

Расчёт параметров течения в большом круге кровообращения с учетом топологии

Мовсесян Яна Арамовна

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет вычислительной математики и кибернетики

Кафедра вычислительных методов

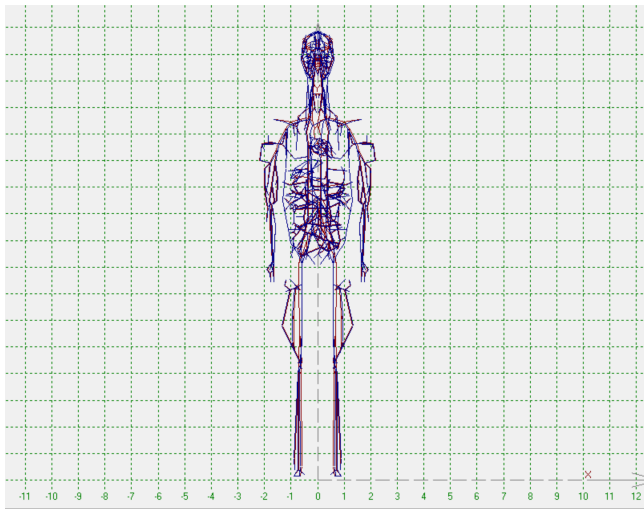
Выпускная квалификационная работа бакалавра

Научный руководитель — к.ф.-м.н., Буничева А.Я.

3 июня 2017

- Изучить программный комплекс CVSS
- Изучить физиологические основы кровообращения человека
- Провести тестовые расчеты на предложенном графе для выявления соответствия результатов расчетов основным физиологическим характеристикам
- Изменить топологию и параметры графа так, чтобы параметры кровотока согласовывались с реальными физиологическими данными

Граф большого круга кровообращения



Выявленные проблемы

- Суммарный объем крови в системе меньше физиологически верных величин
- Величина давления в артериях, полученная в результате расчетов, ниже соответствующих показателей реального кровотока. Кроме того, с течением времени величина артериального давления существенно уменьшается
- При расчете не воспроизводятся некоторые характерные особенности кровообращения в большом круге

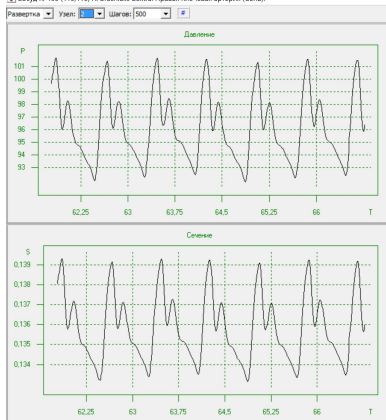
Увеличение объема циркулирующей крови

В исходном графе объем крови был равен 2250 мл, из них 1140 в венах и 1110 в артериях, в то время, как в норме в артериях большого круга содержится около 1000 мл крови, а в венах — 3200 мл.

Для увеличения объема была изменена топология графа: добавлено четыре модельных сосуда в венозную систему каждой руки и ноги. Добавленные сосуды не представляют реальных физических сосудов, а являются модельными емкостными венами. В результате суммарный объем крови был увеличен на 800 мл.

Увеличение объема циркулирующей крови

Сосуд №193 (115,116) A. brachialis dextra. Правая плечевая артерия (Сер.2).



Сосуд №193 (115,116) A. brachialis dextra. Правая плечевая артерия (Сер.2).

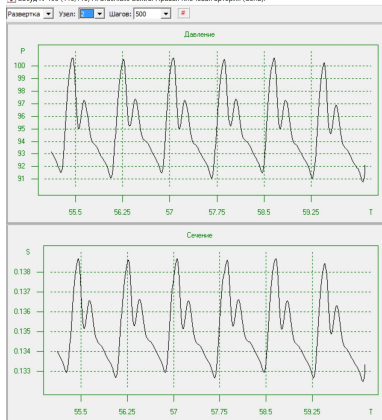


Рис.: Правая плечевая артерия до и после добавления объема

Резистивные сосуды

В целях повышения величины артериального давления в качестве механизма регуляции применяются резистивные сосуды.

К резистивным сосудам относятся концевые разветвления артерий и артериолы. Именно артериолы оказывают наибольшее сопротивление току крови. Основной информацией об этой группе сосудов является информация о величине изменения давления вдоль сети артериол Δp_R . Изменение давления вдоль таких рёбер приближенно определяется по формуле Пуазейля:

$$\Delta p_R = \frac{8\pi\nu\rho lq}{s^2}$$

Сохранение величины давления

Расчеты на исходном графе

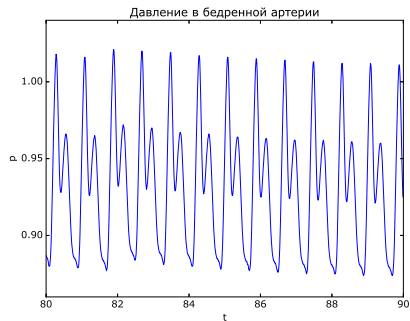
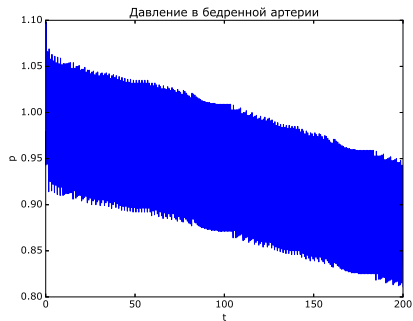


Рис.: Давление в бедренной артерии

Сохранение величины давления

Внесенные изменения

После оценки изменения суммарной объемной скорости кровотока на тканях, а также проведения серии тестовых расчетов, в исходную модель был внесен ряд изменений. В частности изменениям подверглись параметры функционирования правого предсердия, некоторые коэффициенты диффузии, а также параметры разностной схемы.

В результате этих комплексных действий удалось достичь практического постоянства величины давления в сосудах при расчете на большие времена.

Сохранение величины давления

Расчеты с новыми параметрами

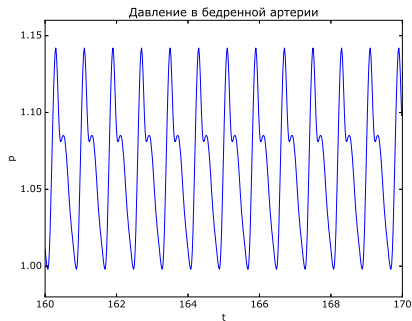
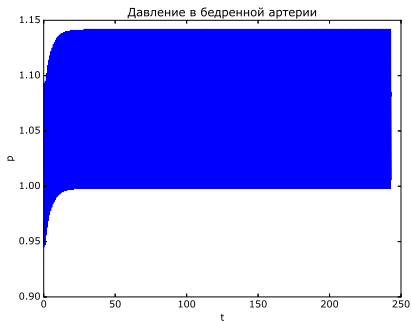


Рис.: Давление в бедренной артерии

Сохранение объема

Расчеты с новыми параметрами

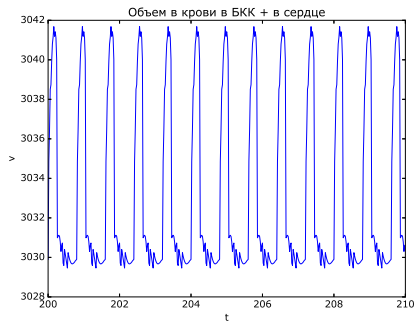
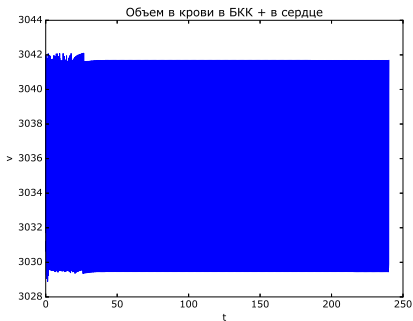


Рис.: Сумма объёмов крови в БКК и сердце

- Проведена серия тестовых расчетов, показывающих, что модель с предложенными новыми параметрами согласуется с закономерностями функционирования сердечно-сосудистой системы
- Проведены расчеты для оценки роли резистивных сосудов в формировании величины артериального давления
- Написана процедура для расчета изменения распределения кровотока по тканям в зависимости от различных условий

Спасибо за внимание