

競歩夏期合宿における調査について

岡崎和伸¹⁾ 三浦康二²⁾ 瀧澤一騎³⁾ 橋本 峻⁴⁾ 杉田正明⁴⁾ 今村文男⁵⁾

1) 大阪市立大学 2) 成蹊大学 3) アスリーツ・ラボ 4) 三重大学 5) 富士通

はじめに

オリンピックや世界選手権などの夏期に実施される競技会で好成績を得るには、暑熱環境への対策が不可欠である。特に、夏期のマラソンなどの長距離および競歩種目では、レース中に身体内部の体温(深部体温)の上昇を抑えることが高いパフォーマンスを発揮するカギとなる(1)。夏期の競技が実施される暑熱環境下では、体内の熱を放散する機構(熱放散機構)において、発汗が最も重要となる(1)。しかし、汗は体液から作られるため、汗をかくほど体内は脱水することとなる。また、体液中の濃度よりは低いものの、汗中にはナトリウムを中心とした電解質が含まれている。そのため、レース中に水分および電解質を適度に補給し回復しなければ、パフォーマンスの低下を招くこととなる(1)。また、レース前に既に脱水していれば、同様にパフォーマンスは低下することとなる(1)。このように、長距離および競歩選手では、レース中のみならずレース前においても、水分および電解質を適度に補給し脱水を避ける必要がある。

これらを背景とし、我々は、2013年度からマラソンレース時(2)や長距離および競歩の合宿時(3)において、暑熱対策を視野に入れた生理学的調査を実施している。2014年度に実施した長距離および競歩選手の夏期合宿中の調査において、汗中の電解質濃度、特にナトリウムイオン濃度には大きな個人差が認められること、さらに、汗中ナトリウムイオン濃度の低い選手ほど暑さに強い傾向が認められることを報告した(3)。この結果は、各選手の特性に合わせた暑熱対策が必須であることを示している。つまり、各選手が暑熱環境下のレースで好成績を得るためには、脱水状況や汗への電解質損失量を把握し、それに合わせた事前のコンディショニング・対処方法に加え、レース中の給水の量および組成を検討しておく必要がある。

そこで本調査では、夏期に実施される長距離および競歩における暑さ対策の基礎資料を得ることを目的とし、競歩の夏期合宿において、練習中の汗の電解質濃度、総発汗量および電解質損失量を測定した。ここでは、その結果の一部を報告する。

方法

1) 対象選手

千歳市で実施された競歩ブロック合宿(2015年7月18日～7月27日)、および、競歩種目別合宿(2015年7月28日～8月6日)に参加した競歩選手14名(男子12名、女子2名)を対象とした。対象には、2015年世界陸上競技選手権大会(北京)の日本代表選手5名(男子20km競歩3名、男子50km競歩3名、女子20km競歩1名)が含まれる。

2) 測定の概要

期間中の各ポイント練習時に、体重、脱水量、給水量、総発汗量を計測し、胸部の汗を採取した。また、気温、湿度、黒球温度、湿球黒球温度(WBGT)をWBGT計によって5分毎に計測した。

1. 体重、脱水量、給水量、および、総発汗量の測定

ウォーミングアップ終了後の練習スタート前およびゴール直後に体重を10g単位で計測(デジタル台はかり、エー・アンド・デイ社製)した。着衣に付着した汗を200gとし、ゴール後の計測値から200gを差し引いた値をゴール後の体重として評価した。体重の変化から脱水量および脱水率を算出した。また、各選手の給水用ボトルの重さをスタート前およびゴール後に10g単位で計測(同上)し、重さの変化から給水量を計測した。脱水量に給水量を加えた量を練習中の総発汗量とした。

表 1. ポイント練習の内容

選手	練習内容							
	7月20日	7月21日	7月25日	7月26日	8月2日	8月3日	8月4日	8月5日
A	25k	30k	25k	15k	20k	4k-3k-3k-2k	20k	30k
B	15k		30k	20k				
C				30k	30k	25k		
D	22k		15k		35k			
E	30k		30k	30k				
F			45k	30k				
G	15k		20k	15k				
H	25k		20k	30k	40k	20k	30k	
I	25k		20k	30k	35k	20k	30k	
J	25k		20k	20k	25k	20k	12k	
K	25k	20k	35k	40k	20k	30k		
L	25k	20k	30k	40k	20k	20k		
M	15k	20k	20k	20k	20k	15k		
N				30k		20k	20k	

灰色背景の練習時に汗の採取・分析を実施した。

表 2. ポイント練習時の環境条件

環境条件	7月20日	7月21日	7月25日	7月26日	8月2日	8月3日	8月4日	8月5日
気温(°C)	24.4°C 22.3-25.7	22.4°C 21.8-23.5	21.9°C 21.7-22.3	22.0°C 21.4-22.8	27.1°C 23.7-29	23.7°C 23.0-24.5	23.2°C 22.9-23.6	29.6°C 28.2-30.6
湿度(%)	67% 62-77	75% 69-80	98% 93-99	91% 85-95	53% 47-68	78% 74-81	90% 87-91	56% 54-58
湿球黒球温度(°C)	23.2°C 22.0-23.2	21.8°C 21.1-23.0	22.0°C 21.6-22.7	22.1°C 21.6-22.9	24.4°C 22.2-25.7	22.6°C 22.0-23.4	22.8°C 22.6-23.0	27.0°C 26.1-27.7

上段に平均値、下段に最低値および最高値を示した。

2. 汗の採取

我々が陸上競歩および長距離選手において報告した方法(3)を用いて、右側胸部(採取部位表面積7.5cm×7.5cm)の汗を採取した。ウォーミングアップ終了後の練習スタート前に、蒸留水を含ませた紙および脱脂綿を用いて汗採取部位およびその周辺の汗および付着物を拭き取り、乾いた紙および脱脂綿を用いて水分を完全に拭き取った。その後、綿(滅菌クロスガーゼコットン7号、オオサキメディカル社製)、ポリエチレンフィルム、および、粘着性透明創傷被覆・保護材(テガダームフィルム、3M社製)で作成した汗採取パッチを採取部位に貼付した(3)。練習直後に汗採取パッチをはがし、ポリエチレンバッグに密封した。その後、汗を含んだ綿を注射器(テルモシリンジ20mL、テルモ社製)に入れ、汗をポリスピッツに採取した。

3. 汗中電解質濃度の測定

採取当日、携帯型コンパクトイオンメータ(LAQUAtwin B-700 シリーズ、HORIBA 社製)を用いて、汗中の電解質(ナトリウムイオン、カリウムイオン、および、カルシウムイオン)濃度を測定した。

4. 汗中電解質損失量の算出

汗中の電解質濃度に総発汗量を乗じて算出した。汗中の電解質濃度は、身体の部位によって異なるが、先行研究(4, 5)において、全身の汗中電解質損失と局所採取された汗による推定電解質損失の関係について、最も相関関係が高かった部位が大腿部および胸部であったことから、本測定では胸部の値を採用した。

結果と考察

測定を実施した選手の練習内容を表1に、練習時の環境条件を表2に示した。GおよびMは女子選手である。汗中のナトリウム、カリウム、および、カルシウムイオン濃度を、それぞれ、図1~図3に示した。各イオン濃度とも百万分率で示し、ナトリウムイオン濃度については、食塩(塩化ナトリウム)換算した値を合わせて示した。各日の練習内容や環境条件は異なるものの、測定を複数回実施した選手における各日の各イオン濃度は概ね同等の値を示した。2014年度に実施した長距離および競歩選手の夏期合宿中の調査(3)と同様に、汗中のナトリウムイオン濃度には、非常に大きな個人差が認めら

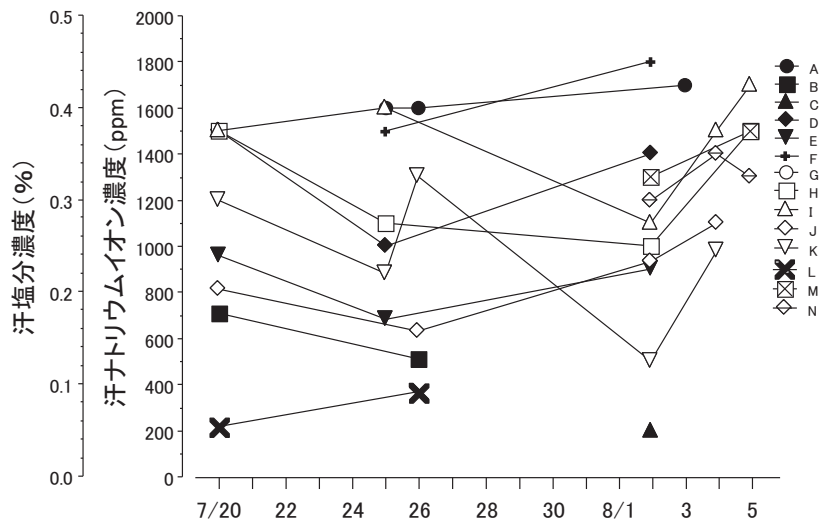


図 1. 汗中のナトリウムイオン濃度 (塩分濃度も合わせて表示)

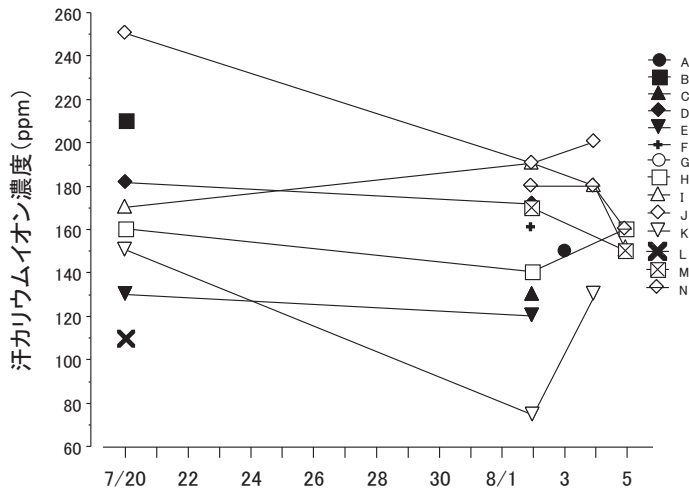


図 2. 汗中のカリウムイオン濃度

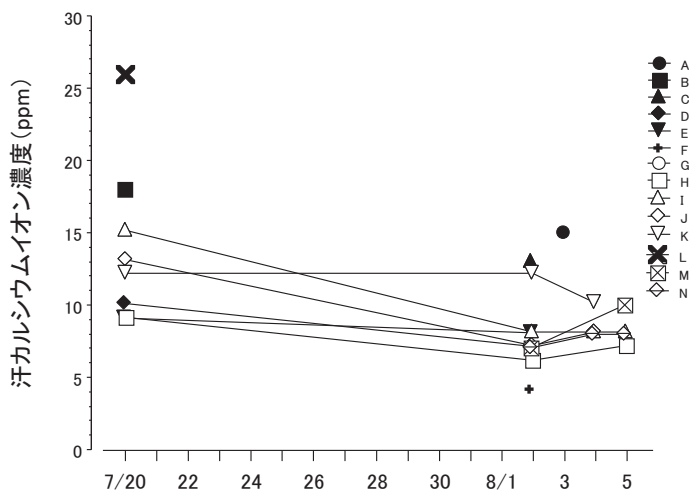


図 3. 汗中のカルシウムイオン濃度

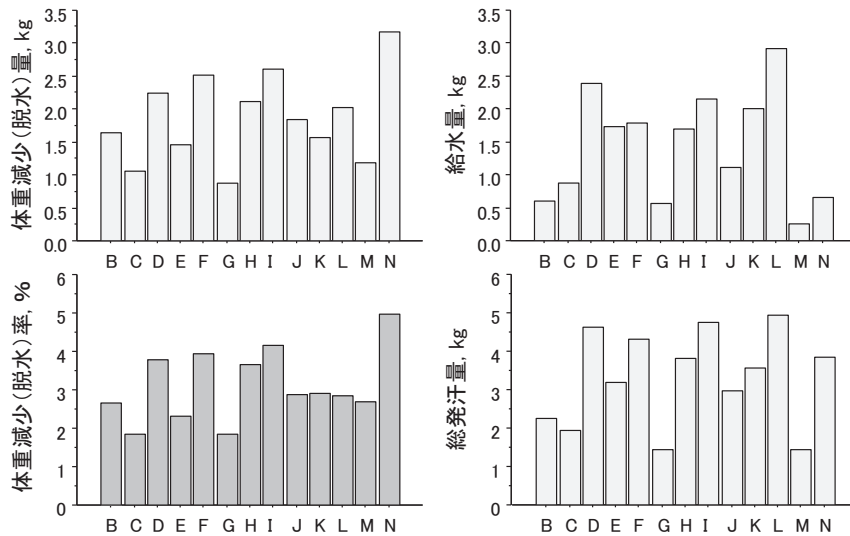


図4. 8月2日の練習時の体重減少量、体重減少率、給水量、および、総発汗量

れた。通常、汗中のナトリウムイオン濃度は、単位時間当たりの発汗量が多いほど高いが、暑熱馴化によって低下する (1)。したがって、気温や練習内容の異なる条件間では単純に比較はできないが、今回の調査において、汗中のナトリウムイオン濃度の最低値はC (8月2日) の200ppm (食塩濃度0.051%)、一方、最高値はF (8月2日) の1800ppm (食塩濃度0.46%) であり、9倍もの差が認められた。汗中の電解質濃度が高いほど、汗をかいた時に血漿量が低下しやすいため、運動能や熱放散能の低下を招きやすい (1)。つまり、運動中の心拍数および体温が上昇しやすく、脱水の影響を受けやすい。このように、汗中の電解質濃度の高い選手は、給水で汗より電解質濃度の低い水分を摂取していると血漿量が回復しにくいと考えられ、暑熱環境下において特に影響を受けやすい選手と考えられる。一方、年間を通して汗のナトリウムイオン濃度を継続的に測定すれば、各選手の暑熱馴化の程度や、暑熱馴化しやすさの程度を把握することが可能となると考えられる。

汗中のカルシウムイオン濃度は、ナトリウムイオン濃度に比べて数値は小さく、多くの選手で5~15ppmを示したが、L選手のように高い値を示すものも認められた。カルシウムイオンは、筋収縮や神経系の働きに重要な役割を担っていることから、汗中に多量のカルシウムが排泄される場合には、体内でのバランスが崩れ筋痙攣などを引き起こすことも考えられる。汗中に含まれる他のミネラルやビタミンなどを含め、汗中への排泄と生理的応答やパフォーマンスとの関連も今後検討する必要があると考えられる。

8月2日の練習時の体重減少量、体重減少率、給

水量、および、総発汗量を図4に示した。総発汗量および給水量は、体格の大きい選手ほど多く、また、練習の距離・時間が長いほど多くなる傾向にはあるが、体重減少(脱水)率は約2~5%であった。通常、脱水のレベルが体重の2%以上に達すると、脱水のレベルに応じて暑熱環境下の持久性パフォーマンスは低下する。特に、脱水のレベルが4~5%に達していた選手では、脱水のレベルを低く抑える対策が必要と考えられる。次に、汗中の電解質濃度および損失量を図5に示した。女子選手Mでは汗中の電解質損失量が低いですが、これは、練習の距離・時間が短く総発汗量の少ないためである。男子選手の汗中のナトリウム損失量は、汗中のナトリウムイオン濃度が高いほど多い傾向にあり、最小値はCの388mg (食塩1.0g)、最大値はFの7740mg (食塩19.7g) であり、約20倍もの差が認められた。また、汗中のカリウムイオン損失量については、最小値はCの252mg、最大値はIの903mgであった。汗中のカルシウムイオン損失量については、最小値はFの17mg、最大値はKの43mgであった。

脱水量や脱水率に加えて、汗中の電解質濃度および損失量を考慮し、各選手の特性に合わせた給水の量や組成を検討することは、夏のレースで好成績を得るための重要な戦略の一つとなると考えられる。また、特に、脱水率や汗中の電解質損失量の多い選手では、練習外においても水分および電解質を十分に補給し、次の練習開始前までに体液状態を回復させることに注意する必要がある。

以上、汗中の電解質濃度および損失量の測定は、暑熱耐性および暑熱馴化に関して、今後の暑熱対策を進めていく上で有益な指標となると考えられる。

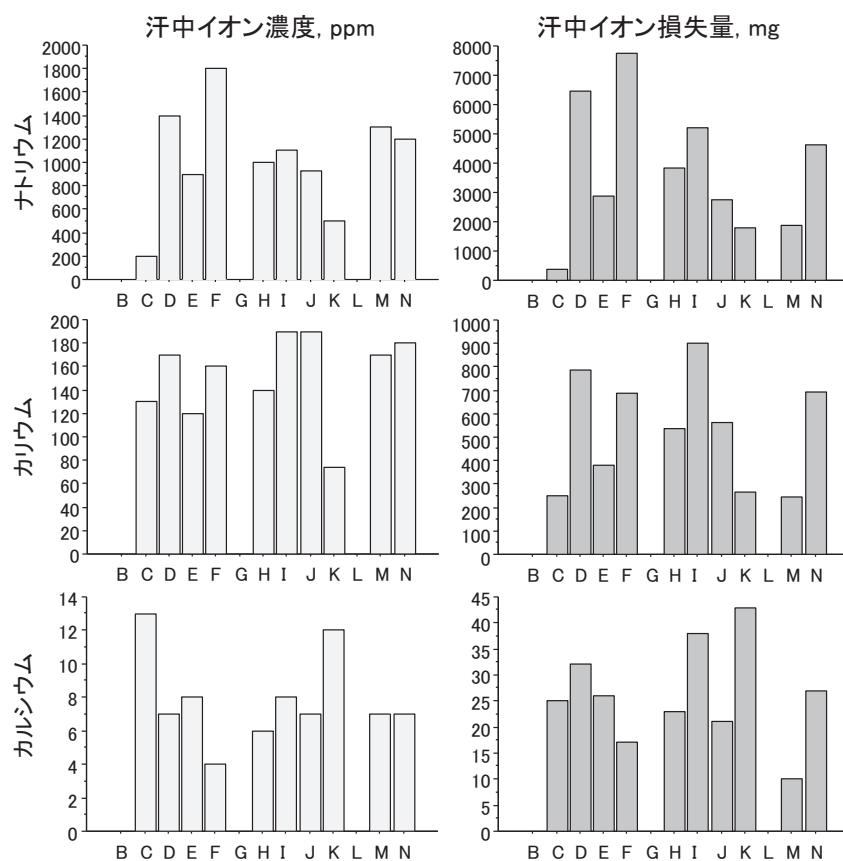


図5. 8月2日の練習時の汗中ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン濃度および損失量

今後も測定を継続するとともに、各選手に応じた暑熱対策の方策をできるよう、さらに取り組みを充実させていきたいと考えている。

謝辞

本調査を実施するに当たり、ご協力、ご尽力を頂きました選手、スタッフ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

文献

- 1) 岡崎和伸：運動と発汗および皮膚血流調節（総説）．発汗学 18: 11-18, 2011.
- 2) 杉田正明，瀧澤一騎，岡崎和伸，松生香里，山口太一，広川龍太郎，須永美歌子，武富豊，宗猛，酒井勝充．北海道マラソンにおける調査について．陸上競技研究紀要 10: 150-158, 2015.
- 3) 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：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 10: 146-149, 2015.
- 4) Baker LB, Stofan JR, Hamilton AA, and

Horswill CA: 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, 2009.

- 5) Baker LB, Ungaro CT, Barnes KA, Nuccio RP, Reimel AJ, Stofan JR: Validity and reliability of a field technique for sweat Na⁺ and K⁺ analysis during exercise in a hot-humid environment. Physiol Rep 2;2(5): e12007, 2014.