

# 3D МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ МЕТАБОЛИТОВ В СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЕДИНИЦЕ ПЕЧЕНИ

Этезова Ф.М.<sup>1</sup>, Нарциссов Я.Р.<sup>2</sup>, Машковцева Е.В.<sup>1</sup>

НИИ цитохимии и молекулярной фармакологии,  
Россия, 115404, Москва, ул. 6-я Радиальная, д. 24, стр. 14,  
Тел.: +7 (495) 327-49-87, Email: [icmph@yandex.ru](mailto:icmph@yandex.ru)

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО "Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова" МЗ РФ, Россия, Москва, улица Островитянова, 1, стр.7 Тел.: +7 (495) 434-22-66, E-mail: [mashkovtseva\\_ev@rsmu.ru](mailto:mashkovtseva_ev@rsmu.ru)

<sup>2</sup> Группа биомедицинских исследований, БиДиФарма ГмбХ, Германия, Зик, 22962, Бюльтбек, 5, Email: [yn\\_brg@icmph.org](mailto:yn_brg@icmph.org)

Печень — важный орган, выполняющий множество жизненно необходимых функций, например, метаболическую. Компьютерное моделирование является перспективным подходом к комплексному изучению распределения метаболитов в печени в норме и патологии, поскольку позволит избежать проведения длительных и дорогостоящих экспериментов и инвазивных процедур.

Сосудистая сеть печёночной долики — уникальная и сложная система взаимосвязанных разнокалиберных сосудов разного типа [1], особенности которой не учтены ни в одной из существующих моделей [2]. Связано это как со сложностью самой архитектуры, так и с необходимыми для расчёта большими вычислительными ресурсами.

Нами была построена 3D модель функциональной единицы печени в виде классической долики Кирнана [1], [3] в соответствии с её морфометрическими характеристиками. Модель включает в себя все виды сосудов, кровоснабжающих долику. Глюкоза служит источником энергии для всех клеток организма, однако накапливается в основном в клетках печени. Она проникает в гепатоциты посредством транспортера GLUT-2 и становится субстратом в процессе гликогена в случае избытка углеводов. Деградация запасённого гликогена происходит в случае дефицита углеводов, таким образом, эти процессы находятся в равновесии и зависят от концентрации глюкозы в крови и потребности в ней организма.

Моделирование кровотока осуществлялось на основе решения нестационарного уравнения Навье-Стокса для течения несжимаемой неньютоновской жидкости с динамической вязкостью, соответствующей модели Карро [4], [5]. Пространственно-временное распределение глюкозы в паренхиме печени моделировалось с использованием краевых задач для уравнения реакции-диффузии.

Таким образом, нами был получен корректный профиль скоростей тока крови в сосудах печёночной долики и пространственно-временное распределение глюкозы в объеме паренхимы печени. Полученная высоко детализированная 3D модель может быть использована для изучения распределения и других метаболитов, существенно влияющих на функционирование органа при различных патологических процессах.

## Литература

1. Lorente, S., M. Hautefeuille, and A. Sanchez-Cedillo, The liver, a functionalized vascular structure // *Sci Rep*, **2020**. 10(1): p. 16194.
2. Rohan, E., J. Camprova Turjanicova, and V. Liska, Geometrical model of lobular structure and its importance for the liver perfusion analysis // *PLoS One*, **2021**. 16(12): p. e0260068.
3. Kruepunga, N., et al., Anatomy of rodent and human livers: What are the differences? // *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis*, **2019**. 1865(5): p. 869-878.
4. Nartsissov, Y.R., Application of a multicomponent model of convectional reaction-diffusion to description of glucose gradients in a neurovascular unit // *Front Physiol*, **2022**. 13: p. 843473.
5. Nartsissov, Y.R., The Effect of Flux Dysconnectivity Functions on Concentration Gradients Changes in a Multicomponent Model of Convectional Reaction-Diffusion by the Example of a Neurovascular Unit // *Defect and Diffusion Forum*, **2021**. 413: p. 19-28.