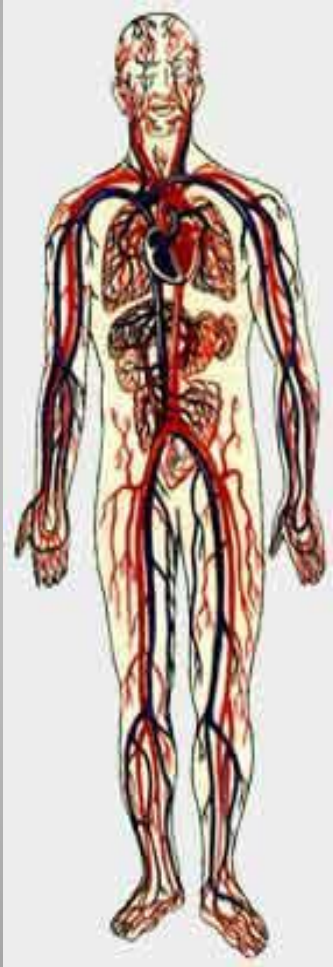


**Структурно-
функциональная
организация сердечно -
сосудистой системы
человека**

-
- План

- 1. Общая характеристика сердца, строение камер.
- 2. Оболочки сердечной мышцы.
- 3. Проводящая система сердца.
- 4. Кровоснабжение сердечной мышцы.

Функции сердечно-сосудистой системы



Основной функцией сердечно-сосудистой системы является обеспечение тока физиологических жидкостей - крови и лимфы. Другие функции сердечно-сосудистой системы:

1. Обеспечение клеток питательными веществами и кислородом
 2. Удаление из клеток продуктов жизнедеятельности
 3. Обеспечение переноса гормонов и, соответственно, участие в гормональной регуляции функций организма
 4. Участие в процессах терморегуляции (за счет расширения или сужения кровеносных сосудов кожи) и обеспечение равномерного распределения температуры тела
 5. Обеспечение перераспределения крови между работающими и неработающими органами
 6. Выработка и передача в кровоток клеток иммунитета и иммунных тел
- (эту функцию выполняет лимфатическая система - часть сердечно-сосудистой системы)

Органы кровообращения начинают закладываться со 2-й, функционировать - с 4-й недели, формирование заканчивается на 3-м месяце внутриутробной жизни. Через 6-7 суток после оплодотворения зародышевый пузырь имплантируется в слизистую оболочку матки, затем происходит внедрение ворсинок трофобласта в соединительнотканый слой матки. Оно сопровождается разрушением кровеносных сосудов матки и образованием в ней лакун, содержащих материнскую кровь. Через несколько суток образуется хорион, его ворсинки вдаются в лакуны, по которым движется материнская кровь. Лакуны входят в состав межворсинчатых пространств. Этот процесс занимает около 2 недель. Кровеносная система у эмбриона еще отсутствует. В это время он использует питательные вещества, находящиеся в желточном мешке, и получает их из тканей матки (гистотрофный тип питания).

Основы эмбрионального развития сердца

Сокращения сердца эмбриона возникают на 22-23-й день. Сначала они очень слабы и неритмичны, но с конца 5-й - начала 6-й недели сокращения сердца уже регистрируются с помощью эхокардиографии. Причем на этом этапе сосуды еще не образуют полную систему замкнутой циркуляции и сердечные сокращения обеспечивают движение крови в теле эмбриона и желточном мешке, которые связаны между собой сосудами пупочного канатика (три артерии и одна вена). Это период желточного кровообращения. Он продолжается до окончательного формирования плаценты (конец 2-го - начало 3-го месяца внутриутробной жизни), после чего плод полностью переходит на плацентарное кровообращение, прекращающееся в момент рождения. Образование в ворсинках хориона кровеносных капилляров и разрастание ворсинок хориона, погружающихся в межворсинчатые пространства оболочки матки, приводит к образованию детского места или плаценты. Через капилляры ворсинок протекает кровь плода. Кровь плода отделена от крови матери плацентарной мембраной, состоящей из эндотелия капилляров пупочных сосудов и двух слоев клеток, образующих стенки хориальных ворсинок. Толщина плацентарной мембраны 2-6 мкм. Смена желточного кровообращения плацентарным знаменует окончание эмбрионального и начало fetalного периода развития.

Как только устанавливаются плацентарное кровообращение и газообмен, обеспечение плода питательными веществами и удаление продуктов обмена идет через плаценту. Очень сильное ветвление ворсинок хориона, погруженных в движущуюся материнскую кровь, обеспечивает большую поверхность, через которую осуществляется обмен веществами. К концу беременности эта площадь составляет около 7 м^2 , общая длина ворсинок - около 50 км, масса плаценты - 500-600 г.

Переход веществ через плацентарную мембрану происходит как путем диффузии, так и активно (с затратой энергии клетками плацентарной мембраны). По градиенту концентрации (пассивно) диффундируют, например, кислород, углекислый газ, глюкоза, аминокислоты.

Вместе с тем многие вещества не проходят через плацентарную мембрану или проходят через нее очень медленно. Для этих веществ плацентарная мембрана является так называемым плацентарным барьером между кровью матери и плода. Как правило, она непроницаема для веществ с молекулярной массой более 300. Через нее не проходят большинство белков, бактерии и вирусы. Однако из этого правила есть много исключений. Так, в конце беременности в кровь плода проникают высокомолекулярные материнские белки-глобулины, являющиеся антителами. Наоборот, некоторые низкомолекулярные вещества, например адреналин (молекулярная масса 183), не проходят через плацентарный барьер, избирательность которого зависит от состояния организма матери. При ряде заболеваний, под действием некоторых лекарственных веществ, при употреблении спиртных напитков проницаемость мембраны нарушается и токсические вещества, а также бактерии и вирусы могут проникнуть из крови матери в кровь плода и оказывать на него вредное воздействие, что может привести к изменениям сердца и сосудов плода, как анатомическим, так и функциональным. Характер и степень этих патологических изменений зависят от фазы внутриутробного развития. Объем материнской крови, протекающий через плаценту в конце беременности, составляет 700-800 мл/мин, что превышает объем крови плода, протекающий через ворсинки капилляров.

При воздействии неблагоприятных факторов в течение первых 3 месяцев беременности ребенок может родиться с пороками развития сердца или сосудов. После 3-го месяца жизни, когда формирование сердечно-сосудистой системы в целом завершено, вредные факторы оказывают влияние преимущественно на развитие и созревание различных элементов миокарда (например, могут отсутствовать типичные мышечные пучки, формирующие трабекулы).

В фетальный период масса плаценты и площадь хориальных сосудов увеличиваются, но гораздо медленнее, чем масса растущего плода. Снабжению плода кислородом и питательными веществами в этих условиях способствует увеличение скорости и объема кровотока плода через плаценту, а также уменьшение толщины плацентарной мембраны по мере увеличения срока беременности. Для обменных процессов важно, что ток материнской крови в межворсинчатых пространствах плаценты замедляется, тогда как кровь плода в самих ворсинках циркулирует соответственно ритму его сердца. Эта особенность позволяет плоду получить наибольшее количество необходимых для него веществ из крови матери. Таким образом, благополучие плода зависит как от состава крови матери и состояния плаценты, так и от собственного кровообращения.

Сердце (лат. - cor, греч. - cardia) представляет собой полый мышечный орган, расположенный в переднем средостении. Форма сердца близка к конической: широкое основание направлено вверх и назад, а суженная часть - верхушка - вниз, вперед и влево. Таким образом, продольная ось сердца расположена косо сверху вниз, справа налево и сзади наперед, под углом около 40° во фронтальной плоскости. При этом сердце повернуто так, что правые его отделы лежат больше кпереди, а левые - кзади.

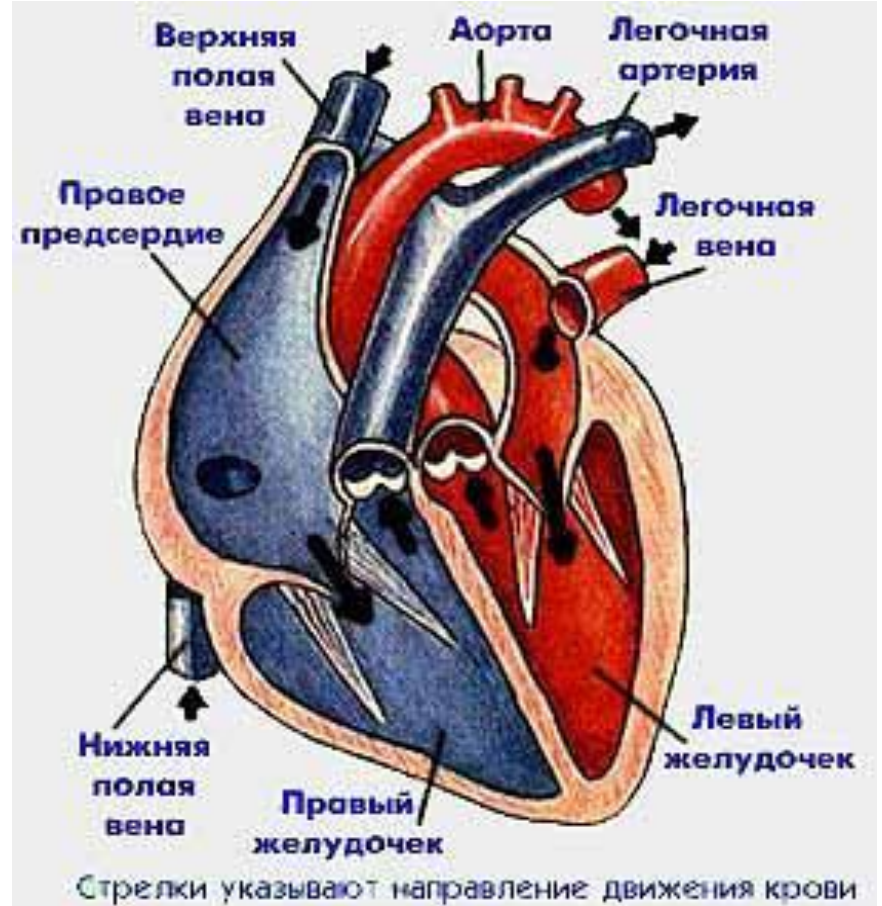
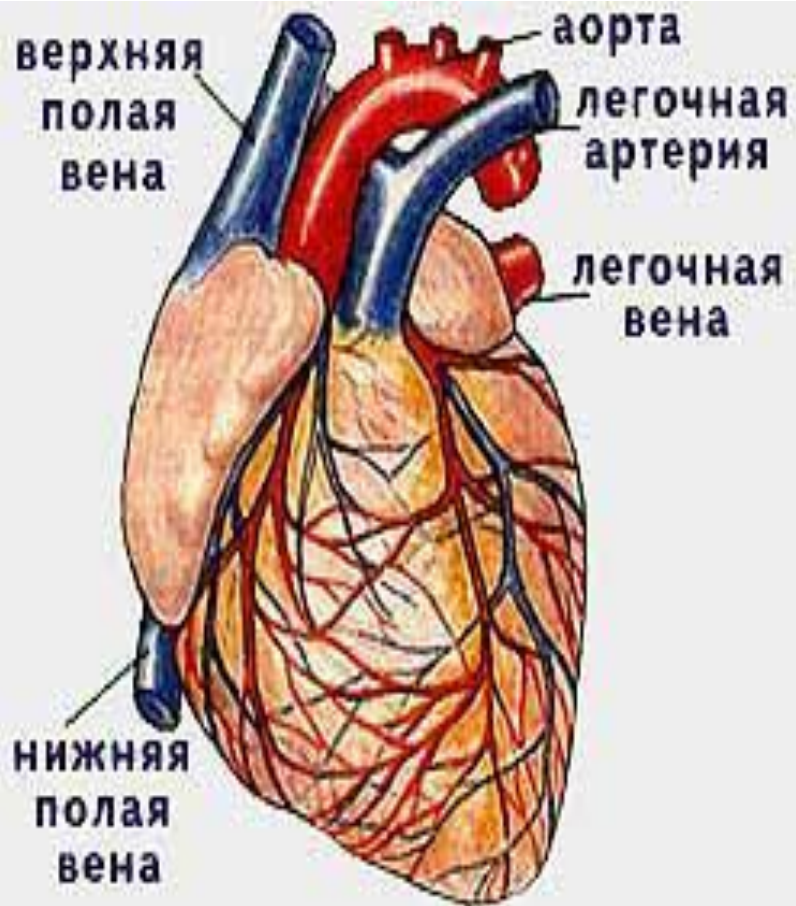
Топография, строение камер сердца

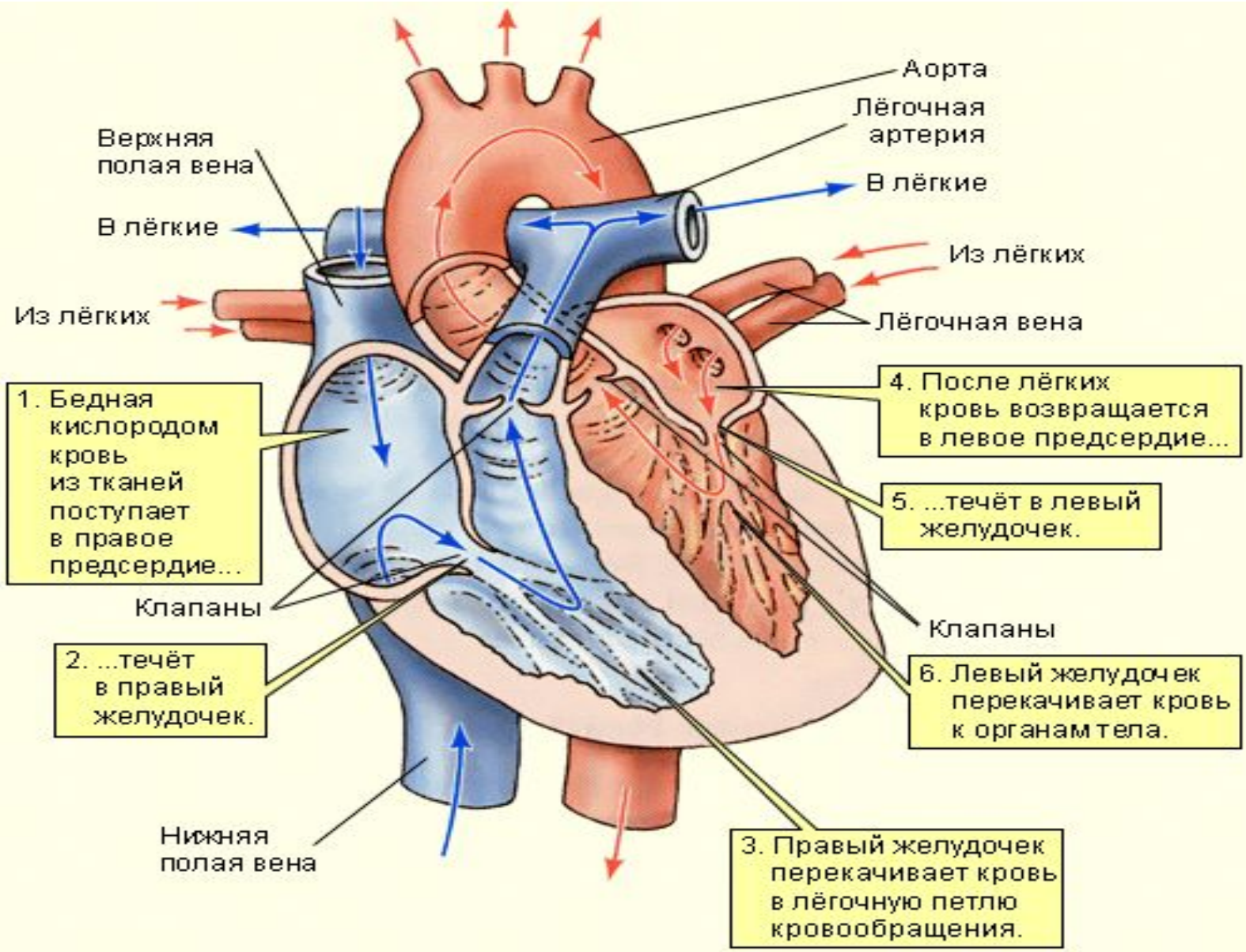
Расположение сердца

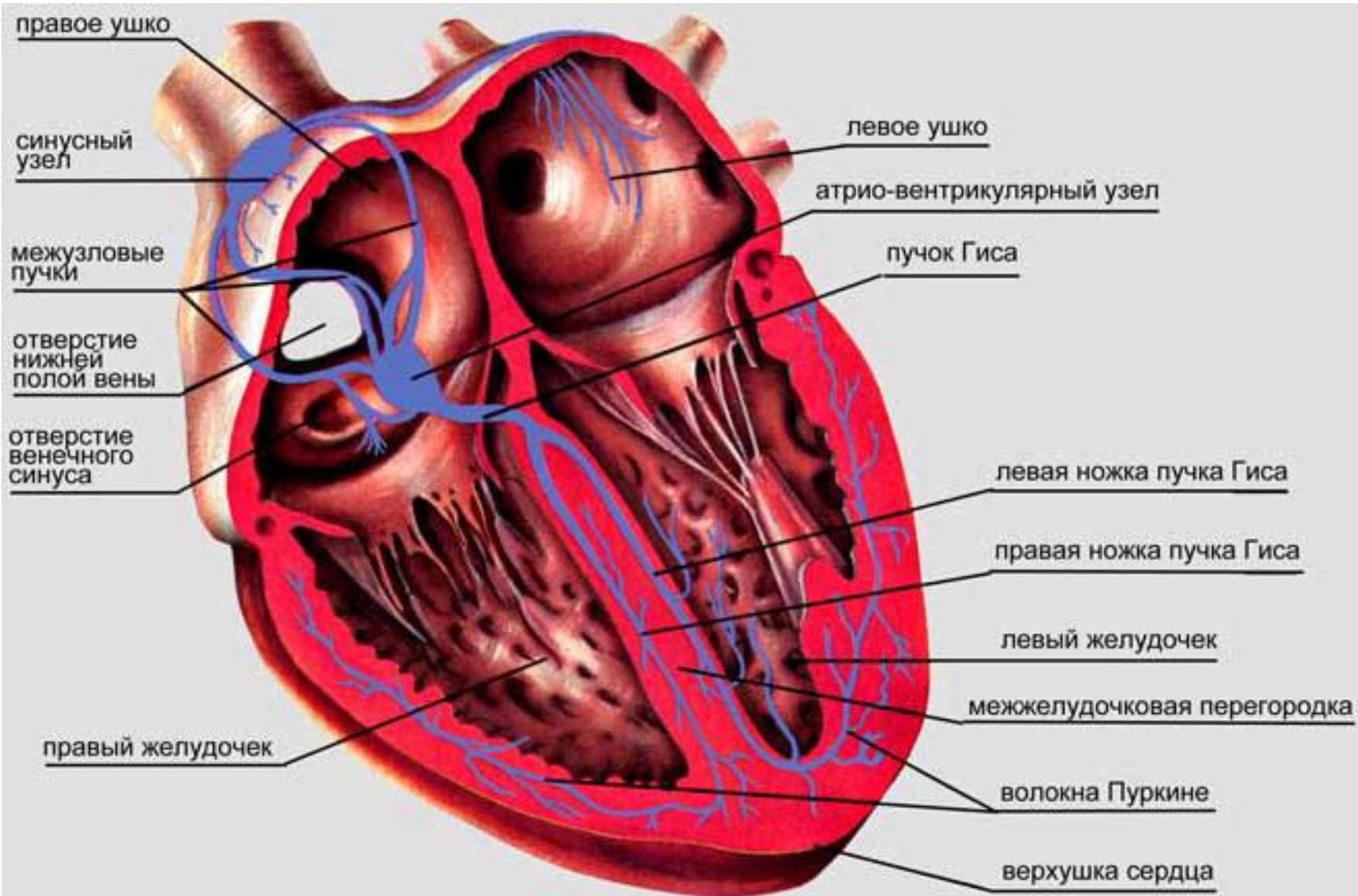
Форма определяется возрастом, полом, телосложением, здоровьем, другими факторами. Масса сердца — приблизительно 220-300 г.

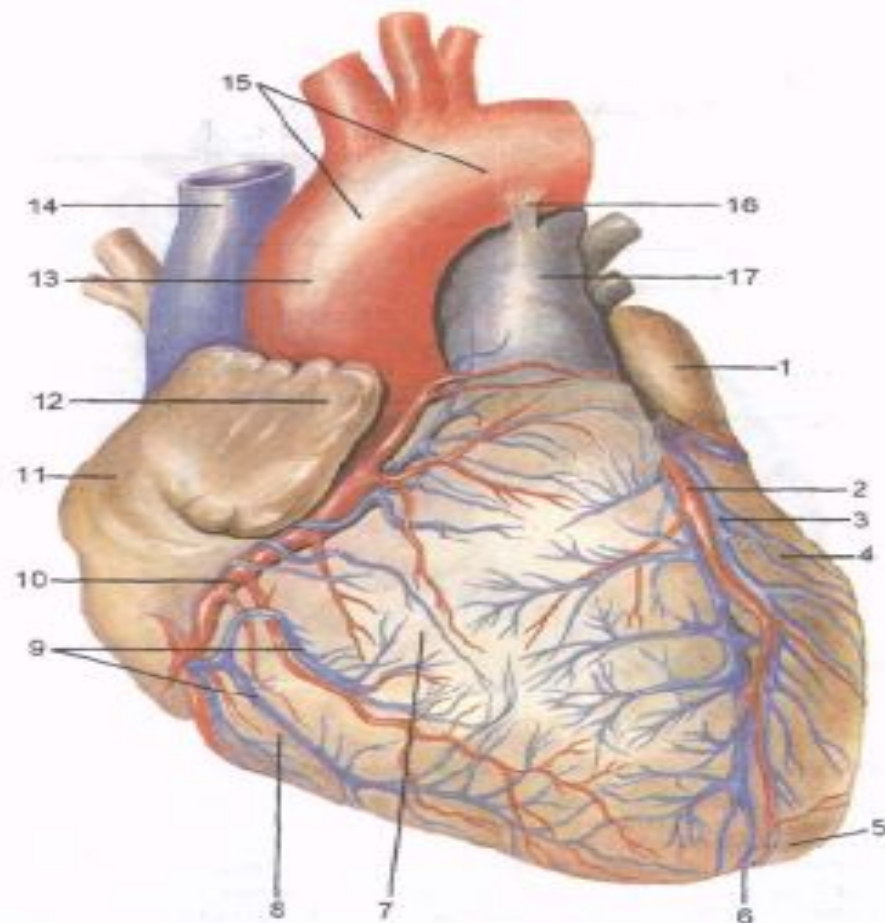
Располагается в грудной клетке за грудиной. Обеспечивает ток крови по кровеносным сосудам. Работа сердца описывается механическими явлениями (всасывание и выталкивание). Обладает автоматизмом. Стенка сердца состоит из трех слоев — эпикарда, миокарда и эндокарда

Сердце

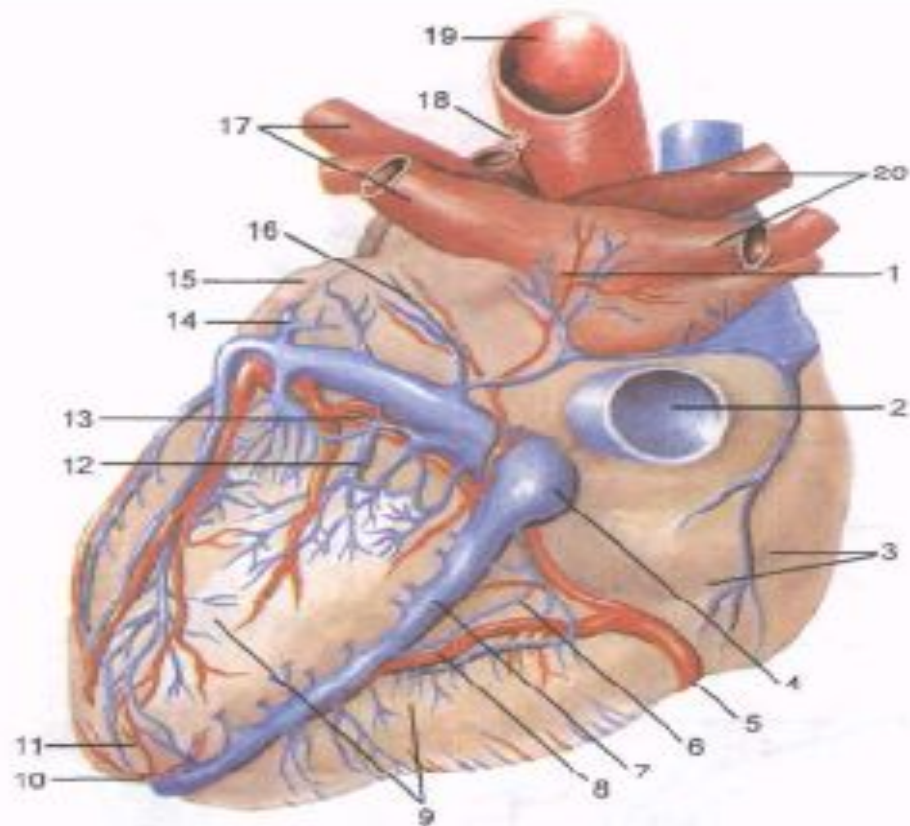








1 — левое ушко; 2 — передняя межжелудочковая ветвь левой венечной артерии; 3 — большая сердечная вена; 4 — левый желудочек; 5 — верхушка сердца; 6 — вырезка верхушки сердца; 7 — грудино-реберная (передняя) поверхность; 8 — правый желудочек; 9 — передние сердечные вены; 10 — правая венечная артерия; 11 — правое предсердие; 12 — правое ушко; 13 — восходящая часть аорты; 14 — верхняя полая вена; 15 — дуга аорты; 16 — артериальная связка; 17 — легочный ствол.



1 — левое предсердие; 2 — нижняя полая вена; 3 — правое предсердие; 4 — венечный синус; 5 — правая венечная артерия; 6 — малая сердечная вена; 7 — средняя сердечная вена; 8 — задняя межжелудочковая ветвь правой венечной артерии; 9 — диафрагмальная (нижняя) поверхность; 10 — вырезка верхушки сердца; 11 — верхушка сердца; 12 — задние вены левого желудочка; 13 — венечная борозда; 14 — большая сердечная вена; 15 — левое ушко; 16 — косая вена левого предсердия; 17 — легочные вены; 18 — артериальная связка; 19 — аорта; 20 — правые легочные вены.

Сердце человека продольной перегородкой разделено на две несообщающиеся между собой половины (иногда различают правое и левое сердце, перекачивающие соответственно венозную и артериальную кровь). В верхней части каждой половины расположено *предсердие*, в нижней части - *желудочек*, отделенные друг от друга прослойкой плотной волокнистой соединительной ткани в виде двух фиброзных колец. Последние окружают левое и правое предсердно-желудочковые (атриовентрикулярные) отверстия, через которые каждое предсердие сообщается с соответствующим желудочком.

Из левого желудочка выходит *аорта*, несущая кровь в сосуды большого круга, из которых по *верхней и нижней полым венам* кровь притекает в правое предсердие. (В последнее также через коронарный синус сердца поступает венозная кровь из тканей самого сердца.)

От правого желудочка отходит *легочный ствол*, по которому кровь поступает в малый круг кровообращения, а по четырём *легочным венам* кровь возвращается в левое предсердие.

Правое предсердие по форме напоминает куб (объем 100-180 см³), имеет дополнительную полость - правое ушко. Оно отделено от левого предсердия межпредсердной перегородкой, на которой имеется *овальная ямка* - остаток заросшего после рождения овального отверстия.

В правом предсердии имеются следующие отверстия: верхней полой вены, нижней полой вены. Вдоль последнего тянется полулунная складка (евстахиева заслонка). Расширенный участок полости правого предсердия, принимающий обе полые вены, называется синусом полых вен.

На внутренней поверхности правого ушка и стенки предсердия видны продольные мышечные валики - гребенчатые мышцы, которые выступают в полость предсердия.

Третьим отверстием правого предсердия является правое предсердно-желудочковое отверстие. Между ним и отверстием нижней полой вены находится отверстие венечного синуса. В его устье- серповидная складка- заслонка венечного синуса (тебезиева заслонка).

Правый желудочек по форме напоминает трехгранную пирамиду с верхушкой, обращенной вниз (его объем 150-240 см³). В нем выделяют следующие отверстия: правое предсердно-желудочковое, отверстие легочного ствола. В правом предсердно-желудочковом отверстии расположен трехстворчатый клапан. Он фиксирован на плотном соединительнотканном фиброзном кольце, его ткань продолжается в створки клапана (сухожильные пластинки треугольной формы, их свободные края обращены в полость желудочка). При сокращении предсердий створки клапана прижимаются током крови к стенкам желудочков. При сокращении желудочков свободные края створок смыкаются, но в предсердия не выворачиваются, так как со стороны желудочков их удерживают натягивающиеся сухожильные хорды (соединительнотканые тяжи). В просвет желудочков выступают тяжи-мясистые трабекулы и конусовидные сосочковые мышцы. От вершины сосочковых мышц начинаются сухожильные хорды.

В начале легочного ствола расположен клапан легочного ствола. Он состоит из трех расположенных по кругу полулунных заслонок, которые крепятся к фиброному кольцу. На их середине для более плотного смыкания имеются узелки. Между стенкой легочного ствола и каждой из заслонок имеется синус легочного ствола - небольшой карман.

Левое предсердие неправильной кубовидной формы (объем 110-130 см³). В нем имеются четыре отверстия легочных вен (без клапанов), левое предсердно-желудочковое отверстие (в нем двухстворчатый-митральный клапан, имеющий аналогичное трехстворчатому строение). На передней стенке левого предсердия имеется конусообразное расширение - левое ушко (дополнительный резервуар для крови).

Левый желудочек конусовидный, основание обращено кверху, его объем 140-210 см³. В нем имеются левое предсердно-желудочковое отверстие и отверстие аорты. В последнем имеется клапан из трех полулунных заслонок, которые толще, чем в клапане легочного ствола.

Половые различия заключаются в том, что у женщин чаще, чем у мужчин наблюдается горизонтальное положение сердца, да и само сердце меньше, что говорит о менее развитой мускулатуре.

Положение сердца и его форма зависят в основном от высоты стояния диафрагмы, которая у различных по конституции людей различна. Так, у людей с длинной и узкой грудной клеткой (астенический тип телосложения) диафрагма расположена низко, сердце опускается, как бы вытягивается, приобретая более вертикальное положение. У людей с широкой и короткой грудной клеткой (гиперстенический тип) - высокое стояние диафрагмы, за счет этого сердце как бы поднимается и ложится на нее, приобретая горизонтальное положение. И только у людей с промежуточным типом (у нормостеников) наблюдается косое положение сердца.

Большое влияние на величину сердца оказывает развитие мускулатуры. У людей, занимающихся преимущественно физическим трудом, сердце больше, чем у интеллектуалов. Наглядно выражено влияние физических нагрузок на сердце у спортсменов: увеличение вызывается физическим напряжением, носящим длительный характер, например, велоспорт, гребля, марафонский бег, лыжный спорт и др. Мощное сердце таких спортсменов иногда называют "бычьим сердцем". У бегунов на короткие дистанции, боксеров, футболистов, гимнастов сердце увеличивается в меньшей степени.

Форма, строение и местоположение сердца как органа, функционирующего непрерывно на протяжении всей жизни человека, тесно связаны с условиями жизнедеятельности организма. В этой связи структурно-функциональные характеристики сердца претерпевают значительные изменения. Зависимость сердца от условий жизни и деятельности человека обуславливает также появление индивидуальных различий в строении и топографии сердца.

Изменения формы сердца наблюдаются при самой разнообразной его патологии. Например, округление сердца происходит при стенозах предсердно-желудочковых клапанов вследствие увеличения предсердий, увеличение конусообразности - при гипертрофии левого желудочка (гипертония, поражение аортальных клапанов, стенозы легочного ствола и др.).

Различают три основные формы сердца: шаровидную (вертикальная ось сердца меньше горизонтальной), коническую (вертикальная ось больше горизонтальной) и смешанную (вертикальная ось соответствует горизонтальной).

Основные размеры сердца: наибольшая длина от основания сердца до верхушки - 10-16 см; наибольшая ширина - у основания - 8-12 см; толщина (передне-задний размер на уровне основания сердца) - 6-9 см. Наибольшая окружность на уровне основания - 28-31 см. Средняя масса - около 300 г (200-400 г). Масса сердца мужчины в среднем равна 300 г (1/215 массы тела), женщины - 220 г (1/250 массы тела). У ребенка масса сердца к шести месяцам постнатального онтогенеза удваивается, к году утраивается, а к 16 годам увеличивается в 10 раз.

- Сердце окружено **перикардом** (околосердечной сумкой), который имеет два листка - внутренний (висцеральный) и наружный (париетальный). Между этими листками образуется щелевидная перикардальная полость, выстланная мезотелием и содержащая небольшое количество серозной жидкости (в норме около 30-50 мл). Эта жидкость уменьшает взаимное трение листков перикарда при сокращениях сердца. Париетальный листок перикарда переходит в адвентицию крупных сосудов, а спереди прикрепляется к грудине. Висцеральный листок перикарда образует наружную оболочку сердца - **эпикард**.

Оболочки сердечной мышцы

Внутренняя оболочка сердца – **эндокард** - выстилает полости сердца изнутри. Она образована соединительнотканными элементами, гладкомышечными клетками и эпителиальной тканью (эндотелием), покрывающей поверхность эндокарда, обращенную в полость сердца. Складки (дупликатуры) эндокарда образуют клапаны сердца. Атриовентрикулярные клапаны - левый (двустворчатый или митральный) и правый (трехстворчатый) - располагаются между предсердиями и желудочками. При повышении давления крови в желудочках во время их сокращения клапаны закрывают предсердно-желудочковые отверстия, препятствует обратному току крови из желудочков в предсердия. Полулунные клапаны расположены в проксимальных отделах аорты и легочного ствола. Каждый такой клапан представляет собой три карманообразные складки, направленные свободными краями в просвет сосудов. Во время расслабления желудочков давление в них становится меньше, чем в аорте и легочном стволе, вследствие чего кровь наполняет кармашки полулунных клапанов. В результате просвет сосудов перекрывается, что препятствует обратному току крови из аорты и легочного ствола в желудочки.

Основную массу сердца составляет его средняя оболочка - **миокард**, или сердечная мышца. Миокард предсердий состоит двух слоев - поверхностного, образованного циркулярными волокнами, который является общим для обоих предсердий, и внутреннего, который образован продольно расположенными волокнами, самостоятельными в каждом предсердии. Внутренний слой предсердий образует вокруг устьев полых и легочных вен подобие сфинктеров, которые при сокращении предсердий почти полностью перекрывают просвет этих сосудов, препятствуя обратному току крови из предсердий в указанные вены.

В желудочках миокард образован тремя слоями: поверхностным, средним и глубоким. Косо расположенные волокна поверхностного слоя спускаются к верхушке сердца, где загибаются внутрь и переходят в глубокий продольный слой. Производными последнего являются сосочковые (папиллярные) мышцы, выступающие в просвет желудочков. От этих мышц отходят сухожильные нити (хорды), которые прикрепляются к атриовентрикулярным клапанам со стороны, обращенной в полость желудочков. При сокращении миокарда желудочков сокращаются и сосочковые мышцы. В результате сухожильные нити натягиваются и удерживают створчатые клапаны от прогибания в полость предсердий. Недостаточность этой функции (например, вследствие повреждения сосочковых мышц при инфаркте миокарда) приводит к прогибанию (пролапсу) створок клапанов в полость предсердий во время сокращения желудочков и, соответственно, к нарушению внутрисердечной гемодинамики.

Расположенный между поверхностным и глубоким средний слой образован циркулярными волокнами, самостоятельными для каждого желудочка. Большая часть мышечных волокон предсердий и желудочков прикреплена к фиброзной ткани, которая разделяет эти камеры сердца и электрически изолирует их друг от друга. Следствием этого является возможность отдельного сокращения предсердий и желудочков.

Толщина миокарда камер сердца зависит от приходящейся на них нагрузки: стенки левых отделов сердца толще стенок правых, а стенки желудочков толще стенок предсердий. Наибольшую толщину (10-15 мм) имеет стенка левого желудочка, который проталкивает кровь по сосудам большого круга кровообращения. Толщина стенок правого желудочка составляет 5-8 мм; толщина стенок предсердий еще меньше (2-3 мм). В процессе приспособления сердца к повышенной нагрузке масса миокарда и толщина стенок сердца могут увеличиваться, что наблюдается, например, у спортсменов и у больных с повышенным артериальным давлением.

- Основным тканевым компонентом миокарда является поперечнополосатая мышечная ткань сердечного (целомического) типа. Этой ткани присущи следующие свойства: возбудимость - способность отвечать на действие раздражителей возбуждением в виде электрических импульсов; автоматия (автоматизм) - способность самовозбуждаться, т. е. генерировать электрические импульсы в отсутствие внешних раздражителей; проводимость - способность проводить возбуждение от клетки к клетке без затухания; сократимость - способность мышечных волокон укорачиваться, или увеличивать свое напряжение.

Проводящая система сердца

В составе сердечной мышечной ткани выделяют несколько морфофункциональных разновидностей кардиомиоцитов.

1. Сократительные (типичные, рабочие) кардиомиоциты составляют 99% массы миокарда. Они обеспечивают сократительную функцию сердца и содержат большое количество упорядоченных миофибрилл и митохондрий, имеют развитый саркоплазматический ретикулум и систему Т-трубочек.

2. Проводящие (атипичные, специализированные) кардиомиоциты имеют слабо развитый сократительный аппарат и формируют проводящую систему сердца. Среди этого вида кардиомиоцитов различают Р-клетки и клетки Пуркинье:

а) округлые Р-клетки (от англ. pale - бледный) со светлой цитоплазмой, почти лишенной сократительных элементов, обладают способностью периодически генерировать электрические импульсы, обеспечивая (в норме) автоматию сердечной мышцы;

б) клетки Пуркинье имеют вытянутую форму с большим диаметром и образуют волокна, осуществляя быстрое, незатухающее, своевременное и синхронное проведение возбуждения к сократительным кардиомиоцитам. Автоматия у клеток Пуркинье есть, но выражена в меньшей степени, чем у Р-клеток.

3. Переходные кардиомиоциты или Т-клетки (от англ. transitional - переходный) располагаются между проводящими и сократительными кардиомиоцитами и имеют промежуточные цитологические характеристики. Эти клетки обеспечивают взаимодействие остальных типов кардиомиоцитов.

4. Секреторные кардиомиоциты располагаются, преимущественно, в предсердиях и выполняют эндокринную функцию. В частности, эти клетки секретируют во внутреннюю среду предсердный натрийуретический пептид - гормон, принимающий участие в регуляции водно-электролитного баланса и артериального давления.

Все типы клеток миокарда высоко дифференцированы и не обладают способностью к делению. Поэтому в постэмбриональном периоде сердечная мышечная ткань не способна к регенерации, и участки повреждения миокарда (например, при инфаркте) замещаются соединительной тканью. По той же причине увеличение мышечной массы миокарда при повышенной нагрузке на сердце происходит за счет увеличения объема отдельных кардиомиоцитов (гипертрофии), а не их общего количества (гиперплазии) .

Морфологически сердечная мышечная ткань, в отличие от скелетной, не имеет симпластического строения, однако отдельные кардиомиоциты и структурно, и функционально тесно связаны друг с другом посредством вставочных дисков, особенно хорошо выраженных между сократительными кардиомиоцитами. Механическую связь обеспечивают находящиеся в области вставочного диска десмосомы , а функциональное взаимодействие - щелевые контакты (gap junctions) или нексусы.

В зоне щелевых контактов, которая занимает около 10-20% площади вставочного диска, мембраны соседних клеток находятся на очень малом (около 2-3 нм) расстоянии друг от друга и пронизаны каналами, которые представляют собой сложные белковые комплексы плазматических мембран и проницаемы для ионов. Такое строение межклеточных контактов обеспечивает их низкое электрическое сопротивление и свободную передачу электрического сигнала от одной клетки к другой (по типу электрического синапса). При повреждающих воздействиях (гипотермия, некоторые яды и др.) проницаемость каналов в области щелевых контактов резко снижается, что приводит к нарушениям проведения возбуждения в миокарде.

Вставочные диски, расположенные на торцах клеток, соединяют кардиомиоциты «конец в конец», что приводит к образованию мышечных волокон, которые также связаны друг с другом посредством вставочных дисков. Таким образом, кардиомиоциты объединены в непрерывную электрическую сеть - функциональный синцитий, что отличает миокард от таких возбудимых тканей, как скелетная, мышечная и нервная. Вследствие строения миокарда возбуждение, возникшее в любой точке сердца, охватывает его целиком.

Кроме кардиомиоцитов, в состав миокарда входят волокна соединительной ткани. Соединительнотканый каркас сердца, связывает кардиомиоциты между собой, а также с эндо- и эпикардом, влияя на механические характеристики сердечной мышцы - растяжимость, упругость и др.

Для сердца характерна способность сокращаться в течение всей жизни человека, не обнаруживая признаков утомления. Долгое время оставался нерешенным вопрос о том, обусловлена ли эта способность нервными влияниями (нейрогенный механизм), или она является собственным свойством сердечной мышцы (миогенный механизм). Еще Леонардо да Винчи писал: «...Проследи нервы до сердца и посмотри, сообщают ли они движение сердцу или оно движется само собой». В настоящее время твердо установлено, что нейрогенная гипотеза автоматии сердца, справедливая в отношении многих беспозвоночных животных, не применима к хордовым и к человеку.

Классический опыт, свидетельствующий в пользу миогенной теории, произвел в середине XIX века Х. Станниус. В этом опыте было показано, что при наложении лигатуры на сердце лягушки по границе между венозным синусом (место впадения полых вен) и правым предсердием венозный синус продолжает сокращаться с исходной частотой, а предсердия и желудочек (единственный в трехкамерном сердце земноводных) останавливаются. Через 30-40 секунд сокращения желудочка и предсердий возобновляются, но с собственной частотой, меньшей, чем частота сокращений венозного синуса. Иногда возобновление сокращений желудочка происходит только после стимуляции в области сердца между предсердиями и желудочком путем наложения второй лигатуры по атриовентрикулярной борозде. Наложение еще одной лигатуры в нижней трети желудочка приводит к прекращению сокращений верхушки сердца, в то время как остальные отделы продолжают сокращаться в прежнем ритме. При этом возбудимость и сократимость верхушки сердца не нарушаются - в ответ на раздражение (укол иглой) происходит сокращение.

Позже английский физиолог В. Гаскел показал, что охлаждение сравнительно небольшой зоны в области устья полых вен приводит к остановке сердца у млекопитающих. В 1902 г. в России А. А. Кулябко наблюдал восстановление сократительной активности сердца человека, которое извлекли из трупа, поместили в теплый физиологический раствор и некоторое время массировали.

В результате перечисленных экспериментов было доказано существование механизма обеспечения периодической сократительной активности сердца, автономного по отношению к центральной нервной системе и достаточного для поддержания нормального ритма сердечной деятельности. Результаты опытов Х. Станниуса и В. Гаскела указывали также на то, что участки сердечной мышцы, ответственные за ее самовозбуждение (очаги автоматии), имеют ограниченную локализацию и находятся, в частности, в правом предсердии, а также на границе предсердий и желудочков. В дальнейшем было установлено, что клеточными элементами, обеспечивающими автоматию сердца являются специализированные кардиомиоциты.

Миогенная природа автоматии сердца в значительной мере является результатом его ранней эмбриональной дифференцировки (зачаток сердца формируется к концу второй недели эмбриогенеза). Тем самым обеспечивается формирование кровеносной системы плода и оптимальный режим снабжения кислородом всех тканей, включая нервную. С другой стороны, автономность кровеносной системы по отношению к нервной необходима вследствие большой зависимости нервной ткани от уровня доставки кислорода. Прекращение кровоснабжения мозга даже на несколько секунд вызывает резкие функциональные нарушения, которые уже через 4-6 минут приводят к необратимым органическим изменениям в ЦНС. Поэтому зависимость сердечной деятельности и всей системы снабжения организма кислородом от состояния ЦНС резко снизила бы адаптивные возможности организма в условиях действия на него экстремальных факторов среды.

Проводящая система сердца образована специализированными кардиомиоцитами и включает в себя следующие основные структуры.

1. **Синоатриальный, или синусный**, узел располагается на задней стенке правого предсердия вблизи устья верхней полой вены. Он образован Р-клетками, которые посредством Т-клеток связаны между собой и с сократительными кардиомиоцитами предсердий. Этот узел аналогичен синусному узлу холоднокровных (венозный синус как анатомически обособленное место впадения полых вен у теплокровных существует только на ранних стадиях эмбриогенеза, сливаясь в дальнейшем с правым предсердием). От синоатриального узла в направлении к атриовентрикулярному узлу отходят три межузловых тракта: передний (тракт Бахмана) с отходящим от него к левому предсердию межпредсердным пучком, средний и задний (соответственно тракты Венкебаха и Тореля). Следует отметить, однако, что степень гистологической дифференциации указанных структур от окружающих тканей миокарда у разных людей сильно варьирует.

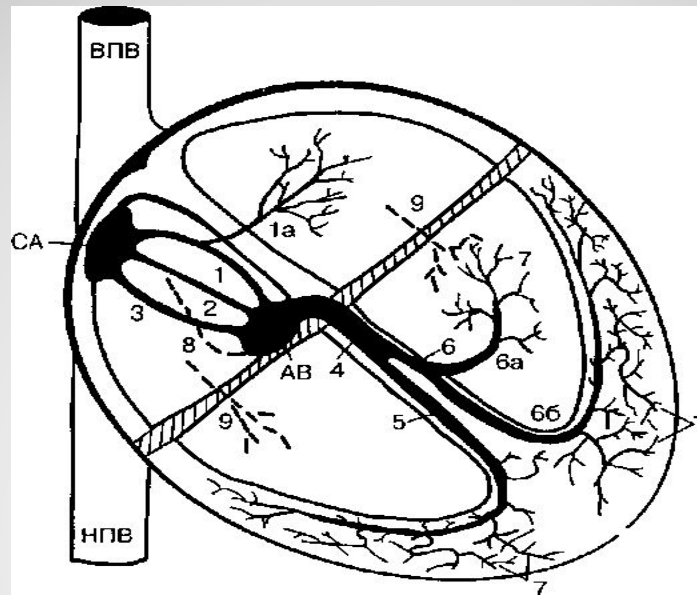


Рис. 1. Проводящая система сердца

ВПВ - верхняя полая вена; НПВ - нижняя полая вена; штриховка - фиброзная ткань между миокардом предсердий и желудочков; СА- синоатриальный узел; АВ - атриовентрикулярный узел. Основные проводящие пути: 1 - передний межузловой тракт; 1а - межпредсердный пучок Бахмана; 2 - средний межузловой тракт Венкебаха; 3 - задний межузловой тракт Тореля; 4 - общий ствол предсердно-желудочкового пучка (пучка Гиса); 5 - правая ножка пучка Гиса; 6 - левая ножка пучка Гиса; 6а - передневерхняя ветвь левой ножки пучка Гиса; 6б - задненижняя ветвь левой ножки пучка Гиса; 7 - субэндокардиальные волокна Пуркинье. Дополнительные (аномальные) проводящие пути: 8 - пучок Джеймса; 9 - пучки Кента

2. **Атриовентрикулярное соединение**, в котором выделяю три зоны: AN (atrium-nodus) - зона перехода от предсердных кардиомиоцитов к атриовентрикулярному узлу; N (nodus)- атриовентрикулярный узел, расположенный непосредственно над местом прикрепления септальной створки трехстворчатого клапана; NH (nodus-His) - зона перехода от атриовентрикулярного узла к общему стволу пучка Гиса. В атриовентрикулярном соединении обнаруживаются Р-клетки (в меньшем количестве, чем в синусном узле), клетки Пуркинье, а также Т-клетки.

3. **Предсердно-желудочковый пучок, или пучок Гиса** (описан немецким анатомом В. Гисом в 1893 г.), в норме является единственным путем проведения возбуждения от предсердий к желудочкам. Он отходит от атриовентрикулярного узла общим стволом и проникает через фиброзную ткань, разделяющую предсердия и желудочки, в межжелудочковую перегородку. Здесь пучок Гиса разделяется на *две ножки* - правую и левую, идущие к соответствующим желудочкам, причем левая ножка делится на две ветви: передневерхнюю и задненижнюю. Указанные разветвления пучка Гиса проходят под эндокардом, широко ветвятся и заканчиваются в желудочках сетью субэндокардиальных **волокон Пуркинье** (описаны чешским физиологом Я. Пуркинье в 1845г.). Основу проводящей системы желудочков (системы Гиса-Пуркинье) составляют клетки Пуркинье, связанные с сократительными кардиомиоцитами посредством Т-клеток.

У некоторых людей встречаются варианты развития, при которых в сердце содержатся дополнительные (аномальные) проводящие пути, например пучок Джеймса, соединяющий предсердия с нижней частью атриовентрикулярного соединения, пучки Кента, соединяющие предсердия и желудочки. Указанные пути участвуют в возникновении некоторых нарушений сердечного ритма (например, синдрома преждевременного возбуждения желудочков).

В норме возбуждение сердечной мышцы зарождается в синусном узле, охватывает миокард предсердий и, пройдя атриовентрикулярное соединение, распространяется по ножкам пучка Гиса и волокнам Пуркинье на миокард желудочков.

Таким образом, нормальный ритм сердца определяется активностью группы Р-клеток синоатриального узла, который называют водителем ритма первого порядка, или истинным пейсмекером (от англ. Pacemaker- «отбивающий шаг»). Кроме клеток синусного узла, автоматия присуща и другим структурам проводящей системы сердца. Водитель ритма второго порядка локализован в НН-зоне атриовентрикулярного соединения (кардиомиоциты собственно атриовентрикулярного узла автоматией не обладают). Водителями ритма третьего порядка являются клетки Пуркинье, входящие в состав проводящей системы желудочков.

Водители ритма распределены в сердце согласно «закону градиента автоматии», сформулированному Гаскелом в 1887 г.: степень автоматии пейсмекера тем выше, чем ближе он расположен к синоатриальному узлу. Так, собственная частота ритмической активности клеток синусного узла в норме составляет 60-90 импульсов в мин, атриовентрикулярного соединения – 40-60, системы Гиса-Пуркинье – 20-40 импульсов в минуту (в дистальных отделах меньше, чем в проксимальных). Вследствие такого распределения активность нижележащих водителей ритма в норме подавляется синоатриальным узлом. Поэтому водители ритма первого и второго порядков называют латентными (или потенциальными) пейсмекерами. При снижении активности синусного узла или при нарушении проведения возбуждения к латентным пейсмекерам (как, например, в опыте Станниуса) частота возбуждений и сокращений сердца определяется активностью водителей ритма второго или третьего порядка. Кроме того, в патологических условиях электрические импульсы могут генерироваться не только клетками проводящей системы сердца, но и сократительными кардиомиоцитами.

Возникшее в синоатриальном узле возбуждение радиально распространяется по миокарду предсердий во все стороны, причем из-за асимметрии расположения синусного узла правое предсердие возбуждается раньше левого. Значение предсердных специализированных проводящих путей в этом процессе невелико, и их перерезка существенно не нарушает распространение возбуждения по миокарду, так как скорость проведения по этим путям (0,4-0,8 м/с) почти такая же, как и по сократительным кардиомиоцитам (0,1-0,2 м/с).

В атриовентрикулярном соединении (АН- и N-зоны) скорость проведения возбуждения минимальна - около 0,05 м/с. Поэтому при переходе возбуждения от предсердий к желудочкам возникает задержка проведения импульса на 0,02-0,04 с (примерно столько же времени тратится на проведение возбуждения по системе Гиса-Пуркинье, протяженность которой более чем в 10 раз превосходит размеры атриовентрикулярного узла). Атриовентрикулярная задержка, а также низкая скорость проведения возбуждения в предсердиях обеспечивают координацию сокращений отделов сердца: желудочки начинают сокращаться только после того, как предсердия закончат нагнетание в них крови. Особые свойства атриовентрикулярного соединения обеспечивают также частичную блокаду проведения импульсов, следующих из предсердий с частотой более 180-200 в 1 мин.

Пройдя атриовентрикулярное соединение, возбуждение продолжает распространяться по проводящей системе желудочков и достигает их сократительных кардиомиоцитов. При этом сначала возбуждается межжелудочковая перегородка, далее - верхушка сердца и в конце цикла - базальные отделы желудочков. В силу особенностей расположения волокон Пуркинье возбуждение папиллярных мышц происходит несколько раньше, чем оно охватывает стенки желудочков. Благодаря этому створки трехстворчатого и митрального клапанов оказываются натянутыми раньше, чем на них начнет действовать сила сокращения желудочков. Общее время охвата желудочков возбуждением составляет 5-10 мс.

Скорость проведения возбуждения по различным участкам миокарда желудочков существенно различна: по пучку Гиса - около 1 м/с, по волокнам Пуркинье - до 4 м/с, по сократительным кардиомиоцитам - около 0,5 м/с. Высокая скорость проведения импульса по проводящей системе желудочков обеспечивает их синхронное возбуждение, что повышает эффективность выполнения насосной функции сердца (повреждение пучка Гиса, например, может привести к потере мощности сокращений миокарда до 50% из-за увеличения длительности асинхронного сокращения вследствие медленного проведения возбуждения по сократительным кардиомиоцитам).

Распространение возбуждения и ход сердечного цикла нарушаться при изменении возбудимости элементов проводящей системы и рабочего миокарда. Все многообразие нарушений работы сердца можно свести к двум основным группам: нарушение образования возбуждения и нарушение его проведения.

Активация локализованных вне синусного узла (эктопических) очагов автоматии может приводить к возникновению экстрасистол - внеочередных по отношению к нормальному синусному ритму, возбуждений (и сокращений) сердца. При суточном наблюдении экстрасистолы регистрируются более чем у половины людей со здоровым сердцем. Увеличение экстрасистол отмечается как при снижении частоты импульсов синусного узла (например, в ночное время у здоровых, а также у спортсменов), так и наоборот, при психоэмоциональном напряжении, употреблении кофе и др.

Нарушения анатомической или функциональной целостности элементов проводящей системы сердца могут приводить к снижению скорости или к прекращению проведения возбуждения по какому-либо участку проводящей системы. Такие состояния называются блокадами проведения и сопровождаются изменениями нормальной последовательности возбуждения отделов сердца.

- Нейрогенные изменения деятельности сердца могут быть обусловлены активацией различных рецепторно-афферентных структур организма. Следует учитывать, что влияния со стороны нервной системы на деятельность сердца не являются решением самостоятельной физиологической задачи, а представляют собой составную часть центральной регуляции системной гемодинамики. Физиологический смысл этого регуляторного механизма заключается, главным образом, в поддержании оптимального уровня среднего системного артериального давления.
- Сердце представляет собой орган, обладающий обильной афферентной иннервацией. Большое количество различных по модальности рецепторов, расположенных в стенках сердечных камер и в эпикарде, позволяет считать сердце одной из важнейших рефлексогенных зон организма. Наибольшее значение среди чувствительных образований сердца имеют две популяции механорецепторов, сосредоточенных, главным образом, в предсердиях и в левом желудочке.

Иннервация и кровоснабжение сердечной мышцы

Показано, что так называемые А-рецепторы реагируют на изменение напряжения сердечной стенки, а В-рецепторы возбуждаются при ее пассивном растяжении. Аfferентные волокна, связанные с этими рецепторами, идут в составе блуждающих нервов. Непосредственно под эндокардом располагаются свободные чувствительные нервные окончания. Они являются терминалями аfferентных волокон, идущих в составе сегментарных спинномозговых нервов. Считается, что именно эти структуры участвуют в развитии болевого синдрома с сегментарной иррадиацией (чаще всего в левую руку), характерного для ишемии миокарда, например при стенокардии. Вместе с тем, еще со времен В. Гарвея известно, что сердце не обладает собственной болевой чувствительностью. Гарвей продемонстрировал английскому королю Карлу I раненого в грудную клетку человека с обнаженным сердцем, и, по словам Гарвея: «... Его Величество также, как и я, убедились, что пациент не реагирует на прикосновения булавкой к сердцу».

Сердце получает обильную аfferентную иннервацию, которая захватывает как проводящую систему, так и сократительный миокард предсердий и желудочков.

Эфферентная иннервация сердца осуществляется при участии всех отделов вегетативной системы. Тела симпатических преганглионарных нейронов, участвующих в иннервации сердца, располагаются в боковых рогах III-IV верхних грудных сегментов спинного мозга. Преганглионарные волокна выходят из спинного мозга в составе передних корешков и в своем большинстве направляются к нейронам верхнего грудного (звездчатого) симпатического ганглия. Симпатические нейроны, участвующие в иннервации сердца, располагаются также в I-V грудных, а также в шейных ганглиях симпатической цепочки. Постганглионарные волокна симпатических нейронов в виде двух тонких нервов охватывают подключичную артерию и далее вместе с парасимпатическими волокнами блуждающего нерва образуют верхний, средний и нижний сердечные нервы. Симпатические волокна распределены по всему миокарду и иннервируют как рабочий миокард, так и проводящую систему сердца. Тела парасимпатических преганглионарных нейронов, участвующих в иннервации сердца, располагаются в продолговатом мозге. Их аксоны идут в составе блуждающих нервов, в общие стволы которых на разных уровнях вступают и симпатические постганглионарные волокна. После вхождения блуждающих нервов в грудную полость от них отходят веточки, которые идут далее в составе упомянутых выше верхнего, среднего и нижнего сердечных нервов.

Правые блуждающий и симпатический нервы иннервируют преимущественно синоатриальный узел, тогда как левые вегетативные нервы в большей степени иннервируют атриовентрикулярный узел. Справа блуждающий нерв подходит к синусному узлу со стороны соединения верхней полой вены и правого предсердия. Левый блуждающий нерв направляется преимущественно к атриовентрикулярному узлу со стороны контакта нижней полой вены и нижней части левого предсердия. Парасимпатические нервы к проводящим путям предсердий идут дискретно, и поэтому в эксперименте можно селективно денервировать синусный или атриовентрикулярный узел, сохраняя симпатическую иннервацию сердца.

Симпатические нервы к синоатриальному узлу справа отходят от звездчатого ганглия, сопровождая верхнюю полую и непарную вены. Слева симпатические нервы проходят латеральнее аорты и легочной артерии, где в них вступают веточки от возвратного нерва, и обеспечивают иннервацию атриовентрикулярного узла. Большинство эфферентных симпатических нервов, идущих к миокарду желудочков, отходят от подключичной петли, веточек, идущих от правого и левого звездчатых ганглиев. Симпатические нервы распределены в миокарде в поверхностных слоях, главным образом, вдоль коронарных артерий и затем пронизывают миокард. Правые нервы иннервируют преимущественно передние области желудочков, тогда как левые - задние. Глубокие слои желудочков, расположенные ближе к эндокарду, иннервируются преимущественно парасимпатическими нервами и, в меньшей степени, симпатическими. Такая же закономерность сохраняется и для иннервации предсердий. Симпатические нервы располагаются поверхностно, тогда как парасимпатические волокна блуждающих нервов проникают в глубокие слои миокарда.

Кровоснабжение сердца осуществляется двумя артериями: правой и левой венечными, которые являются ветвями аорты. Начало венечных артерий находится в правом и левом синусах аорты, ниже верхних краев полулунных клапанов. Поэтому во время систолы вход в венечные артерии прикрывается клапанами аорты, а сами артерии сжимаются сокращающейся мускулатурой желудочков. Таким образом, во время систолы кровоснабжение сердца уменьшается. Венечные артерии делятся на более мелкие ветви, которые охватывают сердце (левая делится на две ветви - огибающую и переднюю межжелудочковую; правая - на заднюю межжелудочковую и правую огибающую). Диаметр устьев правой венечной артерии колеблется от 3,5 до 4,6 мм, левой - от 3,5 до 4,8 мм. Иногда вместо двух венечных артерий может быть одна. Артериальные сети миокарда желудочков значительно гуще, чем в стенках предсердий. Кровоснабжение проводящей системы сердца осуществляется либо из одной, либо из обеих венечных артерий. Кроме венечных артерий кровоснабжение сердца осуществляется дополнительными источниками, к которым относятся внутренние грудные, верхние диафрагмальные, межреберные артерии, бронхиальные, пищеводные, медиастинальные ветви грудной части аорты.

Микроциркуляторное русло сердца представлено, как и в других органах, артериолами, прекапиллярами, капиллярами, посткапиллярами и венами. В миокарде содержится большое количество капилляров, примерно совпадающее с количеством мышечных волокон.

Венозное русло сердца по своему объему значительно превосходит артериальное. Такое преобладание устанавливается в период полового созревания. В раннем детском возрасте соотношение более равномерное. Внутриорганный венозный русло представлено венозными сетями, расположенными во всех слоях сердечной стенки. Посткапилляры и вены, следуя в основном параллельно мышечным волокнам и анастомозируя друг с другом, образуют обширные венозные сети. В эти сети оттекает кровь из-под эндокардиальных венозных образований. Вены миокарда, постепенно увеличиваясь в размерах, впадают в постэпикардальную венозную сеть, образованную крупными отводящими венами сердца и их притоками. Мелкие артерии сопровождаются двойными венами, крупные - одиночными. Одной из особенностей венозной системы сердца является то, что вены сердца открываются не в полые вены, а непосредственно в полость сердца. Отток крови из вен стенок сердца в основном происходит в венечный синус, впадающий в правое предсердие, а также в передние вены и в наименьшие вены. Среди вен сердца можно отметить большую, среднюю, малую вены, заднюю вену левого желудочка, косую вену левого предсердия.

В сердце, как и в других органах, имеются лимфокапиллярные сети, расположенные во всех его оболочках. Лимфатические сосуды, формирующиеся из лимфокапиллярных сетей, сами образуют сети, сплетения и отводящие лимфатические сосуды (коллекторы), впадающие в регионарные лимфоузлы. Соответственно трем оболочкам стенки сердца выделяют эндокардиальные, миокардиальные и эпикардиальные лимфокапиллярные сети. Лимфатические капилляры и посткапилляры в сердце интимно прилегают к кровеносным капиллярам, составляя единую сосудистую систему, осуществляющую капиллярно-тканевой обмен. Субэпикардиальные лимфатические сосуды, собирающие лимфу из эндокарда, миокарда и эпикарда, формируют отводящие лимфатические сосуды 3-го и 4-го порядков, которые направляются к основанию сердца. Так образуются коллекторы (левый и правый).

- Кровообращение плода в фетальном периоде развития характеризуется тем, что богатая питательными веществами и кислородом кровь из сосудов плацентарных ворсинок собирается в пупочные вены и по ним переходит в организм плода. Насыщение гемоглобина этой крови кислородом составляет около 80 %, что значительно ниже, чем во внеутробной жизни. Перед воротами печени пупочная вена разделяется на две ветви. Одна из них, частично анастомозируя с плохо развитой воротной веной в виде нескольких веточек, проникает в печень и, пройдя через ее паренхиму, по системе возвратных печеночных вен впадает в нижнюю полую вену. По другой ветви пупочной вены (**аранциев или венозный проток**) большая часть плацентарной крови поступает в нижнюю полую вену, где смешивается с венозной кровью из нижней половины тела (от нижних конечностей, органов таза, кишечника, печени). Следовательно, печень по сравнению со всеми другими органами плода получает наиболее артериализированную (практически чисто плацентарную) кровь.

Возрастные особенности сердечно-сосудистой, кровеносной и лимфатической систем организма

Смешанная кровь из нижней полой вены поступает в правое предсердие, куда впадает также верхняя полая вена, несущая чисто венозную кровь из верхней половины тела. В правом предсердии оба потока полностью не смешиваются, при этом большая часть крови из нижней полой вены благодаря особой складке на стенке правого предсердия направляется к **овальному окну** (оно находится между правым и левым предсердиями), через него в левое предсердие и далее в левый желудочек и аорту. В левое предсердие поступает также небольшое количество крови из легочных вен от нефункционирующих легких. Однако это смешение не оказывает существенного влияния на газовый состав крови левого желудочка. Чисто венозная (наименее оксигенированная) кровь, попавшая в правое предсердие из верхней полой вены, устремляется преимущественно в правый желудочек, а оттуда в легочную артерию.

Сосуды легких у плода сужены вследствие сокращения их относительно хорошо развитой гладкой мускулатуры в ответ на недостаток кислорода (гипоксию). В связи с этим сопротивление сосудов малого круга очень велико (в 5 раз выше, чем большого) и давление в правом желудочке в систоле повышается до 70-80 мм рт.ст., что на 10 мм больше, чем в левом желудочке и аорте. Однако и при этом условии через малый круг у плода протекает очень небольшое количество крови (около 10 %). Следовательно, малый круг кровообращения у плода практически не функционирует. Основная часть крови из правого желудочка через открытый **артериальный (боталлов)** проток направляется в нисходящую часть аорты, ниже места отхождения больших сосудов, питающих мозг, сердце и верхние конечности. Из нисходящей аорты кровь поступает в сосуды нижней половины тела.

Через ткани плода протекает не вся выброшенная сердцем кровь. Значительная ее часть через пупочные артерии попадает в плаценту, где обогащается кислородом, питательными веществами и вновь поступает через пупочную вену к плоду.

Тем не менее интенсивность кровотока через ткани плода значительно выше, чем у взрослого. На 1 кг массы тела кровотоков у плода составляет 185 мл/мин, у взрослого - 70 мл/мин. При этом в наиболее выгодных условиях оказываются печень, сердце, головной мозг и верхние конечности, что способствует их более быстрому развитию.

Таким образом, для кровообращения плода характерны следующие особенности.

1. Связь между правой и левой половинами сердца и крупными сосудами (два праволевых шунта: овальное окно и артериальный проток). Правый и левый желудочки сердца нагнетают кровь в аорту, т.е. работают параллельно, а не последовательно, как после рождения.

2. Значительное превышение вследствие наличия праволевых шунтов минутного объема большого круга кровообращения над минутным объемом малого круга (нефункционирующие легкие).

3. Поступление к жизненно важным органам (мозг, сердце, печень, верхние конечности) более богатой кислородом крови, чем к другим органам.

4. Низкое кровяное давление в аорте и в легочной артерии, с некоторым преобладанием последнего.

Эти особенности кровообращения обуславливают как функциональные особенности сердца и сосудов, так и гемодинамические показатели у плода.

Сердце плода как орган формируется в период эмбрионального развития. Оно закладывается высоко и, постепенно опускаясь, занимает у плода верхнюю половину переднего средостения. Непропорционально большая печень плода как бы оттесняет диафрагму кверху и мешает опусканию сердца.

До момента рождения в сердце плода прослеживаются характерные особенности. Между хорошо развитыми предсердиями сохраняется отверстие овальной формы, желудочки недоразвиты, сосочковые мышцы слабо выражены. Происходит бурное размножение клеточных структур сердечной стенки, особенно мышечных. Именно за счет мышечных клеток возрастают величина и масса сердца. При массе эмбриона 1 г масса сердца составляет 10 мг, т.е. 1/100 массы тела. При рождении сердце достигает 20 г, увеличиваясь за время внутриутробного развития плода в 2000 раз. Если учесть, что у взрослого сердце достигает массы 500 г, в среднем увеличиваясь за это время в 15 раз, станут ясны необычайные темпы роста этого органа у эмбриона и плода.

В течение всего периода антенатального онтогенеза продолжается развитие проводящей системы сердца. Функционирование её начинается еще на этапе желточного кровообращения, на 22-23-й день внутриутробного развития, т.е. раньше, чем сосуды замкнутую систему циркуляции. Сначала появляется автоматия атриовентрикулярного узла, а по мере формирования синусного узла начинается и его автоматическая деятельность. Определенное время в сердце эмбриона могут существовать два источника автоматии. Затем атриовентрикулярный автоматизм подавляется синусовым.

Частота сердечных сокращений в эмбриональном периоде развития сравнительно низка (15- 35 уд/мин). К 6-недельному возрасту она повышается до 110 уд/мин. К середине внутриутробного периода частота сердечных сокращений достигает 140 уд/мин и к концу внутриутробной жизни колеблется от 130 до 150 ударов в минуту. Ритм сердечных сокращений плода отличается непостоянством. Кратковременные (на 3-4 с) замедления сокращений (до 70-100 в минуту) наблюдаются во время движения плода.

Нервные пути регуляции сердца формируются еще в эмбриональном периоде развития. Особенно четко выражены нервные структуры в области узлов проводящей системы сердца. Уже на 16-й день внутриутробного развития выявляются нервные волокна, подходящие к синусовому узлу. В первой половине внутриутробной жизни в стенках сердца хорошо выражены нервные сплетения. В сердце рано формируются холинергические и адренергические рецептивные субстанции, активность холинэстеразы высока. Однако дифференцировка нервных клеток внутрисердечных узлов, развитие рецепторов в миокарде, эндокарде предсердий происходит вплоть до самого рождения и продолжается в ранний постнатальный период.

Гуморальная регуляция деятельности сердца во внутриутробном периоде, особенно в первую его половину, является ведущей. Еще до установления отчетливых нервных влияний на сердце можно выявить реакцию сердца зародыша на ряд гуморальных, в том числе медиаторных, факторов, правда, лишь при относительно высоких их концентрациях в крови. Так, чувствительность сердца к ацетилхолину проявляется у эмбрионов еще до развития парасимпатической иннервации. Уже у 5-6-недельных эмбрионов ацетилхолин вызывает уменьшение частоты сердечных сокращений. Следовательно, холинрецепторы в сердце развиваются рано. Чувствительность к норадреналину очень низка. Адреналин либо вообще не оказывает влияния, либо влияет парадоксально, уменьшая частоту сердечных сокращений.

Одной из особенностей сердца плода является его низкая чувствительность к изменениям внеклеточной концентрации ионов кальция, что сочетается с высокой сократимостью волокон миокарда. Это объясняют хорошо развитыми внутриклеточными механизмами транспорта Ca^{2+} к миофибриллам и его удаления.

Иннервационный аппарат сосудов формируется в эмбриональном периоде развития. У 4-месячного плода хорошо выражены периадвентициальные нервные сплетения, образованные пучками мякотных и безмякотных волокон.

Сосуды плода, подобно сердцу, начинают реагировать на гуморальные агенты в более ранние сроки, чем на нервные импульсы.

Тонус гладких мышц сосудов в период внутриутробного развития слаб. Он обусловлен в основном периферическими механизмами: автоматизмом гладкомышечных волокон и их реакцией на растяжение сосудов давлением крови. На тонус гладких мышц сосудов оказывают влияние и гуморальные факторы, в частности рН и напряжение кислорода в крови. При снижении рН и напряжения кислорода тонус гладких мышц большинства сосудов еще более ослабевает.

Выраженные изменения кровообращения возникают только в тех условиях, когда плоду грозит опасность. Так, при умеренной гипоксии (снижение напряжения кислорода) увеличивается частота сердцебиений, повышается артериальное давление и возрастает кровоток по пупочным сосудам через плаценту. Сильная гипоксия сопровождается брадикардией, сужением сосудов скелетных мышц и кожи. В этих условиях большее количество крови направляется в мозг и коронарные сосуды.

Иннервация артериальных рефлексогенных зон (синокаротидных и аортальной) обнаруживается рано. Однако рефлекторная регуляция сердца и сосудов с этих рефлексогенных зон у плода практически не выявляется.

Таким образом, существует определенное расхождение между готовностью периферических нервных структур и их использованием центральными механизмами регуляции. Так, в опытах на животных было показано, что лишь в последней трети внутриутробного развития раздражение периферических отрезков блуждающих нервов начинает вызывать незначительное уменьшение частоты сердечных сокращений (ЧСС). Симпатические ускоряющие влияния на сердце возникают в онтогенезе раньше парасимпатических.

В целом во время внутриутробного развития нервная регуляция деятельности сердца и сосудов не имеет большого значения. Тем не менее закладываются основы дальнейшего развития рефлекторной регуляции сердца.

С рождением ребенка значительно изменяются условия жизни, а вместе с тем и функции различных органов, приспособляющих организм к новым условиям. Особенно резко изменяется функциональное состояние органов кровообращения.

При рождении ребенка перестройка системы кровообращения происходит исключительно быстро, что объясняется резким прекращением плацентарного кровообращения. Вследствие выключения кровотока через плаценту общее периферическое сопротивление почти удваивается. Это в свою очередь ведет к повышению системного артериального давления, а также давления в левом желудочке и предсердии. С началом легочного дыхания повышается напряжение кислорода в крови, что вызывает расслабление гладкой мускулатуры сосудов легких. Следствием этого является мощное (примерно в 5 раз) снижение гидродинамического сопротивления сосудов малого круга кровообращения. Особенностью гладкой мускулатуры сосудов малого круга кровообращения является их реакция на недостаток кислорода - наступает сокращение мускулатуры. Кроме того, снижению гидродинамического сопротивления сосудов малого круга способствует возникшая вентиляция легких, которая сопровождается периодическими изменениями давления в грудной полости и объема легких. Следствием снижения сопротивления сосудов малого круга является увеличение объема протекающей через них крови, а также снижение систолического давления в легочной артерии, правом желудочке и предсердии.

Аэрация легких ведет к резкому падению резистентности легочных сосудов и резкому увеличению тока крови через легкие, а также прогрессивному истончению стенок легочных артерий (за счет растягивания их при увеличении размеров легких с первыми дыханиями). Возрастают приток крови в левое предсердие и уровень давления в нем, что способствует механическому закрытию овального окна клапанной заслонкой (функциональное закрытие). Заращение же овального окна (анатомическое закрытие) обычно происходит лишь к 5-7-му месяцам жизни. Небольшое отверстие между предсердиями у 50 % детей сохраняется до 5, изредка до 20 лет, а у 20 % людей - в течение всей жизни, не проявляя себя клинически.

Просвет артериального (боталлова) протока резко уменьшается в связи с повышением тонуса гладкой мускулатуры под влиянием возросшего парциального давления кислорода. При рождении артериальный проток спадается и сжимается, но часто сохраняется небольшое шунтирование (прохождение) крови из аорты в левую легочную артерию. Через 1 - 8 суток после рождения движение крови через проток прекращается (функциональное закрытие). Спастическое состояние гладкой мускулатуры артериального протока приводит к ишемии (недостатку кровоснабжения) его стенки, ее фиброзному перерождению и зарастанию протока. Заращение протока (анатомическое закрытие) у большинства детей происходит в период от 2-го до 5-го месяца жизни, у 1 % - к концу первого года жизни (как правило у недоношенных детей и у детей с гипоксией).

Закрытию артериального протока способствует брадикинин, который высвобождается легкими во время их расправления. Проподимость артериального протока до рождения контролируется локально продуцируемыми простагландинами, которые действуют на мышечные клетки в стенке артериального протока, вызывая их расслабление. Гипоксия и другие вредные влияния вызывают локальную продукцию простагландина E_1 , который способствует удержанию протока открытым. Ингибирование синтеза простагландинов, например, индометацином приводит к сжатию открытого артериального протока у преждевременно родившихся детей.

В течение 5 минут после рождения венозный проток закрывается в результате сокращения гладкой мускулатуры его стенки (функциональное закрытие). Он зарастает (анатомическое закрытие) к двум месяцам после рождения. Таким образом, в первые часы жизни происходит полное функциональное разделение малого и большого кругов кровообращения .

- У новорожденных частота сердечных сокращений составляет около 140 ударов в минуту, уменьшается к 1-му месяцу жизни - до 136 ударов в минуту, а к 1 году - до 120 уд/мин. Это связано со становлением тонического возбуждения центров блуждающих нервов. Однако в целом для грудных детей характерно непостоянство частоты сердцебиений. Она изменяется при движениях, ориентировочных реакциях, эмоциях. Частота сердечных сокращений достигает нормальных для взрослых величин к 14-16 и 35 годам

Возрастные особенности сердечно-сосудистой системы у новорожденных и грудных детей

Изменяется и фазовая структура сердечного цикла. У грудных детей общая его длительность составляет 0,40-0,54 с (у взрослых-0,8 с), причем продолжительность систолы желудочков составляет около 0,27 с и практически равна таковой у взрослых (0,33 с). Таким образом, увеличение длительности сердечного цикла с возрастом обусловлено, в основном, удлинением диастолы. Это позволяет желудочкам по мере их роста наполняться большим количеством крови.

Ударный объем сердца у новорожденных составляет всего лишь 3-4 мл, однако, минутный объем кровообращения достаточно велик (450-560 мл/мин) вследствие высокой частоты сокращений сердца. Поэтому интенсивность кровотока на 1 кг массы тела составляет 130-160 мл/мин (у взрослых - около 70 мл/мин), что отражает высокую интенсивность обменных процессов в растущем организме ребенка. По мере взросления ударный объем сердца увеличивается примерно пропорционально массе тела (к 8-му месяцу он в среднем удваивается). Минутный объем кровообращения также нарастает (к 1 году он составляет 1250 мл), но медленнее (вследствие уменьшения частоты сердечных сокращений). Поэтому с возрастом уменьшается средняя интенсивность кровотока в расчете на 1 кг массы тела, что соответствует снижению интенсивности метаболизма.

У новорожденных сердце расположено высоко и лежит горизонтально из-за высокого стояния диафрагмы, оттесненной кверху большой печенью. У новорожденных сердечно-сосудистая тень занимает почти срединное положение, форма сердца приближается к шаровидной, так как предсердия и магистральные сосуды имеют относительно большие размеры по сравнению с желудочками, чем в последующие возрастные периоды, нижние дуги резко выпуклы, талия сглажена. С возрастом сердечно-сосудистая тень уменьшается и перемещается влево. К старости вследствие удлинения аорты контуры ее выступают сильнее, талия вырисовывается резче, верхушка сердца как бы выпячивается, отделяясь от диафрагмы.

Верхушечный толчок отличается в четвертом межреберье. Передняя поверхность сердца образована правым предсердием, правым желудочком и частью левого желудочка, т.е. верхушка сердца новорожденного образована двумя желудочками. Масса сердца составляет 20-24 г, т.е. 0,8 % массы тела (у взрослых 0,4 %). Емкость правого сердца у новорожденного больше, чем левого.

Стенка правого желудочка сердца у плодов и новорожденных толще стенки левого желудочка, так как на этот желудочек приходилась большая нагрузка. В конце первого месяца жизни стенка левого желудочка становится толще стенки правого, так как теперь на него приходится большая нагрузка.

Мышечные волокна у новорожденных тонкие, богаты ядрами, поперечная исчерченность выражена слабее, чем у взрослых, слабо развиты эластические элементы. Кровоснабжение сердца обильное («рассыпной тип» коронарных сосудов с большим количеством анастомозов). Частота сердечных сокращений высока и составляет у новорожденных около 140 ударов в минуту, обеспечивая относительно большой минутный объем (450-560 мл), что составляет 130-160 мл/кг (у взрослых 75 мл/кг).

У новорожденных особенно интенсивно снабжаются кровью головной мозг и печень, относительно слабо - скелетные мышцы. Своеобразие кровообращения мозга новорожденных и плода обуславливается наличием неокостеневших участков черепа - родничков. Они сглаживают колебания давления в полости черепа, особенно при крике.

- В эти периоды продолжается дифференцировка сократительных волокон миокарда, проводящей системы, образуются магистральные коронарные артерии, происходит развитие нервного аппарата сердца и сосудов. К 7 годам сердце приобретает основные морфологические черты сердца взрослого, отличаясь от него лишь размерами.
- Как было указано выше, после рождения большая нагрузка на левый желудочек приводит к тому, что его масса увеличивается быстрее, чем масса правого желудочка. При этом темп увеличения размеров желудочков выше, чем просвета отходящих от них сосудов. Наиболее быстрый рост сердца происходит в возрасте 12-15 лет. Неравномерность развития камер сердца и некоторое отставание в темпах роста сердечно-сосудистой системы, по сравнению с общим физическим развитием, могут приводить, особенно в подростковом возрасте, к функциональным нарушениям в деятельности системы кровообращения. У подростков в связи с гормональной перестройкой интенсивность кровообращения может временно увеличиваться. У некоторых детей этого возраста минутный объем кровообращения может быть даже больше, чем у взрослых.

Структурно-функциональные особенности сердечно-сосудистой системы у детей и подростков

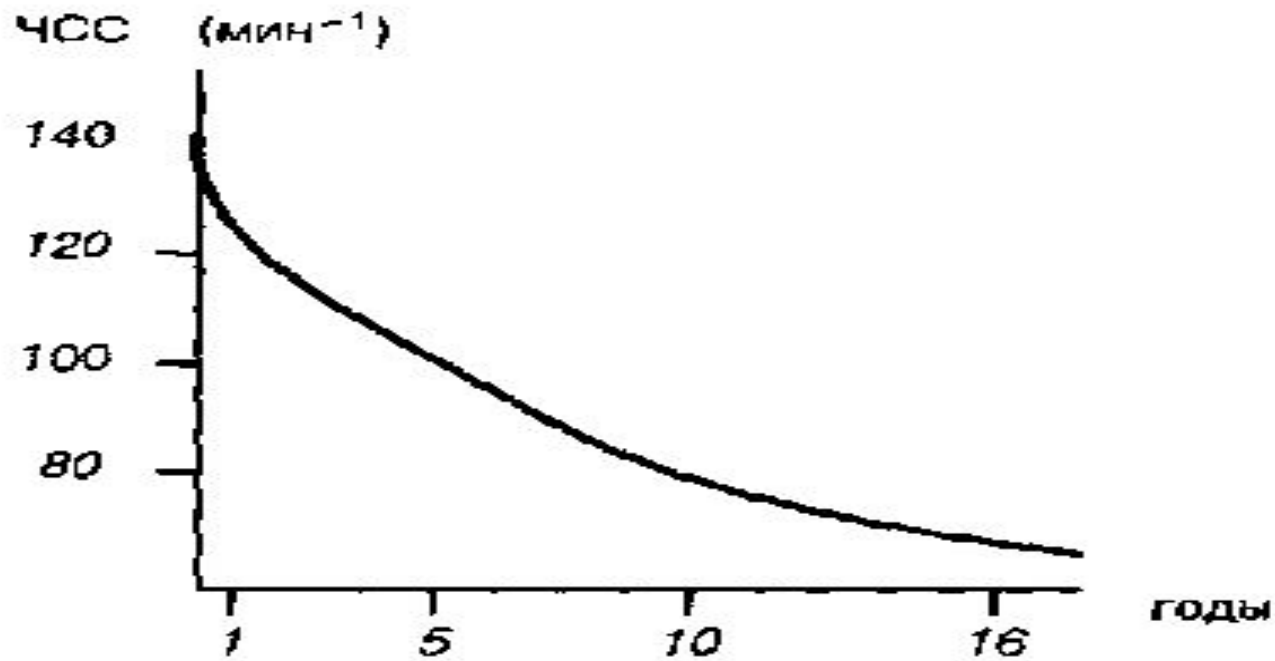
Различают три периода, когда рост сердца происходит с максимальной скоростью: от рождения до 2 лет, от 12 до 14 лет и от 17 до 20 лет. По-прежнему левый желудочек опережает в росте правый. К 12-14 годам толщина стенки левого желудочка достигает 10-12 мм, а правого увеличивается лишь на 1-2 мм. Соотношение массы левого и правого желудочков составляет 3,5 : 1. В возрасте до 12 лет масса сердца у мальчиков больше, чем у девочек. Затем у девочек сердце увеличивается быстрее и в 13 - 14 лет превосходит по массе сердце у мальчиков. С 16 лет масса его у девочек снова становится меньше, чем у мальчиков, что связано с периодом полового созревания.

Следует отметить, что периоды интенсивного роста сердца и крупных сосудов отстают от периодов ускоренного темпа роста и увеличения массы тела, что проявляется функциональными расстройствами сердечно-сосудистой системы (функциональные шумы в сердце и на крупных сосудах, гипертония, гипотония).

К 2 - 3 годам под влиянием сидения и стояния увеличивается объем легких, диафрагма опускается, сердце принимает косое положение, совершая при этом небольшой поворот вокруг своей оси. В результате изменяются топографические соотношения желудочков. У детей старше 2 лет при отчетливо косом положении сердца верхушку его образует левый желудочек.

В возрасте 3-7 лет верхушка сердца оказывается уже на уровне пятого межреберья на 1 см кнаружи от срединно-ключичной линии, в 7-12 лет - в пятом межреберье на 0,5 см кнутри от этой линии (как у взрослых). В меньшей степени изменяется правая граница сердца: она несколько смещается книзу, но лишь незначительно сдвигается по отношению к правому краю грудины. В возрасте 12-14 лет границы сердца у детей почти совпадают с таковыми у взрослых.

После 1 года ЧСС продолжает снижаться, но более постепенно, чем у грудных детей. У 7-летних она составляет в среднем 85 в минуту, но у подростков 11-13 лет несколько увеличивается. В 6-12 лет появляются половые различия: у девочек с этого возраста частота сердцебиений становится больше, чем у мальчиков.



Изменения частоты сердечных сокращений с возрастом

Часто в подростковом возрасте отмечается неравномерность роста различных органов и систем, в том числе сердца и сосудов (наибольший выявляется в периоде полового созревания). Общее ускорение роста оказывает влияние и на сердечно-сосудистую систему. Просвет артерий и вен у детей относительно широк, причем артерии имеют такой же диаметр, как и вены. С возрастом объем сердца увеличивается быстрее, чем просвет артерий, т.е. артерии становятся сравнительно уже, это может быть причиной так называемой «юношеской гипертонии». В период полового созревания нередко емкость полостей сердца увеличивается быстрее, чем просвет клапанных отверстий и магистральных сосудов, и у части детей выявляется синдром «подросткового» или «юношеского» сердца. Различают три варианта «подросткового» сердца: 1) митральная форма - определяется рентгенологически в сглаженности левого конуса сердечной тени. Увеличение размеров сердца и нарушения гемодинамики отсутствуют, чаще эта форма проявляется у девочек; 2) «малое» или «капельное» сердце наблюдается у детей с большим скачком роста (чаще у девочек). Это, как правило, подростки высокого роста с дефицитом массы тела. Сердце занимает в грудной полости срединное положение и как бы «висит» на сосудах. Может быть функциональный систолический шум, возможны обмороки (особенно в положении стоя), одышка при физической работе, учащение сокращений, снижение артериального давления, низкий систолический объем. Вариант гипозволюции сердца - с выбуханием души легочной артерии и незавершенным поворотом сердца - чаще встречается у детей с показателями физического развития, близкими к таковым у подростков с «малым» сердцем. Степень риска появления гипозволюции сердца усиливается при недостаточной двигательной активности (гиподинамией) и длительном воздействии на растущий организм хронических токсико-инфекционных процессов; 3) «гипертрофированное» сердце характеризуется увеличением левого желудочка, минутного объема крови, небольшим повышением артериального давления, невысокой частотой сердечбиений, почти всегда имеются функциональные шумы в сердце. Гипертрофия сердца наблюдается у наиболее гармонично развитых подростков, чаще всего у мальчиков.

С возрастом меняется соотношение объемов тела и сердца: в детском возрасте оно равно 50, в пубертатном периоде - 90, у взрослого - 60.

По сравнению с началом пубертатного периода, к моменту его окончания масса сердца приблизительно удваивается; увеличивается и его поперечный диаметр. Увеличение массы сердца обусловлено главным образом увеличением объема мышечных волокон. Продолжает увеличиваться систолический объем сердца, что обуславливает возрастание выброса крови в фазе сокращения желудочков. Значительно увеличивается (иногда даже удваивается) объем сердца, причем даже быстрее, чем толщина стенок сердца. Нередко емкость полостей сердца, как указывалось выше, увеличивается быстрее, чем просвет клапанных отверстий и магистральных сосудов, что может приводить к растягиванию клапанного кольца и пролапсу клапанов сердца. Появляются шумы в сердце, что выявляется при эхокардиографии. Впрочем, пролапс (чрезмерное прогибание клапанов) может быть вызван врожденной гиперэластичностью соединительной ткани.

Увеличение желудочков протекает быстрее, чем увеличение предсердий. Значительное увеличение левого желудочка обусловлено физиологической нагрузкой и повышенными требованиями, предъявляемыми организмом к сердечно-сосудистой системе. К концу пубертатного периода сердце достигает максимальной работоспособности, так что при повышении физической нагрузки оно не должно увеличивать минутный объем за счет чрезмерной тахикардии, что наблюдается в более младшем возрасте. В это время сердце приобретает форму, характерную для взрослых. Однако у части детей наблюдаются преходящие формы, характерные для «подросткового» или «юношеского» сердца, например физиологическая гипертрофия сердца, митральная конфигурация, «малое», или, так называемое, капельное сердце. Однако в большинстве случаев преходящие формы с возрастом исчезают. Митральная конфигурация сердца в пубертатном возрасте наблюдается в 30-35 %, физиологическая гипертрофия - в 6 %, капельное сердце - 4 % случаев.

Возраст	Масса тела, г	
	мальчики	девочки
Новорожденный	17,24	16,4
1-2 года	55,6	52,5
5-6 лет	85,1	82,4
9-10 лет	111,1	95,8
10-11 лет	112,4	108,8
11 -12 лет	127,8	125,4
12 -13 лет	134,2	143
14-15 лет	183,6	184,6
15 -16 лет	193	190
Взрослый	244,4	—

Соотношение массы предсердий и массы желудочков

Возраст	Соотношение, %
Грудной ребенок	22,25
6-10 лет	17
11-15 лет	17,25
16-20 лет	17,75

В детском возрасте и в последующие возрастные периоды интенсивно увеличиваются длина и просвет крупных и средних артерий, а также и относительное количество коллагеновых волокон в их стенках, что сопровождается снижением растяжимости сосудов. Повышается количество гладкомышечных клеток, особенно в артериолах. Капилляры удлиняются, становятся извитыми, число их растет за счет ветвления и образования новых сосудов. Изменение упругости сосудов, их тонуса приводит к тому, что периферическое сопротивление с возрастом увеличивается. Объективным показателем эластичности сосудов является увеличение скорости распространения пульсовой волны с возрастом, более выраженное в сосудах мышечного типа по сравнению с эластическими. У детей 11 -13 лет скорость пульсовой волны равна 6 - 8 м/с.

Увеличение просвета артерий отстает от темпов роста сердца. Соотношение объема сердца и диаметра аорты у новорожденных составляет 2,5 : 2, в препубертатном возрасте - 2,5 : 1, к концу периода полового созревания - 2,5 : 0,57.

Важной особенностью сердечно-сосудистой системы является несоответствие между нарастанием емкости полостей сердца и увеличением просветов сосудов. В детском возрасте просвет сосудов бывает относительно большим при незначительном объеме сердца. Как указывалось выше, в период созревания в связи с общим пубертатным ускорением роста объем сердца увеличивается быстрее, чем просвет сосудов, отстающих от общего роста организма. Не увеличиваются пропорционально нарастанию емкости полостей сердца и клапанные устья. В результате изменяются артериальное давление и другие показатели гемодинамики, в особенности скорость кровотока через клапанное устье, что, в свою очередь, отражается на данных аускультации. Одновременно меняется соотношение просвета артерий и просвета вен. Просвет вен увеличивается более интенсивно, чем артерий, и к 16 годам они становятся в 2 раза шире артерий. Легочная артерия у детей до 10 лет шире аорты. К 10-16 годам просветы их сравниваются, а в пубертатном возрасте просвет аорты становится шире. Продолжается дифференцировка клеток стенок вен, происходит приспособление клапанов вен к меняющимся условиям гемодинамики. Постепенно усиливаются депонирующие свойства венозной системы, в частности сосудов печени и селезенки.

Масса правого и левого желудочков

Возраст	Левый желудочек, г	Правый желудочек, г	Соотношение между правым и левым желудочками, %
Новорожденный	7,15	6,14	83,5
2 года	22,00	12,42	54,3
6-10 лет	50,47	25,01	47,9
11-15 лет	67,10	34,00	48,4
16-18 лет	117,10	63,40	52,5

Соотношение между диаметром аорты и суммой диаметров обеих полых вен

Возраст	1 год	4-5 лет	11-15 лет	Взрослый
Соотноше ние	1: 1,53	1: 1,7	1: 2	1: 2,25

Систолическое давление с возрастом постепенно повышается. До 10 лет оно выше у мальчиков. В возрасте около 10 лет картина меняется: систолическое давление у девочек становится более высоким, чем у мальчиков (первый перекрест систолического давления). Приблизительно в 13 лет у мальчиков систолическое артериальное давление начинает повышаться быстрее, чем у девочек (второй перекрест), оставаясь таковым и в течение последующей жизни. Величина его, как и пульс, зависит от показателей физического развития - массы тела, роста, окружности грудной клетки. У детей астенического телосложения оно более низкое, чем у детей повышенного питания. Диастолическое давление тоже повышается с возрастом. Возрастные изменения диастолического артериального давления у мальчиков и девочек аналогичны изменениям систолического давления, но оба перекреста кривых диастолического артериального давления наступают на год позже, чем перекресты кривых систолического давления.

Почти параллельно понижению обмена веществ в процессе роста ребенка отмечается и замедление пульса. Приблизительно с 10 лет в частоте пульса наблюдается половая дифференциация: у мальчиков он становится более медленным, чем у девочек. Такое различие сохраняется и в течение всей последующей жизни. Уменьшение частоты пульса параллельно незначительному снижению температуры тела, которая у девочек тоже бывает немного выше, чем у мальчиков. Уже в этом возрасте у детей астенического телосложения частота пульса бывает меньше, чем у детей повышенного питания. У девушек пульсовое давление увеличивается с возрастом медленнее и не достигает величин, наблюдаемых у юношей. Это обусловлено увеличением ударного объема, который у мальчиков больше, чем у девочек.

Таким образом, в процессе роста и развития ребенка в сердечно-сосудистой системе происходят существенные изменения. Кровообращение ребенка раннего возраста характеризуется высокими показателями СИ при малой величине СОК, УПС, частыми сердечными сокращениями, относительно высоким уровнем артериального давления. С возрастом увеличивается СОК сердца, уменьшается частота сердечных сокращений, повышается периферическое сопротивление.

После первого года жизни возрастает растяжимость желудочков и наблюдается дальнейшее повышение роли блуждающих нервов. Усилению тонуса блуждающего нерва и его доминированию способствует усиление афферентной импульсации от проприорецепторов. Этот фактор приобретает значение на втором, а особенно на третьем году жизни по мере увеличения двигательной активности ребенка. В возрасте от 1 до 7 лет глазосердечный рефлекс отчетливо проявляется у 90% детей (у взрослых в 70 % случаев).

Усиление тонуса блуждающих нервов выражается прежде всего в появлении дыхательной аритмии, а также в снижении частоты сердцебиений. Адаптационные возможности сердца повышаются, и оно успешно справляется с увеличением физической нагрузки.

В подростковом возрасте может нарушаться адекватность рефлекторных реакций сердечно-сосудистой системы. Возможно проявление юношеской гипер- или гипотонии. В таких случаях иногда нарушается периферическое кровоснабжение (синюшность пальцев, «мраморность» кожи). Могут наблюдаться нарушения кровообращения при переходе из положения лежа в положение стоя и при физических нагрузках.

Занятия физкультурой, повышая резервные возможности организма, способствуют устранению временных функциональных нарушений. С возрастом сосудистые реакции становятся все более устойчивыми, постепенно сокращается их латентный период, проявляется отчетливая их депрессорная направленность.

- В кровеносной системе выделяют два круга кровообращения- большой и малый. Малый (легочной) круг участвует в газообмене между кровью и воздухом легких, так как кровеносные капиллярные сети этого круга оплетают легочные альвеолы. Большой (телесный) круг кровообращения служит для доставки органам и тканям кислорода и питательных веществ и выведения из них углекислоты и продуктов обмена.
- Малый круг кровообращения образован легочным стволом, правой и левой легочными артериями и их ветвями, капиллярными сетями легких, правыми и левыми легочными венами со всеми их притоками. У новорожденного окружность легочного ствола больше, чем окружность аорты. Правая и левая легочные артерии и их разветвления в легких после рождения благодаря повышенной функциональной нагрузке, особенно в течение первого года жизни ребенка, растут быстро.

Возрастные особенности кровеносных сосудов

К сосудам большого круга кровообращения относятся: аорта (ее восходящая и нисходящая части). От выпуклой стороны дуги аорты справа отходит плечеголовной ствол, слева - левая общая сонная и левая подключичная артерии. Среди сосудов головы и шеи можно отметить: общую сонную артерию (делится на наружную и внутреннюю), подключичную, позвоночную и мозговые. К артериям верхней конечности относят подмышечную, плечевую, лучевую, локтевую, поверхностную и глубокую ладанные артериальные дуги. От грудной части аорты отходят париетальные (задние межреберные артерии, верхние диафрагмальные) и висцеральные (бронхиальные, пищеводные, перикардальные, средостенные) ветви. От брюшной части аорты отходят пристеночные (нижние диафрагмальные, поясничные артерии) и внутренностные (парные и непарные артерии) ветви. Среди непарных ветвей следует отметить чревный ствол (делится на селезеночную, общую печеночную и левую желудочную артерии), верхнюю брыжеечную артерию (от нее идут ветви к двенадцатиперстной кишке, поджелудочной железе, тонкой, подвздошной, слепой, ободочной кишкам, червеобразному отростку), нижнюю брыжеечную артерию, левую ободочную, сигмовидную, верхнюю прямокишечную артерии. Среди парных ветвей брюшной части аорты следует указать среднюю надпочечниковую артерию, почечную и яичковые (яичниковые) артерии.

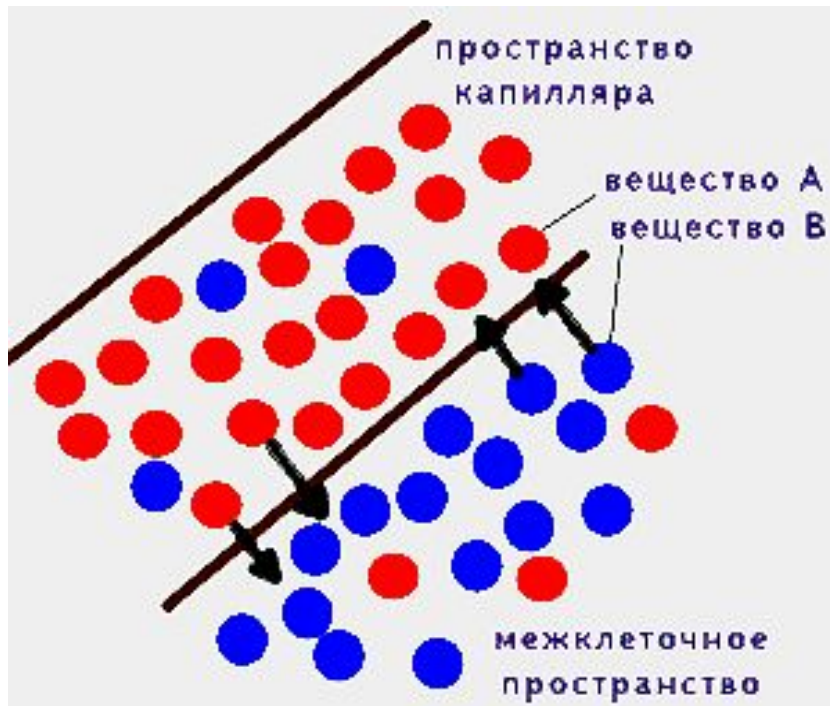
Кровеносные сосуды



Артерии - это сосуды, по которым кровь движется от сердца (а не те, по которым течет артериальная кровь(!)).

Вены - это сосуды, по которым кровь движется к сердцу (а не те, по которым течет венозная кровь(!)).

Капилляры - это мельчайшие сосуды, настолько тонкие, что вещества могут свободно проникать через их стенку.



Из общего числа кровеносных капилляров в покое функционирует только небольшая часть - порядка 30 %.

Суммарная длина кровеносных капилляров в организме человека равна примерно 100 000 км (такой нитью можно три раза опоясать земной шар по экватору). Общая поверхность кровеносных капилляров в организме равна примерно 1500 га.

Конечными ветвями брюшной части аорты являются срединная крестцовая артерия, правая и левая общие подвздошные артерии (они делятся на внутренние и наружные). Внутренняя подвздошная артерия разделяется на пристеночные и висцеральные ветви. К пристеночным ветвям относятся подвздошно-поясничная, латеральная крестцовая, запирающая, верхняя и нижняя ягодичные артерии. К висцеральным ветвям внутренней подвздошной артерии относят пупочную, нижнюю мочепузырную, маточную (у женщин), внутреннюю половую, среднюю прямокишечную артерии. Ветвями наружной подвздошной артерии являются нижняя надчревная артерия и глубокая артерия, огибающая подвздошную кость. К артериям нижней конечности относятся бедренная, подколенная, передняя и задняя большеберцовые, малоберцовая артерия и их ветви.

Стенка артерий состоит из трех оболочек: внутренней, средней и наружной. Внутренняя оболочка построена из эндотелия, подэндотелиального слоя и внутренней эластической мембраны. Средняя оболочка состоит из гладких мышечных волокон, между которыми находится небольшое количество эластических и коллагеновых волокон. Наружная оболочка построена из рыхлой волокнистой неоформленной соединительной ткани.

Ближайшие к сердцу артерии (аорта и ее крупные ветви) выполняют главным образом функцию проведения крови и превращения ее прерывистого тока в непрерывный. В артериях на первый план выступает противодействие растяжению массой крови, которая выбрасывается при сердечном сокращении. Поэтому в стенке крупных артерий относительно больше развиты эластические волокна и мембраны. Такие артерии называются артериями эластического типа. В средних и мелких артериях, в которых инерция сердечного выброса ослабевает и требуется собственное сокращение сосудистой стенки для дальнейшего продвижения крови, преобладающее значение имеет сократительная функция. Она обеспечивается относительно большим развитием в сосудистой стенке гладкой мышечной ткани, такие артерии называются артериями мышечного типа.

- После рождения ребенка по мере увеличения возраста окружность, диаметр, толщина стенок артерий и их длина увеличиваются. Изменяется также уровень отхождения артериальных ветвей от магистральных артерий и даже тип их ветвления. Диаметр левой венечной артерии больше диаметра правой у людей всех возрастных групп. Наиболее существенные различия в диаметре этих артерий отмечаются у новорожденных и детей 10-14 лет. У людей старше 75 лет диаметр правой венечной артерии незначительно больше, чем диаметр левой. Диаметр общей сонной артерии у детей раннего возраста равен 3-6 мм, а у взрослых составляет 9-14 мм; диаметр подключичной артерии наиболее интенсивно увеличивается от момента рождения ребенка до 4 лет. В первые 10 лет жизни наибольший диаметр из всех мозговых артерий имеет средняя.

Возрастные особенности артерий

В раннем детском возрасте артерии кишечника почти все одинакового размера. Разница между диаметром магистральных артерий и диаметром их ветвей 2-го и 3-го порядков вначале невелика, однако по мере увеличения возраста ребенка эта разница также увеличивается. Диаметр магистральных артерий растет быстрее, чем диаметр их ветвей. В течение первых 5 лет жизни ребенка диаметр локтевой артерии увеличивается более интенсивно, чем лучевой, но в дальнейшем диаметр лучевой артерии преобладает. Увеличивается также окружность артерий. Так, окружность восходящей аорты у новорожденных равна 17-23 мм, в 4 года - 39 мм, в 15 лет - 49 мм, у взрослых - 60 мм. Толщина стенок восходящей аорты растет очень интенсивно до 13 лет, а общей сонной артерии стабилизируется после 17 лет. Интенсивно вырастает площадь просвета восходящей аорты - с 23 мм² у новорожденных до 107 мм² у 12-летних, что согласуется с увеличением размеров сердца и сердечного выброса.

Длина артерий возрастает пропорционально росту тела и конечностей. Например, длина нисходящей части аорты к 50 годам увеличивается в 4 раза, при этом длина грудной части нарастает быстрее, чем брюшной. Артерии, кровоснабжающие мозг, наиболее интенсивно развиваются до 3-4-летнего возраста, по темпам роста превосходя другие сосуды. Наиболее быстро растет в длину передняя мозговая артерия. С возрастом удлиняются также артерии, кровоснабжающие внутренние органы, и артерии верхних и нижних конечностей. Так у новорожденных и у детей грудного возраста нижняя брыжеечная артерия имеет длину 5-6 см, а у взрослых- 16-17 см.

Уровни отхождения ветвей от магистральных артерий у новорожденных и детей, как правило, располагаются проксимальнее, а углы, под которыми отходят эти сосуды, у детей больше, чем у взрослых.

Пропорционально росту тела и конечностей и соответственно увеличению длины артерий происходит частичное изменение топографии этих сосудов. Чем старше человек, тем ниже располагается дуга аорты. У новорожденных дуга аорты выше уровня I грудного позвонка, в 17-20 лет- на уровне II, в 25-30 лет- на уровне III, в 40-45 лет- на высоте IV грудного позвонка, у пожилых и старых людей- на уровне межпозвоночного диска между IV и V грудными позвонками.

По мере увеличения возраста происходит также изменение типа ветвления артерий. Так, у новорожденных тип ветвления венечных артерий рассыпной, к 6-10 годам формируется магистральный тип, который сохраняется на протяжении всей жизни человека.

Стенки артериального отдела внутриорганных сосудов имеют три оболочки (наружную, среднюю и внутреннюю). После рождения увеличиваются длина внутриорганных сосудов, их диаметр, количество межсосудистых анастомозов, число сосудов на единицу объема органов. Наиболее интенсивно протекает этот процесс на первом году жизни и в период от 8 до 12 лет.

Микроциркуляторное русло - это система мелких сосудов, включающая артериолы, венулы, капилляры, прекапилляры, посткапилляры, артериоловенулярные анастомозы. Этот функциональный комплекс кровеносных сосудов. Окруженный лимфатическими капиллярами и лимфатическими сосудами, вместе с окружающей соединительной тканью обеспечивает регуляцию кровенаполнения органов, транкапиллярный обмен и дренажно-депонирующую функцию. В капиллярах, образующих петли, выделяют артериальный и венозный отделы. Диаметр капилляров соответствует размерам клеток крови и в среднем составляет 7-10 мкм.

Сосуды микроциркуляторного русла к моменту рождения снабжены специальными механизмами, регулирующими кровоток. Одним из таких механизмов являются прекапиллярные сфинктеры-скопление гладких мышечных клеток в устье капилляров. Возрастные изменения микроциркуляторного русла у человека в разных органах и тканях протекают в зависимости от времени становления функциональных структур этих органов.

Капилляры у детей раннего возраста относительно широки. Абсолютное количество их меньше, чем у детей старшего возраста. В связи с увеличением нагрузки на системы внутренних органов капиллярное русло со временем становится более вместительным за счет дифференцировки уже имеющихся и роста новых капилляров.

Просвет артерий и вен у детей относительно широк, причем артерии имеют такой же диаметр, как и вены. С возрастом объем сердца увеличивается быстрее, чем просвет артерий, т.е. артерии становятся сравнительно уже.

Отношение между объемом сердца и окружностью аорты у новорожденных составляет 25:20, в препубертатном периоде - 140:56, к концу периода полового созревания - 260:61. Оболочки артерий эластического типа у новорожденного хорошо развиты, количество эластической ткани почти такое же, как у взрослого. Артерии мышечного типа менее оформлены, средняя оболочка их имеет лишь тонкую пластинку эластической ткани без мышечных волокон. С возрастом происходит интенсивное созревание сосудов: до 5 лет наиболее энергично растет средняя (мышечная) оболочка сосудов, медленнее - внутренняя. Толщина наружной оболочки уменьшается. С 5 до 8 лет соединительнотканые элементы артерий растут равномерно, а с 8 до 12 лет их созревание и дифференцировка идут интенсивнее. Легочная артерия у детей до 10 лет шире аорты. К 10-16 годам просветы их выравниваются, а в пубертатном периоде просвет аорты шире, чем легочной артерии.

Можно выделить несколько признаков старения артерий: 1) увеличение емкости артериального русла за счет извилистости сосудов; 2) гипертрофия внутренней оболочки, охватывающая все ее компоненты с элементами деструкции; 3) изменение строения и расположения эндотелиальных клеток- черепицеобразное наложение клеток друг на друга с образованием промежутков между ними или частичной дегенерацией; 4) уменьшение количества фибробластов и тучных клеток; 5) неравномерное повышение содержания коллагена в некоторых участках стенки.

- От всех органов и тканей человека кровь оттекает в два крупных сосуда- верхнюю и нижнюю полые вены, которые впадают в правое предсердие. Верхняя полая вена образуется при слиянии правой и левой плечеголовных вен, она собирает кровь из стенок и органов грудной полости, головы, шеи, верхних конечностей. От головы кровь оттекает по наружной и внутренней яремным венам. Во внутреннюю яремную вену или в ее притоки впадают диплоические вены (от костей крыши черепа), эмиссарные вены (анастомозы с венами кожных покровов мозгового черепа), верхняя и нижняя глазничные вены. Непосредственно во внутреннюю яремную вену впадают ее внечерепные протоки (глочные, язычная, верхняя и средняя щитовидные, лицевая, занижнечелюстная вены). К венам шеи относят подключичную вену, являющуюся продолжением подмышечной вены.

Возрастные особенности вен

На верхней конечности различают глубокие и поверхностные вены. На плече обе глубокие плечевые вены сливаются и впадают в непарную подмышечную вену. К венам верхней конечности относят медиальную и латеральную подкожные вены руки, подмышечную (в нее впадают латеральная грудная, грудонадчревная и другие вены плечевого пояса и грудной стенки). Подмышечная вена переходит в подключичную вену на уровне первого ребра.

К венам груди относятся правая и левая плечеголовные вены (их притоками являются нижние щитовидные, тимусные, перикардальные, бронхиальные, пищеводные, средостенные, позвоночные и другие вены), непарная вена, полунепарная (ее притоками являются задние межреберные вены левой стороны, пищеводные, задние средостенные вены, вены позвоночных сплетений). От передней стенки грудной полости кровь оттекает по внутренним грудным венам, имеющим притоки - мышечно-диафрагмальные вены, передние межреберные.

Нижняя полая вена - самая крупная вена тела человека, образуется при слиянии правой и левой общих подвздошных вен на уровне межпозвоночного диска между IV и V поясничными позвонками. Она собирает кровь из вен нижних конечностей, стенок и внутренних органов таза и живота. Притоки нижней полой вены в брюшной полости в большинстве своем соответствуют парным ветвям брюшной части аорты. Среди притоков различают пристеночные вены (поясничные и нижние диафрагмальные) и внутренностные (печеночные, почечные, правые надпочечниковая, яичковая (у мужчин), яичниковая (у женщин); левые вены этих органов впадают в левую почечную вену).

От непарных внутренних органов брюшной полости (желудка, селезенки, тонкой и толстой кишок, поджелудочной железы) венозная кровь оттекает в воротную вену печени. Пройдя через сосуды печени, венозная кровь воротной вены по печеночным венам вливается в нижнюю полую вену. Воротная вена формируется позади головки поджелудочной железы из трех вен- селезеночной, верхней и нижней брыжеечных. В воротах печени воротная вена вначале разделяется на правую и левую долевые ветви, а последние распадаются на сегментарные вены, затем- на мелкие вены и капилляры, впадающие в центре печеночных долек в их центральные вены. Центральные вены впадают в поддольковые вены, затем образуются более крупные вены, из которых формируются две-три печеночные вены, впадающие в нижнюю полую вену.

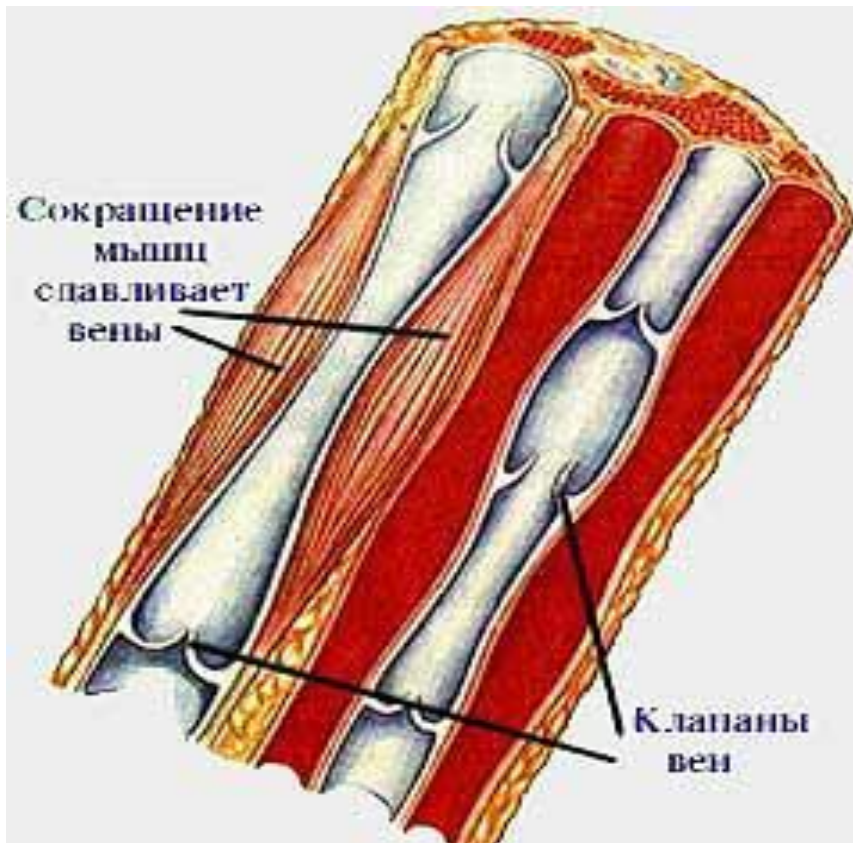
К венам нижней конечности относятся бедренная вена, поверхностные вены нижней конечности, большая и малая подкожные вены ноги, подколенная вена, глубокие вены нижней конечности, передние и задние большеберцовые вены.

Венозное русло в организме обладает большей вместимостью, чем артериальное. Кровяное давление в венах ниже, чем в артериях. Особенности строения стенки венозных сосудов зависят от того, лежат ли вены ниже или выше сердца. По строению среднего слоя выделяют четыре типа вен: 1) вены первого типа (внутренняя и наружная яремные, внутренняя грудная, вены полости черепа) - лишены гладкомышечных элементов, но содержат коллагеновые волокна; 2) в венах второго типа (верхних конечностей и лица) имеется круговой гладкомышечный слой, а снаружи от него - продольно идущие пучки коллагеновых волокон; 3) в стенках вен третьего типа (в нижней полой, непарной, полунепарной, почечной) средняя оболочка содержит продольно расположенный слой мышечных клеток и лежащие внутри циркулярные и эластические волокна; 4) вены четвертого типа (нижних конечностей) имеют толстые стенки, а в среднем слое как круговые, так и продольные лежащие мышечные волокна.

Для предотвращения обратного тока крови внутренняя оболочка вен образует выступающие в полость сосуда складки-клапаны. Створки клапанов располагаются обычно друг против друга, соприкасаясь краями, могут перекрывать кровоток.

С возрастом увеличиваются диаметр вен, площади их поперечного сечения и длина. Так, например, верхняя полая вена в связи с высоким положением сердца у детей короткая. На первом году жизни ребенка, у детей 8-12 лет и у подростков длина и площадь поперечного сечения верхней полой вены возрастают. У людей зрелого возраста эти показатели почти не изменяются, а у пожилых и стариков в связи со старческими изменениями структуры стенок этой вены наблюдается увеличение ее диаметра. Нижняя полая вена у новорожденного короткая и относительно широкая (диаметр около 6 мм). К концу первого года жизни диаметр ее увеличивается незначительно, а затем быстрее, чем диаметр верхней полой вены. У взрослых диаметр нижней полой вены (на уровне впадения почечных вен) равен примерно 25-28 мм. Одновременно с увеличением длины полых вен изменяется положение их притоков. Формирование нижней полой вены у новорожденных происходит на уровне III – IV поясничных позвонков. Затем уровень формирования постепенно опускается и к периоду полового созревания (13-16 лет) определяется на уровне IV –V- поясничных позвонков. Угол формирования нижней полой вены у новорожденных составляет в среднем 63 градуса (от 45 до 75 градусов). После рождения он постепенно увеличивается и достигает у взрослых около 93 градусов (от 70 до 110 градусов).

Движение крови по венам



Наличие клапанов в венах делает возможным ток крови по ним только в одном направлении - к сердцу.

Механическое сдавление вен (например, при массаже) также способствует продвижению крови по венам, а клапаны обеспечивают направление этого движения только к сердцу.

Во время мышечной работы сокращение мышц нижних конечностей оказывает на вены то же влияние, что и массаж.

Сокращающаяся мышца сдавливает вены, способствуя тем самым продвижению крови к сердцу.

Длина брюшного отдела нижней полой вены у детей на первом году жизни возрастает с 76 до 100 мм, в то время как ее внутривенный отдел практически не изменяется (3,6-4,1 мм). Сосуды нижней полой вены имеют стенки большей толщины, чем у притоков нижней полой вены. В них хорошо выражены эластические мембраны, которые более четко разделяют оболочки.

Воротная вена у новорожденных подвержена значительной анатомической изменчивости, проявляющейся в непостоянстве источников ее формирования, количества притоков, места их впадения, взаимоотношения с другими элементами печеночно-двенадцатиперстной связки. Начальный отдел вены лежит на уровне нижнего края XII грудного позвонка или I и даже II поясничных позвонков, позади головки поджелудочной железы. Воротная вена у новорожденных формируется преимущественно из двух стволов - верхней брыжеечной и селезеночной вен. Место впадения нижней брыжеечной вены непостоянно, чаще она вливается в селезеночную, реже - в верхнюю брыжеечную вену.

Длина воротной вены у новорожденных колеблется от 16 до 44 мм, верхней брыжеечной - от 4 до 12 мм, селезеночной - от 3 до 15 мм. Просвет воротной вены у новорожденных составляет около 2,5 мм. В период от 1 до 3 лет величина просвета удваивается, от 4 до 7 лет - утраивается, в возрасте от 8-12 лет - увеличивается в 4 раза, в подростковом - в 5 раз по сравнению с таковым у новорожденных. Толщина стенок воротной вены к 16 годам увеличивается в 2 раза.

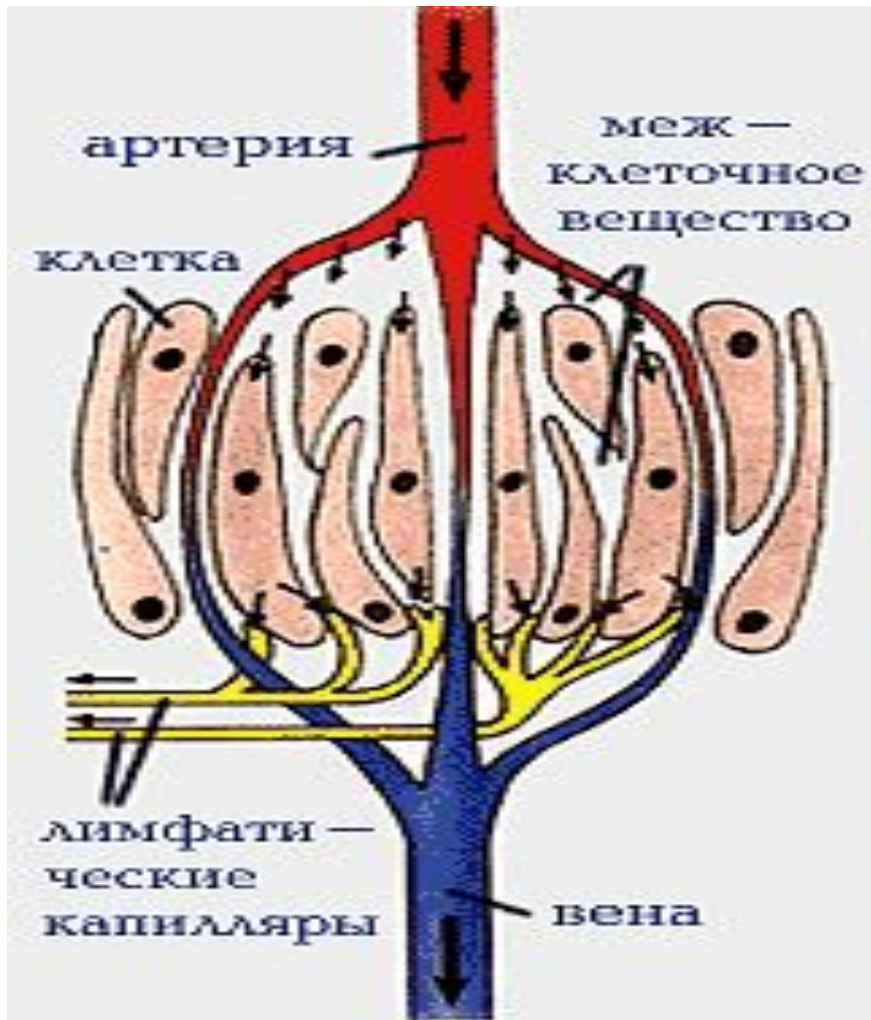
После рождения меняется топография поверхностных вен тела и конечностей. Так, у новорожденных имеются густые подкожные венозные сплетения, на их фоне крупные вены не контурируются. К 1-2 годам жизни из этих сплетений отчетливо выделяются более крупные большая и малая подкожные вены ноги, анна верхней конечности-латеральная и медиальная подкожные вены руки. Быстро увеличивается диаметр поверхностных вен ноги от периода новорожденности до 2 лет: большой подкожной вены- почти в 2 раза, малой подкожной вены - в 2,5 раза.

Рост вен идет более интенсивно, и к 16 годам они становятся в 2 раза шире артерий. Строение стенок вен зависит от функциональных нагрузок на венозную систему после рождения. Так, в стенках вен нижних конечностей гладкомышечных волокон значительно больше, чем в стенках вен шеи и туловища. Одновременно с дифференцировкой стенок происходит приспособление соответствующих клапанов вен к меняющимся гемодинамическим условиям и рост новых. Следует подчеркнуть, что число венозных сосудов, приходящихся на единицу площади, превышает количество артерий.

- Лимфатические узлы служат биологическими фильтрами на путях тока лимфы от органов и тканей к лимфатическим протокам и стволам, впадающим в крупные вены в нижних отделах шеи. Поэтому лимфатические узлы относят также к лимфатической системе, которая, таким образом, «работает» на иммунную систему. Через лимфатические узлы профильтровывается лимфа, являющаяся, по существу, тканевой жидкостью, всосавшейся в лимфатические капилляры и содержащей растворенные и взвешенные в ней различные вещества, продукты обмена, в том числе частицы погибших клеток, пылевые частицы. В лимфатических узлах такие частицы, в том числе микробные тела и даже опухолевые клетки (при опухолевых заболеваниях) задерживаются. Лимфоциты распознают чужеродный характер этих частиц и уничтожают их с помощью макрофагов. Пылевые частицы, в том числе и табачная пыль из легких, оседают в лимфоидной ткани лимфатических узлов, затрудняя их функции и даже выводя их из строя.

Возрастные особенности лимфатической системы

Строение лимфатической системы



Лимфатическая система начинается с лимфатических капилляров, которые располагаются между клетками.

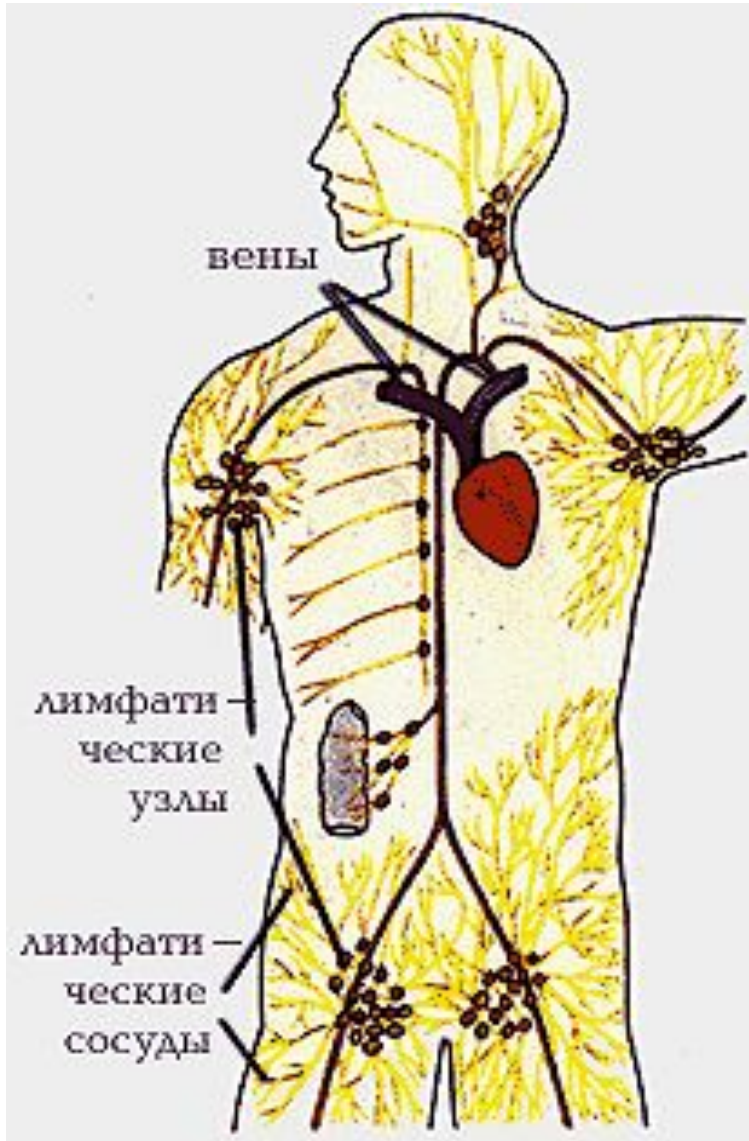
На рисунке показан механизм образования лимфы.

Стрелки указывают направление движения жидкостей.

К каждому лимфатическому узлу подходят 4-6 и более приносящих лимфатических сосудов, стенки которых сращены с капсулой лимфатического узла. После прохождения через лимфатический узел лимфа выходит из него через 2-4 выносящих лимфатических сосуда, которые направляются или к следующему лимфатическому узлу этой же или соседней группы узлов, или к крупному коллекторному сосуду - лимфатическому стволу или протоку. Лимфатические узлы располагаются группами из двух и более узлов, иногда в группе до нескольких десятков узлов.

Весьма переменны размеры лимфатических узлов (от 0,5-1 мм до 50-75 мм). Узлы имеют овоидную, округлую, бобовидную формы, встречаются крупные узлы лентовидной и сегментарной форм.

Каждый лимфатический узел имеет соединительнотканную капсулу, от которой внутрь узла отходят различной длины трабекулы (перекладины). В том месте, где из лимфатического узла выходят выносящие лимфатические сосуды, узел имеет небольшое вдавление - ворота. Через ворота в узел входят артерии, нервы, а выходят вены и лимфатические сосуды.



Несколько лимфатических капилляров впадают в лимфатический сосуд, а несколько мелких лимфатических сосудов - в более крупный лимфатический сосуд. В местах впадения лимфатических сосудов друг в друга, а также по ходу лимфатических сосудов расположены лимфатические узлы. В лимфатических узлах лимфа задерживается и «очищается». Лимфатические узлы содержат специальные клетки, которые обезвреживают некоторые вредные вещества, прежде чем лимфа попадет в кровь.

Лимфатические стволы впадают в лимфатические протоки. У человека имеется два лимфатических протока - грудной и шейный

Внутри лимфатического узла, между трабекулами, находится сеть из ретикулярных волокон и клеток, в петлях которой располагаются клетки лимфоидного ряда (лимфоциты, плазматические клетки), макрофаги. В паренхиме лимфатических узлов выделяют корковое (более темное, в нем располагаются лимфоидные узелки, состоящие в основном из В-лимфоцитов) и мозговое вещество (более светлое). Между лимфоидными узелками коркового вещества располагается диффузная лимфоидная ткань - корковое плато. Кнутри от лимфоидных узелков, на границе с мозговым веществом, располагается полоса лимфоидной ткани (тимусзависимая паракортикальная зона, содержащая преимущественно Т-лимфоциты). Паренхима мозгового вещества представлена тяжами лимфоидной ткани - мякотными тяжами, которые протираются от внутренних отделов коркового вещества до ворот лимфатического узла. Эти тяжи образуют сложные переплетения и являются зоной скопления В-лимфоцитов, в них также находятся плазматические клетки, макрофаги.

Корковое и мозговое вещество лимфатического узла пронизаны густой сетью узких каналов- лимфатическими синусами, в просвете которых имеется мелкаячешистая сеть, образованная ретикулярными волокнами и клетками. В петлях этой сети задерживаются поступающие в лимфатический узел вместе с лимфой частицы погибших клеток, инородные частицы (угольная, табачная пыль в регионарных узлах органов дыхания), микробные тела, опухолевые клетки. Частицы пыли переносятся макрофагами в паренхиму узла и там откладываются. Остатки разрушившихся клеток, попавшие в ток лимфы, уничтожаются, опухолевые клетки могут дать в лимфатическом узле начало вторичной опухоли (метастазы).

В лимфатических узлах у людей, начиная с юношеского, зрелого возрастов, особенно в пожилом и старческом, а также у курящих людей, у лиц, работающих без защиты на пыльном производстве, лимфоидную паренхиму замещает жировая ткань. В связи с этим защитные функции лимфатических узлов, как и других органов иммунной системы уменьшаются.

Развитие лимфатических узлов начинается в конце второго месяца внутриутробной жизни. Лишь к 12 годам формируются основные структуры узла, хотя их перестройка не прекращается на протяжении жизни. Закладка узла у плода представлена сплетением первичных кровеносных и лимфатических сосудов с большим числом мезенхимных клеток, преобразующихся позднее в ретикулярные и лимфоидные. Вслед за формированием краевого синуса и капсулы узла возникают другие его компоненты. У новорожденных лимфатические узлы велики по объему, паренхима богата лимфоидными элементами, в которых преобладают молодые формы, большие лимфатические синусы с эндотелиальными клетками, трабекулы и перегородки узлов почти отсутствуют, капсула тонка и нежна. У детей 7-8 лет в лимфатических узлах формируются соединительнотканые образования. Трабекулы узла, прорастая в определенных направлениях, составляют его остов. С 3 до 10 лет у детей может наблюдаться физиологическое увеличение лимфатических узлов, что связано с хорошим кровенаполнением, широкими синусами, богатой ретикулярной сетью.

Корни лимфатической системы в пожилом и старческом возрастах подвергаются значительным изменениям в связи с уменьшением дисперсности белков крови, понижением гидрофильности основного вещества соединительной ткани и другим изменениям метаболизма. Капиллярное русло редуцируется, уменьшая резорбционную поверхность эндотелия и снижая поглощение из тканей белков, воды, бактерий, инородных частиц и т.п.

Характерным для лимфатических сосудов у людей пожилого и старческого возрастов становится образование выпячиваний разной величины и формы. В процессе старения изменяются численность и размеры лимфатических узлов. Характерным признаком старения лимфатических узлов служит превращение части ретикулярных клеток в жировые, ведущее к ограниченному замещению паренхимы узла жировой тканью. Например, в подмышечных узлах это наблюдается после 40 лет. Инфильтрация жировой ткани может привести к деструкции капсулы узла. Изменение при старении клеточного состава лимфатических узлов проявляется нарастанием количества плазматических клеток, макрофагов и малых лимфоцитов.

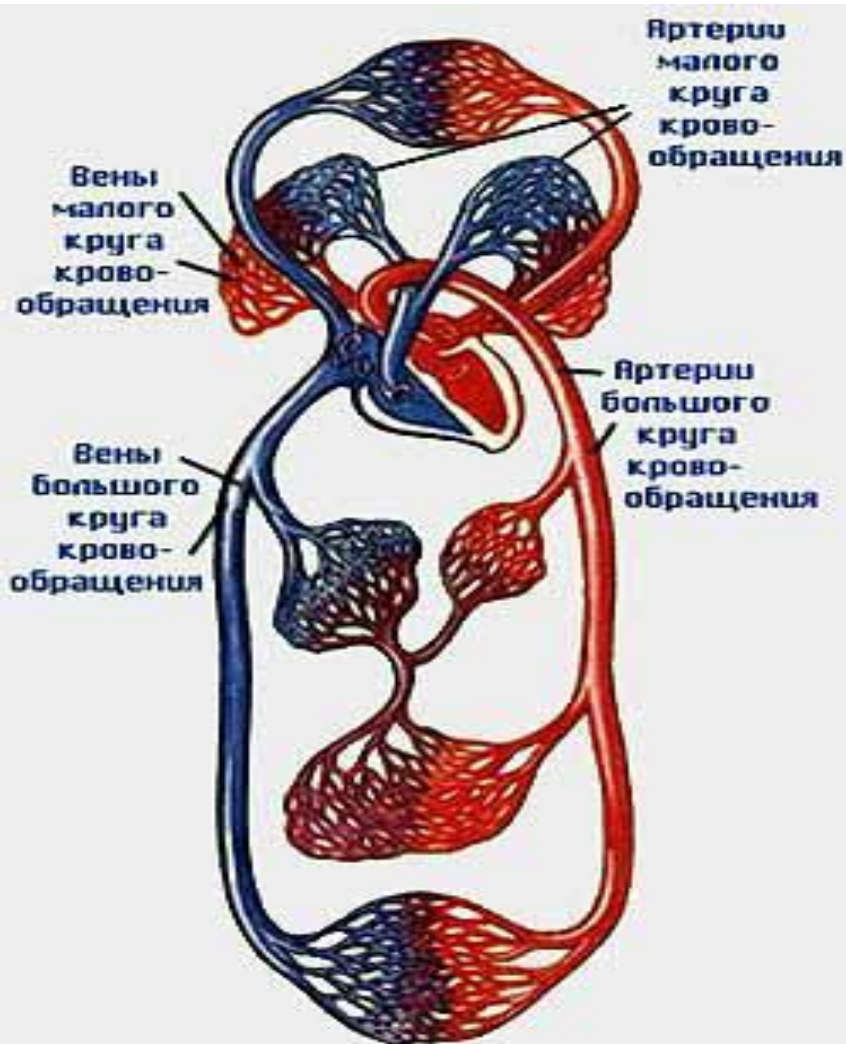
По синусам лимфатических узлов поступающая в узел лимфа течет от краевого синуса к воротному. Краевой синус находится непосредственно под капсулой узла, в него впадают приносящие лимфатические сосуды, несущие лимфу или от органа, для которого узел является регионарным, или от предыдущего лимфатического узла. От краевого синуса вдоль трабекул уходят промежуточные синусы коркового и мозгового вещества. Последние достигают ворот лимфатического узла, где впадают в воротный синус. Из воротного синуса берут начало выносящие лимфатические сосуды, направляющиеся или к следующему «фильтру» - лимфатическому узлу, или к протокам, стволам.

Ток лимфы в организме

Некоторые факторы, обуславливающие ток лимфы:

1. Непрерывное образование жидкости в организме
2. Присасывающее действие грудной клетки во время вдоха
3. Сокращение гладких мышц лимфатических сосудов
4. Сокращение скелетных мышц во время выполнения движения

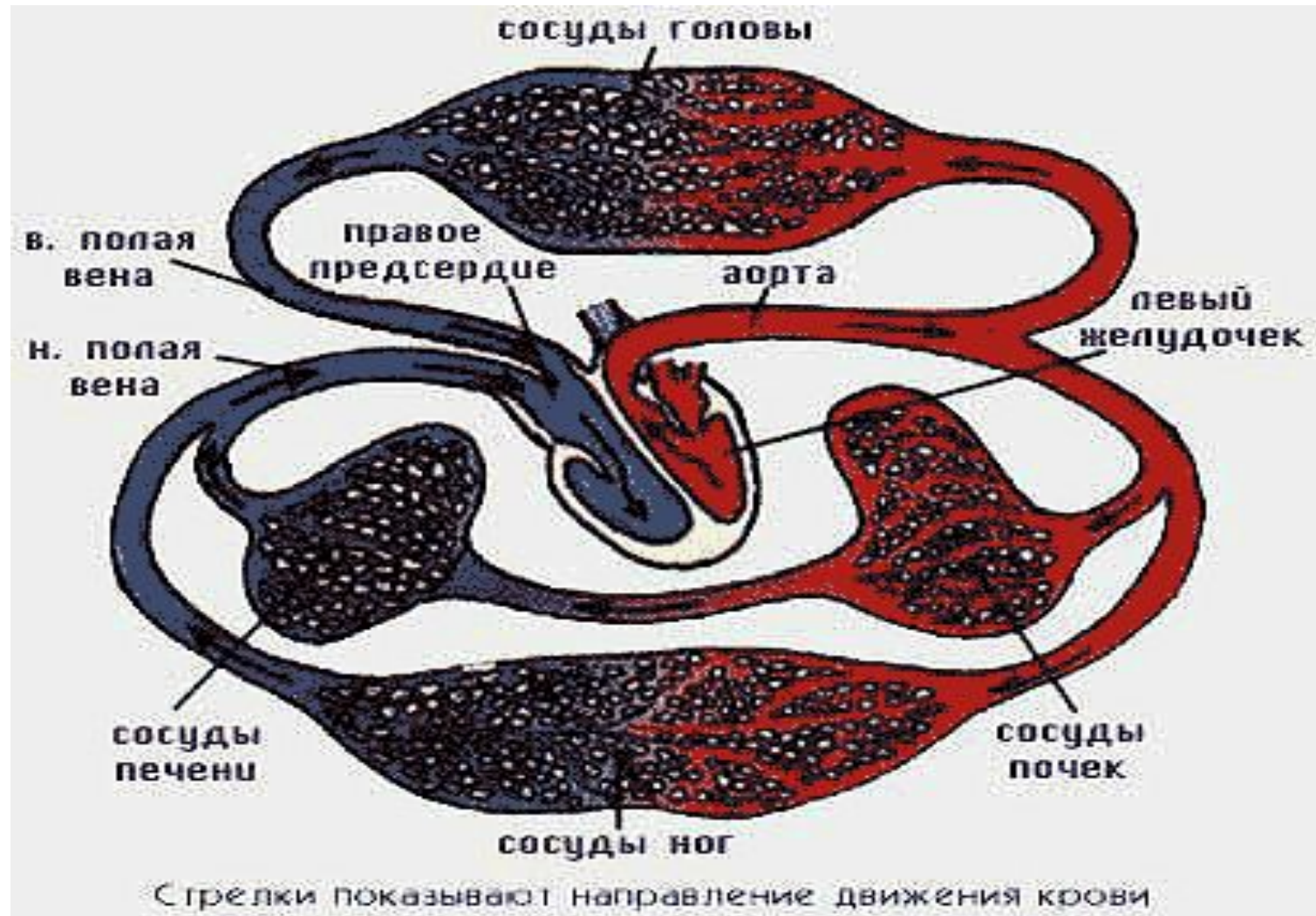
Кровообращение



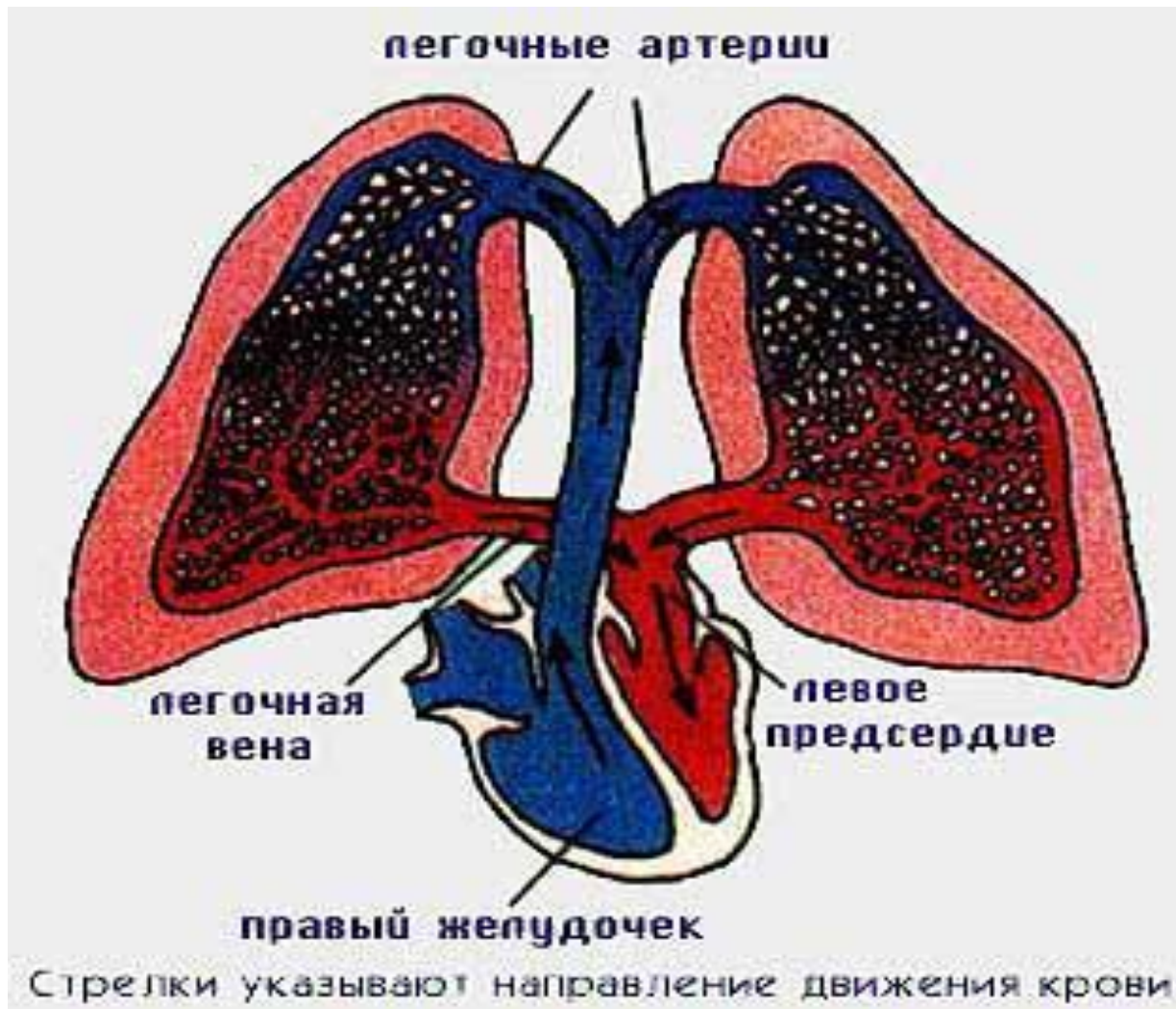
Кровь, выталкиваемая из сердца в артерии, проходит по всему организму (либо доходит до легких) и снова возвращается в сердце. Это процесс носит название кровообращение.

Кровообращение условно разделяют на два круга: большой круг кровообращения и малый круг кровообращения. Большой круг кровообращения еще называют системным, а малый круг кровообращения еще называют легочным.

Большой круг кровообращения



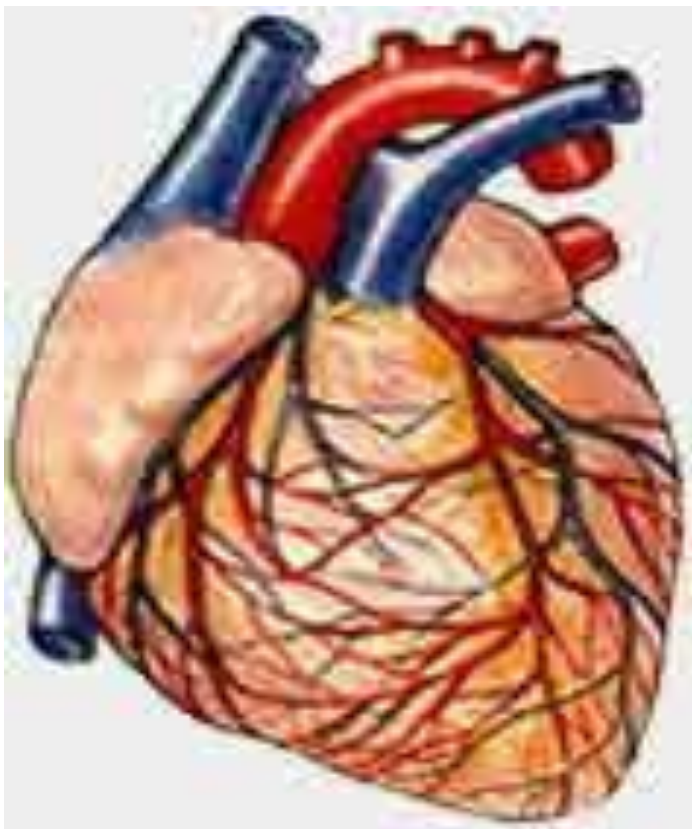
Малый круг кровообращения



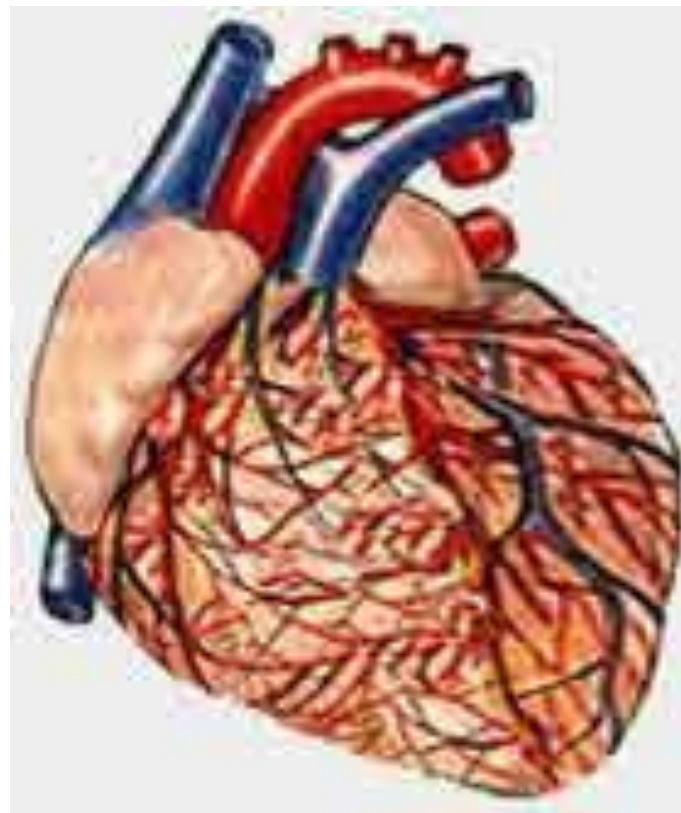
Возможные изменения кровотока различных областей организма при мышечной работе

Органы, кровотока в которых существенно увеличивается при мышечной деятельности	Максимальное увеличение кровотока по сравнению с уровнем покоя	Органы, кровотока в которых существенно снижается при интенсивной и длительной мышечной деятельности	Максимальное снижение кровотока по сравнению с уровнем покоя
Работающие мышцы Сердце	В 20-30 раз В 5 раз	Неработающие мышцы Органы брюшной полости (органы пищеварения, печень селезенка)	В 4-6 раз В 5 раз
Кожа - при легкой и средней мышечной работе	В 3 раза	Кожа - при истощающей мышечной работе Почки - при тяжелой мышечной работе	Кровоток близок к кровотоку в состоянии покоя В 5 раз и более

Под влиянием многолетних систематических тренировок увеличивается число сосудов сердца



Сосудистая сеть сердца неспортсмена



Сосудистая сеть сердца спортсмена

Что такое пульс?

Пульс, который можно прощупать при надавливании на артерию, есть ни что иное, как удар крови о стенку артерии. Число пульсовых ударов соответствует числу сокращений сердца. Поэтому по пульсу часто определяют частоту сердечных сокращений (число сердечных сокращений в единицу времени).

О 8-часовом рабочем дне сердца:

За фазой сокращения, в течение которой сердце работает, следует фаза расслабления, в течение которой сердце отдыхает. В обычных условиях фаза сокращения желудочков примерно в 2 раза короче, чем фаза их расслабления, а фаза сокращения предсердий в 7 раз короче фазы их расслабления.

Получается, что из 24 часов в сутки желудочки работают около 12 часов, а предсердия всего 3.5 часа. С некоторой долей юмора можно сказать, что в целом рабочий день сердца не превышает 8 часов, как и у большинства трудового населения.

Тест: Состояние вашего сердца

За каждый ответ «часто» вам полагается 6 баллов; за ответ «да» - 4 балла, за ответ «изредка» - 2 балла, а за ответ «нет» - 0

1. Возникает ли у вас одышка при физических нагрузках?
2. Бывают ли у вас учащенные сердцебиения?
3. Ощущали ли вы последнее время боль или неприятные покалывания в области сердца?
4. Вы ведете бурный образ жизни?
5. У вас часто болит голова?
6. Вы очень нервничаете, если на вас сваливается много нелегкой работы?
7. Вас беспокоят давящие ощущения в груди?
8. Вы много курите?
9. Вы – любитель жирной пищи?
10. У вас все чаще появляется шум в ушах?
11. Вы каждый день едите жареное?
12. По ночам вы встаете в туалет?
13. Вы – сладкоежка?
14. Вы избегаете занятий утренней гимнастикой?
15. На работе рядом с вами часто курят?
16. Вы пьете пиво чаще трех раз в неделю?
17. У вас возникают отеки ног?
18. Ваш вес превышает норму на 10 и более процентов?
19. У вас часто повышено артериальное давление?
20. Вы тяжело дышите, поднимаясь пешком по лестнице выше 3 этажа?

21. У вас потеют ладони?
22. Вы нередко употребляете крепкие спиртные напитки?
23. У вас повышен уровень сахара, триглицерина или холестерина в крови?
24. Вы любите пить крепкий кофе?
25. У вас плохие зубы?
26. Вы едите много соленой пищи?
27. Испытываете ли вы повышенные эмоциональные и физические нагрузки?
28. У вас нарушен сон?
29. Вы не умеете расслабляться и отдыхать?
30. У вас часто воспаляются гланды?
31. Вы чувствуете себя усталым, подавленным и больным?

Подсчитайте результаты

- Если сумма набранных вами баллов **не превышает 40**, то, по-видимому, пока у вас не должно быть особых тревог по поводу состояния и работы вашего сердца. Однако на всякий случай посмотрите еще раз, за какие ответы вы получали наибольшее число баллов.
- Если вы набрали от **40 до 82 баллов**, это может свидетельствовать о том, что хотя признаков серьезного заболевания у вас пока не отмечается, однако, уже имеются симптомы некоторого нарушения сердечной деятельности. Подумайте, какие изменения следует сделать в вашем образе жизни, чтобы снизить нагрузку на сердце. Овладейте навыками и приемами психической саморегуляции. Сделайте более рациональным свое питание.

- Если же сумма набранных вами баллов составляет от **82 до 122**, то это может означать, что ваше сердце уже подает сигналы тревоги. По всей видимости, вам необходимо как можно скорее обратиться за консультацией к специалисту. Уменьшите физические нагрузки. Принимайте при необходимости успокаивающие или даже гипотензивные (уменьшающие артериальное давление) препараты или лекарственные травы (валериану, пустырник, мяту...). Для улучшения деятельности сердца может оказаться эффективным водный раствор чистеца лесного (1 чайную ложку сырья заливают 0,5 литрами кипятка, настаивают и потом принимают по 1 столовой ложке 2-3 раза в день в течение 1-2-х месяцев).
- Ну а если у вас оказалось **более 122 баллов**, то это означает, что ваше сердце несет чрезмерную нагрузку и, увы, уже не работает, как «пламенный мотор». Вам необходимо срочно, отложив все свои, даже вроде бы ужасно важные, дела, заняться своим здоровьем и для начала пройти тщательное кардиологическое обследование.

Гарвардский степ-тест

Тест разработан в Гарвардском университете в США в 1942 г.

С помощью Гарвардского степ-теста количественно оцениваются восстановительные процессы после дозированной мышечной работы.

Тест заключается в повторных подъемах на ступеньку высотой 50 см. для мужчин и 43 см. для женщин и спусках с них в течении $t=5$ мин с частотой 30 подъемов в минуту. Каждый подъем спуск состоит из четырех шагов: 1-й шаг-правую ногу поставить на ступеньку, 2-й - левую, 3-й - правую ногу поставить на пол, 4-й шаг - левую.

По окончании упражнения в положении сидя подсчитайте пульс в течении первых 30 с., 2, 3 и 4-й минут восстановления соответственно (f_1, f_2, f_3). По полученным данным находим индекс степ- теста.

При полном выполнении теста, т.е. при поддержании в течение 5 мин. частоты подъемов 30 в минуту, общее время равно 300 с. Если же вы не сумели поддержать необходимую частоту подъемов, то работа прекращается, и тогда величину составит время работы до этого момента.

$$ИГСТ = \frac{t * 100}{2(f_1 + f_2 + f_3)}$$

Для того, чтобы сердечно - сосудистая система находилась всегда в тоне необходимо:

- 1. Делать зарядку ежедневно;**
- 2. Больше ходить пешком;**
- 3. Правильно питаться;**
- 4. Вести здоровый образ жизни.**

*Это общие рекомендации для всех.
Что касается конкретных случаев –
необходима консультация врача.*

Кровеносная система

