

## 微小管内流れ中の赤血球軸集中に及ぼす変形能の影響

○佐々木崇洋, 関淳二, 板野智昭, 関眞佐子

関西大学大学院 理工学研究科 [〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35]

### 1. 緒言

微小血管内の血液流れにおいて、赤血球、白血球および血小板の各血球成分はそれぞれ異なった断面内分布を示すことが知られている。特に、赤血球は血管中心軸付近に多く分布し、軸集中現象と呼ばれている<sup>1)</sup>。この現象は赤血球の高い変形能に起因すると推測されているが、詳細なメカニズムは未解明な点が多い<sup>2)</sup>。本研究では正常赤血球および変形能の低下した硬化赤血球のサスペンションを微小円管に流し、円管下流断面内における赤血球分布を計測することで、赤血球の変形能と軸集中現象との関係性を調べた。

### 2. 実験方法

健康成人から採血した全血を、遠心分離、洗浄し正常なヒト赤血球を得た。赤血球の変形能を低下させるため、グルタルアルデヒド(GA)溶液(400, 2000, 4000ppm)に浸漬し赤血球を硬化させた。これらの赤血球をリン酸緩衝生理食塩水に浮遊させ作動流体とした。赤血球の体積分率は 0.01%程度とした。内径 50 $\mu\text{m}$  のガラス円管に、シリンジポンプを用いて壁せん断速度が 1000  $\text{s}^{-1}$  となる条件で作動流体を定常に流した(レイノルズ数 $\approx 0.1$ )。円管内の赤血球分布を計測するため、図 1 に示すように円管を水槽内で水平に支持し、円管出口下流正面から、50 倍超長作動距離対物レンズを備えた高速度カメラにより流路内流れを観察した。観察面は円管出口から 50 $\mu\text{m}$  程度上流に設定し、この断面を通過する赤血球を撮影した(1800fps)。照明には高輝度 LED ファイバ光源を後方から照射するバックライト法を用いた。得られた画像から画像処理ソフト ImageJ を用いて各赤血球の位置を求め、赤血球の円管断面内分布を得た。

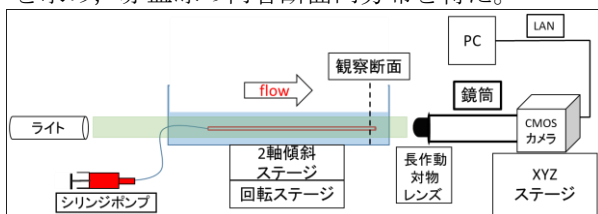


図 1 バックライト法による微小流路内血球の観察システム

### 3. 実験結果と考察

実験結果の 1 例として、流路入口から 100mm 下流における、正常赤血球と硬化赤血球(GA 濃度

4000ppm)の断面内分布を図 2 に示す。図の各点は赤血球の中心位置、円は流路内壁を示す。

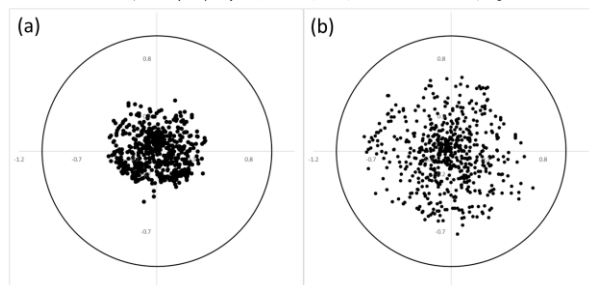


図 2 赤血球の円管断面内分布(流路入口から 100mm 下流)、(a)正常赤血球、(b)硬化赤血球(GA 4000ppm)

図 2(a)より正常赤血球は流路中心軸付近に集まっており、強い軸集中が確認された。一方、(b)からは硬化赤血球(GA 4000ppm)は顕著な軸集中を示さず、正常赤血球に比べ広い範囲に分布していることが確認された。分布中心を原点として 90%の赤血球が観察される動径半径を求めると、正常赤血球では中心から管半径の 0.3 倍の中に集中していることが確認された。同様の評価を硬化赤血球で行うと、GA 濃度 400ppm, 2000ppm では管半径の約 0.4 倍、4000ppm では約 0.5 倍の中に赤血球の 90%が存在した。これらの結果から、赤血球を処理する GA 溶液の濃度が高いほど軸集中の程度が弱まる傾向が示され、赤血球軸集中は変形能の高さに起因することが示唆された。

### 4. 結言

赤血球を硬化する際のグルタルアルデヒド溶液の濃度が高いほど、赤血球の軸集中は弱まる傾向が確認された。また、別実験によって GA 濃度が高いほど赤血球サスペンションの粘度が増大することが示されており、高濃度の GA 溶液で処理すると赤血球の硬化度が増すと考えられる。これらのことから赤血球の変形能が高いほど微小管内流れにおける赤血球の軸集中の程度が強まる、つまり軸集中は赤血球変形能に起因すると推測される。

### 文献

- 1) 前田信治: 赤血球の微小循環とレオロジー, ながれ, **21**, 129-134, 2002.
- 2) Noso R, Kimura T, Sakamoto K, Sugihara-Seki M, Seki J.: Cross-Sectional Distribution of Platelet-Sized Particles in Blood Flow through Microchannel. *Nihon Reorogi Gakkaishi*, **43**, 99-104, 2015.