

Особенности течения, обусловленные строением дочерних сосудов подмышечной и плечевой артерий

*З. Зорина¹, И. Катеренюк¹, В.А. Мансуров²,
Н.А. Трушель²*

*¹ Кишинёвский Государственный Медицинский
Университет им. Н.Тестемицану. (Молдова)*

*² Белорусский государственный медицинский университет.
(Беларусь)*

Контакт – mansurov@tut.by

Актуальность

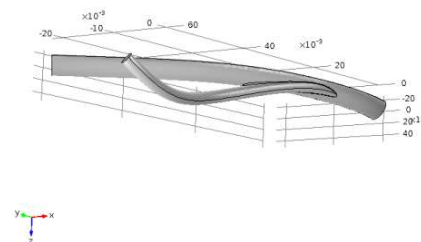
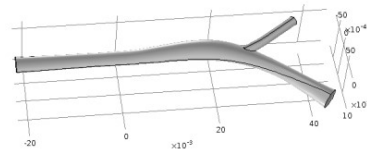
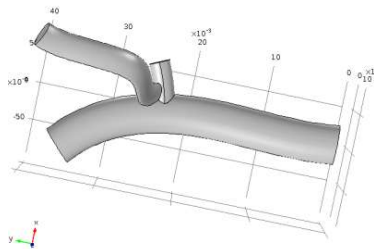
Гемодинамические факторы, обусловленные индивидуальными особенностями строения, играют роль в формировании гидравлического сопротивления и напряжения сдвига на стенке сосуда. Эти факторы могут быть причиной некоторых патологий, развитие которых можно прогнозировать. Такой прогноз является актуальным, поскольку сердечно-сосудистые заболевания по-прежнему являются лидирующим фактором смертности во всем мире. Численное моделирование взаимосвязи гемодинамических и морфометрических особенностей может быть объективной основой такого прогноза.

Цель

Сила трения, обусловленная вязкостью крови, параллельная стенке сосуда и действующая на стенку сосуда, называемая напряжением сдвига на стенке (τ) является одним из важных механических напряжений, которое также включает в себя силу кровяного давления и циклическое растяжение при пульсирующем течении. Напряжение сдвига - это биомеханическая величина, которая определяется кровотоком, геометрией сосудов и вязкостью жидкости, **вычисляется с использованием моделей динамики жидкости** и выражается в Па.

Силы, обусловленные напряжением сдвига, накладываются непосредственно на эндотелий и изменяют его структуру и функцию за счет действия местных механизмов механотрансдукции (механизмов, посредством которых клетки преобразуют механический стимул в электрохимическую активность)

Основная цель - посредством численного математического моделирования выяснить, как изменяется напряжение сдвига и градиент скорости течения на стенке сосуда в связи анатомическим строением отрезках плечевой, локтевой и подмышечной артерий.



Материалы и методы.

Материалом для исследования послужили созданные 3D геометрические модели подмышечной, плечевой, локтевой и лучевой артерии плеча. Морфометрические параметры сосудов: диаметр, угол бифуркации между ними - были изучены в результате антропометрии.

Для упрощения расчетов и сравнительного анализа результатов использовались отрезки артерий одинаковой длины. В качестве параметра сравнения использовался перепад давления, определяемый объемной скоростью и гидравлическим сопротивлением.

Посредством численного метода конечных разностей изучается трехмерное установившееся течение несжимаемой ньютоновской жидкости и градиент скорости течения крови на стенке, текущей из среды неограниченного объема в искривленный сосуд при наличии бифуркации. На стенках артерии и бифуркаций предполагается условие прилипания, при выполнении условий неразрывности.

В качестве начальных условий было принято, что объемная скорость течения на входе в данный сосудистый сегмент постоянная величина, находящаяся в диапазоне 10 – 30 мл/с, вязкость жидкости – 5мПа·с. Давление на выходе артерии полагалась равным нулю.

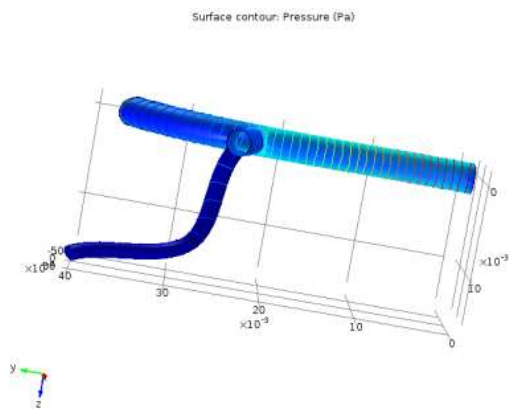
Напряжение сдвига на стенке сосуда

- Напряжение сдвига на стенке сосуда связано с градиентом скорости $\frac{\partial u}{\partial r}$ следующим соотношением (η - вязкость крови).

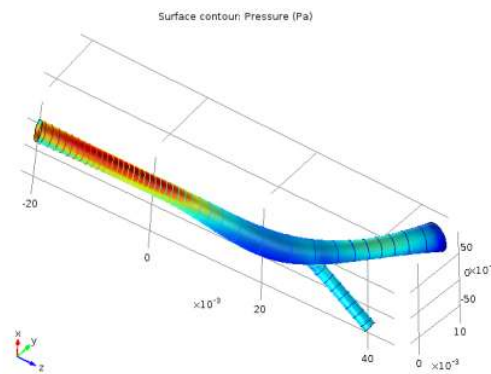
$$\tau_w = \eta \cdot \frac{\Delta u}{\Delta r}$$

- Чем выше градиент скорости на стенке сосуда и чем выше вязкость, тем выше напряжение сдвига на стенке сосуда. Наиболее значительных значений градиент скорости сдвига достигает на изгибах или перегибах сосудов и в местах соединения сосудов в области бифуркации. В данном случае напряжение сдвига на стенке находится в диапазоне от 2 до 6 Па или 20 до 60 дин/см²

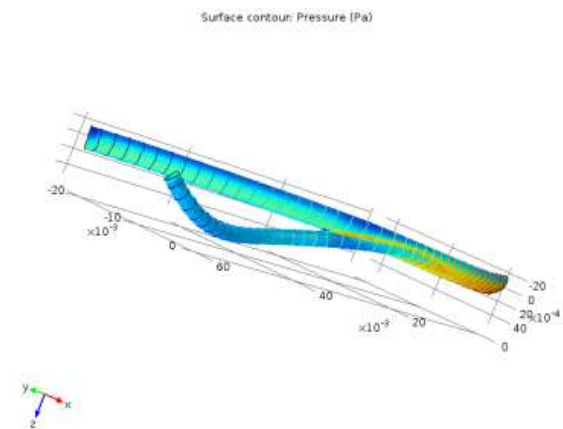
Градиент (3D) скорости на стенке



градиент скорости –цвет, давление линии подмышечной артерии на уровне ответвления подлопаточной артерии

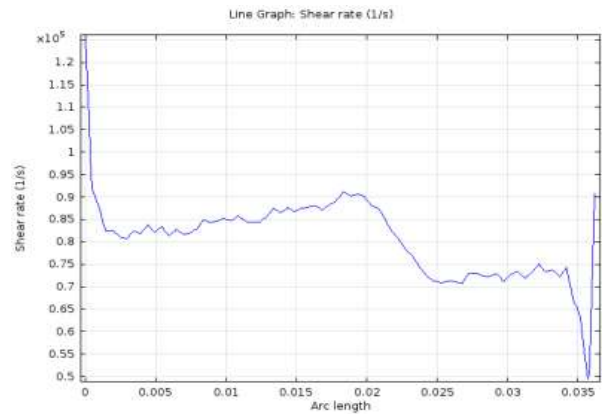


градиент скорости –цвет, давление линии плечевой артерии на уровне ответвления подлопаточной артерии

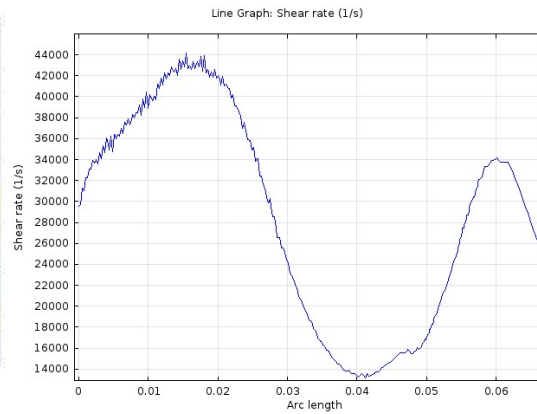


градиент скорости –цвет, давление линии плечевой артерии на уровне ее бифуркации

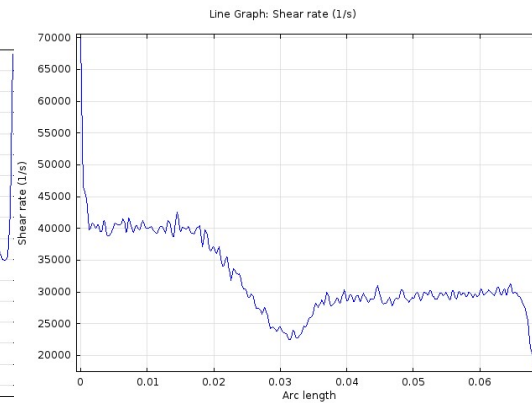
Градиент скорости на стенке сосуда по характерным линиям



градиент скорости по линии
противоположной от бифуркации,
подмышечная артерия



градиент скорости по линии
противоположной от бифуркации,
плечевая артерия



градиент скорости по линии
противоположной от бифуркации,
плечевая артерия

Выводы.

Наиболее значительных значений градиент скорости сдвига достигает на изгибах или перегибах сосудов и в местах соединения сосудов, следовательно, в этих местах следует ожидать и наибольших значений напряжения сдвига. Напряжение сдвига участвует как в физиологической, так и в патофизиологической биологии сосудов.

Изменение механического поведения сосудистой стенки в областях нарушенного кровотока в сочетании с воздействием системных сосудистых факторов способствует хронической фибровоспалительной реакции на результирующее повреждение артерии. Этот ответ связан с обезвреживанием атеропротекторных защит, поддерживаемых ламинарным кровотоком.

Последствия этого динамического равновесия между изменениями, вызванными напряжением сдвига, и системными факторами риска не только способствуют развитию атеросклероза, но также влияют на эффективность тех терапевтических методов, которые используются для изменения прогрессирования заболевания и клинических исходов.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ