

## Лабораторная работа №1

### Изучение аппарата для измерения артериального давления

#### 1. Цель работы:

1. Освоить работу с механическим аппаратом для измерения артериального давления.

#### 2. Приборы и принадлежности:

1. Измеритель артериального давления механический.

#### 3. Теоретическое введение:

Стационарное течение жидкости является слоистым. Стационарным или установившемся движением называется течение, при котором скорости частиц жидкости в каждой точке потока со временем не изменяются. Такое течение, при котором жидкость разделяется на слои, которые движутся относительно друг друга не перемешиваясь, называется ламинарным. Для него справедливы уравнения Бернулли и Пуазейля.

Эти уравнения сформулированы для идеальной жидкости. Идеальной называется жидкость несжимаемая и не имеющая внутреннего трения или вязкости.

Ламинарное течение устанавливается в трубах с гладкими стенками, без резких изменений площади сечения и изгибов трубы, а так же при отсутствии множественных разветвлений. При нарушении этих условий и особенно при высокой скорости течения жидкости, скорость частиц жидкости при этом беспорядочно меняется, образуются местные завихрения - происходит перемешивание слоев жидкости. Такое течение называется турбулентным.

Характерным для турбулентного течения являются местное изменение давления в жидкости, вызывающие хаотическое колебательное движение частиц, формирующие звуковые явления (шум, журчание и т. п.), благодаря которым турбулентное течение легко обнаруживается.

Характер течения жидкости по трубе зависит от: свойств жидкости, скорости ее течения, размеров трубы и определяется - **числом Рейнольдса**, которое для трубы диаметром  $D$  выражается следующей формулой:

$$Re = \rho_{ж} \cdot v \cdot D / \eta$$

где  $\rho_{ж}$  – плотность жидкости,  
 $v$  – скорость течения жидкости,  
 $\eta$  – вязкость жидкости

Если число Рейнольдса больше некоторого критического ( $Re > Re_{кр}$ ), то движение жидкости турбулентное. Например, для гладких цилиндрических труб  $Re_{кр} \approx 2300$ , для аорты взрослого человека  $Re_{кр} \approx 1700-1900$ .

Турбулентный поток в норме формируется вблизи клапанов сердца, луковиче и дуге аорты, в местах ответвлений артерий от аорты в брюшной полости. В остальных артериях течение крови является ламинарным.

Турбулентность потока крови в сосудах ламинарного типа (плечевая артерия, бедренная артерия) может быть вызвана пережатием артерии, при котором возникает звук (шум) – тон Короткова.

Тон Короткова, как правило, прослушивают на локтевой артерии. Его появление и исчезновение являются критериями для измерения систолического и диастолического артериального давления.

Давление крови – физический параметр. Общий уровень кровяного давления обуславливается рядом факторов:

- количеством крови, поступающей в единицу времени в сосудистую систему;
- интенсивностью оттока на периферию;
- скоростью поступления крови в период систолы;
- вязкостью крови;
- соотношением времени систолы и диастолы;
- частотой сердечных сокращений.

Систолическое давление создается запасом энергии, которым фактически обладает струя крови в данном участке сосудистой системы. Давление крови на стенки артерии в момент сокращения сердца называется систолическим (верхним).

Под диастолическим (минимальным) давлением понимают ту наименьшую величину, которой достигает давление крови к концу диастолического периода. Давление крови в момент расширения сердца называется диастолическим (нижним).

Систолическое давление человека в норме (плечевая артерия) приблизительно 100-120 мм рт. ст. Во время расслабления сердца (диастола) растянутые артерии спадаются и потенциальная энергия, сообщенная им сердцем, переходит в кинетическую энергию тока крови, при этом поддерживается диастолическое давление, приблизительно равное 60-80 мм рт. ст.

Среди множества проблем, возникающих у современного человека в связи с состоянием его здоровья, одно из первых мест занимают проблемы, связанные с артериальным давлением. Широко известно, что повышенное артериальное давление вызывает такие заболевания, как кровоизлияние в мозг или болезни сердца. Отклонения величины артериального давления от нормы вызывают многочисленные заболевания и осложнения.

Нормы артериального давления, установленные Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ), могут служить общим ориентиром:

| <b>Давление</b> | <b>Систолическое<br/>(мм. рт. ст.)</b> | <b>Диастолическое<br/>(мм. рт. ст.)</b> |
|-----------------|--|---|
| пониженное      | менее 100                              | менее 60                                |
| нормальное      | менее 139                              | менее 89                                |
| пограничное     | 140-159                                | 90-94                                   |
| повышенное      | более 160                              | более 95                                |

### ***Повышенное и пониженное артериальное давление***

В ряде факторов, вызывающих повышенное артериальное давление, находятся: употребление слишком большого количества соли, переедание,

злоупотребление спиртными напитками, курение, недостаток физических упражнений, ожирение, переутомление и стресс.

Важно заботиться о своем здоровье, регулярно измеряя артериальное давление и следуя приведенным выше рекомендациям.

### ***Колебания величины артериального давления***

В течение дня и месяца артериальное давление подвержено большим колебаниям. Большое влияние на давление оказывают даже время года, температура окружающей среды, атмосферное давление, магнитные бури и прочие природные явления. Более того, оно повышается с возрастом. Поэтому очень важно регулярно, день за днем контролировать свое давление, чтобы понять причины его повышения или понижения.



При измерении артериального давления часто используют пробы с физической нагрузкой.

**а) одномоментные пробы.** При проведении этих проб выполняется однократная физическая нагрузка. Различия связаны с видом, продолжительностью и интенсивностью нагрузки. Так, при пробе Мартинэ обследуемый выполняет 20 приседаний в течение 30 секунд.

**б) двухмоментные пробы.** Предусматривают повторную нагрузку с небольшим интервалом для отдыха, во время которого определяется реакция на первую нагрузку.

Динамика пульса и артериального давления отражает характер адаптации аппарата кровообращения к нагрузкам. При хорошем функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы происходит повышение систолического давления, небольшим снижением (реже не изменяется) диастолического и учащением сердцебиений. Восстановление исходных показателей завершается через 1-3 минуты после малых нагрузок и через 3-5 минут после больших.

### ***Адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы***

При измерении давления крови пользуются прямым и косвенным (бескровным) методами.

Приведем примеры прямого метода. Измерить давление крови можно непосредственно путем введения в сосуд полый иглы, соединенной с манометром. Подобный способ используется в эксперименте на животных. В хирургической практике измерение давления в полостях сердца производится методом катетеризации, т.е. введение через один из крупных сосудов тонкого зонда, на конце которого находится миниатюрный манометр.

В клинике применяется косвенный (бескровный) метод измерения кровяного давления. Наиболее распространен метод измерения артериального давления по Короткову Н. П, основанный на выслушивании звуков (тонов Короткова), возникающих при прохождении крови через участок артерии, сжатой манжетой.

**В данной лабораторной работе представлен измеритель артериального давления механический.**

**а) Описание прибора для измерения артериального давления (рис.1).**



рис.1

**Составные части прибора:**

1 – манжета; фонендоскоп (2 - слуховые трубки фонендоскопа, 3-мембрана фонендоскопа); 4 – пневматический нагнетатель; 5- тонометр.

Тонометр имеет подвижную обойму и зажим. Пневматический нагнетатель 4 имеет клапан, с помощью которого осуществляется плавное снижение давления в манжете.

**б) Определение точки наибольшей пульсации плечевой артерии.**

Точка пульсации располагается на 3-5 см выше локтевого сгиба, на поверхности плеча, обращенной к туловищу.

При установке манжеты пользуйтесь точкой пульсации, что поможет Вам быстро установить манжету на руке, услышать четкую пульсацию плечевой артерии.

**Методика измерения давления**

1. Наложите манжету (рис. 2).
2. Расположите головку фонендоскопа на точку пульсации.
3. Вставьте наушники в уши.
4. Закройте клапан на резиновой груше, поворачивая его головку по часовой стрелке.
5. Сжимая грушу правой рукой, нагнетайте воздух в манжету и наблюдайте за показаниями манометра. После того, как Вы перестали слышать пульс, продолжайте нагнетать воздух в манжету, увеличив давление до 160мм.рт.ст. ( на 30-40 мм. рт. ст. больше нормы).
6. Медленно приоткрывайте воздушный клапан, поворачивая его головку против часовой стрелки.

7. Как только Вы услышите в фонендоскопе тоны Короткова, запомните показания манометра. Это будет Вашим систолическим артериальным давлением.
8. Продолжайте выпускать воздух из манжеты. Когда тоны Короткова исчезнут, запомните показания манометра. Это будет Вашим диастолическим артериальным давлением.

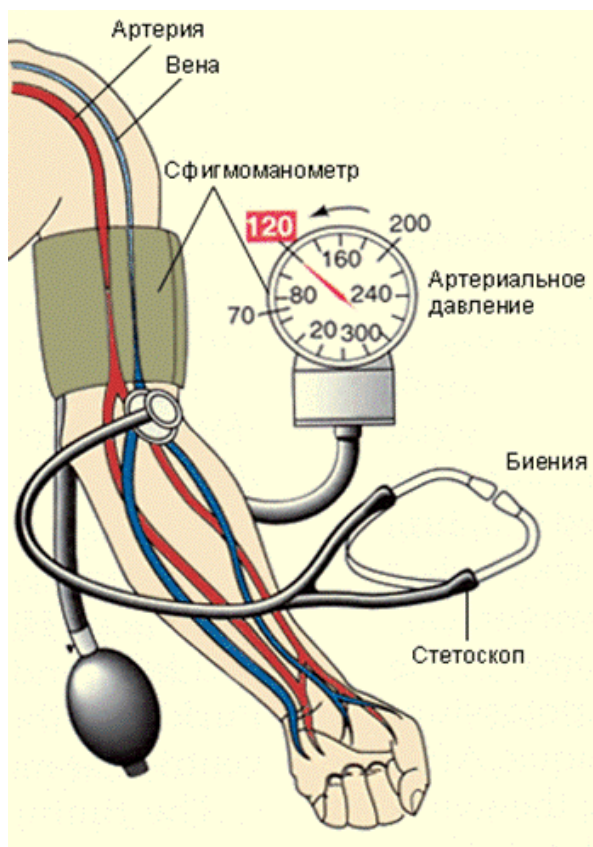
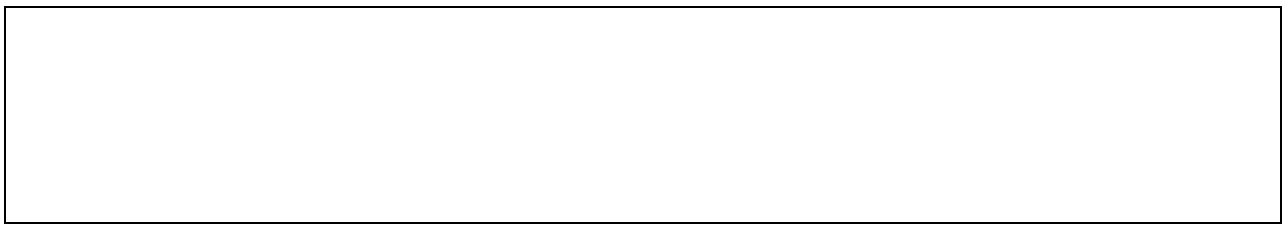


рис. 2

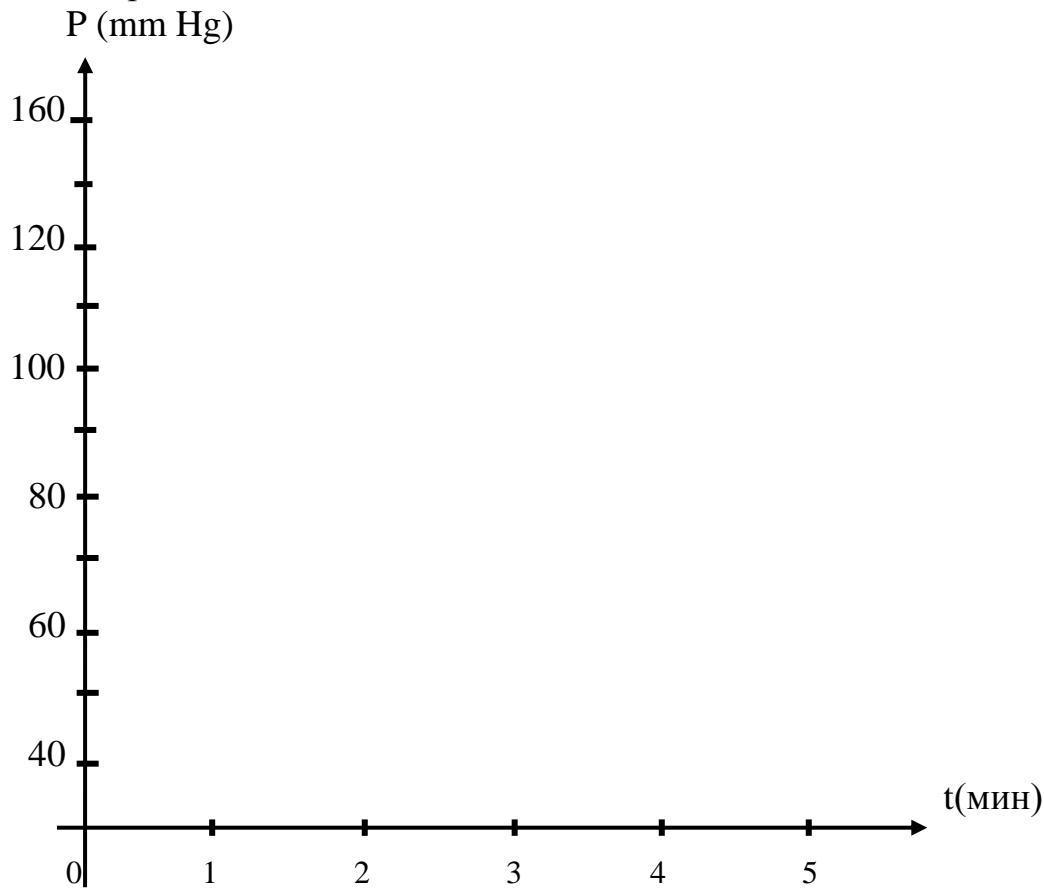
#### 4. Практическая часть

1. Измерьте систолическое и диастолическое давление пациента в состоянии покоя и измерьте частоту пульса.
2. Измерьте **систолическое и диастолическое давление и частоту пульса** испытуемого после дозированной физической нагрузки (20 приседаний с интервалом в 1 секунду) через 1, 2, 3, 4, 5 минут.
3. Данные занесите в таблицу:

|                   | Состояние покоя (t = 0) | После нагрузки |       |       |       |       |
|-------------------|-------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|
|                   |                         | 1 мин          | 2 мин | 3 мин | 4 мин | 5 мин |
| $P_c$             |                         |                |       |       |       |       |
| $P_d$             |                         |                |       |       |       |       |
| $P_{\text{пуль}}$ |                         |                |       |       |       |       |
| $n$               |                         |                |       |       |       |       |
| <b>Вывод:</b>     |                         |                |       |       |       |       |



1. Изобразите график зависимости общесистемного артериального давления от времени.



1. Сделайте выводы о динамике артериального давления и частоты пульса, о характере адаптации аппарата кровообращения к нагрузкам испытуемого.

### Контрольные вопросы:

1. Ламинарное и турбулентное течение жидкости.
2. Число Рейнольдса, формула, смысл.
3. Чем обуславливается общий уровень кровяного давления?
4. Что такое систолическое (верхнее) давление?
5. Что такое диастолическое (нижнее) давление?
6. Чему равно артериальное давление в норме?
7. Что является повышенным и пониженным артериальным давлением?
8. Каковы способы измерения артериального давления?
9. Объясните устройство аппарата для измерения давления крови.
10. Объясните механизм возникновения и исчезновения тонов Короткова при измерении давления.
11. Каковы адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы?

## **Литература:**

1. Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. Физика и биофизика: учебник/Под ред. В.Ф.антонова.-М.:ГОЭТАР-Медиа, 2009.-480с.:ил., глава 21, стр.319-333.
2. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 9, стр. 148-158, глава 11, стр. 194-195.
3. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 37-39.
4. Конспект лекции по теме: Гемодинамика.

## **Тесты:**

- 1. В каких сосудах сердечно-сосудистой системы самая низкая скорость кровотока?**
  1. в артериях
  2. в капиллярах
  3. в артериолах
  4. в аорте
- 2. Малый круг кровообращения начинается в:**
  1. левом желудочке
  2. правом желудочке
  3. левом предсердии
  4. правом предсердии
- 3. Характер течения жидкости по трубе определяется:**
  1. уравнением Ньютона
  2. числом Рейнольдса
  3. формулой Пуазейля
  4. законом Стокса
- 4. Скорость течения крови максимальна:**
  1. у стенки сосуда
  2. не зависит от расстояния до стенки сосудов
  3. у оси сосуда
  4. в конце сосуда
- 5. Что является причиной появления сердечных шумов?**
  1. ламинарное течение крови в аорте
  2. изменение частоты сокращений сердечной мышцы
  3. турбулентное течение крови около сердечных клапанов
  4. изменение звукопроводности тканей
- 6. Большой круг кровообращения начинается в:**
  1. левом желудочке
  2. правом желудочке
  3. левом предсердии
  4. правом предсердии
- 7. В каком отделе сердечно-сосудистой системе в норме у человека давление максимальное — 120 мм. рт.ст.?**
  1. в артериолах

2. в капиллярах

3. в венах

4. в аорте

**8. С возрастом эластичность сосуда:**

1. уменьшается

2. увеличивается

3. не изменяется

**9. Число Рейнольдса определяется по формуле:**

1. 
$$V = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot \Delta P}{8\eta l} t$$

2. 
$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\eta}$$

3. 
$$\omega = \frac{8 \cdot \eta \cdot l}{\pi \cdot R^4}$$

4. 
$$F = -\eta \cdot S \cdot \frac{dv}{dx}$$

**10. Режим течения жидкости ламинарный, если число Рейнольдса:**

1. больше критического значения

2. меньше критического значения

3. равно критическому значению

намного больше критического значения