

夏季の野球練習時の環境温度，発汗量，飲水量，脱水率，体温上昇度および心拍反応からみた生体負担度について

梶原洋子*・川嶋伸次**・伊東浩司***・井筒紫乃****・野崎忠信*****

Environmental Temperature During Summer Baseball Practice as Viewed from Problems of Heat Stress and Physiological Work Load

Yoko KAJIWARA, Shinji KAWASHIMA, Koji ITOH,
Shino IZUTSU and Tadanobu NOZAKI

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だけでなく，輻射熱が極めて大きいことが特徴であり^{2), 3), 10), 11), 14)}，グラウンドの気温は気象台の観測値より高値を示す^{1), 3)}．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観測されるが，このような条件下では体熱放散の手段として発汗による蒸発への依存度が増長する．夏季の激しいスポーツ活動時には上記の理由から大量の発汗が伴うが，発汗による体液の損失は体温調節反応や循環調節系など生体への負担度を大きくし，運動能力の低下だけでなく^{20), 24), 25), 28), 29)}，体温が上昇して熱中症発生の誘因となる^{11), 12), 21)}．

夏季スポーツ活動時の熱中症発生の種目別検討によれば¹⁸⁾，その発生頻度は野球が最も多く，死亡事故も頻発している．野球において熱中症発生が多発する原因の一つとして，立位姿勢での長時間にわたる暑熱暴露によ

て，自発的脱水の現象を起こしやすいことが考えられる^{1), 7)}．このため，日本体育協会のスポーツ活動中の熱中症予防のガイドブックでは^{4), 5)}，脱水に陥らないような野球練習時の水分補給の目安として，マラソンと同様の飲水量を提示している．夏季スポーツ活動時の水分補給は体液水分代謝の改善・維持において極めて重要な役割を担っており，現場の指導者は選手が脱水に陥らないよう環境温度条件や個人の体調に応じたトレーニング計画の立案，安全管理が求められている．しかしながら，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は大学生や高校生を対象にしたものであり^{6), 13), 15)~18)}，小学生を対象とした報告は見あたらない．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．

．研究方法

1．被験者および測定期間

被験者は東京都豊島区野球スポーツ少年団

* かじわら ようこ 文教大学教育学部
** かわしま しんじ 東洋大学
*** いたう こうじ 甲南大学
**** いづつ しの 日本大学
***** のざき ただのぶ 明星大学

所属の小学生25名であった(表1)。調査は最も暑いと考えられる梅雨明けの7月下旬(2001年7月22日～7月25日:3泊4日)に、埼玉県秩父市の夏季合宿時において、延べ7回の測定を実施した。

表1 被験者の身体的特徴

学年	n	身長(cm)	体重(kg)
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

mean ± SD

2. 測定項目と方法

1) 環境温度測定

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従って1分間隔毎に測定した。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)およびWBGT(湿球黒球温度)で、WBGT計(京都電子工業製WBGT-101)を用いて測定した。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の算出式

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

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、練習前および練習直後に、デジタル体重計(A&D社UC-300;最小目盛50g)を用いて測定した。

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50g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、ここで用いたスポーツ飲料は粉末ポカリスエット(大塚製薬)の74g/lで、濃度はNa+:21mEq/l, K+:5mEq/l, Ca2+:1mEq/l, Mg2+:0.5mEq/l, Cl-:6mEq/l, citrate3-:10mEq/l, lactate-:1mEq/lで、2倍に希釈した溶液を氷の入ったタンクに入れ、温度を4～8に保った。なお、飲水時刻や飲水回数も記録した。

4) 鼓膜温の測定

練習直前・直後および練習中に、鼓膜温計(TERUMO M20)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

小学生25名のうちポジション別に5名を選び、心拍メモリー(Accurex Plus, Polar Electro)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。

3. 統計処理

各測定値は平均値と標準偏差を算出し、2群間の有意差検定はstudent t-testを、また、3群間以上の比較は一元配置の分散分析後、有意差のあるものはscheffeによる多重比較を行った。いずれも危険率5%未満を以て有意とした。なお、統計処理はパーソナルコンピュータ用ソフト「SPSS」を使用した。

. 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、7月25日午前の練習時には天候(曇天および雨天)が大きく反映したため、その平均値(25.3±0.25)は低値を示した。この環境温度は

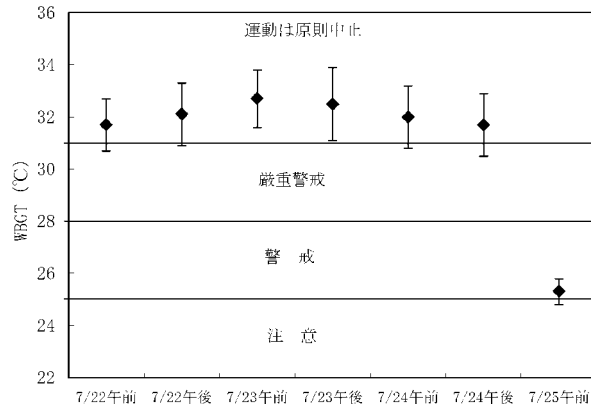


図1 野球練習時の環境温度

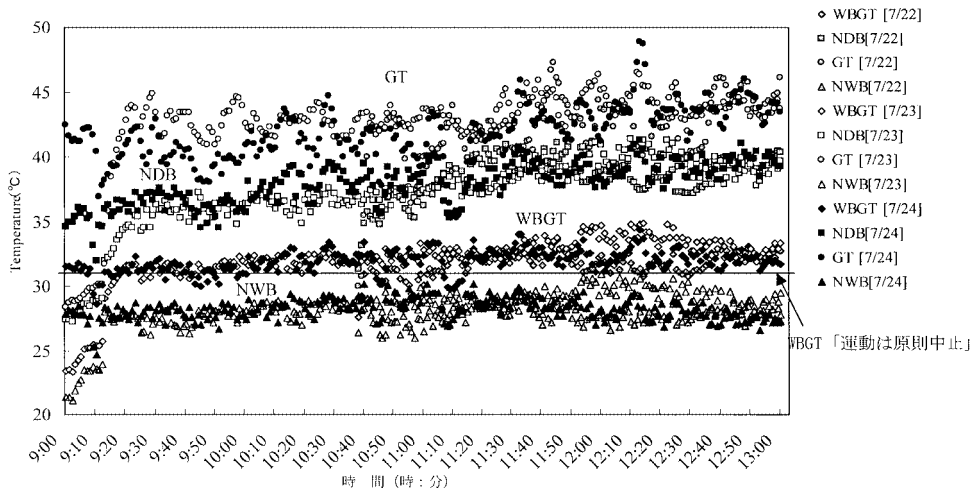


図2 野球練習時の環境温度の経時的変化(埼玉県秩父市: 7月22日~7月24日)

日本体育協会の熱中症予防のための運動指針の「警戒」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 31.7 ± 0.84 ~ 32.7 ± 0.92 の範囲で、日本体育協会の運動指針の「運動中止」の暑熱レベルを呈した。

図2は夏季合宿練習時における環境温度の経時的変化の事例について示したものであるが、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、各温熱指標の最大値をみると、乾球温度は41.8、黒球温度

は48.7、湿球温度は31.0、WBGTは34.9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であるが、埼玉県秩父市の夏季合宿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%も高値を示した²⁷⁾。また、輻射熱の指標である実効輻射温度の最大値は10.0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熱指標が高いだけでなく、輻射熱が大きいことが上述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。この夏

表2 練習時の体重減少量、飲水量、発汗量および脱水量

調査月日	天候	被験者 n	WBGT	体重減少量 g/kg・hr ⁻¹	飲水量 g/kg・hr ⁻¹	発汗量 g/kg・hr ⁻¹	脱水率 %
埼玉秩父 7月22日	午前	19	31.67±0.84	4.09±2.40	5.81±2.04	9.67±2.22	1.13±0.66
	午後	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	19	32.68±0.92	2.94±1.40	10.22±3.18	12.57±2.24	0.67±0.65
	午後	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	22	32.03±0.92	4.25±2.08	7.80±2.53	11.79±2.24	1.22±0.53
	午後	25	31.65±0.92	3.67±2.52	6.83±2.14	10.06±3.10	0.86±1.03
7月25日	午前	25	25.28±0.25	5.53±3.27	0.00±0.00	5.53±3.27	0.55±0.33

mean±SD

季合宿中の初日に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2に7回の練習時における発汗量, 飲水量, 脱水量などを示した。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⁻¹)で示した。

発汗量の平均値は5.53±3.27g/kg・hr⁻¹~13.22±3.36g/kg・hr⁻¹の範囲であった。最大値と最小値との差はかなり大きい, これは環境条件(雨天や曇天など天候)や運動強度の影響が考えられ^{8), 16)~18)}, とりわけ, 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<0.0001)な相関関係が認められ, 中井らの報告^{16), 17), 19)}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<0.0001)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0.00±0.00g/kg・hr⁻¹~

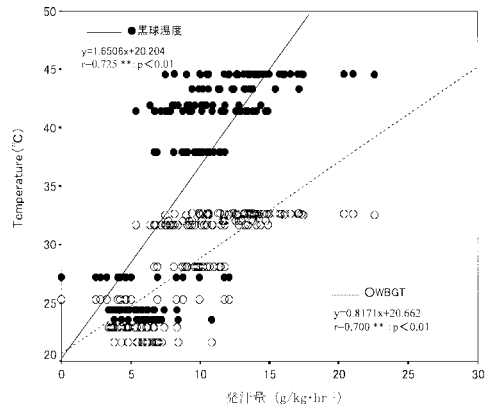


図3 野球練習時の発汗量とWBGT, 黒球温度との関係

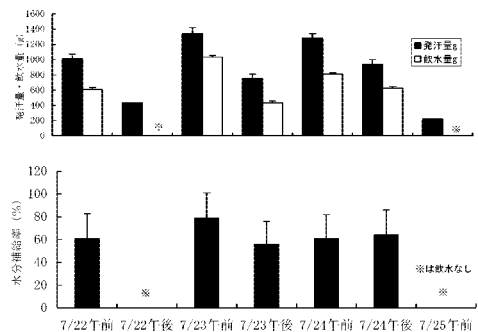


図4 野球練習時の発汗量, 飲水量, 水分補給率

10.22±3.18g/kg・hr⁻¹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

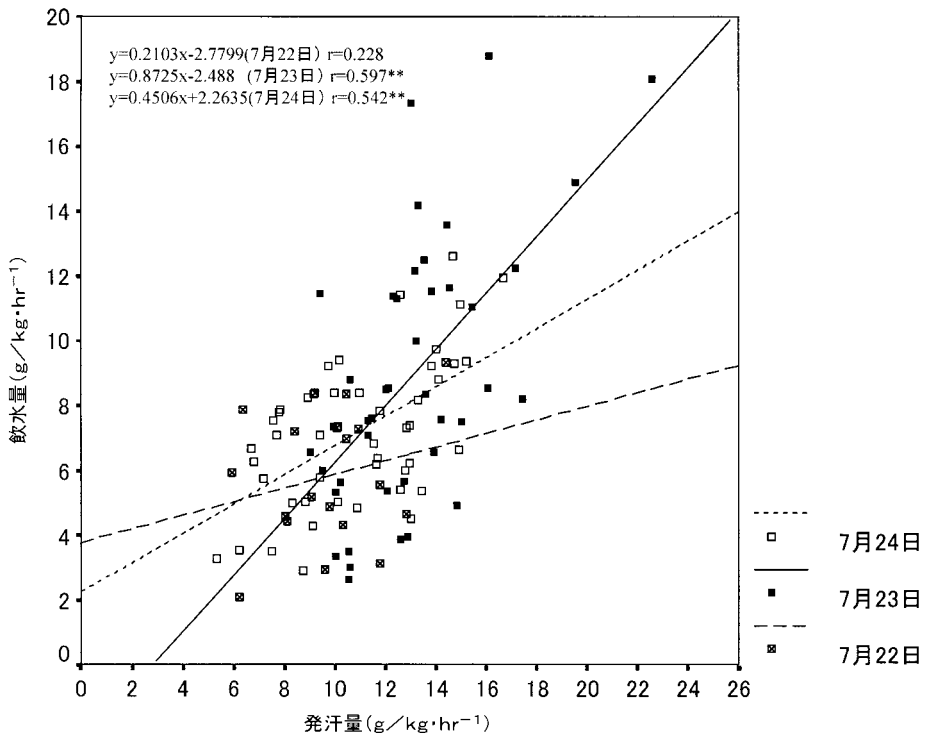


図5 野球練習時の発汗量と飲水量との関係
*: $p<0.05$, **: $p<0.01$

日午前)を除くと, $52.3 \pm 20.3\% \sim 80.0 \pm 18.3\%$ 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, 正の有意な相関関係 ($P < 0.0001$) 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 ($r=0.441$) などであった。

脱水による1%の体重減少は, 約0.3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, 血液濃縮や口渇感の増大のほか, 精神身体機能の低下をきたすことが報告されている。このため, 日本体育協会の熱中症予防ガイドブック^{4), 5)}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。本調査では計7回の練習時における脱水率の平均値は, 最大 $1.22 \pm 0.53\%$ 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, 2.2%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⁷⁾。本調査の水分補給率は, 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^{13), 16), 17)}に比較して低値であった。また, 体重減少量 ($\text{g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$) は中井らの報告によれば, 大学生野球 $2 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$, 大学生アメリカンフットボール $4 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$, 大学生サッカー $3.55 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$, 大学生ハンドボール $6.94 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$, 小学生ミニバスケットボール $0.018 \pm 3.07 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1} \sim 2.02 \pm 3.81 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$ の成績が報告されて

いるが、本調査では、 $2.94 \pm 1.40 \text{g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$ ~ $5.53 \pm 3.27 \text{g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$ の範囲であった。この結果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高値であった。すでに述べたように、今回調査において60%に満たない水分補給率であったことを考慮すると、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、今回調査はスポーツドリンク(ポカリスウェット・パウダーを2倍に希釈した溶液)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の短縮(休憩頻度の増加)により、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 -0.0895 ± 0.408 ~ 0.667 ± 0.320 の範囲であった。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($p < 0.001$)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 $-0.6 \sim 1.4$ 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日の夏季合宿時における被験者25名中15名、同一被験者の練

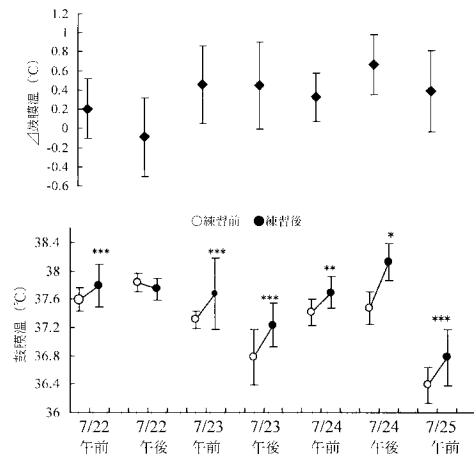


図6 野球練習時の鼓膜温の変動
*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.0001$

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¹⁷⁾、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に比較して5~6も有意に低値であったこと(図1, 表2参照)、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($p < 0.001$)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は先行研究からも明らかであり^{4), 5), 17)}、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に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

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

夏季の野球練習時の環境温度, 発汗量, 飲水量, 脱水率, 体温上昇度および心拍反応からみた生体負担度について

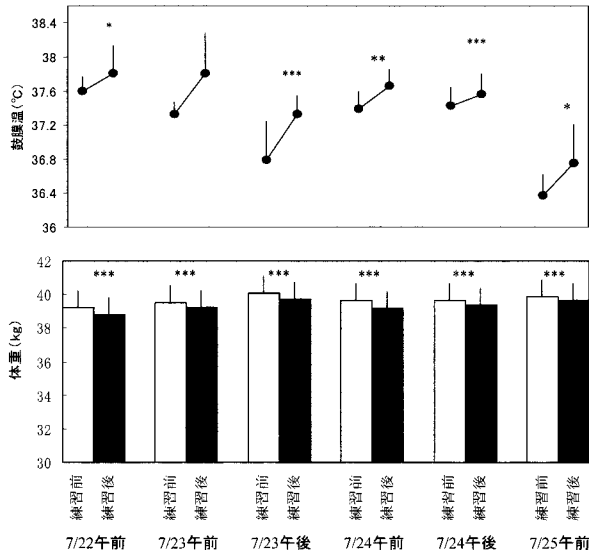


図7 野球練習時の体重と鼓膜温の変動
 (男子15名の平均値と標準偏差、 のみ飲水なし、他は自由飲水)
 *:p<0.05, **:p<0.0001

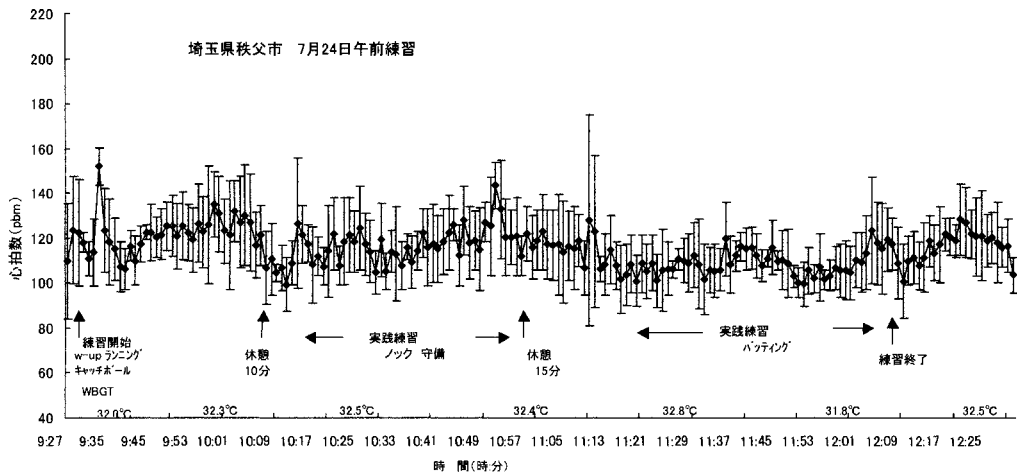


図8 野球練習時における心拍数の経時的変化

して用いられることが多いが^{22),26)}, 図8は5名の練習時の心拍反応について示した。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。また, 練習開始から終了までの平均心拍数は115.25 ± 5.70拍/分

であった。

図9は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。その平均値の範囲は104.23 ± 14.45拍/分 ~ 126.06 ± 19.70拍/分と個人差があることが示唆された。

練習時における脱水率と平均心拍数との関

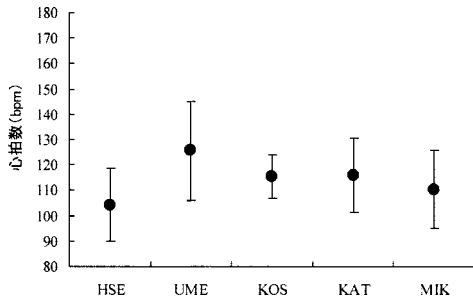


図9 野球練習時における平均心拍数

係を検討したが、有意な相関は認められなかった。しかしながら、全被験者を対象にそれとの関係を検討したところ、有意 ($p < 0.001$) 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、体温および心拍数の上昇を抑制できると考えられる。

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. 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 以上であった。特に、乾球温度は我が国における最高値 40.8 を凌ぐ、41.8 を観測し、WBGT の平均値は 32 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 $5.53 \pm 3.27 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$ ~ $13.22 \pm 3.36 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$ の範囲、飲水量のそれは $0.00 \pm 0.00 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$ ~ $10.22 \pm 3.18 \text{ g/kg} \cdot \text{hr}^{-1}$ の範囲であった。平均脱水率

の最大値は $1.22 \pm 0.53\%$ で、脱水率が 2% を超えた者は、延べ人数に対する割合で見ると、2.2% であった。

3. 練習前後の鼓膜温の上昇度の平均値は -0.0895 ± 0.408 ~ 0.667 ± 0.32 の範囲であった。

4. 練習時における 5 名の平均心拍数は約 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。また、練習開始から終了までの平均心拍数は 115.25 ± 5.70 拍/分であった。

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。

謝辞

本報告の発汗量, 飲水量, 体温測定などは東京都豊島区千早スポーツ少年団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。

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 10 年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No.

- 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, 1999 .
- 2) 梶原洋子, 小野伸一郎, 山本正彦, 五十嵐桂一, 大畑好美: 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. 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, 穂田みずほ: 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 - 平成11年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. 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, 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. 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) 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. 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 - W B G Tを指標として - , 平成3年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. 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. 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 - , 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. 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. 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. 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. 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. 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10年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. 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, 1999.
- 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. 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 -, 平成3年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. 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りうるか?, 平成5年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. 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 -, 平成10年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告, No. 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, 1999.
- 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. 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, 1997.
- 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, 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. 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: 理科年表 (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