

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ПАРЕНХИМЕ МОЗГА: ДОСТИЖЕНИЯ И ВЫЗОВЫ

Постнов Д.Э.

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, кафедра оптики и биофотоники, 410012, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, 83

Достижения последних десятилетий открывают новые возможности и указывают на новые вызовы в области математического моделирования физиологии мозга. На сегодняшний день ясно, что любое значимое изменение нейронной активности сопровождаются измеримыми изменениями физиологических параметров. Межклеточные взаимодействия внутри так называемой “нейроваскулярной единицы” определяют локальные ответы на изменение нейронной активности, а также приводят к формированию пространственно протяженных паттернов в пределах функциональных “подсистем” (сети астроцитов, перенос веществ в межклеточном пространстве, распространяющиеся вазомоторные реакции). Будучи обычно неявно выраженными, эти физиологические механизмы становятся доминирующими во время экстремальных состояний коры головного мозга, таких, как распространяющаяся кортикальная депрессия, мигрень с аурой, а также распространение волн деполяризации при инсульте или в результате травмы.

Новый импульс исследованиям в данной области был придан в связи с уточнением механизмов, обеспечивающих дренаж паренхимы мозга. Как известно, мозг – это единственный орган, в паренхиме которого на сегодняшний день не найдено лимфатической системы. В 2012 году группой M. Nedergaard была предложена гипотеза о т.н. “глимфатической” (glymphatic) системе дренажа, ключевая роль в которой отводится потоку воды через поры мембраны астроцитов и процессу “накачки” спинномозговой жидкости в паренхиму за счет пульсаций стенок артериальных сосудов. Последний вызвал бурную дискуссию, продолжающуюся в настоящее время. Заметим, что надежное понимание этих механизмов крайне важно для широкого круга медицинских проблем, таких, как борьба с болезнью Альцгеймера, или же доставка лекарств сквозь гематоэнцефалический барьер. На настоящий момент имеется некоторое количество попыток моделирования процесса “перекачки” спинномозговой жидкости в межклеточное пространство, в основном связанных с критикой пропульсивного механизма.

Таким образом, целый спектр актуальных проблем физиологии мозга настоятельно требует понимания того, как клеточная “машина” паренхимы мозга (нейроны, астроциты, клетки гладкой мускулатуры и эндотелия сосудов) функционирует в комплексе, как единое целое, включая согласование изменения активности клеток с модуляцией объема межклеточного пространства и интенсивностью транспорта веществ в нем. Эта масштабная задача представляется одновременно и многообещающей перспективой, и серьезным вызовом для модельно-теоретических исследований в данной области.