸上の環境温度と差はなかった。
- 調査した2日間ともに水上のWBGTは約 $28^\circ\text{C}$ であり、熱中症発生の危険性が高い厳しい環境条件であった。
- 発汗量に対する飲水割合（水分補給率）は、 $29.4 \sim 54.4\%$ で極めて低値で、発汗に見合った水分補給がなされていなかった。
- 体重減少率（脱水率）は、男女共に2%より低値であったが、男子選手には減少率が3%を上回る者もみられた。
- 鼓膜温は練習後に低下が認められた。

## 参考文献

- 1) 倉掛重精, 中路重之, 菅原和夫, 岡村典慶, 大下喜子, 梅田孝: 夏季の高校野球試合が選手の生体に及ぼす影響, 日本衛生学雑誌, 50: 604~615, 1995.
- 2) 倉掛重精, 梅田孝, 菅原和夫, 中路重之, 大下喜子, 岡村典慶: 夏季の炎天下曝露が生体に及ぼす影響, 体力・栄養・免疫学雑誌, 4: 14~17, 1994.
- 3) 倉掛重精, 菅原和夫, 熊江隆, 島岡章, 大下喜子, 岡村典慶, 町田和彦: 暑熱環境下の野球試合における審判員の水分摂取の影響, 日本衛生学雑誌, 44: 1120~1127, 1990.
- 4) 倉掛重精, 菅原和夫, 熊江隆, 島岡章, 町田和彦, 岡村典慶: 夏季の高校野球試合が審判員の生体に及ぼす影響, 日本衛生学雑誌, 42: 1013~1022, 1988.
- 5) 梶原洋子, 小野伸一郎, 中井誠一, 森丘保典, 伊藤紫乃, 樽本つぐみ, 稲田みづほ: 夏期の陸上競技大会における環境条件の実態と大会開催への提言—全国インターハイの実態調査等を中心としてー, 平成11年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究, 第3報: 22~43, 1999.
- 6) 森悟, 朝山正巳, 中井誠一, 花輪啓一, 田辺実, 丹羽健市, 大貫義人, 井川正治, 田中英登, 平下政美, 宮側敏明, 菅原正志, 倉掛重精, 小松裕: 夏期高校野球練習時の環境温度, 発汗量, 飲水量の実態と水負債および体温上昇量からみた生体負担度について, 平成11年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究, 第3報: 84~90, 1999.
- 7) 中井誠一, 新矢博美, 高橋英一, 芳田哲也: フェンシング練習時の体温調節反応(発汗量, 体温上昇)の実態調査, 平成11年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究, 第3報: 65~74, 1999.
- 8) 小野伸一郎, 梶原洋子, 寺田光世, 森丘保典: 夏期長距離走トレーニングにおける飲水が生体負担に及ぼす影響, 平成11年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究, 第3報: 44~49, 1999.
- 9) 川原貴, 朝山正巳, 白木啓三, 中井誠一, 森本武利: 日本体育協会「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」, 1994.
- 10) The American College of Sports Medicine: Position statement on prevention of heat injuries during distance running, Med Sci Sports Exercise, 7(1): vii-viii.
- 11) Hughson, R. L., Staudt, L. A., Macie, J. M.: Monitoring road racing in the heat, Phys Sports-Med, 11(5): 94~105, 1983.
- 12) 菅原正志, 金ヶ江光生: ジュニア期における夏季スポーツ活動時の水分補給の実態—野球とバレーボールの検討ー, 体力・栄養・免疫学雑誌, 10(2): 82~89, 2000.
- 13) 芳田哲也, 高西敏正, 中井誠一, 寄本明, 森本武利: 持久的運動能力を低下させる脱水量閾値の検討, 体力科学, 47(6), 879, 1999.
- 14) 芳田哲也, 中井誠一, 寄本明, 森本武利: 無機的運動能力を低下させる脱水量閾値の検討, 体力科学, 48(6), 879, 1999.
- 15) 川原貴: スポーツにおける熱中症, 臨床スポーツ医学, 14(7): 735~740, 1997.
- 16) 中井誠一, 朝山正巳, 花輪啓一, 田辺実, 丹羽健市, 大貫義人, 井川正治, 田中英登, 森悟, 平下政美, 宮側敏明, 菅原正志, 倉掛重精, 小松裕: 夏期における高校野球の練習時および競技会の実態, 平成10年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究, 第2報: 79~94, 1998.

## 10. 全国中学校軟式野球大会および柔道大会における環境温度の実態

報 告 者 倉掛 重精<sup>1)</sup> 明石 秀伸<sup>1)</sup> 藤崎 晶子<sup>1)</sup>

### I. 目 的

我が国では夏期の休暇を利用して、全国中学校体育大会や全国高等学校体育大会および全国野球大会等が開催されている。夏期の大会は我が国のも最も暑い時期に開催されるために、過酷な暑熱環境下に長時間曝露されることになり、選手は無論のこと応援する保護者および観戦者にとっても生体の負担は大きい。夏期のスポーツ活動は、熱中症発生の危険があり、スポーツ活動にとって最適な条件とは云えず、そのため予防に配慮することが必要である。だが、スポーツ活動時の熱中症の発生は、屋外種目だけでなく、屋内種目においても事故が発生し、根絶に至らないのが実態である。<sup>1),2),3)</sup>夏期の高温環境において安全で効果的な運動練習計画を実施するため日本体育協会では、熱中症予防指針を発表し、各方面で講習会を行うなどその普及に努めている。その中で日本体育協会<sup>4),5)</sup>は高温許容基準を示す温熱指標としてWBGTを用いて、熱中症予防のための運動指針を提示する一方、各種講習会等において安全、かつ、効率的なトレーニング計画立案の普及に努めている。しかしながら、我が国においては輻射熱を配慮したWBGTが温熱指標として普及していないために、WBGTを用いた全国中学校体育大会の温熱環境条件の実態に関する報告は少ない。

そこで本研究では、大分市で開催された全国中学校体育大会の軟式野球大会ならびに柔道大会における暑熱環境の実態を把握し、夏期大会のあり方を検討すると共に、熱中症予防のガイドライン作成の基礎資料を得ることを目的として調査を行った。

### II. 方 法

#### 1. 測定期間および場所

1) 大分医科大学

軟式野球大会は平成12年8月19日・20日の2日間、新大分球場のグランドおよびバックネット裏のスタンドで行った。

柔道大会は平成12年8月21日・22日の2日間、大分県立総合体育館のフロアおよび観客席で行った。

#### 2. 測定方法

温熱環境調査は日本体育協会が示す熱中症予防のための運動指針<sup>4),5)</sup>の環境温度測定法にしたがって行った。測定にはAugust 温度計と6インチ黒球温度計を用い、各測定場所で高さ約1mに設置し、乾球温度 (NDB: 気温)、湿球温度 (NWB)、黒球温度 (GT) を測定し、これらの測定値より相対湿度 (rh)、実効輻射温度 (黒球温度 - 乾球温度)、さらに気温、湿度、輻射熱を考慮した湿球黒球温度 (WBGT) を算出した。

野球大会のグランド環境温度は、試合間のノック中にホームベース付近の地上1.2m前後の高さに、August 温度計と6インチ黒球温度計を設置し、約15分経過後計測した。スタンドの環境温はバックネット裏に、グランドと同様に測定装置を設置し、30分間隔で計測した。

なお、WBGT (Wet-Bulb Glove Temperature) は、次のように算出した。

屋外 (野球) の場合

$$WBGT = 0.7NWB + 0.2GT + 0.1NDB$$

屋内 (柔道) の場合

$$WBGT = 0.7NWB + 0.3GT$$

### III. 結果および考察

#### 1. 野球大会中の環境条件の実態

第22回全国中学校軟式野球大会は、8月下旬に大分市の新大分球場で行われた。表1にはグランドおよびスタンドの1日の平均環境温度を示した。大会中のグランド環境温度は、2日間共にWBGTが日平均28°C以上の高温環境であった。7月中旬に同球場で開催された夏の全国高等学校野球大会

大分地区大会の環境温<sup>6)~10)</sup>や、全国高校野球大会が行われた甲子園球場の環境温度<sup>9),11)</sup>は、日によって30°C以上の高温環境に達する日もあったが、調

表1 野球大会のグランドとスタンドの1日平均環境温度

|        | グランド  |       | スタンド  |       |      |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|
|        | 8月19日 | 8月20日 | 8月19日 | 8月20日 |      |
| WBGT   | 平均値   | 28.9  | 30.0  | 29.3  | 30.9 |
|        | S D   | 2.54  | 1.28  | 1.64  | 1.08 |
|        | 最高値   | 32.3  | 31.5  | 32.3  | 32.7 |
|        | 最低値   | 26.4  | 28.2  | 26.3  | 29.2 |
| 湿球温度   | 平均値   | 26.9  | 27.1  | 26.7  | 27.7 |
|        | S D   | 1.47  | 0.65  | 0.82  | 0.60 |
|        | 最高値   | 29    | 28.0  | 28.5  | 28.5 |
|        | 最低値   | 25.5  | 26.5  | 25.5  | 26.5 |
| 相対湿度   | 平均値   | 77.2  | 64.6  | 73.8  | 65.2 |
|        | S D   | 4.55  | 2.88  | 7.56  | 4.39 |
|        | 最高値   | 82    | 69    | 86    | 72   |
|        | 最低値   | 72    | 62    | 56    | 56   |
| 乾球温度   | 平均値   | 29.7  | 31.7  | 30.0  | 32.4 |
|        | S D   | 2.03  | 0.57  | 1.73  | 0.94 |
|        | 最高値   | 32.5  | 32.5  | 32.5  | 34.0 |
|        | 最低値   | 27.5  | 31.0  | 27.5  | 31.0 |
| 黒球温度   | 平均値   | 35.7  | 39.2  | 37.8  | 41.4 |
|        | S D   | 6.68  | 4.86  | 5.04  | 3.74 |
|        | 最高値   | 43.5  | 45.0  | 45.5  | 47.5 |
|        | 最低値   | 29    | 32.5  | 28.5  | 35.5 |
| 実効輻射温度 | 平均値   | 5.96  | 7.50  | 7.89  | 9.01 |
|        | S D   | 4.79  | 4.64  | 3.73  | 3.42 |
|        | 最高値   | 11.0  | 12.5  | 13.5  | 13.5 |
|        | 最低値   | 1.5   | 1.0   | 1.0   | 4.0  |

査期間中のWBGTは28°Cから29°C前後で推移した。一方、平成9年8月、高知県で開催された全国中学校体育大会の陸上競技におけるグランド環境温は、WBGTの日平均最大値が27.1°Cであったことが報告されている<sup>12)</sup>。今大会期間中のグランド環境温は、7月に行われた全国高等学校野球大会の新大分球場や甲子園球場の暑熱環境より僅かに低温環境であったが、全国中学校の陸上競技場の会場よりやや高温であった。この温熱環境すなわちWBGT28°C以上は、日本体育協会<sup>4),5)</sup>の「スポーツ活動における熱中症事故予防に関する研究班」が策定した熱中症予防のための運動指針では、激しい運動を中止する、「厳重警戒」の暑熱レベルに相当する。

次にグランド温熱環境の1日の変化を図1に示した。大会中で最も温熱環境がピークに達する時刻は、大会1日目、2日目とも第2試合終了後の午後1時から1時30分であり、WBGT31.5°Cから32.3°Cの高温環境で、運動は「原則中止」の暑熱レベルであった。最も低値を示したのは第4試合終了後の午後5時30分前後であったが、それでもWBGTは28°Cを超える暑熱環境であった。夏期の高校野球練習時の温熱環境<sup>13)</sup>は、関東、中部、関西、九州地区の選手が、WBGT28°C以上「厳重警戒」

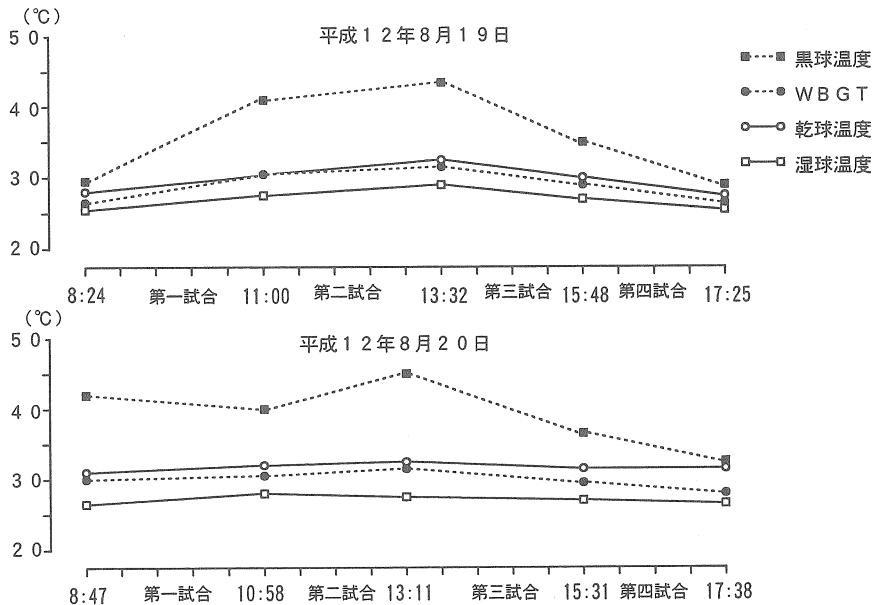


図1 全国中学校野球大会中のグランドの環境温

のレベルで練習を行っているのに対し、北海道地区および北陸地区の代表の選手は、それぞれWBGT20.8°C「ほぼ安全」、WBGT26.2°C「注意」の暑熱レベルで練習を行っている。したがって、今大会に参加した北海道および北陸地区の選手が、今大会のWBGT28°Cの暑熱環境に十分馴化しているとは到底考えられない。だが、北海道地区の代表校は、1日で最も温熱環境がピークに達する時刻、すなわち午後1時前後に関西地区代表校と第2試合を行っていた。幸いにも今大会に参加した選手には、熱中症の発生はみられなかった。これは選手が日頃から炎天下の暑熱環境で練習していることが、影響していると考えられる<sup>7)</sup>。

競技日程は毎年、前年の日程を踏襲する傾向にあるが、8月下旬の開始とはいってWBGTが28°Cを上回る高温環境であることを考慮すると、大会主催者は試合の平等性を配慮して、環境温度がピークに達する時刻の試合は避け、温熱負荷の少ない時間帯に試合を設定するなどの改善が必要と考えられた。例えば照明施設の完備している球場では、1日で最も暑熱環境の厳しい午後1時前後の試合を避け、夜間に試合を行うなど競技日程を改善し、選手の生体負担を軽減する環境条件下で、試合を

行う措置をとるべきであると考える。

日平均のスタンドの環境温は表1に示すように、WBGTは29.3°Cと30.9°Cであり、熱中症予防のための運動指針<sup>4),5)</sup>では、WBGT31°C以上は「運動は原則として中止」のレベルに該当する。スタンド環境温の経時的変動を図2に示した。今大会中のスタンド温熱環境は、2日間ともに12時30分過ぎから午後2時の間はWBGTが32°Cを越える暑熱環境状態であった。2日目はスタンドのWBGTが午前9時30分には最高値32.7°Cを記録し、試合終了時の午後5時30分においてもWBGTは30°C以上の高温環境であり、日間差が2°Cと熱中症発生の危険性が高い1日で、これまでに調査した新大分球場のスタンド環境温<sup>9),10),14)</sup>とほぼ同じ条件であった。スタンドの暑熱環境温は、炎天下の直射日光やコンクリートの照り返し等の黒球温度(以後輻射熱)が47°Cに達することもあり、グランドの輻射熱より高値であった。このように外気温が皮膚温を超えた時や輻射熱が大きい時は、外界から熱が体内に侵入し、体温が上昇するので生体負担度は大きくなり、熱中症発生の危険性は高くなる。したがって、炎天下のスタンドで応援をしている観客は、つばの大きい帽子すなわち麦わら帽子等を着用し

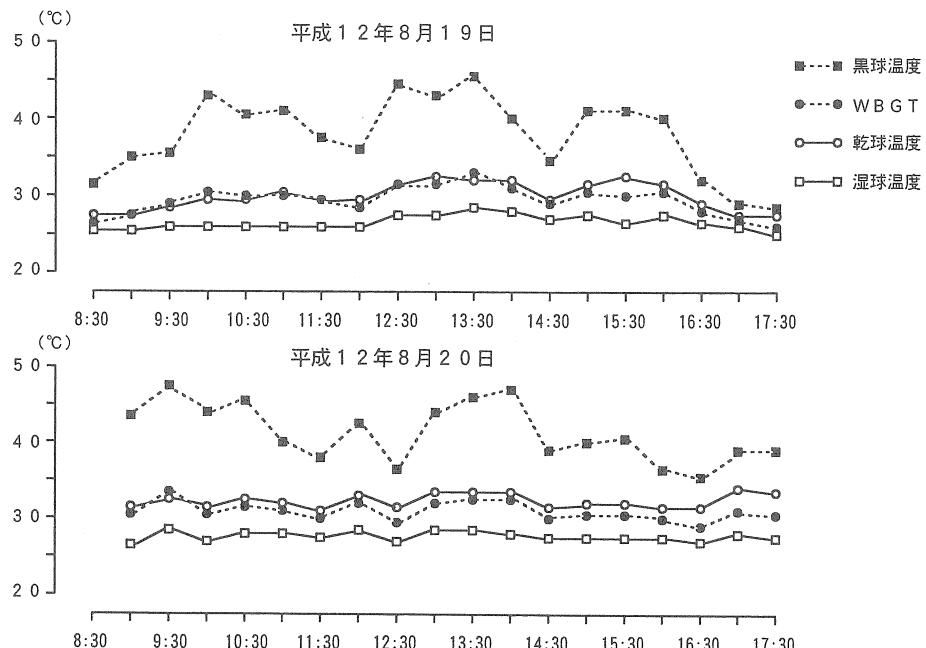


図2 全国中学校野球大会中のスタンドの環境温

たり、頻繁に水分を補給するなどの配慮が必要であると考える。

## 2. 柔道大会中の会場の環境条件

大会会場の1日の平均環境温を表2に示した。大会期間中の大分市の温熱環境は、大分地方気象台発表によると21日が平均気温28.9°C、最高気温33.4°C、最低気温26°C、平均相対湿度70%，日中は晴れ一時雷を伴った雨、22日は平均気温27.3°C、最高気温31.1°C、最低気温24.1°C、相対湿度77%，日中は晴れ時々曇の天候であった。大会期間中の屋外は大変厳しい温熱環境であったが、冷房が完備された柔道試合場のフロアはWBGT24°C以下 の快適な温熱環境であった。図3は大会1日目と2日目のフロアの環境温の変動を示したが、1日で最も高温であったのは試合開始前すなわち冷房装置が作動する前の午前8時30分で、日間差は気温約2.3°C、湿球温度は約1.5°C、相対湿度は約28%，黒球温度は約1.5°C、WBGTは約4°C、実効輻射温度は約0.8°Cの差で、選手にとっては快適な環境条件であった。熱中症予防のための運動指針<sup>4),5)</sup>では、「注意」の暑熱レベルで、熱中症の発生はみられなかった。

スタンド環境温の経時的変動は、図4に示すよ

うにフロアの環境温度の変化と類似しており、試合開始前の環境温度が最も高温環境であった。

表2 柔道大会のフロアとスタンドの1日平均環境温度

|                    | フロア   |       | スタンド  |       |      |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|
|                    | 8月21日 | 8月22日 | 8月21日 | 8月22日 |      |
| WBGT<br>(°C)       | 平均値   | 23.9  | 24.0  | 24.6  | 25.4 |
|                    | S D   | 0.88  | 0.66  | 0.60  | 0.40 |
|                    | 最高値   | 27.1  | 25.7  | 26.0  | 26.5 |
|                    | 最低値   | 23.2  | 23.2  | 23.65 | 24.9 |
| 湿球温度<br>(°C)       | 平均値   | 22.3  | 27.0  | 23.1  | 24.0 |
|                    | S D   | 1.11  | 0.52  | 0.70  | 0.43 |
|                    | 最高値   | 26.5  | 28.0  | 24.5  | 25.0 |
|                    | 最低値   | 21.5  | 26.2  | 22.0  | 23.5 |
| 相対湿度<br>(%)        | 平均値   | 63.3  | 63.1  | 66.7  | 71.2 |
|                    | S D   | 6.03  | 4.09  | 3.70  | 3.17 |
|                    | 最高値   | 86    | 70    | 74    | 74   |
|                    | 最低値   | 58    | 55    | 59    | 66   |
| 乾球温度<br>(°C)       | 平均値   | 26.7  | 27.0  | 27.0  | 27.6 |
|                    | S D   | 0.62  | 0.52  | 0.63  | 0.36 |
|                    | 最高値   | 27.8  | 28.0  | 28.0  | 28.5 |
|                    | 最低値   | 25.5  | 26.2  | 26.0  | 26.7 |
| 黒球温度<br>(°C)       | 平均値   | 27.5  | 27.7  | 28.1  | 28.6 |
|                    | S D   | 0.47  | 0.46  | 0.45  | 0.48 |
|                    | 最高値   | 28.5  | 28.5  | 29.5  | 30.0 |
|                    | 最低値   | 27.0  | 27.0  | 27.5  | 28.0 |
| 実効輻射<br>温度<br>(°C) | 平均値   | 0.84  | 0.66  | 1.11  | 1.04 |
|                    | S D   | 0.28  | 0.26  | 0.49  | 0.48 |
|                    | 最高値   | 1.5   | 1.0   | 1.5   | 2.3  |
|                    | 最低値   | 0.5   | 0     | 0.5   | 0.5  |

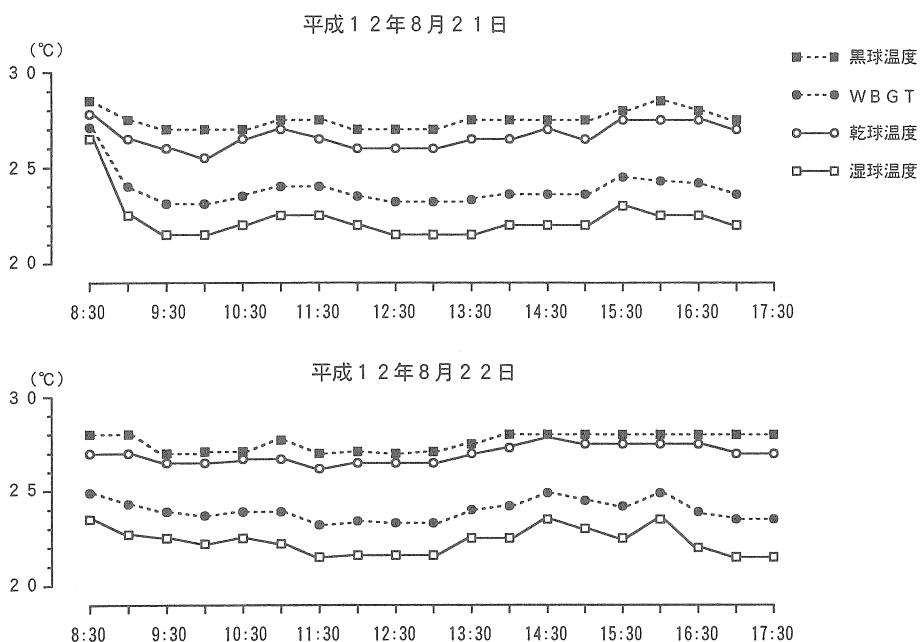


図3 全国中学校柔道大会中のフロアの環境温

スタンドの平均環境温度は、フロアーより僅かに高温であるが、応援席の観客にとって大変快適な温熱環境で、暑熱環境の影響は全くみられなかった。したがって今大会は生体負担度や熱中症予防など健康管理の面、温熱環境および試合日程等の面から、主催者が競技者に配慮した大会であったと云える。

## V. ま と め

平成12年大分市で行われた全国中学校野球大会および柔道大会の会場の温熱環境調査を行った。主な結果は次のとおりである。

- 1) 野球大会中のグランドの環境温は、1日平均WBGT28°C以上で、日本体育協会の熱中症予防運動指針では、「厳重警戒」の暑熱レベルで推移した。
- 2) 野球大会期間中のグランドの温熱環境は、夏期の野球練習中の環境温度から推定して、北海道および北陸地区の代表者にとって大変過酷な条件であった。試合は最も温熱環境が上昇する午後1時前後の時間を避け、夜間に行う等の配慮が必要である。
- 3) 野球大会のスタンド環境温度は、WBGT31°C以上で熱中症予防運動指針では「運動は原則中止」

の暑熱レベルで、熱中症の発生を予防するために、積極的な水分補給等の対策が必要であることが示唆された。

4) 柔道大会の会場の温熱環境は、冷房の効果によりWBGTが1日平均24°C前後で、主催者が競技者の健康管理などに配慮した運営であった。

## 謝 詞

競技会における本調査は、日本中学校体育連盟並びに大分県中学校体育連盟の関係者各位の深い御理解と御協力によるものである。ここに記して感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 中井誠一：「運動時熱中症予防のための環境温度測定方法の検討」平成3年日本体育協会スポーツ医・科学的研究報告No.VIIIスポーツ活動時における熱中症事故防止に関する研究－第1報－, p 34~48, 1992.
- 2) 中井誠一：「運動時熱中症事故発生の実態と発生時の環境温度」平成4年日本体育協会スポーツ医・科学的研究報告No.VIIIスポーツ活動時における熱中症事故防止に関する研究－第2報－, p 3~48,

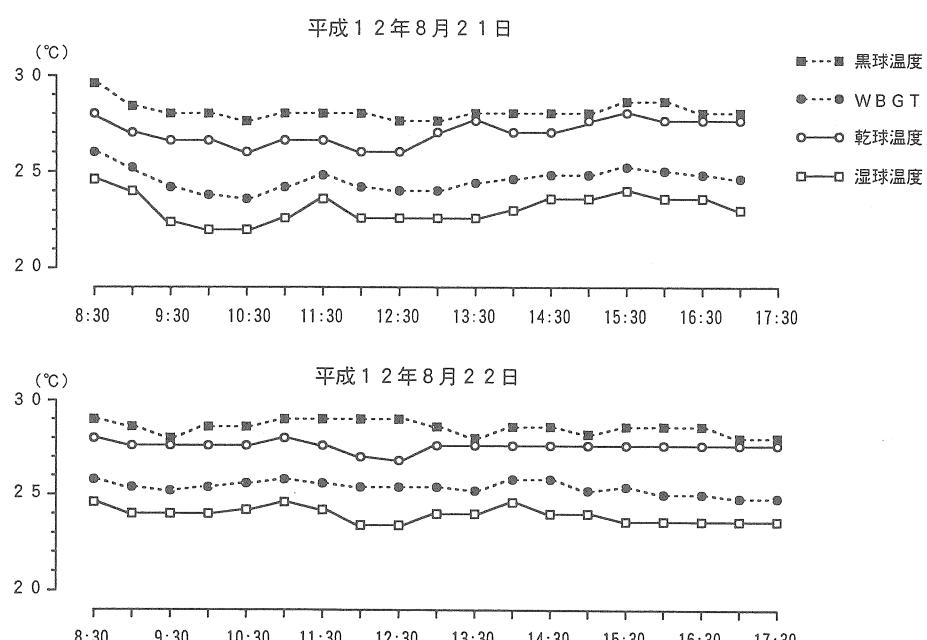


図4 全国中学校柔道大会中のスタンドの環境温

1993.

- 3) 中井誠一：「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防止に関する研究－第2報－, p 48～81, 1993.
- 4) 川原貴ほか：「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, 1997.
- 5) 川原貴ほか：「子どもの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, 1999.
- 6) 倉掛重精ほか：「暑熱環境下の野球試合における審判員の水分摂取の影響」日本衛生学雑誌, 44, 1120～1127, 1990.
- 7) 倉掛重精ほか：「夏季の高校野球試合が選手の生体に及ぼす影響」日本衛生学雑誌, 50, 604～615, 1995.
- 8) 梅田孝ほか：「夏季の高校野球試合が監督の生体に及ぼす影響」日本衛生学雑誌, 52, 641～646, 1998.
- 9) 中井誠一ほか：「夏期における高校野球の練習および競技会の実態」平成10年日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第2報－, p 74～94, 1998.
- 10) 田中英登ほか：「夏期高校野球競技大会地方大会における環境温度と観戦者の実態」平成11年日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－, p 102～109, 1999.
- 11) 倉掛重精ほか：「全国高等学校野球大会における審判員の生体負担－夏の甲子園球場の暑熱環境が審判員の生体に及ぼす影響－」日本衛生学雑誌, 52, 667～676, 1998.
- 12) 梶原洋子ほか：「暑熱環境下で開催されたジュニア期の全国陸上競技大会における環境条件」－全国高等学校対抗陸上競技選手権大会, 混成・長距離・女子400mH・競歩競技・全日本中学校陸上競技選手権大会, 全国小学校陸上競技交流大会について－平成9年日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No.VIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第1報－, p 55～66, 1997.
- 13) 森悟ほか：「夏期高校野球練習時の環境温度, 発汗量, 飲水量の実態と水負債及び体温上昇量からみた生体負担度について」平成11年日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－, p 84～90, 1999.
- 14) 倉掛重精ほか：「夏季の炎天下曝露が生体に及ぼす影響」体力・栄養免疫学雑誌, No.4, p 14～17, 1994. 0

## 11. 野球スポーツ少年団における夏季練習時の温熱生理学的検討

報 告 者 梶原 洋子<sup>1)</sup> 大貫 義人<sup>2)</sup> 平下 政美<sup>3)</sup>  
小野伸一郎<sup>4)</sup> 伊藤 紫乃<sup>5)</sup>

### I. はじめに

暑熱環境下の屋外のスポーツ活動では気温が高いためだけでなく、輻射熱が極めて強いことが特徴であり<sup>2),3),10),11),14)</sup>、グラウンドの気温は気象台のそれより高値を示す<sup>1),3)</sup>。このため、グラウンドの環境温度が皮膚温や体温を超えることがしばしば起こりうるが、このような条件下では体熱放散は発汗すなわち蒸発性熱放散への依存度がより大きくなる。

夏季の激しいスポーツ活動時には上記の理由により大量の発汗を伴うが、発汗による体液の損失は体温調節系や循環調節系などへの負担度を大きくし、単に運動能力の低下だけでなく<sup>20),24),25),28),29)</sup>、体温上昇による熱中症発生の誘因にさえなりうる<sup>11),12),21)</sup>。

夏季スポーツ活動時の熱中症発生について、種目別に検討した報告によれば<sup>18)</sup>、その発生数は野球が最も多く、死亡事故も多く観察されている。野球において熱中症発生が多発する要因の一つとして、静水圧の影響を受けやすい立位姿勢で、しかも長時間にわたって暑熱に曝されることで、大量に発汗し自発的脱水に陥りやすいと考えられる<sup>1),7)</sup>。このような観点から日本体育協会から報告されているスポーツ活動時の熱中症予防ガイドブックでは<sup>4),5)</sup>、野球練習時の水分補給量の目安として、マラソン時に匹敵する量を提示しているのである。夏季スポーツ活動時の水分補給は体液水分代謝の改善・維持という意味においては極めて重要であり、現場の指導者は選手が脱水に陥らないよう十分に配慮するとともに、環境温度条件や個

人の体調を十分考慮したトレーニング計画を立案するなど、十分な安全管理が求められている。さて、野球における夏季練習時の環境温度条件、体温調節反応に関する実態調査のほとんどは大学生や高校生を中心に調査したものであり<sup>6),13),15)~18)</sup>、小学生を対象とした報告はほとんど見あたらない。ジュニア期の暑熱耐性については十分な報告がなく、スポーツ活動時の熱中症予防にあたっては、まずその実態を把握する必要がある。

そこで、本研究は野球スポーツ少年団に所属する小学生を被験者として、練習時の環境温度および練習時の飲水量・発汗量・体温上昇などの実態を分析・検討し、安全かつ効果的な練習が行われるための基礎資料を得ることを目的とする。

### II. 方 法

#### 1. 被験者および測定期間

山形県内、東京都内、石川県内の野球スポーツ少年団に所属する小学生85名を被験者（表1）として、最も暑いと考えられる7月下旬から8月中旬（表2）に調査を行った。山形県内と石川県内のスポーツ少年団は隣接の小学校での練習時において、東京都内のスポーツ少年団は埼玉県秩父市の3泊4日の夏季合宿時において調査を実施した。

#### 2. 測定項目と方法

##### 1) 環境温測定

グラウンドの温熱環境条件調査は、日本体育協会の熱中症予防のための運動指針に示す環境温度の測定方法にしたがって行った。測定項目は乾球温度(NDB)、湿球温度(NWB)、黒球温度(GT)、相対湿度(rh)、グラウンド路面温度であった。WBGT(湿球黒球温度)は乾球温度、湿球温度、黒球温度から以下の計算式により算出した。

屋外で日射のある場合

$$WBGT = 0.7 \times NWB + 0.2 \times GT + 0.1 \times NDB$$

屋内で日射のない場合

1) 文教大学

2) 山形大学

3) 金城大学

4) 舞鶴工業高等専門学校

5) 日本体育大学

表1 被験者の身体的特徴

|    | 学年    | n  | 身長(cm)    | 体重(kg)    |
|----|-------|----|-----------|-----------|
| 山形 | 2・3年生 | 5  | 130.2±6.7 | 31.5±6.6  |
|    | 4年生   | 6  | 135.2±6.4 | 32.0±3.3  |
|    | 5年生   | 11 | 141.8±6.9 | 39.7±10.6 |
|    | 6年生   | 9  | 149.3±5.8 | 43.0±7.5  |
| 東京 | 2・3年生 | 2  | 130.0±0.0 | 30.7±6.2  |
|    | 4年生   | 8  | 138.9±6.5 | 37.1±9.0  |
|    | 5年生   | 5  | 143.6±7.5 | 41.5±8.4  |
|    | 6年生   | 10 | 146.8±7.2 | 39.3±5.5  |
| 石川 | 4年生   | 9  | 134.8±5.6 | 32.5±5.4  |
|    | 5年生   | 12 | 139.3±5.3 | 33.4±5.9  |
|    | 6年生   | 7  | 146.4±8.9 | 39.2±7.7  |
| 全体 |       | 85 | 140.7±8.4 | 36.7±7.9  |

mean±SD

表2 調査の地区、場所、測定者、測定期日、測定延べ回数、被験者、測定項目

| 地区     | 東北            | 関東             | 北陸                  |
|--------|---------------|----------------|---------------------|
| 場所     | 山形・東根         | 埼玉・秩父          | 石川・金沢               |
| 測定者    | 大貫義人          | 梶原洋子・伊藤紫乃      | 平下政美                |
| 測定期日   | 8/9、8/11、8/13 | 7/22～7/25      | 7/29                |
| 測定延べ回数 | 3回            | 7回             | 1回                  |
| 被験者    | 31名           | 25名            | 29名                 |
| 測定項目   | 体重、飲水量、鼓膜温    | 体重、飲水量、鼓膜温、心拍数 | 体重、飲水量、鼓膜温、心拍数、血液検査 |

$$WBGT = 0.7 \times NWB + 0.3 \times GT$$

## 2) 発汗量と飲水量の測定

発汗量は、練習前・後の体重と飲水量から以下に示す式で算出した。

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

体重は、練習直前および練習直後に、デジタル体重計(A&D 社50gUC-300最小目盛、ヤガミ YK-150L)にて測定した。

なお、脱水率(体重減少率)は以下の計算式より算出した。

$$\text{脱水率}(\%) = (\text{練習前体重} - \text{練習後体重}) / \text{練習前体重} \times 100$$

## 3) 飲水量の測定

飲水量の測定は次の2方法により測定した。すなわち、①個人用ボトルを用いて飲水前・後のボトルの重量を秤量する方法、②50g目盛りの計量カップを作成し、飲水前・後の残量から推定する方法により算出した。なお、ここで用いた飲料はポカリスウェット(パウダー)で、1/2溶液を氷の入ったクーラーボックスあるいはタンクに入れ、温度を4℃～8℃に保った。

## 4) 鼓膜温の測定

練習直前・直後および練習中に、鼓膜温計(テルモ耳式体温計M20ミニッピH)を用いて測定した。測定前には、綿棒にて外耳の汗、耳垢等を取り除いたあと、2回計測し最高値を測定値とした。

## 5) 心拍数の測定

被験者85名のうち12名（東京都内のスポーツ少年団5名、以降「Aチーム」と略す。石川県内のスポーツ少年団7名、以降「Bチーム」と略す。）について、Polar社製心拍メモリーを用いてウォーミングアップから練習終了まで記録した。

## III. 結果と考察

### 1. 環境温度

図1は練習時の環境温度を示したものである。温熱指標であるWBGTからみると、下記の練習時には天候（曇天および雨天）が大きく反映したため、その平均値は低値を示した。たとえば、埼玉県秩父市の夏季合宿時7月25日午前（曇り後小雨） $25.3 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$ 、山形8月9日午後・夜間（雨：屋内練習場使用） $22.9 \pm 0.38^{\circ}\text{C}$ 、山形8月13日午前（曇り後晴れ） $21.6 \pm 0.74^{\circ}\text{C}$ であり、この環境温度は日本体育協会の熱中症予防のための運動指針<sup>4),5)</sup>の「警戒」および「注意」の暑熱レベルに該当した。しかしながら、それ以外の練習時に天候が快晴または晴れとなった場合には、WBGTの平均値は埼玉 $31.7 \pm 0.84^{\circ}\text{C} \sim 32.7 \pm 0.92^{\circ}\text{C}$ の範囲、石川 $32.6 \pm 2.25^{\circ}\text{C}$ と極めて高値を示し、「運動中止」

の暑熱レベルを呈した。また、山形 $28.1 \pm 0.96^{\circ}\text{C}$ は「厳重警戒」の暑熱レベルを示した。図2は埼玉県秩父市夏合宿練習時における環境温度の経時的变化の事例について示したものである。とりわけ、埼玉と石川は後述するように極めて過酷な暑熱環境下で練習が行われたことになる。たとえば、各温度指標の最大値をみると、乾球温度は埼玉 $41.8^{\circ}\text{C}$ 、石川 $40.9^{\circ}\text{C}$ 、黒球温度は埼玉 $48.7^{\circ}\text{C}$ 、石川 $52.6^{\circ}\text{C}$ 、湿球温度は埼玉 $31.0^{\circ}\text{C}$ 、石川 $29.2^{\circ}\text{C}$ 、

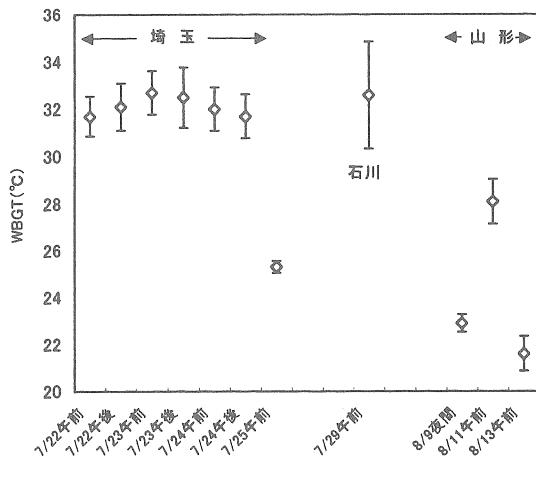


図1 野球練習時の環境温度

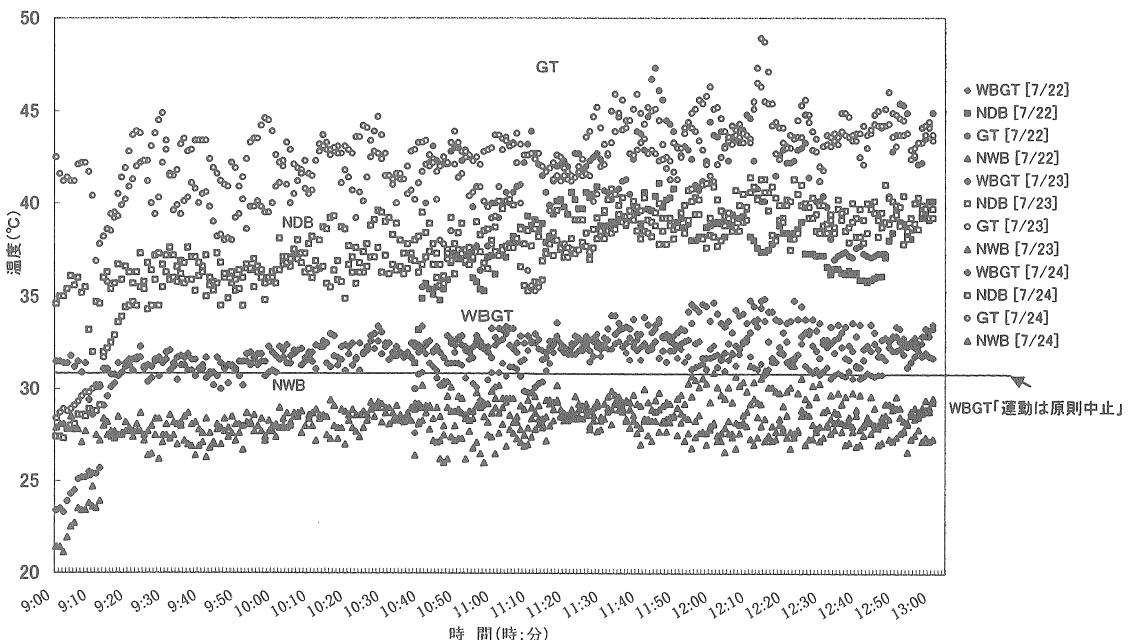


図2 野球練習時の環境温度の経時的変化（埼玉県秩父市：7月22日～7月24日）

表3 練習時の体重減少量、飲水量、発汗量および脱水率

| 調査月日 |       | 天候     | 被験者<br>n | WBGT<br>°C | 体重減少量<br>g/kg·hr <sup>-1</sup> | 飲水量<br>g/kg·hr <sup>-1</sup> | 発汗量<br>g/kg·hr <sup>-1</sup> | 脱水率<br>%   |           |
|------|-------|--------|----------|------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|-----------|
| 埼玉   | 7月22日 | 午前     | 快晴       | 19         | 31.67±0.84                     | 4.09±2.40                    | 5.81±2.04                    | 9.67±2.22  | 1.13±0.66 |
|      |       | 午後     | 快晴       | 9          | 32.11±1.00                     | 3.83±0.55                    | 0.00±0.00                    | 7.01±1.00  | 1.05±0.15 |
|      | 7月23日 | 午前     | 快晴       | 19         | 32.68±0.92                     | 2.94±1.40                    | 10.22±3.18                   | 12.57±2.24 | 0.67±0.65 |
|      |       | 午後     | 快晴       | 19         | 32.49±1.23                     | 3.03±1.73                    | 7.83±4.52                    | 13.22±3.36 | 0.89±0.39 |
|      | 7月24日 | 午前     | 快晴       | 22         | 32.03±0.92                     | 4.25±2.08                    | 7.80±2.53                    | 11.79±2.24 | 1.22±0.53 |
|      |       | 午後     | 晴れ       | 25         | 31.65±0.92                     | 3.67±2.52                    | 6.83±2.14                    | 10.06±3.10 | 0.86±1.03 |
| 石川   | 7月25日 | 午前     | 曇り後小雨    | 25         | 25.28±0.25                     | 5.53±3.27                    | 0.00±0.00                    | 5.53±3.27  | 0.55±0.33 |
|      | 7月29日 | 午後     | 快晴       | 29         | 32.62±2.25                     | 5.77±2.27                    | 8.22±2.66                    | 14.34±2.83 | 2.25±0.87 |
| 山形   | 8月9日  | 午後(夜間) | 雨        | 28         | 22.88±0.38                     | 0.23±3.09                    | 5.43±2.80                    | 5.20±1.42  | 0.01±0.61 |
|      | 8月11日 | 午前     | 晴れ       | 23         | 28.05±0.96                     | 0.84±2.20                    | 8.81±3.00                    | 9.64±1.49  | 0.30±0.77 |
|      | 8月13日 | 午前     | 曇り後晴れ    | 26         | 21.61±0.74                     | 1.83±1.01                    | 4.50±1.18                    | 6.20±1.37  | 0.66±0.52 |

mean±S.D.

WBGTは埼玉34.9°C、石川36.4°Cであった。我が国における気温（乾球温度）の最高値は1933年7月25日山形で観測された40.8°Cであるが、埼玉および石川の練習時の気温はこれを凌ぐものであり、気象台観測値より数°Cも高値を示した<sup>27)</sup>。また、輻射熱の指標である実効輻射温度の最大値は埼玉10.0°C、石川12.1°Cであった。このように夏季の屋外のスポーツ活動では各温度指標が高いだけでなく、輻射熱が強いことが上記の結果からわかるが、実態としてはこのような環境条件において野球の練習が行われている。埼玉県秩父市の夏季合宿では初日に1名が軽度の熱中症に陥っているが、同じ場所で合宿していた他チームでも同様にその発生をみている。

## 2. 発汗量、飲水量、脱水率

表3に埼玉、石川、山形の計11回の練習時における発汗量、飲水量、脱水量などを示した。チームにより、あるいは、同一チームでも被験者の人数（練習不参加など）、練習時間・練習内容が異なること、そして、学年によって体重が異なることなどから、その平均値を単位時間、体重1kg当たり(g/kg·hr<sup>-1</sup>)で示した。

発汗量の平均値は埼玉5.53±3.27g/kg·hr<sup>-1</sup>～13.22±3.36g/kg·hr<sup>-1</sup>の範囲、石川14.34±2.83g/kg·hr<sup>-1</sup>、山形5.20±1.42g/kg·hr<sup>-1</sup>～9.64±

1.49g/kg·hr<sup>-1</sup>の範囲で、山形が他の2チームに比較して低値であった。発汗量は環境温度や運動強度などに影響されることが報告されているが<sup>8),16),17),18)</sup>、山形が低値であった大きな要因としては天候（雨天や曇天）の影響が考えられ、輻射熱が低いなど環境温度条件が関係しているのではないかと思われた。このため、発汗量と環境温度との関係を検討したところ、図3のような結果を得た。すなわち、発汗量と黒球温度( $r=0.725$ )、WBGT( $r=0.700$ )との間に有意( $p<0.01$ )な相関関係が認められ、中井らの報告<sup>16),17),19)</sup>と一致する結果が得られた。環境温度以外に発汗量と有意( $p<0.01$ )な相関が認められたパラメータは脱水率( $r=0.626$ )、飲水量( $r=0.572$ )、飲水頻度( $r=0.340$ )、体温上昇度( $r=0.287$ )であった。

飲水量の平均値は埼玉0～10.22±3.18g/kg·hr<sup>-1</sup>の範囲、石川8.22±2.66g/kg·hr<sup>-1</sup>、山形4.50±1.18g/kg·hr<sup>-1</sup>～8.81±3.00g/kg·hr<sup>-1</sup>の範囲であった。なお、毎回の練習時の発汗量、飲水量および水分補給率を図4に示した。発汗量に対する水分補給率は非飲水時（7月22日午後・7月25日午前）を除くと、埼玉52.3±20.3%～80.0±18.3%の範囲、石川57.7±15.1%、山形74.4±19.3%～110.0±61.0%の範囲であった。飲水量と発汗量との関係について図5に示したが、いずれも正の

有意な相関関係 ( $p < 0.01$ ) が認められた。飲水量 ( $\text{g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$ ) と有意な ( $p < 0.0001$ ) 相関が認められたパラメータは飲水頻度 ( $r=0.597$ ), 黒球温度 ( $r=0.496$ ), WBGT ( $r=0.441$ ) などであつ

た。

脱水による 1 %の体重減少は、約  $0.3^{\circ}\text{C}$  の直腸温の上昇や 5~10拍/分の心拍数の増加をきたす。また、脱水による 2 %以上の体重減少は、血液濃

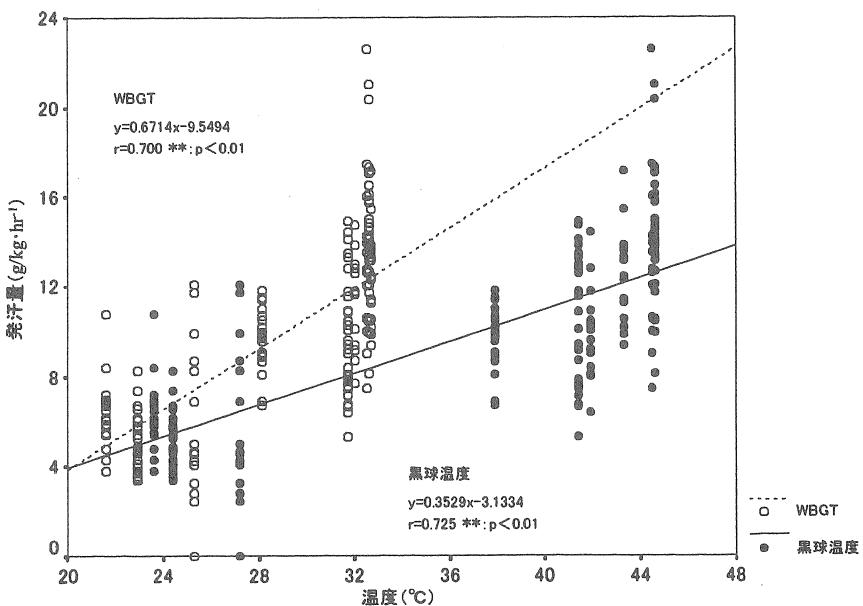


図 3 野球練習時の発汗量と WBGT, 黒球温度との関係

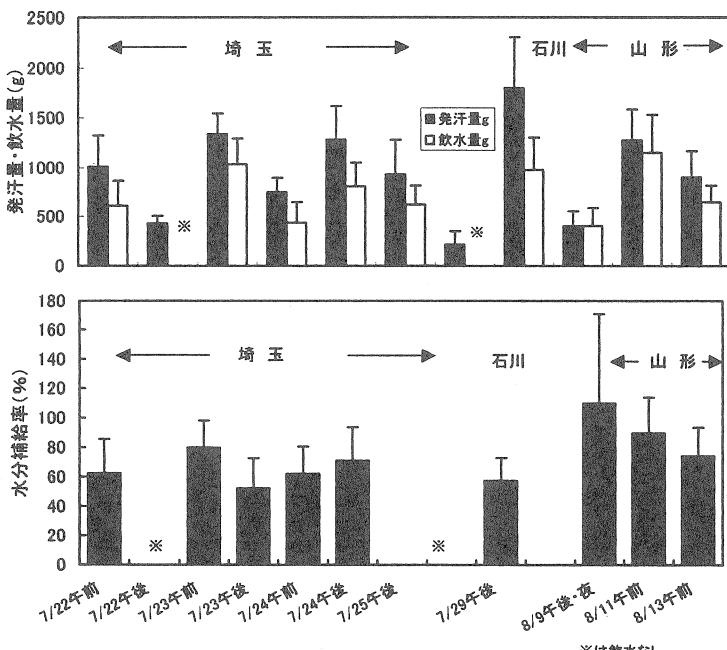


図 4 野球練習時の発汗量, 飲水量, 水分補給率

縮や口渴感の増大のほか、精神身体機能の低下をきたすことが報告されている<sup>7)</sup>。このため、日本体育協会の熱中症予防ガイドブック<sup>4),5)</sup>では、熱中症予防のための運動時の水分補給の目安として、「発汗による体重減少の70~80%程度」、「脱水率は2%を超えないこと」とその目標を示し、積極的な水分補給を推奨している。本調査の脱水率の平均値は表3に示したように、その最大値は埼玉1.22±0.53%，石川2.25±0.87%，山形0.66±0.52%であった。なお、脱水率が2%を超えた者は、延べ人数に対する割合でみると、埼玉2.2%，石川55.2%，山形0.0%であった。このように脱水率はチームによりその値はまちまちであり、石川は他の2チームに比較して極めて高値であった。大量な発汗が伴う場合には、それに見合った飲水が起きない、自発的脱水の現象が知られている<sup>7)</sup>。本調査の

水分補給率は、山形が上記の目標に合致するが、埼玉および石川のそれは60%を下回っており、大学運動部選手を対象とした中井らの成績<sup>13),16),17)</sup>に比較して低値であった。また、体重減少量(g/kg·hr<sup>-1</sup>)は中井らの報告によれば、大学生野球2 g/kg·hr<sup>-1</sup>、大学生アメリカンフットボール4 g/kg·hr<sup>-1</sup>、大学生サッカー3.55g/kg·hr<sup>-1</sup>、大学生ハンドボール6.94g/kg·hr<sup>-1</sup>、小学生ミニバスケットボール0.018±0.07g/kg·hr<sup>-1</sup>~2.02±3.81g/kg·hr<sup>-1</sup>の成績が報告されているが、本調査では、埼玉2.94±1.40g/kg·hr<sup>-1</sup>~5.53±3.27g/kg·hr<sup>-1</sup>の範囲、石川5.77±2.27g/kg·hr<sup>-1</sup>、山形0.23±3.09g/kg·hr<sup>-1</sup>~1.83±1.01g/kg·hr<sup>-1</sup>の範囲であった。山形を除き、埼玉および石川は前述の小学生ミニバスケットボール、大学生野球、大学生アメリカンフットボール、大学生サッカーに比較して

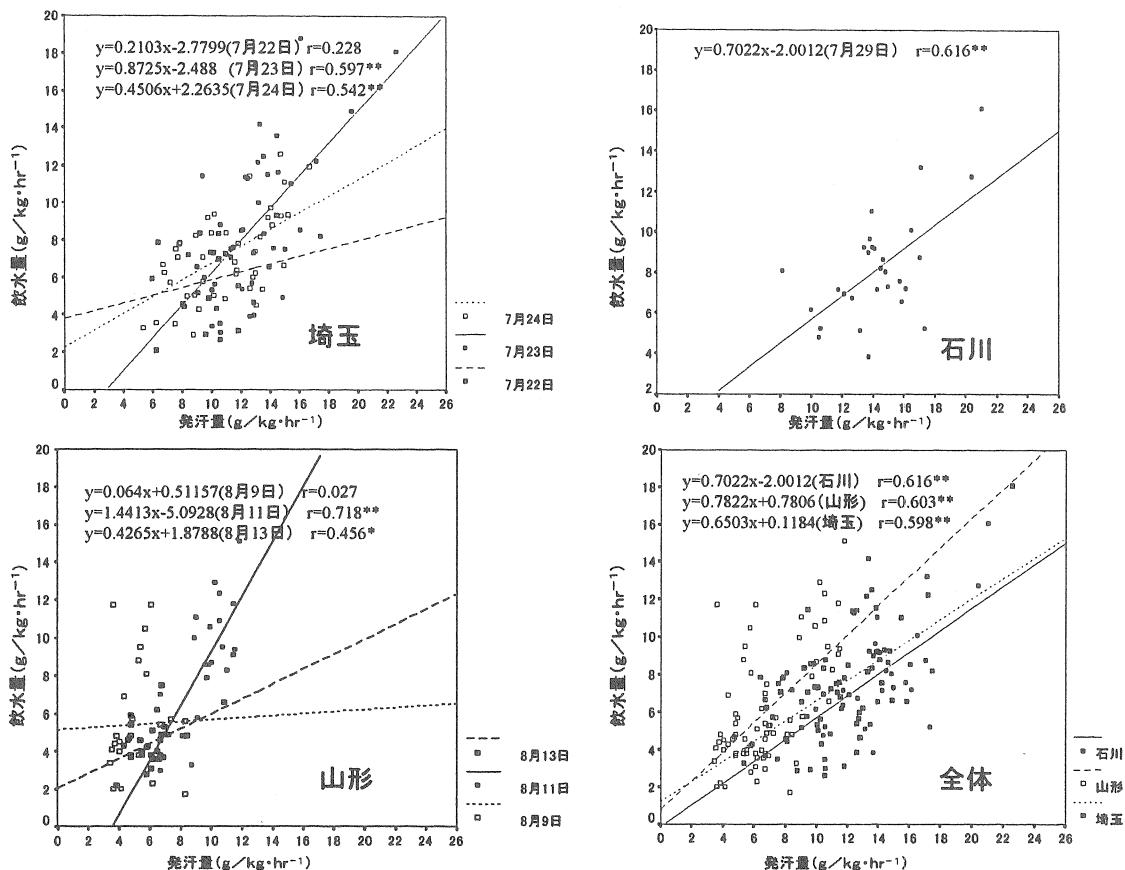


図5 野球練習時の発汗量と飲水量との関係

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$

高値であった。すでに述べたように、今回調査の3チーム中2チームは発汗量の60%に満たない水分補給率であった。とりわけ、石川の補給率の平均が57.7%，脱水率のそれが2.25%であることを考慮すると、一定範囲内に体重減少量を保持することは困難であり、その補給率を積極的に高める対策が必要であると思われる。

水分補給率は飲料の内容、飲水方法、水分補給の重要性に対する認識の度合いなどに影響されるが、今回調査はいずれのチームともスポーツドリンク（ポカリスウェット・パウダー1/2溶液）を用いていることから、飲料の問題よりは指導者の水分補給に対する認識や練習内容・練習形態など指導計画の在り方の問題に起因すると思われる。因みに、脱水率と環境温度(黒球温度、WBGT)，発汗量、飲水頻度とに有意な相関が認められることから、環境温度が高い場合には休憩間隔を短縮し休憩頻度の増加によって、飲水頻度を多くするなど指導計画を改善する必要があると思われる。

### 3. 体温上昇

図6に練習前・後の鼓膜温の変動とその上昇度について示した。鼓膜温の上昇度の平均値は埼玉 $-0.0895 \pm 0.408^{\circ}\text{C}$ ～ $0.667 \pm 0.320^{\circ}\text{C}$ の範囲、石川 $0.686 \pm 0.393^{\circ}\text{C}$ 、山形 $0.0107 \pm 0.327^{\circ}\text{C}$ ～ $0.596 \pm 0.295^{\circ}\text{C}$ の範囲であった。埼玉7月22日午後練習時（練習試合）のように鼓膜温が低下した例もみられたが、これを除いては、練習前に比較して練習後には有意な上昇が認められた。脱水率と体温上昇との間に相関関係があることが報告されているが、今回調査からも有意( $p < 0.01$ )な相関( $r = 0.238$ )が認められ、それを支持する結果を得た。なお、鼓膜温の上昇度の最小値と最大値の範囲は、埼玉 $-0.6 \sim 1.4^{\circ}\text{C}$ 、石川 $0.0 \sim 1.3^{\circ}\text{C}$ 、山形 $-0.8 \sim 1.4^{\circ}\text{C}$ と極めて大きな個人差が認められた。

図7は7月22日から7月25日の3泊4日の埼玉県秩父市の夏季合宿に参加した25名中15名、同一被験者の練習前・後の体重と鼓膜温の変動を示した。体重は練習前に比較して練習後に有意な減少が認められた。また、鼓膜温も前述と同様に練習

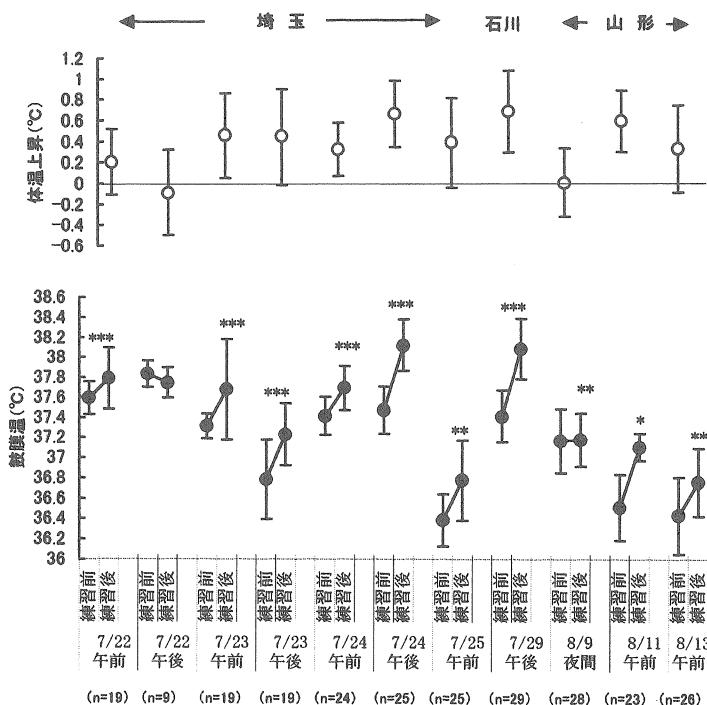


図6 野球練習による鼓膜温の変動

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$ , \*\*\* :  $p < 0.0001$

後に上昇した。中井らは大学男子バレーボール選手を対象に飲水の有無による比較から、非飲水の場合には飲水時に比較して体温（口腔温）の上昇度が有意に高値であることを報告しているが<sup>17)</sup>、本調査ではそれを支持する結果は得られなかった。

その要因としては、7月25日午前の練習時の天候（曇り後小雨）が反映して、環境温度が他の練習時と比較して5~6°Cも有意に低値であったこと（図1、表3参照）、また、練習が短時間で終了したことなどが影響したものと思われる。

体温上昇度と飲水量とに有意( $p<0.01$ )な相関( $r=0.251$ )が認められたが、飲水による体温上昇の抑制効果は先行研究からも明らかであり<sup>4),5),17)</sup>、熱中症を未然に予防するには、脱水率が2%以上に及ばないよう積極的に飲水する必要があると思われる。

#### 4. 心拍数の変動

図8および図9はAチーム（5名）とBチーム（7名）の練習時的心拍反応について示した。Aチームの練習時の平均心拍数は約110拍／分~140拍／分の範囲で、ピーク値はノック・守備の143.40±10.48拍／分であった。これに対してBチームのそれは約110拍／分~160拍／分の範囲で、ピーク値は試合方式の162.43±24.28拍／分であった。また、練習開始から終了までの平均心拍数はAチーム115.25±5.70拍／分に対してBチーム138.09±6.64拍／分と、後者の方が20拍以上も高値であった。心拍数は運動強度の指標として、また、循環系機能の負担度を推定する簡便な評価法として用いられることが多い<sup>22),26)</sup>。したがって、A・B両チームの環境温度条件、年齢に差異が認められなかっことなどから考慮すると、BチームはAチー

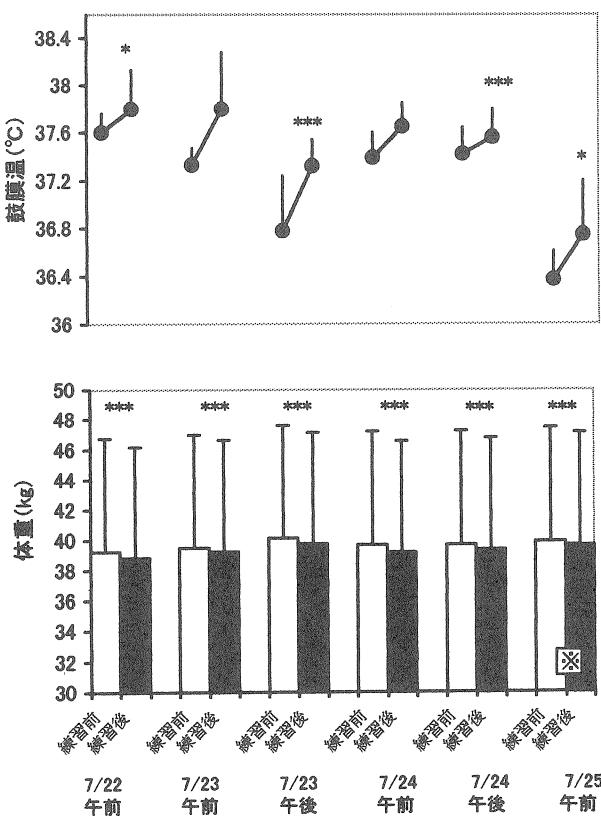


図7 野球練習による体重と鼓膜温の変動  
(男子15名の平均値と標準偏差、※のみ飲水なし、他は自由飲水)  
\* :  $p < 0.05$ , \*\*\* :  $p < 0.001$

ムに比べて運動強度が高く生体負担度の大きい練習を行っていたことが容易に推測される。

図10はAチームとBチームにおける各被験者の

練習開始から終了までの平均心拍数を示した。両チームの練習内容、運動強度は異なるが、その平均値の範囲は $104.23 \pm 14.45$ 拍／分～ $151.06 \pm$

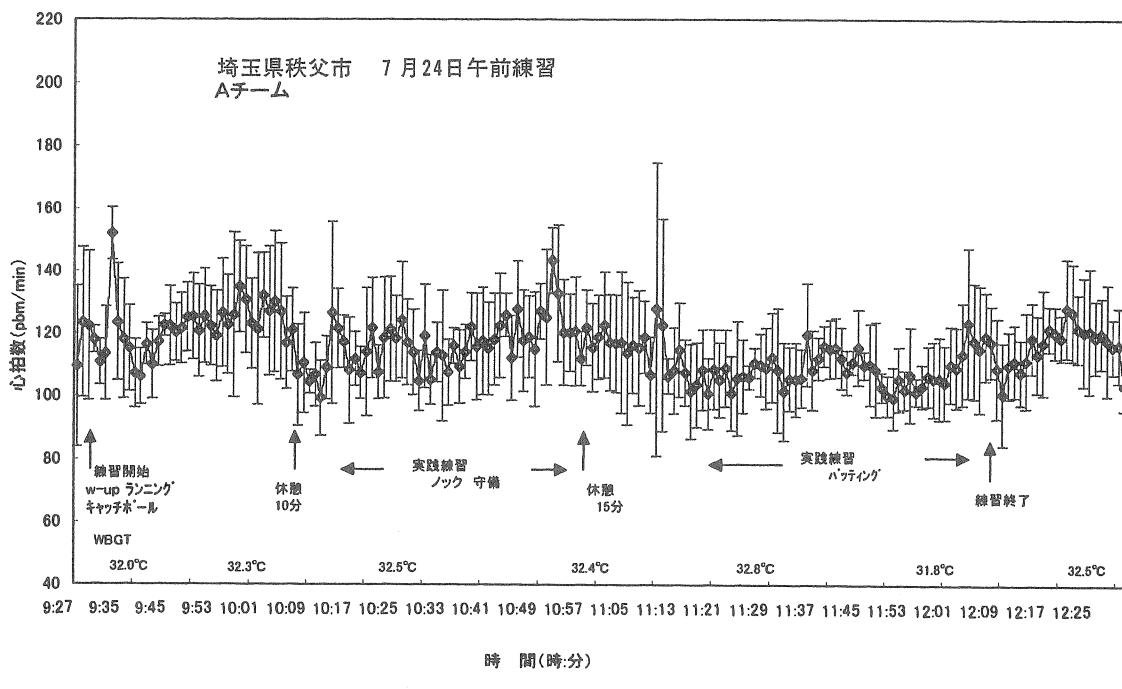


図8 野球練習時の心拍数の変動

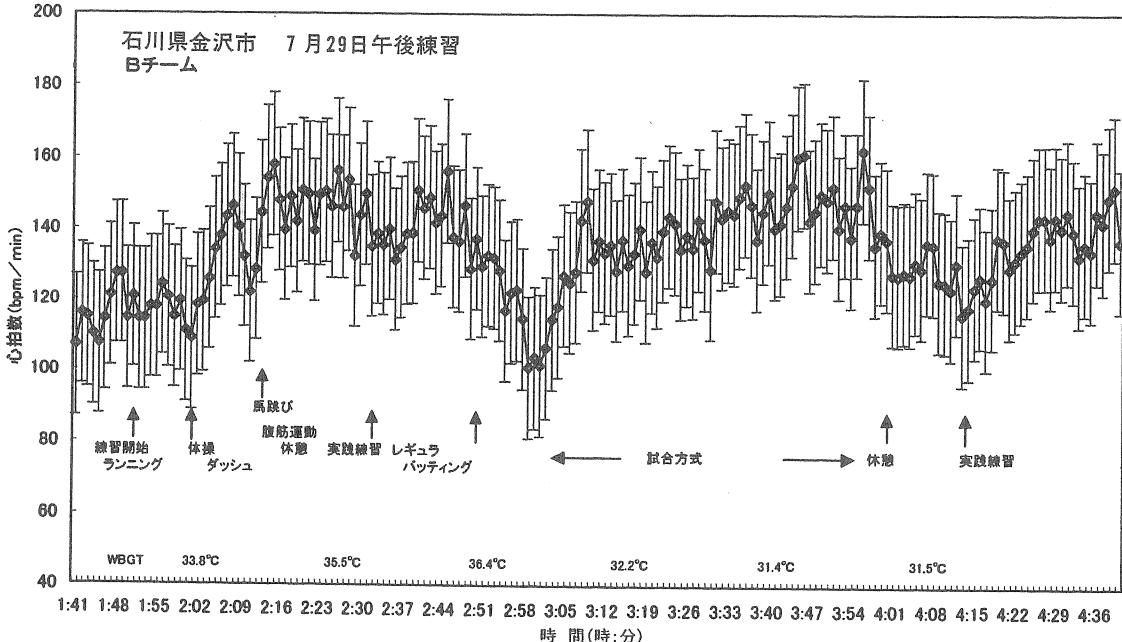


図9 野球練習時の心拍数の変動

19.70拍／分と極めて大きな個人差があることが示唆された。図11は練習時における脱水率と体温上昇、平均心拍数との関係を検討したものである。脱水率と平均心拍数との間に有意 ( $p < 0.05$ ) な相関 ( $r = 0.697$ ) が認められたが、体温上昇には有意

な相関は認められなかった。しかしながら、全被験者の脱水率と体温上昇との関係を検討したところ、有意 ( $p < 0.01$ ) な相関 ( $r = 0.238$ ) が認められたことから、適当な水分補給を行えば体重減少量を低値に抑えることができ、体温および心拍数

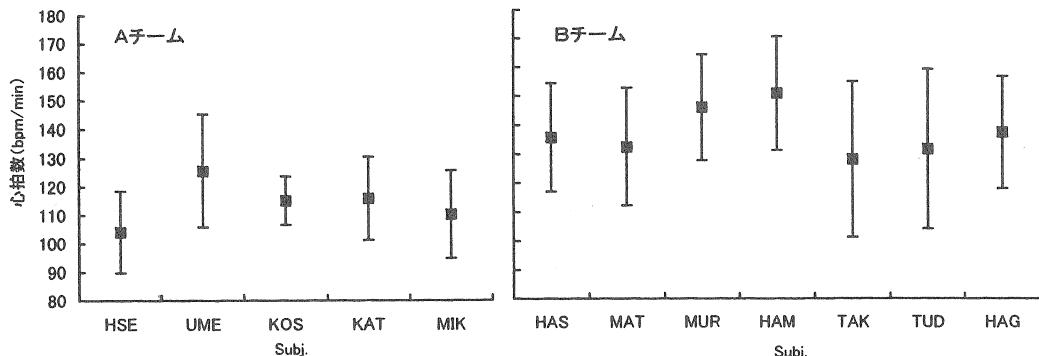


図10 野球練習時における被験者の心拍数

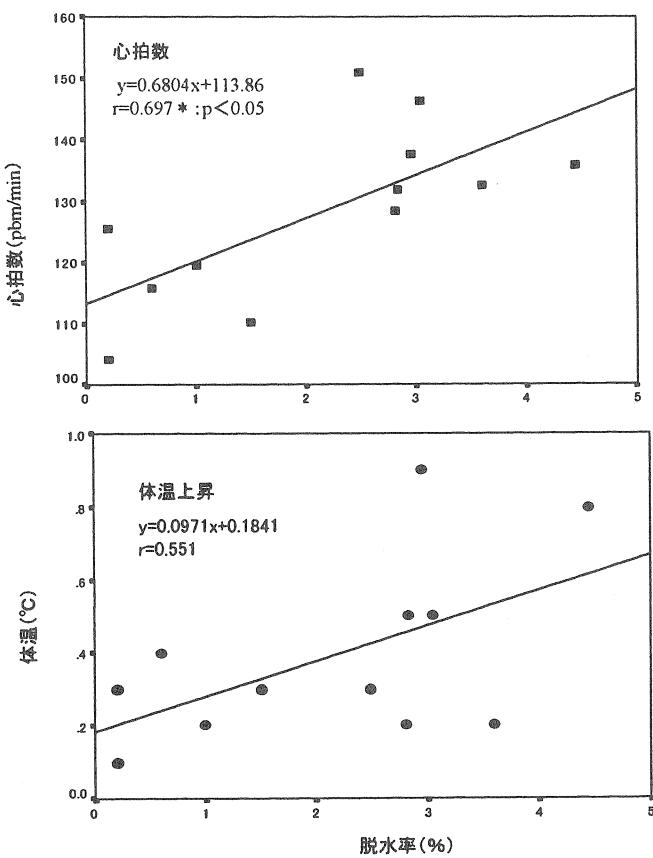


図11 野球練習時の脱水率と体温上昇、心拍数の関係

の上昇を抑制できると考えられる。

#### IV. ま　と　め

夏季の暑熱環境下でのスポーツ活動が、安全かつ効果的に行われるための基礎的知見を得るために、野球スポーツ少年団の練習時の環境温度条件を調査するとともに、練習時の発汗量、飲水量の実態や体温上昇度、心拍反応から生体に及ぼす負担度について検討した。

以下が主な結果である。

1. 調査を実施した埼玉、石川、山形の3地域の環境温度条件は、天候が快晴・晴れの場合には午前および午後練習とも WBGT の平均値は 28°C 以上であった。特に、埼玉県秩父市と石川県金沢市の乾球温度は我が国における最高値を凌ぐ、41.8°C と 40.9°C を観測し、WBGT の平均値は 32°C 前後と「運動中止」の暑熱レベルを呈した。このように極めて過酷な暑熱環境下で練習が行われていた実態が確認された。

2. 練習時の発汗量の平均値は埼玉  $5.53 \pm 3.27$  g/kg·hr<sup>-1</sup> ~  $13.22 \pm 3.36$  g/kg·hr<sup>-1</sup> の範囲、石川  $14.34 \pm 2.83$  g/kg·hr<sup>-1</sup>、山形  $5.20 \pm 1.42$  g/kg·hr<sup>-1</sup> ~  $9.64 \pm 1.49$  g/kg·hr<sup>-1</sup> の範囲であった。飲水量の平均値は埼玉  $0 \sim 10.22 \pm 3.18$  g/kg·hr<sup>-1</sup> の範囲、石川  $8.22 \pm 2.66$  g/kg·hr<sup>-1</sup>、山形  $4.50 \pm 1.18$  g/kg·hr<sup>-1</sup> ~  $8.81 \pm 3.00$  g/kg·hr<sup>-1</sup> の範囲であった。平均脱水率の最大値は埼玉  $1.22 \pm 0.53\%$ 、石川  $2.25 \pm 0.87\%$ 、山形  $0.66 \pm 0.52\%$  であった。なお、脱水率が 2% を超えた者は、延べ人数に対する割合でみると、埼玉 2.2%，石川 55.2%，山形 0.0% であった。このようにチームにより脱水率などはまちまちであった。

3. 練習前・後の鼓膜温の上昇度の平均値は埼玉  $-0.0895 \pm 0.408$  °C ~  $0.667 \pm 0.320$  °C の範囲、石川  $0.686 \pm 0.393$  °C、山形  $0.0107 \pm 0.327$  °C ~  $0.596 \pm 0.295$  °C の範囲であった。

4. 練習時の平均心拍数は A チーム（5名）は約 110 拍/分 ~ 140 拍/分の範囲でピーク値はノック・守備の  $143.40 \pm 10.48$  拍/分であった。B チーム（7名）は約 110 拍/分 ~ 160 拍/分の範囲でピーク値は試合方式の  $162.43 \pm 24.28$  拍/分であった。また、練習開始から終了までの平均心拍数は

A チーム  $115.25 \pm 5.70$  拍/分に対して B チーム  $138.09 \pm 6.64$  拍/分と、後者の方が運動強度が高く生体負担度の大きい練習を行っていた。チームにより練習の運動強度にかなりの差異が認められた。

5. 発汗量と環境温度(黒球温度、WBGT)、脱水率、飲水量、飲水頻度、体温上昇度との間に有意な相関が認められた。脱水率と環境温度(黒球温度、WBGT)、発汗量、飲水頻度、体温上昇度、平均心拍数、また、体温上昇度と飲水量、発汗量との間に有意な相関が認められた。環境温度が高い場合には発汗量、飲水量が増加すると考えられる。また、脱水率が大きくなると心拍数、体温上昇度が増加するなど生体への負担度が大きくなると考えられる。したがって、適切な水分補給ができるようにすることにより、体温および心拍数の上昇を抑制できると考えられるので、休憩頻度や飲水頻度を多くして、脱水率が 2% 以上に及ばないような指導計画への配慮が必要であると考えられる。

#### 文　献

- 1) 平下政美、大貫義人：夏季野球練習時の発汗量・飲水量の経年変化、平成11年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告、No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－：91–94, 2000.
- 2) 梶原洋子、小野伸一郎、山本正彦、五十嵐桂一、大畠好美：暑熱環境下で開催されたジュニア期の全国陸上競技大会における環境条件の実態調査－全国高等学校対抗陸上競技選手権大会、全国高等学校対抗陸上競技選手権大会混成・長距離・女子 400H・競歩競技、全日本中学校陸上競技選手大会、全国小学生陸上競技交流大会について－平成9年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告、No.VII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第1報－：55–67, 1998.
- 3) 梶原洋子、小野伸一郎、木村一彦、中井誠一、森丘保典、伊藤紫乃、樽本つぐみ、穂田みづほ：夏季の陸上競技大会における環境条件の実態と大会開催への提言－全国インターハイの実態調査等を中心として－平成11年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告、No.VIII ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－：91–94, 2000.

- 4) 川原 貴, 森本武利編集: スポーツ活動時の熱中症予防, 日本体育協会, 1993.
- 5) 川原 貴, 森本武利編集: スポーツ活動時の熱中症予防ガイドブック, 日本体育協会, 1994.
- 6) 森 悟, 朝山正巳, 中井誠一, 花輪啓一, 田辺 実, 丹羽健市, 大貫義人, 井川正治, 田中英登, 平下政美, 宮瀬敏明, 菅原正志, 倉掛重精, 小松 裕: 夏期高校野球練習時の環境温度, 発汗量, 飲水量の実態と水負荷及び体温上昇量からみた生体負担度について, 平成10年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No.VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－: 84-90, 2000.
- 7) 森本武利: 水分代謝と熱中症, 平成3年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No.IVスポーツ活動における熱中症事故防止に関する研究－第1報－: 14-26, 1993.
- 8) 森本武利, 寄本 明, 中井誠一, 芳田哲也: 暑熱応答に及ぼす運動強度の影響—WBGTを指標としてー, 平成3年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. IVスポーツ活動における熱中症事故防止に関する研究－第1報－: 14-26, 1993.
- 9) 森本武利: 暑熱順化と熱中症, 平成5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防止に関する研究－第3報－: 6-13, 1995.
- 10) 中井誠一, 寄本 明, 森本武利: 運動時の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ー, 臨床スポーツ医学8(1), 41-45, 1991.
- 11) 中井誠一, 芳田哲也, 寄本 明, 森本武利: 環境温度と運動時熱中症事故発生との関係, 体力科学, 41(5)540-547, 1992.
- 12) 中井誠一, 芳田哲也, 寄本 明, 森本武利: 環境温度と運動時熱中症事故発生との関係, 体力科学, 41(5)540-547, 1992.
- 13) 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糖分摂取量の実態, 臨床スポーツ医学10, 973-977, 1993.
- 14) 中井誠一: 運動時熱中症予防のための環境温度の測定の検討, 平成3年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. IVスポーツ活動における熱中症事故防止に関する研究－第1報－: 35-47, 1993.
- 15) 中井誠一: 運動時熱中症発生の実態と発生時の環境温度, 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防止に関する研究－第2報－: 34-47, 1994.
- 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防止に関する研究－第2報－: 48-81, 1994.
- 17) 中井誠一ほか: 運動時の環境温度と飲水量, 発汗量に関する実態調査 その2, 平成5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防止に関する研究－第3報－: 20-32, 1995.
- 18) 中井誠一ほか: 夏期における高校野球の練習および競技会の実態, 平成10年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第2報－: 74-94, 1999.
- 19) 中井誠一, 新矢博美, 高橋英一, 芳田哲也: フェンシング練習時の体温調節反応(発汗量・体温上昇)の実態調査, 平成11年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－: 65-73, 2000.
- 20) 小野伸一郎・梶原洋子・寺田光世・樽本つぐみ: 夏期長距離走における運動時間帯別生体負担度およびパフォーマンスの比較. 平成10年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第2報－: 55-62, 1999.
- 21) 白木啓三, 佐川寿栄子: 暑熱環境における運動時の体温調節と循環動態との総合的な考察—末梢循環の観点からー, 平成3年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. IVスポーツ活動における熱中症事故防止に関する研究－第1報－: 27-34, 1993.
- 22) 白木啓三, 佐川寿栄子, 森川寿人: 脈拍は暑熱環境における運動時のストレスを示す指標となるか?, 平成5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防止に関する研究－第3報－: 13-19, 1995.
- 23) 田辺 実, 花輪啓一: 自由飲水時において脱水率に影響を及ぼす要因—夏期高校野球練習時における発汗量, 飲水行動, 運動量, 体温変動, WBGTの実態調査ー, 平成11年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－: 110-114, 2000.
- 24) 戸苅晴彦, 金子保敏, 磯川正教, 丸山剛生, 福井真司: 平成9年度日本体育協会スポーツ・医科学

- 研究報告, No. VIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第1報－: 67-74, 1998.
- 25) 戸苅晴彦, 磯川正教, 丸山剛生, 金子保敏, 沼澤秀雄, 福井真司, 安松幹展, 石崎之: 暑熱環境が中学サッカー選手の技術, 戰術へ及ぼす影響, 平成10年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. VIIIジュニア期の夏期トレーニングに関する研究－第3報－: 59-64, 1999.
- 26) 山地啓司: 運動と心拍数, 体力科学, 50, 1-6, 2001.
- 27) 文部省国立天文台編: 理化年表 (CD-ROM9916)
- 28) 芳田哲也, 高石敏正, 中井誠一, 寄本明, 森本武利: 脱水量および発汗量と運動能力低下度との関係, 体力科学, 46-6, 914, 1997.
- 29) 芳田哲也, 高石敏正, 中井誠一, 寄本明, 森本武利: 持久的運動能力を低下させる脱水量閾値の検討, 体力科学, 47-6, 879, 1998.
- 30) 寄本明, 中井誠一, 芳田哲也, 森本武利: 屋外における暑熱下運動時と体温調節の関係, 体力科学, 47-6, 879, 1998.

#### 謝 辞

本報告の発汗量, 飲水量, 体温測定などは山形県東根市のビッグ・グロースポーツ少年団, 東京都豊島区の千早スポーツ少年団, 石川県金沢市の小立野ボーイズおよび富陽小学校スポーツ少年団各位のご好意およびご協力によるものです。また, 本実験にあたり, 大塚製薬株式会社からは飲料水等の御協力をいただきました。記して感謝の意を表します。

---

平成12年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告  
No.IX ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究—第1報—  
◎発行日：平成13年3月31日  
◎編集者：川原 貴（財団法人日本体育協会・ジュニア期の  
夏期スポーツ活動に関する研究班）  
◎発行者：財団法人日本体育協会  
（〒150-8050 東京都渋谷区神南1-1-1）  
◎印 刷：ホクエツ印刷株式会社  
（東京都江東区深川2-26-7）

---

