

## 画像解析による高せん断応力下の損傷赤血球検知法の提案

芝浦工業大学大学院理工学研究科システム理工学専攻

井上 雅喬

Masataka INOUE

### 1. 目的

近年、レーザ回折光を用いた赤血球の変形能測定によって、せん断応力下における赤血球損傷を定量化する研究が行われている。また、それらの先行研究の結果、機械式補助循環下での高せん断応力が赤血球の損傷を引き起こすことが明らかになった<sup>1)</sup>。さらに、我々の研究チームは独自のせん断流れ直接観察装置を用いて、高せん断応力への曝露によって、赤血球が異常な形状変化を示すことを明らかにした<sup>2)</sup>。この現象を踏まえて、我々は破壊に至る前の赤血球損傷を形状から検知できるのではないかという仮説を立てた。この仮説を実証するためには、非生理的せん断応力下における赤血球の損傷現象をより詳細に調査する必要がある。その第一段階として、本研究では異常形状を示した損傷赤血球を検知する画像解析法を開発することを目的とした。

### 2. 方法

ヒト全血より得た赤血球サンプルに対して、本研究室で作製したせん断流れ直接観察装置を用いて60 Paの高せん断応力を負荷し、その環境下でハイスピードカメラを用いて赤血球形状を取得した。赤血球形状を定量化するための細胞形状指標として、角度ごとの重心から細胞輪郭線までの距離の推移情報を用いた。解析には基準群として、せん断応力曝露時間10~20秒の間から赤血球を6つ抽出し、赤血球形状の基準範囲を調査した。また、短時間および長時間せん断応力に曝露された赤血球として、せん断応力曝露時間20~30秒および200~300秒の間から赤血球をそれぞれ6つずつ抽出し、形状の定量化を行った。その後、それぞれの形状に対して、基準群における形状範囲との合致度を算出した。

#### ■ 著者連絡先

芝浦工業大学大学院理工学研究科システム理工学専攻  
(〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作307)  
E-mail. mfi17011@shibaura-it.ac.jp

### 3. 結果

長時間せん断応力曝露された赤血球の形状は、短時間せん断応力曝露された赤血球の形状と比較して、基準群による赤血球の形状範囲との合致度が低下した。この結果より、長時間のせん断応力曝露後における赤血球の異常形状を検知可能であることが示された。これらのことから、我々の開発した画像解析法により、異常形状を示す損傷赤血球を検知できることが示された。

### 4. まとめ

本研究で開発した画像解析法により、異常形状を示す損傷赤血球を検知可能であることが示された。また、今回、開発した赤血球の画像解析法を発展させることにより、最終的には機械式補助循環下における赤血球の損傷をモニタリングできる可能性が示唆された。

### 5. 独創性

せん断応力下の赤血球形状を測定する研究は、主にエクササイトメトリ法というレーザ光による赤血球の回折像によって行われている<sup>1)</sup>。本研究では、ハイスピードカメラを用いた直接可視化によって、せん断応力下における赤血球の形状を取得した。加えて、取得した赤血球形状を定量的に評価するための画像解析法を考案した。検証の結果、我々の提案する画像解析法は損傷赤血球検出法としても応用できる可能性が示された。

本稿の著者に規定されたCOIはない。

### 文 献

- 1) Simmonds MJ, Atac N, Baskurt OK, et al: Erythrocyte deformability responses to intermittent and continuous subhemolytic shear stress. *Biorheology* **51**: 171-85, 2014
- 2) Watanabe N, Shimada T, Hakozaki M, et al: Visualization of erythrocyte deformation induced by supraphysiological shear stress. *Int J Artif Organs* **41**: 838-44, 2018