

誘電緩和周波数による体外循環流路における血栓形成の計測

Dung NGUYENHUU*、菊地大輔*、丸山修**、
Achyut Sapkota***、武居昌宏*

*千葉大学大学院 工学研究科 [〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33]

**産業技術総合研究所

***木更津工業高等専門学校

1. 緒言

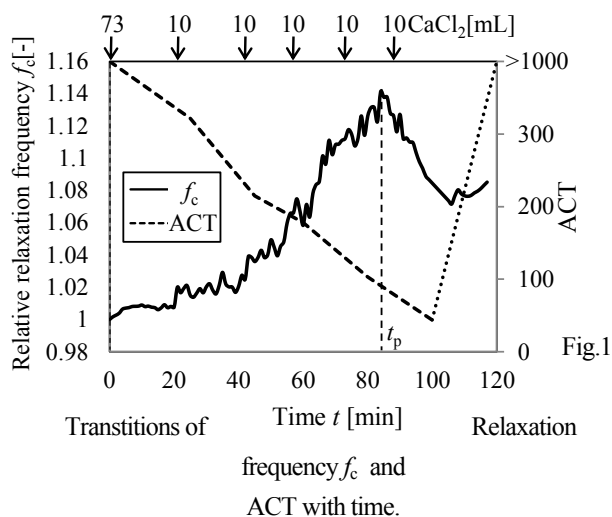
体外循環流路は人工心肺や透析などといった医療装置に用いられ、循環系疾患治療をはじめ、多くの医療現場で使用されている。しかしながら、体外循環流路には、血栓が形成する問題がある¹⁾。そこで、血栓をモニタリングする方法として、現在 Activated clotting time(ACT)などのオフライン計測が行われているが、オンラインで血栓をモニタリングする装置は存在しない。既往研究では、電気インピーダンス計測を用いて、静的状態および流動状態での血栓形成過程における電気特性を計測した結果、比誘電率の変化から血栓検出が確認された²⁾。しかし、比誘電率は計測周波数依存性がある。そこで、本研究の目的は、流動状態における血栓形成過程の電気インピーダンス計測し、Cole-Cole 解析を行い、緩和周波数 f_c による血栓検出の可能性を検討することである。

2. 実験方法

実験装置は恒温槽、リザーバー、ローラーポンプ、二つのリング電極センサー、インピーダンスアナライザー、そして制御用 PC で構成されている。恒温槽の温度は37°Cで調整されており、血液流量 Q は2.16L/minに設定された。二つのリング電極センサーはインピーダンスアナライザーに4端子プローブより接続されている。インピーダンスアナライザーより電気インピーダンス計測を行い、その結果を Cole-Cole 解析する。実験では、まず、リザーバーに900mLのブタ全血($H=41\%$)を充填した。血液に対して、0.02M $CaCl_2$ を総量123[mL]添加した。 $CaCl_2$ を添加したときを計測の開始時間 $t=t_0$ として、 $t=120min$ まで計測した。このとき、 t_0 から $t=120min$ まで、20minごとに、ACT値、ヘマトクリット $H[\%]$ とフィブリノゲン Fbg 量を計測した。

3. 実験結果

Fig.1 は流動状態において、血栓形成過程における Cole-Cole パラメータ：緩和周波数 f_c と ACT の時間変化を示している。測定開始後、 f_c は時間経過と共に増加し、およそ $t_p=85$ 分においてピークが現れ、その後減少した。また、ACT値は t_p では、100以下を下回った。



4. 考察

流動状態の血栓形成過程において、 f_c の変化は静的状態と同様の結果を示した。また、 t_p では、フィブリノゲン量は急激に減少した。これらの結果により、ピークが現れた時間 t_p は赤血球凝集が始まった時間である。

5. 結言

電気インピーダンス計測を用いて、Cole-Cole 解析した結果、流動状態において赤血球凝集による血栓形成検出を明らかにした。

謝 辞

本研究の一部は、平成 28 年度科学研究費 基盤研究 (A)によってなされました。ここに厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Vanherweghem, J. L. "Thrombosis and stenosis of central venous access in hemodialysis." *Nephrologie* 15, no. 2 (1993): 117-121
- 2) 朝倉悠太, サブコタアチュタ, 丸山修, 小阪亮, 山根隆志, 武居昌宏: 誘電緩和法によるヘマトクリットをパラメータとした赤血球の特性周波数と血栓形成過程の計測, 日本機械学会論文集, Vol.80, No.816, [DOI: 10.1299/transjsme.2014bms0245],2014