

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ИММУННОГО ОТВЕТА НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИЧ ИНФЕКЦИИ В ОРГАНЕ-МИШЕНИ

Савинков Р.С.¹, Бочаров Г.А.²

¹ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, email: dr.savinkov@gmail.com

²Институт вычислительной математики РАН, Москва, email: bocharov@inm.ras.ru

Работа посвящена разработке методов моделирования процессов распространения инфекции вирусами иммунодефицита человека (ВИЧ) и противовирусного иммунного ответа в органе-мишени на основе стохастического подхода к описанию перемещения вирусных частиц и специфических лимфоцитов. При моделировании процесса распространения ВИЧ описываются следующие ключевые этапы: заражение клеток-мишеней вирусом ВИЧ, процесс переноса вирусных частиц и лимфоцитов внутри органа, деление клеток и репликация вируса ВИЧ, поиск и уничтожение заражённых клеток-мишеней специфическими Т-лимфоцитами.

Пространственная структура органа-мишени аппроксимируется в виде трёхмерной сетки с общим количеством узлов равным 4139, в узлах которой располагаются чувствительные к вирусу клетки-мишени (CD4+ Т лимфоциты). В модели рассматривается динамика следующих переменных: численности вирусных частиц (дикий и мутантный типы), CD8+ Т лимфоцитов (специфичных дикому и мутантному типу вируса, соответственно), и клеток-мишеней, различающихся состоянием (здоровая/инфицированная диким типом/инфицированная мутантным типом, неактивированная/делящаяся/погибшая). На данном этапе, для моделирования процесса распространения ВИЧ инфекции в органе-мишени рассматривается трёхмерная сетка с отдельными клетками, расположенными в ее узлах. На первом шаге численного моделирования (начало инфекции) в один из узлов помещаются 1000 вирусных частиц. В алгоритме, реализующем модель, на каждом шаге по времени происходит случайное движение вирусов и лимфоцитов по узлам сетки: вправо, влево, вверх, вниз, вперёд, назад. В результате этого движения происходит случайное взаимодействие компонентов процесса ВИЧ инфекции, рассматриваемых в модели, что определяет развитие иммунного ответа. При делении инфицированной клетки-мишени происходит высвобождение вирусных частиц, заражающих соседние клетки.

Программная реализация модели выполнена на языке C++, такт модели (обновление всех состояний) выполняется в среднем за 0.012 секунды.

Работа выполнена при поддержке проектов Программы Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине» и РФФИ