АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ КРОВОТОКА В ЗОНЕ ПРОКСИМАЛЬНОГО АНАСТОМОЗА БЕДРЕННО-ПОДКОЛЕННОГО ШУНТА НА ОСНОВЕ ПАЦИЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ РАСЧЕТОВ

Маринова А.А.¹, Тихомолова Л.Г.¹, Юхнев А.Д.¹, Врабий А.А.²

(Научные руководители - акад. РАН Хубулава Г.Г. и д.ф.-м.н. Смирнов Е.М.)

1 - СПб политехнический университет Петра Великого 2 – Первый СПб государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова

ВВЕДЕНИЕ Шунтирование бедренной артерии синтетическим сосудистым протезом в отдаленном послеоперационном периоде может осложниться развитием гиперплазии неоинтимы в области анастомозов и последующим тромбозом. Важным шагом на пути решения проблемы прогнозирования этих изменений является анализ взаимосвязи роста неоинтимы с гемодинамическими параметрами в области сосудистого анастомоза с использованием численного моделирования кровотока

ЦЕЛЬ Исследовать изменения кровотока в зоне проксимального анастомоза шунта и бедренной артерии

на основе результатов пациент-ориентированных расчетов

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ





Граничные условия для модели 1 и модели 2



Ультразвуковые доплеровские измерения скорости в ОБА (Mindray Resona 7)



Модель

D_{ОБА}, ММ

D_{шунт}, мм

 $D_{\Gamma \mathcal{D} \mathcal{A}}$, MM

2

8

9

1

8

11





Персонифицированные модели, построенные с использованием программ VMTK, Rhino 6, Siemens NX 10



Вычислительные аспекты

• Уравнения:



Свойства жидкости: ρ = 1050 кг/м³, μ = 0.0035 Па·с

оба ГБ

ШУНТ

- Расчет в Ansys CFX
- Дискретизация уравнений со вторым порядком точности по пространству и времени
- Расчет трех циклов для получения устойчивого периодического решения



Изображение поперечного сечения проксимального анастомоза и окружающих тканей, полученное методом мультиспиральной компьютерной томографии (GE Optima CT 660)

Расчетная сетка

≈ 3 млн элементов



РЕЗУЛЬТАТЫ









Литература

[1] C.V.Cunnane, et al. Spiral laminar flow is associated with a reduction in disturbed shear in patient-specific models of an arteriovenous fistula // Cardiovasc. Eng. Technol. 14 (1):

ВЫВОДЫ · В фазу замедления потока в обеих моделях формируется интенсивное вихревое течение у внешней стенки шунта сразу за анастомозом, занимающее около половины поперечного сечения. Уменьшение в 2.6 раза доли расхода по шунту за полгода при сохранении входного расхода привело: к снижению интенсивности вихревой структуры течения в шунте, а также к существенному увеличению в нем зоны с низкими сдвиговыми напряжениями и высоким индексом их колебаний, т.е. к повышению вероятности развития тромботических отложений в шунте Векторные изображения поля скорости в плоскости ультразвукового сканирования, полученные с помощью численного моделирования и методом высокочастотной ультразвуковой векторной визуализации, удовлетворительно согласуются друг с другом

> Работа выполнена при поддержке РНФ, грант № 20-65-47018, и при технической поддержке ООО «Миндрей Медикал Рус» и ООО «Сонар-Медикал»