

КРОВООБРАЩЕНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

«Когда я присутствую на вскрытии умершего от заболевания сердца, то в половине случаев не могу понять, от чего он умер, а в другой половине случаев — как он еще мог жить»

С.П. Боткин

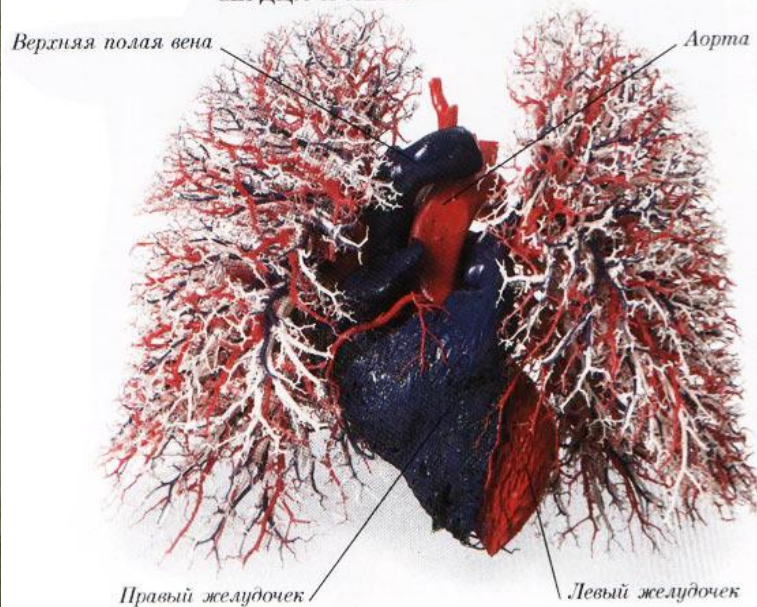
Кровообращение — движение крови по сосудистой системе, обеспечивающее газообмен между организмом и внешней средой, обмен веществ между всеми органами и тканями, гуморальную регуляцию различных функций организма и перенос образующегося в организме тепла.

Кровообращение в органах и тканях

СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ ПЕЧЕНИ



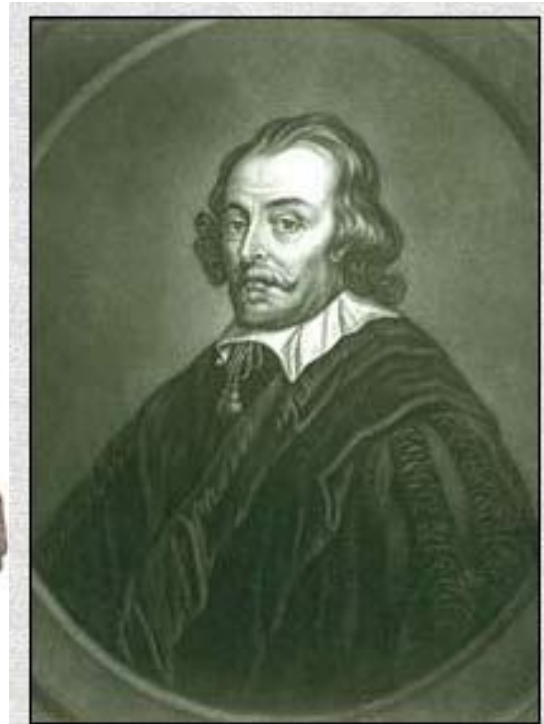
СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ СЕРДЦА И ЛЕГКИХ



АРТЕРИАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОЗГА

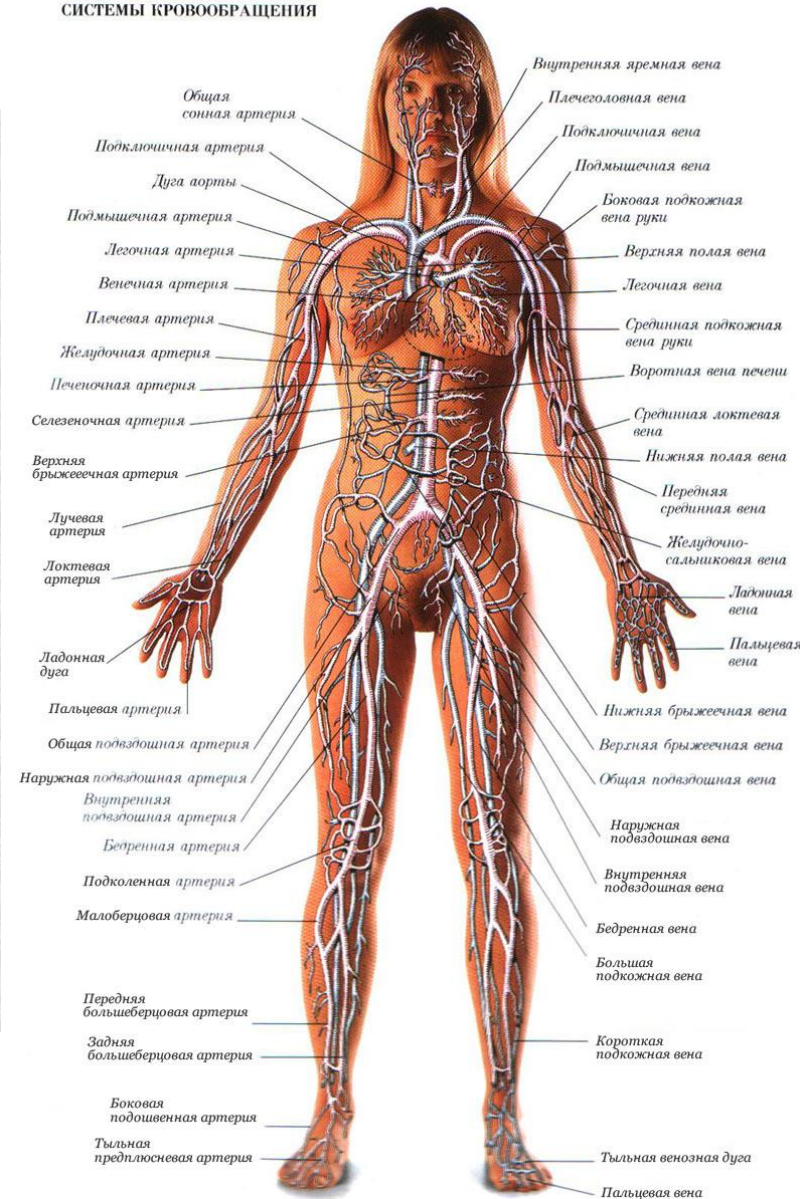


СИСТЕМА КРОВООБРАЩЕНИЯ

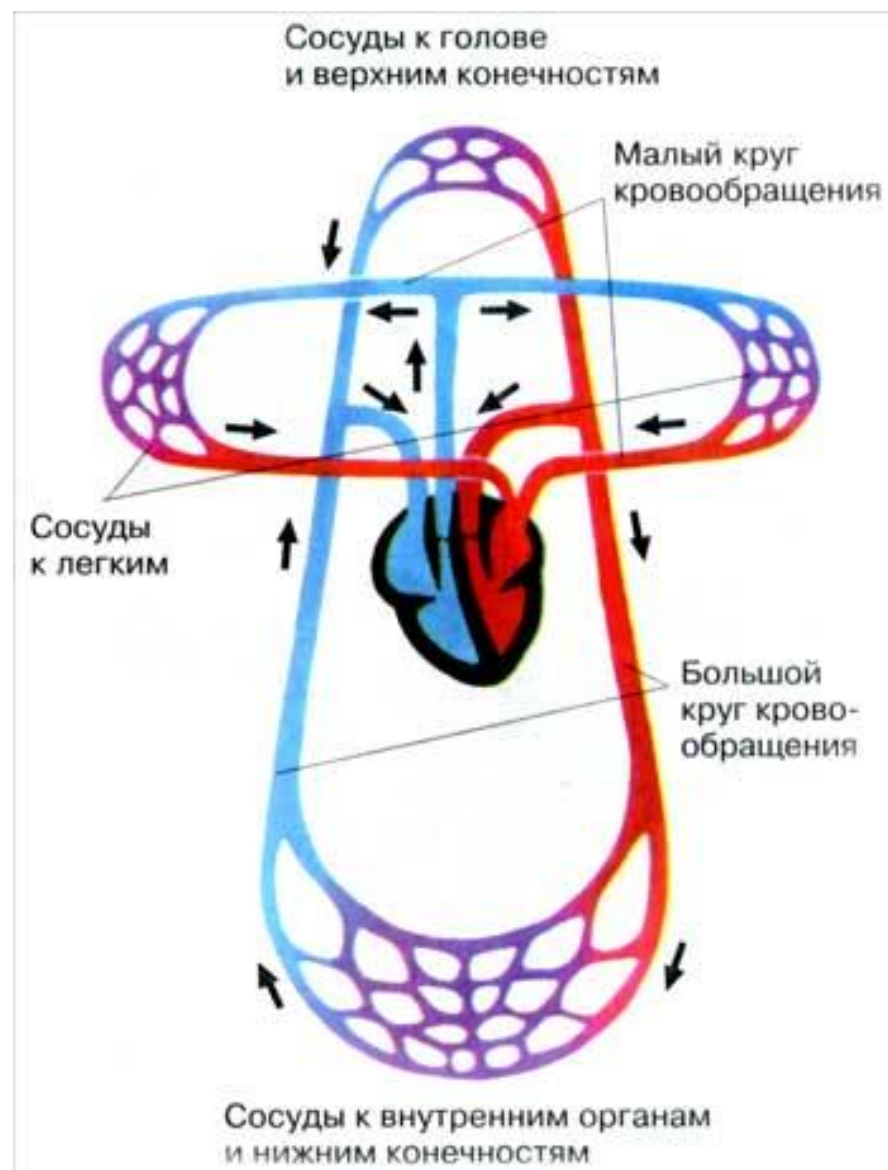


Уильям Гарвей
(William Harvey, 1578-
1657)

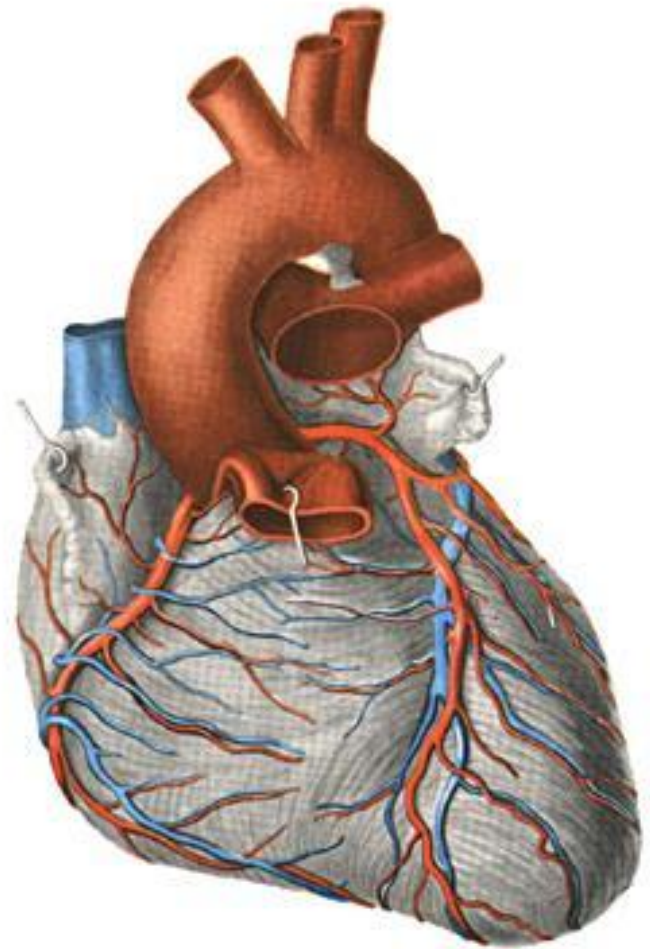
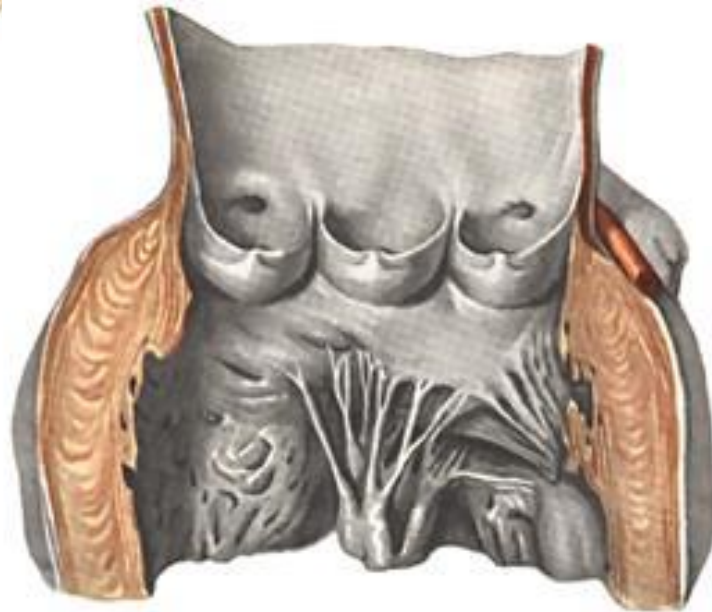
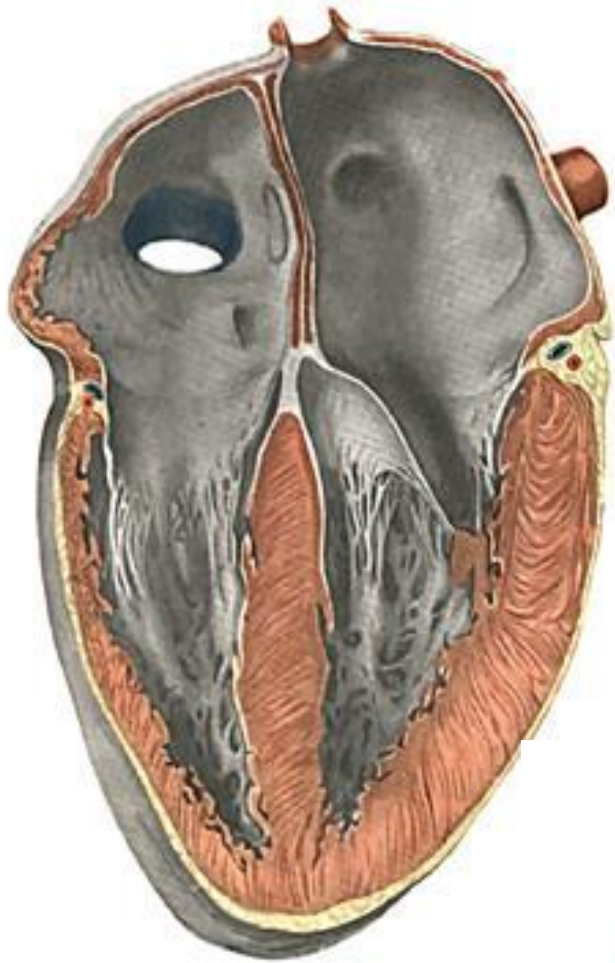
ОСНОВНЫЕ АРТЕРИИ И ВЕНЫ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

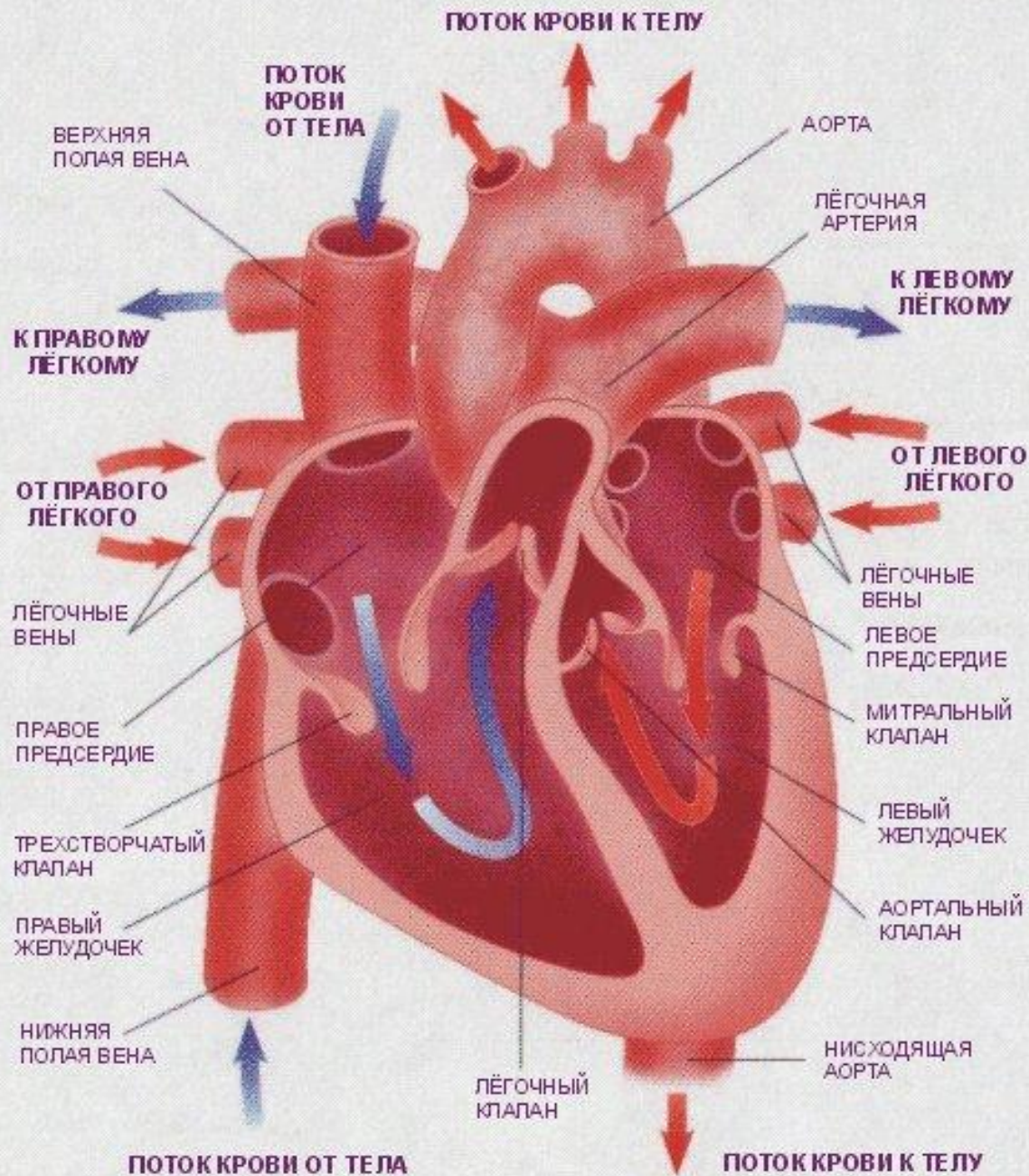


КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ



СЕРДЦЕ





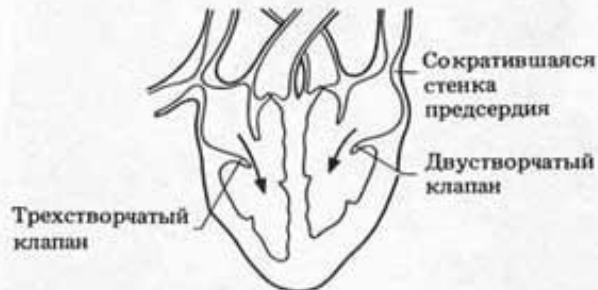
ТОКИ КРОВИ В СЕРДЦЕ

Систола — сокращение предсердий или желудочков
Диастола — расслабление предсердий или желудочков

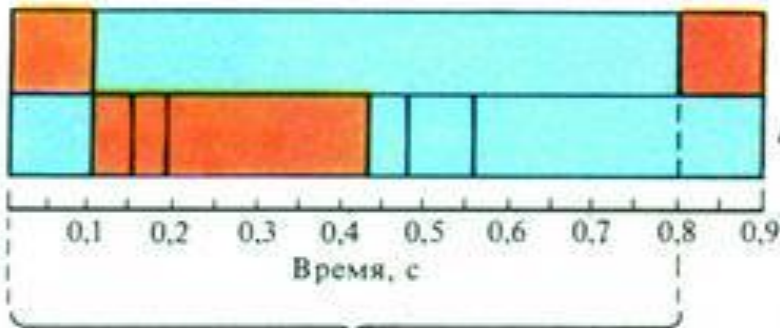
ФАЗЫ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



А. Предсердия в фазе диастолы, заполняются кровью



Б. Систола предсердий. Кровь выталкивается в желудочки. Двустворчатый и трехстворчатый клапан открыты. Сфинктеры полых и легочной вен закрыты



Сердечный цикл (при пульсе 75 ударов/мин)

● 70 раз в минуту,
 ● 100 тысяч раз в сутки,
 ● 40 миллионов раз в год.



В. Предсердия расслабляются, желудочки сокращаются. Кровь выталкивается в аорту и легочную артерию.



Г. Клапаны аорты и легочной артерии закрыты. Предсердия начинают вновь наполняться кровью. Желудочки в фазе диастолы

Фазы сердечного цикла (при пульсе 75 ударов/мин)

I - предсердия, II - желудочки.
 Красный цвет - систола, голубой - диастола.
 Систола предсердий = 0,1 с,
 Систола желудочков = 0,33-0,35 с,
 Общая пауза = 0,4 с.

ЧАСТОТА СЕРДЦЕБИЕНИЯ (ЧСС)

- У детей до 1 года = 100-140 в минуту.
- В 10 лет = 90 в минуту.
- В 20 лет и старше = 60-80 в минуту.
- У стариков вновь учащается до 90-95 в минуту.
- Редкий ритм = 40-60 в минуту, называется **брадикардией** (у спортсменов в покое).
- Частый ритм - ЧСС = 90-100 (140-160) в минуту называется **тахикардией**.
- **Пульс** – ритмические колебания стенок артерий. Частота пульса примерно равна 70 уд/мин. Обычно при вдохе деятельность сердца ускоряется, что называется **дыхательной аритмией**.

Количество крови, выбрасываемое сердцем

- **Ударный, или систолический, выброс (СВ)** - количество крови, выбрасываемое каждым желудочком при систоле, в среднем = **70–80** мл.
- **Минутный выброс (МВ)** - количество крови, выбрасываемое сердцем в минуту:

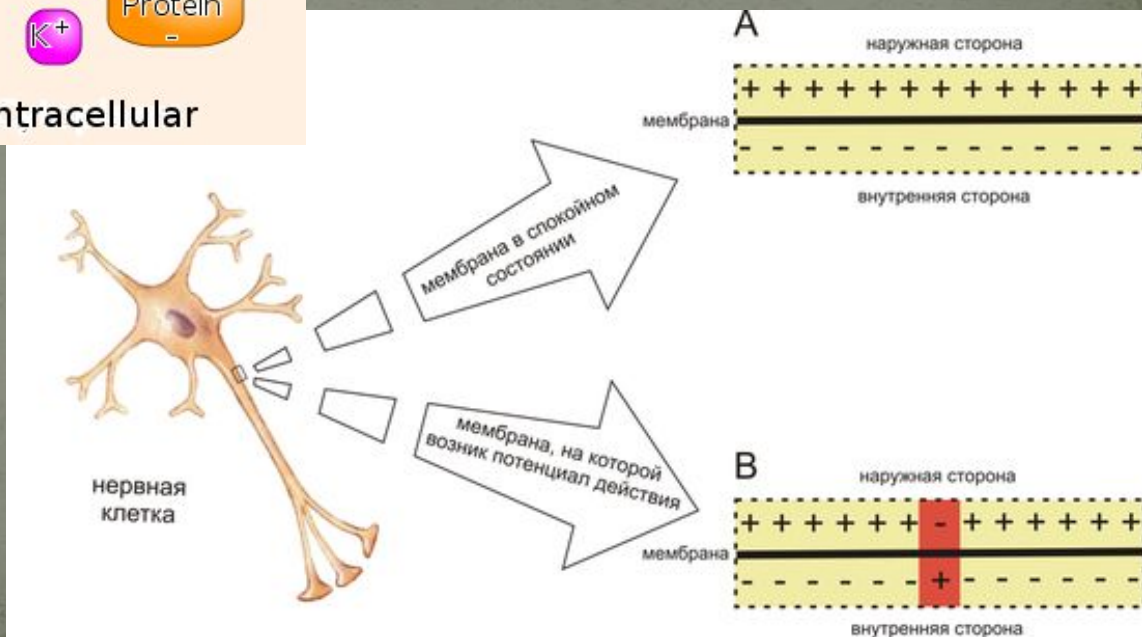
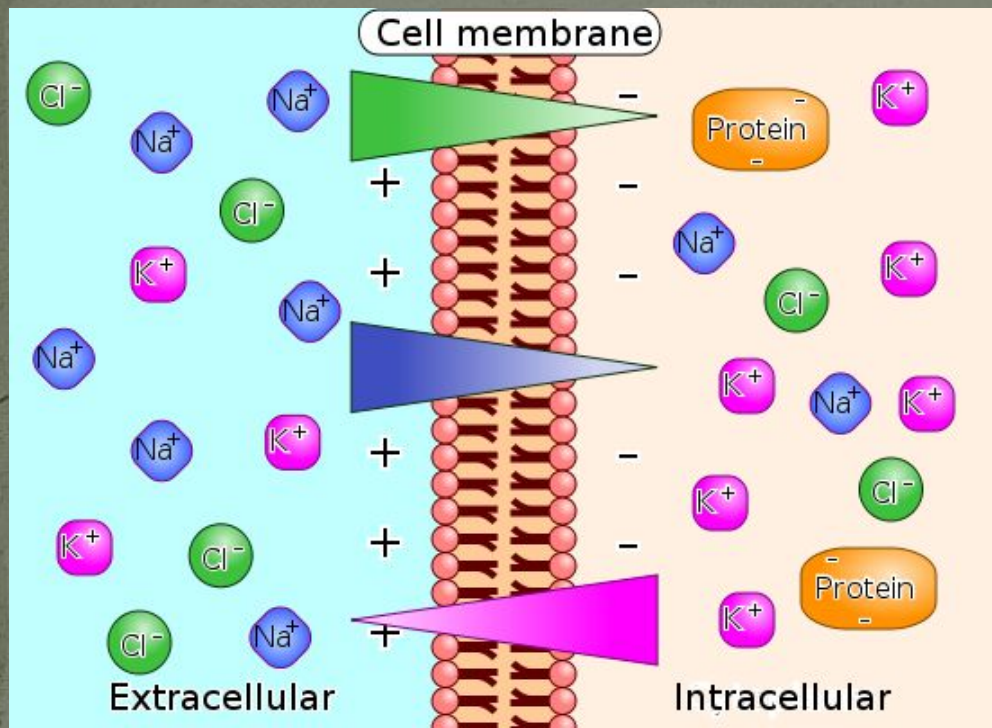
$$\text{ЧСС} \times \text{СВ} = \text{МВ}$$

$$80 \times 70 = 5600 \text{ мл.}$$

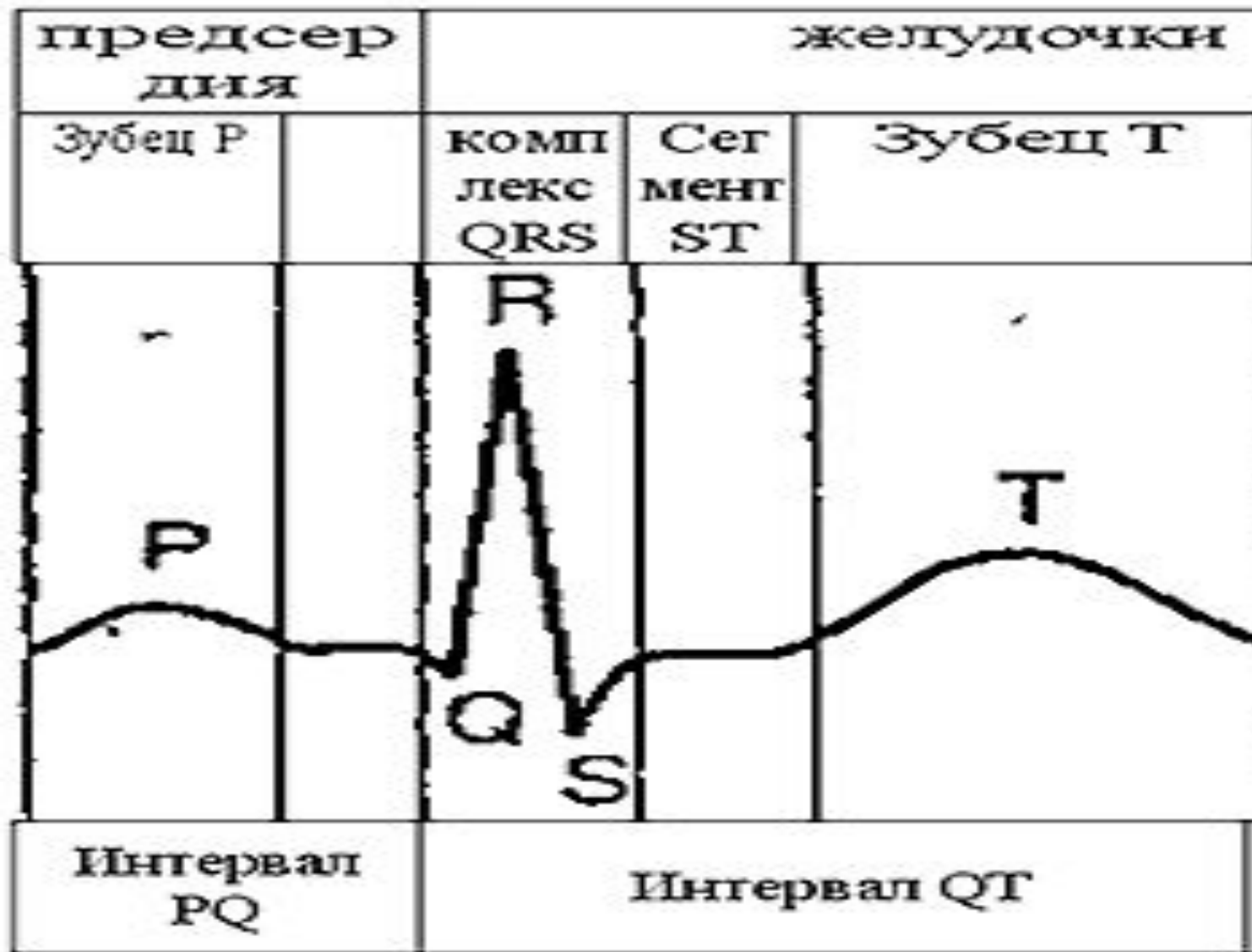
ЗАКОН СЕРДЦА ФРАНКА – СТАРЛИНГА

Если приток крови в сердце увеличивается, то соответственно возрастает и сила сокращения сердца, т.к., **чем больше растянута сердечная мышца, тем сильнее она сокращается.**

Электрические явления в сердце



Электрические явления в сердце



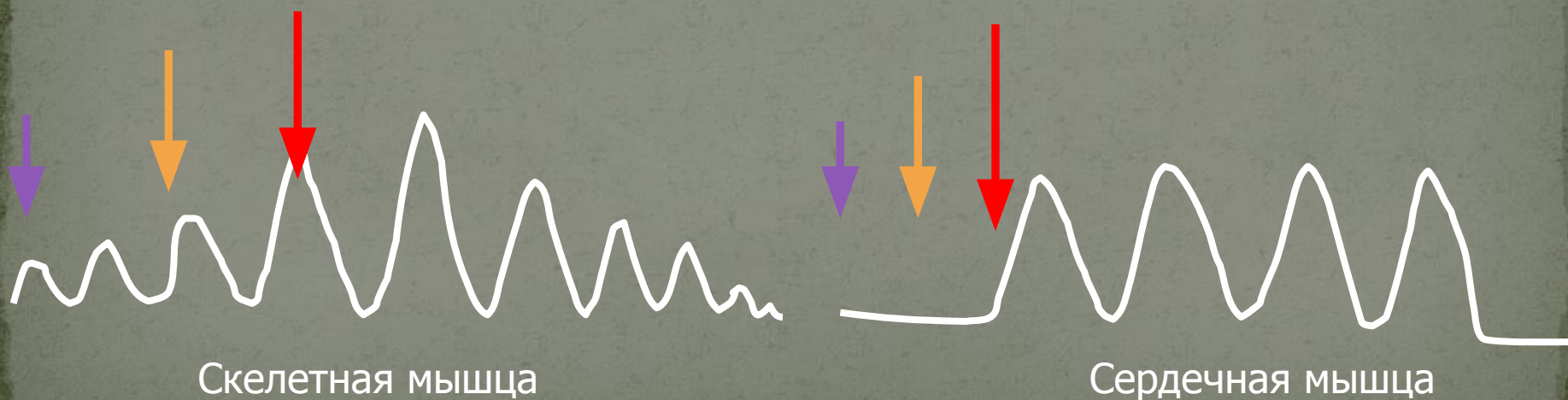
Электрокардиограмма здорового человека
(во II стандартном отведении)

Основные свойства сердца

- **Сократимость** – способность миокарда сокращаться.
- **Автоматия** – способность сердца ритмично сокращаться независимо от внешних раздражений.
- **Возбудимость** – возбуждение сердца под действием различных раздражителей (химических, механических, электрических и др.)
- **Проводимость** – проведение возбуждения ко всем отделам сердца. Волна возбуждения проводится только в одном направлении: от предсердий к желудочкам.

СОКРАТИМОСТЬ

- Способность самих клеток миокарда отвечать на возбуждение сокращением.
- Это свойство сердечной мышцы определяет способность сердца выполнять механическую работу.
- Работа сердечной мышцы подчиняется закону **«Все или ничего»**. Суть этого закона состоит в следующем: если на сердечную мышцу наносить раздражающее действие различной силы, мышца отвечает каждый раз максимальным сокращением («все»). Если сила раздражителя не достигает порогового значения, то сердечная мышца не отвечает сокращением («ничего»).



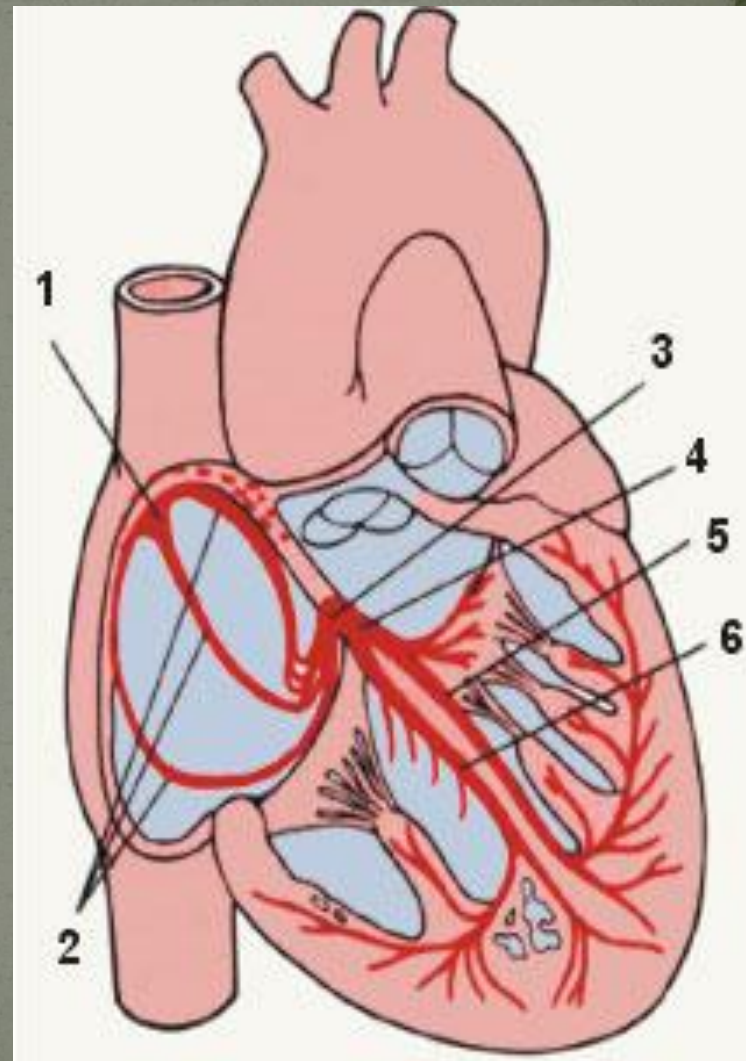
АВТОМАТИЯ

- Способность извлеченного из организма сердца при создании необходимых условий сокращаться в течение часов и даже суток.
- Возникновение импульсов связано с деятельностью **атипических мышечных волокон**, заложенных в некоторых участках миокарда. Внутри атипических мышечных клеток спонтанно генерируются электрические импульсы определенной частоты, распространяющиеся затем по всему миокарду.
- Различная степень выраженной автоматии мышечной ткани сердца получила название

**Закона градиента автоматии сердца –
закон Гаскелла**

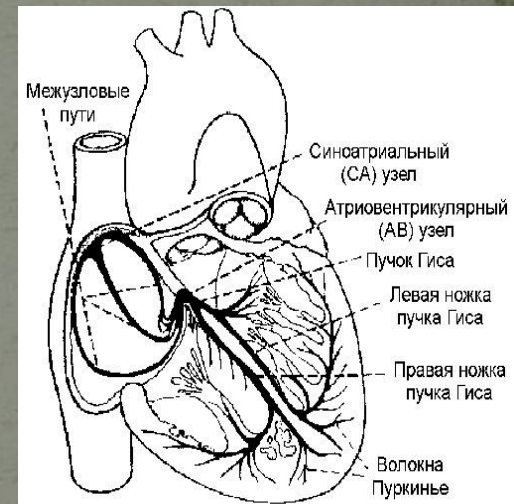
АВТОМАТИЯ

- **Синусный узел** – генерирует импульсы с частотой **60-80** раз в минуту. Главный центр автоматии сердца.
- **Предсердно-желудочковый, или атриовентрикулярный узел** – генерирует импульсы с частотой **40-50** раз в минуту.
- **Пучок Гиса**, лежащий в межжелудочковой перегородке. Частота импульсов – **30-40** раз в минуту.
- **Волокна Пуркинье**, ветвящиеся в миокарде желудочков. Частота импульсов – **20** раз в минуту.



ПРОВОДИМОСТЬ

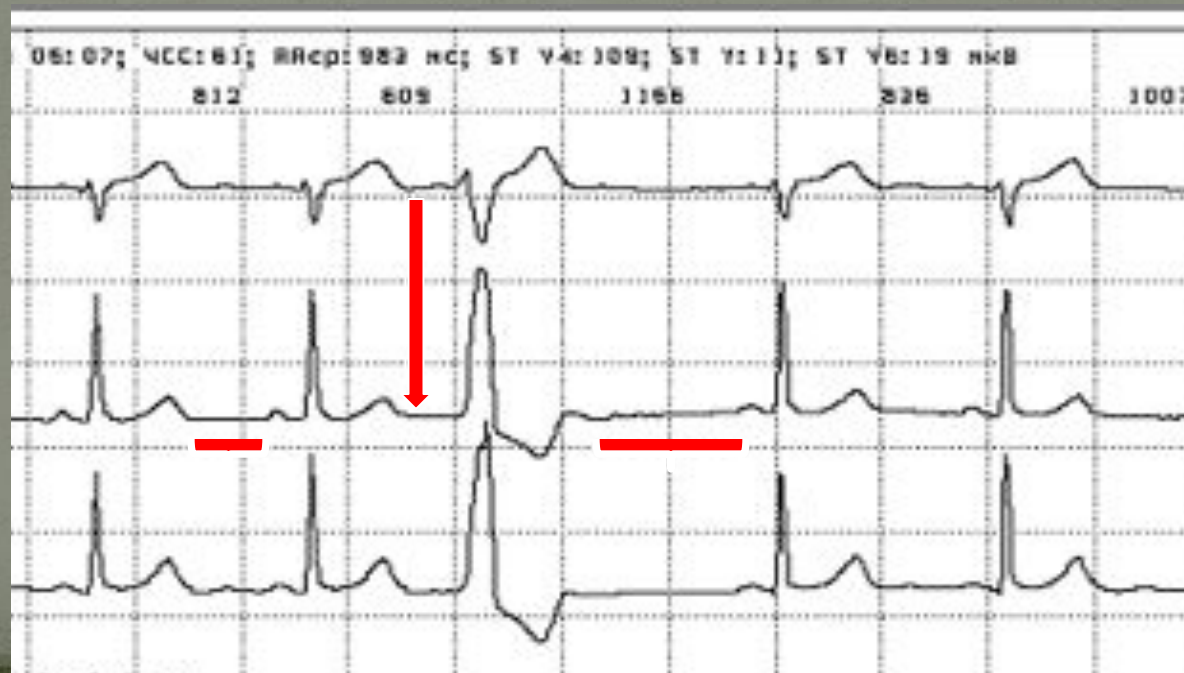
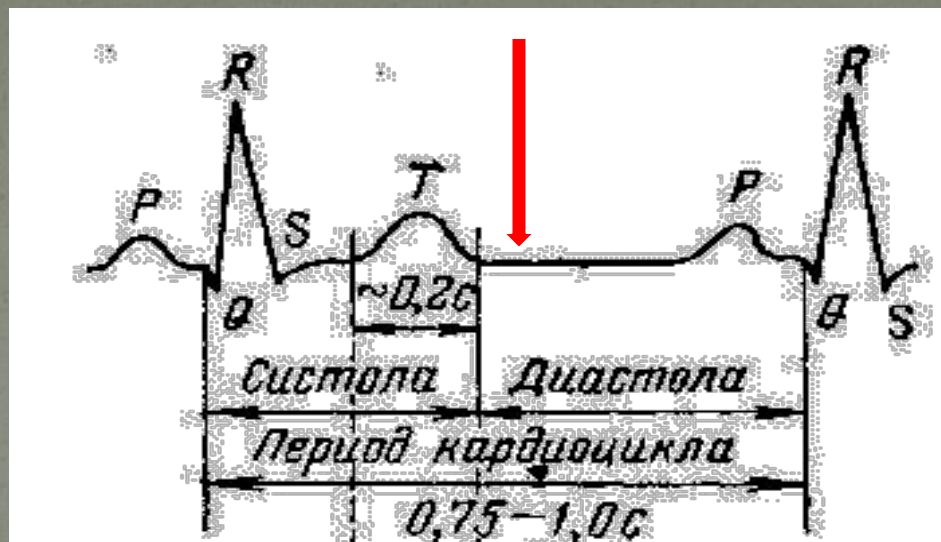
- Совокупность всех уровней атипической мышечной ткани составляет **проводящую систему сердца**.
- Благодаря проводящей системе волна возбуждения, возникшая в синусном узле, последовательно распространяется по всему миокарду.
- Проводящая система сердца обеспечивает:
 - Автоматию сердца.
 - Последовательность сокращений предсердий и желудочков за счет атриовентрикулярной задержки.
 - Синхронное сокращение всех отделов желудочков, что увеличивает их мощность.
 - Надежность в работе сердца – при повреждении основного водителя ритма его могут заменить другие отделы проводящей системы сердца, тоже обладающие автоматией.



ВОЗБУДИМОСТЬ

- В основе процесса возбуждения лежит появление отрицательного электрического потенциала на наружной поверхности мембран клеток, подвергшихся действию раздражителя.
- Мембрана мышечных клеток (миоцитов) поляризована. В покое она снаружи заряжена положительно, изнутри - отрицательно.
- Разность потенциалов определяется различной концентрацией ионов Na^+ и K^+ по обе стороны мембраны.
- Действие раздражителя увеличивает проницаемость мембраны для ионов K^+ и Na^+ , происходит перестройка мембранного потенциала (*калий-натриевый насос*), в результате возникает потенциал действия, распространяющийся и на другие клетки.
- Таким образом происходит распространение возбуждения по всему сердцу.

ЭКСТРАСИСТОЛА

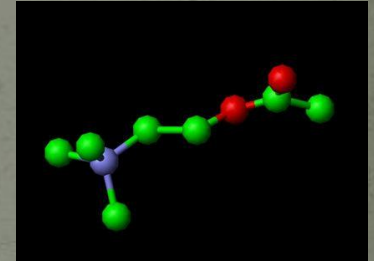


РЕГУЛЯЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СЕРДЦА РЕГУЛИРУЕТ
КОРА ГОЛОВНОГО МОЗГА

Блуждающий
нерв

ритм сокращений замедляется,
амплитуда сокращений
уменьшается,
проводимость ухудшается,
возбудимость снижается



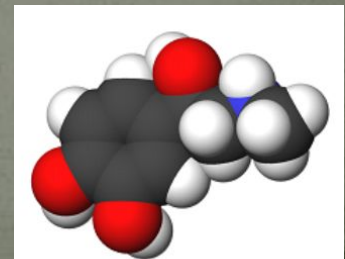
Ацетилхолин

K^+

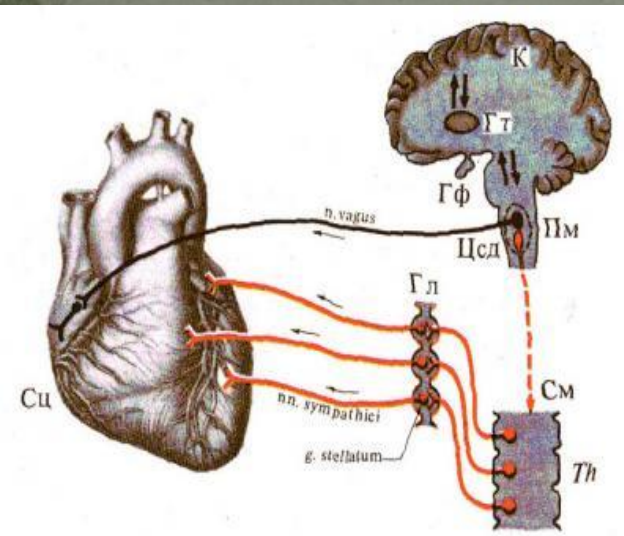
Ca^{2+}

Адреналин

ритм учащается,
сила сокращения усиливается,
проводимость улучшается,
возбудимость увеличивается



Симпатические
нервы



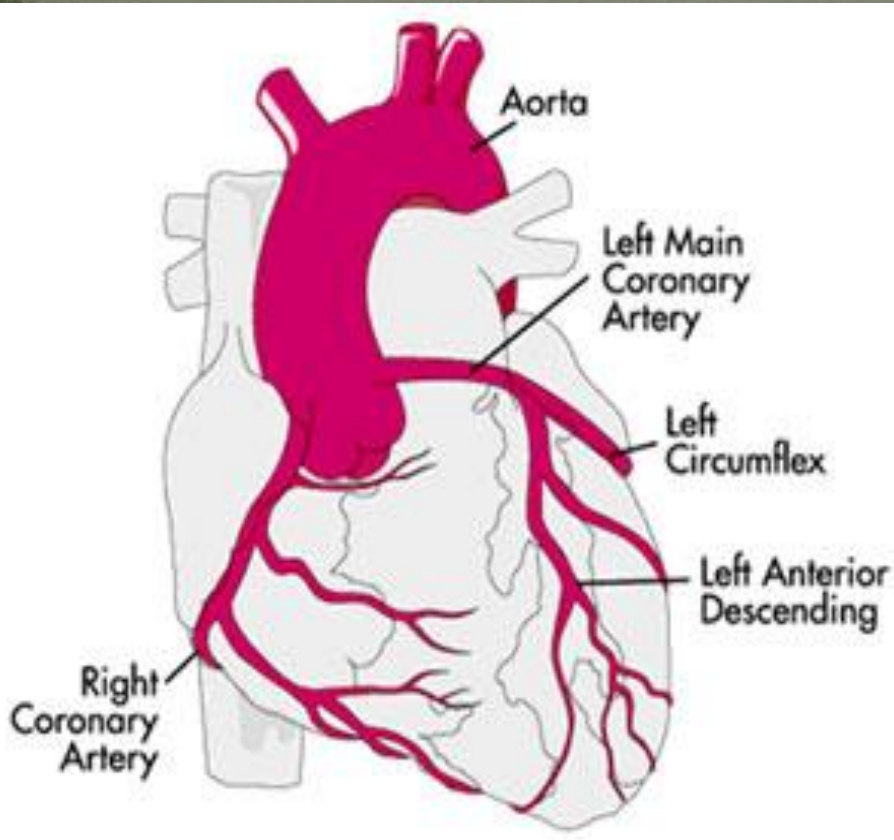
Сопряженные рефлексy сердечно-сосудистой системы

- **Рефлекс Данини-Ашнера** (глазо-сердечный рефлекс) – снижение ЧСС, возникающее при надавливании на боковую поверхность глаз. Рефлекс считается быстрым, если проявляется в течение 3-5 с, или медленным, если обнаруживается через 8-10 с. Пульс при этом урежается на 10-15 уд/мин. Рефлекс осуществляется блуждающими нервами.
- **Рефлекс Гольца** – уменьшение ЧСС или даже полная остановка сердца при раздражении механорецепторов органов брюшной полости или брюшины.
- **Рефлекс Тома-Ру** – брадикардия при сильном давлении или ударе в эпигастральную область. Удар «под ложечку» у человека может привести к остановке сердца, кратковременной потере сознания и даже к

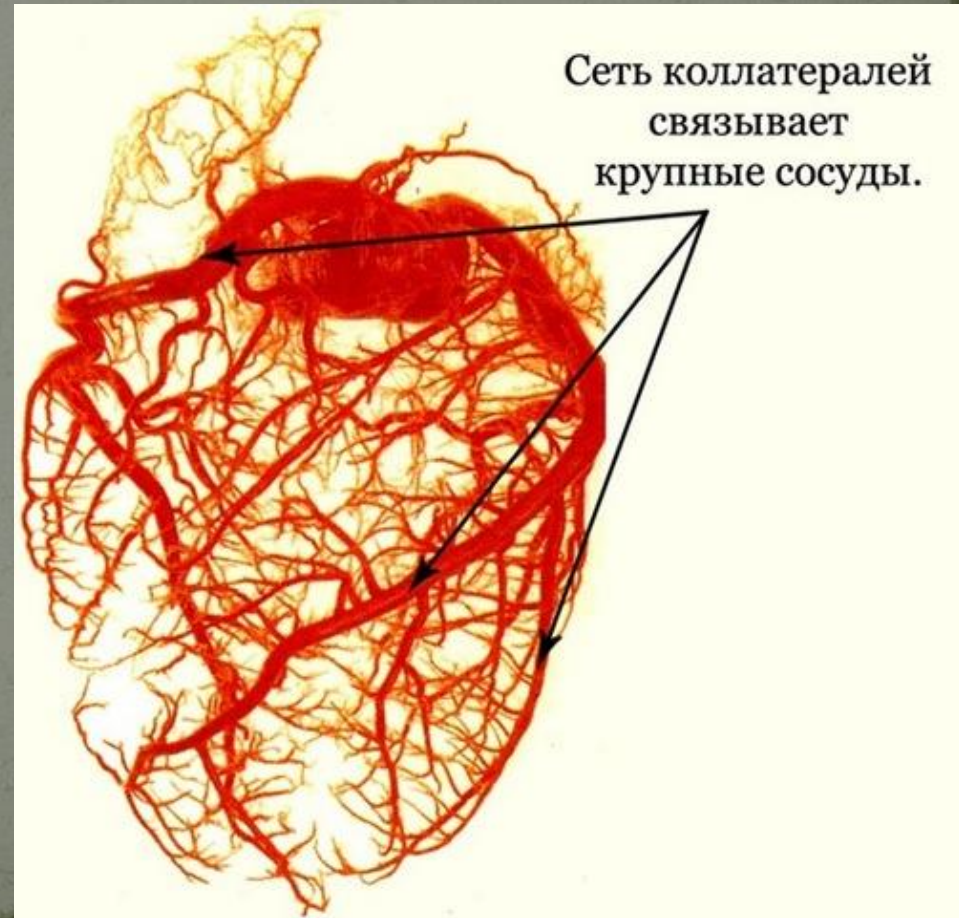
Сопряженные рефлексy сердечно-сосудистой системы

- **Рефлекс Геринга** – рефлекторное снижение ЧСС при задержке дыхания на высоте глубокого вдоха. Если в положении сидя при вызове этого рефлекса снижение ЧСС превышает 6 ударов в 1 мин, то это свидетельствует о повышенной возбудимости центров блуждающих нервов.
- **Рефлекс, возникающий при раздражении механо- и терморецепторов кожи**, проявляется в виде торможения или стимуляции сердечной деятельности. Степень их выраженности может достигать летального исхода, например, вследствие резкого охлаждения кожи живота при нырянии в холодную воду.
- **Рефлекс с проприорецепторов** – увеличение ЧСС при физической нагрузке вследствие уменьшения тонуса блуждающих нервов. Благодаря данному рефлексу (приспособительного характера) улучшается кровоснабжение работающих мышц, увеличивается доставка кислорода и питательных веществ и удаление метаболитов.

Кровоснабжение сердца



**10% от всей артериальной
крови идет на
кровоснабжение сердца**



Особенности энергетического обеспечения сердечной мышцы

- 1). Источник энергии для сердца - процесс аэробного окисления.
- 2). Сердце массой 300 г потребляет около 30 мл O_2 в 1 мин, что составляет 10-12 % от общего количества потребляемого организмом кислорода в покое.
- 3). Миоглобин сердца обладает большим сродством к O_2 . Запасает его во время диастолы и отдает во время систолы. Кислорода миоглобина хватает на 3-4 с работы сердца (систола длится 0,3 с).

Кровеносные сосуды

- Амортизирующие сосуды (сосуды эластического типа).
- Сосуды распределения (сосуды мышечного типа).
- Резистивные сосуды (сосуды сопротивления), сосуды – сфинктеры.
- Обменные сосуды.
- Емкостные сосуды.
- Шунтирующие сосуды.

СТРОЕНИЕ СОСУДОВ

Кровеносные сосуды

Артерия

Вена



Как артерии, так и вены, представляют собой трубки, состоящие из 4 слоев:

Защитная фиброзная оболочка

Гладкие мышцы и эластические волокна

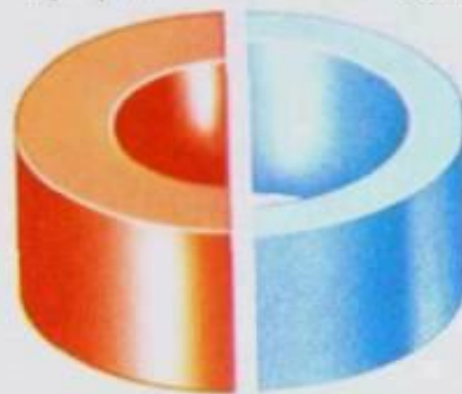
Соединительная ткань

Гладкий эндотелиальный клеточный слой

На разрезе артерии (аорты) и вены (верхней полой вены) видна различная толщина сосудов

Артерия

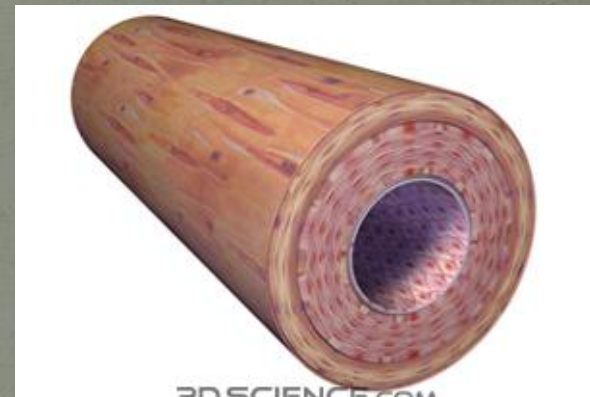
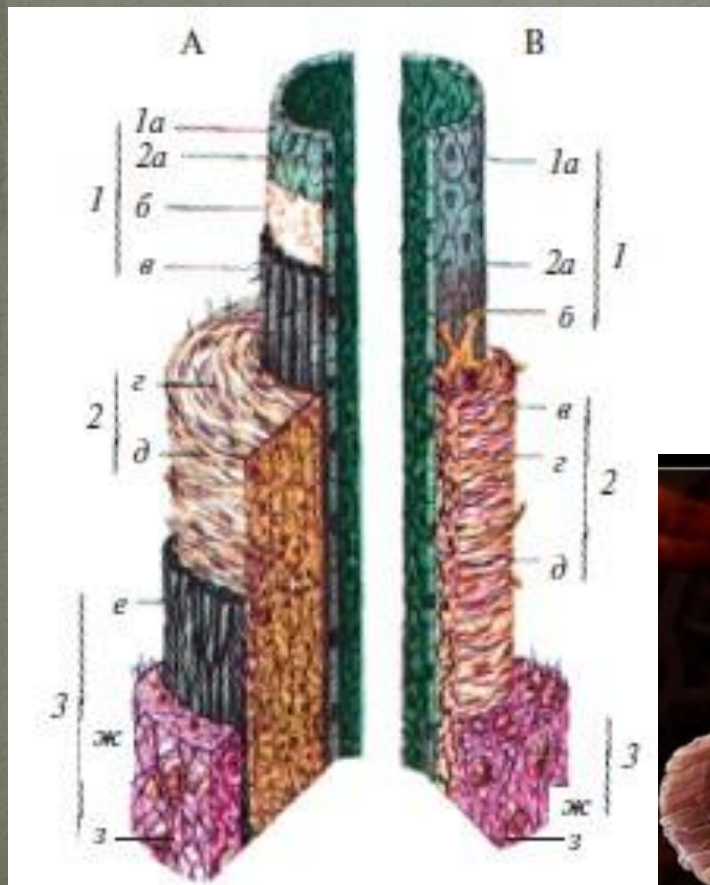
Вена



СТРОЕНИЕ СОСУДОВ

АМОРТИЗИРУЮЩИЕ СОСУДЫ: аорта, легочная артерия, крупные артерии

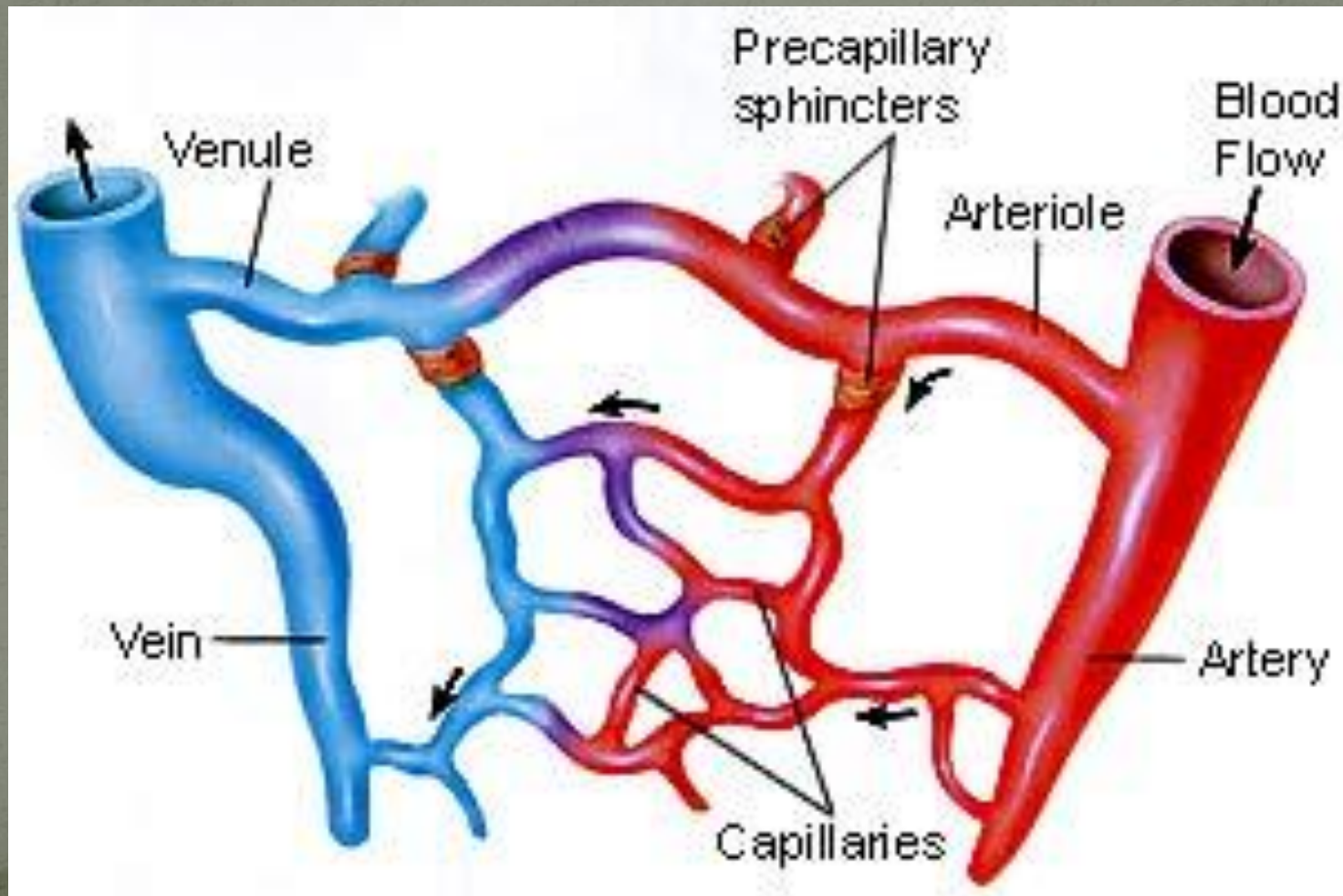
СОСУДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ: средние и мелкие артерии мышечного типа



СТРОЕНИЕ СОСУДОВ

РЕЗИСТИВНЫЕ СОСУДЫ (СОСУДЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ),
СОСУДЫ-СФИНКТЕРЫ:

мелкие (концевые) артерии, артериолы, венулы



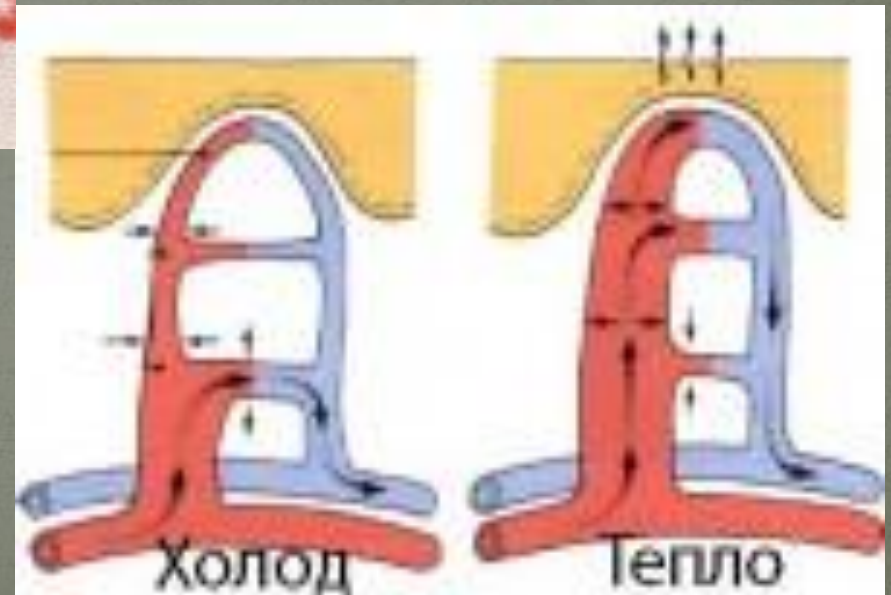
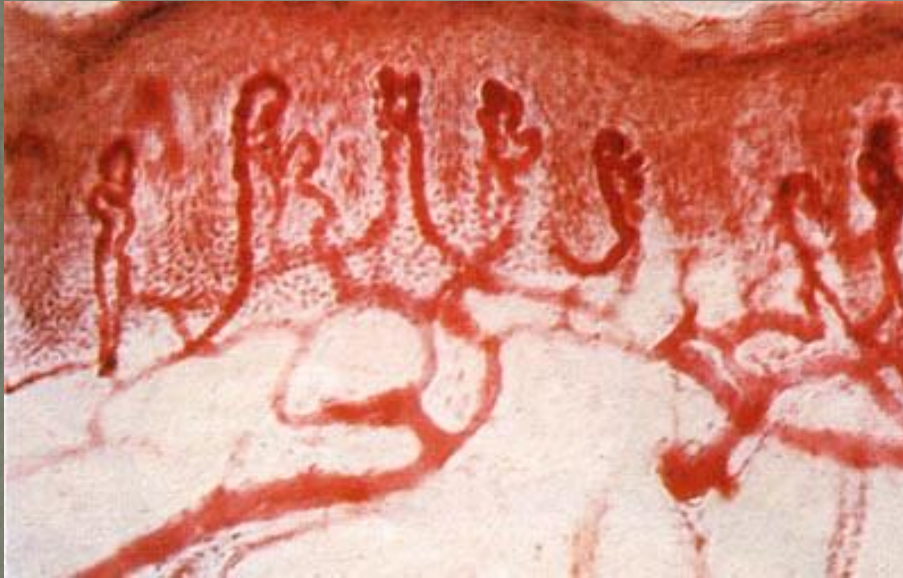
СТРОЕНИЕ СОСУДОВ

ОБМЕННЫЕ СОСУДЫ: капилляры



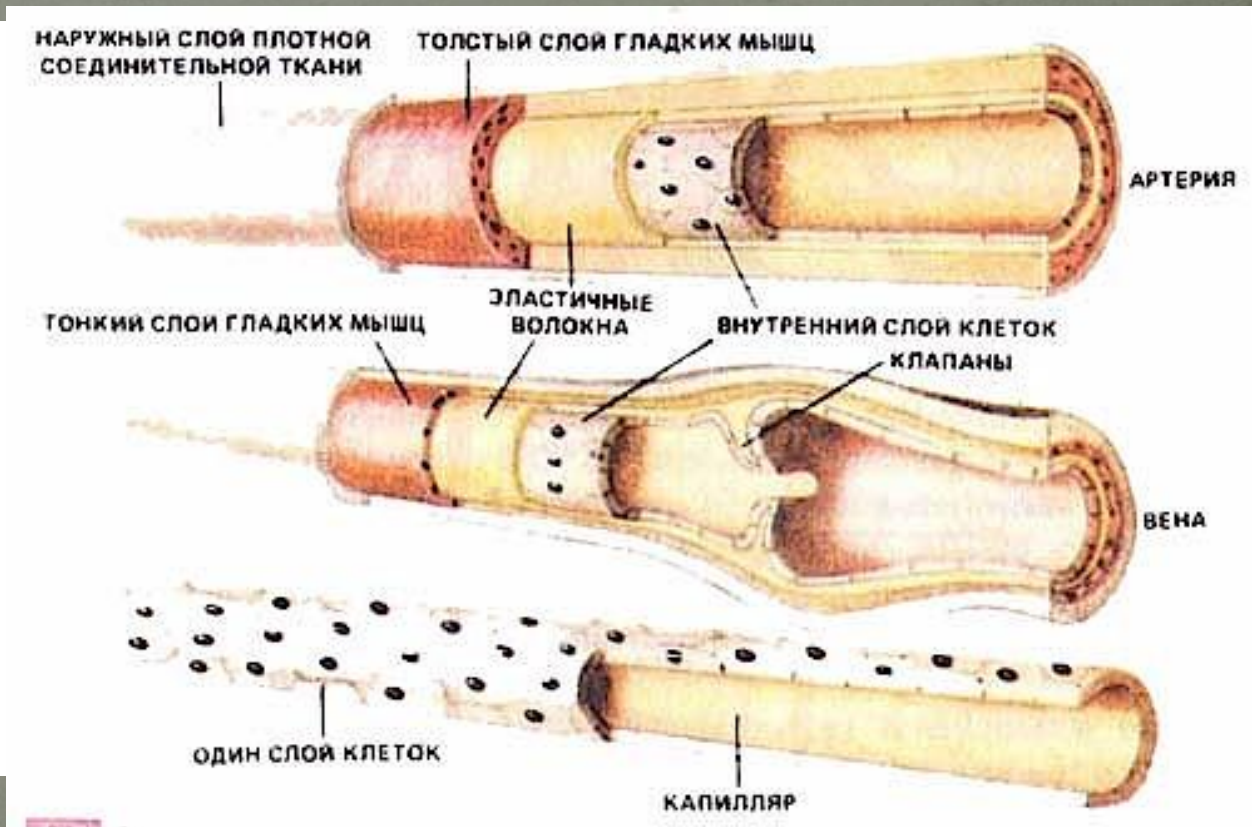
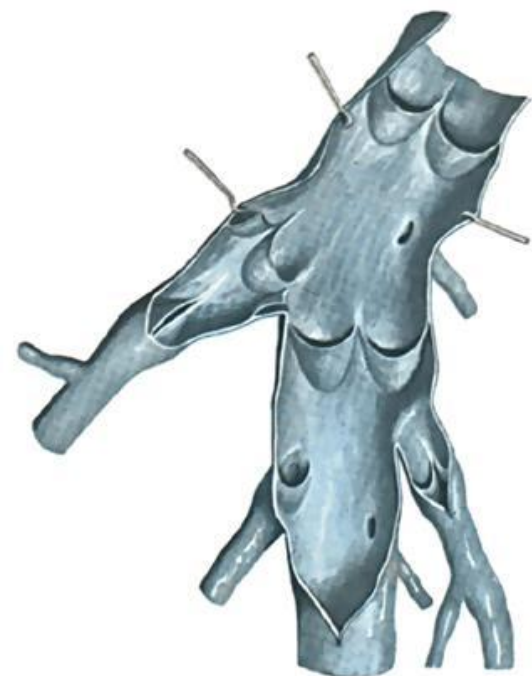
СТРОЕНИЕ СОСУДОВ

ШУНТИРУЮЩИЕ СОСУДЫ: артерио-венозные анастомозы



СТРОЕНИЕ СОСУДОВ

ЕМКОСТНЫЕ (АККУМУЛИРУЮЩИЕ) СОСУДЫ: вены и специализированные образования – синусоиды селезенки



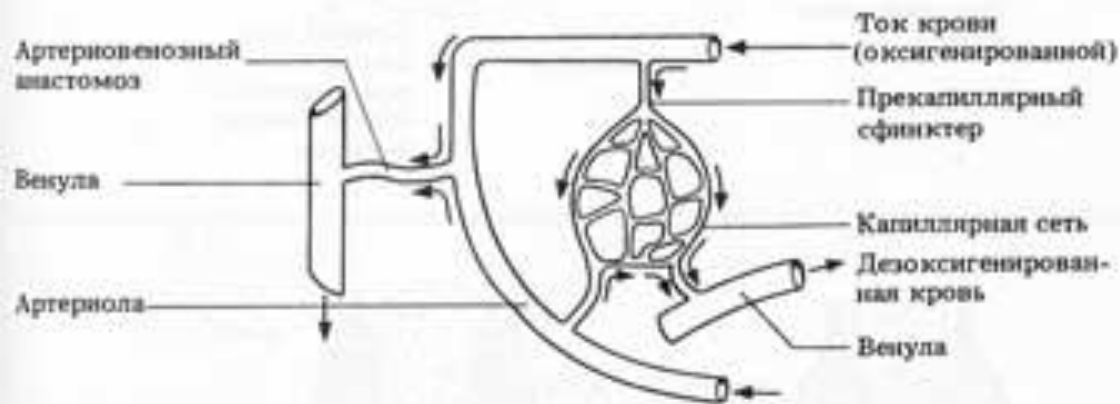
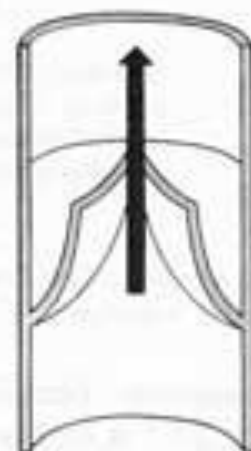


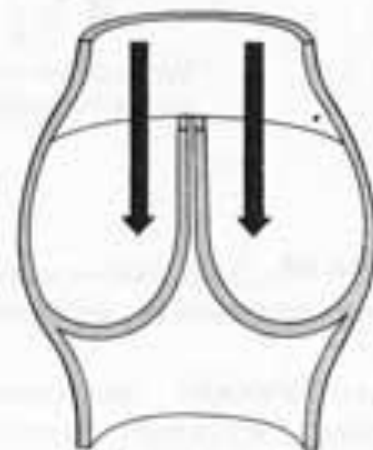
Рис. 14.41. Возможные пути перехода крови из артериолы в венулу.



Рис. 14.42. Сеть капилляров в ткани.



А Клапан открыт

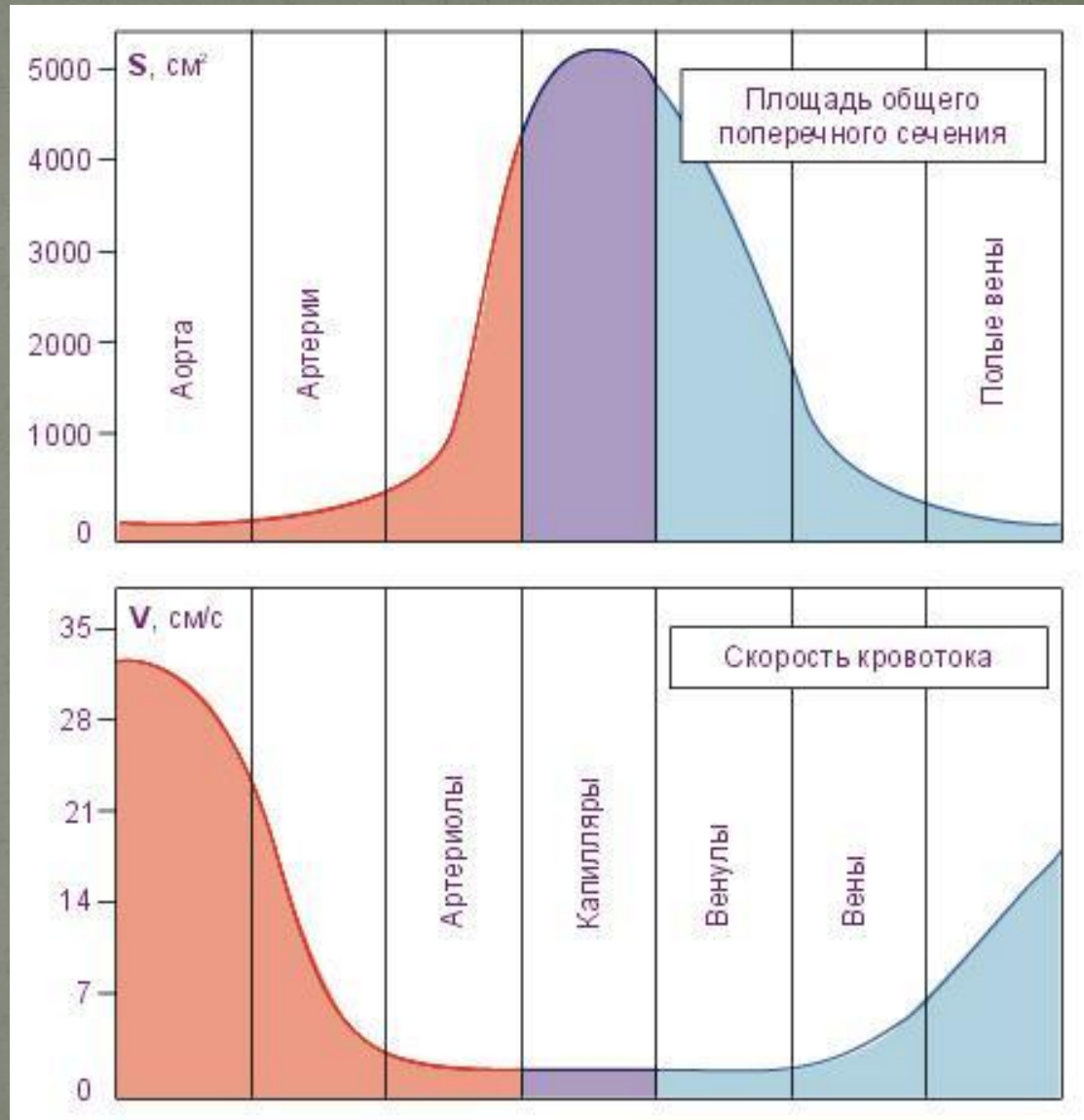


Б Клапан закрыт

Рис. 14.43. Механизм действия полулунного клапана в вене. А. Давление крови, направленное вверх, заставляет клапан открыться, и кровь течет по направлению к сердцу. Б. Обратное движение крови приводит к закрытию клапанов, поэтому кровь не может течь по направлению от сердца.

Движение крови по сосудам

- Кругооборот крови** - время, необходимое для прохождения частицы крови по большому и малому кругам кровообращения:
- У всех млекопитающих кругооборот совершается за **27 систол** сердца.
 - Скорость кругооборота у человека при 70-80 сокращениях сердца в минуту равняется 23-24 с.
 - 4-5 с прохождение малого круга;
 - 19-20 с прохождение большого круга кровообращения.



Объемная скорость

Объем крови, протекающий через поперечное сечение сосуда или нескольких сосудов (сосудистый бассейн) за единицу времени:

$$Q = V/t,$$

где Q – объемная скорость кровотока; V – объем крови; t – время.

Объемная скорость измеряется в **л/мин** или **мл/мин**.

Суммарная объемная скорость кровотока, то есть объемная скорость кровотока во всех сосудах данного отдела кровеносной системы, например, во всех артериях, вместе взятых, во всех капиллярах, вместе взятых и т.д., – постоянна по ходу сосудистого русла:

$$Q_2 = \text{const},$$

где Q_2 – суммарная объемная скорость кровотока.

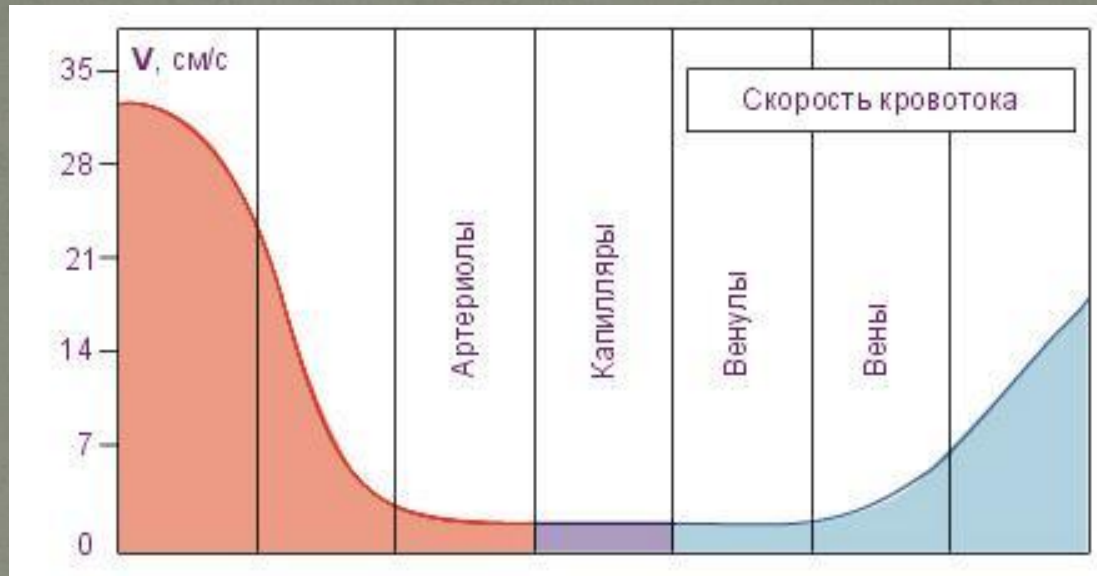
Таким образом, сколько крови выбрасывается в аорту, столько же проходит по всем капиллярам, возвращается по венам, выбрасывается в легочный ствол. Это обусловлено замкнутостью кровеносной системы – кровь из неё никуда не выходит и ниоткуда в неё не поступает.

Линейная скорость

Измеряется тем расстоянием, которое проходит частица крови за единицу времени (в секунду): $v = l/t,$

где v – линейная скорость кровотока; l – расстояние; t – время.

Линейная скорость разная в различных отделах сосудистой системы.



Чем выше линейная скорость кровотока в каком-то сосуде и шире этот сосуд, тем больше и объемная скорость кровотока в данном сосуде:

$$Q = v \times S,$$

где Q – объемная скорость кровотока; v – линейная скорость кровотока; S – площадь поперечного сечения сосуда.

Кровяное давление

- Величину кровяного давления в основном определяют два условия:
 - энергия, которая сообщается сердцем крови, выбрасываемой в аорту при систоле,
 - сопротивление артериальной сосудистой системы, которое приходится преодолевать току крови, оттекающей от аорты.
- Различают систолическое, диастолическое, среднее и пульсовое давление.
- **Систолическое давление** – максимальное давление, регистрируемое на высоте систолы.
- **Диастолическое давление** – минимальное давление, регистрируемое непосредственно перед началом изгнания крови из сердца.

Кровяное давление

- Пульсовое давление – разница между систолическим и диастолическим давлением.
- Среднее артериальное давление – усредненное за время сердечного цикла значение артериального давления. В центральных артериях оно близко к среднему арифметическому между систолическим и диастолическим давлениями, но все же не равно ему.
- У человека в покое в усредненном варианте АД, измеряемое на плечевой артерии, равно:
систолическое 120–125 мм рт.ст.,
диастолическое – 70–75 мм рт.ст.,
среднее – 95–100 мм рт.ст.,
пульсовое – 50 мм рт.ст.

Изменение среднего давления по

мм рт.ст

ходу сосудистого русла



МЕХАНИЗМЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ВЕНОЗНОМУ ВОЗВРАТУ

1. Мышечный насос - сдавливание вен при сокращении скелетных мышц и выталкивание крови в направлении к сердцу;
2. Дыхательный насос - снижение давления в грудной клетке во время вдоха ;
3. Присасывающее действие сердца - смещение атриовентрикулярной перегородки вниз во время периода изгнания, открытие атриовентрикулярных клапанов и поступление крови из правого предсердия и полых вен в правый желудочек.

Кровообращение при изменениях положения тела

- **Ортостатическая проба.** При переходе человека из горизонтального положения в положение стоя, вследствие уменьшения притока крови по венам к сердцу, вначале давление уменьшается (у людей с гипотонией – вплоть до потери сознания), ЧСС рефлекторно возрастает.
- Далее при вертикальном положении, при отсутствии двигательной активности, увеличивается фильтрация жидкости в микрососудах, уменьшается возврат крови к сердцу, снижаются СВ, МВ и, как следствие, АД.
- При длительном стоянии активируются регуляторные механизмы, что ведет к рефлекторному усилению сердечной деятельности и сужению сосудов. ЧСС повышается, что ведет к нормализации АД.
- Гемодинамические реакции считаются нормальными, если через **10 МИН** после перехода в вертикальное положение систолическое давление находится в пределах $\pm 5\%$ исходной величины, а диастолическое снижается не более чем на **5 мм рт.ст.**

Кровообращение при физическом напряжении

- При **умеренной физической нагрузке** МВ удваивается, а при максимальной – возрастает в 6-7 раз. Объем кровотока в мышцах повышается в 30 раз, увеличивается систолическое давление при неизменном или несколько сниженном диастолическом АД. Увеличение МВ при физической работе является результатом возрастания ЧСС.
- Увеличение частоты и силы сердечных сокращений обеспечивает возрастающие потребности организма в доставке кислорода и питательных веществ к усиленно работающим мышцам и удалении продуктов обмена, прежде всего углекислого газа.
- Несмотря на значительное увеличение выброса крови сердцем при физической нагрузке (МВ может возрасти в 5-6 раз, от 5 до 30 л), АД увеличивается не намного.
- При физическом напряжении возрастает коронарный кровоток и улучшается кровоснабжение головного мозга.

Кровообращение при эмоциональном напряжении

- При **эмоциональных реакциях** изменения в кровообращении подобны тем, которые возникают при физической нагрузке: резко возрастают частота и сила сердечных сокращений, однако АД повышается в большей степени, так как нет рабочей гиперемии в мышцах.
- Усиление деятельности сердца при эмоциях – первоначально – полезная приспособительная реакция, сформировавшаяся в процессе эволюции и служащая для мобилизации ресурсов организма. Однако **эмоциональное напряжение** вследствие различных переживаний **при отсутствии физической нагрузки** нецелесообразно, оно **носит негативный характер** и при частых повторениях может привести к патологическому состоянию организма.
- При повторяющихся физических или эмоциональных напряжениях в одной и той же обстановке вырабатывается условно-рефлекторное усиление и учащение сердечной деятельности при попадании человека в эту обстановку.

Домашнее задание:

Темы: Кровообращение и сердечно-сосудистая система

- Учебник «Лекции по дисциплинам «Экологическая физиология» и «Биология человека». О. М. Родионова, В.В. Глебов – часть 1. – стр. 86-118.
- Сайт кафедры Экологии человека. Дисциплины. Экологическая физиология. Курс лекций.
http://web-local.rudn.ru/web-local/disc/?id=250&rasd_id=44655&v=1640#niz
- Учебники по нормальной физиологии.

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ !**