

УДК 004.942

МЕТОД ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ НУЛЬМЕРНЫХ ВЫХОДНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ОДНОМЕРНОЙ МОДЕЛИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Шрамко О.А. (ИТМО)

Научный руководитель – PhD, доцент Зун П.С.
(ИТМО)

Введение. В последние годы моделирование кровообращения в одномерном приближении стало рутинным и мощным инструментом для изучения системы кровообращения в научных целях. Также растет интерес к использованию моделирования кровообращения в медицинских приложениях. Точность одномерной модели была подтверждена во многих исследованиях, но вопрос персонализации моделей этого типа все еще остается актуальным. Персонализация модели требует ориентированной на пациента оценки параметров модели и создания персонализированной геометрии вычислительной области и построения вычислительной сетки [1]. Помимо параметров, модели включают граничные условия, которые также должны быть специфичны для пациента [1].

Основная часть. Целью исследования является предсказание отсутствия достаточного кровотока в почечных артериях на основе данных ультразвуковых измерений в других точках артериальной системы. Исследование состоит из четырех этапов: 1) персонализация топологии; 2) персонализация граничных условий на входе; 3) персонализация граничных условий на выходе; 4) проведение моделирования кровотока с использованием измененной топологии и измененных граничных условий. Для персонализации топологии используется диаметр аорты и рост пациента. Длина каждого сегмента топологии изменяется пропорционально соотношению высот (измеренная высота пациента, деленная на эталонную высоту из [2]). Радиусы артерий изменяются пропорционально соотношению диаметров аорты. Для персонализации граничного условия на входе используется измеренная пиковая скорость в аортальном клапане. Пиковый поток находится путем умножения измеренной пиковой скорости на просвет артерии, рассчитанной для точки входа модифицированной топологии. Затем кривая входного потока изменяется пропорционально соотношению пиковых потоков в точке входа. Для персонализации граничных условий на выходе используется разработанный метод оптимизации, основанный на минимизации энергии диссипации в системе с одновременной стабилизацией потока в заданных точках системы. Проведенное моделирование кровотока показало недостаточное кровоснабжение почек пациента.

Выводы. Разработан метод персонализации топологии и метод персонализации нульмерных выходных граничных условий одномерной модели. Моделирование успешно предсказало недостаточное кровоснабжение почек.

Список использованных источников:

1. Василевский Ю.В., Симаков С.С., Гамилов Т.М., Саламатова В.Ю., Добросердова Т.К., Копытов Г.В., Богданов О.Н., Данилов А.А., Дергачёв М.А., Добровольский Д.Д., Косухин О.Н., Ларина Е.В., Мычка Е.Ю., Харин В.Ю., Чеснокова К.В., Шипилов А.А. Персонализация математических моделей в кардиологии: трудности и перспективы // Компьютерные исследования и моделирование. – 2022. – № 14(4). – С. 911–930.
2. Blanco P., Watanabe S., Passos M., Lemos P., Feijóo R. An anatomically detailed arterial network model for one-dimensional computational hemodynamics // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2015. – № 62. – С. 736–753.