

夏期における体育授業時の生体負担度

Physical load during P.E. class in summer

石崎聡之、石原啓次*

Satoshi ISHIZAKI and Keiji ISHIHARA

緒言

夏期のスポーツ活動は、高温環境下で行われるため、体力的な消耗が激しく、生体への負担が非常に高い¹⁸⁾。特に近年では、熱中症による死亡例も報告されていることから^{8, 24)}、夏期スポーツに対する関心が高まっている。

高温環境下でのスポーツ活動を安全で効果的に実施するためには、体温の上昇を抑え、発汗により失われた水分の補給を適切に行うことが重要である^{2, 8, 11, 12, 14)}。特に、ジュニア期では体温調節機能が十分発達していないため¹³⁾、活動者ばかりでなく、指導者のより一層の注意が必要であるとされている⁹⁾。

これまで、暑熱環境下におけるスポーツ活動が生体へ及ぼす影響に関する報告は試合中^{5, 7, 19, 21)}およびトレーニング中^{4, 20, 22)}で多く示されてきた。しかし、学校の教育現場である体育実技授業が生体に及ぼす影響についての報告は見当たらず、実態が明らかになっていない。

そこで本研究では、本学学生を対象に高温環境における体育授業が生体に及ぼす影響について実態調査を行うものである。

方法

1. 対象

被験者は、本学の第3学年に所属する学生11名であった。彼らの身体特性は、年齢 18.2 ± 0.4 歳、身長 170.9 ± 5.1 cm、体重 59.02 ± 4.13 kgであった。なお、授業教材はサッカーであり、被験者は全員が同じチーム(team1)に所属していた。

2. 測定の日時

測定は平成13年7月1日の3・4時間目に行われた。なお、その時間に相当する時刻は、午前10時30分から午後0時20分であった。

3. 測定項目

(1) 環境温度

乾球温度(Natural Dry-Bulb Temperature、NDB)、湿球温度(Natural Wet-Bulb Temperature、NWB)および黒球温度(Globe Temperature、GT)はWBGT計(WBGT-101、京都電子工業社製)を用いて測定した。そして、各測定値から総合温熱指数としてWBGT(Wet-Bulb Globe Temperature)を次式より算出した。

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

なお、WBGT計はグラウンド上に設置され、15分毎に測定した。

(2) 心拍数

心拍数は、携帯型心拍記録装置(ACCUREX Plus: POLAR社製)を用いて連続的に記録した。なお、測定間隔は5秒間隔とした。

(3) 歩数

授業中の歩数は、デジタル万歩計(DIGI-WALKER MINI、YAMASA社製)を用いて記録した。万歩計はjogモードに設定した。

(4) 体温上昇度

耳内温は赤外線体温計(0.1℃精度、テルモ社製)を用いて測定した。測定は授業前の安静時、授業中(2ゲーム目終了直後)および授業終了直後に行われ、それぞれ安静値との差により求めた。

(5) 水分摂取量

授業中の水分摂取量は、各被験者専用ボトルの重さを自動秤(1g精度、TANITA社製)で計測

して求めた。そして、その合計を体育授業中の総水分摂取量とした。摂取水分の内容は水のみとした。また、1回毎の水分摂取量および飲水間隔は総水分摂取量および水分摂取回数から算出した。なお、飲水は自由飲水であった。

(6) 水分補給率

トレーニング中に飲水した総水分摂取量の発汗量に対する割合として算出した。

$$\text{水分補給率 (\%)} = \{ \text{総水分摂取量} \div \text{発汗量} \} \times 100$$

(7) 体重減少率

授業前後にポリエステル製のパンツのみを着用した状態で、デジタル精密体重計 (UC-300、50g 精度、A&D 社製) を用いて測定した。

$$\text{体重減少率 (\%)} = \{ (\text{授業前体重} - \text{後体重}) \div \text{授業前体重} \} \times 100$$

4. 統計処理

本文および図表に示された測定値は、全て平均 ± 標準偏差 (Mean ± SD) で示した。体重減少率と水分補給率の関係については、Pearson の積率相関係数を用いた。有意水準は危険率 5 % 未満とした。

結果および考察

1. WBGT の変化

授業時の平均 WBGT は $27.4 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ ($26.0 \sim 28.9^{\circ}\text{C}$) であった (Fig.1)。WBGT の変化をみて

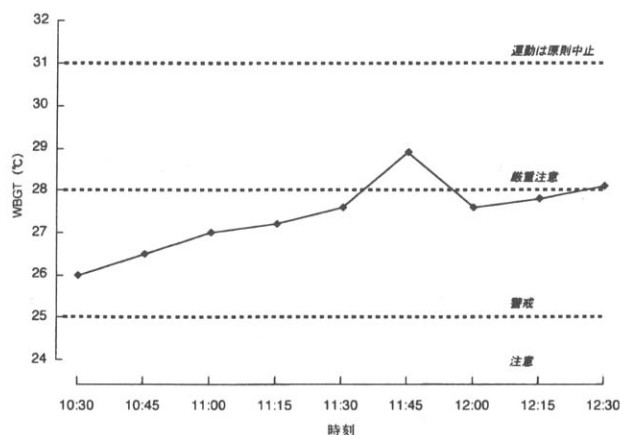


Fig.1 授業時の WBGT の経時的変化

みると、授業開始直後から徐々に上昇し、正午前に最も高い値 (28.9°C) を示していた。

熱中症予防のための運動指針²⁴⁾によれば、WBGT $25 \sim 28^{\circ}\text{C}$ は「警戒」であり、 $28 \sim 31^{\circ}\text{C}$ は「厳重注意」に属している。毎年 8 月に行われる高校総体においても同様の WBGT が記録されており¹⁰⁾、今回の体育授業が 7 月上旬にも関わらず真夏のような暑熱環境下で行われていたことが推察される。

2. 授業時の心拍数および歩数

授業中の心拍数変動を Fig.2 に示した。被験者全員の平均心拍数は 135.5 ± 22.7 拍/分であった。この値は運動中以外の休憩等も含んでいるため、低い心拍数になったことが考えられる。しかし、15 分間のゲーム中のみの心拍数に注目してみると、180 拍/分以上を記録しており、非常に高い運動強度であることが示された。また、授業全体の平均心拍数の個人差についてみると $104 \sim 155$ 拍/分とばらつきの大きいことが明らかになった。

一方、授業中の歩数は 6921.7 ± 1118.9 歩 ($5232 \sim 9278$ 歩) であった。歩数についても心拍数同様、個人差が大きかった。

心拍数および歩数について個人差が大きかった一つの要因として、調査日の厳しい環境条件が挙げられる。安松ら²³⁾は、暑熱環境下における耐暑性能力の差が運動パフォーマンスの差を生むとしており、暑さに強いまたは弱いことが運動量に影響しているものと推測される。さらに、授業の教材は技術、体力およびチームワークが総合的に必要とされるサッカー種目³⁾であったために、歩数および心拍数に影響していたものと推測される。今後は、高温環境下において、技術および体力レベルの差異が運動量に及ぼす影響について検討を加える必要がある。

3. 体温上昇度の変化

体温上昇度の変化を Fig.3 に示した。授業前の安静時と比べて 2 ゲーム目終了後で $0.94 \pm 0.59^{\circ}\text{C}$ と 1°C 近い上昇がみられた。また、授業終了後は約 15 分の休憩後にも関わらず安静値より $0.35 \pm 0.38^{\circ}\text{C}$ 高値を示していた。体内の水分が損失すると、体温が上昇し、熱障害を引き起こすことが報

夏期における体育授業時の生体負担度

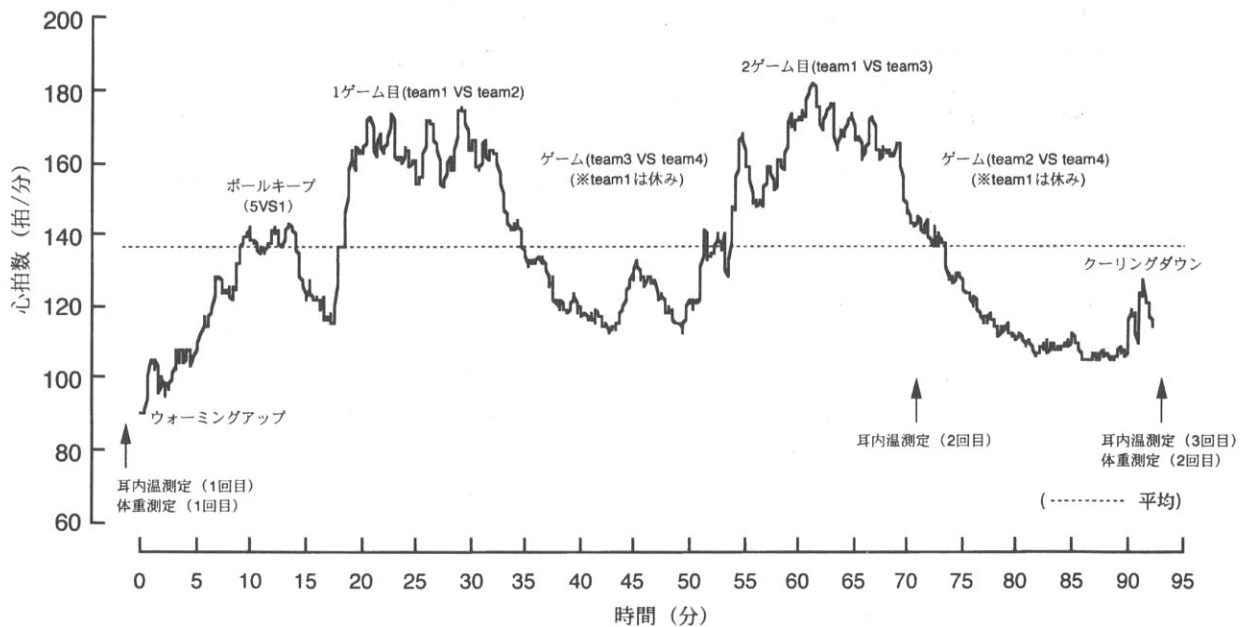


Fig. 2 体育授業時の心拍数変動 (team 1)

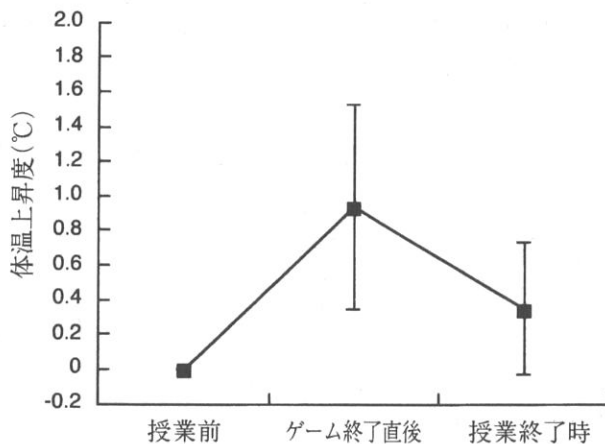


Fig. 3 体温上昇度の変化

告されている²⁴⁾。このことから、飲水がゲーム直後の冷却対策あるいは熱中症を防ぐ有効な手段になるのではないかと考えられた。また、中井ら¹⁸⁾によれば、衣服条件により明らかな違いがみられると報告している。今回の調査では、着衣について言及していないが、そのような影響についても考慮する必要がある。

4. 水分摂取量、飲水回数、飲水間隔および水分補給率

各被験者の水分摂取量、飲水回数、飲水間隔および水分補給率について Table1 に示した。総水分摂取量は $471.5 \pm 304.3 \text{ ml}$ 、1 時間当たりの水分摂取量は $257.6 \pm 166.3 \text{ ml/時}$ であった。また、総飲水回数は 2.4 ± 0.5 回、1 時間当たりの摂取回数は 1.3 ± 0.3 回/時であった。飲水間隔は 48.3 ± 8.8 分/回であった。

「サッカーの暑さ対策ガイドブック」²⁵⁾によると、夏期にサッカーを行う際の水分摂取量として、運動前にまず 500 ml 程度、運動中には $15 \sim 20$ 分毎に、 200 ml 程度が望ましいとされている。本調査における摂取量は、推奨の量と比較して非常に少なく、摂取間隔についても非常に長いものであった。したがって、生体への負担が大きかったことが考えられる。

また、水分補給率は $42.8 \pm 23.8\%$ であった。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、水分補給率が $50 \sim 70\%$ 程度であることが報告されている^{15, 16)} が、これらと比較すると低いことが明らかになった。被験者の中には水分補給率が 13.6% と極端に低い例もみられ、熱中症の危険性が高かったことが予測される。

暑熱環境下のサッカーのゲームにおいて試合中に意図的に水分摂取を行うことは、運動能力に影響を及ぼす大幅な体重の減少や体温の上昇を抑え

Table 1. 被験者の水分摂取量、摂取回数、飲水間隔、水分補給率および体重減少率

被験者	水分摂取量		摂取回数		飲水間隔	水分補給率	体重減少率
	総摂取量 (ml)	摂取量/時 (ml)	総回数 (回)	回/時 (回)		(%)	(%)
A	160	87.4	2	1.1	54.9	16.7	1.3
B	110	60.1	2	1.1	54.9	13.6	1.1
C	701	383.1	3	1.6	36.6	66.7	0.6
D	268	146.4	2	1.1	54.9	29.2	1.1
E	500	273.2	2	1.1	54.9	71.4	0.3
F	562	307.1	3	1.6	36.6	44.5	1.4
G	273	149.2	2	1.1	54.9	24.3	1.4
H	501	273.8	2	1.1	54.9	37.1	1.4
I	1100	601.1	3	1.6	36.6	75.9	0.6
J	152	83.1	2	1.1	54.9	16.9	1.2
K	859	469.4	3	1.6	36.6	74.1	0.5
mean	471.5	257.6	2.4	1.3	48.2	42.8	1.0
SD	304.3	166.3	0.5	0.3	8.8	23.8	0.4

る効果があることが示されている⁷⁾。したがって、指導者が授業前に水分摂取を促し、また、授業中においても適度なタイミングによる水分摂取の機会を意図的に作ることで熱中症予防ができると考えられる。

6. 体重減少率と水分補給率との関係

体重減少率は $1.0 \pm 0.4\%$ (0.3~1.4%)であった (Table1)。また、Fig.4 に体重減少率と水分補給

率との関係を示した。両者間には有意な負の相関が観察された ($r=-0.82$, $P<0.01$)。

体重減少率が3%を越えると体温調節機能や運動能力が低下するため、スポーツ活動時には体重の2%以内に抑えることが必要であるとされている⁸⁾。また、サッカーのゲームにおいて、前半で体重の1.4%の脱水が認められた選手は、後半の運動能力が15%低下することが報告されている¹⁾。今回の調査では、体重減少率が3%を越えるような被験者はみられず、2%以内に抑えられていた。しかしながら、丹羽ら²⁰⁾ はバレーボール練習時にほぼ30分間隔で水分補給をした被験者の水分補給率は91.1%であり、体重減少率も0.4%以内に抑えることができたことを報告している。今回の被験者の飲水量および飲水時間の間隔をみると、飲水量・飲水間隔とも推奨量の基準²⁵⁾ に満たされていないことが明らかになっている。したがって、より積極的な水分補給をすることで生体負担度を抑えることができると考えられる。

まとめ

- 1) 高温環境下での体育授業が生体に及ぼす影響について実態調査を行った。
- 2) 本学学生を被験者として用い、授業時の環境温度 (WBGT)、心拍数、歩数、体温上昇度、水分摂取量、水分補給率、体重減少率 を測定した。

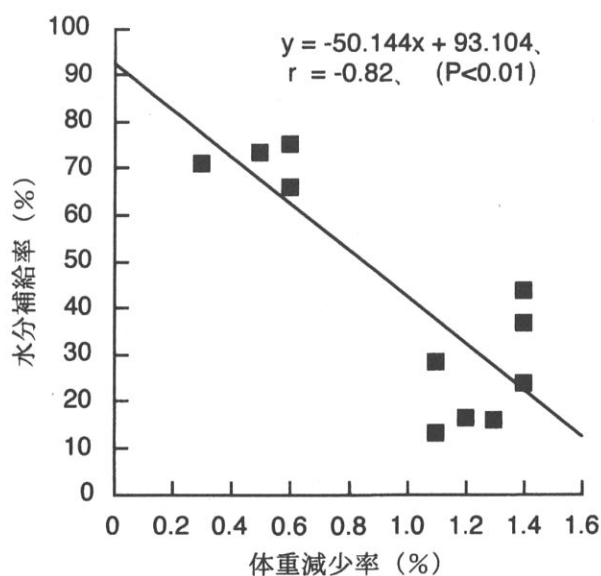


Fig. 4 体重減少率と水分補給率の関係

夏期における体育授業時の生体負担度

3) 授業時の WBGT は 26.0~28.9℃であった。

WBGT は熱中症ガイドブックの警戒および嚴重注意に属しており、非常に厳しい環境下で授業が行われていた。

4) 心拍数及び歩数は個人差が大きく、暑熱環境下における耐暑性能力の差が影響しているものと推測された。

5) 体温上昇度の変化は、授業前の安静時と比べて2ゲーム目終了後で1℃近い上昇がみられた。また、授業終了後は約15分の休息後にも関わらず約0.35℃の体温上昇度が観察された。

6) 水分摂取量、飲水回数および飲水間隔は、いずれも基準を下回っており、熱中症発生の危険性が高かったことが予測される。

7) 体重減少率と水分補給率との間には有意な負の相関関係が認められた。したがって、より積極的な水分補給を行うことで生体負担度を抑えることができると考えられる。

引用文献

- 1) Bangsbo, J.; Fintness Training In Football - a Scientific Approach, HO+Storm, Denmark, pp.321-329, 1994
- 2) Candas, V., et al.,; Hydration exercise : Effects on thermal and cardiovascular adjustment. Eur.J.Appl. Physiol., 55 : 113-122, 1986
- 3) 藤井正訓 他; サッカー、初版、一橋出版: 東京、pp.4-5, 1998
- 4) 石崎聡之 他、ユース年代における夏期トレーニング時の生体負担度、サッカー医・科学研究、21 : 48-51, 2001
- 5) 磯川正教 他; 暑熱環境下で開催された全国大会における生体負担度の実態調査-全日本少年サッカー大会について-、平成8年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告 No.Ⅱ種目別競技力向上に関する研究-第20報- : 235-239, 1997
- 6) 磯川正教 他; 暑熱環境下のサッカーの試合における水分摂取効果、体力科学、47 : 878, 1998
- 7) 磯川正教 他; サッカーの試合における環境温度と体温、発汗量の関係、サッカー医・科学研究、19 : 112-116, 1999
- 8) 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
- 9) 小松 裕 他; 夏の大会のあり方、考え方について (種目別実践別)、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、3 : 134-148, 2000
- 10) 丸山剛生 他; 平成9年度各種大会の環境温度 (WBGT)、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、1 : 75-79, 1998
- 11) 森本武利 他; 発汗時の水分塩分摂取と体液組成の変化、日本生気象学会雑誌、18 : 31-39, 1981
- 12) 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予防に関する研究-第3報- : 6-12, 1994
- 13) 森 悟 他; 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、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、1 : 39-44, 2001
- 14) Nadal, E.R., et al.,; Effect of hydration state on circulatory and thermal regulation. J.Appl. Physiol., 49 : 715-721, 1980
- 15) 中井誠一 他; 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
- 16) 中井誠一 他; 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, 1994
- 17) 中井誠一、下村雅昭; 運動時熱中症の疫学的検討、H9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- : 29-38, 1997
- 18) 中井誠一 他; 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, 2000
- 19) 沼澤秀雄 他; 中学年代の全国大会における飲水が生体に与える影響、サッカー医・科学研究、18 : 143-146, 1998

- 20) 丹羽健市 他；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、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、1：17-21、2001
- 21) 戸荻晴彦 他；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、2：63-73、1999
- 22) 戸荻晴彦 他；サッカー少年団の実態、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、1：22-26、2001
- 23) 安松幹展 他；長時間の間欠的運動時の体温上昇度の個人差とパフォーマンスの関係、小野スポーツ科学、7：89-101、1999
- 24) 財団法人日本体育協会；夏のトレーニング・ガイドブック、財団法人日本体育協会 pp.1-52、2000
- 25) 財団法人日本サッカー協会；サッカーの暑さ対策ガイドブック、財団法人日本サッカー協会 pp.1-44、1997

「受理年月日 2001 年 9 月 28 日」