

研究資料

簡易測定器 (LAQUAtwin) を用いた 汗中 Ca 濃度測定における妥当性の検討

橋本 峻¹⁾, 杉田正明²⁾

¹⁾ 日本体育大学総合スポーツ科学研究センター

²⁾ 日本体育大学コーチング系

Validity of sweat Ca concentration measurement using a simple measuring device (LAQUAtwin)

Shun Hashimoto, Masaaki Sugita

Abstract: It is essential to replace fluid and electrolytes lost in sweat, to prevent the heat stroke and to improve the exercise performance in summer. Sweat contains not only Na and Cl, but also minerals such as Ca and K. It is important to understand their concentrations in order to develop water supply strategies. The validity of the simple measuring devices that can be used in the field has been examined for Na and K concentrations, however analysis of Ca concentration has not been examined. The purpose of this study was to examine the validity of measuring Ca concentration in sweat with a pocket water quality meter (LAQUAtwin; HORIBA Advanced Techno, Co., Ltd., Kyoto) that uses ion-selective electrode technology, and to revalidate the validity of Na and K concentrations. Sweat samples were collected from 368 athletes (301 men, 67 women). The Ca, Na and K concentrations were analyzed using a precision measuring equipment (JCA-BM8060; JEOL Ltd., Tokyo) that uses the Arsenazo III method (Ca) and the ion electrode method (Na, K) and LAQUAtwin. LAQUAtwin was highly related to precision analysis, ([Ca, Na, K]: intraclass correlation coefficient = 0.907, 0.992, 0.960, respectively; Pearson's correlation coefficient = 0.834, 0.984, 0.929, respectively, $P < 0.01$). On the other hand, in the Bland-Altman analysis, fixed bias and proportional bias were found for Ca and K, and fixed bias for Na between the precision analysis and LAQUAtwin. LAQUAtwin is a useful device for estimating sweat concentration in the field, although caution is required when using it for research that requires accurate measurement.

抄録: 熱中症の予防や夏場の運動パフォーマンスの向上には汗によって失われた水分や電解質を適切に補給することが必須である。汗中には Na や Cl といった塩分に加え、Ca や K といったミネラルも含まれている。それらの濃度を把握することは給水戦略を検討する上で重要である。フィールドで使用できる簡易測定器の妥当性について Na および K 濃度については検討されているものの、Ca 濃度分析については検討されていない。本研究においてはイオン電極法を用いたコンパクト水質分析計 (LAQUAtwin: 株式会社堀場アドバンステクノ社製, 京都) における汗中 Ca 濃度測定の妥当性を検討すること、さらに Na および K 濃度の妥当性を再検証することを目的とした。汗サンプルは 368 名 (男性 301 名, 女性 67 名) のアスリートより採取した。アルセナゾ III 法 (Ca) およびイオン電極法 (Na, K) を用いた精密機器 (JCA-BM8060, 日本電子株式会社製, 東京) および LAQUAtwin を用いて Ca, Na, K 濃度を分析した。LAQUAtwin は精密分析との間には高い関係性を示した ([Ca, Na, K]: 級内相関係数 = 0.834, 0.984, 0.929; ピアソンの相関係数 = 0.834, 0.984, 0.929, $P < 0.001$)。一方で、Bland-Altman 分析において精密分析と LAQUAtwin の間に Ca および K は固定誤差および比例誤差が、Na においては固定誤差が認められた。LAQUAtwin は測定の正確性が求められる研究に用いる際には注意が必要だが、フィールドにおいて汗中濃度を推定するためには有用な機器である。

(Received: July 4, 2020 Accepted: September 7, 2020)

Key words: LAQUAtwin, sweat composition, water supply

キーワード: LAQUAtwin, 発汗成分, 給水法

1. 緒 言

近年、夏場になると熱中症の危険性が様々な場面において叫ばれるようになってきている。熱中症とは本

来であれば体外に放出される熱が体内に貯留し、体温が上昇することで、めまいや失神、筋肉の痙攣といった軽度の症状から意識不明や臓器障害といった重度の症状を引き起こし最悪死亡してしまうこともある病態

のことである⁶⁾。熱中症になる要因として脱水症状があげられ、熱中症の予防として水分補給を行うことが推奨されている⁷⁾。この水分補給時には水のみでなく電解質も併せてとることが重要であるとされているが、電解質摂取が推奨される一因として発汗が関係している⁷⁾。汗中には水分だけでなく、NaやClといった塩分、さらにCaやMg, Feといったミネラルが含まれていることが報告されており⁵⁾、汗によって失われた成分を補給することが望ましい。また、スポーツ現場においては運動に伴い産生される熱量が大きくなることから、体温上昇を抑制するための発汗量も多くなる。そのため、汗とともに失われる電解質量も多く、損失量に対して適切な補給をすることがパフォーマンスの維持、向上に重要であるとされ¹⁵⁾、汗による損失を評価することが必要となる。実際に陸上競技のマラソン、競歩においてはレースやトレーニング中の汗を採取し、汗中成分濃度を測定することで暑熱順化の状態確認や給水法などを検討する際の指標として使用されてきている^{8-10, 13, 16)}。

発汗成分の分析に際しては、汗の採取と分析の2つの手順を踏むこととなる。汗の採取方法については全身ウォッシュダウン法が最も正確な値を求められる手法とされているが、この方法を実施するためには設備の整った実験室で行う必要があり¹²⁾、フィールドなどで測定することができない手法である。そこで、より簡便に汗を採取する方法として局所発汗法がフィールドにおいて用いられており、その中でも吸収パッチ法における精度の高さが報告されている¹⁷⁾。局所発汗法においては汗採取部位によって成分濃度が異なり、全身ウォッシュダウン法よりも高い値となることなどが報告されているものの、複数部位の成分から求める推定式の考案や部位によっては全身ウォッシュダウン法と高い相関関係を示すことも明らかとなっており¹⁾、部位毎の傾向を把握できていれば個々の損失量を把握するための有用な手段となりえるものである。

分析方法としては、イオンクロマトグラフィー法やイオン電極法などの方法が用いられてきているが、特殊な機器を必要とする精密分析が中心であった。そこで簡易的な分析方法としてコンパクト水質分析計を用いた分析が検討されてきている。先行研究においてイオンクロマトグラフィー法とコンパクト水質分析計であるLAQUAtwinを用いて汗中のNaおよびK濃度の検討を実施し、LAQUAtwinにおける測定値はイオンクロマトグラフィー法と比較して誤差が見られるものの、フィールドにおいて迅速な汗中成分の推定を行う場合には有用であることが報告されている^{2, 4)}。LAQUAtwinは上記の先行研究において使用されたNaおよびKの他にもCaやpH、塩分といった項目が測定

できる機種がある。Caは筋収縮などで使用されるとともに、骨形成などにおいても重要な役割を果たしている。12~30歳の日本人女性を対象とした研究において、股関節全体における骨塩密度および骨塩量は18歳までにピークに到達することが報告されており¹¹⁾、この年齢までに十分な骨密度を獲得することが重要であるとされている。さらに、女性アスリートにおいては利用可能エネルギーの不足や無月経にともなうエストロゲンの減少により骨粗鬆症を発症しやすくなることが知られており¹⁴⁾、Caは非常に重要なミネラルである。したがって、汗中Caの損失について検討することは意義があると言える。また、フィールドにおいて即時に損失を評価することができれば、発汗に伴う損失成分の補給などをすぐに検討することができることから、競技パフォーマンス維持、向上の対策やリカバリー戦略に対して有用な情報収集手段となりえると考えられる。しかしながら、これまでに汗中のCaをフィールドで簡便に測定できると考えられるLAQUAtwinについては検討されてきていない。

そこで、本研究においてはLAQUAtwinおよび精密分析機器を用いて汗中のCa濃度についてLAQUAtwinにおける測定値の妥当性を検討すること、さらにNaおよびK濃度の測定についての妥当性を再検証することを目的とした。

2. 方 法

2.1. 対象者

本研究においては368名の健康なアスリート(男性301名, 女性67名)から収集したデータを使用した。対象アスリートの年齢および体重、測定時の環境は表1に示す。汗採取場面としてはフィールドにおける練習時が271名、実験室における実験時が97名であり、専門競技は陸上競技長距離もしくはマラソンが225名、競歩が76名、短距離が3名、投擲が1名、トライアスロンが17名、サッカーが46名であった。すべての対象選手に対して測定の意義や方法、測定に伴う危険性を説明し、同意を得た。なお、本研究は日本体育大学倫理審査委員会の承認を得て実施した。(承認番号第018-H54号)

表1. 対象アスリートの年齢, 運動前体重, 汗採取時環境

	年齢(才)	体重(kg)	気温(℃)	湿度(%)
n数	368	368	364	364
平均	23.39	58.84	23.55	65.18
SD	3.89	6.11	6.76	18.42
最高	34	83.48	32.20	98.48
最低	18	43.55	5.12	14.34

2.2. 汗採取方法

先行研究において報告されている手法^{1,2,10)}を用いて汗サンプルの採取を実施した。トレーニング、実験ともにウォーミングアップ終了後、スタートまでの間に採取部位に吸収パッチ (採取部位面積 7.5 cm × 7.5 cm) を貼り付けた。まず、蒸留水を含ませた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。採取部位は胸部もしくは背部, 大腿部前面であった。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 20 mL, テルモ社製) に入れ, 汗をポリスピッツに採取した。

2.3. 汗分析方法

すべての汗サンプルは精密分析と簡易分析の2通りの分析を実施した。2通りの分析を行えたサンプル数は Ca が 368, Na が 227, K が 209 であった。

2.3.1. 精密分析

精密分析は受託臨床検査会社 (株式会社エスアールエル, 東京) に依頼し実施した。フィールドや実験室にて採取した汗サンプルは分注した後冷蔵にて保管し, 検査へ提出した。分析は生化学自動分析装置 (JCA-BM8060, 日本電子株式会社製, 東京) を用い, Ca はアルセナゾ III 法にて, Na および K はイオン電極法にて分析が行われた。

2.3.2. 簡易分析

フィールドにおいて利用可能である簡易分析として, コンパクト水質分析計を用いて分析を実施した。コンパクト水質分析計は Ca : LAQUAtwin B-751, Na : LAQUAtwin B-722, K : LAQUAtwin B-731 (株式会社堀場アドバンステクノ社製, 京都) を使用し, 同機器の測定原理はすべてイオン電極法となっている。表示範囲は3つの測定器ともに 0~9900 ppm であるが, 測定範囲は Ca において 40~4000 ppm, Na において 23~2300 ppm, K において 39~3900 ppm

となり, それ以外の測定値は参考値として表示されることであった。分解能は 0~99 ppm においては 1 ppm, 100~990 ppm においては 10 ppm, 1000~9900 ppm においては 100 ppm となっている。また, 測定精度は Ca において $\pm 20\%$, Na および K において $\pm 10\%$ であった。なお, 本研究においては ppm より Ca は mg/dL に, Na および K は mEq/L に変換した値を使用した。

測定手順としては以下に示す通りに実施した。それぞれの水質計において精製水を用いてセンサーの洗浄を行い, 乾いた紙を用いて十分に水分を拭き取った。その後標準液を用いて, Ca は 150 ppm の 1 点補正を, Na および K はそれぞれ 150 ppm, 2000 ppm の順番に 2 点補正を実施した。補正後において標準液における 150 ppm および 2000 ppm, 精製水における 0 ppm の値が正しく測定できるかを確認してから分析に移った。なお, 測定終了時および測定中においては 10 サンプル程度を目安とし標準液および精製水において測定値にずれが生じていないか確認をした。測定においてはピペットを用いて汗サンプルを 300 μ L センサーに点滴し, 2 点の電極を覆っていることを確認した後, 測定ボタンを押して測定し, 確定数値を記録した。また, 各サンプル間においては精製水にてセンサーをすすぎ, 乾いた紙で拭き取り乾かした。

2.4. 統計処理

測定値は, すべて平均値 \pm 標準偏差で示した。LAQUAtwin と精密分析から得られた測定値の一致度および妥当性を検討するために, 級内相関係数 (ICC) と Bland-Altman 分析, ピアソンの積率相関係数を用いた。なお, 有意水準は 5% とした。統計処理は分析ソフト SPSS Statistics 24 を用いた。

3. 結 果

3.1. Ca

精密分析における測定値は 1.12 ± 0.51 mg/dL であり, LAQUAtwin における測定値は 1.41 ± 0.46 mg/dL であった。精密分析と LAQUAtwin の ICC は $r = 0.907$ であった (表 2)。両機器における差 (精密分析より LAQUAtwin を減じた値) の平均値は -0.29 ± 0.28 mg/dL となり, Bland-Altman 分析において固定誤差および比例誤差が認められた ($P < 0.001$, 表 2, 図 1)。

表 2. 級内相関係数および Bland-Altman 分析

	級内相関係数	差の 95% 信頼区間	固定誤差の有無	無相関係数 t 値	比例誤差の有無	誤差の許容範囲
Ca	0.907	-0.32-0.26	有	3.367	有	-0.85-0.27
Na	0.992	0.93-2.29	有	1.298	無	-8.63-11.85
K	0.960	0.22-0.33	有	4.311	有	-0.55-1.10

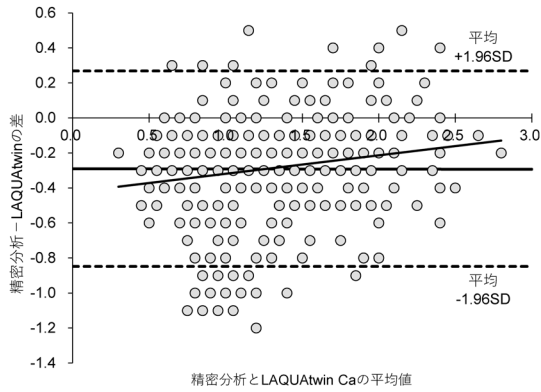


図1. 精密分析とLAQUAtwinにおけるCaに関するBland-Altman Plot

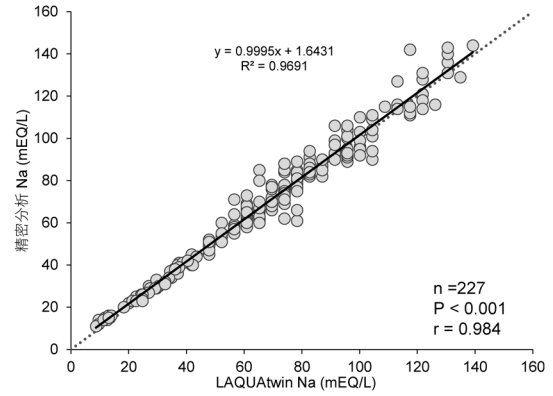


図4. LAQUAtwinと精密分析におけるNaの関係性

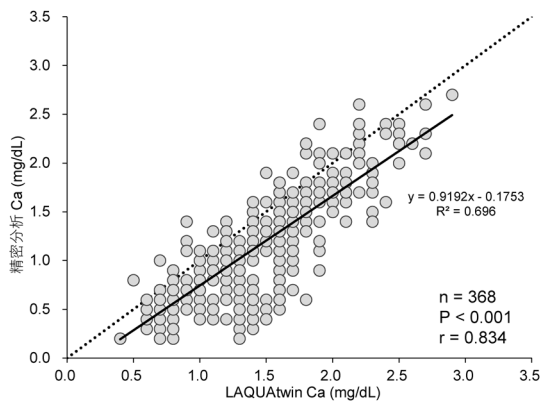


図2. LAQUAtwinと精密分析におけるCaの関係性

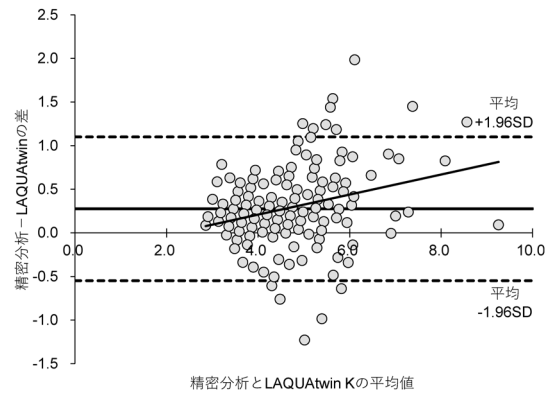


図5. 精密分析とLAQUAtwinにおけるKに関するBland-Altman Plot

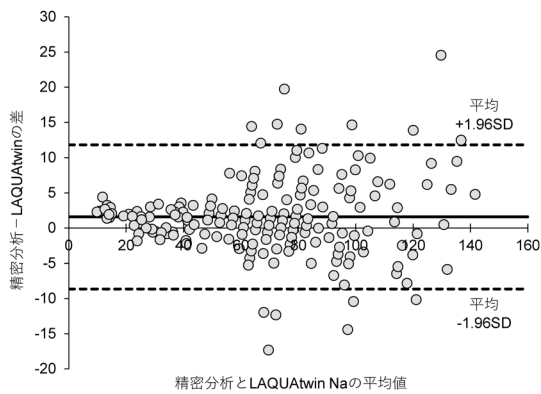


図3. 精密分析とLAQUAtwinにおけるNaに関するBland-Altman Plot

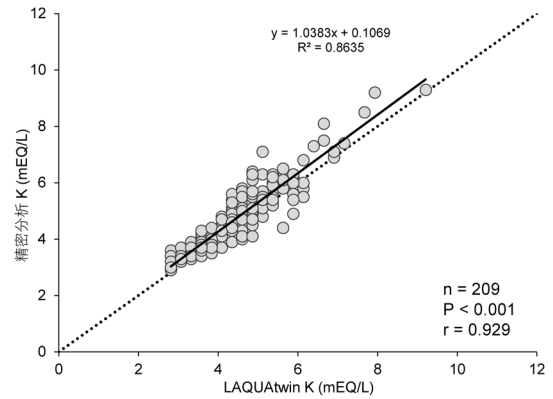


図6. LAQUAtwinと精密分析におけるKの関係性

また、精密分析とLAQUAtwinの相関係数は $r=0.834$ となり、有意な相関関係 ($P<0.001$, 図2) が見られた。

3.2. Na

精密分析における測定値は 69.94 ± 29.64 mEq/Lであり、LAQUAtwinにおける測定値は 68.33 ± 29.19 mEq/Lであった。精密分析とLAQUAtwinのICCは $r=0.992$ であった(表2)。両機器における差の平均値

は 1.61 ± 5.22 mEq/Lとなり、Bland-Altman分析において比例誤差は認められなかったものの、固定誤差は認められた ($P<0.001$, 表2, 図3)。また、精密分析とLAQUAtwinの相関係数は $r=0.984$ となり、有意な相関関係 ($P<0.001$, 図4) が見られた。

3.3. K

精密分析における測定値は 4.73 ± 1.13 mEq/Lであり、LAQUAtwinにおける測定値は 4.45 ± 1.01 mEq/L

Lであった。精密分析と LAQUAtwin の ICC は $r=0.960$ であった (表2)。両機器における差の平均値は 0.28 ± 0.42 mEQ/L となり、Bland-Altman 分析において固定誤差および比例誤差が認められた ($P < 0.001$, 表2, 図5)。また、精密分析と LAQUAtwin の相関係数は $r=0.929$ となり、有意な相関関係 ($P < 0.001$, 図6) が見られた。

4. 考 察

本研究の目的は汗中の Ca, Na, K の濃度をコンパクト水質計と医療検査にも用いられている精密分析器の2通りの機器を用いて分析を行い、機器間の一致度を検討し、簡易測定器の妥当性を検討することであった。Ca, Na, K の両機器間における ICC はそれぞれ $r=0.907, 0.992, 0.960$ であり、相関係数もそれぞれ $r=0.834, 0.984, 0.929$ と 0.1% 水準の相関関係を示した。一方で Bland-Altman 分析においては、3項目ともに固定誤差が認められ、さらに Ca および K においては比例誤差も認められた。固定誤差が認められたことから、3項目ともにどちらかの機器において高く測定されていることが示され、Ca においては LAQUAtwin において精密分析よりも 0.29 ± 0.28 mg/dL, Na および K は精密分析において LAQUAtwin よりもそれぞれ 1.61 ± 5.22 mEQ/L および 0.28 ± 0.42 mEQ/L 高くなっていた。また、Ca および K については比例誤差も認められており、Ca においては測定値が小さくなるほど、K においては測定値が大きくなるほど機器間の差が大きくなることが明らかとなった。

LAQUAtwin における汗中 Ca 濃度の測定についてはこれまでに検討されておらず、本研究が LAQUAtwin における汗中の Ca 測定について検討した初めての研究となった。LAQUAtwin と精密分析間における ICC は 0.907 であり、相関係数も 0.1% 水準の相関関係を示したことから、先行研究における Na や K と同様にフィールドにおいて汗中 Ca 濃度を推定するために使用することは可能^{2,4)} であると考えられる。一方で、Bland-Altman 分析においては固定誤差および比例誤差が認められた。Bland-Altman Plot を見ると多くのプロットが Y 軸の 0 よりも下にプロットされており、315 サンプル、すなわち全体の 85.6% が 0 未満の値であった (図1)。また、線形回帰直線は両機器の平均値が小さくなるほど機器間の差が大きくなっていた (図1)。さらに、散布図においては有意な相関関係は見られているものの、回帰直線は対称線よりも LAQUAtwin 側によって引かれ、LAQUAtwin において高い値となっていることが確認された (図2)。Na や K に比べ Ca においてばらつきが大きくなった要因としては、精密分析における測定方法がイオン電極法で

なかったことや、LAQUAtwin における Ca の測定範囲が関係しているかもしれない。汗中の Na 濃度を測定した先行研究において、イオン電極法と炎光光度法、コンダクタンス法を比較したところ、イオン電極法は炎光光度法およびコンダクタンス法よりも低い値であったことが報告されており³⁾、測定方法によって測定値に差が見られることが明らかとなっている。また、本研究における汗中 Ca 濃度は 4~29 ppm となっており、汗に含まれる Ca は少量であることが確認された。本来、水質分析のために開発された LAQUAtwin における Ca の測定範囲は 40~4000 ppm であるため、すべての測定値が参考値となった。これらのことが Ca における測定値のばらつきに関係していたものと考えられる。これらの結果から LAQUAtwin における Ca 濃度測定は、精密分析よりも高い値に評価してしまうことや Ca 濃度が低くなるほど機器間の差が大きくなるなど誤差は認められるものの、機器間には高い級内相関係数や有意な相関関係がみられたことから、フィールドにおいて汗中 Ca 濃度の推定に用いることが可能であることが示唆された。

先行研究において、LAQUAtwin とイオンクロマトグラフィー法における Na および K 測定値を比較し、両項目ともに LAQUAtwin において高く評価され、機器間誤差は平均値でそれぞれ 4.71 ± 7.87 および 0.44 ± 0.52 mEQ/L となり、ICC はそれぞれ 0.96 および 0.87 であったことを報告している²⁾。先行研究と比べ、本研究においては LAQUAtwin と精密分析間の誤差は小さく、ICC は高い値となっていた。また、機器間に有意な相関関係が認められたことから、LAQUAtwin における測定値をフィールドにおける発汗成分の評価として使用することは妥当であることが確認された。しかしながら、Bland-Altman 分析においては固定誤差や比例誤差が認められていることから、機器間の測定値には基本的な誤差があることも明らかとなり、正確性が求められる場合の使用には注意が必要であるものと考えられる。本研究において誤差が小さくなっていた要因としては、分析に用いた手法が関係しているかもしれない。先行研究においてはイオン電極法である LAQUAtwin とイオンクロマトグラフィー法を用いているところを²⁾、本研究においては LAQUAtwin と精密分析ともにイオン電極法であったため、機器間の差が小さく抑えられていた可能性が考えられる。

本研究において、LAQUAtwin を用いて Ca を分析すると、精密分析との間には誤差が見られるものの、有意な相関関係などを示したことから汗中成分を推定するために用いることができる測定機器であることが示された。また、Na および K の分析においては機器間に Ca よりも高い相関係数などが見られ、フィール

ドにおける評価において有用な手段であることが再確認された。Caにおいては測定値がすべてLAQUAtwinの測定範囲外であったことから、今後測定範囲がより広範である最新機種が望まれる。

5. 結 論

本研究結果より、LAQUAtwinにおけるCa, Na, Kの測定値は精密分析と比較すると誤差が見られるものの、機器間に有意な相関関係などを示したことからフィールドにおいて汗中成分濃度を推定するためには有用な機器であることが示唆された。一方で、CaについてはNa, Kと比べてばらつきが大きく、測定結果が参考値の範囲であったことも影響しているものと推察され、フィールド測定の意義をより高めるためには測定範囲がより広範囲となった最新機種が望まれる。

文 献

- Baker, L. B., Stofan, J. R., Hamilton, A. A., and Horswill, C. A. (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.
- Baker, L. B., Ungaro, C. T., Barnes, K. A., Nuccio, R. P., Reimel, A. J., and Stofan, J. R. (2014) Validity and reliability of a field technique for sweat Na⁺ and K⁺ analysis during exercise in a hot-humid environment. *Physiol. Rep.*, 2: e12007.
- Dziedzic, C. E., Ross, M. L., Slater, G. J., and Burke, L. M. (2014) Variability of Measurements of sweat sodium using the regional absorbent patch method. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 9(5): 832-838.
- Goulet, E. D., Dion, T., and Myette-Cote, E. (2012) Validity and reliability of the Horiba C-122 compact sodium analyzer in sweat samples of athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 112(10): 3479-3485.
- Hoshi, A., Watanabe, H., Chiba, M., Inaba, Y., Kobayashi, M., Kimura, N., and Ito, T. (2002) Seasonal variation of trace element loss to sweat during exercise in males. *Environ. Health Prev. Med.*, 7(2): 60-63.
- 環境省 (2018) 熱中症環境保健マニュアル 2018. pp. 1-5.
- 公益財団法人日本スポーツ協会 (2019) スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック (5 版). 株式会社エヌ・ビー・ティー: 東京, pp. 39-45.
- 松生香里・岡崎和伸・杉田正明・橋本 峻・保科圭汰・高岡寿成・黒木 純・佐藤敏信・宗 猛 (2015) 第 29 回サフォークランド士別ハーフマラソン大会における調査. *陸上競技研究紀要*, 11: 58-62.
- 岡崎和伸・三浦康二・瀧澤一騎・橋本 峻・杉田正明・今村文男 (2015) 競歩夏季合宿における調査について. *陸上競技研究紀要*, 11: 78-82.
- 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 (2014) 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.
- Orito, S., Kuroda, T., Onoe, Y., Sato, and Y., Ohta, H. (2009) Age-related distribution of bone and skeletal parameters in 1,322 Japanese young women. *J. Bone Miner Metab.*, 27(6): 698-704.
- Shirreffs, S. M., and Maughan, R. J. (1997) Whole body sweat collection in humans: An improved method with preliminary data on electrolyte content. *J. Appl. Physiol.*, 82(1): 336-341.
- 杉田正明・松生香里・岡崎和伸 (2018) 2020 年に向けたマラソン・競歩の暑熱対策の取り組み. *臨床スポーツ医学*, 35(7): 690-696.
- 須永美歌子 (2018) 女性アスリートの教科書. 株式会社主婦の友社: 東京, pp. 62-79.
- Swako, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., and Stachenfeld, N. S. (2007) Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39(2): 377-390.
- 瀧澤一騎・杉田正明・松生香里・岡崎和伸・橋本 峻・宗 猛・酒井勝充 (2015) 国内トップ選手における 40 km 走時の発汗と脱水状況の調査. *陸上競技研究紀要*, 11: 74-77.
- Verde, T., Shephard, R. J., Corey, P., and Moore, R. (1982) Sweat composition in exercise and in heat. *J. Appl. Physiol.*, 53(6): 1540-1545.

〈連絡先〉

著者名: 橋本 峻

住 所: 東京都世田谷区深沢 7-1-1

所 属: 日本体育大学総合スポーツ科学研究センター

E-mail アドレス: s-hashimoto@nittai.ac.jp