

フレキシブル有機トランジスタ型センサによる 乳酸のリアルタイム計測法の開発

東 京 大 学 南 豪

Development of a Flexible Organic Transistor-Based Sensor for Real-Time Monitoring of Lactate Levels

by

Tsuyoshi Minami
*Institute of Industrial Science,
The University of Tokyo*

ABSTRACT

A novel flexible biosensor for the lactate detection based on organic thin-film transistors (OTFTs) is demonstrated. Because lactate is well known as a biomarker for assessing physical performance of human body, flexible (and wearable) lactate sensors could contribute the monitoring of human health conditions. The designed OTFT for the flexible biosensor device can be fabricated on a plastic substrate, and it is operated under low-voltage. The flexible OTFT shows stable electric-characteristics. In addition, the fabricated OTFT possesses an extended-gate electrode modified with layers of a lactate oxidase, a horseradish peroxidase, and an osmium-redox polymer for lactate detection in aqueous media, meaning that the continuous measurement of lactate levels has been successfully demonstrated. We believe that insight obtained opens up opportunities for applying OTFTs in wearable and flexible biosensor devices.

要 旨

本研究では、有機薄膜トランジスタ (OTFT) に基づく乳酸検出用フレキシブルセンサの実証実験をおこなった。乳酸は運動生理学における指標として知られており、フレキシブル (かつウェアラブルな) 乳酸センサの実現によって、運動負荷状態のモニタリングに寄与し得る。フレキシブルセンサデバイスのために最適化された OTFT は、プラスチック基板上に実装され、低電圧駆動領域において安定した電気特性を示した。当該 OTFT に対し、水溶液中の選択的乳酸検出に向けた検出機構 (乳酸酸化酵素膜および電子伝達膜) 導入電極 (延長ゲート電極) を組み合わせることで、乳酸濃度の連続計測を達成した。本成果により、フレキシブル OTFT 型センサの活用により、含汗中乳酸のリアルタイム計測技術の実現が可能であることが示された。

緒 言

血中や汗中の乳酸濃度は運動生理学において重要な指標となっており、運動時の血中乳酸濃度の上昇が緩やかなほど、高負荷の運動を長時間持続させることができることが知られている¹⁾。乳酸は解糖系生成物の一種であり、筋肉細胞内においてエネルギー源である糖から分解され体内に蓄積される。乳酸濃度は運動による筋肉への負荷と相関性があることから、その変動を計測することは生理学的観点から意義深い。運動選手のパフォーマンスを効率よく向上させるためには、トレーニング中に乳酸濃度を測定し、そのデータをもとにトレーニングの運動強度及び量をデザインかつファインチューニングできることが理想とされる。とりわけ 2020 年に東京オリンピックを迎える我が国においては、このようなスポーツマネージメントは意義深いと言えるだろう。しかし、血中の乳酸濃度を測定するには、当然皮膚を傷つけ

て血液を採取しなければならない。最近では、ごく少量の血液で分析可能になってきてはいるものの、簡易に測定できるとは言えず、運動中のリアルタイム測定も困難であるため、全く新しいモニタリング法の開発が必要である。その解の有力候補のひとつとして、皮膚に貼ることも可能な有機薄膜トランジスタ (OTFT) があるのではないかと考えた。

OTFT は電子デバイスであるもののしなやかな構造、印刷法による大面積・低コスト製造、低環境負荷・簡便な製作工程といった特色が挙げられる。我々は OTFT をプラスチック基板上に作製することに成功しており²⁾、当該デバイスに生理活性物質検出機構を組み入れたセンサデバイスを種々開発してきた³⁾。そこで本研究では、からだ (皮膚) に直接貼ることで、運動時における含汗中乳酸をリアルタイムで検出できるウェアラブル OTFT 乳酸センサの開発を目的とし、検出用デバイスの最適化およびその検出能について調査をおこなった。