

研究ノート

大学競泳選手の練習時における飲水量及び発汗量の実態調査

伊藤 僚

日本福祉大学 全学教育センター

Survey of Sweat Loss and Fluid Intake
During Swimming Training in Competitive Swimmers

Ryo ITO

University Educational Center, Nihon Fukushi University

Keywords : 飲水量, 発汗量, 脱水率, 競泳, 実態調査

Abstract

Title: Survey of sweat rate and water consumption by competitive university swimmers during practice.

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 aquatic exercise have been conducted.

Purpose: The purpose of this study was to survey changes in the sweat rate and amount of water consumed by competitive university swimmers during practice, and to provide new findings on sweat rate and water consumption during aquatic exercise.

Methods: The subjects were 26 competitive Olympic- or Japanese national university tournament-level swimmers (20 males and 6 females) who belonged to the same university swim team. Sweat rate, water consumption, water temperature, and WBGT were measured during two separate practice times, once in both May and August.

Results: The sweat rate was 9.3 ± 3.5 g/kg/hr in May and 4.6 ± 2.3 g/kg/hr in August. The amount of water consumed was 3.4 ± 1.7 g/kg/hr in May and 3.9 ± 2.3 g/kg/hr in August. The dehydration rate was $1.2 \pm 0.6\%$ in May and $0.4 \pm 0.5\%$ in August.

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.

要旨

ヒトは水中運動時にも発汗が起きることが明らかになっているが、実際の部活動練習時を対象とした実践的データは乏しい。そこで本研究は大学生競泳選手の水中練習中の発汗量および飲水量を明らかにすることを目的とし、5月（以下 May とする）と8月（以下 August とする）に測定を行った。その結果、水中運動時も陸上で行う夏季部活動練習時の発汗量と同等となり得ることが明らかとなった。また、気温、水温、WBGT は May が August と比較して低い値であったにも関わらず、May の発汗量は August と比較して有意に高い値を示し、その原因として運動強度の違いが示唆された。さらに両調査日において多くの選手が発汗量に見合った水分補給を行っておらず、脱水率が2%を超える者がいた。水中運動時にも水分補給率を高めるための休息や飲水方法について検討を要することが示唆された。

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)}。運動時の発汗量あるいは飲水量について、これまで多くの報告がされてきた¹⁾⁻¹³⁾。また中井ら^{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。一方、水中運動の場合にも体温上昇と発汗が起こることは明らかになっているが¹⁶⁾、実際の練習中における発汗量や飲水量についてこれまではあまり問題にされず、そのデータも乏しい。これは水中で行われる水平運動であるため陸上の運動と比較して血液循環が良く、伝導、対流による身体冷却効果が高いことなどが理由として考えられる。そこで本研究は競泳種目に着目し、オリンピックおよび全国大会出場レベルの大学生競泳選手を対象に練習時の発汗量及び飲水量を測定した。

2. 方法

2.1 調査対象

対象者はC大学体育会水泳部に所属するオリンピックあるいは全国大会出場レベルにある競泳選手26名（男性20名、女性6名）であった。被験者には調査の目

的、内容を詳しく説明した上で5月（以下 May とする）と8月（以下 August とする）の2群に分け、各1日の練習時に測定を行った。選手の年齢、性別、身体特性を Table 1 に示した。

2.2 練習内容

May : 2009年5月29日（練習時間 16:40~18:40）

調査に参加した選手は13名（男性10名、女性3名）であった。練習は大学内にある25m屋内プールで行われた。練習はウォーミングアップ、メイン練習、クーリングダウンの順で行われた。ウォーミングアップ及びクーリングダウンの内容は各選手の自由であった。メイン練習は、i) 50m 全力クロール泳を30秒間の休憩をはさんで5回、ii) 100m 全力クロール泳を1回、iii) 200m 全力クロール泳を1回、これら i), ii), iii) を1セットとした内容を連続で3セット行った。練習時間は、
、
の合計で120分であった。飲水は飲料水を入れた個人用ボトルをプール内から取れるプールサイドに置き、自由飲水とした。

August : 2009年8月4日（練習時間 17:40~19:40）

調査に参加した選手は13名（男性10名、女性3名）であった。練習は大学内にある50m屋外プールで行われた。練習はウォーミングアップ、メイン練習、クーリングダウンの順で行った。ウォーミングアップ及びクーリングダウンの内容は各選手の自由であった。メイン練習は、i) 50m クロール泳を30秒間の休憩をはさんで4回、ii) 100m クロール泳を1回、iii) 50m クロール泳を30秒間の休憩をはさんで4回、iv) 100m クロール泳を1回、これら i), ii), iii), iv) を1セットとした内容を連続で4セット行った。練習時間は、
、
の合計で120分であった。尚、4セット目が全力泳となる様に、選手は1セットごとに泳速を上げていくように指示された。飲水は飲料水を入れた個人用ボトルをプール内から取れるプールサイドに置き、自由飲水とした。

2.3 調査項目と調査方法

調査項目は気温、水温、湿球黒球温度（以下 WBGT とする）、飲水量、発汗量、尿量、脱水率とした。

2.3.1 環境温度の測定

気温とWBGTの測定はWBGT-101（KYOTO ELECTRONICS社製）をプールサイドに1.0~1.2mの

Table 1. Physical Characteristics of the subjects on the study days in May and August.

May	Sex	subjects	Age (years)	Hight (cm)	Weight (kg)	Body fat (%)
	M	A	19	174.0	69.2	13.7
	M	B	19	165.7	80.5	16.5
	M	C	19	173.0	69.0	13.9
	M	D	19	179.1	76.3	17.6
	M	E	22	162.0	60.0	17.1
	M	F	19	165.2	62.9	15.0
	M	G	19	165.5	63.1	9.8
	M	H	19	175.1	65.5	12.2
	M	I	20	173.0	65.4	6.6
	M	J	21	188.2	77.8	10.3
	F	K	22	170.4	56.2	17.7
	F	L	21	164.0	58.8	21.0
	F	M	19	157.2	56.4	17.8
Mean			19.8	170.2	66.2	14.6
SD			1.2	8.2	8.0	4.0
August	Sex	subjects	Age (years)	Hight (cm)	Weight (kg)	Body fat (%)
	M	N	21	176.4	69.3	14.7
	M	O	19	174.8	64.6	14.3
	M	P	19	183.3	71.7	9.5
	M	Q	19	179.8	67.7	19.2
	M	R	21	170.3	66.5	13.9
	M	S	19	178.7	77.3	12.8
	M	T	21	184.8	63.6	9.4
	M	U	21	178.1	64.4	8.9
	M	V	20	174.1	66.1	8.4
	M	W	21	181.8	73.3	15.0
	F	X	21	161.7	52.8	18.1
	F	Y	19	169.0	62.7	24.6
	F	Z	21	164.2	55.0	19.8
Mean			20.2	175.2	65.8	14.5
SD			1.0	7.1	6.7	4.9

高さに設置して行った。水温は Thermo Recorder TR-51A (A&D 社製) を用いて測定した。WBGT, 気温, 水温は 10 分毎に測定した。5 月の調査は屋内プールでの練習であったため, 次式を用いた。

$$\text{WBGT} = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$$

8 月の調査は屋外プールであったため, 次式を用いた。

$$\text{WBGT} = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$$

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 1/2 の濃度に希釈したものをを用いた。飲料水の温度はフィールド調査であり一定温度に保つ事が困難であったため, ボトルは練習前に氷の入っ

たクーラーボックスに入れておき, 練習開始時にプールサイドに置くことで被験者への供給条件を統一した。

2.3.3 発汗量, 脱水率, 尿量の測定

発汗量

発汗量は次式から算出した。

$$\text{発汗量 (kg)} = (\text{練習前体重} - \text{練習後体重}) + \text{飲水量} - \text{尿量}$$

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。

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

さらに単位時間、体重 1kg あたり (g/kg/hr) を求めた。

2.3.4 統計処理

発汗量、飲水量、尿量のデータは平均値 ± 標準偏差で示した。May と August の調査項目の比較には対応のない t 検定を用いた。有意性の検定には、危険率 5% 未満を採用した。

3. 結果

気温・水温・WBGT

May と August の練習中の気温、水温、WBGT の平均値は Table 2 に示した。

Table 2. The average environmental temperature, water temperature and WBGT during exercise in May and August.

	environmental temperature ()	water temperature ()	WBGT ()
May	26.5 ± 0.7	27.1 ± 1.1	24.2 ± 0.6
August	31.0 ± 1.7	28.7 ± 0.1	27.3 ± 1.2

飲水量

May の飲水量は最低値が 0.9 g/kg/hr、最高値が 6.8 g/kg/hr で、平均値が 3.4 ± 1.7g/kg/hr であった。

August の飲水量は最低値が 0.3 g/kg/hr、最高値が 7.9 g/kg/hr で、平均値が 3.9 ± 2.3g/kg/hr であった。

May の飲水量は全ての選手で発汗量を下回っており、

Table 3. Sweat volume, fluid intake, dehydration rate and urine volume in May and August.

May	subjects	Sweat volume (g/kg/hr)	Fluid intake (g/kg/hr)	Dehydration rate (%)	Urine volume (g/kg/hr)
	A	12.3	3.8	2.0	0.4
	B	15.1	6.8	1.6	0.6
	C	12.8	3.9	1.8	0.4
	D	11.4	3.1	1.6	1.6
	E	3.3	1.6	0.6	1.7
	F	9.4	2.5	1.4	2.0
	G	12.6	1.3	2.2	2.0
	H	9.8	4.7	1.0	1.1
	I	6.1	0.9	1.1	0.8
	J	7.7	4.8	0.6	1.3
	K	4.7	2.5	0.4	0.4
	L	7.3	5.2	0.4	0.0
	M	7.8	2.9	1.0	0.9
Mean		9.3*	3.4	1.2*	1.0
SD		3.5	1.7	0.6	0.7
May	subjects	Sweat volume (g/kg/hr)	Fluid intake (g/kg/hr)	Dehydration rate (%)	Urine volume (g/kg/hr)
	N	4.0	1.1	0.9	1.8
	O	4.8	3.2	0.5	0.8
	P	2.3	7.9	-0.3	2.8
	Q	7.2	6.1	0.7	2.2
	R	5.5	3.2	0.5	0.8
	S	5.8	2.8	0.6	0.0
	T	6.6	6.2	0.3	3.5
	U	5.0	2.7	0.5	0.8
	V	3.0	0.3	0.9	1.9
	W	7.6	2.2	1.1	0.3
	X	0.2	6.8	-0.8	3.8
	Y	6.3	3.5	0.6	0.4
	Z	1.2	4.0	0.1	3.2
Mean		4.6	3.9	0.4	1.7
SD		2.3	2.3	0.5	1.3

* Significant difference (p < 0.05) between May and August.

また August も選手 P, X を除く全ての選手の飲水量が発汗量を下回っていた。May と August の平均値に有意な差はなかった (Table 3)。

発汗量

May の発汗量は最低値が 3.3 g/kg/hr, 最高値が 15.1 g/kg/hr で, 平均値は 9.3 ± 3.5 g/kg/hr であった。August の発汗量は最低値が 0.2 g/kg/hr, 最高値が 7.6 g/kg/hr で, 平均値は 4.6 ± 2.3 g/kg/hr であった。両調査日の発汗量の平均値は May が August の約 2 倍で有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (Table 3)。

脱水率

May は 9 名の選手が 1% 以上の脱水状態で, 選手 A, G は 2% を超える脱水率であった。August は選手 W の 1 名が 1% を超える脱水率であった。平均値を比較すると, May は August の約 3 倍で, 有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (May: $1.2 \pm 0.6\%$, August: $0.4 \pm 0.5\%$) (Table 3)。

尿量

両調査日の May と August の尿量の平均値はそれぞれ, 1.0 ± 0.7 g/kg/hr, 1.7 ± 1.3 g/kg/hr であった。May と August の間に有意な差はなかった (Table 3)。

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¹⁶⁾。また, 運動中の発汗は水中運動時においても起こることが明らかとなっているが¹⁷⁾, 部活動の練習中などの実際の運動場面におけるデータは陸上で行う運動と比較するとその数は乏しい。そこで本研究は 5 月と 8 月の 2 日間で大学生競泳選手を対象に練習時の発汗量と飲水量と共に WBGT, 気温, 水温について調査した。

本調査の May と August の発汗量はそれぞれ 9.3 ± 3.5 g/kg/hr, 4.6 ± 2.3 g/kg/hr であった。丹羽ら¹²⁾は大学生バレーボール部の練習中の発汗量は 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¹⁸⁾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, 本研究の May の発汗量は夏季の陸上で実施されている部活動練習時の発汗量とほぼ同量の値を示しており, また August は May の約 1/2 の値であったが, いずれも練習中に発汗があることが明らかとなった。また May の WBGT, 気温, 水温は August と比較して低値であったにも関わらず, May の発汗量は August と比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。運動中の体温上昇は環境温が 5~30 の範囲内であればその影響を受けず, むしろ運動強度に依存することが明らかにされている¹⁹⁾。また, 水中運動においても Mougios and Deleigiannis²⁰⁾ は 20, 26, 32 の水温下で最大下泳 (30 分間) を行った結果, 運動能, 心拍数, 血中乳酸濃度は水温の影響を受けないことを報告しており, さらに田井村ら¹⁷⁾は水温 26.4~29.2 の範囲内における水泳中の体温上昇は水温よりも運動強度 (泳速度) に依存することを報告している。本研究は実際の練習時における発汗量や飲水量を調査することを目的としているため, August と May の練習メニューや環境温を揃えることは困難であり, さらに運動強度の指標となる酸素摂取量や心拍数の測定も行っていない。しかしながら May の練習内容は全力泳を常に繰り返していたのに対し, August は全力泳を行ったのは最終セットの 600m のみであったことから May の練習中の運動強度は August と比較して高く, さらに, 水温は田井村ら¹⁷⁾の示した水温 26.4~29.2 の範囲内にあった。このことから練習中の体温は, 水温より運動強度に依存し, May の体温は August と比較すると高くなっていたと考えられ, その結果, May の発汗量は August と比較して有意に高い値を示したと考えられる。

高温環境下における運動時の水分補給について Moroff ら²⁾や Londeree ら⁵⁾は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。また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²¹⁾。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)の練習時には, 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。本調査の May と August の飲水量は (May: 3.4 ± 1.7 g/kg \cdot hr⁻¹, August: 3.9 ± 2.3 g/kg \cdot hr⁻¹), 中井ら^{14, 15)}や丹羽ら¹²⁾が示した夏季の部活動練習時の飲水量と比較して, やや少なかった (中井ら¹⁴⁾: 4.11 ± 1.04 g/

kg·hr⁻¹, 中井ら¹⁵⁾: 4.17 ± 1.36 g/kg·hr⁻¹: 丹羽ら¹²⁾: 6.4 ± 0.5 g/kg·hr⁻¹). また日本体育協会の「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⁾. Mayは9名の選手が1%以上の脱水状態にあり, 内2名の選手が2%以上の脱水状態であった. 本調査では選手は飲料水の入ったペットボトルをプールサイドに常置し, 選手が自由に飲水できる様にしていた. しかしながら, 飲水を行える時間は両調査日とも, 各クロール泳後の30秒間の休憩時間のみであったことに加えて, 水中運動は陸上運動とは異なり, プールサイドに飲料水を置くため, 常に自身の傍らに置くことが出来ない. さらには常に口内が濡れた状態にあるため口渇感が和らぐなどの理由が考えられる. そのため飲水の機会及び飲水量が減り, その結果, 特に発汗量の多かったMayでは水分補給が間に合わずAugustと比較して脱水率が有意に高い値を示したと考えられる.

5. まとめ

本研究より水中運動時にも陸上運動時と同様に発汗があり, その量は陸上で行う夏季部活動練習時の発汗量と同等となり得ることが明らかとなった. また, 気温, 水温, WBGTはMayがAugustと比較して低い値であったが, Mayの発汗量はAugustと比較して有意に高い値を示した. その原因として, 本研究の気温・水温の範囲内では運動強度が発汗量の増加に影響及ぼすことが示唆された. さらに両調査日において多くの選手が発汗量に見合った水分補給を行えておらず, 脱水率が2%を超える者もいた. 水中運動でも水分補給率を高めるための休息や飲水方法について検討を要することが示唆された. 実際の練習時における発汗量や飲水量を測定した報告は未だに充分とは言えず, さらにその中でも水中運動時の報告は少ない. 今後は異なる種類の水中運動で調査を行い, 更なる基礎データを蓄積することで, 安全な水中運動の実施に一端を担う情報を提供していく.

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. VIII: 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. VIII: 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 (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) 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.
- 17) 田井村明博, 菅原正志, 金田英子, 山内正毅, 松本孝明 (1996): 水温, 泳速, が発汗量, 体温に及ぼす影響. *デサントスポーツ科学*, 17: 221-228.
- 18) 中井誠一, 芳田哲也, 寄本明, 岡本直輝, 森本武利 (1994):

運動時 n 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.

- 19) Nielsen, M. (1938): Die Regulation der Kopertemperatur bei Muskelarbeit. Skand. Arch. Physiol., 79: 193-230.
- 20) Mougios, V. and Deleigiannis, A. (1993): Effect of water temperature on performance, lactate production and heart rate at swimming of maximal and submaximal intensity. J Sports Med Physical Fitness., 33: 27-33.
- 21) Gisolfi, C. V. and Duchman, S. M. (1992): Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events. Med Sci Sports., 24: 679-687.
- 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>