

屋内環境下における高校生の水泳運動時の身体変化の実態について

～ 屋内プールの水分補給が足りていない？ ～

関西大学第一高等学校

長谷部 記 子

1. はじめに（研究の背景）

「大阪府部活動の在り方に関する方針」には「近年、気候変動等により、暑熱環境が悪化し、学校の管理下の活動、とりわけ夏季の部活動において熱中症事故が懸念されることから、活動前、活動中、終了後にこまめに水分や塩分を補給し、休憩を取るとともに、生徒への健康観察など健康管理を徹底するなどの事故防止対策を講じる。その際、「熱中症予防運動指針」（公益財団法人日本スポーツ協会）等を参考に、気象庁の高温注意情報が発せられた当該地域・時間帯においては活動を原則として行わないようにする等、適切に対応すること。」と示されている。

令和3年度からは全国で熱中症警戒アラートの運用が開始され、夏季休業中の多くの日でその発表がされた。近年の猛暑により、プールにおいても熱中症が問題となることも多くなっている。屋外プールにおける熱中症対策については、独立行政法人日本スポーツ振興センターが平成31年3月に「学校屋外プールにおける熱中症対策」を策定するなどその対策が進められている。しかし、近年は室内プールにおいても熱中症になる事例も報告されている。

そこで、屋内プールにおいて高校生の水泳運動時の身体的変化を明らかにすることで、屋内プールでの熱中症の予防に寄与できるのではないかと考え、今回の研究に至った。

2. 研究の目的

体育活動における熱中症予防調査研究報告書（独立行政法人日本スポーツ振興センター平成26年3月）では「運動時には筋で大量の熱が発生するため、熱の放散が問題となる。激しい運動では安静時の10～15倍の熱が発生するが、これは20～30分で体温を4℃上昇させる熱に相当し、熱放散が制限された状況では容易にうつ熱が生じることが理解できる。高温環境の運動では大量の発汗が生じるため、水分を補給しないと脱水になる。脱水では循環が悪くなるため熱放散の効率が低下し、さらにうつ熱が生じやすくなる。」と報告されている。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。

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℃の体温が低下することや、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。

スポーツ活動中における熱中症については、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。

また、「第47回全国高等学校体育連盟研究大会」において和歌山県より発表された「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」（以下、「47回研究発表」）では、山本らが屋外環境下のプールにおける調査により、水泳運動時に必要となる水分摂取量について、選手の体重と練習距離、練習時間により算出できる指標を報告している。

近年の猛暑により、屋内環境下のプールにおいても夏場は水温調整ができず、水温は32℃

くらいまで上昇する。屋内の湿度も高く、屋内プールにおいても熱中症となる事例が報告されている。

そこで、本研究では、屋内環境下（屋内プール）における高校生の水泳運動時の身体変化の実態について調査するとともに、「47回研究発表」の結果と比較検討を行い、屋内環境下における水中運動時の身体変化の実態を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

以下の条件で実験を実施した。

（1）被検者

被検者は高校水泳部に所属する男子競泳選手7名、女子競泳選手3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ブロック（近畿）大会出場レベルの選手であった。選手らは日頃から水分補給を行う習慣にある選手である。

（2）実験期間・場所

実験は8月23日～25日・27・28日の5日間、9月1・3・4・7・10日の5日間、計10日間の練習時に行った。8月23日は午前8時から11時、24日は午前9時から12時、25・27・28日は午後1時から4時、9月1日は午前11時～午後1時、9月4日は午後1時～4時、9月3・7・10日は午後4時～午後6時の時間帯で実施した。場所はK高校屋内プール（25m×7レーン、水深1.2～1.35m）で行った。なお、この時期のトレーニングプログラムは、レースを想定したスピード練習並びに有酸素的な練習を主とし、練習距離等は異なるものの、内容に関しては大きな差を設けないこととした。

（3）計測項目

デジタル温湿度計（京都電子工業株式会社製、WBGT-103）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、湿度を計測する。またデジタル体重計（タニタ社製、BC-621）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する。また熱中症対策のため、運動中の水分補給を指示する。水分は統一のものとし、アクエリアスと水を1：1の割合で作成したものを補給させる。

（4）分析項目

以下の様に分析項目を算出した。

- ① 運動強度（m/min）＝練習距離（m）／練習時間（min）
- ② 体重減少量（kg）＝練習前体重（kg）－練習後体重（kg）
- ③ 飲水量（kg）＝練習前ボトル重量（kg）－練習後ボトル重量（kg）
- ④ 発汗量（kg）＝体重減少量（kg）＋飲水量（kg）
- ⑤ 単位飲水量（g/kg/hr）＝飲水量（g）／練習前体重（kg）／練習時間（hr）
- ⑥ 単位発汗量（g/kg/hr）＝発汗量（g）／練習前体重（kg）／練習時間（hr）
- ⑦ 飲水率（％）＝飲水量（kg）／練習前体重（kg）×100
- ⑧ 脱水率（％）＝発汗量（kg）／練習前体重（kg）×100
- ⑨ 実際脱水率（％）＝体重減少量（kg）／練習前体重（kg）×100
- ⑩ 補給率（％）＝飲水量（kg）／発汗量（kg）×100

(5) 統計処理

運動強度を除く分析項目について相関係数を算出する。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う。運動強度と単位発汗量の相関係数を求め、有意水準は危険率5%未満を有意とする。

4. 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1.88%、実際脱水率は1.26%、補給率は約36%であった。屋外環境下のプールにおける先行研究では、脱水率は2.59%、実際脱水率は1.03%、補給率は約62%であったことから、屋内環境下のプールにおいては、脱水率は高くないものの、補給率が約36%であり、水分補給が不足する傾向にあることがわかった。本研究の結果が屋外環境で行われた先行研究と比較して脱水率が低い傾向にあることは、今回の実験の実施期間と場所が影響していると考えられる。先行研究では実施期間の気温が年内でも高くなりやすいと予想される8月中旬頃に実施され、更に屋外環境下で実施されているため直射日光などの影響により発汗量が増加する傾向にあったことが推測される。一方で本研究では、実施期間が8月の下旬から9月中旬と気温が低いと予想される状況であったことに加えて屋内環境下であったため直射日光の影響などを受けることがなく発汗量が低く、脱水率も低い傾向にあったのではないかと考えられる。しかしながら、発汗量や脱水率は低い傾向にあるものの実際脱水率に関しては室外環境より高値を示した。これらの要因として、今回の実施期間が先行研究よりも気温が低くなりやすい環境で実施されたことから選手らは指示された時以外で自主的に水分を取ることが少なかった可能性が考えられる。今回の実験では全体の傾向として脱水率が2%を超えることはなかったものの、期間や地域または個人差などによっては脱水率が2%を超える可能性は十分考えられる。吉田ら(1998、1999)の研究で脱水率が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ため、室内環境においても指導者の指示及び生徒の自主的な水分補給によって体内の水分量を維持

表1. 分析項目

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)
0.78(±0.78)	0.37(±0.19)	1.15(±0.48)	3.29(±1.62)	9.96(±3.49)

飲水率(%)	脱水率(%)	実際脱水率(%)	補給率(%)
0.61(±0.30)	1.88(±0.66)	1.26(±0.64)	35.83(±20.29)

表2. 実験時WBGT

8月					
	8月23日	8月24日	8月25日	8月27日	8月28日
練習前	27.2	26.8	29.1	28.1	29.3
練習中	28.8	28.2	29.4	29.5	29.6
練習後	29.2	28.2	29.5	29.4	29.3
平均値	28.4	27.7	29.3	29.0	29.4

9月					
	9月1日	9月3日	9月4日	9月7日	9月10日
練習前	27.5	26.7	26.5	26.5	25.9
練習中	28.3	26.2	27.6	26.7	26.5
練習後	29.1	26.4	27.4	25.8	26.7
平均値	28.3	26.4	27.2	26.3	26.4

8月	表 3. 練習距離、時間、強度				
	8月23日	8月24日	8月25日	8月27日	8月28日
練習時間(min)	125	120	130	100	100
練習量(m)	5050	5350	5000	4000	2800
練習強度(m/min)	40.4	44.6	38.5	40.0	28.0
9月	9月1日	9月3日	9月4日	9月7日	9月10日
練習時間(min)	100	100	160	100	100
練習量(m)	4400	4050	6500	4200	4450
練習強度(m/min)	44.0	40.5	40.6	42.0	44.5

	運動強度	WBGT	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	補給率	実際脱水率
運動強度	1.00										
WBGT	** -0.57	1.00									
体重減少量 (kg)	-0.06	0.19	1.00								
飲水量 (kg)	-0.09	*0.21	0.03	1.00							
発汗量 (kg)	-0.09	*0.25	**0.92	**0.43	1.00						
単位飲水量(g/kg/hr)	-0.12	0.20	-0.15	**0.93	*0.24	1.00					
単位発汗量(g/kg/hr)	-0.18	**0.3	**0.79	**0.39	**0.88	**0.36	1.00				
飲水率(%)	-0.09	*0.22	-0.10	**0.98	**0.30	**0.95	**0.30	1.00			
脱水率(%)	-0.13	**0.31	**0.89	**0.40	**0.97	*0.24	**0.90	**0.31	1.00		
補給率 (%)	0.01	0.01	** -0.71	**0.59	** -0.41	**0.66	** -0.40	**0.67	-0.43	1.00	
実際脱水率 (%)	-0.09	*0.22	**0.98	-0.04	**0.87	-0.20	**0.80	-0.15	**0.90	** -0.76	1.00

*p>0.005 **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。結果として有意差は見られなかった（図 1）。今回の実験では練習強度と単位発汗量の間に有意な相関は得られなかったものの WBGT 平均と単位発汗量の間に有意な相関が得られた（ $r = 0.30$ 、 $p < 0.05$ ）。

単位飲水量に関しては練習中指導者が指示を行っていたことや水泳競技の競技特性上、水上環境にあまり影響されることなく一定の飲水量を確保していたと考えられる。

また、今回の研究では練習強度と単位発汗量の間に有意な相関が見られなかった（図 2）。このことについては今回の実施環境が気温などが高くなりにくい環境であったことに加え、練習強度も屋外環境下で行われた先行研究よりも低い強度で行われたため発汗量が急激に増加するレベルの練習内容ではなかったことが示唆される。一方で単位発汗量と WBGT 平均値の間には微弱ながらも有意な相関が見られた（図 3）。このことから室内環境であっても脱水状態と無関係であることは無いため当日の練習強度のみならず気温や WBGT の値を確認した上で指導者及び競技者が水分補給を調節する必要があると考えられる。しかしながら、練習強度がどのレベルまで上がれば発汗量が急激に増加するのかといった内容の調査や気温や WBGT が一定の水準を超えれば発汗量に急激な変化が現れるのかといった内容については調査が不足しているため今後はこれらの内容について調査を進める必要がある。

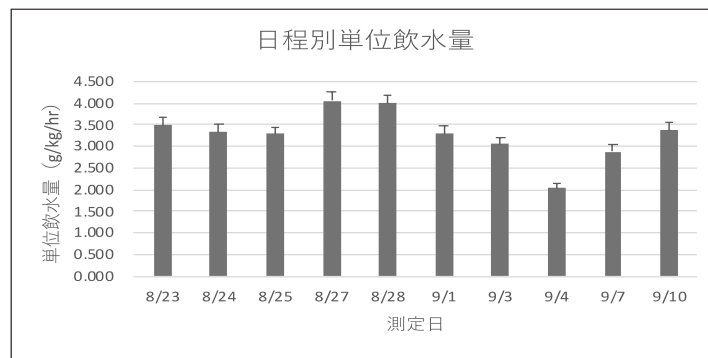


図 1. 日程と単位飲水量の関係

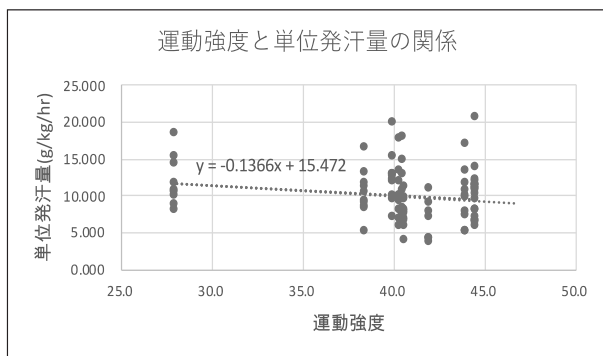


図 2. 運動強度と単位発汗量の関係

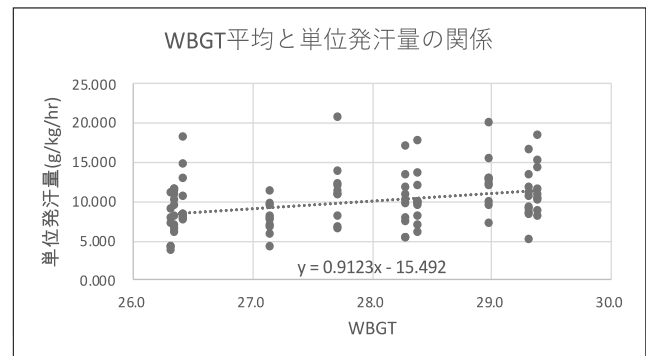


図 3. WBGT 平均と単位発汗量の関係

5. まとめ

本研究では、室内環境下における水泳運動の水分補給について有用な知見を得ることを目的として、高校生の競泳選手を対象に水泳運動時の身体的変化を室内環境下において調査した。実験は8月の下旬に5日間、9月の上旬から中旬にかけて5日間の合計10日間に渡って行われた。対象選手の競技レベルは地区大会出場レベルからブロック大会出場レベルまで様々であったが実験結果より全体の傾向として脱水症状は見られなかった。しかしながら、個々のデータについて見ると脱水率が2%に近い日もあったため室内環境においても適切な水分補給の指導を行う必要がある。また、本研究は室外環境下で行われた先行研究と比較して気温などが低い環境にあったと考えられ、練習強度も低いものであったため発汗量が低下する傾向にあったと考えられる。しかしながら、今回の研究では練習強度と発汗量の関係などについて詳細な調査を行うことができていない。今後は練習強度や気温が一定の水準を超えた場合に発汗量との相関に変化を示すのか等の詳細な調査を進めていく必要があると考える。

謝辞

本研究を行うにあたり、指導・助言をいただいた大阪教育大学大学院連合教職実践研究科大学院生の宇和川弘基先生、実験に協力していただいた関西大学第一高等学校水泳部の部員に感謝の意を表します。