

国内トップ選手における 40km 走時の発汗と脱水状況の調査

瀧澤 一騎¹⁾ 杉田 正明²⁾ 松生 香里³⁾ 岡崎 和伸⁴⁾ 橋本 峻²⁾ 宗猛⁵⁾ 酒井勝充⁶⁾
1) アスリート・ラボ 2) 三重大学 3) 東北大学 4) 大阪市立大学 5) 旭化成
6) コニカミノルタ

はじめに

オリンピックや世界陸上は夏期に開催されるが、夏期は長距離種目やマラソンのパフォーマンス発揮にとって不利になる。夏期は冬期と比べて気温が高く、湿度も高いことが多いため、競技中の体温が上昇しやすくなるからである。一般に、脳や心臓など身体内部の温度（深部体温）がおおよそ 40 度を超えるとその強度での運動継続が困難になると考えられており (Ely et al., 2009), 長距離やマラソンなどでは競技中にできるかぎり深部体温を上昇させないようにすることが重要である。また、体温(体熱)は放射, 伝道, 対流, 蒸散によって外部環境とやりとりされているが, 外気温が体表面の温度(おおよそ 30 度)を超えると汗による蒸散でしか放出することはできないとされている(瀧澤と石井, 2013)。したがって, 暑熱環境下において長距離種目やマラソンのパフォーマンスを維持・向上させるためには発汗機能が重要となってくるのが考えられる。

体温の過度な上昇を防ぐためには発汗が重要となるが, 発汗そのものもパフォーマンス低下要因となる。日本体育協会によると, 発汗によって 2% の体重低下が起こることで持久性のパフォーマンスは低下するとされている(川原ら, 1994)。故に, 長距離種目やマラソンにおいては運動前や競技中における給水によって体水分量の維持をしておくことが, 暑熱環境下でパフォーマンス低下を防ぐ手立てとなり得る。また, 汗中にはナトリウムやカリウム, カルシウムなどの電解質も含まれており, 水分だけではなく電解質の損失もパフォーマンスに影響を及ぼしている可能性も考えられる。選手に対して「暑さに強い / 弱い」という評価がされることがあるが, 競技前後の脱水レベルや競技中の発汗量, 汗中電解質濃度などが暑さへの対応力に関与しているかもしれない。

そこで, 我々は 2015 年 9 月に行われたマラソン・ナショナルチームと日本実業団連盟選抜の合同合宿において, 国内トップレベルの長距離選手のトレーニングにおける発汗や脱水の状況について調査を行った。

対象と方法

対象

対象は, 2015 年 8 月 31 日から 9 月 9 日の期間で北海道士別市において行われたマラソン・ナショナルチームと日本実業団連盟選抜の合同合宿に参加し, 最終日前日(9 月 8 日)の 40km 走を行った 10 名とした。

調査の概要

体内の水分状況を把握するため, 40km 走の当日起床直後と練習後最初の尿を採取し, アタゴ社製 PAL-09S を用いて尿比重を測定した。

汗中の電解質濃度を測定するため, 岡崎らの方法(2015)に倣い 40km 走前のウォーミングアップ終了後, スタート直前に右側胸部に 7.5 × 7.5cm のガーゼを貼付し, レース後回収することによって汗を採取した。貼付部分およびその周囲は, 蒸留水と脱脂綿によって汗や付着物を拭き取り, 乾燥した脱脂綿によって水分をできる限り除去してからガーゼを貼付した。汗採取用のガーゼはオオサキメディカル社製滅菌クロスガーゼコットン 7 号を使用し, ポリエチレンフィルムおよび粘着性透明創傷被膜保護材(テガダームフィルム, 3M 社製)によって貼り付けた。40km 走終了後, ガーゼを剥がしポリエチレンバッグに密封し, その後汗を含んだガーゼを注射器(テルモシリンジ 20ml, テルモ社製)に入れて, ポリスピッツに絞り出して採取した。

表 1. 40km 走における 5km 毎の通過タイムと各 5km のタイム

距離	5km	10km	15km	20km	25km	30km	35km	40km
総タイム	17' 28"	34' 56"	52' 24"	1° 09' 51"	1° 27' 10"	1° 44' 28"	2° 01' 51"	2° 19' 13"
5km 毎	17' 28"	17' 28"	17' 28"	17' 27"	17' 19"	17' 18"	17' 23"	17' 22"

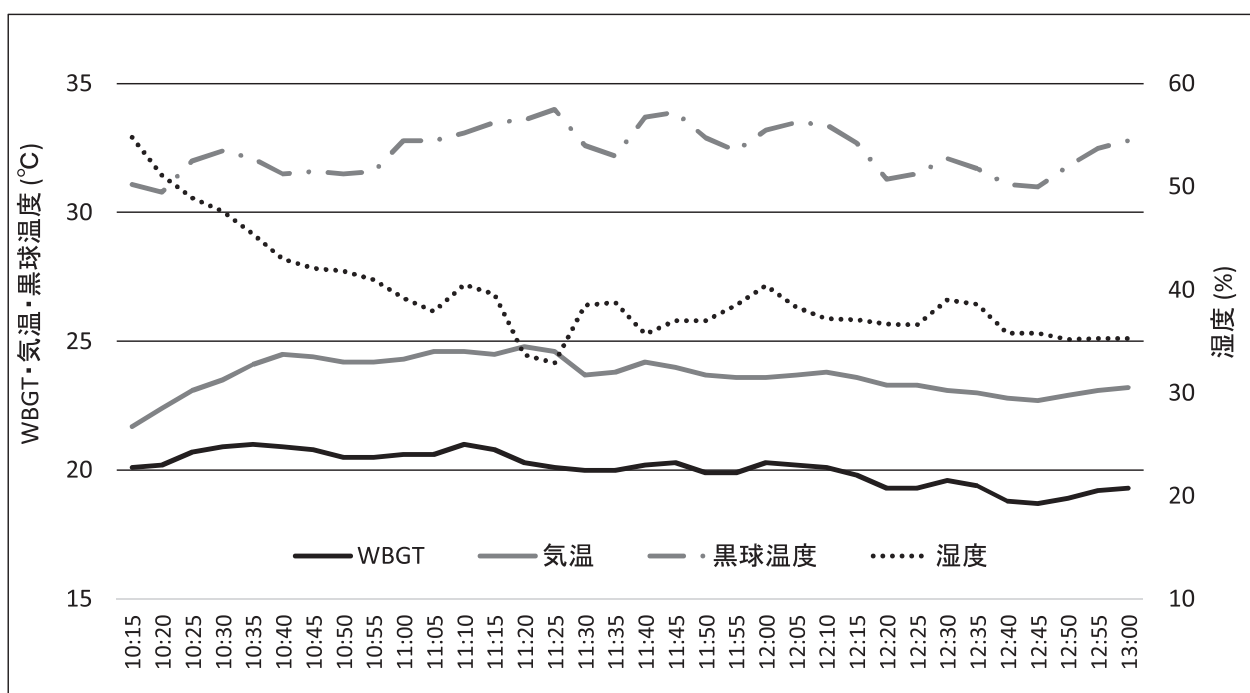


図 1. 40km 走中における気温，黒球温，湿度，WBGT

日本体育協会による指針では，WBGT で 21℃以下はほぼ安全，21～25℃は注意，25～28℃は警戒，28～31℃は嚴重警戒，31℃以上は運動は原則中止，とされる。

40km 走での脱水量を推定するために，直前と直後に体重計（デジタル台はかり，エー・アンド・デイ社製）によって 10g 単位で体重を測定した．代表する選手 1 名について，40km 走中に着用したウェアと靴や靴下の重量を前後で比較し，その重量が 200g であったことから，練習後の体重から 200g を差し引いた値を評価の対象とした．

40km 走のスタート 15 分前より終了 5 分後までを通じて 5 分毎に，WBGT 計によって気温，黒球温，湿度を測定し，また算出された WBGT を記録した．

結果と考察

対象とした選手は午前 10 時 30 分にスタートして集団で走行し，一時的に少し離れる選手もいたが，最終的には全員が 2 時間 19 分 13 秒で走り終えた．5km 毎のタイムを表 1 に示す．

40km 走中の天候は晴れであった．また，走行中の気温，黒球温，湿度，WBGT を図 1 に示す．9 月上旬に行われた合宿中に行われた練習であったが，気温・湿度共に暑熱環境といえるほどの上昇は見ら

れなかった．40km 走中の WBGT は平均するとおおよそ 20℃程度であり，日本体育協会の指針（川原ら，1994）に照らし合わせても，熱中症に関しては「ほぼ安全」と判断される環境であった．

前後での体重変化を表 2 に示す．環境としては過酷ではなかったにも関わらず，40km 走前後での体重減少は 5%にも及んでいた．今回，給水量については測定をしていないため正確な発汗量と給水量は不明であるが，ある程度以上の発汗があったことと給水量が発汗量に見合っていなかったことが推察される．今回の 40km 走のペースはそれほど速くなかったことと，環境温があまり上がっていなかったこともあり，対象とした選手にとってはそれほど過酷ではなかったために給水をあまり摂らなかったのかもしれない．

当日の起床直後と 40km 終了後最初の尿比重について，図 2 に示す．今回測定に使用した機器では，1.025 以上の比重が脱水状態であるとされている．ほとんどの選手が起床直後の尿においても 1.025 以上を示しており，練習の前段階から脱水傾向であったことが推察される．また，7 名の選手で 40km 走

表 2. 40km 走の直前と直後における体重
 練習後の体重については，着衣についた汗を考慮して前後の差と減少量は 200g 差し引いたもので評価した.

	練習前 (kg)	練習後 (kg)	練習後 (吸水量差引後) (kg)	前後の差 (kg)	減少率 (%)
A	57.43	54.36	54.16	3.27	5.69
B	61.30	58.76	58.56	2.74	4.47
C	48.48	46.16	45.96	2.52	5.20
D	63.48	61.05	60.85	2.63	4.14
E	55.20	52.61	52.41	2.79	5.05
F	55.20	52.16	51.96	3.24	5.87
G	57.64	54.98	54.78	2.86	4.96
H	54.25	51.76	51.56	2.69	4.96
I	56.67	54.22	54.02	2.65	4.68
J	56.89	54.24	54.04	2.85	5.01
平均	56.65	54.03	53.83	2.82	5.00
標準偏差	4.04	4.02	4.02	0.25	0.52

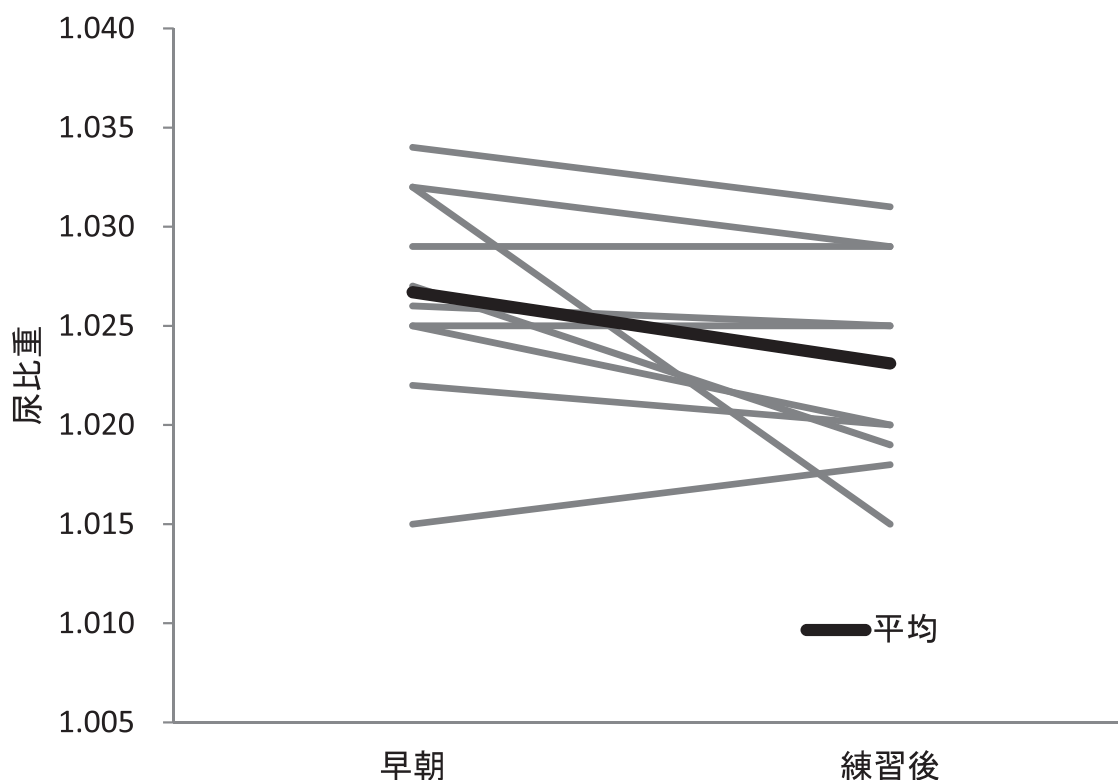


図 2. 40km 走当日の起床直後と練習後における尿比重
 灰色線は各選手のデータ，黒線が全体の平均。1.025 以上は脱水と判定される。

後に起床時よりも比重が下がっており，練習後の給水は行っても練習前はあまり意識されていない可能性が伺えた。しかし，今回は選手の負担も考慮して 40km 直前ではなく，開始 5 時間程度前の起床時のものを練習前として採用した。したがって，40km 走直前では異なっている可能性もある。また，

今回は合宿の最終日前日，ということで前 8 日におけるトレーニングの積み重ねもあり，脱水が亢進していたことも考えられる。しかしながら，起床時における尿比重から脱水と判断される選手が 10 名中 8 名いたことはコンディショニングにとって決して良いとは言えず，水分摂取に関する啓蒙の必要性が

表 3. 40km 走中における汗中のナトリウム, カリウム, カルシウムの濃度

	汗ナトリウム濃度 (ppm)	汗塩分濃度 (%)	汗カリウム濃度 (ppm)	汗カルシウム濃度 (ppm)
A	770	0.196	230	7
B	1100	0.279	120	10
C	1400	0.356	120	10
D	690	0.175	140	14
E	1500	0.381	130	13
F	2300	0.584	110	7
G	1700	0.432	110	7
H	2400	0.610	120	9
I	1500	0.381	88	12
J	1000	0.254	120	15
平均	1436	0.365	129	10
標準偏差	583	0.148	38	3

あるだろう。

汗中の電解質濃度について、表 3 に示す。電解質濃度に関しては、今回の調査では明確な傾向は発見できなかった。汗中の電解質濃度は身体の部位によって異なるとされているが、全身での電解質濃度と胸部または大腿部の電解質濃度で高い相関が認められることから (Baker et al., 2009), 今回は選手の負担も考慮して胸部から採取した。実際の電解質損失量は、測定部位や発汗量、または走行中の給水量や成分とも関わるため今回の調査だけで判断するのは難しい。ナトリウムについては個人差も非常に大きいため標準偏差も大きくなっている。カリウムやカルシウムについては、ナトリウムほど個人差は大きくはなかった。上述した通り、今回の 40km 走は対象とする選手にとって走行速度や環境温が過酷とは言えなかった。したがって、より強度の高い内容や、気温・湿度共に高い環境であれば電解質の量や比率が変化して、暑熱環境に対する強弱や対応力を向上するうえでの手がかりが得られるかもしれない。

謝辞

測定にご協力頂いた選手の皆様と、各所属チームの指導者の皆様に深く感謝いたします。

文献

Baker LB, Stofan JR, Hamilton AA, Horswill CA. (2009) Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 107 (3),

887-895.

Ely BR, Ely MR, Cheuvront SN, Kenefick RW, Degroot DW, Montain SJ (2009) Evidence against a 40 degrees C core temperature threshold for fatigue in humans. *J. Appl. Physiol.* 107 (5), 1519-1525.

川原貴, 中井誠一, 白木啓三, 森本武利, 朝山正巳 (1994), スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 財団法人日本体育協会.

岡崎和伸, 松生香里, 瀧澤一騎, 三浦康二, 杉田正明, 今村文男, 宗猛, 酒井勝充 (2015) 長距離および競歩選手における汗中の電解質濃度の分析. 陸上競技研究紀要, 第 10 巻 (第 1 号), 146-149.

瀧澤一騎, 石井好二郎 (2013), スポーツと体温調節, スポーツ生理学. 富樫健二 (編). 化学同人, p. p. 153-164.