

血漿分離のための血球沈降孔の形状最適化

Optimization of a Sedimentation Hole for Separating Plasma from Whole Blood



○(D1) 黒田 千愛¹, 大木 義路^{1,2}, 芦葉 裕樹³, 藤巻 真³, 粟津 浩一³, 田中 寅彦⁴, 槇島 誠⁴

¹早大先進理工, ²早大材研, ³産総研, ⁴日大医

○(D1) Chiaki Kuroda¹, Yoshimichi Ohki^{1,2}, Hiroki Ashiba³, Makoto Fujimaki³, Koichi Awazu³,
Torahiko Tanaka⁴, Makoto Makishima⁴

¹ASE and ²RIMST, Waseda Univ., ³AIST, ⁴Nihon Univ.

E-mail: chiaki-kuroda@toki.waseda.jp

血液中のウイルスなどの病原体や抗体を高感度に検出するためには、予め血液から血漿を分離する必要がある。1滴程度の微量血液を用いた多項目検査が望まれているが、少量の血液は遠心分離できない。我々は、50 μ L未満の血液から10分以内に血漿を分離するため、垂直円柱形の血球沈降孔の上部から血漿を分離するマイクロ流路を開発し^[1]、さらに水平円柱形の沈降孔内では分離が促進されることを報告した^[2]。本研究では、孔形状によるボイコット効果^[3]の現れ方を計算により見積もり血球沈降孔の最適化を行った上で、血漿分離のためのマイクロ流路を開発した。

図1に示すように、下向き傾斜側面を、二面に有する截頭水平三角柱形(ii)、全面に有する垂直円錐台形(iii)では、血球は分離血漿層と下向き傾斜側面の下から重力沈降する。(b)に示す三形状の沈降孔の底面積を19.6mm²に固定し、沈降孔内で血液30 μ Lを5分間静置させた場合の分離血漿層の高さを、側面の鉛直方向からの傾きの関数として計算した。つぎに、図2中の写真のように、垂直円錐台形の沈降孔を作製し、赤血球体積百分率10%に希釈した血液試料を、下部流路から流量50 μ L/minで導入し沈降孔内の約8割を血液で満たした後、0~6分間沈降孔内で静置させた。その後、上部流路から血漿を取り出し、以下の式で定義する分離血漿の純度を求めた。結果を図2に示す。

$$\text{分離血漿純度} = \left(1 - \frac{\text{分離後血液中の血球数}}{\text{分離前血液中の血球数}} \right) \times 100[\%]$$

純度99%以上の血漿を分離するために必要な静置時間は、(i)の5分間、(ii)の5分間に対し、(iii)では2分間と極めて短く、また静置5分後には、(iii)の孔内では、(i)の約3.8倍、(ii)の約1.2倍高く血漿が分離された。本結果は、前述した計算において、(iii)では、(i)の約5.1倍、(ii)の約1.3倍高く血漿が分離されるという結果とほぼ一致している。

本研究は、日本医療研究開発機構 (AMED) の助成を受けた。

[1] 黒田 他, 電気学会論文誌E, 135, 5, pp.152-157 (2015)

[2] 黒田 他, 第62回応用物理学会春季学術講演会, 13p-D5-3 (2015)

[3] A. E. Boycott, Nature, 104, 2621 (1920)

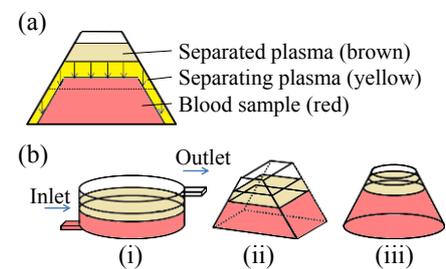


図 1 (a)孔断面における血漿分離の様子。(b)比較検討した血球沈降孔の模式図。(i)垂直円柱形, (ii)截頭水平三角柱形, (iii)垂直円錐台形。

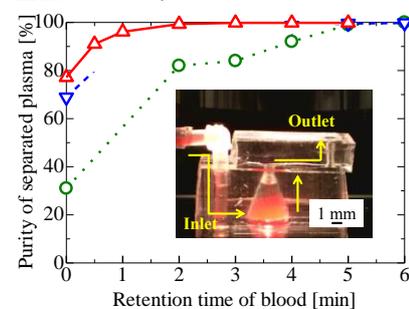


図 2 各血球沈降孔における血液静置時間と分離血漿純度の関係。○ (緑丸): 垂直円柱形(i), ▽ (青逆三角): 截頭水平三角柱形(ii), △ (赤三角): 垂直円錐台形(iii)。挿入図: 作製した垂直円錐台形の沈降孔を組み込んだマイクロ流路。