

研究ノート

障害者バドミントン選手の夏季練習時における発汗量・脱水率の実態調査

伊藤 僚

日本福祉大学 全学教育センター

Survey of Sweat Loss and Dehydration Ratio during Training in Handicapped Badminton Player in Summer Season

Ryo ITO

Inter-departmental Education Center, Nihon Fukushi University

Keywords : 障害者バドミントン, 発汗量, 脱水率, 飲水量

Abstract

Introduction: Humans sweat as a response to regulate body temperature, but only a few studies on the amount of both the variation in sweat rate and water consumption during badminton exercise have been conducted.

Purpose: The purpose of this study was to survey changes in amount of water consumed, sweat rate and dehydration rate by handicapped badminton player during practice.

Methods: The subjects were 24 competitive Asia-Olympic- or Japanese national level handicapped badminton player (18 males and 6 females) . Amount of water consumed, sweat rate, dehydration rate and WBGT were measured during exercise.

Results: Mean amount of water consumed were 0.86 ± 0.21 kg, 1.13 ± 0.50 kg and 0.51 ± 0.19 kg (upper limb disorder class, lower limb disorder class and wheelchair class respectively) . Mean sweat rate were 7.30 ± 2.18 g/kg/hr, 8.57 ± 3.21 g/kg/hr and 5.99 ± 2.64 g/kg/hr (upper limb disorder class, lower limb disorder class and wheelchair class respectively) . Mean dehydration rate were 2.49 ± 0.67 %, 2.57 ± 0.96 % and 1.80 ± 0.79 %.

Discussion and conclusion: During summer, the athletes had nearly the same sweat rate during water exercise as land exercise, but consumed somewhat less water. The sweat rate was shown to be significantly higher in May than in August ($P < 0.05$), suggesting that the amount of sweat produced during water exercise is affected by the intensity of the regimen. It may be necessary to modify both the training environment and regimen and to encourage water consumption during aquatic exercise as actively as during land exercise.

1. 緒言

暑熱環境下での運動時には体温調節反応としての発汗により脱水が生じる。その際の水分補給は熱中症予防のためだけでなく、運動パフォーマンスの低下を防ぐためにも重要である^{1), 2)}。運動時の発汗量、飲水量、脱水率について、これまで多くの報告がされてきた¹⁾⁻¹³⁾。中井ら^{14), 15)}、丹羽ら¹²⁾は大学生を対象に実際の部活動練習時の飲水量、発汗量の実態調査を行った結果、これらのいずれの報告においても運動中には発汗量に見合った飲水が行われていないことを報告している。また、バドミントン練習時の飲水量や発汗量についてはいくつか報告されているが^{16), 17)}、障害者バドミントン競技についての報告は筆者の知る限りない。ヒトの体温調節反応は体表の皮膚血管拡張によって放熱量を増加させるが、暑熱環境下では皮膚血管活動のみで核心温の均衡が維持出来なくなると、さらに発汗によって蒸散性熱放散を促進させる。そのため、四肢欠損や頸椎損傷者は上述のような体温調節反応が健常者と比較して効率的に行われていないと考えられている^{18), 19)}。

そこで本調査の目的は障害者バドミントン選手における実際の夏季練習時の発汗量、飲水量、脱水率を求めると共に、練習時の気温、湿度、WBGTを記録した基礎的なデータを得ることとした。

2. 方法

2.1 調査対象

対象者はアジアパラリンピック日本代表および候補選手の合計24名(立位上肢クラス7名:SU,立位下肢クラス10名:SL,車椅子クラス7名:WH)であった。

2.2 練習内容

調査はT大学の体育館にて行った。練習は14:00からスタートし、練習内容はウォーミングアップ 体力強化トレーニング サーブ練習、ストローク練習 クーリングダウンの合計180分間の練習であった。

2.3 調査項目と調査方法

調査項目は気温、湿球黒球温度(以下WBGT^{注1)})、飲水量、発汗量、脱水率、尿量とした。

2.3.1 環境温度の測定

気温とWBGTの測定はWBGT-101(KYOTO ELECTRONICS社製)を体育館の床から1.0~1.2mの

高さに設置して行った。WBGT、気温は10分毎に測定した。WBGT値は、 $WBGT=0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$ で求めた。

2.3.2 飲水量の測定

飲水量の調査は選手ごとのボトル(500ml)を用いて給水を実施し、そのボトルの重量をHL-4000(A&D社製、精度1g)を用いて測定した。飲水量は単位時間、体重1kgあたり(g/kg/hr)で示した。飲料水は市販のスポーツドリンクを用いた。飲料水は練習中、氷を入れたクーラーボックスの中に入れて保存した。

2.3.3 発汗量の測定

発汗量は次式から算出した。

発汗量(kg) = (練習前体重 - 練習後体重) + 飲水量 - 尿量

さらに単位時間、体重1kgあたりの発汗量(g/kg/hr)を求めた。

練習前体重は、排尿を済ませた後に全裸状態で測定した。練習後体重の測定は排尿後、ドライヤーで完全に頭髪を乾かした後に、身体に付いた水分をタオルで完全に拭き取り実施した。体重測定はUC321(A&D社製、精度50g)を用いて行った。尚、WHの体重測定に関しては体重計の上にスノコを設置し、その上に車イスに乗った状態でを行い、後にスノコと車イスの重量を引いた値を算出した。

脱水率

脱水率は次式から算出した。

脱水率(%) = 発汗量/練習前体重 × 100

尿量

尿量は練習終了後に排尿前体重と排尿後体重を測定し算出した。また、練習中に排尿を行った選手は、その際にも排尿前後で体重を測定し、尿量を算出した。

尿量(kg) = 排尿前体重 - 排尿後体重

3. 結果

気温・WBGT

調査当日の気温、WBGT、湿度の値をFig.1およびFig.2に示した。練習中の平均気温は27.6℃、WBGTは25.6℃、湿度は73.0%であった。

飲水量

SU, SL, WHの飲水量はそれぞれ、 $0.86 \pm 0.21\text{kg}$ 、 $1.13 \pm 0.50\text{kg}$ 、 $0.51 \pm 0.19\text{kg}$ であった(Table1)。

発汗率

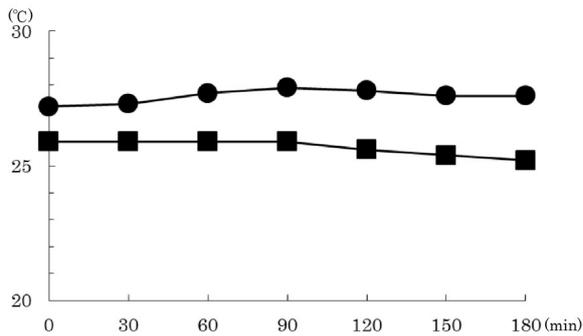


Fig.1 The average environment temperature and WBGT during exercise.

— Environment temperature — WBGT

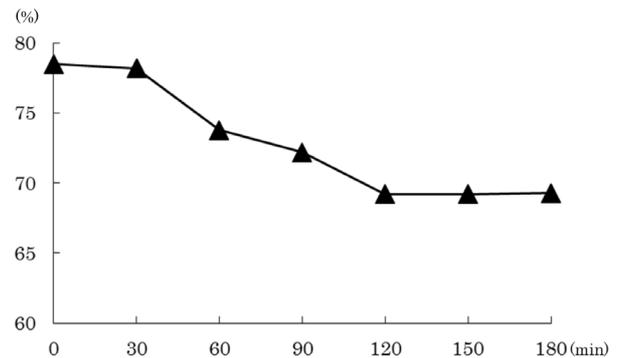


Fig. 2 The average humidity during exercise.

— Humidity

Table 1. Sweat volume, sweat rate, dehydration rate, fluid intake and urine volume during exercise.

	発汗量 (kg)	発汗率 (g/kg/hr)	脱水率 (%)	飲水量 (kg)	尿量 (kg)
SU	1.42 ± 0.52	7.30 ± 2.18	2.49 ± 0.67	0.86 ± 0.21	0.23 ± 0.24
SL	1.62 ± 0.50	8.57 ± 3.21	2.57 ± 0.96	1.13 ± 0.50	0.31 ± 0.26
WH	1.15 ± 0.57	5.99 ± 2.64	1.80 ± 0.79	0.51 ± 0.19	1.75 ± 0.89

SU, SL, WH の発汗率はそれぞれ 7.30 ± 2.18 g/kg/hr, 8.57 ± 3.21 g/kg/hr, 5.99 ± 2.64 g/kg/hr であった (Table1).

脱水率

SU, SL, WH の発汗率はそれぞれ $2.49 \pm 0.67\%$, $2.57 \pm 0.96\%$, $1.80 \pm 0.79\%$ (Table1) であった。

尿量

SU, SL, WH の尿量はそれぞれ, 0.23 ± 0.24 kg, 0.31 ± 0.26 kg, 1.75 ± 0.89 kg であった。

4. 考察

ヒトは運動中、筋収縮によって産熱量の増加が生じる。そのため体内温度を一定に保つための生理的反応として、発汗量と皮膚血流量が増加し、熱放散が亢進する。多量の発汗による血液量の減少は体温調節反応や運動能力の低下を引き起こし、特に暑熱環境下では高体温を誘発、暑熱障害の発生をまねくことが報告されている²⁰⁾。実際、2%を超える脱水率は持続的運動能の低下の原因となることが報告されている。しかしながら実際に競技練習時の発汗量、飲水量、脱水率を検討した報告は未だに少なく、なかでも障害者スポーツ種目における報告は筆者の知る限りない。丹羽ら¹²⁾は大学生バレーボール部の練習

中の発汗率は5月、8月でそれぞれ 9.8 ± 1.5 g/kg/hr, 12.1 ± 1.0 g/kg/hr であったと報告している。また中井ら²¹⁾は大学生アメリカンフットボールプレイヤーの夏季練習時の発汗量を測定した結果、 11.35 ± 1.35 g/kg/hr であったことを報告している。これらの報告と比較すると、本調査のWHの発汗率は低く、SU, SLに関しては、ほぼ同程度か、やや少ない値であった。その原因として、障害者パドミントンの競技規則として、WHのプレイエリアはSU, SLと比較して狭いこと、更にWHは運動が上半身に限られることから運動強度が低くなり、それに伴い体温上昇が抑えられた結果、発汗率も低値であったと考えられる。また、本調査実施日は夏季としては比較的涼しい日であったことから、WH, SL, SUの発汗量については再度、調査を行う必要がある。

本調査のSU, SL, WHの脱水率はそれぞれ $2.49 \pm 0.67\%$, $2.57 \pm 0.96\%$, $1.80 \pm 0.79\%$ であった。日本体育協会の「熱中症予防のための運動指針」²²⁾では熱中症予防のための目安として「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。また1%以上の脱水は約0.3の直腸温の上昇や5~10拍/分の心拍数の増加をきたし、2%以上の脱水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¹³⁾。

また、高温環境下における運動時の水分補給についてはMoroffら²⁾やLondereeら⁵⁾が運動前や運動中の水分補給は直腸温の上昇を抑制することを報告している。さらに高温環境下における運動時の水分補給の有用性は明らかになっており、水分補給量についてのガイドラインも示されている²⁾。しかしながら、中井ら¹⁵⁾は実際の部

活動(野球, ハンドボール, サッカー, アメリカンフットボール)の練習時では, 発汗によって失った体水分量と同量の水分は補給されていないことを実態調査から報告している。本調査においてもSU, SLの脱水率は2%を超えていることから, 練習中に十分な水分補給がされておらず, そのため練習中の運動パフォーマンスが脱水によって低下していることが予想される。バドミントンの練習時は, 転倒などのリスクを考慮し, 飲料水を練習者の傍らに常に置くことが難しい。その為, 飲水の機会が十分に有るとは言えず, 多くの選手が2%を超える脱水率を示したと考えられる。また, 調査時, 屋外の天候はくもり空であったため, 平均気温は27.6, WBGTは25.6で, 夏季の練習としては比較的, 暑熱ストレスは低い環境であったと考えられる。実際「WBGTの運動に関する指針」ではWBGT値25.6は「警戒」の域に留まっている。そのため, さらに気温や湿度が上昇した際には, 練習メニューに飲水時間や休憩時間を積極的に取り入れることが推奨される。

5. まとめ

本調査は障害者バドミントン選手における夏季練習時の発汗量, 脱水率について実態調査を行った。その結果, WHを除いたSU, SLは持久的運動能力の低下が始まると言われている, 体重の2%を超える脱水があることが明らかとなった。発汗量はこれまでの報告と比較するとWHが低く, またSU, SLに関しては同等かやや低い値を示したが, 本調査日は夏季としては比較的涼しい気候であったため, さらに条件を精査し, 引き続き調査を重ねる必要がある。

6. 参考文献

- 1) Morimoto, T. (1990): Thermoregulation and body fluids: Role of blood volume and central venous pressure. *Jpn. J. Physiol.*, 40: 165-179.
- 2) Moroff, S. V. and Buss, D.E. (1965): Effects of overhydration on man's physical responses to work in the heat. *J. Appl. Physiol.*, 20: 267-270.
- 3) Greenleaf, J.E. and Castel, B.L. (1971): Exercise temperature regulation in man during hypohydration and hyperhydration. *J. Appl. Physiol.*, 30: 847-853.
- 4) Labell, W. S. S. (1955): The effects of water and salt intake upon the performance of men working in hot and humid environments. *J. Physiol.*, 127: 11-46.
- 5) Londeree, B. R., Updyke, W. F. and Burt, J. J. (1965): Water replacement schedules in heat stress. *Res Quart.*,

40: 725-732.

- 6) Maughan, R. J. and Noakes, T. D. (1991): Fluid replacement and exercise stress. *Sports Medicine.*, 12: 16-31.
- 7) Millard-Stafford, M. (1992): Fluid replacement during exercise in the heat-review and recommendations. *Sports Medicine.*, 13: 223-233.
- 8) 森本武利 (1987): 水分摂取と水分バランス. *臨床スポーツ医学*, 4: 1097-1103.
- 9) Nadel, E. R., Forty, S. M. and Wenger, C. B. (1980): Effect of hydration state on circulatory and thermal regulation. *J. Appl. Physiol.*, 49: 715-721.
- 10) 中井誠一, 朝山正巳, 平田耕造, 花輪啓一, 丹羽健一, 井川正治, 平下政美, 菅原正志 (1992): 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. *日本体育協会スポーツ医・科学研究報告*, NO. : 48-81.
- 11) 中井誠一, 朝山正巳, 平田耕造, 花輪啓一, 丹羽健一, 井川正治, 平下政美, 菅原正志 (1993) 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. *日本体育協会スポーツ医・科学研究報告*, NO. : 20-32.
- 12) 丹羽健一, 中井誠一, 朝山正巳, 平田耕造, 花輪啓一, 井川正治, 平下政美, 菅原正志, 伊藤静夫 (1996): 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.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 大盛一伸, 奥本正, 江橋博 (2005): 暑熱環境下での大学バドミントン部の練習中における水分摂取の実態. *総合人間科学*, 5: 51-59.
- 17) 橋本佳明, 渡辺信子, 二村梓 (2007): スポーツ中の発汗量と塩分喪失量: 真夏のバドミントン練習での検討. *日本臨床検査医学会誌*, 55: 1015-1018.
- 18) Veltmeijer MT, Pluim B, Thijssen DH, Hopman MT, Eijssvogels TM. (2014): Thermoregulatory responses in wheelchair tennis players: a pilot study. *Spinal Cord*. 52: 373-377.
- 19) Castle PC, Kularatne BP, Brewer J, Mauger AR, Austen RA Tuttle JA, Sculthorpe N, Mackenzie RW, Maxwell NS, Webborn AD. (2013): Partial heat acclimation of athletes with spinal cord lesion.
- 20) 中井誠一, 芳田哲也, 森本武利 (1992): 環境温度と運動時熱中症事故発生との関係. *体力科学*, 41:540-547.
- 21) 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.
- 22) 日本体育協会: 熱中症予防のための運動指針. <http://www.japan-sports.or.jp/medicine/guidebook1-2.html>

気温 (参考)	WBGT T 温度	熱中症予防運動指針	
35℃ 以上	31℃ 以上	運動は原則中止	WBGT31℃以上では、特別の場合以外は運動を中止する。 特に子どもの場合は中止すべき。
31～ 35℃	28～ 31℃	厳重警戒 (激しい運動は中止)	WBGT28℃以上では、熱中症の危険性が高いので、激しい運動や持久走など体温が上昇しやすい運動は避ける。 運動する場合には、頻繁に休息をとり水分・塩分の補給を行う。 体力の低い人、暑さになれていない人は運動中止。
28～ 31℃	25～ 28℃	警戒 (積極的に休息)	WBGT25℃以上では、熱中症の危険が増すので、積極的に休息をとり適宜、水分・塩分を補給する。 激しい運動では、30分おきくらいに休息をとる。
24～ 28℃	21～ 25℃	注意 (積極的に水分補給)	WBGT21℃以上では、熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。 熱中症の兆候に注意するとともに、運動の合間に積極的に水分・塩分を補給する。
24℃ 未満	21℃ 未満	ほぼ安全 (適宜水分補給)	WBGT21℃未満では、通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水分・塩分の補給は必要である。 市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意。

(公益財団法人日本体育協会)

注1) WBGTとは労働環境や運動環境の指針として気温、湿度、輻射熱の三つを取り入れた温度指標であり、熱中症の危険度を判断する数値として環境省や日本体育協会に取り入れられている。