**Лабораторная работа 5**

**Физические основы гемодинамики**

Цель работы: оценить динамику давления и объемной скорости кровотока в сосудистом русле для аорты с помощью механической модели Франка для системы крупных артерий большого круга кровообращения

Теоретическая часть

Систему кровообращения представляет собой замкнутый контур, который образуют: сердце и система артерий и вен малого и большого круга кро­вообращения. Основным источником энергии движения по сосудам является работа сердца, которое служит своеобразным насосом, нагнетающим порции крови в артериальную часть системы кровообращения. В результате кровь под давление поступает в органы и ткани, где выполняет различные функции, основной из ко­торых является транспорт кисло­рода и питательные вещества от легких и органов пищева­рения и выведение ко­нечные продукты обмена к органам выделения.



Рисунок 10 – Механическая модель Франка

*V+ – объем крови поступивший в аорту, V- – объем крови в периферической части кровеносной системы, Xкл – давление в луковице аорты, Xn – давление в периферической части*

Раздел физиологии кровообращения, который изучает движение крови по сосудам, называется гемодинамика. Для описания процессов гемодинамики часто применяются методы физическо-математического моделирования. С помощью этих методов для системы кровообращения в 1988 году О. Франком была разработана механическая модель системы крупных артерий большого круга кровообращения. В модели Франка система кровообращения моделируется одной упругой камерой (сердце), и системой мелких сосудов с вязкостным сопротивлением – жесткой трубкой (рисунок 10).

Согласно основному закону гемодинамики: *количество крови, протекающее через поперечное сечение сосуда в единицу времени, прямо пропорционально разности давления в начале и в конце сосуда и обратно пропорционально сопротивлению*. Основными показателями движения крови являются *объемная скорость кровотока* (*Q*), среднее давление и сопротивление, которое создают упругие стенки сосуда. Объемная скорость кровотока зависит от поперечника кровеносного сосуда и *линейной скорости кровотока (V)*. Понятие объемной скорости кровотока, т.е. объема крови, выброшенный левым желудочком в аорту, включает в себя и системный кровоток. Движущей силой движения крови в сосудистой системе является давление крови, создаваемое работой сердца. Скорость падения давления пропорциональна сопротивлению (*R*), которое зависит от эффективного диаметра кровеносного сосуда и вязкости крови. Если радиус уменьшиться с 4 до 2 мм, то сопротивление сосуда увеличится в 16 раз, при неизменном градиенте давления.

Практическая часть

*Задние 1.* Определите, как измениться давление крови в аорте на отрезке времени от открытия аортального клапана и поступления порции крови из сердца в аорту до его закрытия и изгнания крови из аорты в магистральную артерию (плечевую артерию). Для расчетов используйте формулы аппроксимации данных фазы притока *2* и фазы изгнания *3*. В рабочей тетради постройте график динамики давления в аорте в фазу притока и изгнания крови.

 *Pф1 = 200 · t0-1 + 80* (2)

 *Pф2= –35 · ln(t1-2)+ 75* (3)

где *Pф1 –* давление в фазу притока, мм. рт. ст.; *Pф2* – давление в фазу изгнания, мм. рт. ст.; *t0-1  –* момент времени в фазу притока, секунды; *t1-2 –* момент времени в фазу изгнания, секунды;

В рабочей тетради постройте график динамики давления в аорте в фазу притока и фазу изгнания крови, подпишите положение аортального клапана. С помощью графика определите длительность фазы притока (*t*) крови и сделайте краткий вывод.

*Задание 2*. Оцените изменения объемной скорости кровотока *Q* в фазу притока крови в аорту. Для оценки воспользуйтесь расчетными формулами *4-6*:

 *Q(t) = -at2 + bt*  (4)

*a = Qmax / t2* (5)

*b = Qmax / t*(6)

где *Qmax –* объемной скорости кровотока, 30 мл/с; *t* – длительность фазы притока крови в аорту, мс.

В рабочей тетради постройте график динамики объемной скорости кровотока в аорте в фазу притока крови.

*Задание 3.* Оцените, как измениться сопротивление в аорте в фазу притока крови используя значения давления и объемной скорости кровотока. В рабочей тетради оформите таблицу, где укажите все рассчитанные показатели фазы притока крови. Рассчитайте значение коэффициента корреляции между показателями давления, объемной скорости кровотока и сопротивления в аорте в фазу притока крови. Сделайте краткий вывод.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

1. Определите периферическое сопротивление (ПС), если АД 130/70 мм рт.ст., а УОС 70 мл.
2. Определите, как измениться среднее динамическое давление после физической нагрузки, если АД до нагрузки 130/70 мм рт.ст., а после нагрузки (ортостатическая проба) 140/85 мм рт.ст.?
3. Как измениться минутный объем кровотока, если после нагрузки ЧСС изменилась с 68 до 100 уд/мин?
4. Какое давление должно поддерживаться в аорте, если общее периферическое сопротивление равно 20 мм. рт. ст., а минутный объем крови 4,5 л/мин?
5. Как измениться давление в аорте, если общее периферическое сопротивление увеличится до 30 мм.рт.ст., при МОК 4,5 л/мин?
6. Во сколько раз общее сопротивление сосудов малого круга кровообращения отличается от сопротивления большого круга, если среднее давление крови в этих условиях составляет соответственно 96 мм.рт.ст. и 12 мм.рт.ст.

**Контрольные вопросы:** Поясните механическую модель Франка дляартерий большого круга кровообращения? Что такое основной закон гемодинамики?Что такое объемная скорость кровотока?Что такое гидравлическое сопротивление сосудов и от чего оно зависит? Как связано давления крови с объемной скоростью кровотока и диаметром сосудов.