

健康と安全

高校生の屋外環境下における水中運動が 身体的変化に及ぼす影響について

和歌山県

山本喜一郎（和歌山県立星林高等学校）

赤井聡文（和歌山県立和歌山北高等学校）

1. 緒言

(1) 熱中症

熱中症は暑熱環境下で体温の調節機能がうまく働かず、体内に熱がこもり、体温が異常に上昇することで起こることで報告されている。また熱中症は、熱失神、熱けいれん、熱疲労、熱射病に分けられ、この中でも熱疲労、熱射病が主にスポーツで問題とされている。

年々熱中症を発症する患者が増加しているが、その中で学校管理下において熱中症の発症が毎年確認されている。その多くはクラブ活動中であり、屋外活動のクラブが多くを占めている。しかしながら直射日光を浴びることの少ない屋内競技でも発生していることから、季節によらず、温度が高くない状態でも熱中症がおこることが報告されている（日本体育協会，2008）。

森本（1997）によると脱水量が体重の1%ごとに約0.3度の直腸温の上昇をきたし、また心拍数も脱水量が体重の1%増えるごとに5～10拍/分増加して心拍出量を維持する。これら体温および心拍数の変化は体重の減少量と相関し、水分の摂取を行えば体重の減少率は少なくなり、直腸温ならびに心拍数の上昇が抑えられる。高度の発汗時には体液および塩分欠乏による熱疲労が生じる。これらの障害時には体温調節機能が低下するため容易に体温が上昇して運動が継続出来なくなり、また熱中症による死亡事故の原因となる。一方大量発汗時に水分のみを摂取すると、体液塩分濃度の低下による熱痙攣が起こることが報告されている。

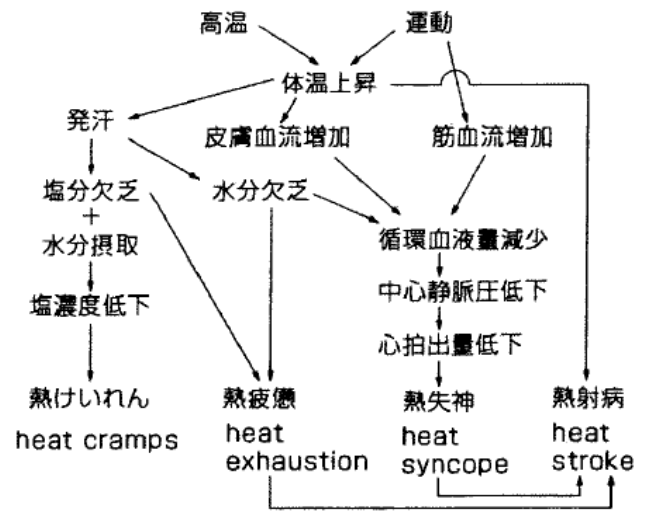


図1 熱中症の病型とその発生機序

（森本，1997）

(2) 発汗

発汗は運動による熱産生量が増加したり、暑熱環境により体温が上昇して体温調節のために熱放散の必要が増すと起こることが知られている（日本体育協会，2009）。発汗することで、100gの汗で約1℃の体温の低下することや、体重が2%減少すると、さらに1%減少するごとに0.3℃の体温上昇が報告されている。

(3) 背景と目的

学校における水泳は屋外プールがほとんどであり、クラブ中における発症の危険性が考えられる。しかしながら、日本スポーツ振興センターの調べによると、屋外におけるスポーツの発症頻度が高いとされているが水泳は報告されていない。また高校生の発汗量に関する調査は行われているが、野球（平下，2001）やサッカー（森，2001），陸上（梶原，2000）などでは報告されているものの水泳では少ない。

このようにスポーツ活動中には熱中症には発汗が関与しており、練習中における発汗の実態について知ることがスポーツを行う際の安全につながると考えられる。

そこで本研究は屋外環境下における高校生の水泳運動時の身体的変化の実態について調査・検討することとし、そこから得られる知見より安全に運動が行えるような指標を作成することとした。

2. 方法

(1) 被検者

被検者は高校水泳部に所属する男子競泳選手 6 名とした。競技レベルについては地方大会出場レベルから全国大会出場レベルであった。選手らは日頃から水分補給を行う習慣にあった。選手には実験を行う前に実験の目的や方法、意義を十分説明し、協力の同意を得た。

(2) 実験期間・場所

実験は 8 月 18 日、19 日、23 日、24 日の練習時に、いずれも午前 8 時から 12 時までの間で 4 日間実施した。場所は W 高校屋外プール（25m×8 コース、水深 1.2～1.4m）で行った。なおこの時期のトレーニングプログラムはベース期ということもあり、有酸素的な練習を主としたため、練習距離等は異なるものの、内容に関しては大きな差はなかった。

(3) 計測項目

デジタル温湿度計（タニタ社製，TT-532）を高さ約 1m の場所に設置して、実験開始時、中間時、終了時の温度、湿度を計測した。またデジタル体重計（オムロンヘルスケア社製，HBF-212）を用いて被検者の実験前後の体重とスポーツ飲料のボトル重量を表面に水分のない状態で計測した。また熱中症対策のため、運動中の水分補給を指示した。

(4) 分析項目

以下の様に分析項目を算出した。

練習強度 (m/min) = 練習距離 (m) / 練習時間 (min)

体重減少量 (kg) = 練習前体重 (kg) - 練習後体重 (kg)

飲水量 (kg) = 練習前ボトル重量 (kg) - 練習後ボトル重量 (kg)

発汗量 (kg) = 体重減少量 (kg) + 飲水量 (kg)

単位飲水量 (g/kg/hr) = 飲水量 (g) / 練習前体重 (kg) / 練習時間 (hr)

単位発汗量 (g/kg/hr) = 発汗量 (g) / 練習前体重 (kg) / 練習時間 (hr)

飲水率 (%) = 飲水量 (kg) / 練習前体重 (kg) × 100

脱水率 (%) = 発汗量 (kg) / 練習前体重 (kg) × 100

実際脱水率 (%) = 体重減少量 (kg) / 練習前体重 (kg) × 100

補給率 (%) = 飲水量 (kg) / 発汗量 (kg) × 100

(5) 統計処理

練習強度を除く分析項目について相関係数を算出した。また日程を要因とした単位発汗量について一要因分散分析を行った。練習強度と単位発汗量の相関係数を求めた。有意水準は危険率 5%未満を有意とした。

3. 結果と考察

(1) 分析項目

実験より以下の結果を得た（表 1）。脱水率は 2.59%，実際脱水率は 1.03%，補給率は約 62%であった。

このことから水泳運動中でも多くの汗を放出することが確認された。脱水率も 2%を超えることから

運動を行うに当たり、水分補給の重要性が確認された。運動によって熱産生量が増加したり、暑い環境によって体温が上昇して、熱放散の必要が増すと発汗がおり、水分蒸発を盛んにして体温を下げる働きをすることが知られているが、芳田ら（1998,1999）によると脱水率が2%を超えると、1%ごとに0.3℃体温上昇することが報告されている。体温が上がると運動能力の低下が起こるため、競技パフォーマンスを向上させるために選手らは経験則的に水分補給を行っていると考えられる。しかしながら実際脱水率、補給率を見ると、出た汗の量に対して等しい量の水分補給をすることができていないことが分かる。これは大量に汗が出た時には、発汗量に見合った量の水を飲むことができない自発的脱水のためだと考えられる。

表 1. 分析項目の結果

体重減少量 (kg)	飲水量 (kg)	発汗量 (kg)	単位飲水量 (g/kg/hr)	単位発汗量 (g/kg/hr)
0.59±0.38	0.90±0.34	1.49±0.39	7.32±2.90	12.20±3.61
飲水率 (%)	脱水率 (%)	実際脱水率 (%)	補給率 (%)	
1.57±0.63	2.59±0.71	1.03±0.64	61.88±22.57	

表 2. 実験時の気温、湿度

	8月18日		8月19日		8月23日		8月24日	
	気温(℃)	湿度(%)	気温(℃)	湿度(%)	気温(℃)	湿度(%)	気温(℃)	湿度(%)
練習前	30.5	78	29.7	73	32.0	62	29.3	69
練習中	33.7	72	34.6	51	35.8	44	34.6	50
練習後	34.8	68	35.4	50	37.2	45	34.1	54

表 3 練習距離、時間、強度の結果

日程	8月18日	8月19日	8月23日	8月24日
練習距離(m)	7200	6950	6800	5700
練習時間(min)	144	122	140	110
練習強度(m/min)	50.00	56.97	48.57	51.82

表 4. 各分析項目の相関係数

	体重減少量	飲水量	発汗量	単位飲水量	単位発汗量	飲水率	脱水率	実際脱水率	補給率
体重減少量	1								
飲水量	-0.404 *	1							
発汗量	0.601 **	0.488 *	1						
単位飲水量	-0.338	0.926 **	0.487 *	1					
単位発汗量	0.581 **	0.370	0.878 **	0.547 **	1				
飲水率	-0.395 *	0.972 **	0.472 *	0.956 **	0.426 *	1			
脱水率	0.530 **	0.501 **	0.943 **	0.573 **	0.925 **	0.560 **	1		
実際脱水率	0.988 **	-0.410 *	0.585 **	-0.312	0.613 **	-0.371	0.561 **	1	
補給率	-0.905 **	0.715 **	-0.239	0.623 **	-0.293	0.678 **	-0.212	-0.914 **	1

* p<0.05, ** p<0.01

(2) 練習環境による飲水量、発汗量の違い

単位飲水量に関して日程による要因の一元配置分散分析を行った。その結果、有意差は見られなかつ

た（図 1）。また練習強度と単位飲水量の間には有意な相関を得た（ $r=0.485$, $p<0.05$ ）。

このことから水泳は水中での運動することが主であるため、水中での環境が重要であり、水上環境にある気温、湿度にあまり影響されることのない運動であり、飲水量に関してはほぼ一定の量を摂取している。しかしながら練習強度と発汗量に比例関係が見られたことから、練習強度の高い練習時には発汗しやすく、身体中の水分量を保持するために水分補給をより多くとる必要があることが示唆された。

表 3 より脱水率と飲水率に有意な正の相関係数を得た（ $r=0.560$, $p<0.01$ ）。これは脱水すればするほど飲水しやすいということを意味しており、経験則的に飲水習慣があることを意味していることが示唆される。実際選手らにも飲水習慣があるという結果と同じであった。

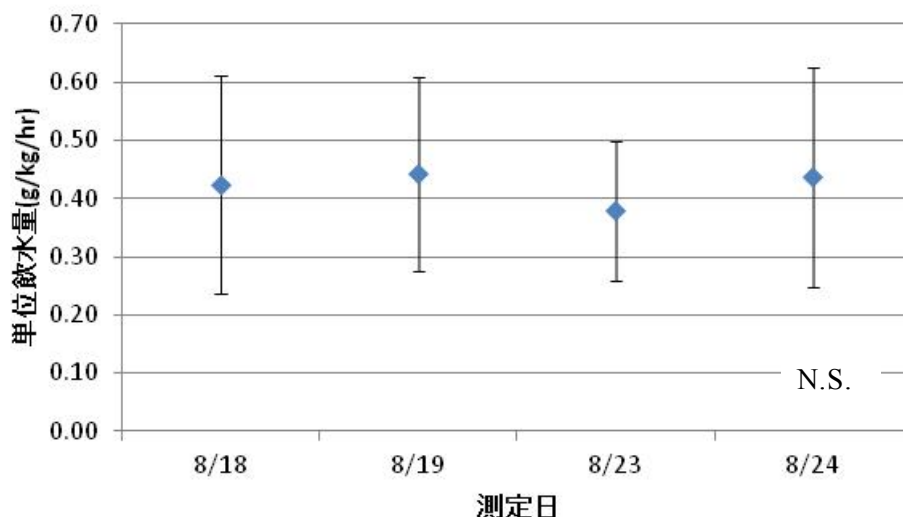


図 1. 日程と単位飲水量の関係

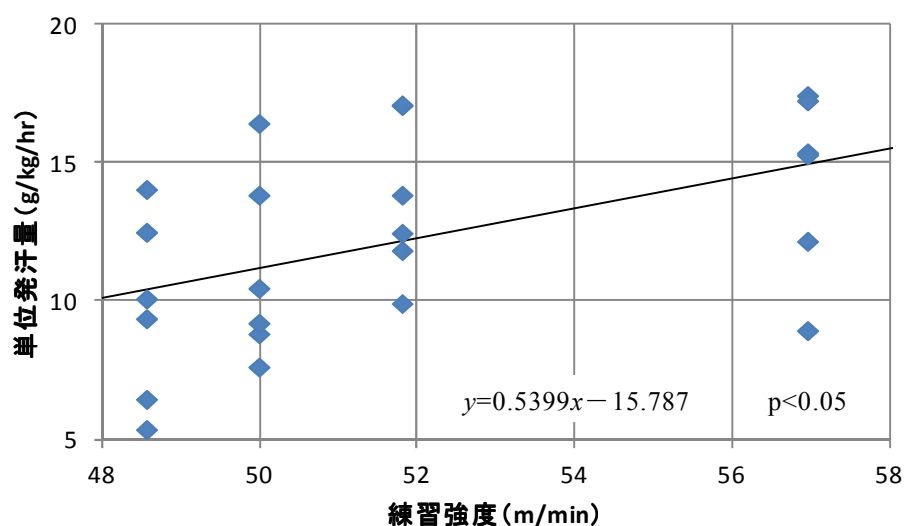


図 2. 練習強度と単位発汗量の関係

(3) 水分補給について

補給率と実際脱水率の関係を図 1 に示す。表 2 より 2 つの相関は高く（ $r=-0.914$, $p<0.01$ ），回帰式を求めたところ，式

$$y = -0.0259x + 2.63$$

を得た。脱水率となる y 切片が 2.63% と表 1 の値とほぼ変わらないことから、この式を水分補給の目安とすることができると考えられる。競技パフォーマンスに影響を与えないよう脱水率が 2% 以内に収めるためには、式より補給率が 24.3% であると算出された。よって練習時には発汗量の 4 分の 1 の水分を最低でも摂取することが望ましいと考えられる。具体的には、表 1 より発汗量の平均が 1.49kg であることから、最低でもその 4 分の 1 である約 400g の水分補給が望ましいと考えられる。

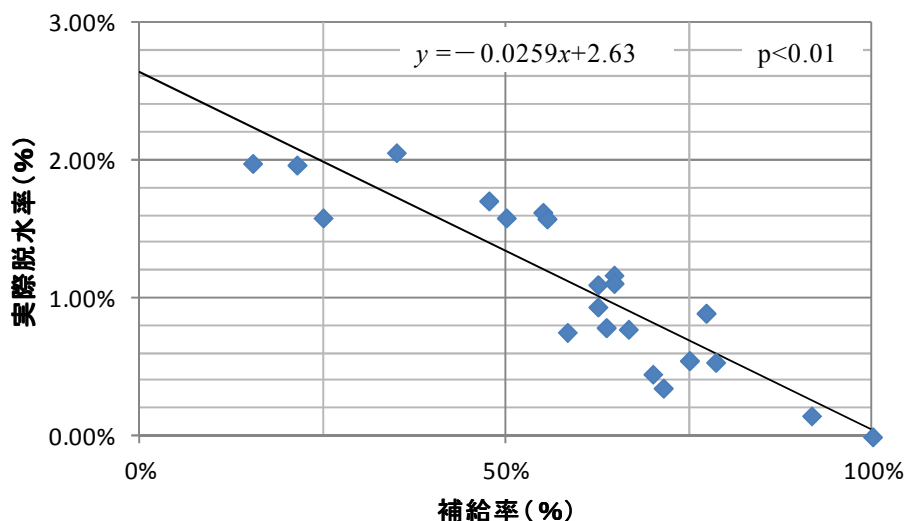


図 3. 補給率と実際脱水率の関係

4. まとめ

本研究より以下の知見を得た。

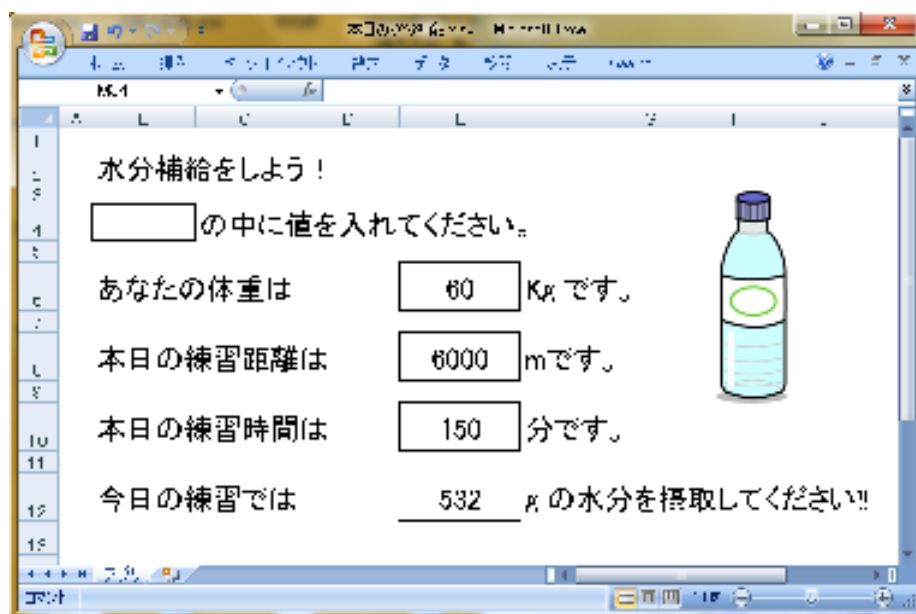
- ・水中運動下において水分補給なしでは脱水率が 2% を超えるため、練習中に水分補給を摂る必要がある。
- ・水泳は水中で運動するため、気温、湿度による影響は少なく、一定の飲水習慣を有している。しかしながら練習強度によっては飲水を増やす必要がある。
- ・練習時にはパフォーマンスの低下を防ぐために 400g 以上の水分補給をする必要がある。

本研究では、高校生の競泳選手を対象に水泳運動時の身体的変化について調査したが、選手らには熱中症や脱水症状は見られなかった。これは飲水習慣をつけているために運動する上で水分補給はパフォーマンスを維持するためには不可欠なものであり、常日頃から飲む習慣をつけることが必要であることを認識しているからである。実際、熱中症に関する知識はほとんど持っていなかったが、計測していくうち、選手らは自身の身体的変化に興味を持つようになった。

選手らは効率の良い練習を行うために飲む習慣をつけているが、それだけでなく危険への予防にもつながるものと考えられる。自身の身体的変化を知ることは効率よく練習を可能とし、自身の身体知についてより深い理解につながる。効率のよい練習とは危険な因子を取り除くことであり、安全に練習をするためには不可欠なものである。このように競技力を向上させるには、日々の体重の管理、水分摂取など習慣づけることが安全に練習を行う上で重要である。

6. 指標の作成

得られた知見より図4のようなその日の練習にどれくらいの水分量が必要かを知ることができるよう、アプリケーションの開発を行った。体重と練習距離および練習時間を入力すると必要な飲水量が表示される。このように安全に練習できるように指標を作ることは、今後の練習に役立つものと考えられる。



水分補給をしよう！

の中に値を入れてください。

あなたの体重は Kg です。

本日の練習距離は m です。

本日の練習時間は 分です。

今日の練習では 532 g の水分を摂取してください!!

図4. 水分補給のためのアプリケーション

謝辞

本研究を行うにあたり、研究大会に参加するに当たりご尽力をいただいた和歌山県高等学校体育連盟の田村登志樹会長および山本明広理事長、指導・助言をいただいた和歌山県立向陽高等学校の上野真吾先生、実験等に協力していただいた和歌山北高校水泳部、向陽高校水泳部の部員にこの場を借りて感謝の意を表します。

参考文献

- ・森本武利，運動時の熱中症予防，体力科学，2007，9-10
- ・日本体育協会編，スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック，2008
- ・芳田哲也，高西敏正，中井誠一，寄本明，森本武利，脱水量および発汗量と運動能低下度との関係，体力科学，1997，46(6)，914
- ・田井村明博，管原正志，ジュニア水泳選手の水分摂取パターンについて，長崎大学教養部紀要 人文科学篇，1996，37(1)，269-278
- ・川原貴，朝山正己，花輪啓一，丹羽健市，大貫義人，戸苅晴彦，梶原洋子，井川正治，田中英登，平下政美，中井誠一，宮側敏明，井上芳光，倉掛重精，伊藤静夫，森丘保典，ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究 -第1報-，医・科学研究報告書，日本体育協会，2000
- ・川原貴，花輪啓一，田辺実，丹羽健市，大貫義人，戸苅晴彦，梶原洋子，小松裕，田中英登，井川正治，平下政美，朝山正己，森悟，森本武利，中井誠一，宮側敏明，井上芳光，菅原正志，倉掛重精，土居達也，桜井政夫，伊藤静夫，森丘保典，ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究 -第2報-，医・科学研究報告書，日本体育協会，2001