

0.1. Поляков М.В. Математическая модель взаимодействия CAR-T клеток и солидной опухоли на основе уравнений реакции-диффузии

Комплексный характер взаимодействия опухоли и иммунной системы требует применения математических методов для анализа и прогнозирования динамики системы [1,2].

Основной задачей данного исследования является разработка пространственно-временной модели, описывающей взаимодействие CAR-T клеток с солидной опухолью с учётом ключевых биологических факторов.

Предложена система реакционно-диффузионных уравнений в частных производных

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial t} = D_C \nabla^2 C + r_C C(1 - C) - k_{CT} CT(1 - a_T) - \\ - k_I CI - h_C C, \\ \frac{\partial T}{\partial t} = D_T \nabla^2 T + r_T T(1 - T) - k_{CT} CT(1 - a_T) - \\ - h_T T, \\ \frac{\partial I}{\partial t} = -\alpha I + \beta T, \\ \frac{\partial a_T}{\partial t} = \gamma T(1 - a_T), \end{cases} \quad (1)$$

где $C(x, t)$ — плотность CAR-T клеток; $T(x, t)$ — плотность опухолевых клеток; $I(x, t)$ — концентрация иммунных ингибиторов; a_T — степень антигенного ускользания опухоли. Численное решение осуществлялось методом конечных разностей.

Проведены вычислительные эксперименты, продемонстрировавшие пространственно-временную динамику опухоли и CAR-T клеток. Исследовано влияние скорости антигенного ускользания γ и продукции иммунных ингибиторов (β) на эффективность терапии. Показано, что увеличение этих параметров существенно снижает эффективность уничтожения клеток опухоли.

В модель впервые интегрированы одновременно механизмы антигенного ускользания и продукции растворимых иммунных ингибиторов, что позволяет более адекватно описывать резистентность солидных опухолей к CAR-T терапии.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-71-00041, <https://rscf.ru/project/25-71-00041/>

Список литературы

- [1] KARA E. ET. AL. Mathematical modeling insights into improving CAR T cell therapy for solid tumors with bystander effects // npj Systems Biology and Applications. 2024. Vol. 10. 105.
- [2] ПОЛЯКОВ М.В., ТЕН В.В. Simulation tumor growth in heterogeneous medium based on diffusion equation // International Journal of Modern Physics C. 2024. Vol. 35. N. 1. 2450010.