
高温環境下におけるバスケットボール授業時の体重減少と 心拍数の変動について

村松成司 長村昌彦 斉藤初恵

千葉大学教育学部

Studies on the interrelationship between body weight loss and heart rate during the basketball exercise under high temperature environment

Shigeji MURAMATSU, Masahiko OSAMURA and Hatsue SAITO

Faculty of Education, Chiba University

Abstract

The present study was undertaken to investigate the effect of a basketball lesson under high temperature environment on the interrelationship between the body weight loss and the fluctuation of heart rate. The Ninety-five male students who selected basketball as the regular course of physical education were used as the subjects. The temperature during this experiment was 31.2 °C, on average.

The results obtained in this study were as follows,

- 1) The average body weight loss induced by a series of exercise was 0.75 ± 0.27 kg ($1.16 \pm 0.44\%$), with the significant differences ($p < 0.05$). The number of students who reduced 500g of body weight was the most, and then it was observed comparatively more from 700 g to 1 kg of body weight loss. The maximal loss was 1.4 kg and the minimum was 0.2 kg. The number of students who reduced 1.4% of body weight was the most, and then continued as the order of 0.7%, 0.8%, 1.5% and 1.6%. The maximal loss was 2.3% and the minimal loss was 0.3%.
- 2) The heart rate at rest (before starting) was 76.07 ± 10.52 beats/min. A significant difference of heart rate was not observed between after warming-up and after each game. The largest heart rate was 180 beats/min.
- 3) The heart rate immediately after the 1st squat thrust exercise (ST1) was 121.55 ± 16.79 beats/min, with significant difference ($p < 0.05$) compared with heart rate at rest. After the second squat thrust exercise (ST2), heart rate increased to be 148.71 ± 15.58 beats/min, which was higher than that after ST1 with significant difference ($p < 0.05$). Relative increments of heart rate compared with that at rest increased to be $161.90 \pm 27.07\%$ after ST1 and $199.10 \pm 33.61\%$ after ST2, with significant differences ($p < 0.05$).
- 4) The correlation coefficient was 0.4871 between body weight loss (%) and the ratio of heart rate increment after STD compared with that at rest, with significance ($p < 0.001$).

はじめに

高温環境下での運動ではおびただしい発汗を伴うために体水分が不足し、脱水症状をもたらすことが多い。その時に適切な水分補給等の措置が講じられない場合は体温が上昇し、熱中症が引き起こされる¹⁷⁾。その症状、程度により、熱失神、熱疲労、熱痙攣、熱射病などがあるが、これらは、時には死に至ることもあることから特に注意が必要とされている

8, 9)。また、熱中症に至らないまでも、軽度の脱水時には円滑な代謝活動が妨げられ、疲労感の増加、集中力の低下、怪我の発生などを誘発するなどの多くの危険因子を含んでいることは否定できない。特に、自己の能力を最大限に発揮することを要求されるトップアスリートにおいては無視することの出来ない問題である。日本オリンピック協会(JOC)では専門の指導者を国際競技選手にあて、水分補給、

栄養対策等の指導が十分なされるような体制をとっている。日本体育協会は競技活動時の水分補給に関するテキストなども配布するなどして、高温環境下の競技対策に細心の注意を払っている^{8,9)}。先のアトランタオリンピックではかなり高温環境になることが予想されたことから、多くの競技団体が高温対策に奔走したことは記憶に新しいことである¹⁾。

学校体育の現場でも夏季期間中のスポーツ活動時にはかなりの発汗を伴うことが観察されている。特に、屋外で直射日光を浴びながら競技する種目や通気の悪い体育館などで競技する種目においては脱水症状をもたらすことも十分に考えられる。これまでも炎天下におけるスポーツ活動による事故も数多く報告されている¹³⁾。さらに、大学の学生は日常生活が不規則であることが指摘されており、様々な体調の学生が体育に参加してきている。つまり、普段の運動不足に加え、不規則な食生活、夜更かしによる睡眠不足の学生も少なくない。身体活動を伴う体育授業においては危険防止のために普段から注意を払うことが必要であるが、とくに、高温環境下でスポーツ活動を行う場合には、熱中症に対する配慮も必要になってくる。

そこで今回、高温環境下におけるバスケットボール活動が正課体育履修学生（特に一年生を対象）の発汗および心拍数の変動にどのような影響をもたらすかを検討することにした。

実験方法

対象は、男子大学生で、正課体育としてバスケットボールを選択した学生95名である。平均年齢は18.29±0.58歳、平均体重は65.30±9.92kgであった。彼らの多くは、中学、高校時代、バスケットボール部に所属しており、バスケットボールにおける技術、動きはかなり習熟しており、ウォーミングアップ時あるいはゲームにおいても積極的に行動していた。

図1に、今回の測定の手順を示した。まず、運動開始前の体重を測定した。体重は上半身のみ裸となり測定した。数分間安静にした後、長座の姿勢で1分間脈拍数を測定をした。脈拍数は橈骨動脈に対し第2指・第3指を垂直にあて測定した。その後直ちにスクワットスラスト（Squat thrust：以下STと略す）¹⁰⁾を2秒に1回のペースで1分間行わせた（以後ST1と略す）。終了後直ちに長座の姿勢をとらせ、心拍数を20秒間計測し、それを3倍して1分間の心拍数とした。

続いて、ウォーミングアップとして準備体操、ランニング、ドリブルシュート、ツーマン・スリーメンのパスおよびシュート練習を行った。今回行ったウォーミングアップ運動の内容はバスケットボールの授業では一般的に用いられるものである。終了後直ちに長座の姿勢をとらせ、心拍数を20秒間計測し、それを3倍して1分間の心拍数とした。その後、10分間のゲームを、間に2分の休みを入れ、3回行わせた。したがってゲーム時間は合わせて30分間である。各ゲームの終了時にはいずれも終了の合図と同時にその場で長座の姿勢をとらせ、心拍数を20秒間計測し、それを3倍して1分間の心拍数とした。

第3ゲーム終了後の心拍数測定を終えた後、5分間の休息を取り、2回目のSTを行わせた。方法は1回目と同様である。そして、最後に授業終了後の体重の計測を行った。

授業1コマの受講人数は約40名であった。その内20名は被験者として参加し、他の学生は被験者に張り付き、被験者の様子を観察すると同時に心拍数等の測定にあたった。次回は被験者と検者は交代するよ

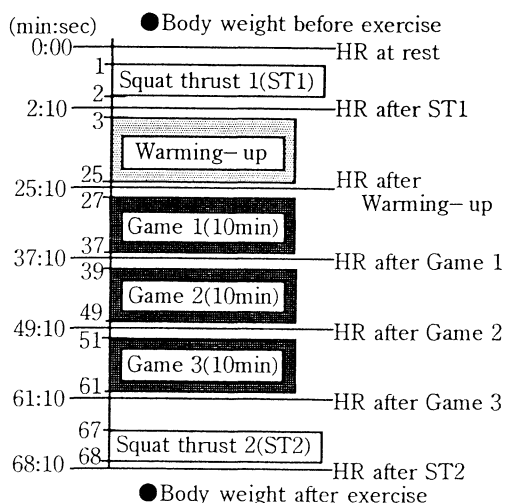


Fig.1. Time schedule of experiment.

うにした。環境温度は予想通りかなりの高温になった。平均温度は31.2°Cであった。なお、本測定に利用した体育館構造的に風通しがよく、温度が高いわりには蒸し暑く感じることはなく、スポーツ活動を行うには快適な環境であるといえる。また、近くに水飲み場もあり、ゲーム終了時に水分を補給することも可能であったが、今回、実験の趣旨を説明し、測定期間中の水分摂取はできる限り抑えるように指示した。

結 果

バスケットボール授業における体重減少量を図2 a (体重減少量, kg) および図2 b (実験開始時の体重に対する相対減少量, %) に示した。絶対減少量では500 g の減少がもっとも多く、700 g から1 kg の減少を示すものも多く見られた。最大は1.4 kg であり、最小は0.2 kg であった。相対減少量では1.4% がもっとも多く、0.7% から0.8%、1.1% そして1.5%、1.6% も比較的多くみられた。最大は2.3% であり、最小は0.3% であった。

95名全体の体重減少量を図3 a (体重減少量, kg) および図3 b (実験開始時の体重に対する相対減少量, %) に示した。絶対減少量は 0.75 ± 0.27 kg であり、有意であった ($p < 0.05$)。相対減少量は 1.16 ± 0.44 % であり、有意であった ($p < 0.05$)。

あり、有意であった ($p < 0.05$)。

心拍数の変動を図4に示した。安静時は、 76.07 ± 10.52 拍/分であったが、所定のウォーミングアップ後では 128 ± 16.58 拍/分まで増加した。各ゲーム終了時は、第1試合後 135.08 ± 18.51 拍/分、第2試合後 138.75 ± 17.90 拍/分、第3試合後 137.06 ± 18.44 拍/分となり、ゲーム終了時はウォーミングアップ後よりもわずかに高い値を示したが、ウォーミングアップおよび各試合後の心拍数間には有意な差はみられなかった。各試合時で最も高かった心拍数は3試合とも180拍/分であった。最も低かった心拍数は、第1ゲーム後80拍/分、第2ゲーム後90拍/分、第

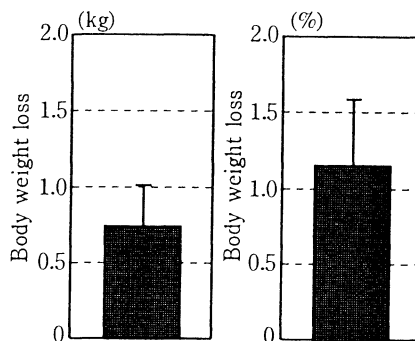


Fig.3. Loss of body weight between before and after basketball exercise under a hot condition. Data was presented as mean $\pm$ SD for 95 University students.

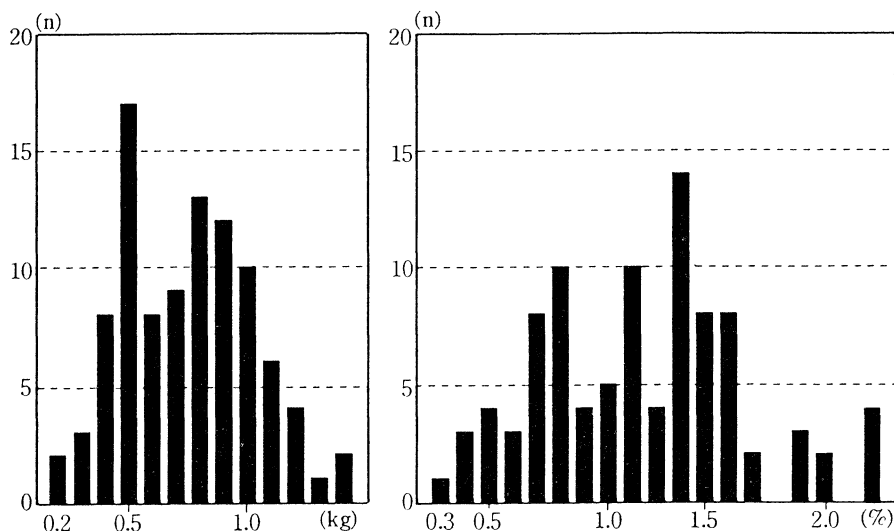


Fig.2. Numbers of students in each level of body weight loss induced by basketball exercise under a hot environmental condition.

3ゲーム後92拍/分であった。

バスケットボール運動前後に行ったST時の心拍数の変化を図5 a(絶対変化量)および図5 b(安静時心

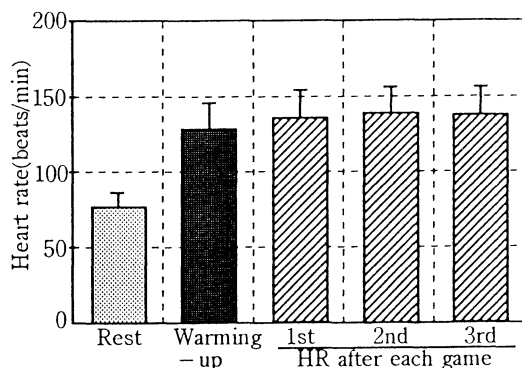


Fig.4. Changes of heart rate at rest, after warming-up, and after each game. Data was presented as mean $\pm$ standard deviation (n=95).

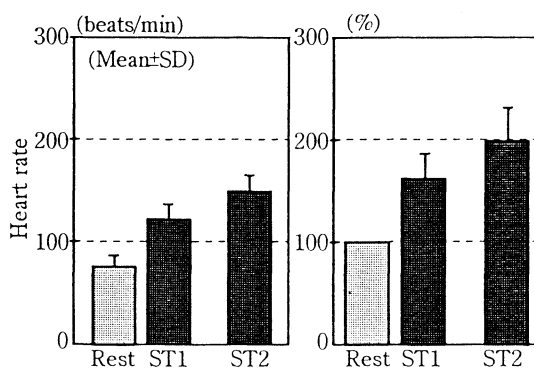


Fig.5. Changes of heart rate at rest, after ST1 and ST2. The rate of changes in the right figure were presented compared with it at rest.

(ST1; 1st Squat thrust, ST2; 2nd Squat thrust)

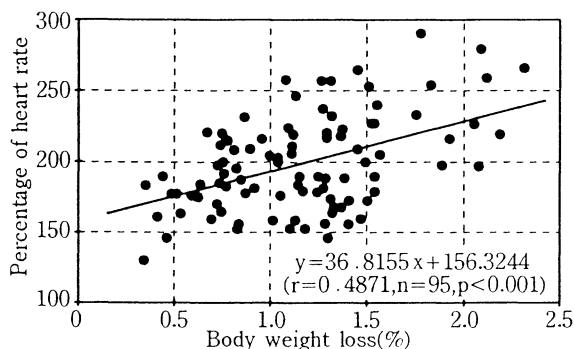


Fig.6. Relationship between body weight loss(%) induced by basketball exercise and changes of heart rate after 2nd Squat thrust compared with rest condition before exercise.

拍数を100とした場合の相対変化量)に示した。運動前のST終了時の心拍数(ST1)は 121.55 ± 16.79 拍/分であり、安静時と比較して有意に高い値であった($p < 0.05$)。運動後のST終了時の心拍数(ST2)は 148.71 ± 15.58 拍/分であり、ST1よりも有意に増加した($p < 0.05$)。相対変化量では安静時100に対してST1は $161.90 \pm 27.07\%$ 、ST2は $199.10 \pm 33.61\%$ であり、いずれの間にも有意な差が見られた($p < 0.05$)。

今回のバスケットボールゲームによる体重減少量(相対減少量)と安静時心拍数に対するST2の相対変化量との相関関係を図6に示した。体重減少量(相対減少量)とST2の相対変化量との間に $r = 0.4871$ と有意な相関関係が観察された($n = 95, p < 0.001$)。

考 察

高温環境下でのスポーツ活動による体重減少はそのほとんどが身体水分の損失を意味している。したがって、身体の脱水状態の程度を示す一つの指標と考えられる。また、身体からの水分の損失は細胞内および細胞外水分の総損失量と考えられるが、極度の脱水状態でない場合には、その損失の多くは細胞外液、つまり、血液および細胞間質に含まれる水分の損失である。この場合、循環血液中の血漿量の減少がもたらされ、心拍出量および一回拍出量が低下する^{2,6,16)}。その結果、全身への血液循環量を維持するために心拍数を増加させることになる。また、循環血液量が減少すると体表面からの熱放散がうまくいかず、体温が上昇することになる¹⁰⁾。

今回、環境温度が比較的高い割には運動後の体重減少量の最大は1.4kgであった。高温環境下のスポーツ活動によって損失する体重はこれまでの報告では、2kg～3kgのレベルが報告されている。村松らは柔道選手の夏期練習時に窓を閉め切って2時間の練習を行わせたと、3～4kgの体重減少が観察されたと報告している¹²⁾。また、発汗量は、気温、湿度などの環境条件や運動時の消費エネルギー量に依存し、発汗能力も個人差が大きく、また暑熱への馴化度によっても異なるが、これまでも最大1.0～2.0 L/h程度が報告されている¹⁵⁾。今回それほどの発汗量(体重減少量)が観察されなかった理由として、

比較的環境のよい体育館で試合を行ったこと、また水分摂取は制限を指示したものの完全には禁止できなかったこと、ゲームにおいて専門的に追い込むという強度ではなかったこと、同じゲームをしているとはいえ、学生によりかなり運動量あるいは運動強度が異なることなどが影響したものと思われる。また、今回使用した体育館が通気性がよく、高温環境下のスポーツ活動に対しても比較的恵まれた構造であったことが影響したことも考えられる。

しかしながら、バスケットボール運動前後のST運動時の心拍数をみると、運動後で有意な増加がみられ、また、体重減少量とST2時の心拍数の増加割合には有意な相関関係が認められた。このことは、正課体育のバスケットボール授業においても、高温環境下での運動時は少なからず体重減少つまり発汗量が多たされ⁷⁾、循環器系の機能に影響を与えていることを示していると考えられる。また、トップにある競技選手のトレーニングと比べて正課体育では運動強度は弱く、また時間が短いことから生体に及ぼす負荷量としては軽度と考えられるが、逆に、日常的に体力を鍛える習慣が少ないことから、今回のような軽度の発汗時においても対象によっては熱中症等、重大な危機をもたらすことが十分考えられる。加えて、近年の大学生の生活の不規則化も高温環境下のスポーツ活動時の脱水症状および熱中症発現の重大な誘因となっていると思われる。つまり、生活時間の乱れ、寝不足および寝不足からくる集中力の欠如、アンバランスな食事内容や不規則な食事摂取などが重なることにより日常生活における基本的な体調を崩し、その結果、高温環境下におけるスポーツ活動時における熱中症あるいはそれに伴う傷害等を引き起こしやすい条件下におかれることが予想される。

また、森本は¹¹⁾、水を飲むことによって発汗量が増えるという人は、すでに脱水状態に陥っていることを指摘している。つまり、運動時に汗をかかずに水を飲むことによって初めて汗が出てくることは生体がすでに脱水症状にあることを意味するとしている。したがって、高温環境下での運動時にたとえおびただしい発汗を伴わなくても脱水症状をおこし、

熱中症に陥いる可能性があることも考えておかななくてはならない。

熱中症対策としてはこれまでも多く報告されている。基本的には水分を摂取することにより、体内の血液量および浸透圧を一定に保ち^{11, 14)}、筋肉で産出された体熱を十分放散し、体温の調節を効果的に図り、疲労困憊から免れる。また、体重の2~3%の脱水をした場合には、水だけの補給では体液のバランスは回復せず、0.45%の食塩水にほぼ同量のグルコースを加えたもののがもっとも速く血液量を元に戻すこと³⁾、さらに冷たい水(5~15℃)は飲みやすく、身体を内部から冷やすことが可能なことから有効であるであると報告されている^{4, 5)}。

いずれにしても、正課体育においては学生の健康状態がはっきりつかめず、また日毎に体調が変化することが多いことから、常に学生のプレー中の諸変化に気を配ることが必要であるが、特に高温環境下での活動時には脱水および熱中症対策に一層の配慮が必要となると思われる¹⁸⁾。スポーツ活動時の生理学的な基礎研究は多く行われてきているが、現場における研究報告は今後ますます積み重ねていかねばならないと考える。

まとめ

大学の正課授業としてバスケットボールを選択した学生を対象に体重及び心拍数の変動に及ぼす高温環境下でのスポーツ活動の影響について測定を行った。男子大学生で、正課体育としてバスケットボールを選択した学生95名である。平均年齢は18.29±0.58歳、平均体重は65.30±9.92kgであった。運動開始前の体重、心拍数を測定した後、プロトコールに従い、心拍数を測定した。また、運動前後にSTを行い、その直後の心拍数も測定した。実験時の気温は31.2℃であった。

結果は以下の通りである。

1) 一連の運動による体重減少量は、絶対量では500gがもっとも多く、700gから1kgもかなり見られた。最大は1.4kgであり、最小は0.2kgであった。相対減少率は1.4%がもっとも多く、0.7%から0.8%、1.1%そして1.5%、1.6%も比較的多くみられた。最大

は2.3%であり、最小は0.3%であった。95名全体の体重減少量に平均値は絶対量では $0.75 \pm 0.27\text{kg}$ 、相対割合では $1.16 \pm 0.44\%$ であり、いずれも有意であった($p < 0.05$)。

2) 安静時心拍数は 76.07 ± 10.52 拍/分であったが、ウォーミングアップにより 128 ± 16.58 拍/分、第1試合後は 135.08 ± 18.51 拍/分、第2試合後は 138.75 ± 17.90 拍/分、第3試合後は 137.06 ± 18.44 拍/分と増加した。ウォーミングアップと各試合後の心拍数の間には有意な差はみられなかった。各試合後で最も高かった心拍数は180拍/分であった。

3) 授業開始時のST運動(ST1)後の心拍数は 121.55 ± 16.79 拍/分であり、安静時と比べ有意に増加した($p < 0.05$)。授業終了時のST運動後の心拍数は 148.71 ± 15.58 拍/分であり、ST1と比較して有意に増加した。相対割合では、安静時100に対して、ST1後は $161.90 \pm 27.07\%$ 、ST2後は $199.10 \pm 33.61\%$ となり、いずれも有意であった($p < 0.05$)。

4) 体重減少量と安静時心拍数に対するST2の相対割合との相関関係は0.4871であり、有意であった($n=95$, $p < 0.001$)。

参考文献

- 1) 青山晴子ほか：国際柔道強化選手への栄養サポートについて。柔道科学研究、3,41-46(1995)
- 2) Fortney, S. M. et.al. :Effects of plasma volume on forearm venous and cardiac stroke volume during exercise. J. Appl. Physiol., 55, 884-890(1983)
- 3) Foster.C. et.al : Effect of pre exercise feedings on endurance performance. Med.Sci.Sports Exerc.,11, 1-5(1979)
- 4) Fox.E.L. et al : The physiological basis of physical Education and Athletic. 4th.ed.Wm.C.Brown. USA (1989)
- 5) Gisolfi.V.C and Duchman.S.M.:Guideline for optimal replacement beverages for different athletic events. Med. Sci. Sports Exerc.,24,679-687(1992)
- 6) Hamilton,M.C. et.al.:Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. J.Appl.Physiol., 71,871-977(1991)
- 7) 花輪啓一：室内スポーツ活動時の飲水量・発汗量・体重減少量の男女の実態。体力科学、45(6),763(1996)
- 8) 川原貴ほか：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック。株式会社ニッポン・インターナショナル・エージェンシー、4-40(1996)
- 9) 目崎登、村松成司、高橋邦郎ほか：柔道競技における水分補給—競技力向上と水分摂取—。株式会社ニッポン・インターナショナル・エージェンシー、21-32(1997)
- 10) Montain,S. and Coyle,E.F. :The influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. J.Appl.Physiol., 73,1340-1350(1979)
- 11) 森本武利：指導者のためのスポーツジャーナル。広研印刷株式会社、199,6-7(1997)
- 12) 村松成司ほか：高温環境下での練習による体水分の脱落と血液性状の変動について。武道学研究、21(2),101-102(1988)
- 13) 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。日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、7,34-47(1992)
- 14) 丹羽健市ほか：スポーツ活動時の環境温度と飲水量・発汗量に関する実態調査。体力科学、44(6),737(1995)
- 15) 能勢博、鷹股亮：運動時の体温調節、臨床スポーツ医学、14(7),721-727(1997)
- 16) Rowell, L. B. :Human circulation regulation during physical stress,8(43),175-212,Oxford Univ. Press, New York(1986)
- 17) 坂本静男：月刊トレーニング・ジャーナル。大日本印刷株式会社 202,20-21(1996)
- 18) 佐藤靖文ほか：運動時の飲水が発汗反応及び体温冷却効果に及ぼす影響。体力科学、45(6),757(1996)
- 19) 渋川侃二ほか：体育学実験・演習概説。大修館書店、191(1979)

(平成10年3月25日受付)