赤血球の変形性測定装置の開発

Development of measurement system for erythrocyte deformability

○安田 利貴¹, 中本 順一¹, 植田浩平², 執行 正義³, 斉藤 俊¹

1. 山口大学大学院医学系研究科 A, 2. 山口大学教育機構 B, 3. 山口大学農学部生物資源環境科学科 C

OT. Yasuda¹, J. Nakamoto¹, K. Ueda², M. Shigyo³ and T. Saito

1. Graduate school of Medicine, Yamaguchi University A,

2. Organization for University Education, Yamaguchi University B,

3. Faculty of Agriculture, Yamaguchi University C

1. はじめに

血液の約半分を占める赤血球は、その優れた変形特性により、毛細血管をスムーズに通過し、生体組織のガス交換を担う細胞である。一方、近年の生活習慣と循環器疾患の関係が注目されている。循環器疾患の原因の一つに血液の流れ易さに関する評価が注目されている。血液の流れやすさの評価は、無形成分の影響も含まれるが、一般的には赤血球変形能で行われる。従来、赤血球の変形性の計測方法は、マイクロピペット法、高速度カメラシステムを用いた形状測定法、赤血球の回折光測定法などがある¹⁾。しかし、これらの装置は高価であり、かつ、赤血球の変形性の評価方法が主観的になってしまう。そこで本研究は、周期的な流れ場におかれた赤血球の形状変化から、粘弾性特性を計測するシステムの開発を目指す。

2. 計測原理

簡素化された赤血球の力学モデルは、フォークトモデルで示され、フォークトモデルに対する応力の歪みは以下の式で示される。

$$\gamma = \frac{\sigma}{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad \dots 1$$

$$\tau = \frac{\eta}{E} \quad \dots 2$$

ただし、 E :弾性要素[Pa], η :粘性要素[Pa・s], t :時間[sec], σ :応力[Pa]とする。

Fig. 1に弾性要素と粘性要素がおよぼす歪み波形の関係を示した。粘性要素は位相ずれ、弾性要素は歪に影響をおよぼすことが予測される。そこで本研究では、まず、外部から周期的にせん断応力を負荷する装置の設計・試作と、試作した装置による赤血球の反射光を測定し、計測された信号について周波数解析を行い、光信号と赤血球の形状変化の関係を検討を行った。

Fig. 1 ひずみと弾性・粘性要素の関係

3. 実験方法

Fig. 2に実験装置概要を示す。実験装置は、光学部、加振部、制御・計測部で構成されている。加振部は、2枚の平行・平板を用いて間隔 $540 \mu\text{m}$ とした。赤血球浮遊液は、洗浄されたウシ赤

血球を使用し、3種類の浸透圧 (290, 435, 580mOsm/kg) で調整されたデキストラン溶液で Ht.1% とした ($n=5$)。赤血球浮遊液へのせん断応力負荷は、平行板 (駆動部) を 3Hz で振動し 2.3Pa とした。

Fig. 2 実験装置のブロック図

4. 結果・考察

Fig. 3に測定結果を示す。290mOsm/kg の赤血球浮遊液に比べ、435, 580mOsm/kg の赤血球浮遊液の反射光強度が高いことが確認された。試作した実験装置で浸透圧の変化による赤血球の変形性の違いを測定することが出来た。しかしながら、測定された散乱光強度に駆動周期以外でも測定されているため、測定されている信号には、赤血球の歪だけではなく、赤血球の動き (流れ方) や平行板の動きなどを測定していることが考えられた。今後、間隙や血液試料の調整方法などを検討していく予定である。

Fig. 3 周波数解析結果

本研究の一部は、平成 19 年度知的クラスター創世事業と平成 18 年度山口大学VBL事業の支援を受けた。記して感謝します。

5. 参考文献

(1)岡 小天. バイオレオロジー. 第4版. 東京. 裳華房. 1989.