

動圧浮上遠心血液ポンプ内プラズマスキミング現象による軸受部赤血球分離効率の定量

国立研究開発法人産業技術総合研究所

近藤 和樹, 迫田 大輔, 小阪 亮, 西田 正浩, 丸山 修

Kazuki KONDO, Daisuke SAKOTA, Ryo KOSAKA, Masahiro NISHIDA, Osamu MARUYAMA

1. 目的

当研究グループで開発している動圧浮上遠心血液ポンプの動圧軸受部において、赤血球密度(ヘマトクリット: HCT[%])が減少する「プラズマスキミング: PS」現象が起こることを発見した¹⁾。本研究ではヒト全血を使用して、生理的なHCTにおいてPS現象がどの程度起こり得るかを定量評価した。

2. 方法

動圧浮上遠心血液ポンプ、塩化ビニルチューブ及びリザーバパックからなる模擬循環路を構成した。回路をヒト血液(日本赤十字社提供)で満たし、4,000 rpm, 5 L/minで循環した。高速カメラを用いてポンプ底面の赤血球の動態を撮影した(図1)。軸受部におけるPS効率Eを次の式で定義し、算出した。

$$E = \left\{ \frac{(\text{回路内HCT}) - (\text{軸受部HCT})}{(\text{回路内HCT})} \right\} \times 100 \quad \text{①}$$

回路内HCTは、回路から採血して自動血球分析装置により計測した。軸受部HCTは、以下の式②によって求めた。

$$\text{軸受部HCT} = \left\{ \frac{(Q \times \text{MCV})}{(dx \times \sigma)} \right\} \times 100 \quad \text{②}$$

ここで、Qは図1に示す通り高速カメラより得た画像の軸受部の赤血球占有率(0 ≤ Q ≤ 1)である。MCVは平均赤血球体積[fL]で自動血球分析装置による計測した。σは赤血球断面積[μm²]で赤血球形状モデル²⁾より算出した。dxは軸受隙間[μm]であり、回転数及び血液粘性によって変動する。4,000 rpmにおけるdxと粘性の関係について、

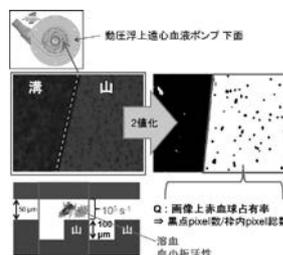


図1 動圧浮上遠心血液ポンプ軸受部の観察

別途同一回路を使用して様々な粘性にしたグリセリン水溶液を循環させる実験を行い、レーザー変位計によって求めた。実験時の粘性を回転粘度計を用いて計測し、その値からdxを算出して式②に代入した。

3. 結果及び考察

回路内HCT = 5 ~ 35% で E = 95% 以上を示した。これより、動圧浮上遠心血液ポンプでは生理的なHCT値でもPS現象が起きていることが示唆された。

4. まとめ・独創性

PSは生理的なHCTで起こり得ることが本研究によって示された。本現象の追究は、高せん断域における血球細胞レベルの流動制御法の開発を可能にし、革新的血液適合性の獲得につながり得る。

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

文献

- 1) Murashige T, Sakota D, Kosaka R, et al: Plasma Skimming in a Spiral Groove Bearing of a Centrifugal Blood Pump. *Artif Organs* **40**: 856-66, 2016
- 2) Sakota D, Takatani S: Photon-cell interactive Monte Carlo model based on the geometric optics theory for photon migration in blood by incorporating both extra- and intracellular pathways. *J Biomed Opt* **15**: 065001, 2010

■ 著者連絡先

国立研究開発法人産業技術総合研究所
 (〒305-8564 茨城県つくば市並木1-2-1)
 E-mail. 130281ms@tmd.ac.jp