

Анализ топологии артериального дерева в модели кровеносной системы мозга крысы

Научный руководитель – Нарциссов Ярослав Рюрикович

Копылова В.С.¹, Бороновский С.Е.¹

1 - Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Факультет экспериментальной и теоретической физики, Москва, Россия

Правильное функционирование кровеносной системы является неременным условием для существования высших организмов, так как за счет оптимального распределения кровеносных сосудов достигается эффективное снабжение органов жизненно важными метаболитами. При этом, функциональность кровеносной системы, как совокупности артерий, капилляров и вен, в значительной степени зависит от ее структуры и топологии. В основе анализа сосудистых сетей стоят задачи по определению эффективных и характерных морфологий, а также структурных изменений в зависимости от их функциональных свойств.

В данной работе был предложен алгоритм построения артериальной системы мозга крысы, учитывающий основные характеристики кровеносной системы, такие как плотность распределения сосудов, а также зависимость между структурой и суммарным объемом крови. Данный подход основан на разделении структуры кровеносной системы на две части, которые отличаются как функциональными особенностями, так и методами их моделирования. Основные артерии головного мозга, топология которых достаточно консервативна у большинства образцов, имеют больший радиус и представляют собой детерминированную структуру. Артерии детерминированной части были реализованы в виде упорядоченной совокупности цилиндров, для каждого из которых задавались радиусы и координаты центров оснований, где радиус цилиндра соответствовал радиусу сосуда. В отдельную стохастическую структуру были выделены более мелкие сосуды, являющиеся ответвлениями от основных артерий. Стохастическая часть была реализована в виде бинарного дерева, построение которого происходило в соответствии с фундаментальными принципами и законами ветвления.

Построенная сосудистая сеть отражает анатомически верное пространственное расположение основных артерий. Была проведена оценка влияния показателя ветвления на структуру и физиологические параметры построенного артериального дерева. Так, анализ пространственного распределения точек бифуркации для каждого сегмента артериального дерева показал рост средней плотности сосудов при увеличении значения показателя ветвления. Более того, при его значении близком к трем достигался эффективный суммарный объем крови в системе, что хорошо согласуется с экспериментальными данными.