

КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА. КРОВООБРАЩЕНИЕ.

Еще Гиппократ - отец медицины, и Аристотель - крупнейший греческий мыслитель, живший почти 2 500 лет назад, интересовались вопросами кровообращения и изучали его. Но многие их представления были несовершенны и ошибочны. Не внесли ясности и исследования крупного римского врача Галена, проведенные в начале нашего летоисчисления. Такое состояние сохранялось до начала XVII в., когда выдающийся ученый Вильям Гарвей сделал крупное открытие, положившее начало новому представлению о кровообращении. Гарвей доказал, что венозная и артериальная сосудистые системы не являются изолированными, как это представляли до него, и самостоятельными, а связаны между собой единой системой кровеносных сосудов, и что существуют большой и малый круги кровообращения. Это гениальное открытие Гарвея сыграло огромную роль в дальнейшем развитии естествознания и явилось новым научным этапом в развитии физиологии.

Благодаря кровообращению кровь осуществляет связь всех органов тела человека и выполняет свойственные ей функции. Кровь в организме находится в постоянном движении. Движение крови осуществляется по кровеносным сосудам, представляющими собой систему эластичных трубок разного размера, составляющих единую замкнутую систему. Движение крови по сосудам обеспечивают **органы кровообращения:**

- **сердце** (*центральный пульсирующий* полый мышечный орган, совершающий ритмические сокращения, благодаря которым происходит движение крови в организме)
- **сосуды:**
 - артерии,
 - капилляры,
 - вены.

СЕРДЦЕ.

ВНЕШНЕЕ СТРОЕНИЕ СЕРДЦА.

- Полый четырехкамерный мышечный орган конусовидной формы
- Масса около 300 г (размер его соответствует сжатой в кулак кисти руки).
- Широкое основание сердца направлено вверх, кзади и вправо, а суженная часть – верхушка – вниз, кпереди и влево.

ОБОЛОЧКИ СЕРДЦА:

- Снаружи сердце покрыто околосердечной суммой (**перикардом**), имеющим два листка:

- **Париетальный листок** образует вокруг сердца серозный мешок – околосердечную сумку.
- **Висцеральный листок** перикарда является наружной оболочкой сердца – **эпикардом**.

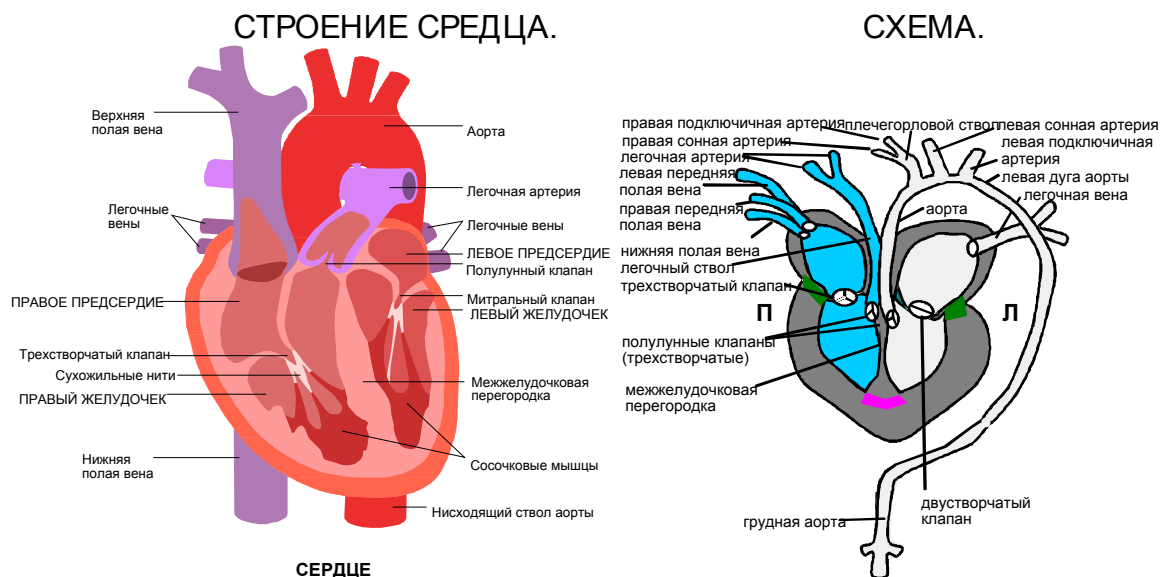
Между листками расположена полость, содержащая небольшое количество серозной жидкости (она уменьшает трение между листками при сокращении сердца).

- Средний слой – **миокард** – состоит из поперечно-полосатой мышечной ткани особого строения:

- Волокна сердечной мышцы состоят из цепочки одно- и двоядерных клеток – **миоцитов**, между которыми имеются перегородки; соседние волокна связаны между собой цитоплазматическими мостиками.
- Межклеточные соединения в сердце не препятствуют проведению возбуждения, благодаря чему мышца сердца подчиняется закону "все или ничего" (на раздражение отвечает либо возбуждением всех волокон, либо не реагирует вовсе; в нервных клетках и скелетных мышцах каждая клетка возбуждается изолированно).
- Мускулатура в левом желудочке наиболее мощная.
- Внутренняя оболочка сердца – **эндокард** – выстилает полость сердца и образует створки – клапаны.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ СЕРДЦА.

- Сердце можно рассматривать как два полых мышечных органа: "левое" сердце и "правое" сердце. Эти части разделены сплошной продольной перегородкой. Каждая из половин состоит из двух отделов: **предсердия** и **желудочка**, полости которых связаны между собой **предсердно-желудочковым отверстием**. Левое сердце на рисунках принято изображать справа, и наоборот.
- **В правое предсердие** поступает венозная кровь (дезоксигенированная) от всех органов (кроме легких) по верхней и нижней полым венам и коронарным венам сердца (общий венозный сосуд самого сердца - венечная пазуха сердца). Предсердия и желудочки сообщаются между собой отверстиями, снабженными створчатыми (или атриовентрикулярными) клапанами. Отверстие между предсердием и желудочком закрывается **трехстворчатым (полулунным) клапаном**. С помощью сухожильных нитей створки связаны с сосочковыми мышцами стенок желудочков, это не позволяет клапанам выворачиваться в сторону предсердий и не допускает обратного тока крови из желудочков в предсердия. Из правого желудочка выходит легочный ствол. **Полулунный клапан** расположен на границе правого желудочка и легочного ствола. Этот клапан открывается в сторону артерий и препятствуют обратному току крови.
- **В левое предсердие** поступает артериальная (оксигенированная) кровь по четырем легочным венам. Отверстие в между желудочком и предсердием закрывается **двустворчатым (митральным) клапаном**. Клапаны между предсердиями и желудочками открываются в сторону желудочков и препятствуют обратному току крови. При некоторых болезнях сердца строение клапанов изменяется, что вызывает нарушение работы сердца (пороки сердца). Из левого желудочка - самый крупный сосуд - аорта, несущая артериальную кровь для всего организма. **Полулунный (трехстворчатый) клапан** расположен на границе левого желудочка и аорты. Этот клапан открывается в сторону аорты и препятствует обратному току крови в сердце.



ФУНКЦИЯ СЕРДЦА

- Работа сердца заключается в ритмическом нагнетании крови из вен в артерии. Эта функция выполняется благодаря попеременным ритмическим сокращениям (**систоле**) и расслаблениям (**диастоле**) мышечных волокон миокарда. Систола и диастола согласованы и составляют цикл работы сердца.
- **Фазы цикла работы сердца** (три фазы):
 - **диастола предсердий и желудочков** (продолжительность 0.4 с. при частоте сердечных сокращений 75 ударов/мин). Во время общей паузы кровь вследствие разности давлений притекает из вен в предсердия, а затем в желудочки. Во время диастолы желудочков полулунные клапаны захлопываются, так как давление крови в артериях становится выше, чем в желудочках.
 - **систола предсердий** (продолжительность 0.1 с. при частоте сердечных сокращений 75 ударов/мин). Во время систолы предсердий кровь из предсердий продолжает поступать в желудочки (обратно в вены она попасть не может, так как при этом устья крупных вен сжимаются кольцевыми мышцами миокарда предсердий);
 - **систола желудочков** (продолжительность 0.3 с. при частоте сердечных сокращений 75 ударов/мин). В начале систолы желудочков давление в них повышается, створчатые клапаны захлопываются, поэтому кровь не может возвратиться в предсердия. Когда давление в желудочках становится выше, чем в аорте и легочном стволе, открываются полулунные клапаны и кровь поступает в эти артерии.
- **Показатели функционального состояния сердечной мышцы.**
Таким образом, Сокращение предсердий длится 0,1 с, затем они переходят в стадию расслабления, сокращение желудочков длится 0,3 с, а затем они расслабляются. Предсердия бывают расслаблены в течение 0,7 с, и в период они

наполняются кровью. Общая фаза расслабления длится 0,4 с. Следовательно один цикл работы сердца занимает около 0,8 с, что соответствует 75 сокращениям сердца в минуту. В норме частота сердечных сокращений взрослого человека колеблется от 60 до 80 в 1 мин, у спортсменов 40 – 50, у новорожденных - около 140, у пожилых - 90-95. При больших физических нагрузках частота сердцебиений увеличивается. Таким образом, она зависит от условий, в которых находится организм, а также от возраста человека. Требования, предъявляемые организмом к системе кровообращения, значительно варьируют, и поэтому сердце должно менять свою деятельность в широких пределах. Оптимальная адаптация сердца возможна лишь в том случае, если все его функции (распространение возбуждения, сокращение, деятельность клапанов, коронарное кровообращение и т.п.) изменяются в строгом соответствии друг с другом. Малейшие отклонения от нормы могут привести к серьезным нарушениям сердечной деятельности.

При заболеваниях, сопровождающихся повышением температуры тела, сердцебиение учащается (тахикардия). Однако при некоторых заболеваниях сердце начинает сокращаться реже (брадикардия). Иногда наблюдается нарушение правильного чередования сердечных сокращений (аритмия).

- Объем крови, выбрасываемый сердцем за одну систолу, называют **систолическим объемом**. Величина систолического объема зависит от размеров сердца, состояния миокарда и организма в целом. У взрослого человека он равен 120 – 160 мл, при этом в сосуды из каждого желудочка поступает по 60 – 80 мл. У спортсменов он может увеличиваться до 170 – 190 мл.
- **Минутный объем** – количество крови, которое сердце выбрасывает в легочный ствол и аорту за 1 мин. В покое минутный объем сердца человека составляет около 4.5-5.6 л. (если систолический объем составляет 80 мл, а ударов сердца - 70, то минутный объем составит 5 600 мл), а при тяжелой физической нагрузке он возрастает почти до 30 литров. У тренированных людей при физической работе увеличивается систолический объем и незначительно увеличивается частота сокращений сердца, тогда как у нетренированных происходит увеличение частоты сокращений (до 200 раз в минуту) почти без увеличения систолического объема, что может неблагоприятно сказаться на физиологическом состоянии мышцы сердца.
- **Тоны сердца.**
 - При работе сердца возникают звуки, называемые тонами сердца. **Первый тон (систолический)** возникает в начале систолы желудочков и обусловлен сокращением мускулатуры желудочков, а также захлопыванием створчатых клапанов. Этот тон низкий и продолжительный. Во время систолы желудочков сердце уменьшается в объеме, его верхушка напрягается и ударяется о грудную клетку в пятом межреберном промежутке слева. Такое явление называется сердечным толчком.
 - **Второй тон (диастолический)** – высокий и менее продолжительный, чем первый, возникает от замыкания полулунных клапанов. Этот тон короткий и высокий. При некоторых

заболеваниях сердца характер тонов изменяется. При пороках сердца, т.е. при изменении нормального строения сердечных клапанов (сморщивание, разрушение и др.), а также при сужении отверстий, прикрываемых ими, тоны сердца меняют свою частоту, к ним примешиваются необычные звуки - шумы.

• **ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО СОПРЯЖЕНИЯ В СЕРДЦЕ. АВТОМАТИЯ СЕРДЦА.**

Возбуждение и связанное с ним сокращение сердечной мышцы, как и других мышц, сопровождаются биоэлектрическими явлениями - токами действия. Метод записи токов действий сердца получил название электрокардиографии, в результате получают электрокардиограмму.

Электрокардиограмма у всех здоровых людей постоянна и имеет пять зубцов, которые обозначаются буквами P, Q, R, S, T. Зубец P соответствует возбуждению предсердий, а зубцы Q, R, S, T - возбуждению желудочков. Малейшее нарушение нормальной деятельности отражается на электрокардиограмме. При заболеваниях сердца электрокардиограмма будет иметь необычный вид, на основании ее может быть поставлен тот или иной диагноз.

Автоматия сердца.

Сердце, удаленное из организма, продолжает сокращаться. Способность сердца сокращаться независимо от каких-либо внешних раздражений называется автоматией сердца. Русский физиолог А. А. Кулябко оживил сердце ребенка, умершего от воспаления легких, через 20 часов после его смерти, пропустив через сосуды сердца солевой раствор. Все это показало, что сердце может работать в автоматическом режиме, т.е. изолированно, поскольку импульс возбуждения зарождается в самом сердце. Местом возникновения возбуждения у теплокровных животных являются скопления нервной и мышечной ткани в сердце - узлы. Причина автоматии - изменение обмена веществ в узлах и их клетках. Возникновение волн возбуждения в значительной мере зависит от реакции крови: сдвиг реакции в щелочную сторону вызывает учащение сердцебиения, а в кислую - замедление. Большое значение имеет соотношение ионов натрия, калия и кальция в крови. Если увеличивается концентрация ионов натрия и калия, то деятельность сердца замедляется и ослабляется, а при относительном увеличении концентрации ионов кальция сердце постепенно перестает расслабляться.

• **Возникновение и распространение возбуждения.**

- Миокард, подобно нервной ткани и скелетным мышцам, принадлежит к возбудимым тканям. Это означает, что волокна миокарда
 - обладают потенциалом покоя,
 - отвечают на надпороговые стимулы генерацией потенциала действия,
 - способны проводить эти потенциалы без затухания (бездекрементно).
- Межклеточные соединения в сердце, к которым относятся, в частности, вставочные диски, выявляемые при микроскопии, не препятствуют проведению возбуждения. Мышечная ткань предсердий и желудочков ведет себя как функциональный синцитий: возбуждение, возникающее в каком-либо из этих отделов, охватывает все без исключения невозбужденные волокна. Благодаря этой особенности сердце подчиняется закону "все или ничего": на раздражение оно отвечает либо возбуждением всех волокон, либо (если раздражитель подпороговый) не реагирует вовсе. Этим оно отличается от нервов и скелетных мышц, где каждая клетка возбуждается изолированно, и поэтому только в тех клетках, на которые наносятся надпороговые раздражения, возникают потенциалы действия. Каждая рабочая клетка получает возбуждение от различных элементов проводящей системы, следствием чего

является отсутствие существенной реакции на патологический ритм небольшой совокупности клеток.

- **Функциональный элемент сердца:** мышечное волокно - цепочка из клеток миокарда, соединенных "конец в конец" и заключенных в общую саркоплазматическую оболочку (основную мембрану). В зависимости от морфологических и функциональных особенностей в сердце различают два типа волокон.
 - 1. *Волокна рабочего миокарда предсердий и желудочков*, составляющие основную массу сердца и обеспечивающие его нагнетательную функцию.
 - 2. Волокна водителя ритма (пейсмекера) и проводящей системы, отвечающие за генерацию возбуждения и проведение его к клеткам рабочего миокарда. Пейсмекер состоит из кластеров-групп самовозбуждающихся элементов, покрытых общей оболочкой. Кластер имеет каплевидную форму и содержит от 30 до 150 клеток. На поперечном срезе заметно, что одни из р-клеток (пейсмекерных клеток) проникают между другими, подобно зубцам двух гребенок, и образуют между собой плотные контакты в результате чего возможно возникновение единого ритма в пределах каждого из агрегатов. Аналогично, в случае объединения агрегатов также рождается единый ритм. Сердце работает на интегральном ритме, а не на ритме самого высокоритмичного участка (он шунтируется соседними клетками). Приведем пример. Пусть две клетки, имеющие между собой плотный контакт, обладают сильно различающимися размерами. Если возбуждается клетка меньшего диаметра, то возбуждение большей клетки возникает в зависимости от сопротивления мембран, относительного радиуса клеток и т.д. Однако, при возбуждении большей клетки малая возбуждается непременно. Если нервное волокно ветвится, то его ветвящийся конец можно уподобить клетке большого диаметра. По аналогии с разноразмерными клетками (если все соединяющиеся клетки одного диаметра) при "попытках" одной клетки с большой частотой разряда возбудить совокупность сходных клеток потенциал будет шунтироваться, возбуждения не возникнет. Если патологический ритм возникнет даже в совокупности возбудимых клеток, то это не будет представлять большой опасности, ибо генерация ритма останется стабильной за счет работы вышерассмотренного механизма.

РЕФРАКТЕРНОСТЬ

Возникновение возбуждения в сердце сопровождается потерей возбудимости, т.е. потерей способности отвечать на раздражение возбуждением (рефрактерная фаза). Желудочек сердца находится в состоянии рефрактерности весь период систолы (если сердце раздражать в это время, то никакого ответа не будет). Если раздражение поступает в период диастолы, сердце, не успев расслабиться, отвечает новым сокращением - экстрасистолой, после которой следует длинная компенсаторная пауза. Развитие длинной рефракторной фазы под действием измененной частоты раздражений предотвращает длительное непрерывное укорочение мышцы сердца - тетануса, и сердце продолжает работать в режиме одиночных сокращений. Только при этом условии может осуществляться функция сердца как нагнетательного насоса.

В норме ритмические импульсы генерируются только специализированными клетками-пейсмекерами проводящей системы сердца. Такие видоизмененные волокна нервной и мышечной ткани разбросаны в сердце не равномерно, а группами, в основном в виде трех скоплений.

- **ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА СЕРДЦА.**

- **1. Синусный узел** (узел Кейт-Флака, или синоатриальный узел) - ведущий (**водитель ритма первого порядка**).

Синусный узел регулирует частоту ударов сердца.

- Назван синусным по аналогии с ведущей частью низших позвоночных животных, у которых полые вены перед впадением в сердце образуют синус.
- Находится у места впадения верхней полый вены в правое предсердие (между устьями верхней и нижней полых вен).
- Представляет из себя веретенообразный узелок, состоящий из клеток Пуркинье (р-клеток), и ганглиозной нервной сети (узел разветвляется, незаметно переходя в мышечную ткань предсердия)
- Размер (у человека): 2-3 см. длины и 0.1-0.2 см. толщины.
- Синусный узел питает специальная ветка венечной артерии.
- Благодаря одностороннему проведению синусный узел огражден от ретроградного возбуждения (фибрилляция предсердий не будет влиять на нормальную работу желудочков). Проводящая система предсердий, возбуждение по которой распространяется с такой же скоростью, как и в мышце, нужна для обеспечения устойчивости к гипоксии, а также к выделению внешнего K^+ (при некрозе, к примеру), вызывающего прекращение автоматического возбуждения в пейсмекере.
- **2. Атриовентрикулярный узел** (предсердно-желудочковый, или узел Ашофф-Тавара) - ведомый (**водитель ритма второго порядка**).
 - Находится в правом предсердии вблизи соединительнотканной перегородки, отделяющей предсердие от правого желудочка (атриовентрикулярной перегородки).
 - Представляет собой начало проводящей системы, соединяющий предсердия с желудочками.
 - Состоит из той же ткани, что и синусный узел (р-клетки).
 - В сторону предсердий узел разветвляется, незаметно переходя в мускулатуру стенок предсердия.
 - В сторону желудочков узел прободает предсердно-желудочковую соединительную перегородку и спускается в мышечную стенку, отделяющую друг от друга правый и левый желудочки, образуя так называемую общую ножку пучка Гисса.
 - Атрио-вентрикулярный узел богато снабжается кровью, получая специальную ветвь венечной артерии.
 - Проводящая система между синусным и атриовентрикулярным узлами состоит из трех узловых путей, кроме того, имеется пучок, передающий возбуждение из правого предсердия к левому.
 - Когда возбуждение достигает атриовентрикулярного узла, возникает задержка проведения на возбуждения, необходимая для того, чтобы предсердия, не обладающие значительной силой, смогли бы выбросить кровь в расслабленные желудочки. Задержка осуществляется за счет резкого дробления волокон с образованием мелкочаеистой

проводящей сети, по которой возбуждение распространяется по боковым контактам, а также падения скорости проведения по волокнам в связи с уменьшением их радиуса и повышением сопротивления. Таким образом, атриовентрикулярный узел влияет на задержку сокращения желудочков. Эта система тоже гарантирует от локального патологического очага ритма и проводящая система желудочков в подавляющем большинстве случаев работает в нормальном синусном ритме.

- Сам атриовентрикулярный узел способен работать в автономном режиме и при выключении синусного узла становится водителем ритма, но частота его будет несколько ниже (частота у синусного узла = 70-80, а у атриовентрикулярного = 20-35).
- От атриовентрикулярного узла элементы проводящей системы передают возбуждение со скоростями, на порядок превышающими скорости возбуждения рабочего миокарда, что обуславливает малый разброс во времени процесса сокращения клеток рабочего миокарда, в результате чего имеет место не выдавливание, а высокая систола.
- **3. Пучок Гисса.**
 - Отходит от узла Ашофф-Тавара и направляется в желудочки по перегородке, отделяющей правый желудочек от левого. Пучок Гисса делится на две ножки, одна из которых идет в правый желудочек, а другая - в левый (правая и левая ножки пучка Гисса). При поступлении крови в правое предсердие возникает возбуждение в синусном узле, оно передается на атриовентрикулярный узел и затем по ножкам пучка Гисса - желудочкам. Таким образом, пучок Гисса ответственен за сокращение желудочков. Различают неполный сердечный блок и полный сердечный блок. При пониженной возбудимости атриовентрикулярного узла (не все импульсы от синусного узла проходят через атриовентрикулярный) развивается неполный сердечный блок. В таком случае к желудочкам проходит каждый второй или третий импульс и желудочки сокращаются в 2-3 раза медленнее предсердий. При поражении пучка Гисса развивается полный сердечный блок - импульсы от синусного узла не поступают в желудочки. В таком случае работает собственный автоматизм желудочков, которые начинают сокращаться в более медленном собственном ритме независимо от ритма сокращений предсердий, т.е. между ритмами сокращений предсердий и желудочков наступает полная разбалансировка. **Здесь общая ножка пучка Гисса делится на правую и левую ножки, которые разветвляются в правом и левом желудочках, оканчиваясь на сосочковых мышцах и верхушке сердца.**
 - Пучок Гисса снабжаются кровью из специальной ветвь венозной артерии.

СОСУДЫ.

Существуют три вида кровеносных сосудов: артерии, капилляры и вены, отличающиеся друг от друга строением и функцией.

1. АРТЕРИИ.

- Артерии – сосуды, несущие кровь от сердца к органам и тканям. Они имеют сравнительно толстые стенки.
- **Стенка артерий** состоит из трех оболочек:
 - наружной (соединительнотканной),
 - средней (гладкомышечной, с эластичными волокнами); за счет ее сокращения уменьшается просвет сосуда

- внутренней (соединительнотканых), выстланной изнутри одним слоем плоских клеток (эндотелием).

Развитая мышечная оболочка и эластические волокна придают стенкам артерии упругость и прочность,

• **Типы артерий:**

- *артерии эластического типа* (ближайшие к сердцу крупные сосуды);
- *артерии мышечного типа* (средние и мелкие артерии, которые оказывают сопротивление кровотоку и тем самым регулируют приток крови к органу);
- *артериолы* – последние разветвления артерии, переходящие в капилляры.

2. КАПИЛЛЯРЫ.

- Капилляры – мельчайшие кровеносные сосуды, через стенки которых осуществляются обменные процессы между кровью и тканями. Они различимы под микроскопом. Общий просвет капилляров всего тела в 500 раз превышает просвет аорты. Часть капилляров в спокойном состоянии не функционирует, а в деятельном состоянии количество функционирующих капилляров возрастает.
- Стенка капилляров состоит из одного слоя клеток эндотелия, расположенного на соединительнотканной пластинке.
- Диаметр капилляра составляет от 5 до 30 мкм, длина всех капилляров тела человека – около 100 000 км.
- В капиллярах осуществляется обмен веществ между кровью и тканями. Артериальная кровь в капиллярах превращается в венозную, и поступает в вены. Движение жидкости через капиллярную стенку происходит в результате разности гидростатического давления крови и гидростатического давления окружающей ткани, а также под действием разности осмотического давления крови и межклеточной жидкости. В артериальном конце капилляра растворенные в крови вещества фильтруются в тканевую жидкость. В венозном его конце давление крови уменьшается, осмотическое давление белков плазмы способствует поступлению жидкости и продуктов метаболизма обратно в капилляры.

3. ВЕНЫ.

- Вены – сосуды, по которым кровь течет от органов к сердцу.
- Стенки вен (как и у артерий) состоят из трех слоев, но они тоньше (средний слой содержит меньше мышечных волокон) и беднее эластическими волокнами. Поэтому вены менее упруги и могут спадаться.
- Большинство вен снабжено клапанами, которые препятствуют обратному току крови (клапаны открываются в сторону сердца). Общий просвет вен тела значительно превышает общий просвет артерий, но меньше общего просвета капилляров.

Различные артерии, как и вены, сообщаются между собой с помощью соединительных сосудов - анастомозов.

- Движение крови по сосудам определяется двумя силами:
 - разностью давлений между артериями и венами, которое создается и поддерживается работой сердца,
 - сопротивлением стенок сосудов току крови.

КРОВООБРАЩЕНИЕ В СОСУДАХ.

- Количество крови, проходящей через орган, зависит от разности давлений в артериях и венах этого органа и сопротивления течению крови в его сосудистой сети.
- Скорость течения крови обратно пропорциональна суммарной площади поперечного сечения сосудов.
- Скорость кровотока составляет:
 - в аорте 0.5 м/с,
 - в капиллярах – 0.0005 м/с,
 - в венах – 0.25 м/с.
- **Движение крови по артериям.** Кровь движется по артериям непрерывно, хотя сердце выбрасывает ее отдельными порциями. Такая непрерывность тока крови обеспечивается эластичными стенками крупных артерий, которые во время систолы желудочков, переполняясь кровью, растягиваются, а затем, возвращаясь в исходное состояние (во время диастолы), проталкивают кровь в нижележащие сосуды.
- **Движение крови по венам.** Для движения крови по венам недостаточно одного давления, создаваемого сердцем. Существуют дополнительные факторы:
 - клапаны вен,
 - сокращение близлежащих скелетных мышц, которые сжимают стенки вен, проталкивая кровь к сердцу;
 - присасывающее действие крупных вен при увеличении объема грудной полости
 - отрицательное давление в грудной полости.
- **Артериальное давление.**
 - Величина артериального давления подвергается колебаниям в зависимости от фаз деятельности сердца и дыхания. Различают:
 - **систолическое давление** (отражает состояние миокарда левого желудочка и равно 110 – 120 мм рт.ст.),
 - **диастолическое давление** (характеризует тонус стенок артерий – 60 – 80 мм рт.ст.),
 - **пульсовое давление** (разность между систолическим и диастолическим давлением) .
 - Значительное повышение артериального давления наблюдается при тяжелой физической нагрузке, понижение – при больших кровопотерях, сильных травмах, отравлениях и др. С возрастом эластичность стенок артерий уменьшается, поэтому давление в них становится выше, причем систолическое давление повышается в большей степени, чем диастолическое.
- **Движение крови по сосудам.**
 - Движение крови по сосудам обусловлено ритмичной работой сердца: во время сокращения кровь под давлением нагнетается в артерии. Энергия давления расходуется по мере продвижения крови по сосудам: самое большое давление крови - в начале кровообращения, самое малое - в конце его, причем по мере удаления от начала круга давление постепенно падает. Кровь перекачивается из области высокого давления в область более низкого давления.

- В начале кровеносного русла давление в аорте превышает атмосферное, в артериях средней величины - на 110 – 120 мм рт.ст., в небольших артериях – на 60 – 70, в артериальном и венозном концах капилляра – на 30 и 15 соответственно.
- В венах конечностей давление равно 5 – 8 мм рт.ст., в крупных венах грудной полости и при впадении их в правое предсердие почти равно атмосферному и зависит от фаз дыхания. Во время вдоха, когда грудная клетка расширяется, давление в венах понижается и становится ниже атмосферного, при выдохе повышается обычно на 2 – 5 мм рт.ст.
- Разность давлений в начале и в конце круга кровообращения обеспечивает движение крови по сосудам. На движение крови в венах оказывают влияние и другие факторы (кроме общего давления): присасывающее действие грудной клетки, работа прилегающих мышц и наличие клапанов, препятствующих обратному току крови. Хотя кровь из сердца выбрасывается порциями, по кровеносным сосудам она течет непрерывной струей, что обусловлено эластичностью стенок артерий - их способностью растягиваться. Большая часть энергии давления крови расходуется на преодоление трения частиц крови, протекающей по сосудам. Поскольку общий просвет капилляров во много раз превышает просвет других сосудов, скорость движения крови в капиллярах наименьшая (в 1 000 раз меньше, чем в аорте). В минуту желудочек сердца выбрасывает примерно 4 000-5 600 мл крови), а при больших физических нагрузках минутный объем может достичь 25-30 л.
- **Пульс.**
 - Ритмические колебания стенок артерий, обусловленные поступлением крови в аорту при систоле левого желудочка, называют артериальным пульсом. Пульс можно обнаружить на ощупь там, где артерии лежат более поверхностно:
 - в области лучевой артерии нижней трети предплечья,
 - в поверхностной височной артерии
 - в районе тыльной артерии стопы.
 - Определенные характеристики пульса отражают состояние сердечно-сосудистой системы.

РЕГУЛЯЦИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ.

НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

И. П. Павлов установил, что нервы, подходящие к сердцу, вызывают ослабляющее, замедляющее, ускоряющее и усиливающее действия и влияют на проводимость в сердце и его возбудимость.

- **Центральная регуляция гемодинамики (кровообращения)** осуществляется сосудодвигательным центром продолговатого мозга. Из продолговатого мозга к сердцу идут парасимпатические волокна блуждающего нерва. Из верхних грудных сегментов спинного мозга к органам кровообращения подходят симпатические нервы. Кроме того, имеются центры регуляции сердечной деятельности в гипоталамусе и коре больших полушарий.
 - *Симпатические нервы* оказывают сосудосуживающий эффект (кроме сосудов сердца, головного мозга, легких). В отношении сердца они оказывают ускоряющее и усиливающее действия: наблюдается учащение ритма сердца, повышается сила сердечных сокращений и возбудимость сердца, а также скорость проведения возбуждения в нем.
 - *Парасимпатические нервы* оказывают сосудорасширяющий эффект, оказывают на сердце замедляющее и ослабляющее действия: вызывают урежение ритма и уменьшение силы сердечных сокращений, понижение возбудимости сердца и скорости проведения возбуждения в нем.

Анатомия и физиология человека. Кровеносная система.

Оба центра сердечной деятельности функционально между связаны собой: повышение тонуса одного из них вызывает понижение тонуса другого, соответственно изменяется и работа сердца. Так же в стенках кровеносных сосудов, как и в самом сердце, имеются рецепторы, реагирующие на изменение кровяного давления и химического состава крови.

Изменение работы сердца происходит рефлекторно в ответ на самые различные раздражения, действующие на организм (теплота, холод, боль, изменения в мышцах во время работы, повышение давления в сосудах и т.д.). Несомненно, что на работу сердечно-сосудистой системы оказывает влияние кора головного мозга. Изменение сердечной деятельности наблюдается при волнении, в ответ на действие различных словесных раздражений и т.д.

ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ СЕРДЦА.

Гуморальная регуляция деятельности органов осуществляется за счет физиологически активных веществ организма, выделяемых в кровь или в межтканевую жидкость. К таким веществам относятся:

- гормоны,
- некоторые другие вещества специфического действия (нейромедиаторы),
- некоторые электролиты (K^+ , Na^+ , Ca^{2+}),
- ряд продуктов клеточного метаболизма.

Действие этих веществ может быть:

- сосудорасширяющим (ацетилхолин, гистамин и др.)
- сосудосуживающим (адреналин, вазопрессин, серотонин и др.)

Гуморальные и нервные влияния часто тесно связаны и могут осуществляться параллельно.

- **Гормоны** поступают в кровь в результате нервных воздействий.

- **Адреналин** (гормон мозгового слоя надпочечников) оказывает наибольшее влияние на сердечно-сосудистую систему. Его содержание в крови резко возрастает при мышечной работе, эмоциональных нагрузках, болевых раздражениях. Эффект действия адреналина на сердечную систему напоминает влияние симпатической нервной системы: наблюдается увеличение силы и учащение ритма сердечных сокращений, а также сужение просвета сосудов (но сосуды сердца он не сужает). Это сходство эффектов обусловлено химическим родством адреналина и медиатора симпатической нервной системы - норадреналина.
- Положительное хронотропное действие на сердце оказывает избыточное содержание в крови гормона щитовидной железы - **тироксина**. Это наблюдается, в частности, при гиперфункции щитовидной железы.

- В передаче нервных влияний участвуют **химические медиаторы**.

В передаче нервных воздействий со стороны вегетативной нервной системы на эффекторные органы классическими медиаторами являются:

- **ацетилхолин (эпинефрин)** - в парасимпатической системе - увеличивает проницаемость для ионов K^+ , активируя Na^+/K^+ -АТФазу, в результате чего деполяризация плазматической мембраны возрастает, а это ведет к отрицательному хронотропному эффекту. (Раствор, содержащий ацетилхолин, ведет к резкому падению силы сокращений на непродолжительное время. Вслед за этим сила сокращений постепенно восстанавливается.);
- **норадреналин (норэпинефрин)** - в симпатической системе. Увеличение амплитуды и частоты сокращений изолированного сердца при воздействии норадреналина связано с активацией Ca^{2+} -АТФазы плазматических мембран, направленной на вход кальция внутрь клетки. Значение входа Ca^{2+} во время потенциала действия заключается в увеличении длительности потенциала действия и, как следствие, рефрактерного периода, а также в создании условий для регуляции силы сокращений Ca^{2+} -связывающими белками миокарда. Сила сокращений увеличивается в результате кумулятивного эффекта вплоть до наступления равновесия между входом и выходом Ca^{2+} . Аналогично объясняется феномен лестницы - нарастание силы сокращений при их возобновлении после временной остановки сердца. Тетануса в сердце не происходит в связи со значительным перекрыванием во времени процессов возбуждения и сокращения. Увеличение частоты биений сердца связано с влиянием повышения концентрации Ca^{2+} на скорость медленной диастолической деполяризации, которая ускоряется, вследствие чего порог достигается раньше. Везикулы с классическими медиаторами могут содержать в себе в качестве котрансмиттеров некоторые соединения, также оказывающие влияние на характер работы сердца. Их эффекты могут быть обусловлены:
 - воздействием на специфические рецепторы либо на аллостерические активные центры традиционных рецепторов;
 - простым конкурентным ингибированием.
 - опосредованным влиянием путем интернализации (обратного поглощения) самого котрансмиттера и включения сложных метаболических циклов.
- **Соли**, входящие в состав крови, а также раствора Рингера и аналогичных растворов,
 - поддерживают осмотическое давление,
 - выполняют буферную роль,
 - оказывают специфическое действие на автоматию сердца, действуя на проводящую систему и сердечную мускулатуру.

Эта специфическая роль принадлежит ионам калия и кальция.

- **Калий** по характеру своего действия сходен с блуждающими нервами. Избыток K^+ (калиевая проницаемость увеличивается ацетилхолином) угнетает все стороны сердечной деятельности, действуя:
 - *отрицательно хронотропно* (урежая ритм сердца) благодаря увеличению деполяризации плазмалеммы до уровня порядка -95 мВ,
 - *отрицательно инотропно* (уменьшая амплитуду сердечных сокращений) - из-за увеличенной деполяризации в мышечные клетки при их возбуждении проникает меньше Ca^{2+} (поскольку потенциал действия укорочен, то и время повышения ионной проницаемости будет короче).
 - *отрицательно дромотропно* (ухудшая проведение возбуждения по целому сердцу),
 - *отрицательно батмотропно* (увеличивая порог возбудимости сердечной мышцы, т.е. уменьшая ее возбудимость),
 - у амфибий ещё и *отрицательно тонотропно* (ослабляя тоническое возбуждение сердечной мышцы во время диастолы, вследствие чего диастолическое расслабление сердца увеличивается и основание кривой опускается).
- **Кальций** по своему действию сходен с адреналином и симпатическими нервами. Избыток Ca^{2+} действует в направлении, обратном эффектам K^+ :
 - положительно хронотропно,
 - положительно инотропно,
 - положительно дромотропно,
 - положительно батмотропно,
 - положительно тонотропно.

Поскольку эффект калия сходен с парасимпатическими нервами, а кальция - с симпатическими нервами, для нормальной деятельности сердца необходимо определенное соотношение этих двух ионов. Изъятие из проводящей через сердце жидкости одновременно кальция и калия ведет к быстрой остановке сердца. (Бескальциевый раствор приводит к электромеханическому разобщению. Потенциал действия остается при этом почти неизменным за счет того, что медленные Ca^{2+} -каналы пропускают не только Ca^{2+} , но и Na^+ , вклад которого в медленный входящий ток в бескальциевой среде становится существенным.) Ни прибавление одного калия, ни внесение одного кальция не возобновляют автоматию. Соотношение калия и кальция, вызывающее и поддерживающее автоматию, неодинаково для различных частей сердца: так,

дозы калия, ведущие к остановке синусного узла, являются как раз оптимальными для пробуждения автоматии пучка Гисса и приводят к тому, что сокращение сердца начинается уже не с предсердия, а с желудочка. При большом избытке Ca^{2+} сердце останавливается в систоле.

- **Влияние продуктов клеточного метаболизма** на деятельность сердца. Долгое пребывание изолированного органа даже в самом лучшем физиологическом растворе ведет к ослаблению его деятельности. Однако, сердце, прекратившее свои биения в результате длительного промывания раствором Рингера, Локка или Тироде, возобновляет свои биения, если поместить его в такой же раствор, пропущенный несколько раз через другое, бьющееся сердце. Опыты Кларка показали, что прибавление липоидов (**лецитина**) к физиологическому раствору оказывает на остановившееся сердце такой же эффект оживления, как и раствор, пропущенный через бьющееся сердце. Эти эффекты связаны с изменениями структуры мембран, происходящими под влиянием экстракции лецитина из мембран или включением его в последние, что влияет на структуру мембранных белков (рецепторов, ионных каналов, транслоказ, лигаз и т.д.).

КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ.

Кровеносные сосуды тела объединяют в большой и малый круги кровообращения. Сосуды большого круга снабжают кровью органы тела, сосуды малого круга обеспечивают газообмен в легких.

Большой круг кровообращения.

Артериальная часть:

- Большой круг начинается из левого желудочка аортой, от которой отходят правая и левая **коронарные артерии сердца**, снабжающие кровью различные отделы сердечной мышцы. Пройдя через сердечную мышцу, они впадают в правое предсердие.
- **Аорта** имеет восходящую часть, которая переходит в **дугу аорты**.
- От дуги аорты отходят справа налево:
 - **плечегорловой ствол** (делится на **правую общую сонную артерию** и **левую подключичную**),
 - **левая общая сонная артерия**,
 - **левая подключичная артерия**.
- Далее нисходящая часть аорты, переходя в грудную полость, получает название **грудной аорты**. Она дает ветви к органам грудной полости, а затем, миновав диафрагму, переходит в брюшной отдел.
- **Брюшная аорта** направляет ветви к органам брюшной полости и органам таза, потом распадается на **правую и левую подвздошные**, которые снабжают кровью органы малого таза и нижние конечности.

Венозная часть:

- От верхней части тела и верхних конечностей кровь собирается в **верхнюю полую вену**. За счет слияния двух **общих подвздошных вен** образуется **нижняя полая вена**.
- **Верхняя и нижняя полые вены**, собирая кровь от верхней и нижней частей туловища, впадают в правое предсердие.
- **Коронарные вены** от сердечной мышцы несут кровь непосредственно в правое предсердие.
- **Воротная система печени.**
 - От всех непарных органов брюшной полости (желудка, тонкой и толстой кишок, поджелудочной железы и селезенки) венозная кровь попадает в **непарную воротную вену печени**. Воротная вена образует в печени капиллярную сеть (**воротную систему**), из печени **две печеночные вены** впадают в нижнюю полую вену.

Малый круг кровообращения.

Артериальная часть:

- Малый круг начинается от правого желудочка **легочным стволом**, который делится на **правую и левую легочные артерии**, идущие в легкие. Легочные артерии несут "венозную" (дезоксигенированную) кровь.

Венозная часть:

- Из каждого легкого выходит по две **легочные вены**, впадающие в левое предсердие. Легочные вены несут "артериальную" (оксигенированную) кровь.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.

Сердце подвержено различным патологическим заболеваниям, особенно у людей, испытывающих сильное нервное напряжение или находящихся в плохом физическом состоянии, а также при тяжелой мышечной работе. Сосуды могут оказаться закупоренными кровяным сгустком или каким-нибудь другим телом, препятствующих доставке питательных веществ и кислорода – все это приводит к «сердечному приступу». Если участок будет небольшим, то приступ не будет смертельным, а при поражении обширного участка смерть наступает через несколько минут. Если происходит полное замыкание внутримышечных ветвей венечных артерий, что нарушает приток крови к соответствующим участкам сердечной мышцы, наступает инфаркт миокарда. По мере старения организма стенки артерий становятся склонными к потере эластичности, просвет сосудов уменьшается, что сопровождается повышением артериального давления. У взрослого человека максимальное давление в плечевой артерии (именно здесь определяется давление у человека в медицинской практике) равняется 110-125 мм ртутного столба, а минимальное – 65-80 мм (у детей оно ниже: у новорожденных - 70/34 мм, у ребенка 9-12 лет – 105/70 мм), у старых людей оно повышается. Высокое кровяное давление может быть связано и с другими расстройствами, например заболеванием почек. Высокое кровяное давление опасно тем, что может привести к разрыву кровеносного сосуда. Если происходит разрыв небольшого сосуда, то потеря крови бывает незначительной. Но если кровоизлияние происходит в таком органе, как мозг, то повреждение клеток может привести к параличу обслуживаемых этими клетками мышц (инсульты разной степени тяжести), а иногда и к смерти. Часто наблюдается варикозное расширение вен, где застаивается большое количество крови. Варикозные вены образуются почти всегда в ногах и чаще всего встречаются у людей, которым приходится подолгу стоять. Варикозное расширение вен чаще встречается у женщин вследствие добавочной нагрузки на кровеносную систему при беременности и родах.

В большинстве случаев патологические изменения в системе кровообращения возникают из-за:

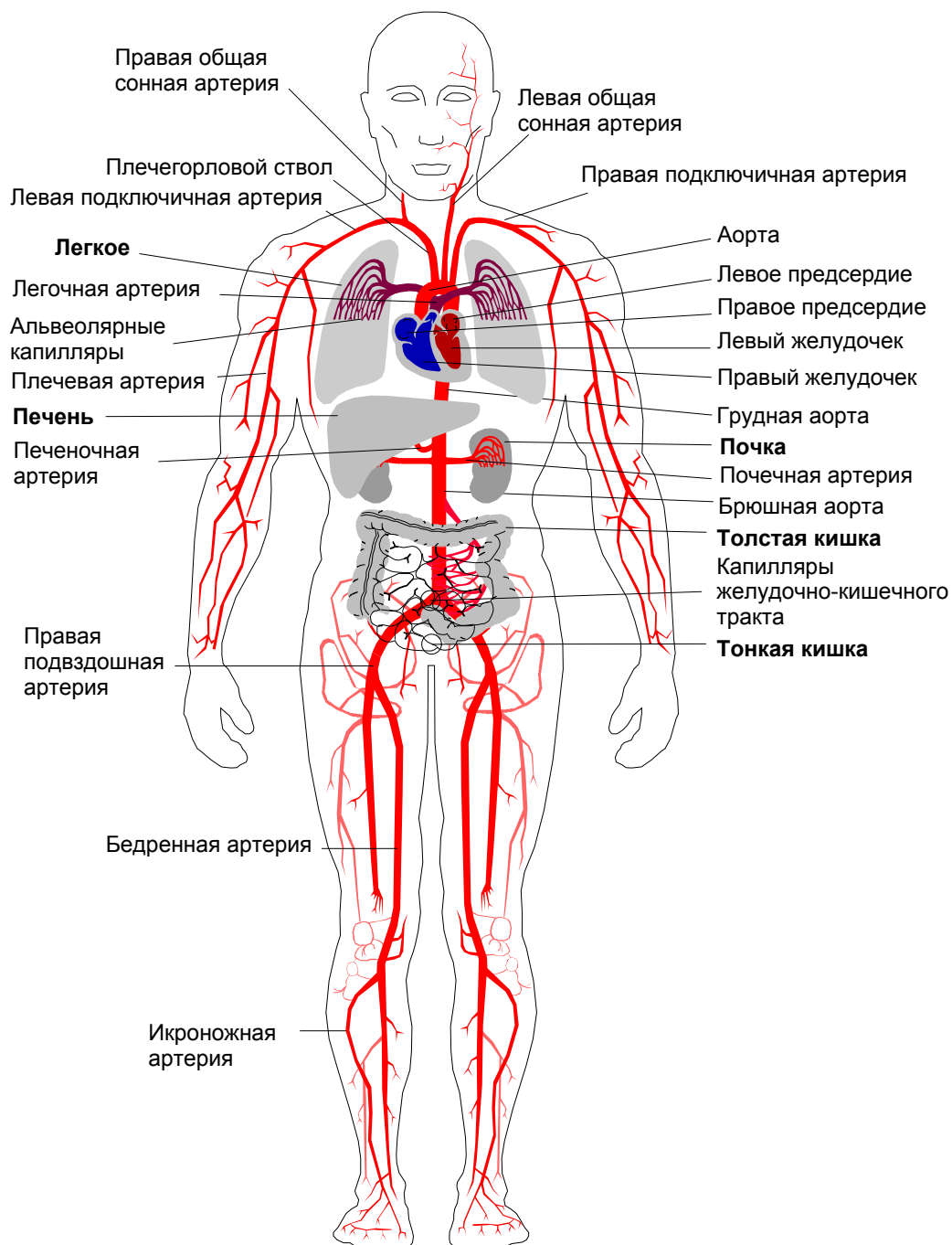
- **нерационального питания** (При избыточном потреблении высококалорийной пищи в крови увеличивается содержание жироподобных веществ – липопротеинов и холестерина.

Насыщенные жирные кислоты и холестерин объединяются в комплексы, которые откладываются на внутренней оболочке артерий. Образуются атеросклеротические бляшки, которые могут сузить просвет сосуда. Если атеросклерозом поражаются коронарные сосуды сердца, то уменьшается приток крови к сердечной мышце. У таких людей повышаются свертываемость крови, легче образуются тромбы. Чаще тромбы образуются в венах в связи с замедлением в них тока крови.);

- **частых стрессовых состояний;**
- **гиподинамии** (Малоподвижный образ жизни приводит к застою венозной крови и лимфы в нижних конечностях, уменьшению венозного притока к сердцу, уменьшению количества функционирующих капилляров. Возникает кислородное голодание сердечной мышцы. Даже умеренная физическая нагрузка уменьшает содержание жировых частиц и холестерина в крови, опасность тромбообразования, усиливает выброс крови из кровяных депо.);
- **курения.**

Особенности кровообращения плода.

Кровообращение у плода имеет свои особенности. Плод получает питательные вещества и кислород из организма матери через плаценту, через нее же выводятся продукты распада. Связь с организмом матери осуществляется через пупочный канатик, в котором проходят две пупочные артерии и одна пупочная вена. Правое и левое предсердия плода сообщаются между собой при помощи овального отверстия, находящегося в их перегородке. Между легочным стволом (до его разделения на ветви) и дугой аорты имеется сообщение через так называемый артериальный (ботталов) проток. Поэтому во всех артериях большого круга кровообращения плода циркулирует смешанная кровь, причем в восходящей аорте, дуге аорты и их ветвях содержится относительно больше кислорода, чем в грудной и брюшной аорте и их ветвях. После рождения пупочный канатик перевязывают и отрезают - связь с плацентой прекращается. Легкие начинают дышать. Вскоре после рождения овальное отверстие в перегородке предсердий зарастает, артериальный и венозный протоки закрываются и превращаются в связки, большой и малый круг кровообращения начинают функционировать полностью. Если овальное отверстие или артериальный проток не зарастают, то это называется врожденным пороком сердца.



АРТЕРИАЛЬНАЯ СИСТЕМА

ЛИМФООБРАЩЕНИЕ.

Кроме кровеносной, в организме функционирует лимфатическая система, представленная лимфатическими сосудами и лимфатическими узлами. Лимфа по своему составу напоминает плазму крови, в которой взвешены лимфоциты (других клеток в ней обычно нет). Процесс лимфообразования связан с обменом веществ между кровью и тканями - часть тканевой жидкости поступает не в кровеносные, а в лимфатические капилляры и составляет лимфу. Лимфатическая система дополняет функцию венозной системы. Нарушение работы лимфатической системы ведет к нарушению обмена веществ в тканях и возникновению отеков.

Функции лимфатической системы:

- служит **системой оттока жидкости** от органов и возврата её в кровеносное русло;
- **кроветворная и защитная** (Образование лимфоцитов происходит в лимфатических узлах, вилочковой железе и селезенке. Лимфатические узлы участвуют в процессах кроветворения, защитных реакциях организма и регулируют ток лимфы. Скопления лимфоидной ткани имеются в пищеварительном тракте, оболочке бронхов, мочевых путей, почках, коже и пр. Одна из главных функций лимфоидных органов – образование лимфоцитов (они вырабатывают антитела) и, соответственно, участие в защитных реакциях организма. В лимфатических узлах задерживаются бактерии, вызывающие инфекционные заболевания. Выделенный ими яд обезвреживается, а сами они подвергаются фагоцитозу, при этом лимфатические узлы могут увеличиваться в размерах, иногда становятся болезненными и даже подвергаться гнойному распаду. Помимо этого, лимфатические узлы регулируют ток лимфы);
- участие в **обмене веществ** (всасывание продуктов распада жира) .

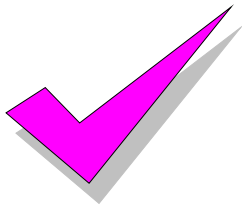
Строение лимфатической системы.

- Началом лимфатической системы являются замкнутые полупроницаемой мембраной **лимфатические капилляры**, в них фильтруется тканевая жидкость, образуя лимфу.
- Из сетей лимфатических капилляров берут начало более крупные **лимфатические сосуды**, снабженные мышечными клапанами. По лимфатическим сосудам лимфа направляется в 2 крупных **лимфатических протока**.
- В **грудной лимфатический проток** лимфа поступает от всех органов, за исключением:
 - правой половины головы,
 - правой руки,
 - правой части груди.Из этих участков тела лимфа собирается в **правый лимфатический проток**.
- Лимфатические протоки впадают в **вены большого круга кровообращения** в месте слияния подключичной и верхней яремной вен.
- По ходу лимфатических сосудов имеются **лимфатические узлы**. В них лимфа обогащается лейкоцитами, там же задерживаются и обеззараживаются микроорганизмы. При попадании бактерий в лимфатические узлы последние распухают и становятся болезненными.

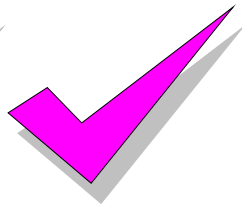
Факторы движения лимфы по сосудам:

- ритмическое сокращение стенок крупных лимфатических сосудов (лимфатические «сердца»);
- наличие клапанов в лимфатических сосудах;
- присасывающее действие расширенного грудного лимфатического протока в момент увеличения объема грудной полости при вдохе и отрицательное давление в грудной полости;
- сокращение скелетных мышц.

Анатомия и физиология человека. Кровеносная система.



Требования



Требования