論文

中学生男子ソフトテニス部員における練習時の水分補給状況と生理的指標の変化

國本 あゆみ[1)]・伴 みずほ[2)]・影山 智絵[3)]・菊永 茂司[4)]

キーワード：水分補給・生理的変化・ソフトテニス

要 旨

【目的】長時間運動時の発汗による脱水は、体温の上昇を引き起こし、競技力の低下のみならず、熱中症をも誘発する。脱水の予防には、適切な水分補給が重要である。そこで、対象者の望ましい水分補給の方法を検討することを目的に、本研究ではそのベースとなる水分補給の現状および生理学的変化について調査を行うこととした。

【方法】対象は、同意の得られた中学生男子ソフトテニス部員 11 名（年齢 13.82(0.98)歳）とした。調査当日の練習時間は午前 3 時間、午後 3 時間で、水のみの自由摂取とした。調査項目は、身長、体重、体温、脈拍、血糖値、乳酸値、水分補給量、および疲労度（アンケート調査）である。調査は、午前の練習時間前後、午後の練習時間前後および練習終了後の 60 分後、120 分後、就寝前、翌朝の起床後の計 8 回とした。

【結果】水分補給率は平均 95.1(12.6)%であり、95%未満の者が 7 名であった。練習後の疲労度は、水分補給不足群において高い傾向があった。また、練習直後よりも練習後 120 分経過後に疲労の自覚症状や乳酸値の上昇が現れる傾向があった。

【結論】練習時の水分補給状況について調査した結果、口渇感による自由摂取では、発汗量を補えるほど十分に水分補給が出来ていないことが明らかとなった。本研究で得られた結果をベースに、給水の量やタイミングなどを検討し、選手の疲労の軽減につながるような給水方法を提案していきたい。

1） 山陽学園短期大学　食物栄養学科
2） 大阪成蹊大学　マネジメント学部　マネジメント学科
3） 美作大学　生活科学部　食物学科
4） ノートルダム清心女子大学

Ⅰ．緒言

汗は、体熱を蒸散させ、体温を適正な範囲に保つという働きがある[1)]。長時間運動時の発汗による脱水は、体温の上昇を引き起こし、熱中症を誘発する。2%の脱水は運動パフォーマンスが低下すると言われている[2)]。十分な水分補給は、脱水、熱中症対策だけでなく、運動パフォーマンスの低下を防ぐために重要である[3)]。運動時の水分補給に関して、摂取する水分量や成分、摂取のタイミングなど多くの検討がなされており[4-6)]、さらに水とともに糖質や塩を一緒に摂取することは、脱水や低血糖を防ぎ、疲労の軽減に有効であることが報告されている[7)]。しかし、そのデータを全ての選手に適用するには、体格や年齢、運動強度、運動量が異なるため、個々の選手に適した水分補給量を知る必要がある。また、発汗量に見合った水分補給をするためには、選手の嗜好に合わせた飲料を提案する必要もある。

本研究では、選手に適した給水方法を提案することを目的とし、その基礎データとなる練習時の水分補給の現状と生理的指標の変化について調査を行った。

Ⅱ．方法

1．対象者

対象者は、O 市の中学生男子ソフトテニス部員　11 名（年齢 13.82(0.98)歳）とした。調査を行うにあたり、調査の目的、方法についての説明を行い、本人及び保護者の同意が得られた者を対象とした。

2．調査スケジュール

調査日は、2011 年 9 月中旬の 1 日とし、図 1 に調査当日のスケジュールを示した。練習時間は、午前 3 時間、午後 3 時間で、昼休憩は 1 時間半とした。測定は、練習前、午前の練習後、午後の練習前、練習直後、練習後 60 分、練習後 120 分の計 6 回、7 項目（体重、体温、脈拍、血糖値、血中乳酸値、疲労度調査、水分補給量）について行った。また、就寝前と翌日の起床後にも、体重、脈拍、血糖値、疲労度調査を測定した。

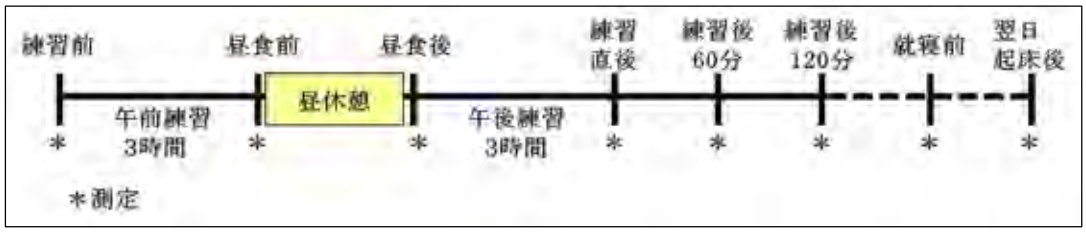

図 1．タイムスケジュール

3．調査方法

練習中の発汗量や水分補給量を把握するため、練習前後の体重、摂取した水分量を測定した。その他、体温、脈拍、血中乳酸値の測定および疲労度調査を行った。

体重測定は、衣服の影響をできるだけ少なくするため、下着のみを着用して計測を行った。また練習後には、体に付着した汗の影響をできる限り少なくするため、汗を拭きとった後に計測した。

体温は、耳式体温計 MC-510 けんおんくんミミ（オムロン）にて測定を行った。脈拍は、練習直後から時間とともに急速に低下するため、練習直後に一斉に 15 秒間測定し、測定結果を 4 倍し、1 分間の値とした。

疲労度は、2002 年に日本産業衛生学会・産業疲労研究会が作成した「自覚症しらべ」の調査用紙を用いて、自記式にて調査を行った[8-11]。

血糖値の測定は、グルコカードマイダイア GT-1670（アークレイ株式会社）、乳酸値の測定はラクテート・プロ LT-1710（アークレイ株式会社）を用いて、いずれも末梢血を測定した。

総発汗量は、井上ら[4]の計算式を参考に練習前の体重と総水分補給量から下記の式で算出した。

総発汗量(kg)＝（練習前の体重(kg)＋総水分補給量(kg)）－　練習後の体重(kg)

水分補給量は、水の入った個人ボトルを練習前に計量し、練習中は対象者に自由摂取させた。練習後のボトルの重量を計量し、練習前後で差し引いた重量を水分補給量とした。

なお、昼食中の水分補給についても同様に計量を行った。

水分補給率（総発汗量あたりの水分補給率）は、下記の式で算出した。

水分補給率(%)＝　水分補給量(kg)／総発汗量(kg)×100

WBGT（京都電子工業株式会社）は、テニスコート内に設置し、練習中 1 時間毎に測定を行った。

4. 研究倫理

本調査は、ノートルダム清心女子大学「ヒトを対象とする研究」に関する研究倫理審査委員会にて承認されている。

Ⅲ. 結果および考察

1. 対象者の特性

対象者の体格は、身長 164.8(10.8) cm、体重 51.7(10.5) kg、BMI 18.8(2.29)であり、全体的に痩せ型の体型であった。

2. 環境の温度変化

調査当日の WBGT（湿球黒球温度）の変化を図 2 に示した。熱中症予防のための運動指針には、WBGT が 31 以上になると運動は原則禁止と示されている。 調査中には 31 以上になることはなかったが、午後は 31 近くまで上昇しており、かなり暑い日であった。

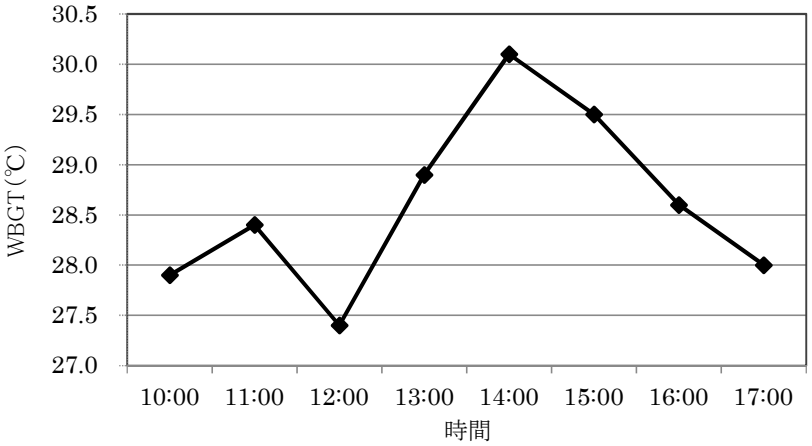

図 2. WBGT の変化

3. 体重の変化と水分補給率

対象者の体重変化および水分補給状況について表 1 に示した。体重変化率は、-0.4(1.0)%、総水分補給量は平均 3.11(0.92)kg であり、総発汗量は、3.34(0.84)kg であった。水分補給率は平均 95.1(12.6)%であり、網掛けした 7 名（63.6%）の部員は、水分補給率が 95%未満であった。

給水の不足による生理的変化への影響を調べるため、これ以降の調査結果は、水分補給率 95%以上の水分補給充足群（以下、充足群）と水分補給率 95%の水分補給不足群（以下、不足群）に分け比較検討した。

表 1. 体重の変化と水分補給状況

選手 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均(SD)
練習前後の体重変化 (kg)	0.5	-0.7	-0.2	-0.7	-0.5	0.7	-0.2	-0.9	0.2	-0.5	-0.2	-0.2(0.5)
体重変化率 (%)	0.9	-1.2	-0.3	-1.2	-1.0	1.4	-0.3	-1.6	0.6	-1.3	-0.4	-0.4(1.0)
総水分補給量 (kg)	3.3	2.1	3.0	4.7	2.2	3.6	4.3	3.8	1.8	2.9	2.5	3.1(0.9)
総発汗量 (kg)	2.8	2.8	3.2	5.4	2.7	2.9	4.5	4.7	1.6	3.4	2.7	3.3(0.8)
水分補給率 (%)	118.1	75.4	93.7	87.1	81.8	124.1	95.5	81.0	112.2	85.2	92.6	95.1(12.6)

4. 水分の充足と生理学的変化

練習中の体重の変化率を図 3 に示した。不足群では練習後に体重が約 2%減少していることが明らかとなった。一方、充足群では練習中の体重の変化はほとんど認められなかった。この結果から、水分補給の不足は体重の減少と一致していることが明らかとなった。

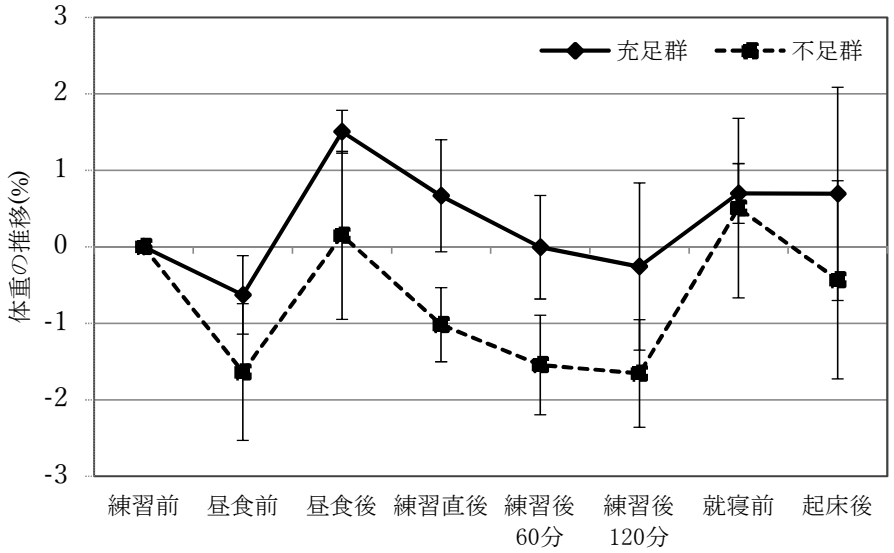

図 3. 体重変化

練習前の測定値を 0%とし、練習後の変化率を%で示した

体温および脈拍は､脱水が生じると上昇することが知られているが､本調査では充足群､不足群の間に差がみられなかった（データ未掲載)。

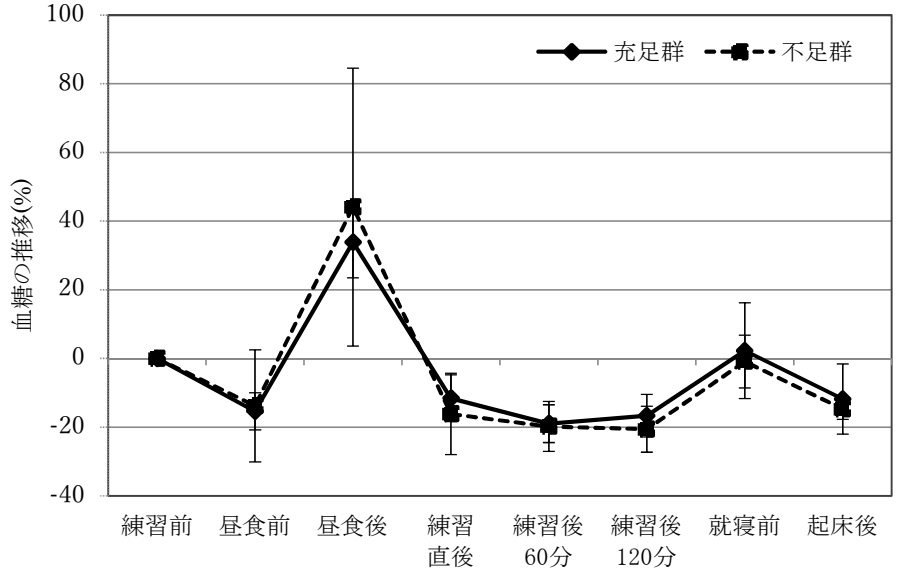

図 4. 血糖値の変化

練習前の測定値を 0%とし、練習後の変化率を%で示した

血糖値は、練習中に低下し、昼食後に上昇し、練習後に低下し続け、就寝前に元の値に戻っていた(図 4)。今回は水のみの摂取としたため､昼食以外の血糖値の上昇はなかった。

血中乳酸値については、個人差が大きいものの、充足群では練習後に乳酸値の上昇が認められなかった（図 5)。一方、不足群では、練習直後より時間の経過とともに上昇し練習後 120 分で高値を示す傾向がみられた。すなわち、練習中の水分補給の状況が練習後の疲

労にも影響するといえる。なお、昼食後に高値を示しているのは、食事による影響と考えられる。

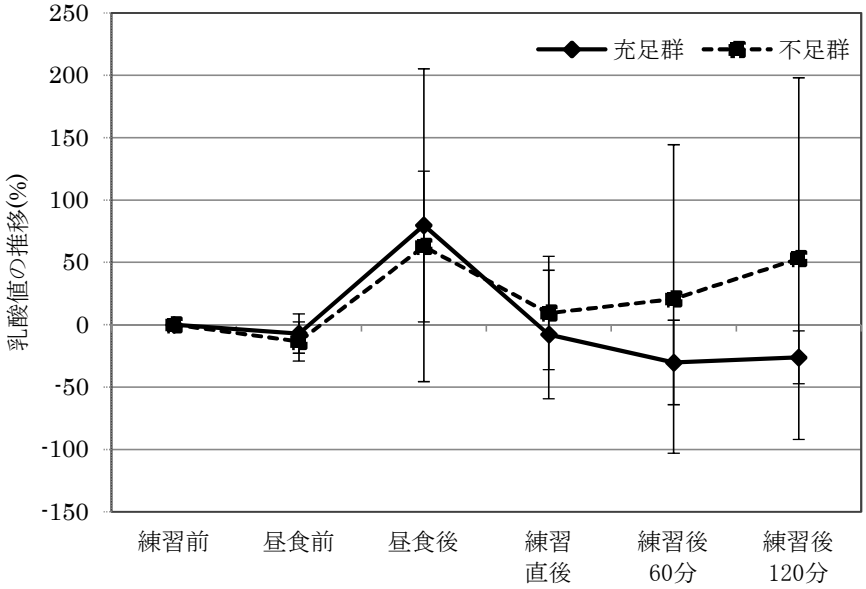

図 5. 乳酸値の変化

練習前の測定値を 0%とし、練習後の変化率を%で示した

疲労度は、練習直後から時間が経過するに従い数値が高くなっていた（図 6）。つまり練習後 1~2 時間経過して疲労が増す傾向にあり、翌朝まで疲労が残っている者もいた。中でも水分補給不足群は、個人差はあるが充足群と比較して疲労度の高い傾向があった。また、練習前においても疲労度が高いため、前日の練習の疲れが残っていることが予測された。つまり、水分補給不足群は、普段から給水が十分できておらず、疲労が蓄積しやすいと考えられた。

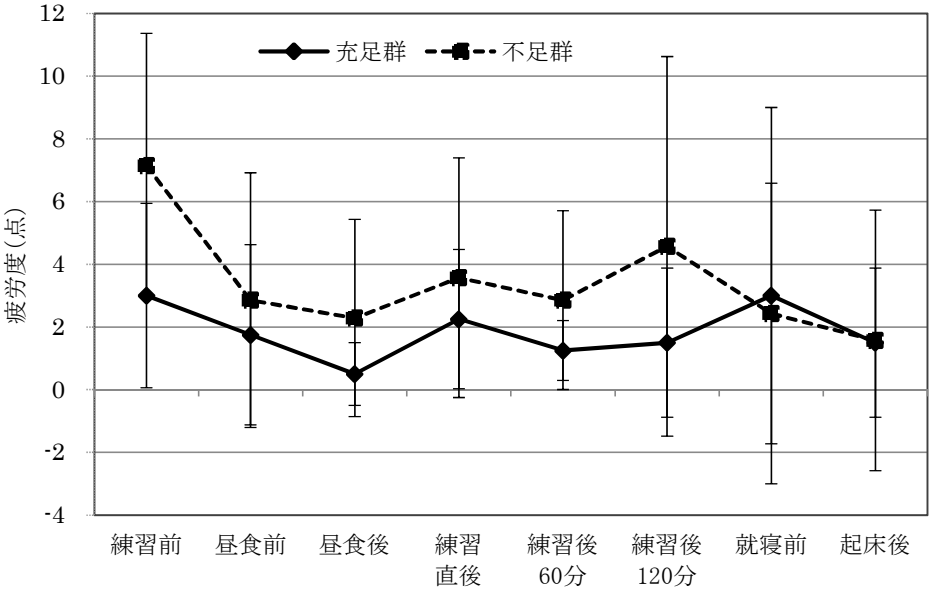

図 6. 疲労度の変化

練習時の水分補給がどのように行われているかを調査した結果、口渇感による自由摂取では、発汗量を補えるほど十分に水分補給が出来ていないことが明らかとなった。また、水分補給率の低い対象者において、練習中の体重減少が顕著であった。体重の減少が水分補給量不足の指標となることが示唆されたため、練習の前後に体重を測定することで、脱水の予防ができると考える。Kenefick RW らは、練習後には汗や尿による水分喪失が続くため、練習により損失した水分量の 1.25~1.5 倍程度の水分補給をする必要がある [5]と報告している。個人に適した水分補給量を知るためには、日常的に体重の変動を記録することが必要である。

水分摂取の間隔については、間隔が短いほうが体水分損失を適宜補給することで、熱放散に重要な有効発汗量を高く維持でき、そのための運動中の体温上昇が抑えられる [6]ことや 15 分間隔の水分補給が良い [12]という報告がある。しかし、競技種目により、短時間間隔での水分補給が難しい場合もあるため、練習前後や普段の食事の際の水分補給にも留意することが重要となる。

本研究の限界として、対象者がソフトテニス部に所属する中学生男子に限定している。種目と年齢に偏りがあり、運動選手全体を反映しているわけではない。また、調査時の昼食を統一したものにしていなかったため、昼食の違いによる影響も考えられる。しかし、水分が不足している選手が約 6 割と多い結果から、水分補給については昼食の影響よりも練習中や練習前後の水分補給不足が影響していると考える。深部体温の測定方法としては、直腸温が一般的であり、鼓膜温度による体温測定は、環境温度 [13]や皮膚温 [14]の影響を受けるため、深部温度としての信頼性に欠けるとの報告がある。しかし非侵襲的に短時間に多人数の測定を行うため、鼓膜温度を測定した結果を体温として用いた。

本研究において、中学生男子ソフトテニス部員の発汗量や水分補給の状況についての基礎的なデータを得ることができた。水分補給の方法として口渇感による自由摂取では、発汗量を補えるほど十分に水分補給ができていないことが明らかとなった。今後は、個人に対応した水分摂取量やタイミングなどを検討し、最終的には選手の疲労の軽減につながるような水分補給の方法を提案していきたいと考えている。

5. 謝辞

本調査にご協力いただきましたソフトテニス部員をはじめ監督や関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

6. 利益相反

利益相反に相当する事項はない。

本論文の一部は、2013 年 9 月 15 日~20 日にスペイン（グラナダ）で行われた 20th International Congress of Nutrition で発表されたものである。

Ⅳ．引用文献

1) Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, et al. American Colledge of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007; 39(2): 377-390.

2) Coyle EF. Fluid and fuel intake during exercise. *J. Sports Sci.* 2004; 22: 39-55.

3) Wilk B. and O. Bar-Or. Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. *J. Appl. Physiol.* 1996; 80(4): 1112 - 1117.

4)井上芳光，米浪直子，小倉幸雄他．夏季スポーツ活動時における発汗量と水分補給量の年齢差．体力科学．2002；51：235-244.

5) Kenefick RW, Cheuvront SN. Hydration for recreational sport and physical activity. Nutr Rev. 2012; 70(suppl 2): S137-S142.

6) 高取直志、長谷川博，山崎昌廣，小村堯．水分摂取感覚の違いが暑熱下運動中の体温調節反応に与える影響．体力科学．2002；51：317－324.

7) Carvalho P. et al. Impact of fluid restriction and ad libitum water intake or an 8% carbohydrate-electrolyte beverage on skill performance of elite adolescent basketball players. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2011; 21: 214-221.

8）酒井一博．日本産業衛生学会産業疲労研究会撰「自覚症しらべ」の改訂作業 2002. 労働の科学．2002；57：295–298.

9) 城憲秀．新版「自覚症しらべ」の提案と改訂作業経過．労働の科学．2002；57：299–304.

10) 井谷徹．新版「自覚症しらべ」の活用法．労働の科学．2002；57：305–308.

11) 日本産業衛生学会産業疲労研究会．自覚症しらべの使い方．http://square.umin.ac.jp/of/（ 2018 年 1 月 26 日にアクセス）

12) American College of Sports Medicine. Position Stand on Exercise and Fluid Replacement. *Med Sci. Sports Exerc.*, 1996; 28: i-vii.

13) Doyle FW., J Zehner, TE Terndrup. The effect of ambient temperature extremes on tympanic and oral temperatures. *Am J Emerg Med.* 1992; 10: 285-289.

14) Roberts WO. Assessing core temperature in collapsed athletes. *Phys. Sports Med.*, 1992; 22: 49-55.