

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

大 森 一 伸

東亜大学 総合人間・文化学部 スポーツ学研究室
E-mail: ohmori@toua-u.ac.jp

奥 本 正

東亜大学 総合人間・文化学部 健康科学研究室
E-mail: okumoto@toua-u.ac.jp

江 橋 博

東亜大学 総合人間・文化学部 健康科学研究室
E-mail: eba@toua-u.ac.jp

I. 目的

スポーツ活動に伴う非外傷性の死亡事故は、突然死と熱中症のなかの熱射病が主な原因である(川原 1992)。突然死についてはその原因は明らかになりつつあるものの、実際のスポーツ活動において突然死を予防するのは簡単ではない(舩田 1997)。それに対して、暑熱環境下でのスポーツ活動時に発生しやすい熱中症は予防可能であり、大量の発汗により損失した水分を補給することで、体温の上昇を抑え熱中症を防ぐことが古くより明らかにされている。

競技力向上を目指すスポーツ選手は、厳しい暑さのなかでも練習や試合を行わなければならない。その際には大量の発汗を伴う(中井 1993a、1994a)。スポーツ活動時における発汗量が体重の2~3%に達すると、運動パフォーマンスが有意に低下することが多くの研究によって報告されている(長澤 2002)。従って、スポーツ選手は熱中症の予防だけではなく、脱水による運動パフォーマンスの低下を回避するためにも水分を摂取しなければならない。

わが国では学校管理下における熱中症死亡事

故が1970年代から80年代にかけて急増し、そのほとんどがスポーツ活動中に発生したことが明らかになった(川原 1992、1993)。このとき日本ではスポーツ活動中の熱中症予防のための具体的指針が示されていない。このため、日本体育協会ではスポーツ科学専門委員会を設置し3年間(1992年~1994年)にわたり「スポーツ活動における熱中症事故予防に関する研究」を行い、熱中症予防の指針を作成した(川原 1994a、1994b)。現在ではテレビ、新聞、雑誌等においても熱中症予防の普及活動が実施されており、スポーツ活動に従事する者のみならず一般市民においても、暑熱環境下でスポーツ活動を行うさいの水分摂取の重要性は周知されているとよいであろう。

川原(1998)および中井ら(1998)の報告によると、日本体育協会の熱中症予防対策は一定の成果は認められるものの、1991~1996年の間に学校管理下において熱中症死亡事故が27例発生している。また、暑熱環境下でのスポーツ現場における発汗量と水分摂取量の実態を調査した報告でも、十分に水分が摂取されていないことが指摘されている(朝山 1998、中井 1993a、1993b、1994a、1999)。このことから、

暑熱環境下でスポーツ活動を行うさいの水分摂取の重要性は認識されているものの、実際のスポーツ現場では飲水行動が伴っていないことが考えられる。

東亜大学総合人間・文化学科の学生は、スポーツ生理学、スポーツ栄養学、スポーツ医科学概論などスポーツ科学の講義のなかで熱中症の発生原因や予防法について専門的な知識を学んでいる。そのような学生が暑熱環境下でスポーツ活動を行う際には、適切な水分摂取がなされていることが期待されるが実態は明らかではない。本学のスポーツ科学教育およびスポーツの競技力向上を促進するうえで、本学体育部のスポーツ活動時の発汗量と水分摂取量の実態を調査することは意義深いと思われる。

そこで本研究では、本学バドミントン部の練習中における発汗量と水分摂取量の実態を調査することを目的とした。

II. 方法

1. 対象チームおよび対象者

対象としたのは年間を通して専門的にトレーニングを行っている東亜大学バドミントン部であった。東亜大学バドミントン部は中国・四国大学バドミントン大会での優勝や、全国大学バドミントン大会への出場経験を有する選手が所属しており比較的競技レベルの高いクラブであった。対象者の数は各調査ともそれぞれ10名であった。各調査での対象者の身体的特徴を表1に示した。

表1. 対象者の身体的特徴

	夏 季		秋 季
	2003年7月	2004年8月	2004年10月
人 数	10	10	10
年 齢 (歳)	20.4±1.1	20.3±0.8	20.7±0.8
身 長 (cm)	169.0±4.4	170.6±3.5	171.7±3.7
体 重 (kg)	63.2±5.9	66.2±5.1	67.0±5.7

(平均値±標準偏差)

2. 調査手順と測定項目

調査は3回実施した。そのうち2回は夏季の2003年7月、2004年8月であり、他の1回は秋季の2004年10月に実施した。調査は練習中に対象者の発汗量、自由摂取する水分量、体重および鼓膜温を測定するものであった。調査日の練習はダブルスとシングルスの基本技術の練習、試合形式の練習ならびに体力トレーニングを含んだ総合的な内容であった。

対象者は各自のペットボトルに用意された500ccの水を練習中に自由に摂取し、水分摂取量は水を摂取した後の残量をメスシリンダーにて計測して求めた。水の温度は統一しなかったが冷蔵庫にて冷やしたものを使用した。

練習開始の15分前、練習開始後30分毎ならびに、練習終了10分後に体重と鼓膜温を測定した。体重の測定には体内脂肪計 (TANITA BODY FAT ANALYZER TBF-410) を用い、速やかに測定できるようにシューズを履いたままで半裸体になり、タオルでできる限り汗を拭いた状態で測定した。鼓膜温の測定には鼓膜温測定器 (テルモ耳式体温計 M30 EM-30 CPLB) を用いた。

発汗量は、 $\text{発汗量} = \text{練習前の体重} - (\text{練習後の体重} - \text{水分摂取量})$ の式を用いて算出した。また、体重の減少率は、 $\text{体重減少率} = \text{体重減少分} / \text{練習前の体重} \times 100$ から求めた。発汗量に対する水分摂取量の割合 ($= \text{水分摂取量} / \text{発汗量} \times 100$) を水分摂取割合とした。

バドミントンは個人競技であるために個人の実力にランキングをつけやすい。そこで対象者以外のバドミントン選手に、各調査における10名の選手の実力にランキングをつけ、上位5名を高レベルおよび下位5名を低レベルとし、発汗量と水分摂取量をレベル間で比較した。

乾球温度と湿球温度を体育館の中央にて練習前より30分毎に記録し、湿度は乾球温度と湿球温度より相対湿度を算出した。いずれの調査時期においても練習は約2時間に及んだために、

30分毎の値を平均して練習時の環境温度とした。

3. 統計処理

得られたデータは平均値と標準偏差で表した。平均の差の検定には一元配置の分散分析を用い有意水準は5%以下とした。

III. 結果

1. 体育館の気温と湿度

表2には各調査日の乾球温度と湿度を示した。2003年7月の乾球温度は $28.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ で湿度は $85.4 \pm 3.9\%$ であった。2004年8月の乾球気温は $34.0 \pm 0.8^\circ\text{C}$ と高い値を示したが、湿度は $61.8 \pm 5.8\%$ でさほど高くはなかった。一方、2004年10月の秋季の乾球気温は $19.3 \pm 0.6^\circ\text{C}$ と夏季と比べると大きく低下した。また、湿度は $60.7 \pm 4.0\%$ で2004年8月と同様の値であった。

表2. 体育館の気温と湿度

	夏 季		秋 季
	2003年7月	2004年8月	2004年10月
気温 ($^\circ\text{C}$)	28.5 ± 0.5	34.0 ± 0.7	19.3 ± 0.6
湿度 (%)	85.4 ± 3.9	62.5 ± 5.8	60.7 ± 4.0

(平均値 \pm 標準偏差)

2. 水分摂取量と発汗量

練習中の水分摂取量と発汗量の10名の平均値を図1に示した。各時期で発汗量と水分摂取量を比べると、夏季の2003年7月における水分摂取量は $1216.0 \pm 568.0\text{ml}$ であり、発汗量の $2667.0 \pm 807.7\text{ml}$ より有意に少なかった ($P < 0.05$)。一方、同じ夏季でも2004年8月の水分摂取量の $1336.5 \pm 277.80\text{ml}$ と、発汗量の $1706.5 \pm 623.9\text{ml}$ に統計的な差はなかった。秋季の2004年10月における水分摂取量の $595.0 \pm 236.0\text{ml}$ は、発汗量の $1735.0 \pm 297.3\text{ml}$ より有意に少なかった ($P < 0.05$)。

3つの調査日における発汗量を比べると、2003年7月の発汗量は、他の2回よりも有意に高かった ($P < 0.05$)。同様に、水分摂取量

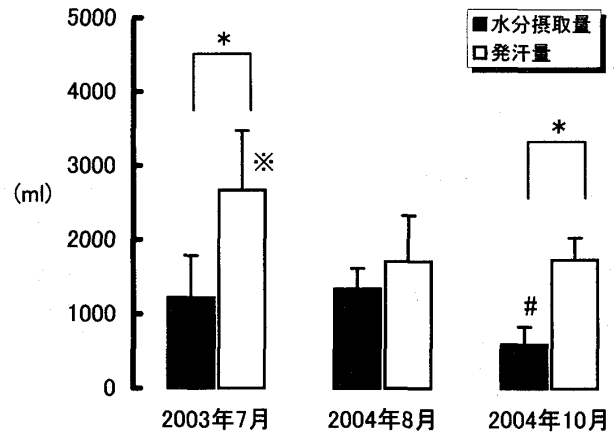


図1. 練習中の水分摂取量と発汗量

*は発汗量と水分摂取量との間に有意な差があることを示す ($P < 0.05$)。

#は水分摂取量において2003年7月と2004年8月より有意に少ないことを示す ($P < 0.05$)。

※は発汗量において2004年8月と2004年10月より有意に高いことを示す ($P < 0.05$)。

では秋季の2004年10月の値は夏季の2回よりも有意に少なかった ($P < 0.05$)。

3. 体重の変化と水分摂取割合

練習中における体重は、2003年7月では練習前に比べて練習後には $1.45 \pm 0.5\text{kg}$ まで有意に低下した ($P < 0.05$)。一方、2004年8月の体重減少量は $0.4 \pm 0.7\text{kg}$ とほとんど低下しなかった。2004年10月の秋季では練習後には $1.1 \pm 0.4\text{kg}$ まで有意に低下した ($P < 0.05$)。

図2には各調査日における体重減少率と水分摂取割合の10名の平均値を示した。体重減少率では、2003年7月の $2.27 \pm 0.6\%$ と2004年10月の $1.72 \pm 0.5\%$ は、2004年8月の $0.55 \pm 1.0\%$ より有意に高い値であった ($P < 0.05$)。また、水分摂取割合は2003年7月で $48.9 \pm 16.2\%$ 、2004年8月で $91.3 \pm 46.1\%$ および2004年10月で $34.8 \pm 14.5\%$ であり、2004年8月では他の2回よりも有意に高い値であった ($P < 0.05$)。

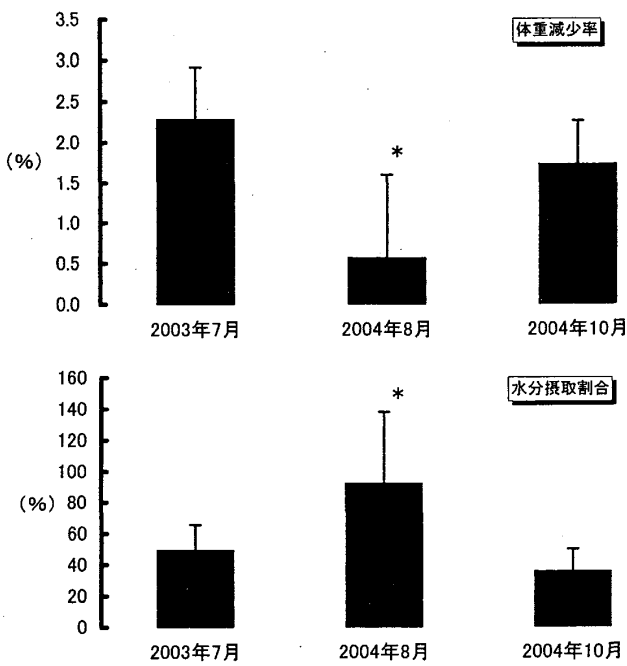


図2. 練習中の体重減少率(上)と水分摂取割合(下)

*は2003年8月と2004年10月と比べて有意に異なることを示す(p<0.05).

4. 鼓膜温の変化と体重減少率との関係

2003年7月における鼓膜温は練習前に比べて、練習後には0.38±0.6℃上昇していた。同様に2004年8月と2004年10月における練習後の鼓膜温はそれぞれ0.08±0.3℃と0.30±0.2℃の増加であり、いずれも有意な上昇ではなかった(図3)。3つの調査日のいずれにおいても鼓膜温の増減がみられ、一定の上昇は示さなかった。また、時期による違いも認められな

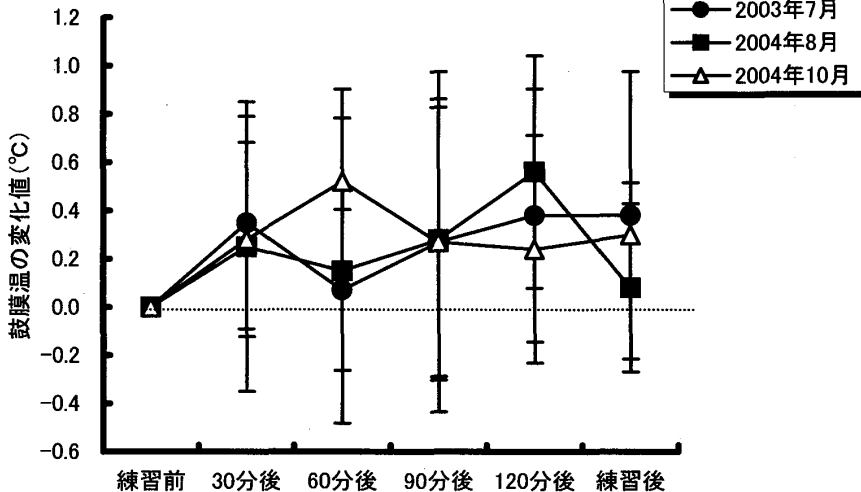


図3. 練習中の鼓膜温の変化

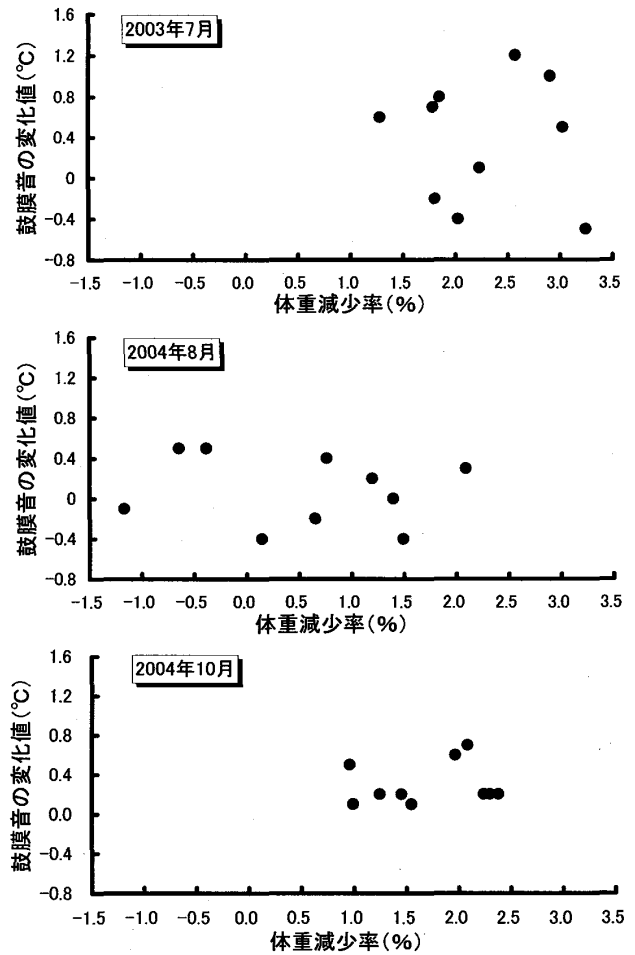


図4. 練習後における鼓膜温の変化と体重の低下率との関係

体重低下率で(-)を示すものは体重が増加したことを示す。

かった。

図4には各調査日における個人の鼓膜温変化と体重減少率の散布図を示した。鼓膜温変化と

体重低下率との間には、いずれも関連性は認められなかった。このとき気温と湿度が最も低かった2004年10月では鼓膜温の変化に個人間のばらつきは少なかったが、湿度が最も高かった2003年7月では、個人間のばらつきが大きくなった。

表3. 競技レベル別にみた発汗量と水分摂取量

		夏季		秋季
		2003年7月	2004年8月	2004年10月
発汗量 (ml)	高レベル	2543.0±646.1	1544.0±654.5	1840.0±327.9
	低レベル	2791.0±1006.0	1869.0±617.6	1630.0±252.5
水分摂取量 (ml)	高レベル	1283.0±534.0	1364.0±307.0	700.0±130.6
	低レベル	1149.0±655.4	1309.0±278.4	490.0±284.2

(平均値±標準偏差)

競技レベルは10名の対象者のうち上位5名を高レベル、下位5名を低レベルとした。

5. 競技レベル別にみた発汗量と水分摂取量

表3には対象者10名を競技力によって高レベル5名と低レベル5名に分類して、発汗量と水分摂取量をそれぞれ示した。高レベルと低レベルの発汗量と水分摂取量はいずれの調査日においても同様の値であった。

IV. 考察

バドミントンは室内競技であるが空気の流れがシャトルに影響しないように閉めきった環境で行われる。従って、高温多湿の環境で練習や試合を行わねばならず、大量の発汗を伴うことから適切な水分摂取を心掛けなければ、パフォーマンスが低下し熱中症が発症しやすい競技といえよう。

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(川原1994a、1994b)、本調査における2003年7月の体育館の乾球温度 $28.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ は、「警戒」の範囲にあり熱中症の危険が増すので、積極的に休憩をとり水分を補給すべきこと、ならびに、激しい運動では30分おきくらいに休憩をとる必要があることが指摘されている。また、2004年8月では乾球温度は $34.0 \pm 0.8^\circ\text{C}$ と「嚴重注意」の範囲内にあり、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、運動する場合には積極的に休憩をとり、水分補給をおこなうことが大切であるとされている。さらに、体力の低いもの、暑さに慣れていない者は運動を中止するべきであるとされている。いずれにしても、本学のバドミントン部は非常に厳しい暑熱

環境下で激しい練習を行っていることが示された。

秋季であった2004年の10月では乾球温度は $19.3 \pm 0.6^\circ\text{C}$ を示し、「ほぼ安全」の範囲であった。通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水分の補給は必要であり、市民

マラソンではこの条件も熱中症が発生するので注意すべきとされている(川原1994a、1994b)。本学バドミントン部においても、夏季に比べると気温は低いものの、2時間以上にわたる激しいトレーニングを行っていることを考えると水分補給を積極的に行うべきであると思われる。

2003年7月では水分摂取量が発汗量に見合っておらず、水分摂取割合は $48.9 \pm 16.2\%$ であった。中井ら(1993b)は、8月における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を調べ、発汗量 $2140 \pm 813\text{ml}$ 、水分摂取量 $1121 \pm 677\text{ml}$ および水分摂取割合は $50.0 \pm 2.2\%$ であったことを報告しており、いずれも本調査の2003年7月の値と同等であった。Mountainら(1992)の実験では、高温環境下における120分間の自転車運動中に、発汗量の $48.2 \pm 1.3\%$ と $80.5 \pm 0.7\%$ に相当する水分を補給すると、深部温、血清浸透圧、血清ナトリウム濃度、心拍数、主観的運動強度の上昇が、水分補給なしと $20.2 \pm 0.9\%$ の補給よりも有意に抑制されたことを報告している。それゆえ、本学バドミントン部では水分を自由摂取することによって、発汗量には見合っていなかったものの、最低限の水分補給は行われていたと考えられる。しかしながら、2003年7月の体重の減少率は $2.27 \pm 0.6\%$ を示した。運動による脱水が体重の2%におよぶと口渇感が強くなり、2~3%を超えると運動パフォーマンスの有意な低下がみられることから(長澤2001)、2003年7月では選手は脱水による運動パフォーマンスの低下を招いていたと考えられ

る。競技力の向上を目指すスポーツ選手やチームはこのような脱水による運動パフォーマンスの低下を抑制して、効率の良いトレーニングを続ける必要がある。従って、本学バドミントン部においてもさらに積極的・意識的に水分を補給し、体重の減少率を抑えて運動パフォーマンスが低下しないように心掛けるべきである。そのためには、日頃から練習中における各自の体重減少量（発汗量）を知り、それに相当した水分を補給することを習慣付けなければならない。

2004年8月では乾球温度は $34.7 \pm 0.7^\circ\text{C}$ と非常に高い値を示していたが、水分摂取割合は $91.3 \pm 46.1\%$ であり水分は十分に補給されていた。このこときの水分摂取量は2003年7月と同等であったが、発汗量が2004年8月では $1706.5 \pm 623.9\text{ml}$ と2003年8月の $2667.0 \pm 807.7\text{ml}$ より有意に少なかった。このために水分摂取割合は高い値を示した。これには湿度が影響していたと考えられる。朝山(1992)は、室温 35°C における $40\% \text{VO}_2\text{max}$ 強度での90分間の自転車運動を、相対湿度75%と85%の条件で行い発汗量を調べた結果、湿度85%条件で発汗量が高くなることを認めている。汗は体表面から気化して熱を奪い熱放散に作用するが、湿度が高いと汗は蒸発されず体表面から滴下する無効発汗量が増大し、熱放散の効率が低下しさらに発汗が促進する(朝山1997)。このように2004年8月では乾球温度は高かったが、相対湿度が2003年7月よりも低かったために、発汗量が少なく水分摂取割合が高くなり、体重減少率も少なかったと考えられる。

中井(1998)は熱中症事故発生時の実態と発生時の環境温度との関係について、事故発生の大部分は6~9月に集中するが、比較的涼しい4、5、11月でも注意を要するとしている。本研究では2004年10月の秋季でも調査を行った。体育館の乾球温度は $19.3 \pm 0.6^\circ\text{C}$ と夏季よりも約 10°C 低下していた。しかしながら、水分摂取量は発汗量より有意に少なく水分摂取割合は $34.8 \pm 14.5\%$ と3つの調査日のなかで最も低い値であり、体重減少率も $1.72 \pm 0.5\%$ と比

較的高かった。乾球温度が夏季よりも約 10°C 低下していたにもかかわらず、発汗量は2004年8月と同様の値であった。この理由は明らかではないが、気温が下がっても体育館は閉切っており無風であるために対流による熱放散の貢献が低く発汗が亢進したのかもしれない。また、湿度が比較的高かったことも影響していたのかもしれない。

秋季の水分摂取量は夏季の2回より有意に少なくなっていた。特に2004年8月と比べると湿度および発汗量は同等であったが、水分摂取量は低下していた。これについても本研究の結果から明らかにすることはできない。口渇感は飲水行動により消失するが、これは消化管で水分が吸収され、血漿浸透圧の上昇が回復する以前に認められる。よって、口腔、咽頭ないしは上部消化管の受容器が口渇感に参与していると考えられている(白木1996)。従って、気温の低下が口腔、咽頭、上部消化管の受容器に作用し口渇感や飲水行動に影響を及ぼすのかもしれない。いずれにしろ、秋季では夏季に比べて気温は約 10°C 低下するが、発汗量はさほど減少しないために、やはり積極的・意識的に水分摂取を行わなければ運動パフォーマンスの低下や熱中症になる可能性があることが示された。

本調査の結果、発汗量に対して十分な水分が補給されていなかったために、練習開始から時間が経つにつれて鼓膜温は上昇すると考えられた。しかしながら、いずれの調査日についても鼓膜温の有意な上昇は認められなかった。環境温度が一定の範囲であれば運動による体温の上昇は運動強度に比例し、運動強度が高くなると上昇し低くなると低下する(朝山1992)。バドミントンの運動強度は一定ではない。また、練習メニューも強度の低いものと高いものがランダムに行われていた。従って、強度の高い練習を行った後に測定すると鼓膜温は上り、一方、軽い運動を行った後では下がるというように、測定タイミングによって鼓膜温の変動が生じていたことが考えられる。また、対象者は自由に水分摂取を行ったために、体温測定の前直前に水分摂取を行った場合は、一時的に鼓膜温が低

下していたことも考えられる。

体重減少率と体温の上昇は相関関係が認められることから (Montain 1992)、本研究においても各調査日における体重減少量と鼓膜温の変化量との関係を調べた。しかしながら、いずれの調査日においても関連性は認められなかった。これもバドミントンの練習では運動強度が一定でないこと、ならびに、水分が自由摂取であり摂取量が対象者間で異なったためと思われる。このように、練習時に自由摂取であっても水分補給が行われている場合には、体重の減少量は必ずしも鼓膜温の上昇と相関しないと考えられる。

競技レベルが高い選手は発汗量に対して水分が適切に摂取されており、また、暑熱馴化に優れ、脱水による運動パフォーマンスの低下を防ぎ効率の高い練習をしているとも考えられる。そこで本研究では各調査の対象者 10 名を競技力の高い選手 5 名と低い選手 5 名に分けて、発汗量と水分摂取量をそれぞれ比較した。その結果、発汗量と水分摂取量のいずれも両者で違いは認められなかった。このように今回の結果では、発汗量や水分摂取量と競技力との関連は認められなかった。しかし先にも述べたように、競技力向上を目指すスポーツ選手やチームは厳しい暑熱環境下においても練習を行わなければならない。それゆえ意識的・積極的な水分摂取が競技力向上へもたらす影響は少なくないと考えられる。

熱中症を予防するための温熱指標には輻射熱を考慮した WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature Index) が有効であることが認められている (中井 1992、1994b)。それに対して、本調査では乾球温度と相対湿度で環境温を評価した。今後は WBGT にて評価し検討を加える必要がある。また、Rico-Sanz ら (1996) はユース年代のサッカー選手を対象にして、1 週間にわたり日頃の生活のなかで積極的に飲水した場合と、これまでと同様に飲水した場合で、生体負担度やパフォーマンスに及ぼす影響を比較している。その結果、積極的に飲水したグループでは、通常の飲水グループと比べて、体水分

量が有意に高くなり高温環境下での直腸温の上昇が抑制された。このことは、夏季のように暑熱環境下でスポーツ活動が続けるときには、試合や練習時だけではなく、普段の生活から積極的に水分を摂取する心掛けが必要であることを示している。従って、今後は練習以外の生活での水分摂取量も調査する必要があると思われる。

V. まとめ

本研究では、暑熱環境下での本学バドミントン部の練習中における水分摂取の実態を調査した。調査は、夏季の 2003 年 7 月と 2004 年 8 月ならびに秋季の 2004 年 10 月の合計 3 回であった。調査ではバドミントンの練習中に対象者が自由摂取する水分量、体重、鼓膜温を測定した。また、体重の変化と水分摂取量から発汗量を算出した。夏季に調査した 2003 年 7 月では気温が $28.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度が $85.4 \pm 3.9\%$ であり、2004 年 8 月では気温が $34.0 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 、湿度が $61.8 \pm 5.8\%$ であった。2004 年 10 月の秋季では気温が $19.3 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 、湿度が $60.7 \pm 4.0\%$ であった。2003 年 7 月では水分摂取量は発汗量より有意に少なく、水分摂取割合は $48.9 \pm 16.2\%$ であった。同じ夏季でも気温は高いが湿度が低かった 2004 年 8 月では水分摂取量と発汗量に統計的な差はみられず、水分摂取割合は $91.3 \pm 46.1\%$ を示した。一方、気温が低下した 2004 年 10 月の秋季においても水分摂取量と発汗量に有意な差がみられ、水分摂取割合は $34.8 \pm 14.5\%$ であった。体重減少率を比べると、2003 年 7 月の $2.27 \pm 0.6\%$ と 2004 年 10 月の $1.72 \pm 0.5\%$ は、2004 年 8 月の $0.55 \pm 1.0\%$ より有意に高い値であった。鼓膜温はいずれの調査日においても有意な上昇は認められなかった。また、鼓膜温の変化と体重減少率との間に関係性はみられなかった。さらに、競技力の高レベル選手と低レベル選手の発汗量と水分摂取量は同等の値であった。以上のことより、夏季の暑熱環境下における本学バドミントン部の練習中において、選手は各自の発汗量に対して十

分な水分摂取を行っていないこと明らかになった。また、気温が低かった秋季においても発汗量にみあった水分を摂取しておらず、熱中症の危険性が高いことが示された。今後は日頃の練習時から「水分摂取の練習」を取り入れていくことも、競技力を向上していくために必要であると考えられた。

謝辞

本調査は、スポーツ学研究室大森ゼミのゼミ実験ならびに熊澤真紀氏の卒業研究として実施されたものである。大森ゼミの学生諸氏ならびに熊澤真紀氏の努力に感謝いたします。

VI. 参考文献

1. 朝山正己 (1992) 運動時の発汗漸減と体熱出納。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—。平成3年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VIII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 5-13.
2. 朝山正己 (1997) 運動と暑熱馴化。臨床スポーツ医学, Vol.14. 729-734.
3. 朝山正己 (1998) 夏季スポーツ活動中の飲水の塩分濃度と飲水量、発汗量及び体温との関係について。ジュニア期の夏季トレーニングに関する研究—第1報—。平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 15-21.
4. 川原貴 (1992) はじめに。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—。平成3年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VIII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 3-4.
5. 川原貴 (1993) 小学、中学、高校のスポーツ活動における熱射病死亡事故の実態。スポーツ活動における熱中症事故予防に関する研究—第2報—。平成4年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VIII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 29-33.
6. 川原貴・朝山正己・白木啓三・中井誠一・森本武利 (1994a) 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。
7. 川原貴 (1994b) 熱中症予防8ヶ条と熱中症予防のための運動指針。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—。平成5年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VIII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 4-5.
8. 川原貴 (1998) 学校の管理下における熱中症死亡事故の実態 (1991~1996年)。ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第1報—。平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 50-54.
9. 白木敬三 (1996) 体液浸透圧と体液量の調節。バーンレヴィ生理学第3版。西村書店。634-635.
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。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—。平成3年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VIII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 35-47.
11. 中井誠一・朝山正己・平田耕造・花輪啓一・丹羽健市・井川正治・平下政美・菅原正志 (1993a) 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。スポーツ活動における熱中症事故予防に関する研究—第2報—。平成4年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VIII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 48-81.
12. 中井誠一・寄本明・岡本直輝・森本武利 (1993b) 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, Vol.10. 973-977.
13. 中井誠一・朝山正己・平田耕造・花輪啓一・丹羽健市・井川正治・平下政美・菅原正志 (1994a) 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—。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—。平成5年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VIII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 20-32.
14. 中井誠一・芳田哲也・寄本明・岡本直輝・森本武利 (1994b) 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, 第43巻. 283-289.
15. 中井誠一 (1998) 運動時熱中症の疫学的検討。ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第1報—。平成9年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 29-38.
16. 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。ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究—第2報—, 平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VIII, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集 Vol.2. 74-94.

17. 長澤純一 (2001) スポーツドリンクの生理学「スポーツ生理学」青木純一郎・佐藤佑・村岡功編. 市村出版. 59-69.
18. 舩田博文・村山正博・桜井淳一 (1997) 運動中の突然死. 臨床スポーツ医学, Vol.14, 139-142.
19. Montain S.J., and E.F. Coyle. (1992) Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J. Appl. Physiol.* 73, 1340-1350.
20. Rico-Sanz J, Frontera WR, Rivera MA, Rivera-Brown A, Mole PA, and CN Meredith. (1996) Effects of hyperhydration on total body water, temperature regulation and performance of elite young soccer players in a warm climate. *Int. J. Sports Med.* 17, 85-91.