

0.1. Тихвинский Д.В., Карпенко А.А., Чупахин А.П. Гемодинамика бифуркационной аневризмы абдоминального отдела аорты

Бифуркационная аневризма абдоминального отдела аорты является широко распространенным заболеванием сердечно-сосудистой системы: от 1.5% до 5% людей старше 65 лет имеют данную патологию [1]. Прогнозирование момента ее разрыва является важной задачей для современной сосудистой хирургии. При этом мало внимания уделяется сочетанным патологиям, которые, зачастую являются причинами тяжелых послеоперационных осложнений или летального исхода. Настоящая работа посвящена численному исследованию гемодинамики модельной геометрии для возможных локализаций аневризмы брюшной аорты на ее бифуркации.

По DICOM-изображениям реальных пациентов, проходивших лечение в НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина были восстановлены 30 геометрий аорты. Эти данные использовались для нахождения различных геометрических характеристик аорты и ее аневризмы, а также для построения соответствующих им идеализированных конфигураций.

В пакете ANSYS было проведено численное моделирование течения крови по модельным конфигурациям аорты и ее аневризмы. В результате проведенного исследования оказалось, что реальное распределение диаметров, проксимального по отношению к аневризме, отдела аорты и подвздошных артерий отличается от предсказанного по закону Мюррея [2] с параметром $\gamma = 3$. Было найдено значение этого параметра для рассмотренной выборки пациентов. Рассмотрены как жесткая, так и гидроупругая постановки (данные об эластических свойствах сосудов взяты из [3]) численного моделирования и проведено сравнение с конфигурацией аорты без аневризмы.

В ходе анализа результатов численного 3D моделирования было обнаружено немонотонное поведение функции вязкой диссипации в конфигурации при радиусе аневризмы равной 3.7см, что соответствует предельной наблюдаемой в клинике величине аневризмы (при таком размере показана немедленная операция). Показано, что в случае локализации аневризмы на бифуркации давление в аорте возрастает вверх по потоку. Причем, только в случае специальной геометрии: когда радиусы подвздошных артерий равны ($r_1 = r_2$), а угол между ними составляет 60 градусов- имеет место линейная зависимость между величиной давления в аорте выше аневризмы и размером самой аневризмы: наклон прямой такой линейной регрессии находится в интервале $a \in (0.003; 0.857)$, а коэффициент детерминации $R^2 \geq 0.75$. Установлено, что площадь, ограниченная кривой диаграммы "давление-скорость" для значений скорости и давления вверх по потоку при

наличии аневризмы падает по сравнению со здоровым случаем (сосудом без аневризмы). Результаты моделирования в жесткой и гидроупругой постановках качественно согласуются между собой.

Полученные результаты дают лучшее понимание связи геометрических параметров аневризмы с перестройкой гемодинамики в бифуркации аорты и ее влияния на сердечно-сосудистую систему вверх по потоку относительно аневризмы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 21-15-00091).

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Паршин Д. В.

Список литературы

- [1] WANHAINEN A, ET AL. European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 Clinical Practice Guidelines on the Management of Abdominal Aorto-iliac Artery Aneurysms. // European Journal of Vascular and Endovascular Surgery. 2018. Vol. 10. N. 1. P. 26–46.
- [2] ZHENG, X. ET AL. Bio-inspired Murray materials for mass transfer and activity. // Nat. Commun. Vol. 8. P. 14921.
- [3] Липовка А. И., Карпенко А. А., Чупахин А. П., Паршин Д. В. Исследование прочностных свойств сосудов абдоминального отдела аорты: результаты экспериментов и перспективы // ПМТФ. 2022. № 2. С. 84–93.