Математическое моделирование иммунной системы и инфекционных заболеваний

Бочаров Г.А., д.ф.-м.н.. в.н.с. ИВМ РАН

Институт вычислительной математики имени Г. И. Марчука РАН (ИВМ РАН), Москва, Россия
Отделение математического центра мирового уровня "Московский центр фундаментальной и прикладной математики", Москва, Россия
Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, Россия

Аннотация

Основная функция иммунной системы организма заключается в контроле и поддержании антигенного гомеостаза внутренней среды организма, и прежде всего, защиты при инфекционных заболеваниях. Течение и исход инфекционных заболеваний человека и экспериментальных животных определяются кинетикой процессов распространения антигенного возмущения в организме и развитием иммунофизиологических реакций, а также, внешними (лечебными) воздействиями. Для их целостного описания и анализа необходимы мульти-физические математические модели, детализирующие причинно-следственные взаимоотношения инфекционных и иммунологических процессов на разных уровнях иерархической организации и пространственно-временных масштабах, и при этом, максимально учитывающие адаптивное формирование иммунного репертуара, а также действие нелинейных многофакторных контуров молекулярной, клеточно-популяционной и системно-физиологической регуляции в организме. В докладе будут рассмотрены фундаментальные основы построения математических моделей иммунологии и их приложений в медицине разработанные Г.И. Марчуком. Развитие данного направления связано с реализацией подходов к моделированию и анализу процессов, определяющих функционирование иммунной системы, с учетом разнообразных характеристик её «сложности» и их эволюции. Для этого рассматриваются новые классы математических и компьютерных моделей, описывающих структуру, регуляцию и динамику иммунных реакций в норме и при инфекционных заболеваниях. Отличительной особенностью современного этапа развития математического описания иммунной системы является содержательное моделирование различных инфекционных заболеваний человека и экспериментальных животных (ВИЧ-1, SARS-CoV-2, вирусный гепатит B, LCMV). Результаты моделирования позволяют глубже понять механизмы регуляции и патогенеза, контрольные факторы, определяющие режимы течения вирусных инфекций и возможности их изменения, а также определить молекулярно-биологические мишени для противовирусной терапии и пороговые критерии эффективности вакцинации.

Финансирование: Исследования поддержаны Российским научным фондом (грант № 23-11-00116) и Московским центром фундаментальной и прикладной математики в ИВМ РАН (Соглашение с Минобрнауки России № 075-15-2025-347).

1. Г.И. Марчук. Избранные труды: в 5 т. Т.4.: Математическое моделирование в иммунологии и медицине. Российская академия наук, Институт вычислительной математики РАН. –М.: 2018 г.
2. Gennady Bocharov, Vitaly Volpert, Burkhard Ludewig, Andreas Meyerhans. Mathematical Immunology of Virus Infections. Springer, 2018. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-72317-4