

【助成 38 -41】

新世代汗中乳酸計測ウェアラブルデバイスを用いた筋疲労の定量化研究

研究者 慶應義塾大学医学部 特任助教 中島大輔

〔研究の概要〕

本研究は一定負荷の運動中に得られた汗乳酸濃度が、疲労状態ではどのように変化するかを明らかにすることを目的とした横断的研究である。男性 17 名 (平均年齢 20.6 ± 0.8 歳) が、休憩を挟み 2 回連続で一定負荷運動 (ピークパワーの 25% の運動負荷にて実施) を行った。試験 1 は疲労困憊するまで、試験 2 は 10 分間だけ行った。各テストで主観的疲労感 (顔面評価スケールを用いた数値評価)、汗乳酸を測定した。(結果) 疲労状態である試験 2 では試験 1 と比べ汗乳酸排泄曲線は左方偏移すなわち汗乳酸濃度が早く上昇し、汗乳酸のピーク値および一定濃度値 (2、3、4 μ A) が有意に早く計測された ($p < 0.01$)。(結論) 汗乳酸濃度は疲労状態では上昇しやすいことが判明した。

〔研究経過および成果〕

1 緒言

近年、ウェアラブル型バイオセンシング技術の進歩により、医療・ヘルスケア・スポーツ施設などで得られるデータを用い生理情報を評価・推定できる手法開発が進んでいる。バイオセンシングの対象となる様々なバイオマーカーの内、汗は容易に計測可能で特に汗乳酸測定は他の採血などの方法と比較し非侵襲かつ連続測定が可能であるなどの利点がある。

本研究ではウェアラブル汗乳酸センサを用い疲労後の汗乳酸の変化を評価した。

2 方法

平均年齢 20.6 歳の健康な男性 17 名が本研究に参加した (平均年齢 20.6 ± 0.8 歳、週 3 回以上の定期的な運動を行っている)。一定負荷運動テストにおける疲労の汗乳酸への影響を検証するため、先行研究 (Sassi et al., 2006) に従い本研究を実施した。

自転車エルゴメータを用い徐々に運動負荷を上昇させる運動負荷試験を 2 度実施した。運動負荷試

験 1 (all-out まで運動負荷試験を実施) にて乳酸濃度を連続計測。15-20 分の休憩の後、10 分で試験を終了することを除き運動負荷試験 1 と同様のプロトコルで運動負荷試験 2 を行い、汗乳酸濃度を計測した。またこの過程で主観的疲労感 (顔面評価スケールを用いた数値評価: NRS) も計測した。以上の研究により、より '疲労している' と考えられる運動負荷試験 2 において汗乳酸濃度が早く上昇するかを検討した。

3 結果

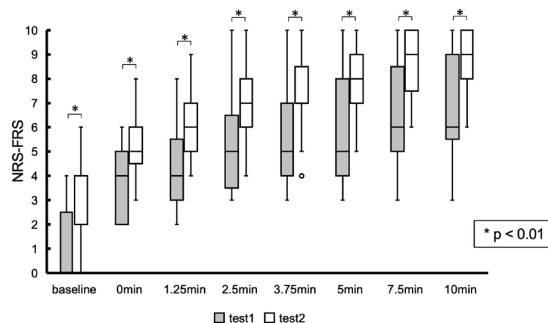


図 1 : 試験 1 から試験 2 への客観的疲労度 (NRS) の変化。NRS-FRS : 顔面評価尺度による評価。

まず NRS の検討結果を図 1 に示す。試験 1 から

試験 2 への NRS は、どの運動時点での値も試験 1 から試験 2 へ有意に増加した。この結果は試験 1 での一定負荷運動が疲労を引き起こすことを示している ($p<0.01$)。

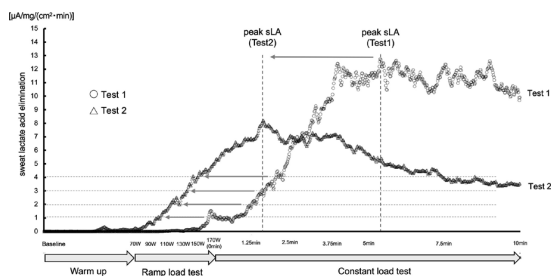


図 2：試験 1 と 2 間の汗乳酸濃度変化代表例。

s LA: 汗乳酸濃度

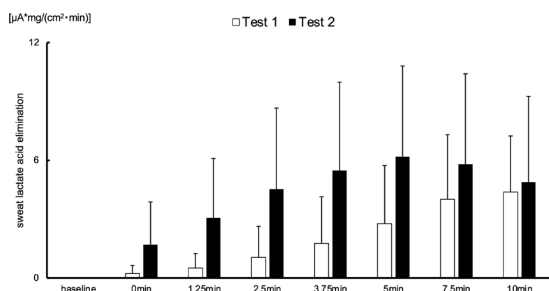


図 3：試験 1 と 2 間の汗乳酸濃度変化。

次に汗乳酸濃度変化の代表例および結果を図 2.3 に示す。図 2 のように、試験 1 よりも試験 2 にて汗乳酸が早く上昇することが示された。

4 考察

今回 NRS を用い定量的に確認した疲労状態下一定負荷運動を行うと、疲労していない状態と比べ汗乳酸が早期上昇することを示した。今回の汗乳酸計測手法を用いると、運動チーム内の複数の選手の評価を簡便かつリアルタイムに行うことができる。そのため、例えば試合当日のウォームアップ時の各選手の状態を休息日と比較するなど、コンディション管理に有用な可能性がある。又、疲労状態を感知することで、疲労の結果生じるけがの予防への応用が期待される。

※当報告の図は文献 2 より引用した。

※当報告の詳細な内容は文献 2 に記載している。

[発表論文]

1. 血中乳酸を用いた疲労度変化と汗中乳酸の疲労評価有用性の検討:美濃地駿介, 中島大輔, 森末隆史, 岩渕修平, 前田裕太, 大川原洋樹, 澤田智紀, 松本守雄, 中村雅也, 名倉武雄
第 36 回日本整形外科学会基礎学術集会
2. Okawara H, Sawada T, Nakashima D, Maeda Y, Minoji S, Morisue T, Katsumata Y, Matsumoto M, Nakamura M, Nagura T. Kinetic changes in sweat lactate following fatigue during constant workload exercise. *Physiol Rep.* 2022 Jan;10(2):e15169. doi: 10.14814/phy2.15169. PMID: 35043587; PMCID: PMC8767313.