

РАЗРАБОТКА МИКРОФЛЮИДНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА

А. Ю. Кохан¹, А. Д. Шумко², Е. В. Шамова^{1,2}

¹Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Микрофлюидика представляет собой самостоятельное научное направление, изучающее поведение жидкостей в небольших объемах (на микро и наноуровнях). Количество задач, решаемых с помощью микрофлюидных систем, огромно [1]. Одним из быстро развивающихся и широко востребованных направлений микрофлюидики является исследование системы гемостаза в условиях потока при наличии физиологического и патофизиологического окружения. Методы микрофлюидики, совмещенные с методами флуоресцентной микроскопии дают возможность изучать механизмы тромбообразования, при этом контролируя геометрию каналов, моделирующих сосуды, потоки сдвига, влияние различных биохимических факторов, приближая тестирование системы гемостаза к условиям *in vivo*. Целью данной работы явилось разработка и компьютерное моделирование различных дизайнов микрофлюидных систем для анализа системы гемостаза.

Модели микрофлюидных систем (МФС) создавали в системе автоматизированного проектирования SOLIDWORKS 2022. Моделирование тока крови в трехмерных моделях созданных камер проводили в COMSOL Multiphysics, используя пакет «creeping flow». Кровь моделировали как неньютоновскую жидкость с учетом ее реологических свойств, используя модель Каро [2]. Моделирование заключалось в решении системы уравнений Навье-Стокса для случая низких значений чисел Рейнолдса, что соответствует ламинарному потоку в узких каналах МФС. Анализ проводили, исследуя распределение напряжений сдвига в области наблюдения за адгезией тромбоцитов при различных задаваемых скоростях потока.

Трехмерные компьютерные модели МФС создавали с учетом технологического процесса их производства методами литографии и мягкой литографии, а именно толщины слоя фоторезиста (50–100 мкм) и минимальной необходимой ширины канала (100–200 мкм). Контроль за скоростью потока производили добавлением пассивного резистора потока. Разработано 2 основных группы МФС – с входом только для крови, и с дополнительным входом для смеси агонистов активации или других растворов молекул. В каждой группе также разработаны системы с резким сужением просвета канала – модели стеноза. Моделирование тока жидкости показало возможность достижения напряжений сдвига в широком диапазоне ($50\text{--}1000\text{ с}^{-1}$) при использовании небольших выходных скоростей (около 10 мкл/мин). В моделях стеноза получены скорости сдвига, значительно превышающие 1000 с^{-1} при уровне стеноза более 50%. Получены зависимости напряжений сдвига от выходных скоростей тока крови. Результаты будут использованы для производства МФС и исследования системы гемостаза в условиях, приближенных к *in vivo*.

Библиографические ссылки

1. Lei K. F. Microfluidic systems for diagnostic applications: A review // Journal of laboratory automation. 2012. Vol. 17, iss. 5. P. 330–347.
2. Cho Y. I., Kensey K. R. Effects of the non-Newtonian viscosity of blood on flows in a diseased arterial vessel. Part 1: Steady flows // Biorheology. 1991. Vol. 28, iss. 3–4. P. 241–262.