

### Занятие 10–11

#### Работа сердца в содружестве с сосудами

1. Какова история открытия кругов кровообращения?
2. Какие ученые работали над изучением системы кровообращения?
3. Что заставляет кровь двигаться по организму?
4. Что влияет на распределение крови в организме?
5. Что такое давление крови и как оно измеряется?
6. Как развивается сердце у эмбриона человека?
7. Как рассчитать работоспособность сердца?
8. Как невесомость влияет на работу сердца?
9. Как осуществляется нервная регуляция работы сердца?

О биении сердца и движении крови человеку было известно давно, но сущность этих явлений долго не удавалось постичь. Ошибочное предположение Аристотеля, высказанное почти 2300 лет назад, что кровь и теплота образуются в сердце, держалось около двадцати веков.

Знаменитому римскому врачу Галену удалось наблюдать за работой сердца больного, у которого была разрушена значительная часть грудной кости и сердце билось прямо под кожей. Можно было ощущать живое бьющееся сердце человека, но объяснить его функцию Галену не удалось. Он считал, что кровь проходит через перегородку в сердце, поступает в артерию и расходуется всеми органами без остатка. В то время ученые еще не имели представления о кругообороте крови.

Длительной была предыстория главного открытия. Тернистый путь прошла наука, прежде чем были открыты два круга кровообращения – то, что теперь знает каждый школьник.

Труды анатома Андрея Везалия помогли Мигуэлю Сервету открыть малый круг кровообращения. В 1553 году он установил, что кровь из правого желудочка переходит по легочным артериям в легкие.

Очень важным для человечества было открытие английского ученого и врача Вильяма Гарвея "пути" крови. Как открытие Галилея, лекции по математике которого он слушал, открытие Гарвея было настоящим подвигом. Надо было проявить большое мужество, чтобы вступить в противоборство со средневековой церковью.

В 1628 году Гарвей выпустил книгу "Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных". В предисловии к русскому переводу этой книги И.П. Павлов писал, что труд Гарвея не только редкой ценности плод его ума, но и подвиг его смелости и самоотверженности.

Гарвей следовал по новому пути изучения организма. Он считал, что анатом должен учиться и учить не по книгам, а препарированием в "мастерской природы". Великий анатом изучал работу сердца у птиц, лягушек, змей, рыб и различных млекопитающих. В результате он установил, что сердце является двигателем крови. Кровь по венам притекает к сердцу, а по артериям оттекает от него. Сердце перекачивает кровь из артерий в вены. Гарвей подошел к мысли о проникновении крови через "поры тела", о возможности возвращения ее к сердцу после совершения полного кругооборота. В то время не был еще изобретен микроскоп, наука не знала о капиллярах. Открытие Гарвея

было научным предвидением.

Теория Гарвея вызвала негодование врагов. Они утверждали, что толчка сердца недостаточно, чтобы вызвать движение крови во всём теле, а кровь обладает самодвижением. Враги объявили учение Гарвея "парадоксальным, ложным, бесполезным, непонятным, вредным для человеческой жизни". Гарвей подвергся гонениям. В Англии ни один издатели не решался выпустить в свет труд опального ученого. Гарвей потерял врачебную практику, своё состояние. Многие ученые и врачи того времени предпочитали заблуждаться с Галеном, чем признать истину Гарвея.

Революционное открытие Гарвея было подтверждено и развито другими учеными. Антоний Левенгук и Марчелло Мальпиги независимо друг от друга открыли капилляры, установили замкнутость кровеносного русла, что Гарвей мог только предполагать.

Левенгук, описывая наблюдаемую им картину движения крови в хвосте головастика, отмечал, что зрелище, которое ему представилось, было восхитительнее всего, что когда-либо видели его глаза. В поле зрения он наблюдал более 50 обращений крови от середины хвоста к его краям. Он видел, что каждый из этих сосудов делал загиб или оборот, по которому кровь шла обратно к середине хвоста, чтобы потом идти далее к сердцу.

### **Движение крови в сосудах**

#### **Сеть сосудов и обращение крови**

В XVIII веке был изобретен способ изготовления совершенно точных моделей кровеносных сосудов. В сосуды того или иного органа или части тела трупа впускали быстро затвердевающую мастику. Мягкие ткани затем разрушали крепкой серной кислотой. Получалась ажурная сеть сосудов, повторяющих форму органа.

Создавалось впечатление, будто весь орган состоит из кровеносных сосудов. Их множество – от крупных основных магистралей до микроскопически малых.

Капилляры ничтожно малы. Они в 50 раз тоньше человеческого волоса. Несмотря на малые размеры, площадь поперечных сечений всех капилляров 50 м<sup>2</sup>, что в 25 раз больше поверхности тела.

Кровеносная система – сложнейшая и мельчайших трубочек, по которым движутся потоки крови. Из левого желудочка сердца кровь выбрасывается в аорту, под сильным давлением она движется в артериях. По мере удаления от сердца движение крови замедляется, в капиллярах она движется медленно, спокойно. С каждым ударом сердца кровь проталкивается в капилляры. Она собирается в вены и вновь легкому; присасывается сердцем.

Полное обращение крови у взрослого человека совершается за 20–28 секунд, у ребёнка за 15 секунд, а у подростка – за 15 секунд. За сутки кровь оборачивается по телу 1500–2000 раз.

#### **Сосуды меняют просвет**

За счёт сокращения гладких мышечных волокон в стенках сосудов просвет их то сужается, то расширяется. Стенки кровеносных сосудов оплетены тончайшей сетью нервов. Импульсы от сосудодвигательного центра передаются по нервам, с них переходят на гладкие мышечные волокна, вызывая расширение или сужение сосудов. Отдельные капилляры могут совсем обескровиться, и стенки их могут сомкнуться. Знаменитый французский физиолог Клод Бернар, перерезав у кролика один из нервов,

идущих к правому уху, заметил, что ухо покраснело, набухло от крови, сосуды расширились. Раздражая конец отрезанного нерва, ученый заметил сужение капилляров. Так впервые было доказано влияние нервной системы на просвет сосудов. Высшим регулятором просвета сосудов является головной мозг.

Мозг может условнорефлекторно изменять просвет сосудов. Как это происходит? В опыте охлаждали руку, помещая ее в просвет змеевика с холодной водой. Сосуды от холода сужались, и рука бледнела. Проявлялся безусловный рефлекс. Затем охлаждение сочетали; ударами метронома, и через несколько повторений наблюдалось сужение сосуда в ответ на удары метронома, хотя в змеевик холодную воду не наливали. Это был уже условный рефлекс.

Учёные поставили опыт по наблюдению за сосудами мозга. Теменные кости у собаки заменили плексигласом, который прикрепили серебряными винтами к височным костям. Через "прозрачные кости" наблюдали плавное течение крови без пульсаций. Собаку с "прозрачным черепом" помещали в душное помещение, и просвет сосудов мозга увеличивался в 2–3 раза.

### **Распределение крови**

Потребность разных органов в крови быстро меняется. После обеда стенки желудка, кишечника, печени набухают от крови, сосуды расширены, в работающих органах крови стало больше, а в мозгу и мышцах меньше. Во время сна приток крови к голове уменьшается на 40%.

На распределение крови в организме может влиять и самочувствие человека. Сильное возбуждение, волнение перед сном вызывают прилив крови к мозгу, и человек долго не может уснуть.

Приток крови к мышцам зависит от величины просвета капилляров. На 1 мм<sup>2</sup> поверхности поперечного среза покоящейся мышцы насчитывается от 30 до 80 наполненных кровью капилляров, а усиленно работающей – до 3000. Причем просвет каждого капилляра увеличивается в два раза.

### **Сердце**

#### **Развитие сердца и сосудов**

Неутомимое, всегда работающее сердце представляет собой весьма совершенный и сложный орган.

Интересно развитие сердца у человека. На ранних стадиях развития эмбриона кровеносная система имеет вид стержня. Вскоре на нем появляются щели. Через них просачивается тканевая жидкость. Стержень становится трубкой, которая начинает ритмически сокращаться, пульсировать. Затем закладываются две тонкие трубки – брюшная и спинная, соединенные между собой веточками сосудов. Образуется замкнутое кольцо. Сосудистые стенки, сокращаясь, гонят кровь по кругу.

У зародыша человека на третьей неделе развития образуются кровеносные сосуды – артерии и вены.

Множественное разветвление сосудов приводит к образованию сети капилляров. Особенно много капилляров в области легких. На этот участок падает самая большая работа. Здесь и образуется сердце. Первоначально оно имеет вид колбообразного утолщения сосуда. Внутренняя стенка выпячивается, образуя клапаны. Они обеспечивают движение крови только в одном направлении и, подобно клапанам насоса,

препятствуют обратному току жидкости. На 25-е сутки жизни у плода начинает биться сердце. Первоначально оно имеет, как и у рыб, две камеры – предсердие и желудочек. Затем развиваются еще две камеры сердца. Сначала происходит деление предсердия. Сердце зародыша, подобно сердцу лягушки становится трёхкамерным. Затем намечается перегородка желудочка, и сердце приобретает черты, свойственные сердцу пресмыкающихся.

Формирование четырех камер сердца, как у всех млекопитающих, завершается на втором месяце развития.

### **Работоспособность сердца**

В ритмичном сочетании работы и покоя сердца – источник его неутомимости. Расслабляясь, сердце отдыхает. Можно сказать, что у человека в возрасте 60 лет сердце 30 лет отдыхало.

Человек еще не создал такую машину, которая могла бы непрерывно работать 70–80 и более лет. Сердце – двигатель огромной работоспособности. В сутки оно делает 100 тыс. ударов, а за год – почти 40 млн. Сосчитайте, сколько оно проталкивает крови в сутки, в год, за годы, прожитые вами.

Физиологи определяют работу сердца с помощью формулы  $P=M \cdot D \cdot C$ , где  $M$  – масса крови (в кг), выбрасываемой за одно сокращение,  $D$  – давление крови в аорте,  $C$  – число сердцебиений в 1 мин. При данных  $M=0,07$ ,  $D=2$ ,  $C=72$  работа левого желудочка составляет  $=100$  Дж. Работа правого желудочка за это время меньше в 3 раза, или 33,5 Дж. Следовательно, общая работа желудочков за 1 минуту составляет 133,5 а за сутки – 192240 Дж. Она достаточна, чтобы поднять человека массой 64 кг на высоту 300 м. В течение жизни человека сердце выбрасывает в аорту столько крови, что ею можно было бы заполнить канал длиной 5 км, по которому прошел бы большой волжский теплоход.

Поразительна выносливость сердца. Тренированный человек может, например, за 2 ч подняться на несколько километров в гору или проплыть десятки километров и т. д. При большой нагрузке сердце усиливает свою работу. Если за удар в среднем сердце выталкивает 60 см<sup>3</sup> крови, то при физической работе – 200 см<sup>3</sup>. Сердце может работать в 6–8 раз сильнее, чем в покое, и за 1 ч перегонять до 35 л крови. За 8,5 ч лыжного пробега на 100 км сердце спортсмена перекачивает 35 тонн крови – целую железнодорожную цистерну!

Работа сердца зависит главным образом от активности обмена веществ, особенностей движения, нервного напряжения, температуры окружающей среды.

С возрастом частота сердечных сокращений у человека меняется. У детей до 1 года оно бьётся 120–150 раз в 1 мин, до 5 лет – 100 раз. К 10 годам число сокращений снижается еще на 5–10 ударов в 1 мин. И если к 20 годам пульс составляет 50–60 ударов, то к 70 годам он нормально учащается до 90–95 ударов в 1 мин.

### **Невесомость и работа сердца**

185-суточный космический полет Леонида Попова и Валерия Рюмина, и особенно полёт Юрия Романенко, продолжавшийся 356 суток, дали много для изучения влияния невесомости на работу сердца.

В начальный период невесомости увеличивается приток крови к сердцу, поскольку она не скапливается в ногах, как бывает у человека на Земле. В результате часть жидкости удаляется из крови, уменьшается объём плазмы.

Оказалось, что сила сердечных сокращений, их согласованность, скорость наполнения кровью сердечных полостей в условиях невесомости у космонавтов различны. У одного из них усиливается приток крови в правую половину сердца и увеличивается его сократительная активность. У другого, наоборот, большая активность приходилась на левые отделы сердца. Знание индивидуальных особенностей сердца космонавтов важно для организации тренировок перед полетом и нормирования нагрузок после него, в период реадaptации, привыкания к земным условиям.

### **Сердце и мозг**

Различные ощущения человека отражаются на деятельности его сердца. На работу сердца влияет психическое состояние человека. Различные переживания человека влияют на число сокращений его сердца.

Деятельность сердца регулируется мозгом. Нервные связи между этими органами очень сложны.

Известен опыт немецкого физиолога Франца Гольца, когда резкий удар по животу лягушки вызывает остановку ее сердца. Сильное раздражение чувствительных нервных окончаний достигает центров мозга. Переключаясь отсюда на сердце, оно приводит к прекращению сердцебиения. Подобное явление может произойти с человеком при ударе в область живота, например, если, неудачно прыгнув, пловец ударился плешмя о воду.

Влияние мозга на сердце осуществляется по типу условных рефлексов. Вот убедительный опыт. Введением в кровь животного лекарства вызывают учащение биения сердца. Если введение лекарства сочетали со звуком метронома, то через несколько таких сочетаний только один звук вызывал изменение работы сердца, хотя лекарство и не вводилось.

### **Лабораторная работа № 5**

Реакция сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку

**Цель:** научиться методикам самодиагностики функционального состояния организма

**Оборудование:** часы с секундной стрелкой.

Частоту сердечных сокращений обычно определяют по пульсу. Эти измерения можно использовать для выяснения уровня своего физического состояния (здоровья, тренированности, работоспособности). Для этого применяют функциональные пробы. Под функциональной пробой понимают реакцию человека на дозированную нагрузку. Результаты её получают на основании статистического исследования многих людей, как здоровых, так и страдающих определенными заболеваниями. На основе этих исследований создаются нормативы, которыми мы тоже будем пользоваться.

Предлагаю Вам 2 варианта лабораторной работы

#### **Вариант 1**

##### **Ход работы:**

1. Определите пульс в состоянии покоя. Сделайте 4 измерения – каждое по 10 секунд. Вычислите средний показатель. С этой целью сложите отобранные результаты и разделите сумму на количество взятых показателей.

## Занятие 10–11

Автор: Ольга Борисовна  
12.10.2009 10:21

2. Сделайте 20 приседаний и сразу после выполнения работы измерьте пульс за десятисекундный интервал.
3. Повторите измерение через 0,5 мин, 1 мин, 1,5 мин, 2 мин, 2,5 мин.
4. Постройте график нормализации пульса. На оси абсцисс отложите время, на оси ординат – величину, соответствующую частоте сердечных сокращений.

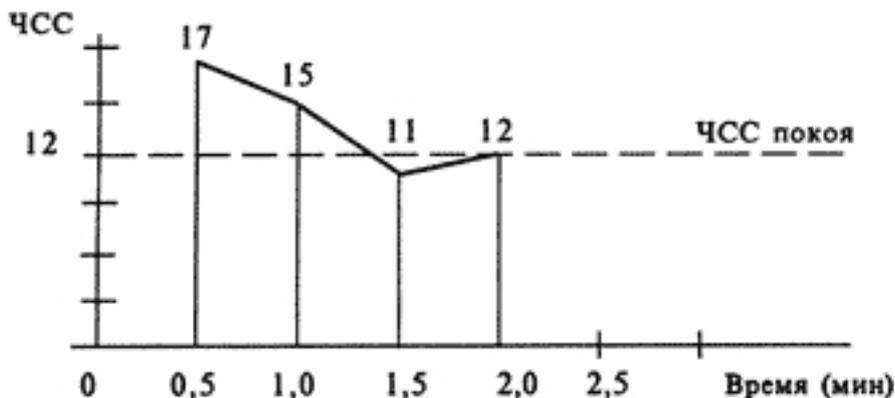


График нормализации частоты сердечных сокращений (ЧСС) после 20 приседаний по результатам 10-секундной пробы.

Результаты пробы считаются хорошими, если частота сердечных сокращений после 20 приседаний повысится не более чем на 1/3 по сравнению с ЧСС в состоянии покоя, а восстановление сердечной деятельности до уровня покоя произойдет не позже чем через две минуты.

### Вариант 2

#### Ход работы:

1. Найдите пульс, прощупав лучевую артерию, расположенную в нижней трети предплечья по направлению большого пальца. Пульс отсчитывайте за 15 секунд (с пересчетом на минуты).
2. Примите лежачее положение и расслабьте мышцы на 2–3 минуты. Подсчитайте пульс.
3. Подсчитайте пульс, сидя за столом.
4. Попрыгайте на месте в течение 2 минут и сразу после окончания прыжков подсчитайте пульс.
5. Через 3 минуты отдыха снова подсчитайте пульс.
6. Прodelайте в течение 2 минут упражнения с грузом и запишите результаты после подсчета пульса.
7. Сведите все данные в таблицу.

### Работа сердца при различном состоянии организма

#### Пульс

## Занятие 10–11

Автор: Ольга Борисовна  
12.10.2009 10:21

---

Лежа
Сидя
Прыжки на месте
После отдыха (3 мин)
Физические упражнения с грузом (гантелями)
После отдыха (3 мин)

8. Сделайте вывод под таблицей об изменении работы Вашего сердца.  
9. Определите степень тренированности сердца по формуле

$$T = \frac{П_2 - П_1}{П_1} \times 100\%, \text{ где}$$

П1 – частота пульса в положении сидя;

П2 – частота пульса после 10 приседаний.

### Оценка результатов:

Т45% – тренированность сердца низкая. Сердце усиливает свою работу за счёт частоты сокращений.

---