

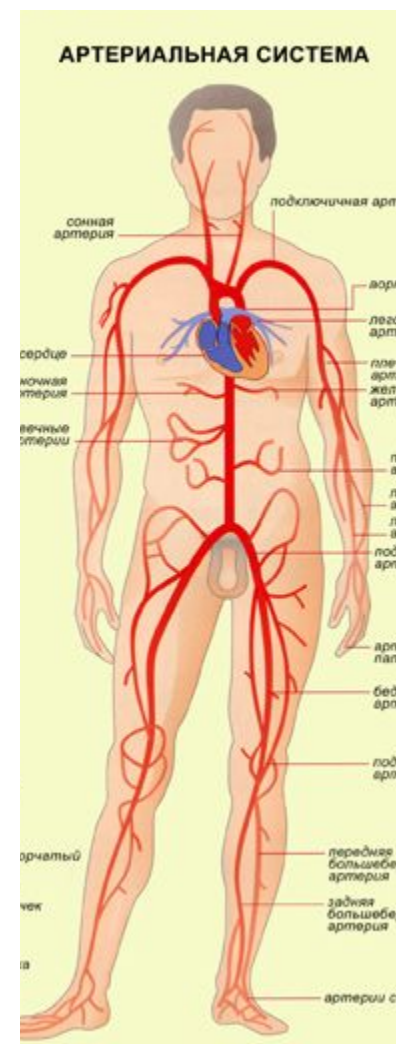
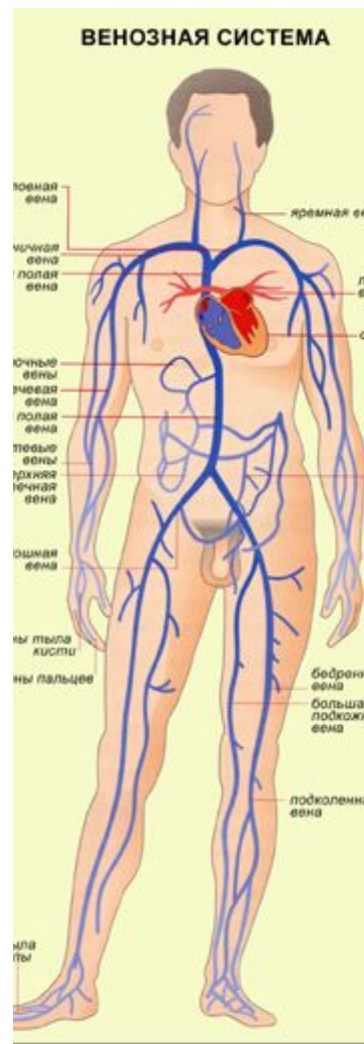
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА образована **СЕРДЦЕМ** и **кровеносными СОСУДАМИ.**



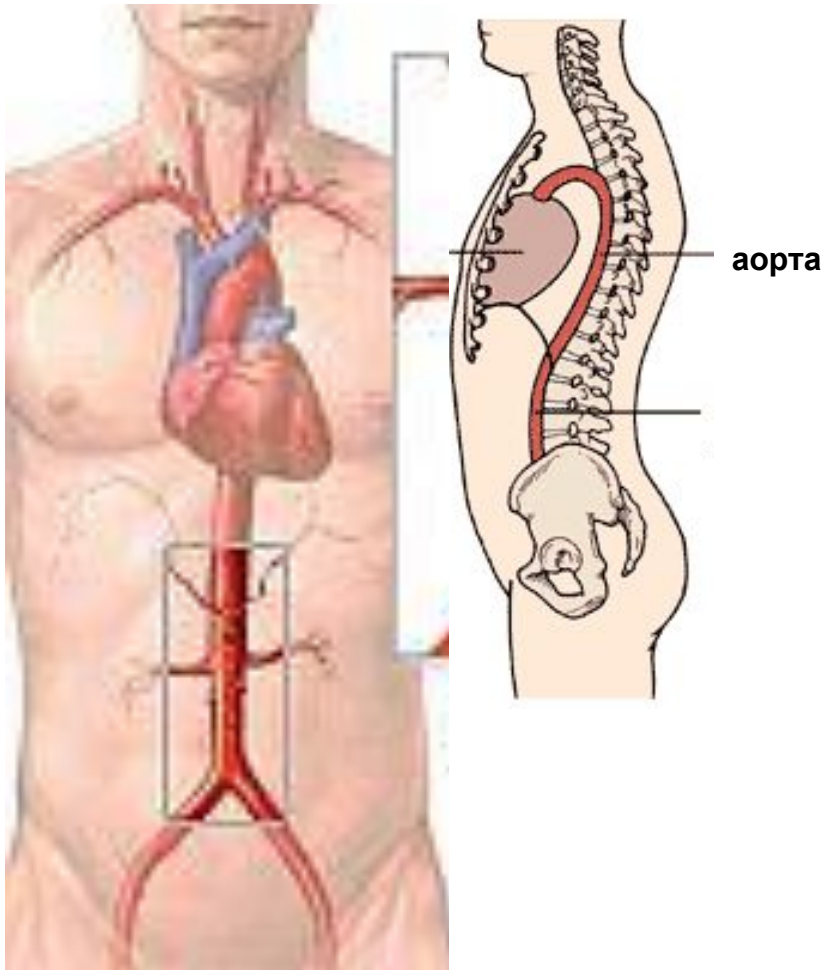
ССС обеспечивает циркуляцию крови в организме и транспорт содержащихся в ней веществ к органам, тканям и клеткам.

Функции ССС:

- трофическая** – доставка питательных веществ;
- дыхательная** - доставка кислорода и углекислого газа;
- экскреторная** - транспорт конечных продуктов обмена веществ к органам выделения;
- регуляторная** - доставка биологически активных веществ (например, гормонов);
- иммунная** – транспорт **медиаторов воспаления, цитокинов** и др.



Расположение сердца



Сердце расположено в грудной клетке позади грудины.

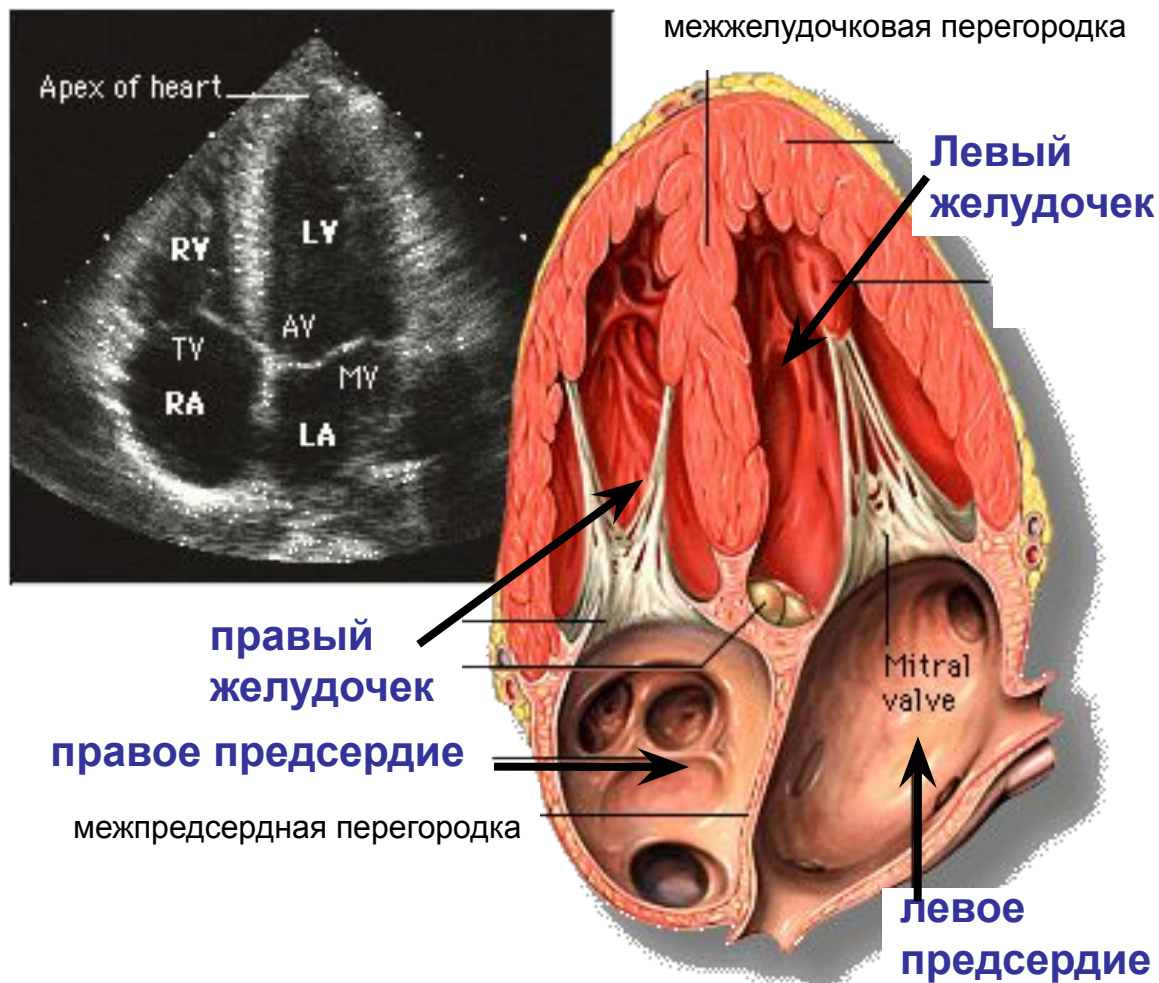
Расширенное **основание** обращено вверх, кзади и вправо; **верхушка** – вниз, кпереди, влево.

Две трети сердца лежат в левой половине грудной клетки, одна треть – в правой.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ СЕРДЦА

У млекопитающих (в т. ч. человека) сердце **четырёхкамерное**.

Сплошная перегородка делит сердце на **«правое» и «левое»**. В каждой половине имеются **предсердие** и **желудочек**, которые сообщаются между собой в одном направлении.



Пример изображения сердца при ультразвуковой эхографии (четыре камеры)

сердечно-сосудистая система = система кровообращения

Кровообращение - движение крови по замкнутой системе кровеносных сосудов – **сосудистому руслу** - в строго определенном направлении.

В организме человека кровь совершает **полный оборот за 23 секунды**, делая за сутки свыше 3700 оборотов. У кролика на полный оборот затрачивается 7 секунд, у мелких животных – еще меньше. А у насекомых кругооборот крови занимает 30-35 минут!

Кровь в организме циркулирует по двум **кругам кровообращения.**



Орхидейный богомол

КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

МАЛЫЙ КРУГ

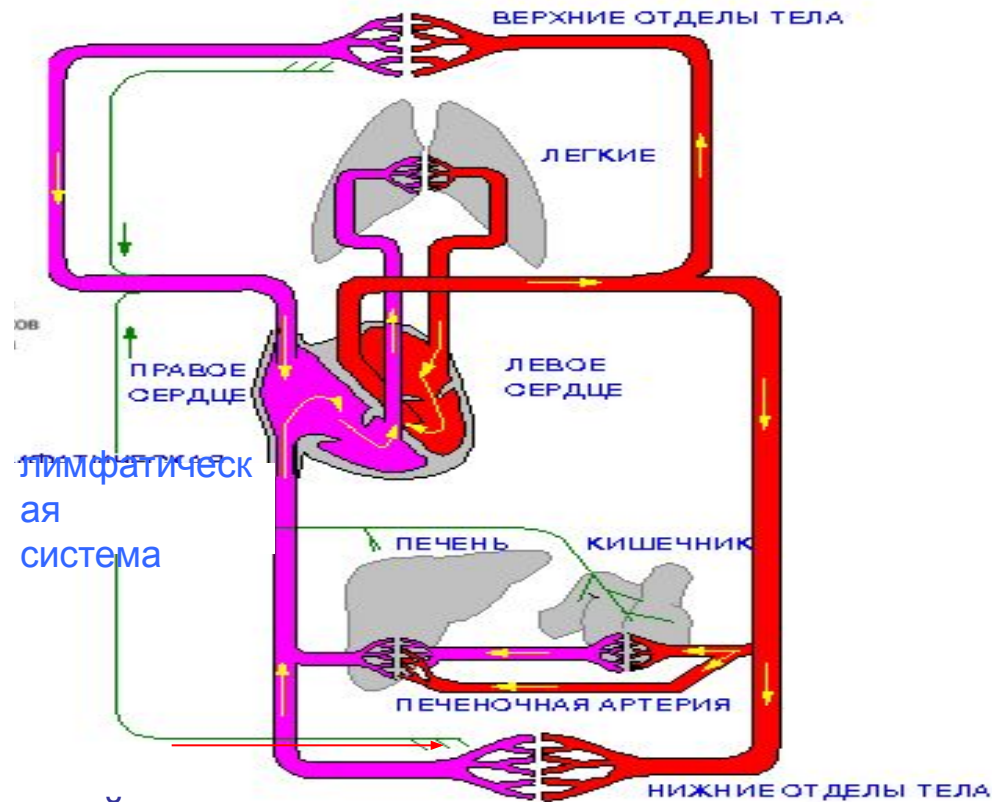
(ЛЕГОЧНЫЙ)

начинается в правом желудочке. Кровь поступает в легкие, где обогащается кислородом, и возвращается в левое предсердие. Здесь заканчивается малый круг кровообращения. Кровь переходит в левый желудочек. Отсюда начинается

БОЛЬШОЙ КРУГ

(СИСТЕМНЫЙ)

Насыщенная кислородом кровь поступает к органам и тканям тела, отдает кислород и возвращается в правое предсердие. Здесь заканчивается большой круг кровообращения. Кровь переходит в правый желудочек. Цикл повторяется



Малый круг

полые вены

↓
правое предсердие
↓
правый желудочек
↓
легочная артерия

↓
легкие

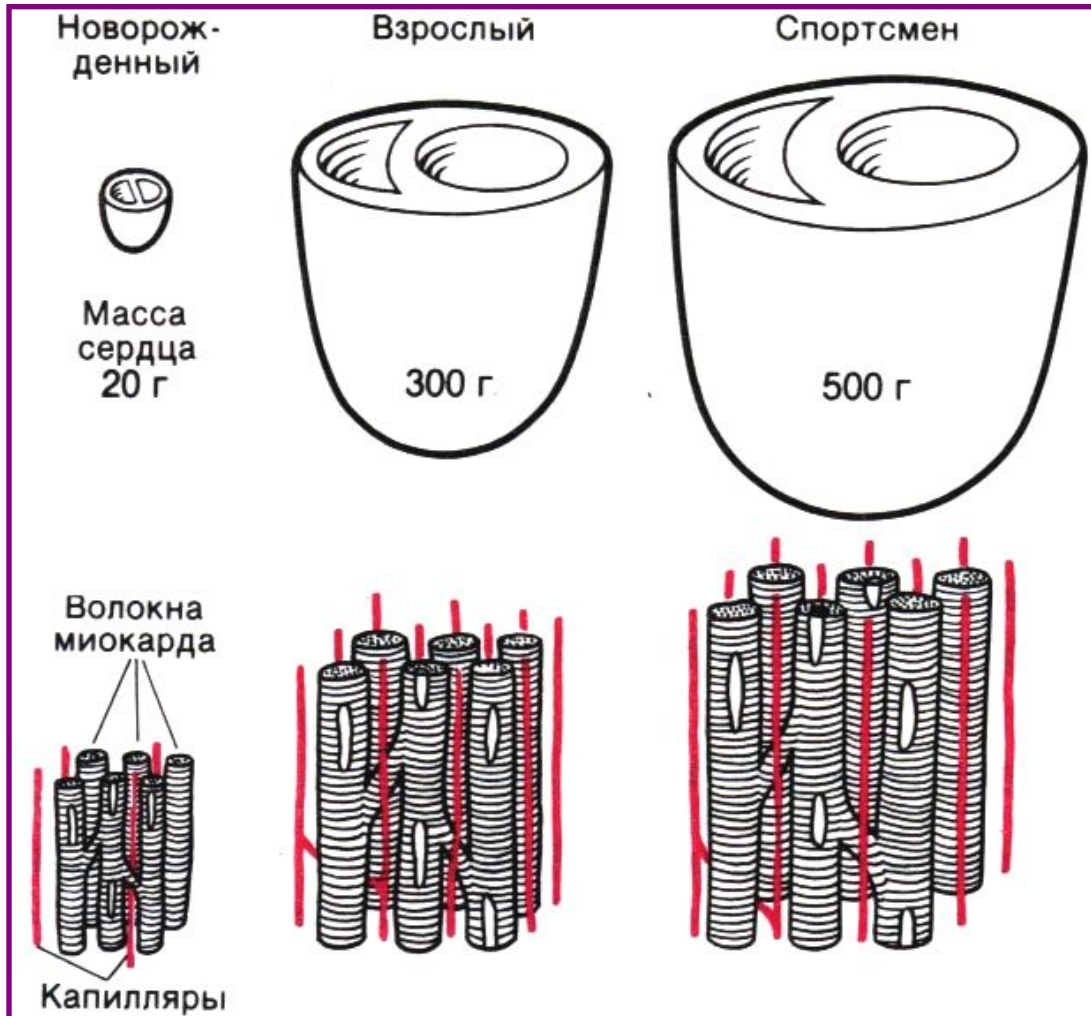
Большой круг

легочные вены

↓
левое предсердие
↓
левый желудочек
↓
аорта

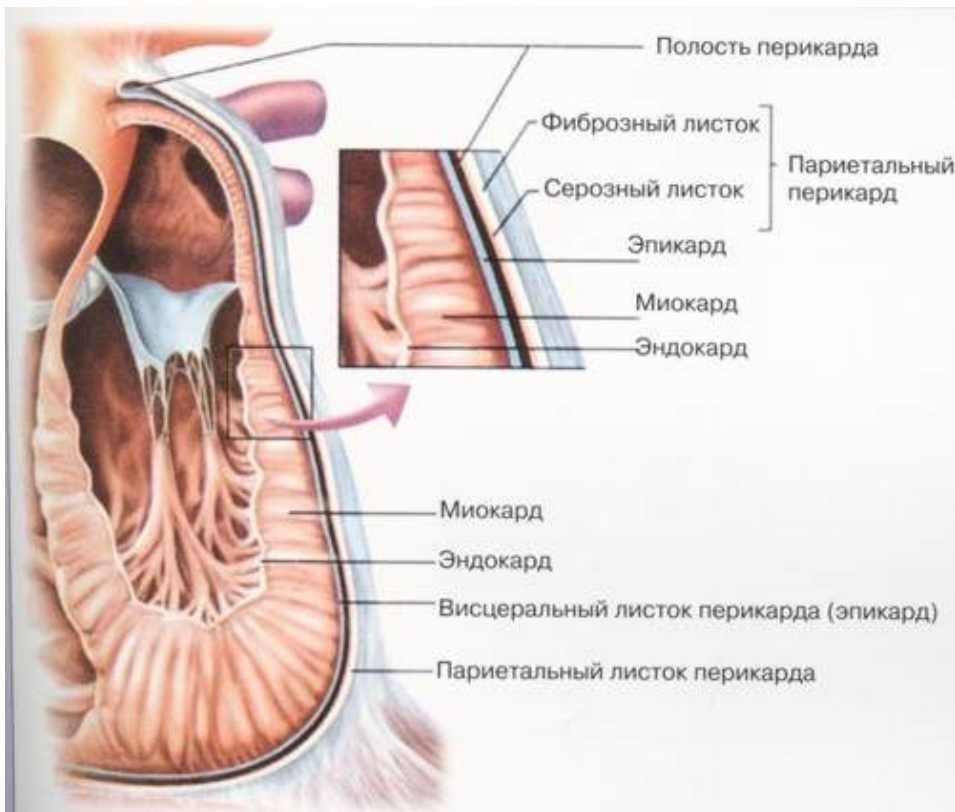
↓
органы и ткани

В ССС сердце выполняет роль насоса, заставляя кровь двигаться по сосудам большого и малого кругов кровообращения. Соответственно, левая часть сердца, откуда начинается движение крови по всему организму, существенно больше правой части, откуда кровь движется к легким.



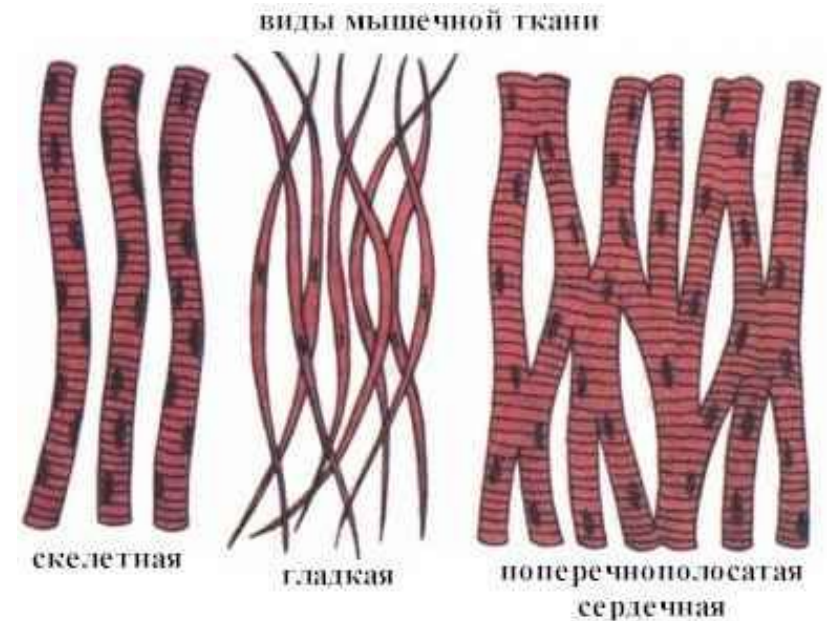
**Соотношение массы
левого и правого
желудочков – 3/1**

Чем большую работу выполняет сердце, тем больше его размеры и масса.



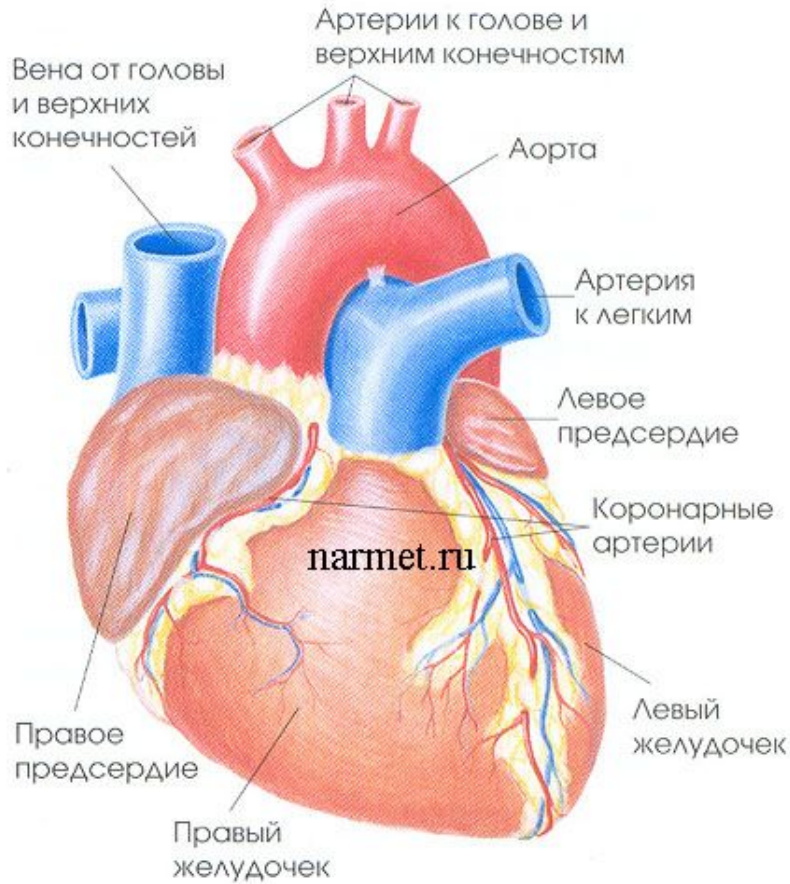
Сердце располагается в околосердечной сумке (перикард), заполненной жидкостью. Стенку сердца образуют три слоя: наружный - эпикард, средний – миокард, внутренний - эндокард. Работа сердца обеспечивается мышечной тканью – **миокардом**.

Клетки миокарда - **кардиомиоциты** - аналогичны соматическим поперечно-полосатым мышечным волокнам. В определенных участках они сливаются (переплетаются), что позволяет сердечной мышце работать как единое целое. Благодаря этой особенности сердце способно быстро сокращаться.



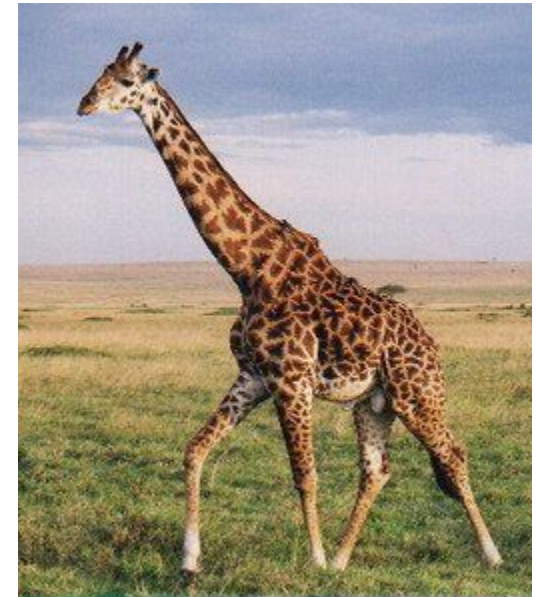
Наращение массы сердца в норме происходит за счет увеличения размера кардиомиоцитов.

РАЗМЕРЫ СЕРДЦА



Сердце в наполненном состоянии – величиной с кулак исследуемого человека. Длина сердца у взрослого человека – в среднем 13 см, ширина – 10 см, толщина – 7 см, толщина стенки правого желудочка – 4 мм, левого – 13 мм, толщина перегородки желудочков – 10 мм. Вес сердца достигает у мужчин 300 г, у женщин – 250 г.

Самое большое сердце из наземных позвоночных у жирафа. Оно весит 11 кг, имеет длину 60 см и толщину стенки 6 см.



Выполняя насосную функцию, сердце перекачивает за минуту около **6 л** крови, за сутки – не меньше **6-10 тонн**, а за всю жизнь через сердце пройдет **250 000 тонн** крови.

Русский физиолог [И.Ф.Цион](#) подсчитал, что сердце в течение человеческой жизни совершает работу, равную усилию, которого было бы достаточно, чтобы поднять на Монблан (4810 м) железнодорожный состав.

Для сравнения работы сердца у различных животных рассчитывают, какое количество крови перекачивает сердце за одну минуту на каждые 100 г веса тела. Сердце улитки работает с такой же нагрузкой, как и сердце человека. Сердце собаки перекачивает в 2 раза больше крови, а сердце кошки – в 10 раз больше.

В клинической литературе для характеристики работы сердца используют понятия:

- **сердечный выброс**
- **минутный объем кровообращения (МОК)**
- **ударный объем крови (УОК)** (систолический объем).



Ударный объем крови - количество крови, нагнетаемой каждым желудочком в магистральный сосуд (аорту или легочную артерию) при одном сокращении сердца.

УОК в состоянии покоя – 70-100 мл, что составляет от трети до половины общего количества крови, содержащейся в желудочке к концу диастолы. Оставшаяся в желудочке после систолы кровь составляет **резервный объем крови**, который используется в ситуациях, требующих усиления гемодинамики (при физической нагрузке, эмоциональном стрессе и др.). Увеличение УОК достигается за счет усиления сократительной силы миокарда.

$$\text{УОК} \times \text{ЧСС} = \text{Сердечный выброс}$$

Сердечный выброс – количество крови, выбрасываемой сердцем в системный кровоток (в большой круг кровообращения за 1 минуту (5,5 л).



Минутный объем крови – количество крови, выбрасываемое в аорту (или легочную артерию) за 1 минуту работы сердца.

Размерность МОК – л/мин. Чтобы нивелировать влияние индивидуальных антропометрических различий на величину МОК, его выражают в виде **сердечного индекса (СИ)**.

$$\text{МОК/площадь поверхности тела} = \text{СИ (л/м}^2\text{)}$$

$$\frac{\text{МОК при напряженной мышечной работе}}{\text{МОК в покое}} = \text{Функциональный резерв ССС}$$

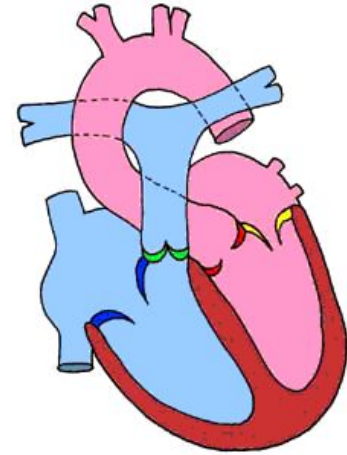
Гемодинамический функциональный резерв сердца у здоровых людей составляет 300–400 %. Это означает, что МОК покоя может быть увеличен в 3–4 раза. У физически тренированных лиц функциональный резерв достигает 500–700 %.

МОК в покое - 5–5.5 л/мин. СИ в покое - 3–3.5 л/(мин. м²).

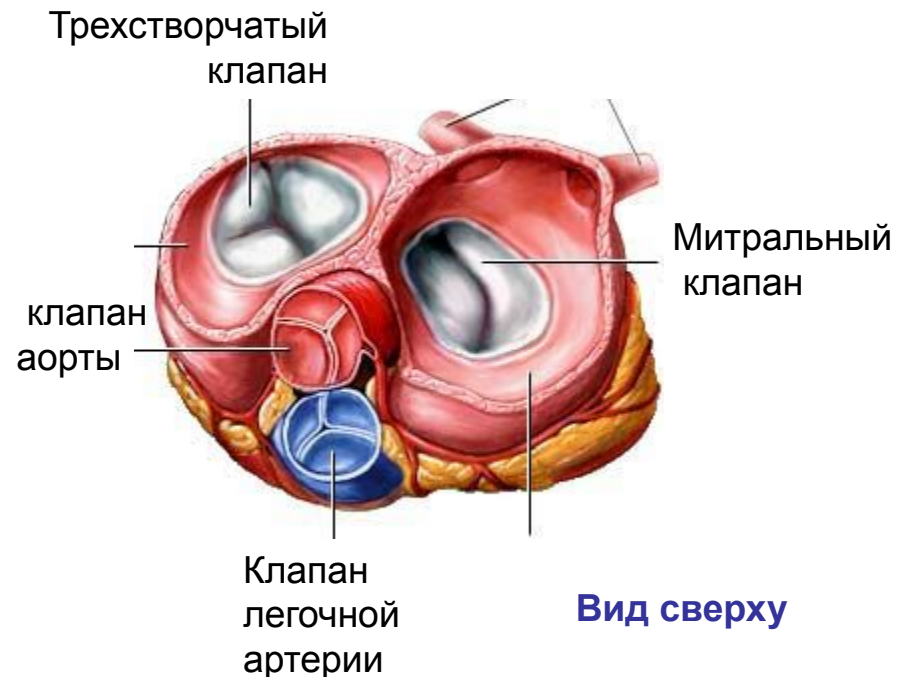
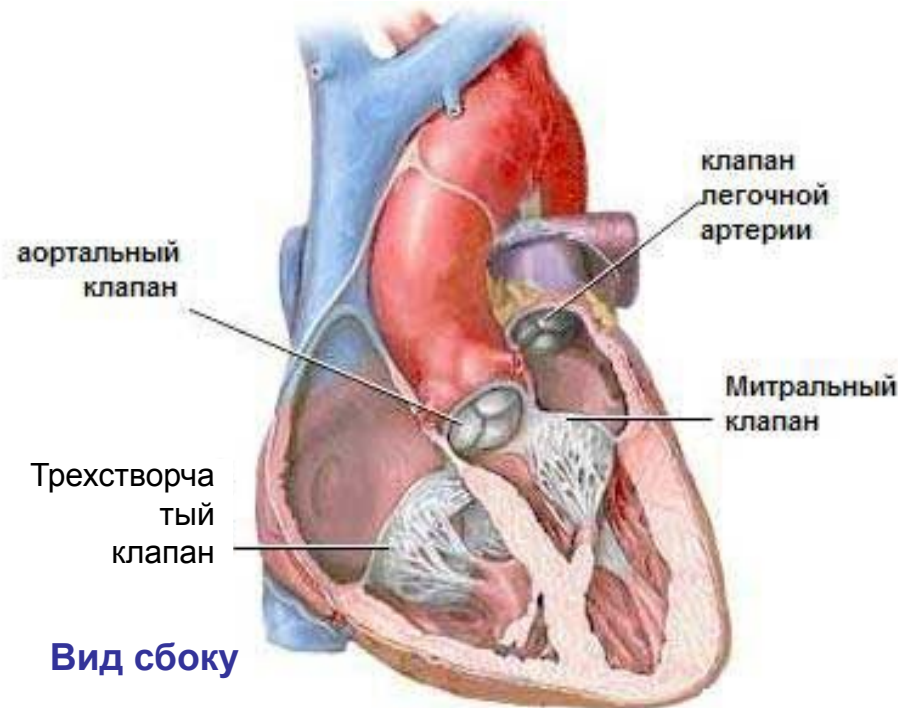
В период тяжелой работы МОК может увеличиться до 25–30 л/мин, а у спортсменов – до 35–40 л/мин.

КЛАПАНЫ СЕРДЦА

Предсердие и желудочек каждой стороны сердца соединяются отверстием. Эти отверстия открывают и закрывают **створчатые** предсердно-желудочковые клапаны: левый - **митральный**, правый - **трехстворчатый**. На входе в аорту и легочную артерию расположены **полулунные** клапаны.



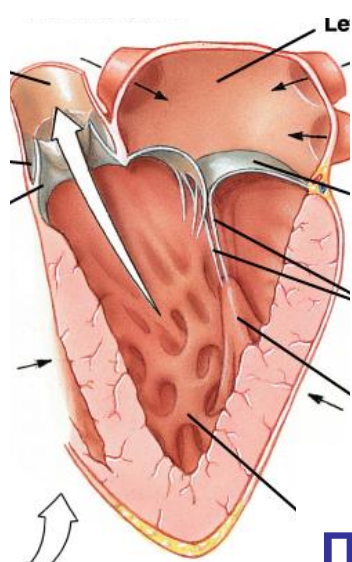
Клапаны действуют как ворота, давая крови возможность переходить из предсердий в желудочки и из желудочков в связанные с ними кровеносные сосуды. **Устройство клапанов обеспечивает движение крови только в одном направлении.**



Сокращение
желудочков

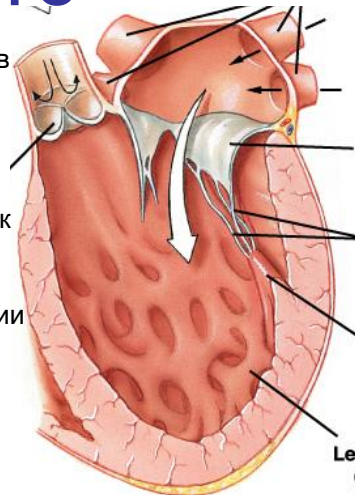
Расслабление
желудочков

РАБОТА КЛАПАНОВ СЕРДЦА



МИТРАЛЬНОГО

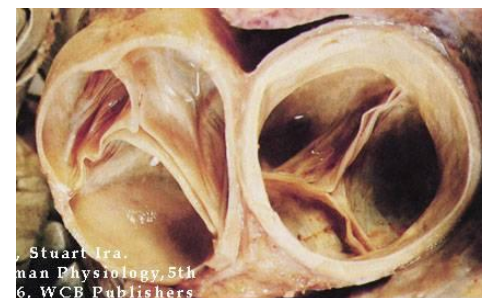
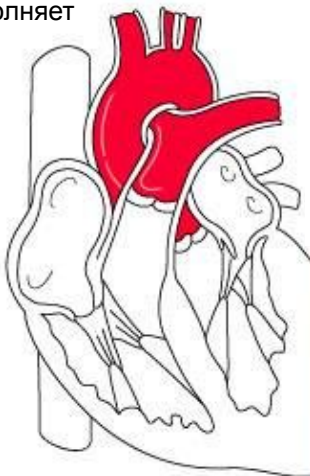
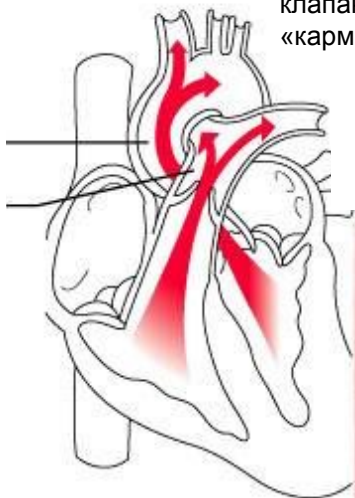
Клапан открывается только в сторону желудочков. Выворачиванию клапанов в сторону предсердий препятствуют сухожильные нити, которые прикреплены к папиллярным мышцам в стенке желудочка. Нити натягиваются при сокращении желудочка.



И

ПОЛУЛУННЫХ

Ток выбрасываемой в артерии крови прижимает к стенкам сосудов «карманы» полулунных клапанов. Обратный ток крови наполняет «карманы», и клапаны смыкаются.



Stuart Ira.
Human Physiology, 5th
6, WCB Publishers

ПАТОЛОГИЯ КЛАПАНОВ

Можно выделить две основные группы нарушений работы клапанов сердца



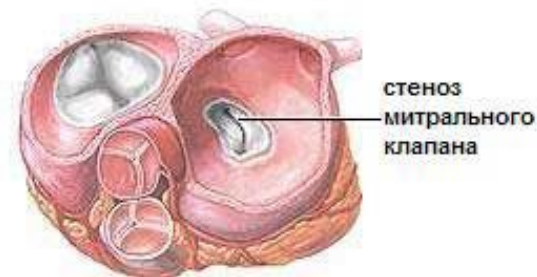
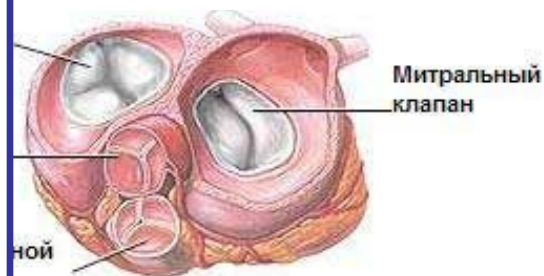
НЕДОСТАТОЧНОСТЬ



нарушение
запирательной
функции клапана

могут быть врожденными или развиваться вследствие повреждения створок клапана

СТЕНОЗ



сужение или
неполное
открытие клапана

ПАТОЛОГИЯ КЛАПАНОВ



норма

Вид сверху

Normal Valve Closed



Leaky Valve



норма

Вид сверху

Normal Valve Open



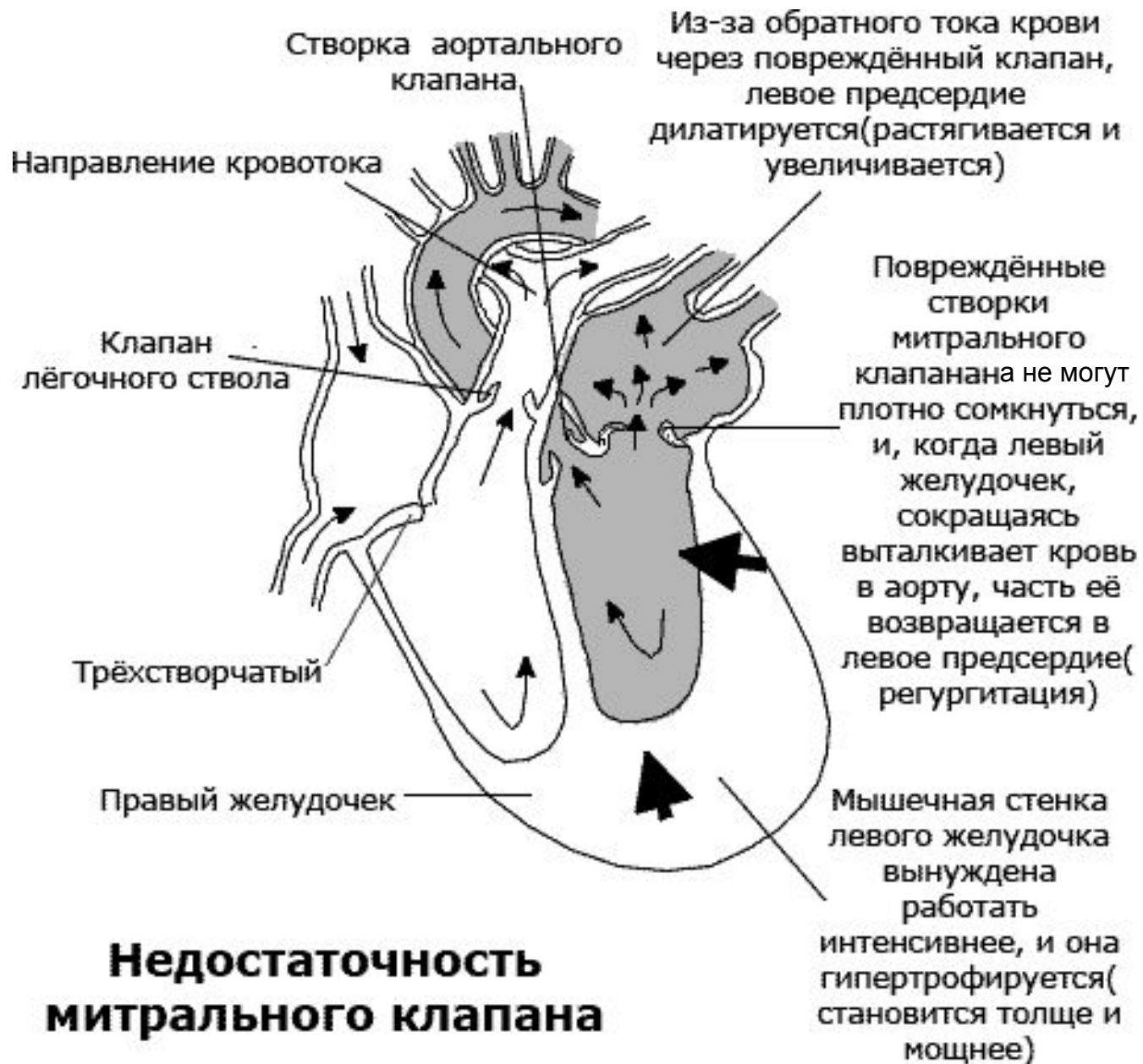
Valve that does not open wide enough



недостаточность клапана приводит к появлению **РЕГУРГИТАЦИИ** (обратный ток крови через клапан)

стеноз клапана затрудняет опорожнение камер сердца

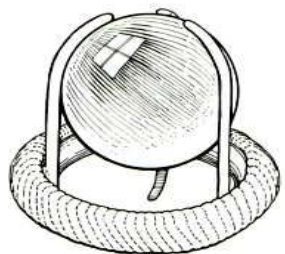
Компенсаторно развивается **гипертрофия** соответствующих камер миокарда



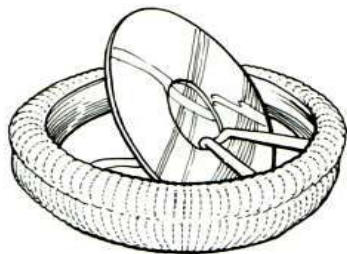
В случае серьезного повреждения клапана производится хирургическая операция по его замене. Используют два вида

ИСКУССТВЕННЫХ КЛАПАНОВ:

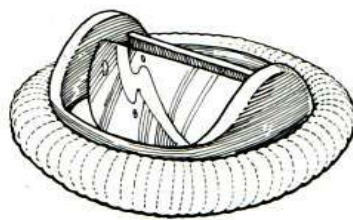
- **Механические клапаны**, изготовленные из пластика, углерода или металла.



шариковые

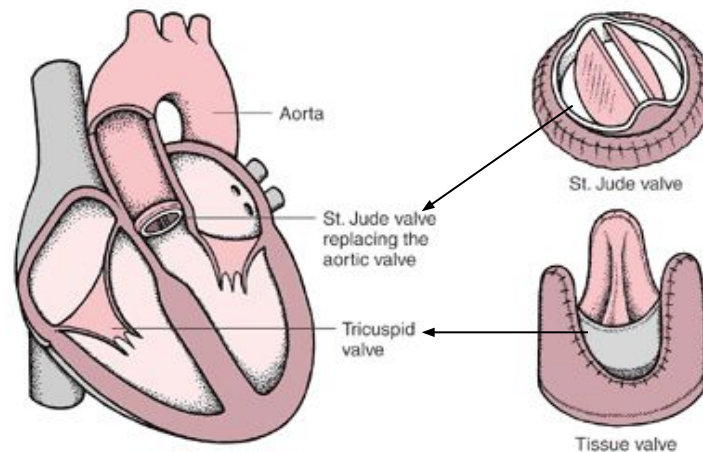
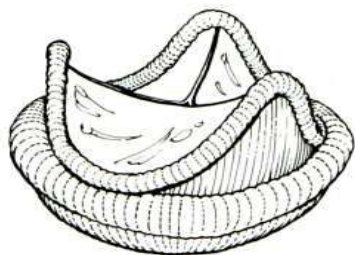


дисковые



створчатые

- **Биологические клапаны** (биопротезы), которые изготавливаются из живой ткани животных (**ксенотрансплантат**) или из человеческой ткани (**аллотрансплантат**).



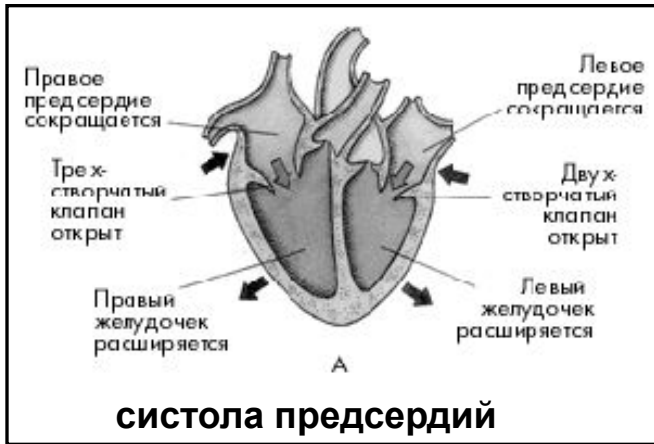
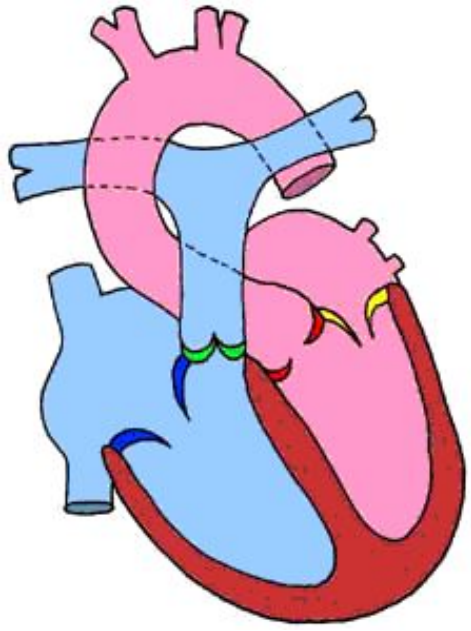
Операцию проводят на открытом сердце

или через систему кровообращения

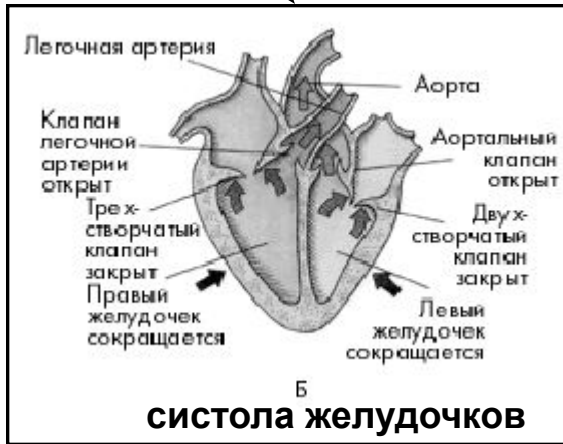
В течение одного сердечного цикла
клапаны и сердечная мышца
участвуют в **40 последовательных движениях**

СОКРАЩЕНИЕ
СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ
- **СИСТОЛА**

РАССЛАБЛЕНИЕ
СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ
- **ДИАСТОЛА**

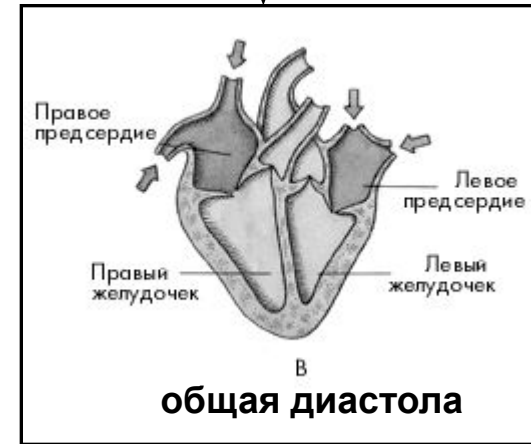


0,1 с



0,3 с

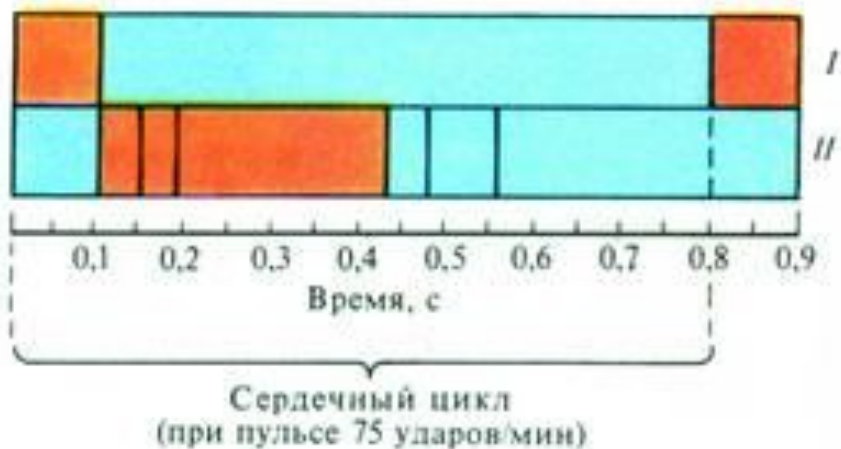
0,8 с



0,4 с

Представление о том, что сердце трудится без передышки, не совсем верно. Сердце тоже отдыхает, но короткими промежутками времени.

ФАЗЫ СЕРДЕЧНОГО ЦИКЛА



Сердечный цикл складывается из
□ систолы предсердий (0,1 с),
□ систолы желудочков (0,4 с),
□ общей паузы (0,4 с).

I - предсердия, II - желудочки.

Красный цвет - систола, голубой - диастола.

Оптимальный режим работы сердца:

предсердия работают 0,1 с, а 0,7 с отдыхают;

желудочки работают 0,3 с, а 0,5 с отдыхают

В сутки предсердия работают примерно 4 часа и отдыхают 20 часов, желудочки 10 часов работают, 14 часов отдыхают.

ЧАСТОТА СОКРАЩЕНИЙ СЕРДЦА (ЧСС) – количество сердечных циклов за 1 минуту (ПУЛЬС)

У млекопитающих ЧСС зависит от размеров тела:
чем меньше животное, тем быстрее бьется сердце.



Слон

Масса – 3 тонны,
ЧСС – 20-30 уд/мин



Кит

Масса - 150 тонн,
ЧСС – 7 уд/мин



Кошка

Масса – 3 кг,
ЧСС – 140
уд/мин

Синица

Масса – 8 г,
ЧСС – 1200
уд/мин



ЧАСТОТА СОКРАЩЕНИЙ СЕРДЦА У ЧЕЛОВЕКА

У человека сердце начинает сокращаться на **18-й день** эмбриогенеза.

ЧСС у плода – 60 ударов в минуту; у новорожденного – 140 ударов в минуту; у взрослого человека в спокойном состоянии – 60-80 ударов в минуту, причем у женщин сердце бьется на 6-8 ударов в минуту чаще, чем у мужчин.

При тяжелой физической нагрузке пульс может ускоряться до 200 и более ударов в минуту.

За сутки сердце сокращается около 100 000 раз, перекачивая от 6000 до 7500 литров крови или 30-37 полных ванн емкостью 200 литров.

В год сердце в среднем совершает около 40 миллионов ударов.

<http://www.youtube.com/watch?v=rguztY8aqpk&feature=related>