

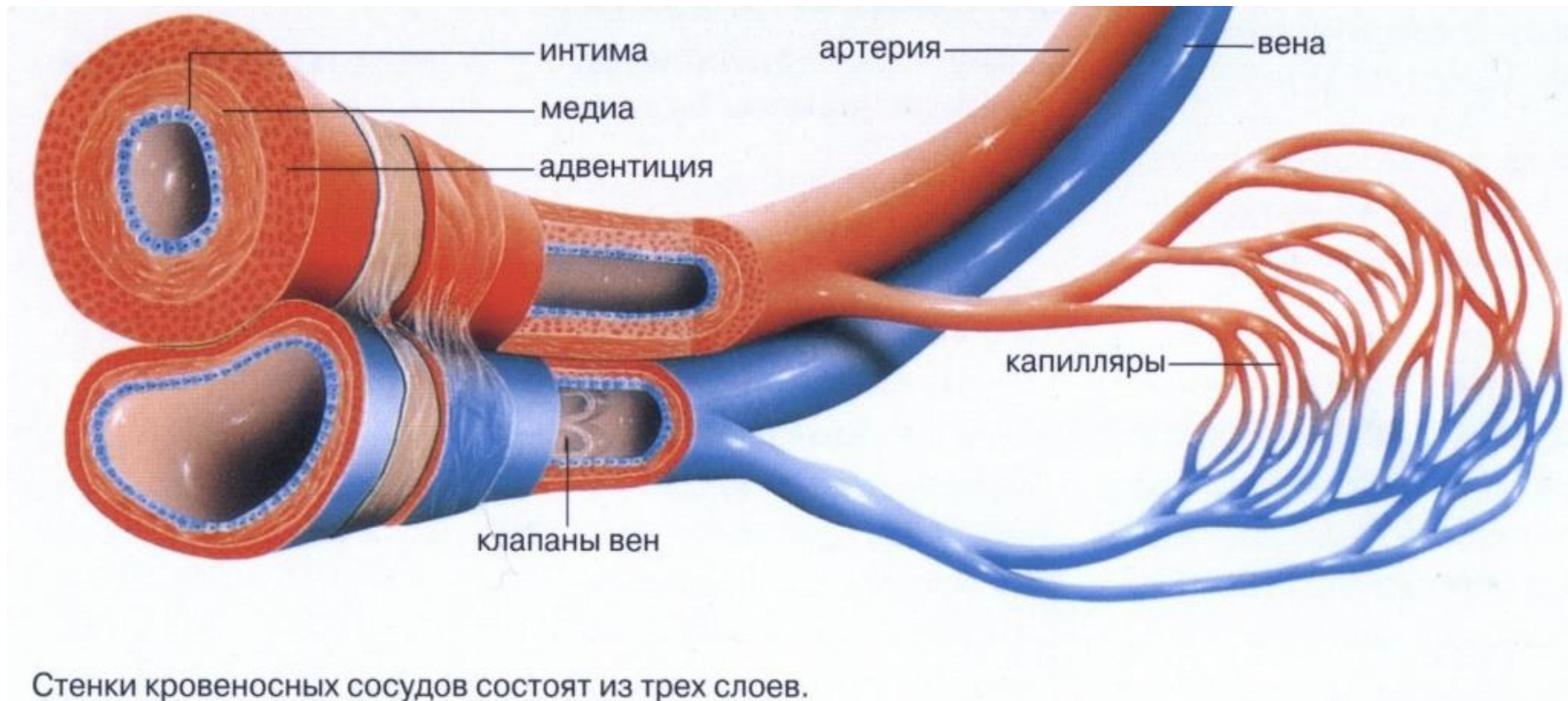
***Тема:***  
***«Строение и работа сердца»***

**Задачи:**

Изучить строение сердца и сосудов, работу и регуляцию работы сердца.

*Пименов А.В.*

## Органы кровообращения. Сердце

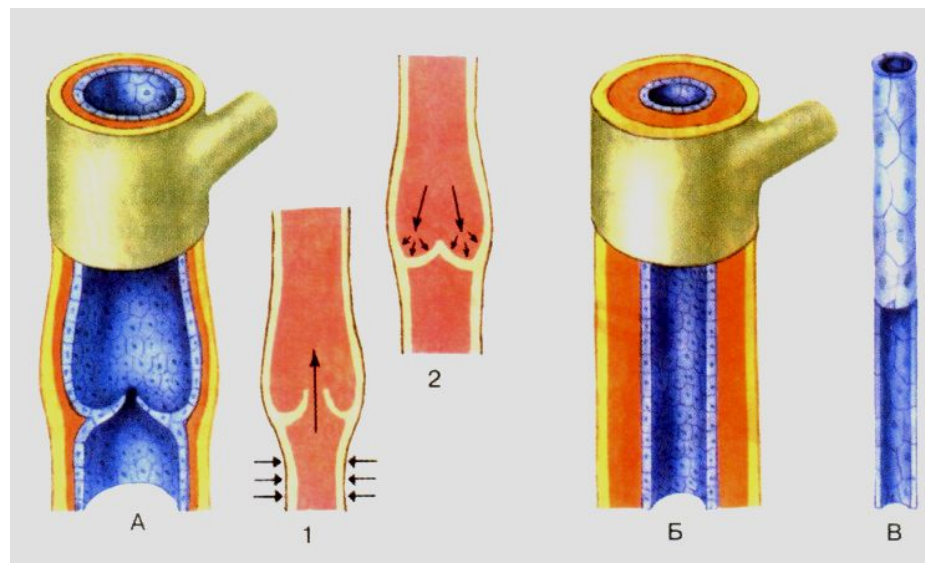
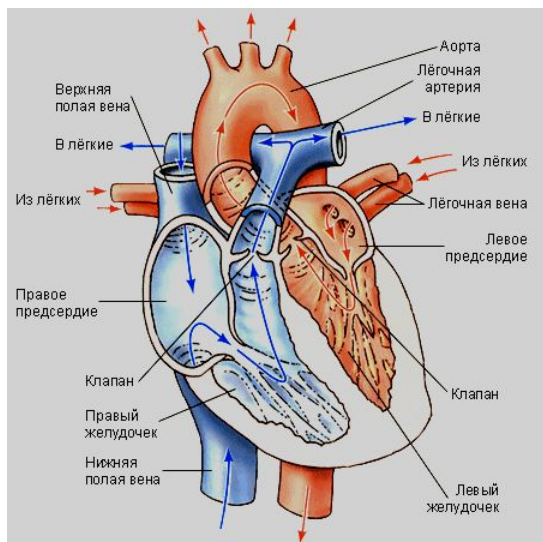


Стенки кровеносных сосудов состоят из трех слоев.

К органам кровообращения относятся кровеносные сосуды (артерии, вены, капилляры) и сердце.

**Артерии** – сосуды, по которым кровь течет от сердца, **вены** – сосуды, по которым кровь возвращается в сердце. Стенки артерий и вен состоят из трех слоев: внутреннего – из плоского эндотелия, среднего – из гладкой мышечной ткани и эластических волокон и наружного – из соединительной ткани.

# Органы кровообращения. Сердце



Крупным артериям, расположенным рядом с сердцем, приходится выдерживать большое давление, поэтому они имеют толстые стенки, их средний слой состоит, в основном, из эластических волокон. **Артерии** несут кровь к органам, разветвляются на **артериолы**, затем кровь попадает в **капилляры** и по **венулам** попадает в **вены**.

**Капилляры** состоят из одного слоя эндотелиальных клеток, расположенных на базальной мембране. Через стенки капилляров из крови в ткани диффундируют кислород и питательные вещества, а поступают углекислый газ и продукты обмена.

**Вены**, в отличие от артерий, **имеют полулунные клапаны**, благодаря которым кровь движется только в сторону сердца. Давление в венах небольшое, их стенки более тонкие и мягкие.

<i>Артерии</i>	<i>Вены</i>	<i>Капилляры</i>
Несут кровь от сердца	Несут кровь к сердцу <sup>1</sup>	Соединяют артерии с венами. Служат местом обмена веществами между кровью и другими тканями
Средняя оболочка толстая, состоит из эластических волокон и гладкомышечных клеток	Средняя оболочка сравнительно тонкая, гладкомышечных клеток и эластических волокон в ней мало	Средней оболочки нет. Единственная ткань — плоский эндотелий (разд. 6.3.1). Эластических волокон нет
Клапанов внутри нет (кроме места выхода из сердца)	В крупных венах через определенные интервалы находятся клапаны, препятствующие обратному току крови	Клапанов внутри нет
Давление крови высокое, пульсирующее	Давление крови низкое, неп пульсирующее	Давление крови понижающееся, неп пульсирующее
Кровь течет быстро	Кровь течет медленно	Течение крови замедляется
Объем крови мал	Объем крови намного больше, чем в капиллярах или артериях	Объем крови велик
Кровь оксигенированная, за исключением легочных артерий	Кровь дезоксигенированная, за исключением легочных вен	Кровь постепенно дезоксигенируется (в легких — наоборот)







Суженная артерия

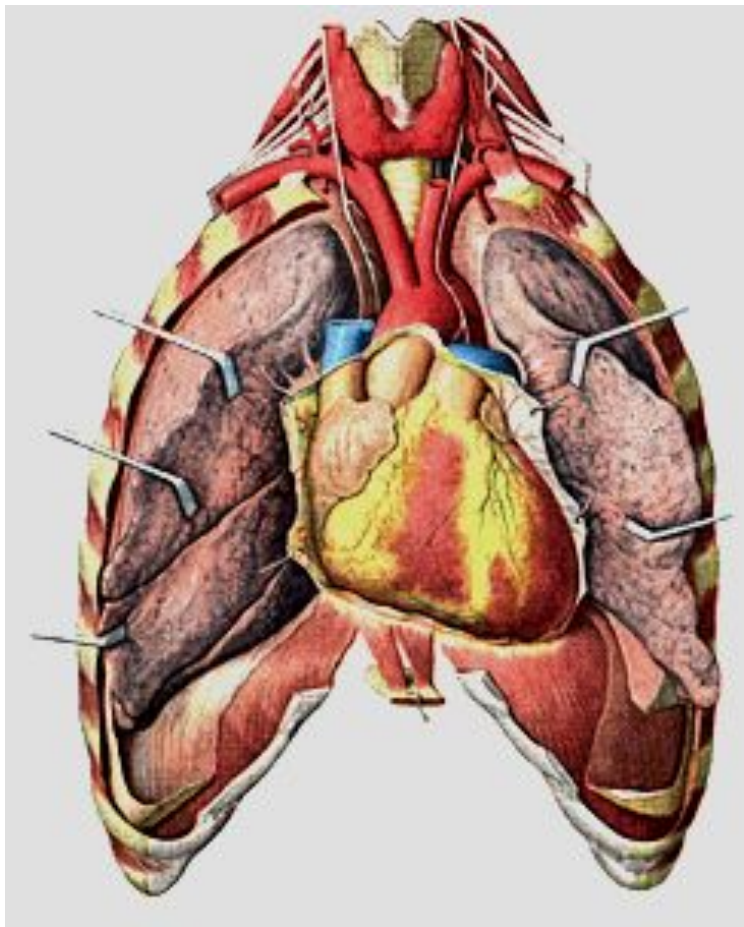


Расширенная артерия





## Органы кровообращения. Сердце

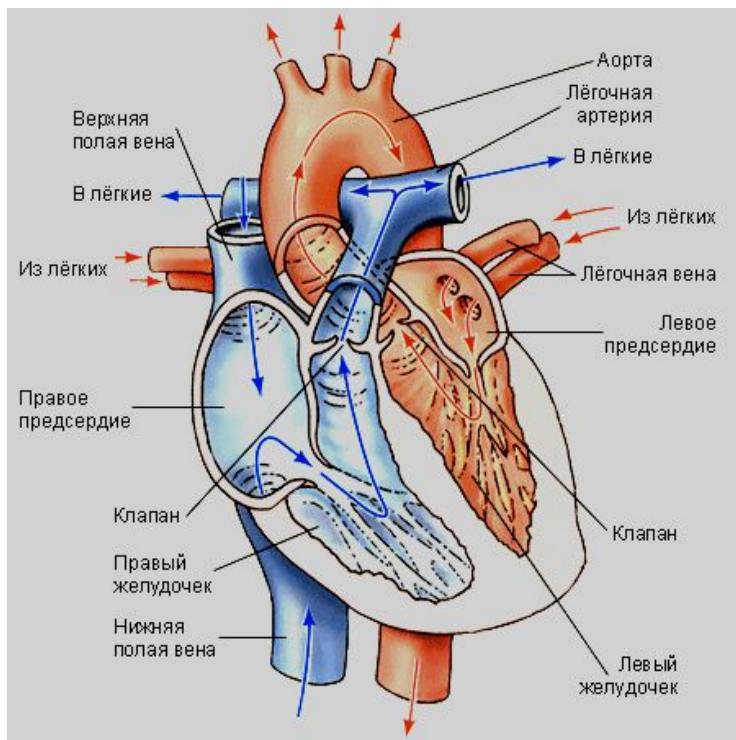


**Сердце** расположено в грудной клетке между легкими, две трети расположено влево от срединной линии тела, а одна треть – вправо. Масса сердца около 300 г, основание вверху, верхушка – внизу. Образовано из кардиомиоцитов, которые находятся в фазе  $G_0$ . Снаружи покрыто околосердечной сумкой, **перикардом**. Сумка образована двумя листками, между которыми небольшая полость.

Один из листков образует **эпикард**, покрывающий **миокард**, сердечную мышцу. **Эндокард** выстилает полость сердца и образует клапаны.

Состоит сердце из четырех камер, **двух верхних – тонкостенных предсердий** и **двух нижних толстостенных желудочков**, причем стенка левого желудочка в 2,5 раза толще, чем стенка правого желудочка.

## Органы кровообращения. Сердце

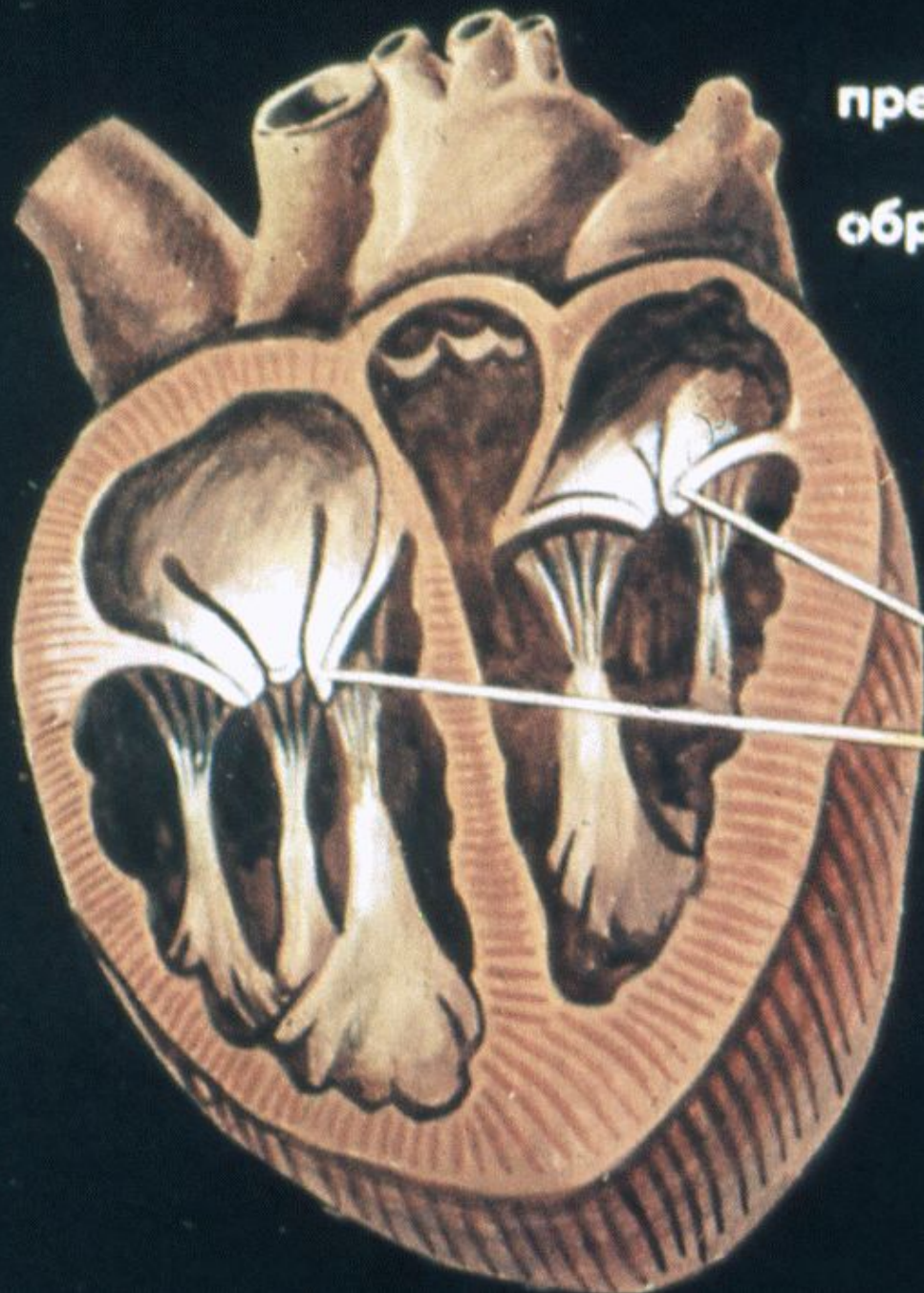


Это связано с тем, что левый желудочек выбрасывает кровь в большой круг кровообращения, правый – в малый круг.

В левой половине сердца кровь **артериальная**, в правой – венозная. В левом предсердно-желудочковом отверстии **двустворчатый клапан**, в правом – **трехстворчатый**. При сокращении желудочков, клапаны давлением крови захлопываются и не дают крови выйти обратно в предсердия.

Сухожильные нити, прикрепленные к клапанам и сосочковым мышцам желудочков, не дают клапанам вывернуться.

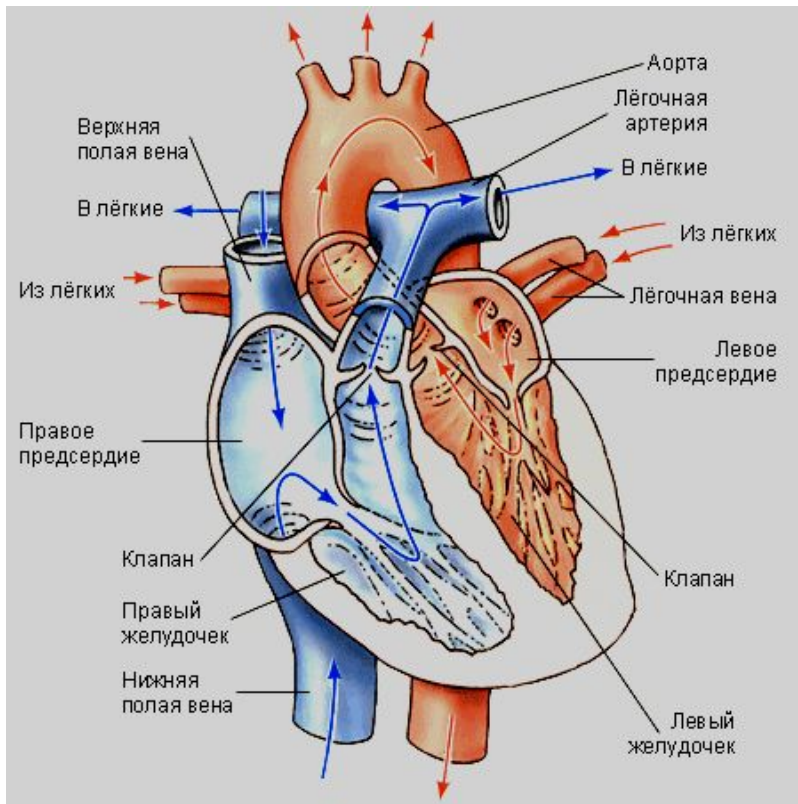




**В перегородке между предсердиями и желудочками находятся клапаны, образованные смыкающимися створками, поэтому они получили название створчатых. Эти клапаны открываются только в сторону желудочков.**



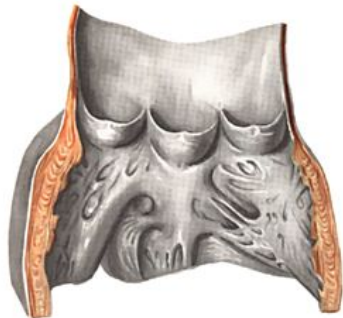
## Органы кровообращения. Сердце



На границе желудочков с легочной артерией и аортой находятся кармашковидные **полулунные клапаны**.

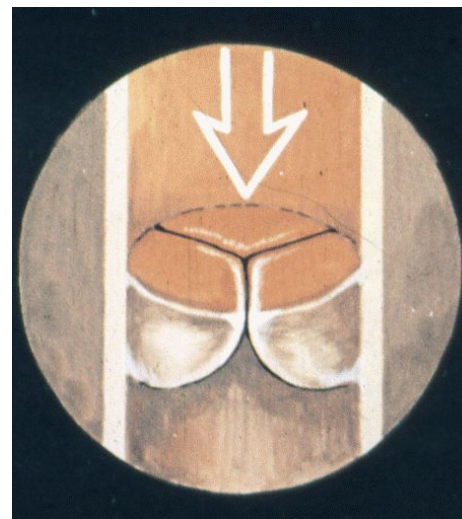
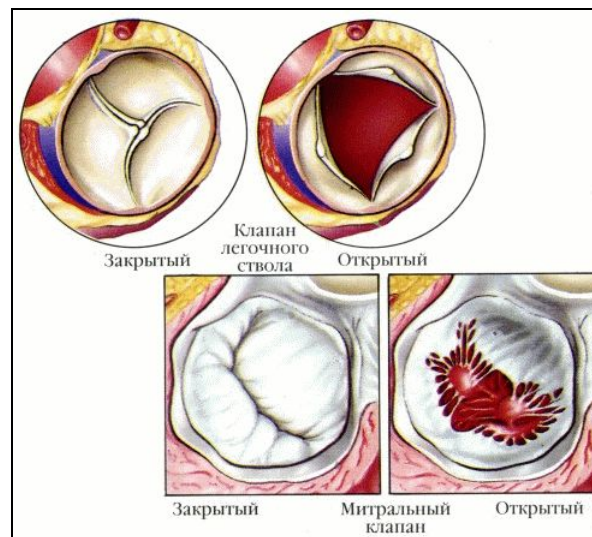
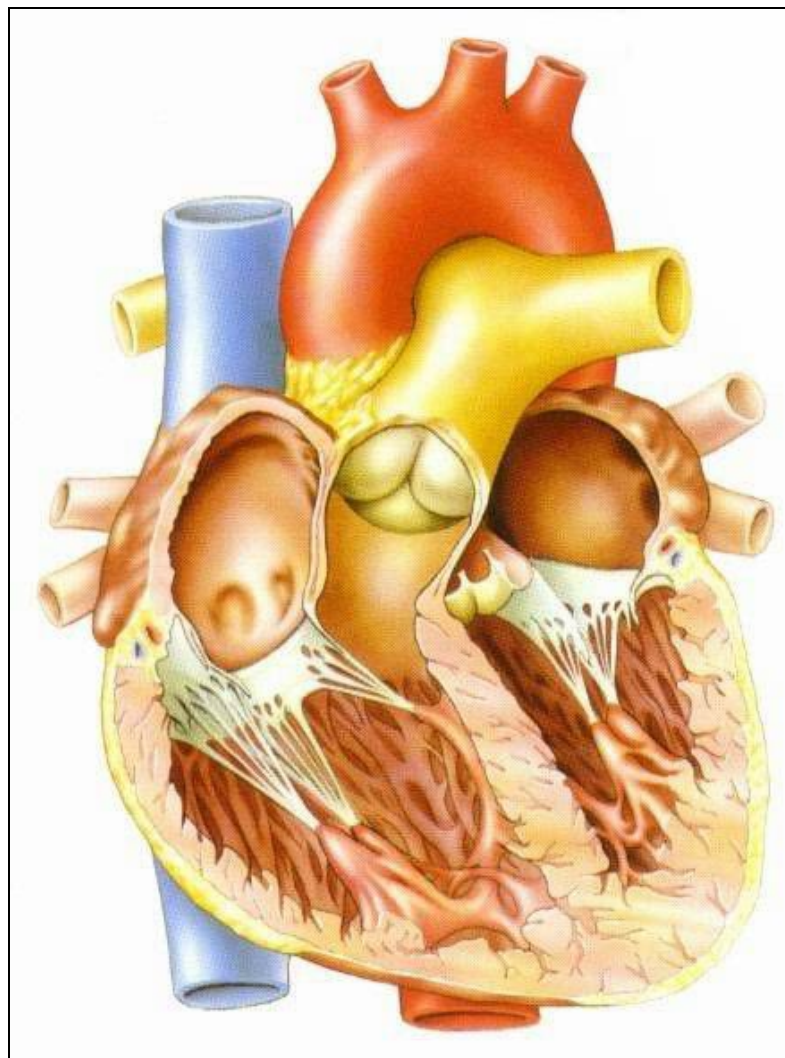
При сокращении желудочков эти клапаны прижимаются к стенкам артерий, и кровь выбрасывается в аорту и легочную артерию.

При расслаблении желудочков – кармашки наполняются кровью и препятствуют попаданию крови обратно в желудочки.



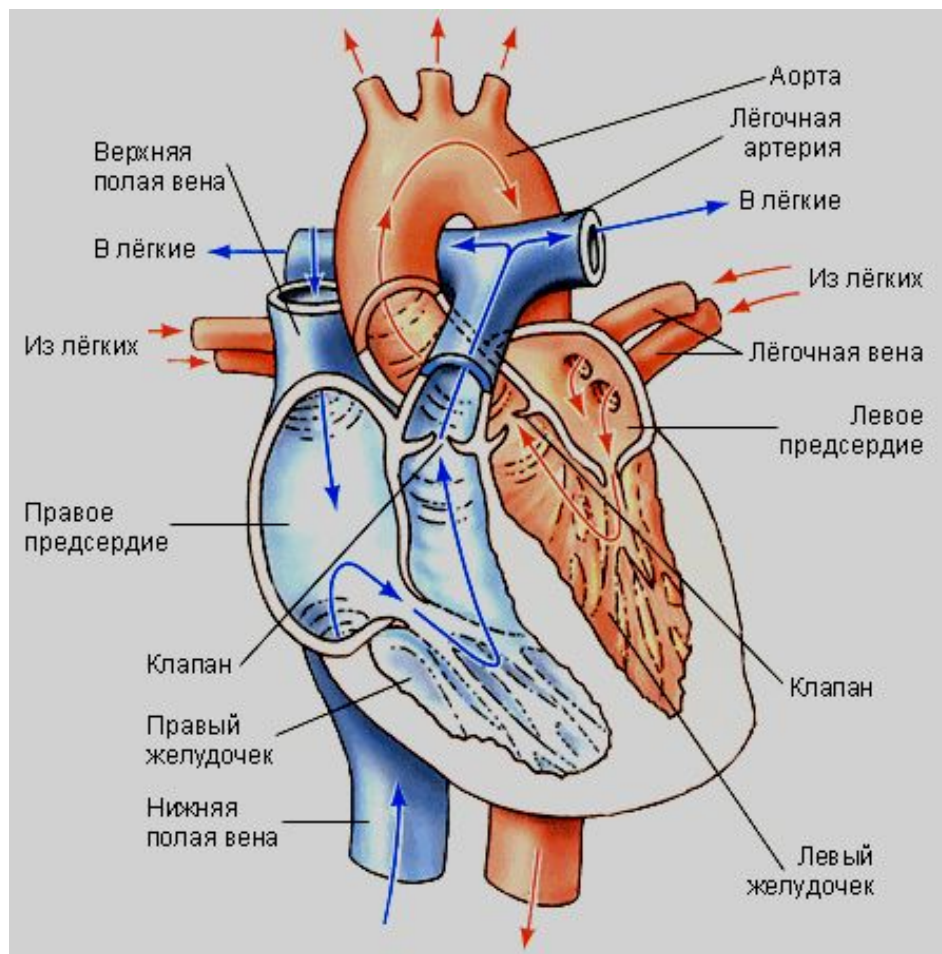


# Органы кровообращения. Сердце



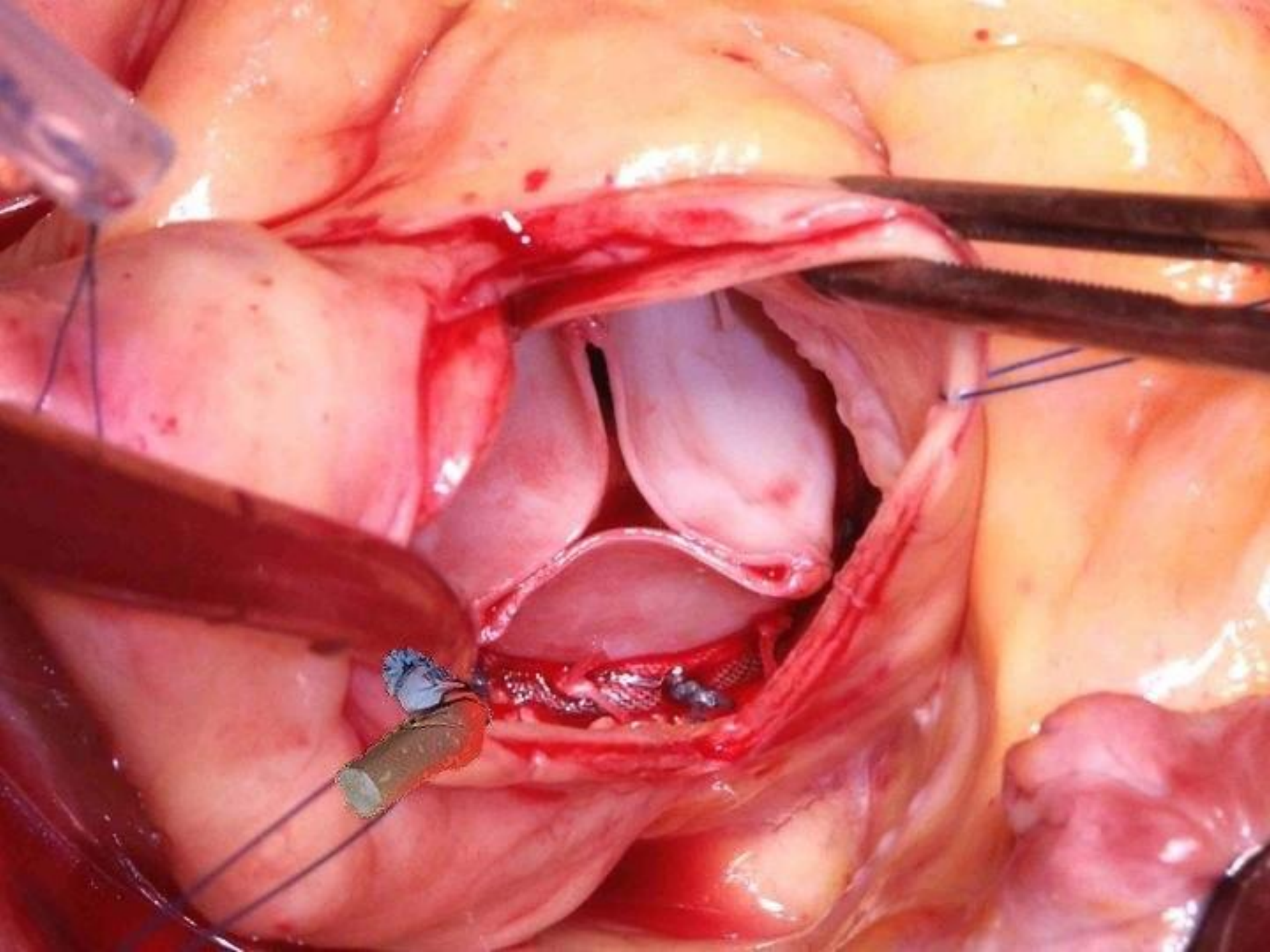


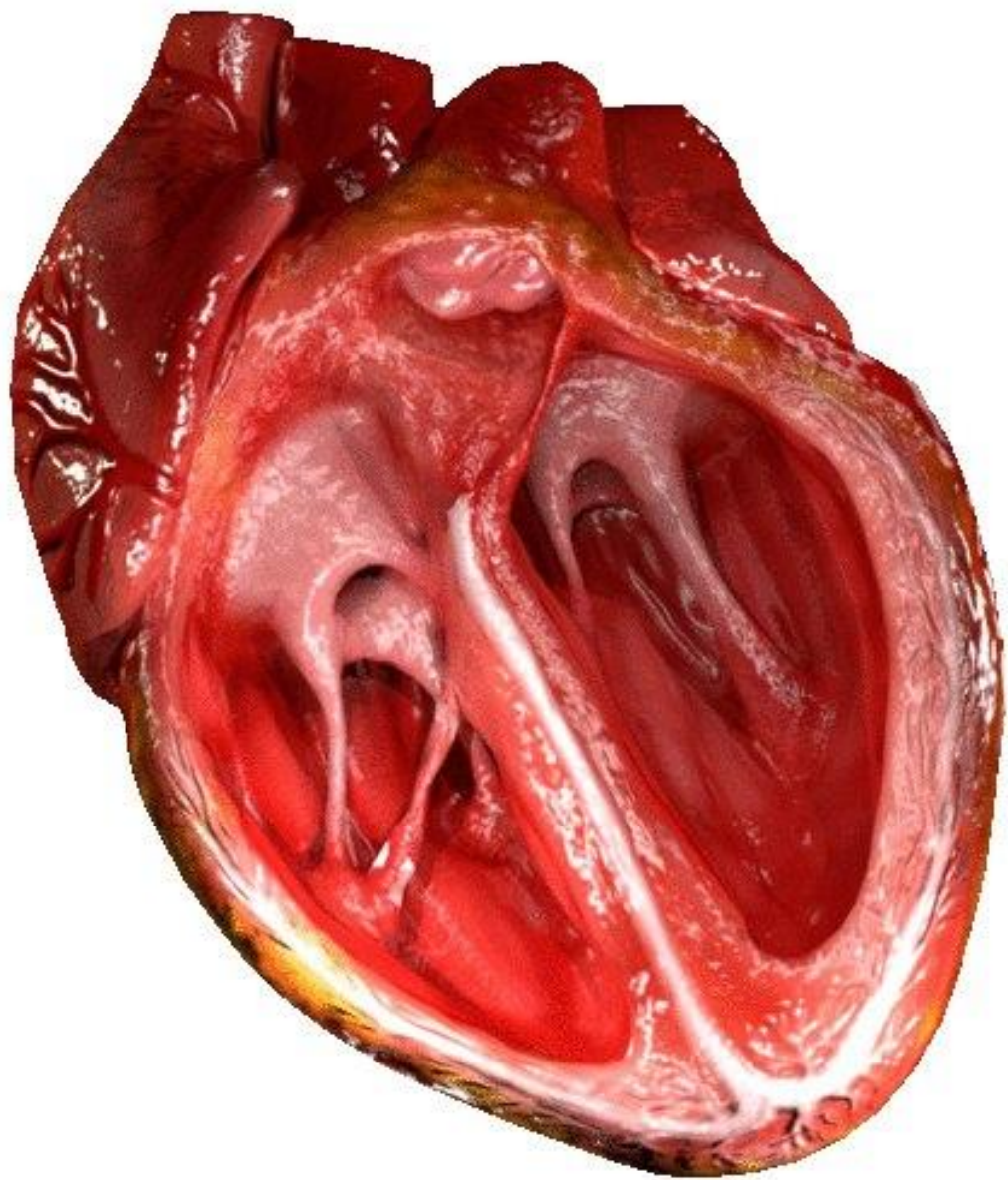
## Органы кровообращения. Сердце



*Минутный объем крови (МОК) одинаков для правого и левого желудочков и в состоянии покоя составляет в среднем 5 л.*

*При ритме сокращений 70-75 раз в минуту систолический объем равен 65-70 мл крови.*



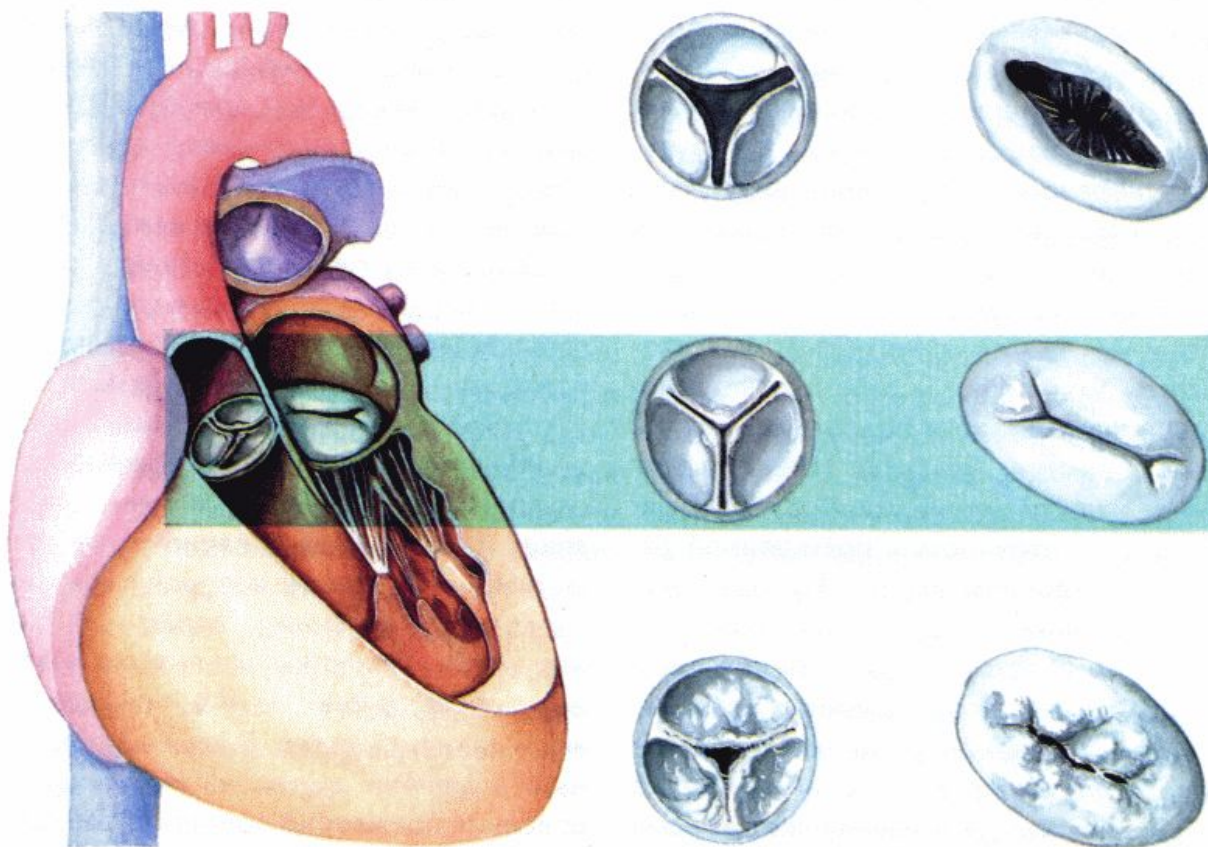




# Органы кровообращения. Сердце

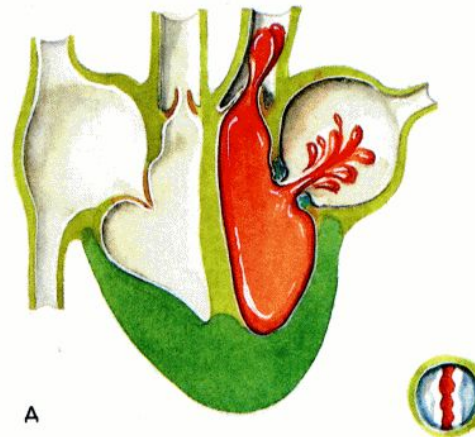
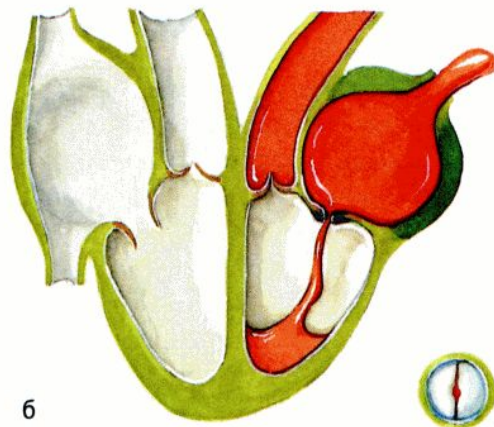
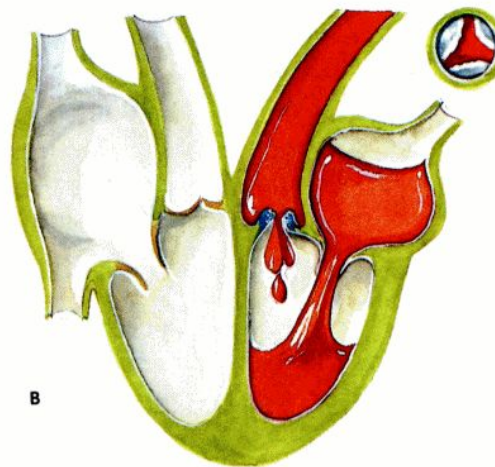
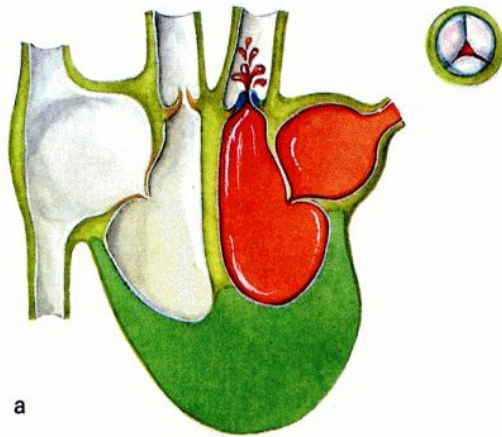
Сердечные клапаны с патологическими изменениями в результате воспалений (слева – полулунный клапан аорты; справа – створчатый клапан = митральный).

Закрытые клапаны:  
вверху: недостаточность клапана;  
в центре: нормальное положение закрытых клапанов;  
внизу: стеноз, вызванный обызвествлением краев клапанов.



# Органы кровообращения. Сердце

Клапанные пороки сердца.



а Стеноз аорты (недостаточное открытие клапанов при сокращении желудочковых мышц)

б Стеноз митрального клапана (воспрепятствование поступлению крови в левый желудочек сердца в процессе диастолы)

в Недостаточность аорты (незапирающийся клапан аорты)

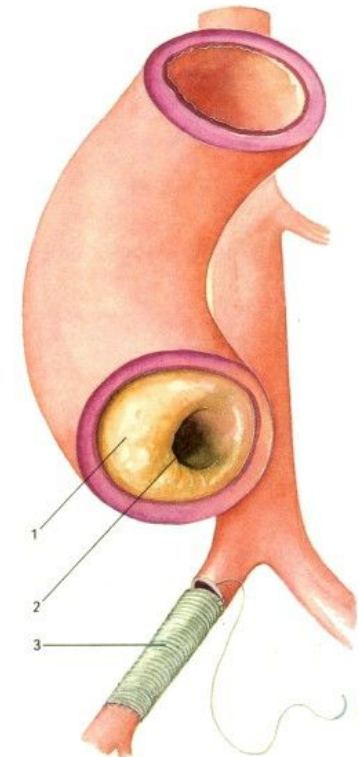
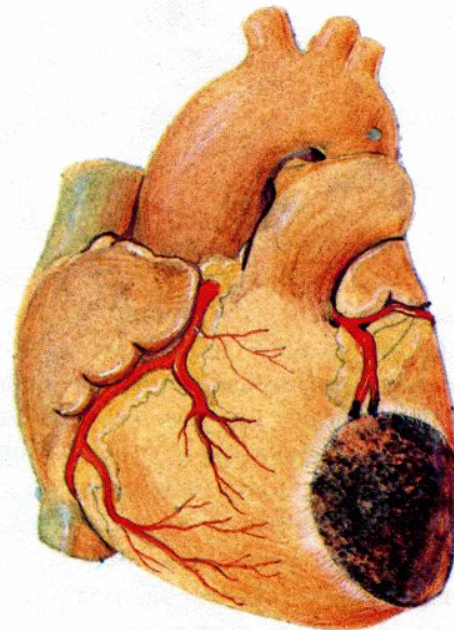
д Недостаточность митрального клапана (неполное закрытие клапана между левым желудочком сердца и левым предсердием в процессе систолы)



## Органы кровообращения. Сердце

Около 10% крови, выбрасываемой левым желудочком, попадает в коронарные сосуды, питающие сердечную мышцу. Коронарные артерии открываются над аортальным клапаном, коронарные вены приносят кровь в правое предсердие. **Коронарные артерии – единственные, в которые основное количество крови поступает во время диастолы, а не систолы.**

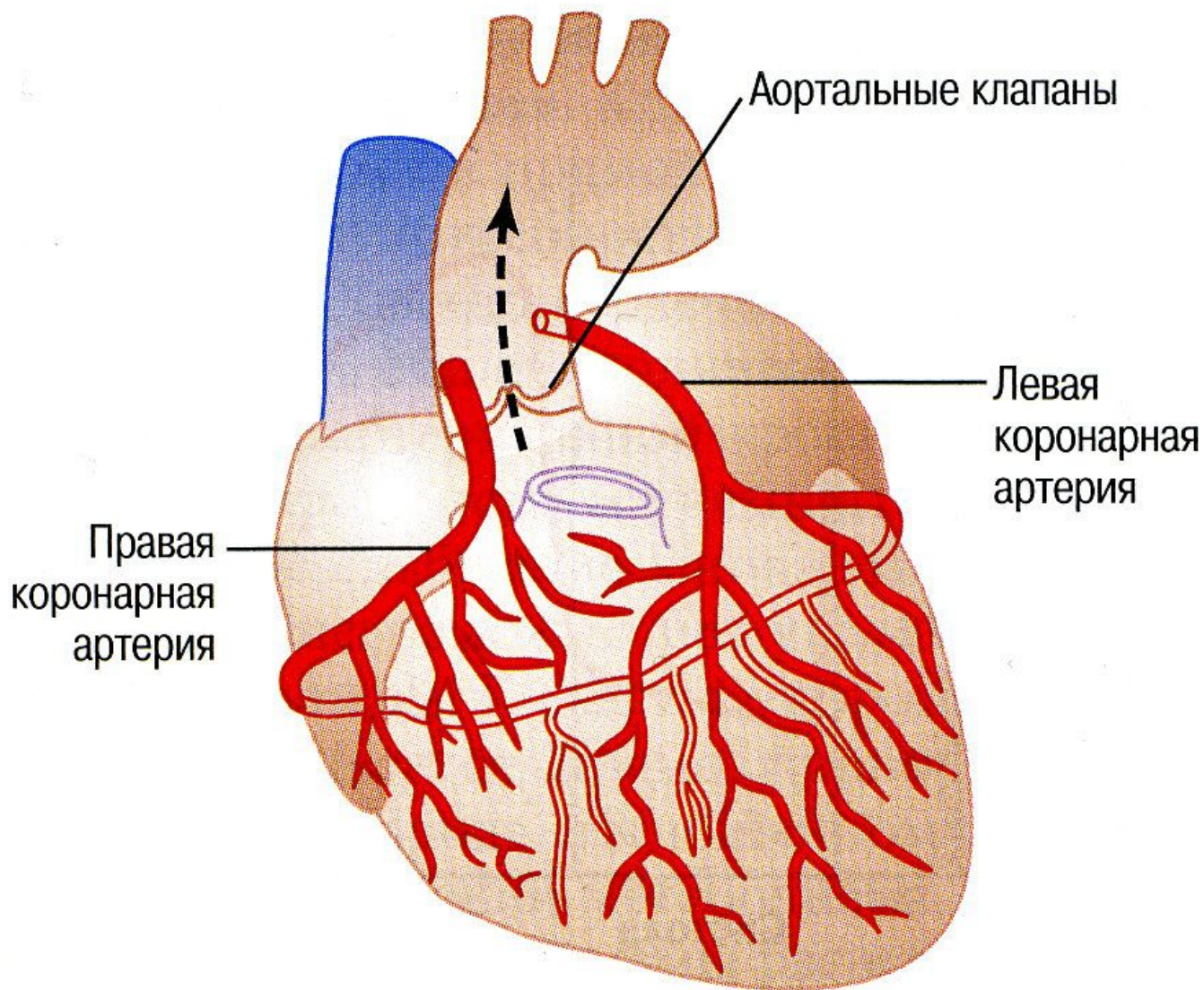
При закупорке какого-то коронарного сосуда может наступить отмирание участка миокарда (**инфаркт**). Нарушение проходимости артерии может наступить в результате закупорки сосуда тромбом или из-за ее сильного сужения – спазма.

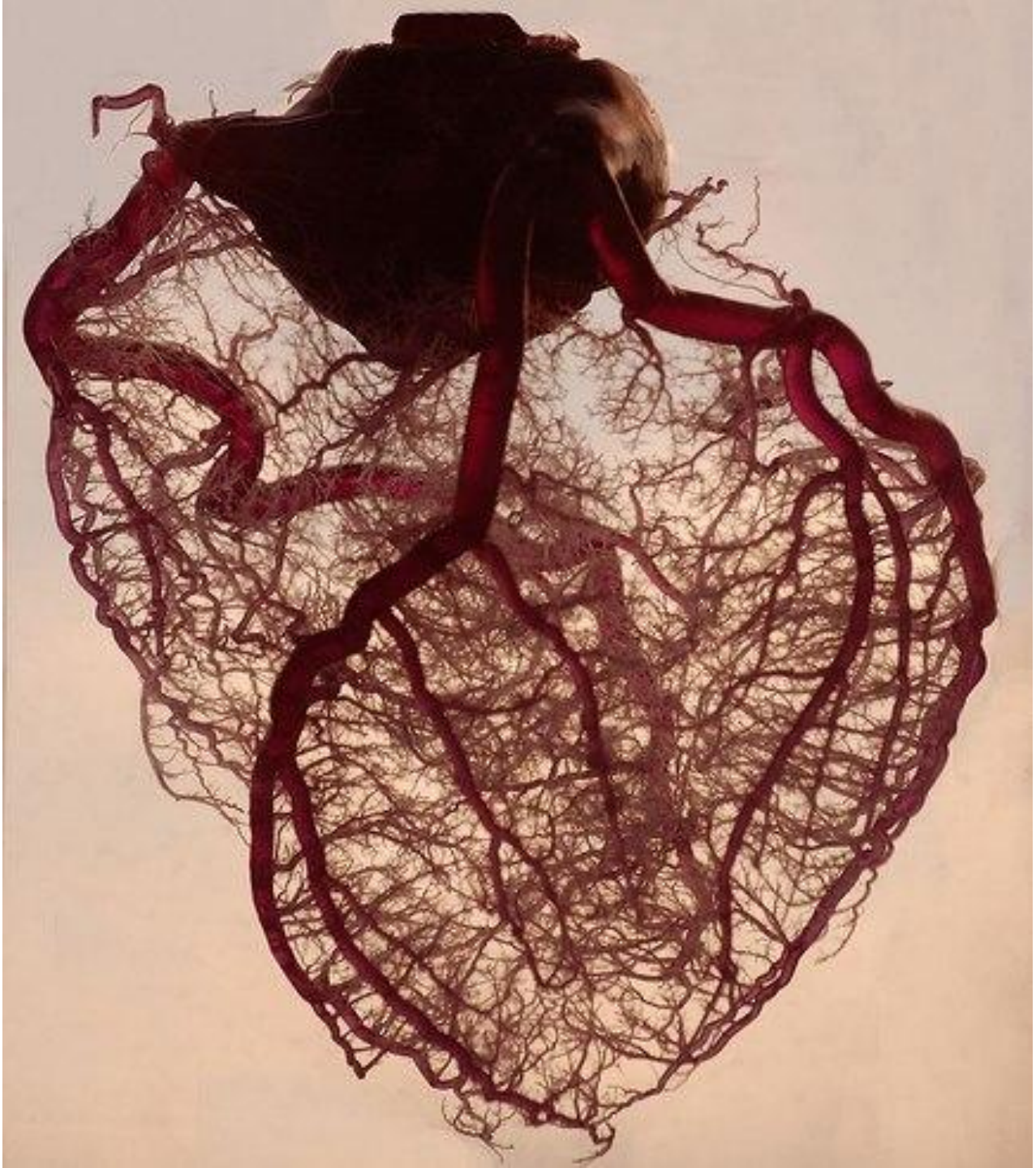


Расположение коронарных сосудов сердца. Область инфаркта миокарда при закупорке участка сосуда (справа).

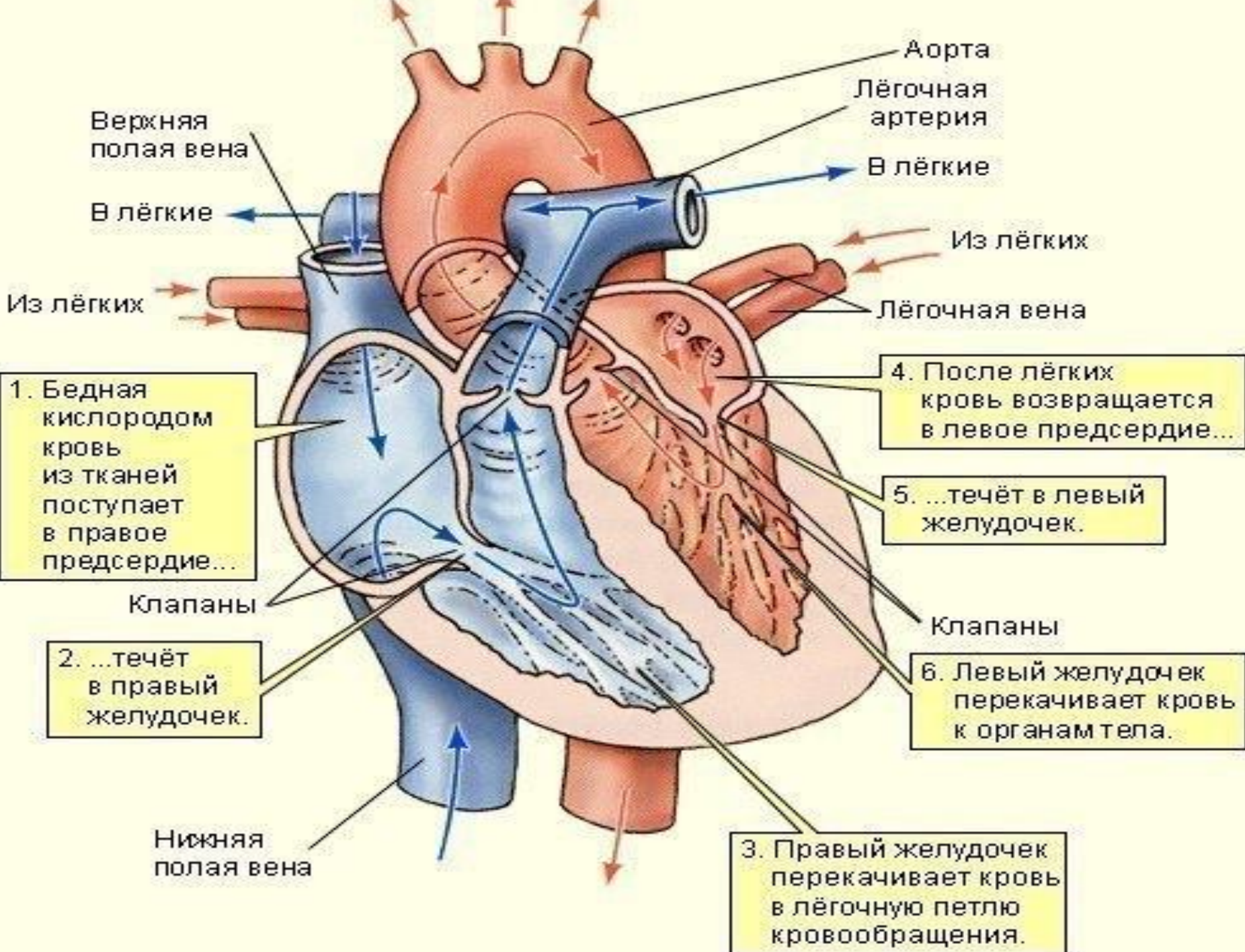


## Органы кровообращения. Сердце



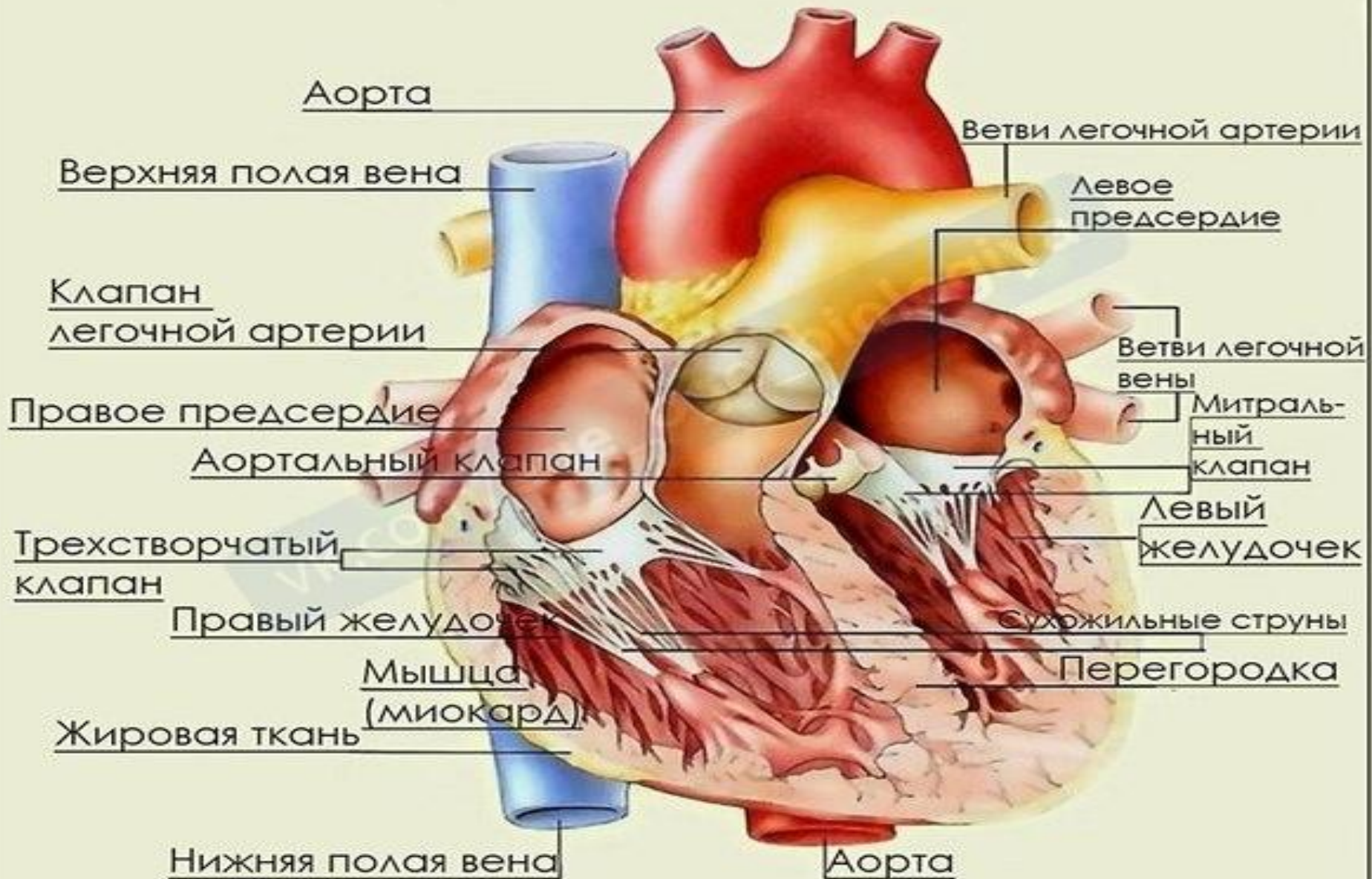




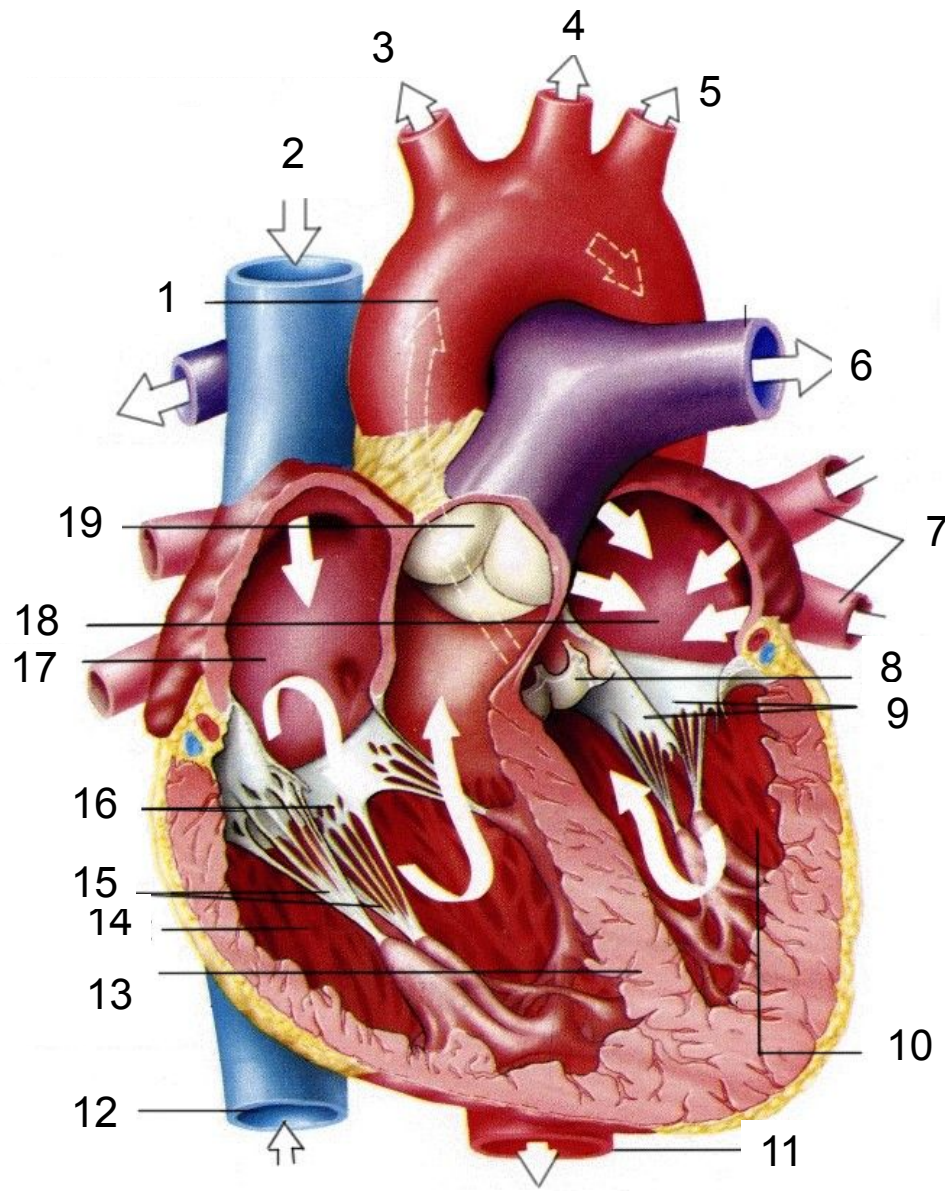




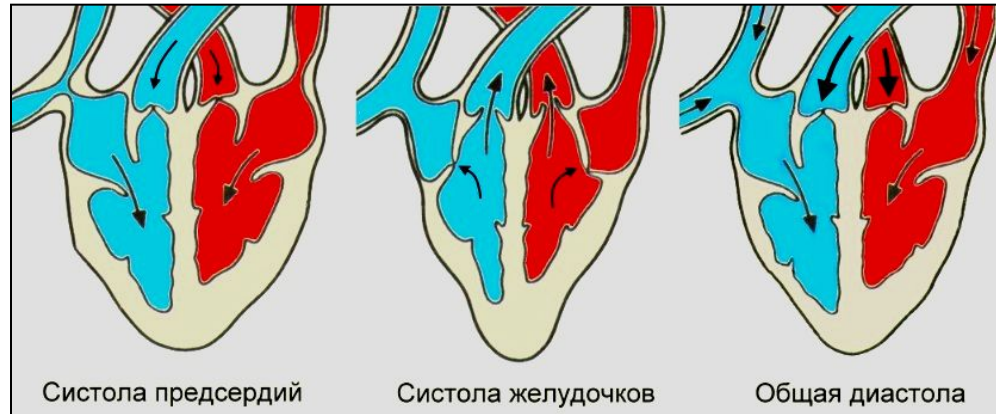
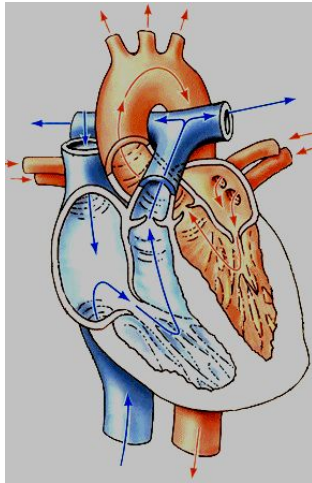
# Сердце



*Подведем итоги:*



# Работа сердца



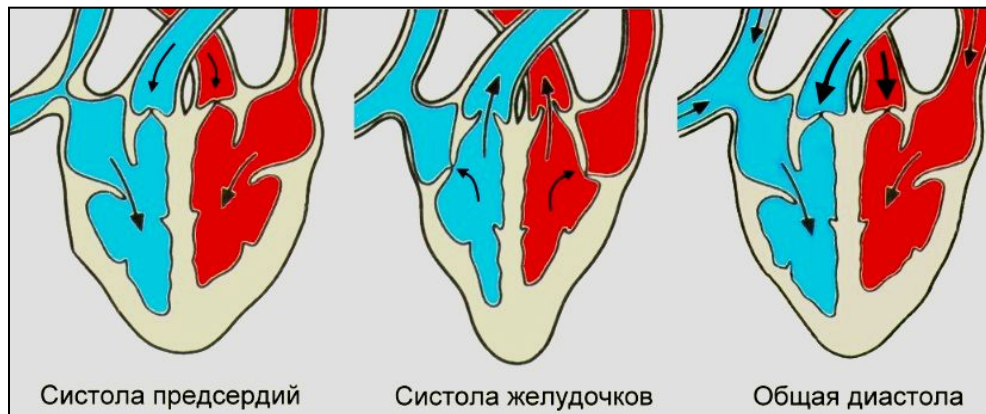
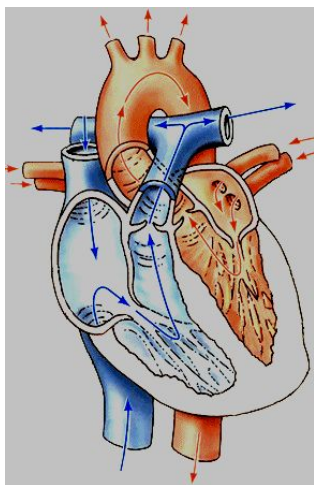
Различают три фазы сердечной деятельности: сокращение (*систола*) предсердий, *систола* желудочков и общее расслабление (*диастола*).

При частоте сокращений сердца 75 раз в минуту, на один цикл приходится 0,8 секунды. При этом систола предсердий продолжается 0,1 с, систола желудочков – 0,3 с, общая диастола – 0,4 с.

Фазы сердечного цикла	Длительность	Перемещение крови	Состояние клапанов	
			Створчатых	Полулунных
Систола предсердий				
Систола желудочков				
Общая диастола				



## Работа сердца

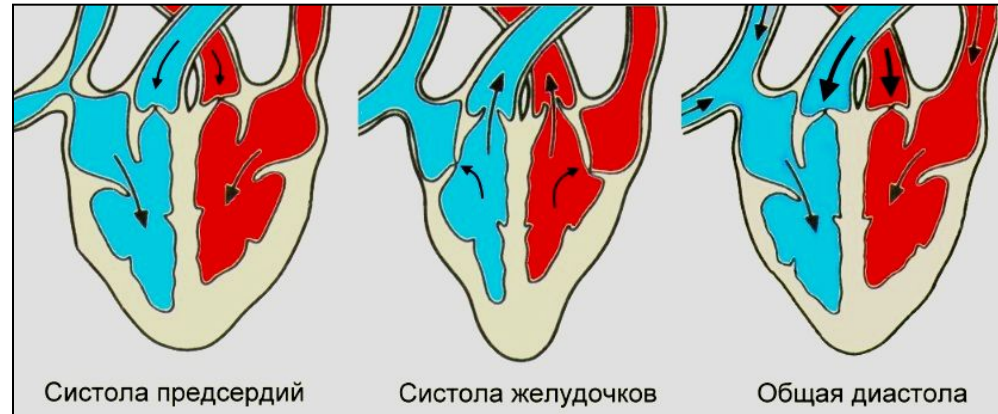
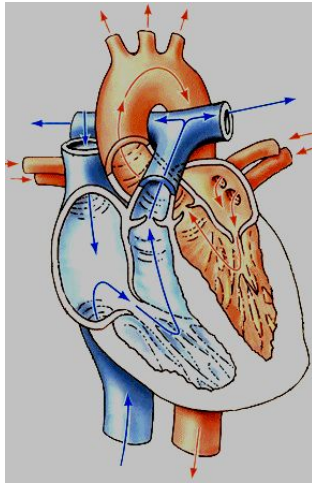


Таким образом, в одном цикле предсердия работают 0,1 с, а 0,7 – отдыхают, желудочки работают 0,3 с, отдыхают 0,5 с. Это позволяет сердцу работать, не утомляясь, всю жизнь.

Задача. При одном сокращении сердца в покое в легочный ствол и аорту выбрасывается около 70 мл крови, за минуту объем выброшенной крови составит около 5 л. При физической нагрузке возрастает частота сердечных сокращений, например, до 170. Определите частоту сердечных сокращений в покое и минутный сердечный выброс при нагрузке:

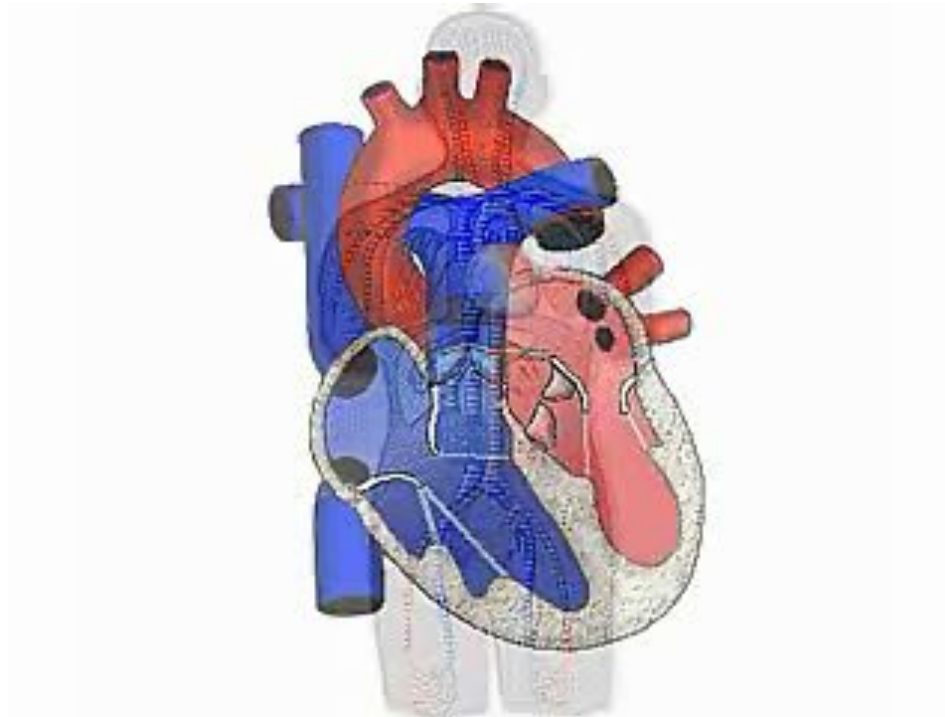
В покое:  $5000 \text{ мл} / 70 \text{ мл} = 71$  сокращение в мин.

При нагрузке:  $170 \text{ сокращений} \times 70 \text{ мл} = 12 \text{ л}$



Задача 6. В покое конечно-диастолический объем левого желудочка равен 120 мл, а конечно-систолический – 50 мл. При выполнении физического упражнения конечно-диастолический объем увеличился до 160 мл, а конечно-систолический уменьшился до 20 мл. Во сколько раз изменился сердечный выброс, если пульс участился в два раза?

### Что стучит в сердце?



Определите количество крови, которое сердце перекачивает за 1 час, за сутки, если пульс составляет 72 удара в минуту, а за одно сокращение сердце в аорту выбрасывает 70 мл крови:

$$\text{За час: } 70 \cdot 72 \cdot 60 = 302,4 \text{ л}$$

$$\text{За сутки: } 70 \cdot 72 \cdot 60 \cdot 24 = 7,26 \text{ тонн}$$



Сравним такие цифры:

**6000**



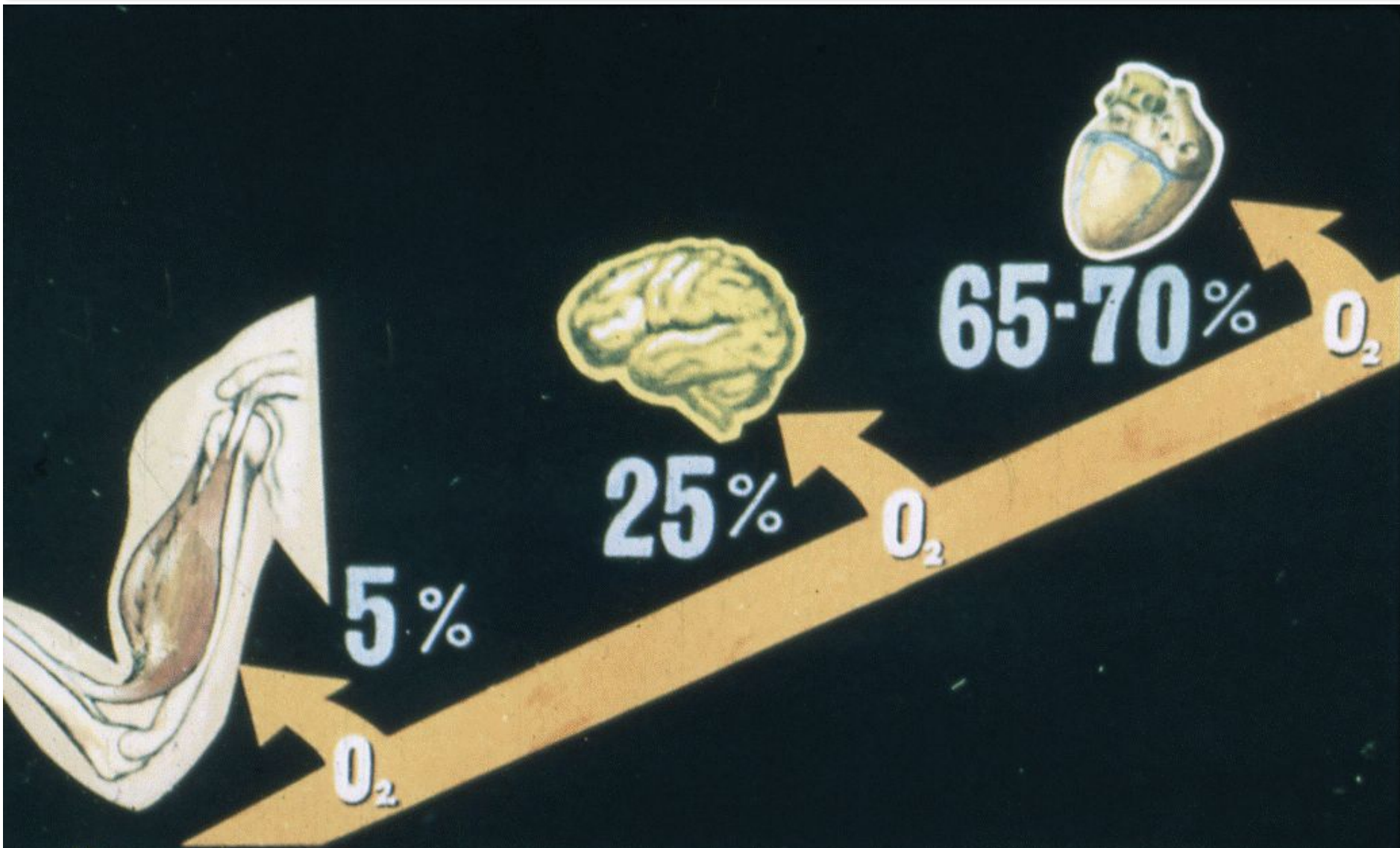
на каждый квадратный миллиметр скелетной мышцы приходится до 3000 капилляров, на каждый миллиметр сердечной мышцы—6000, то есть вдвое больше.

**3000**





## Работа сердца



Установлено, что если скелетные мышцы используют лишь 5% кислорода, поставляемого кровью, головной мозг—25%, то сердце—65—70%.

## Подведем итоги:

Какие сосуды называются артериями? Венами?

*Артерии – сосуды, по которым кровь течет от сердца, вены – сосуды, по которым кровь возвращается в сердце.*

Какие три слоя различают в артериях, венах?

*Стенки артерий и вен состоят из трех слоев: внутреннего – из плоского эндотелия, среднего – из гладкой мышечной ткани и эластических волокон и наружного – из соединительной ткани.*

Какие кровеносные сосуды имеют клапаны, для чего?

*Клапаны имеют вены, чтобы кровь могла двигаться только к сердцу.*

*Кроме вен клапаны имеют лимфатические сосуды.*

Какой отдел сердца имеет наиболее толстую мышечную стенку?

*Левый желудочек.*

Какие клапаны не позволяют крови вернуться обратно в сердце?

*Полулунные клапаны легочной артерии и у корня левой дуги аорты.*

Какие клапаны имеются в правой половине сердца?

*Между предсердием и желудочком – трехстворчатый, у корня легочной артерии – полулунный.*

Какие клапаны имеются в левой половине сердца?

*Между предсердием и желудочком – двухстворчатый, у корня аорты – полулунный.*



## Подведем итоги:

В каких отделах сердца венозная кровь?

*В правом предсердии и правом желудочке.*

Что происходит с клапанами во время систолы предсердий?

*Створчатые клапаны открыты, полулунные – закрыты.*

Что происходит с клапанами во время систолы желудочков?

*Створчатые клапаны закрыты, полулунные – открыты.*

Что происходит с клапанами во время общей диастолы?

*Створчатые клапаны открыты, полулунные – закрыты.*

Сколько времени продолжается систола предсердий, желудочков, общая диастола при частоте сокращений сердца 75 ударов в минуту?

*Систола предсердий – 0,1 сек, желудочков – 0,3 сек, диастола – 0,4 сек.*

Где в головном мозге расположены центры, регулирующие работу сердца и просвет кровеносных сосудов?

*В продолговатом мозге.*

Сравните количество капилляров в скелетной и сердечной мышце:

*В скелетной – 3000 на мм<sup>2</sup>, в сердечной – 6 000 на мм<sup>2</sup>.*

Сравните использование кислорода скелетной и сердечной мышцей:

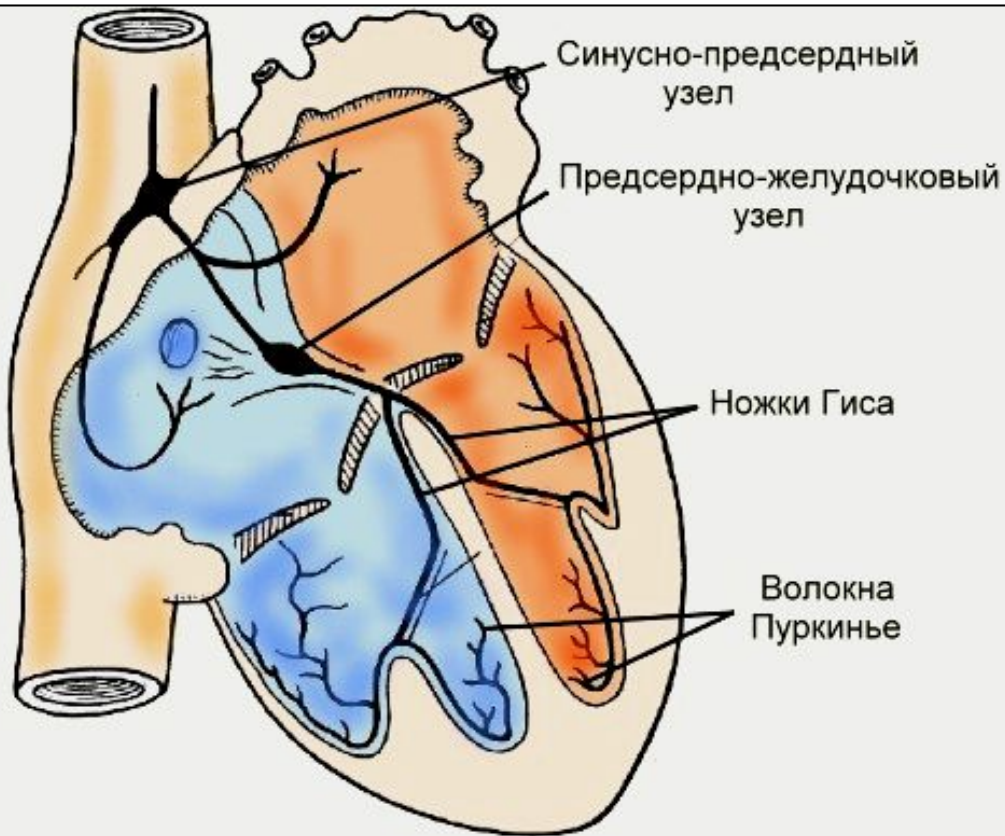
*Скелетная – около 5%, сердечная – до 70%.*

## Регуляция работы сердца

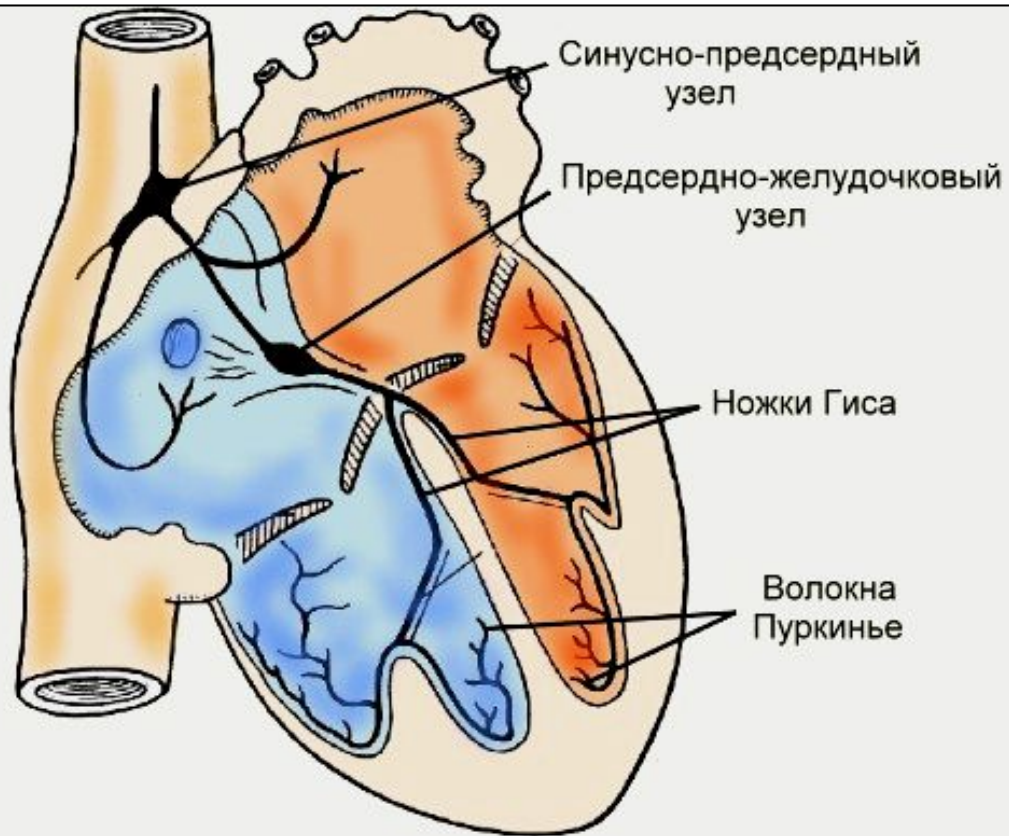
### Автоматия сердца.

Даже *изолированное* сердце, при пропускании через него *физиологического раствора*, способно ритмически сокращаться без внешних раздражений, под влиянием импульсов, возникающих в самом сердце.

Импульсы возникают в *синусно-предсердном* и *предсердно-желудочковом узлах* (водителях ритма), расположенных в правом предсердии, затем по проводящей системе (*ножкам Гиса* и *волокнам Пуркинье*) проводятся к предсердиям и желудочкам, вызывая их сокращение.



## Регуляция работы сердца

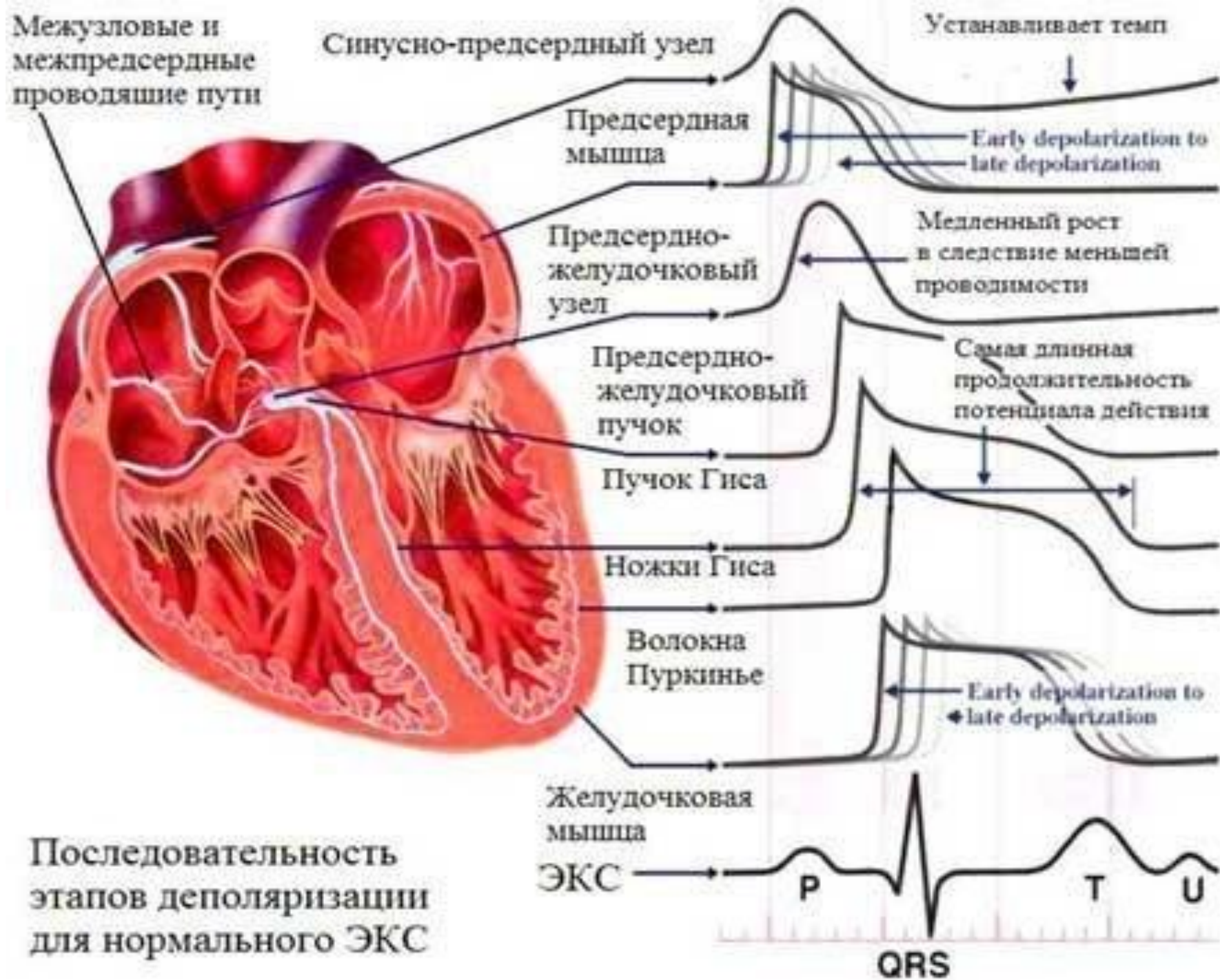


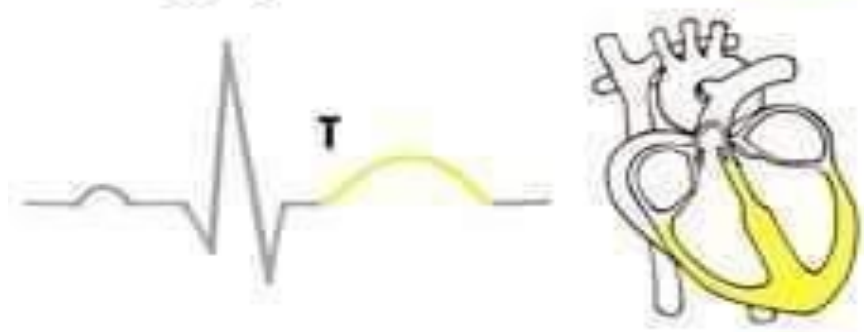
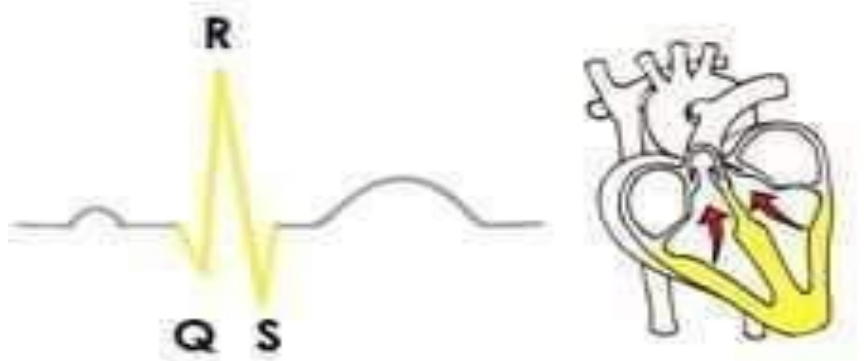
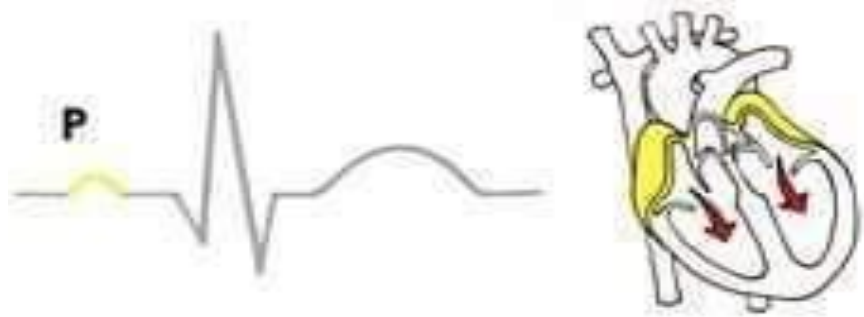
И ритмоводители, и проводящая система сердца образованы **мышечными клетками особого строения.**

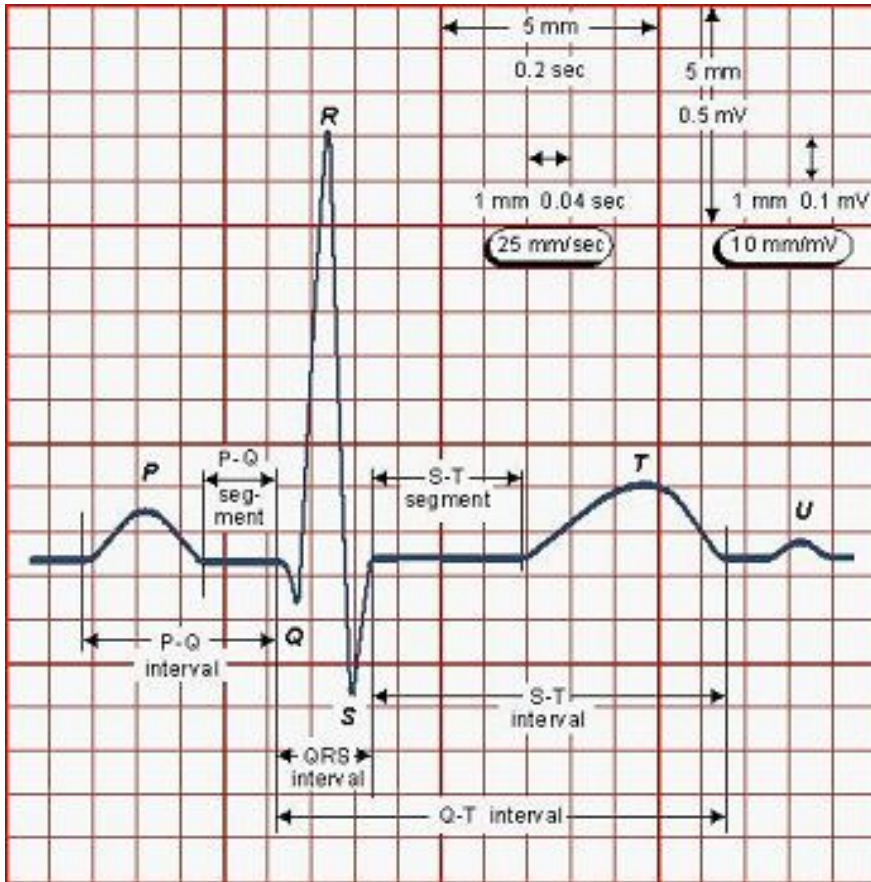
Ритм работы изолированного сердца задается синусно-предсердным узлом, его называют **ритмоводителем 1-го порядка.**

Если прервать передачу импульсов от синусно-предсердного узла к предсердно-желудочковому, то сердце остановится, затем возобновит работу уже в ритме, задаваемом предсердно-желудочковым узлом, **ритмоводителем 2-го порядка.**









**Зубец P.** Показывает процесс деполяризации миокарда предсердий. Продолжительность зубца не более 0,1с. Его высота 1,5-2,5 мм.

**Зубец Q.** Отражает начальный момент возбуждения межжелудочковой перегородки.

**Зубец R.** Показывает процесс деполяризации миокарда желудочков. Интервал не должен превышать 0,03с.

**Зубец S.** Отражает распространение возбуждения в базальных слоях желудочков. У здорового человека высота зубца не превышает 20 мм.

**Зубец T.** Показывает процесс быстрой реполяризации миокарда.

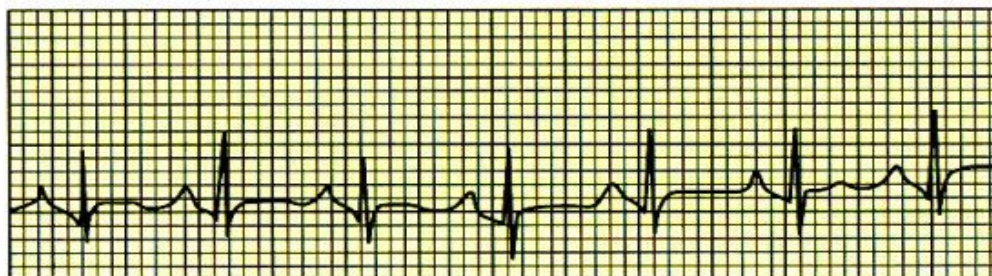
**Зубец U.** Иногда после зубца T регистрируется небольшой зубец U, который образуется из-за кратковременной повышенной возбудимости миокарда желудочков после их реполяризации.





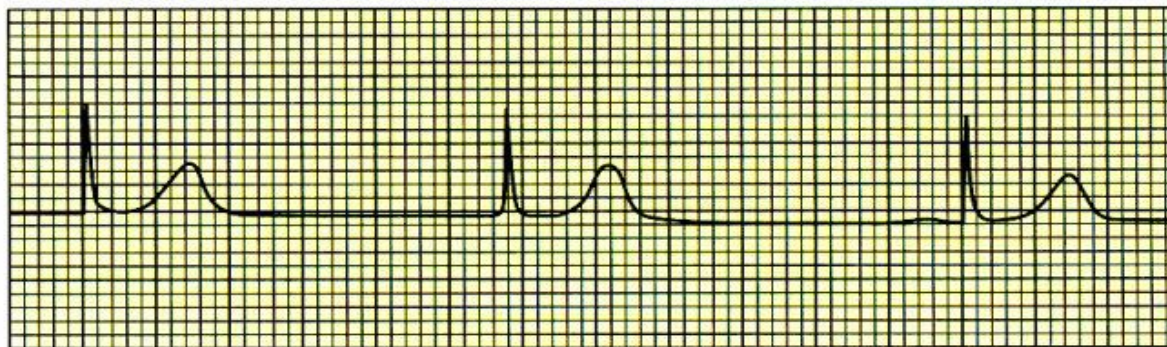
Нормальный синусный ритм

а



Синусовая тахикардия

б



Синусовая брадикардия

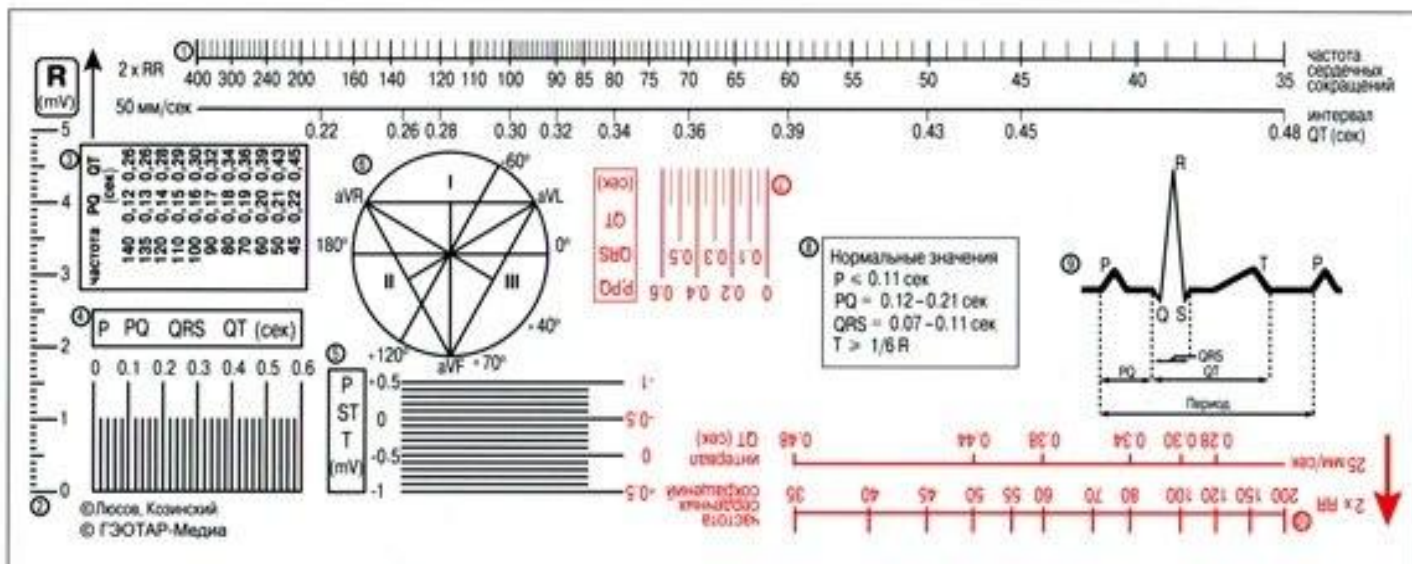
в



Стадия	Длительность	ЭКГ-картина	Признак
Ранняя стадия (ишемия)	несколько минут, до получаса		- высокий остроконечный зубец $T^K$ medcampus.ru
Стадия I (повреждение)	от нескольких часов до 1-3 сут.		- подъем (куполообразный) ST выше изолинии, ST сливается с $T^K$ - зубец R еще высокий - зубец Q еще неглубокий
Стадия II (острая)	1-2-3 недели		- подъем ST выше изолинии с инверсией зубца T (T отриц.) - уменьшение амплитуды зубца R - зубец $Q^{pat}$ ( $Q_r$ , $Q_S$ ) - инфарктный
Стадия III (подострая)	1-3 месяца		- зубец $Q^{pat}$ (инфарктный) - отрицательный зубец T - сегмент ST приближается к изолинии
Стадия IV (рубцевание)	до нескольких лет		- стойкий зубец $Q^{pat}$ ( $Q_r$ , $Q_S$ ) - "провал" зубца R - зубец T сглажен, постепенно нормализуется; ST на изолинии

ЭКГ признаки инфаркта миокарда





Данная модификация электрокардиографической линейки разработана на кафедре госпитальной терапии №1 РГМУ профессором В.А. Люсовым и ассистентом Н.А. Козинским. ЭКГ-линейка содержит оптимальное число функций, необходимых кардиологам и врачам функциональной диагностики для наиболее полного качественного и количественного анализа данных электрокардиографического исследования.

## ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭКГ-ЛИНЕЙКИ

ЭКГ-линейка предназначена для расшифровки электрокардиограммы, снятой со скоростью 50 и 25 мм/сек. Она изготовлена из прозрачного плекс и имеет размеры: длину — 20 см, ширину — 7 см.

**1. Шкала частоты сокращения сердца синхронна со шкалой QT-интервалов при скорости 50 мм/сек.**

*Способ определения:* линейка накладывается стрелкой на вершину зубца R. Число сердечных сокращений соответствует двум интервалам RR.

**2. Шкала милливольт для определения вольтажа зубца R при обеих скоростях.**

*Способ определения:* линейка накладывается на ЭКГ, измеряется величина зубца R в мм, проводится соответствие его с милливольтом шкалы, где 1 мV равен 1 см.

**3. Таблица интервалов PQ и QT при различной частоте сердечных сокращений.**

**4. Шкала расчета продолжительности зубца P, комплекса QRS, а также интервалов PQ и QT в секундах при скорости 50 мм/сек.**

*Способ определения:* линейка накладывается на ЭКГ с учетом скорости и определяется продолжительность каждого из указанных параметров.

**5. Шкала смещения сегмента ST в мм по отношению к изолинии.**

*Способ определения:* шкалу линейки накладывают на нулевую линию, сегмент ST может быть или приподнят, или опущен ниже изолинии.

**6. Треугольник Эйнтховена для определения по углу  $\alpha$  (альфа) отклонения электрической оси сердца.**

*Способ определения:* берется разница зубцов R и S в 1 и 3 отведении. Разница в 1 отведении откладывается от центра треугольника на линии от  $+180^\circ$  до  $0^\circ$  с сохранением знака.

Разница длины зубцов R и S в 3 отведении откладывается от центра треугольника на линии угла  $+120^\circ$  до  $-60^\circ$  с сохранением знака. Из концов этих векторов восстанавливаются перпендикуляры. Точку их пересечения соединяют с центром треугольника. Угол, образованный данной полученной прямой и линией 1 отведения ( $+180^\circ$  до  $0^\circ$ ), и является искомым углом альфа ( $\alpha$ ). В зависимости от величины угла альфа определяют отклонения электрической оси сердца:

- горизонтальное, если угол  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $+40^\circ$ ;
- нормальное, если угол  $\alpha$  от  $+40^\circ$  до  $+70^\circ$ ;
- вертикальное, если угол  $\alpha$  от  $+70^\circ$  до  $+90^\circ$ ;
- отклонение оси влево, если угол  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $-90^\circ$ ;
- отклонение оси вправо, если угол  $\alpha$  от  $+90^\circ$  до  $+180^\circ$ .

**7. Перевернутая шкала** расчета продолжительности зубца P, комплекса QRS, а также интервалов PQ и QT в секундах при скорости 25 мм/сек.

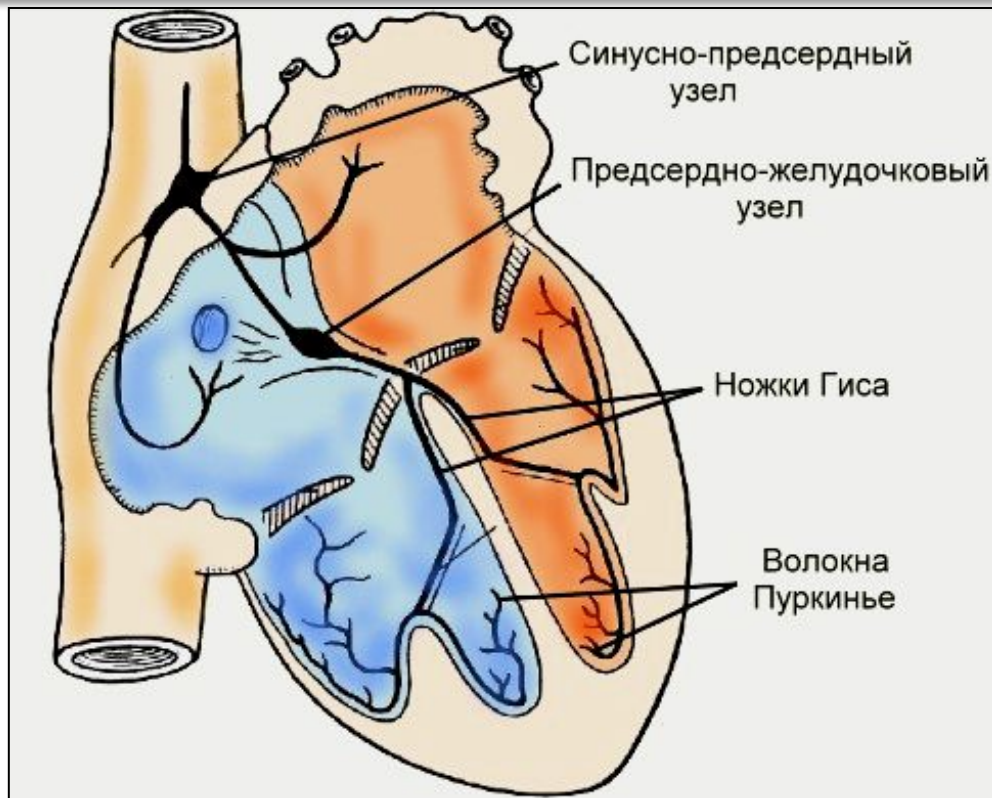
**8. Таблица нормальных параметров ЭКГ** при скорости 50 мм/сек.

**9. ЭКГ-цикл** в норме с буквенным обозначением зубцов и интервалов.

**10. Шкала для определения частоты** сердечных сокращений синхронна со шкалой QT интервалов при скорости 25 мм/сек.



## Регуляция работы сердца



### Нервная регуляция.

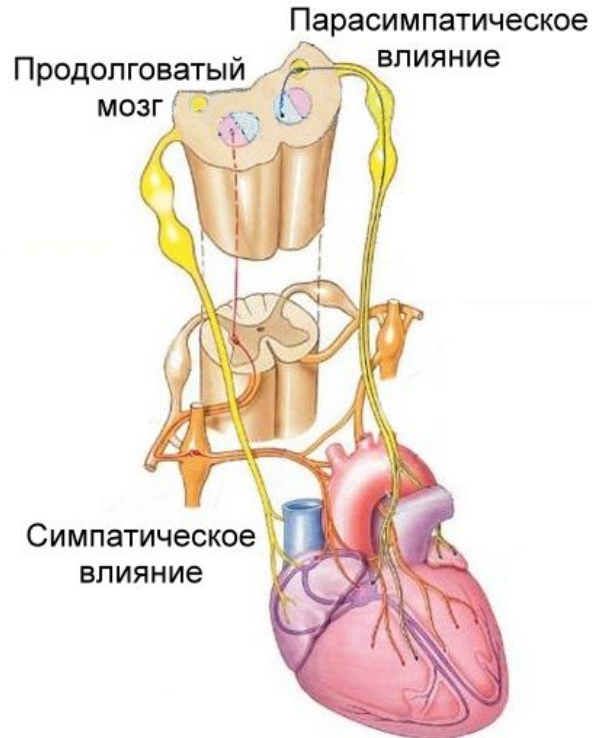
Деятельность сердца, как и других внутренних органов, регулируется **автономной (вегетативной)** частью нервной системы:

Во-первых, в сердце имеется собственная нервная система сердца с рефлексорными дугами в самом сердце – **метасимпатическая часть нервной системы.**

Ее работа видна при переполнении правого предсердия сердца, в этом случае возбуждаются механорецепторы правого предсердия, информация передается в сосудодвигательный центр, за счет симпатического влияния усиливается частота и сила сердечных сокращений – **рефлекс Бейнбриджа.**

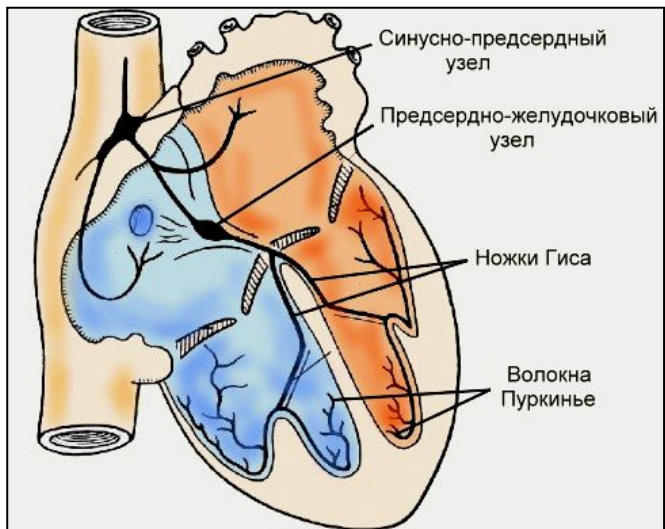
При повышенном давлении в аорте за счет возбуждения барорецепторов информация передается в сосудодвигательный центр, возбуждаются парасимпатические и тормозятся симпатические рефлексорные дуги, частота и сила сердечных сокращений уменьшается.

# Регуляция работы сердца



Информация от рецепторов на растяжение в полых венах и дуге аорты передается в продолговатый мозг, в центр регуляции сердечной деятельности.

Ослабление работы сердца вызывается *парасимпатическими* нервами в составе блуждающего нерва; усиление работы сердца вызывается *симпатическими* нервами, центры которых расположены в спинном мозге.

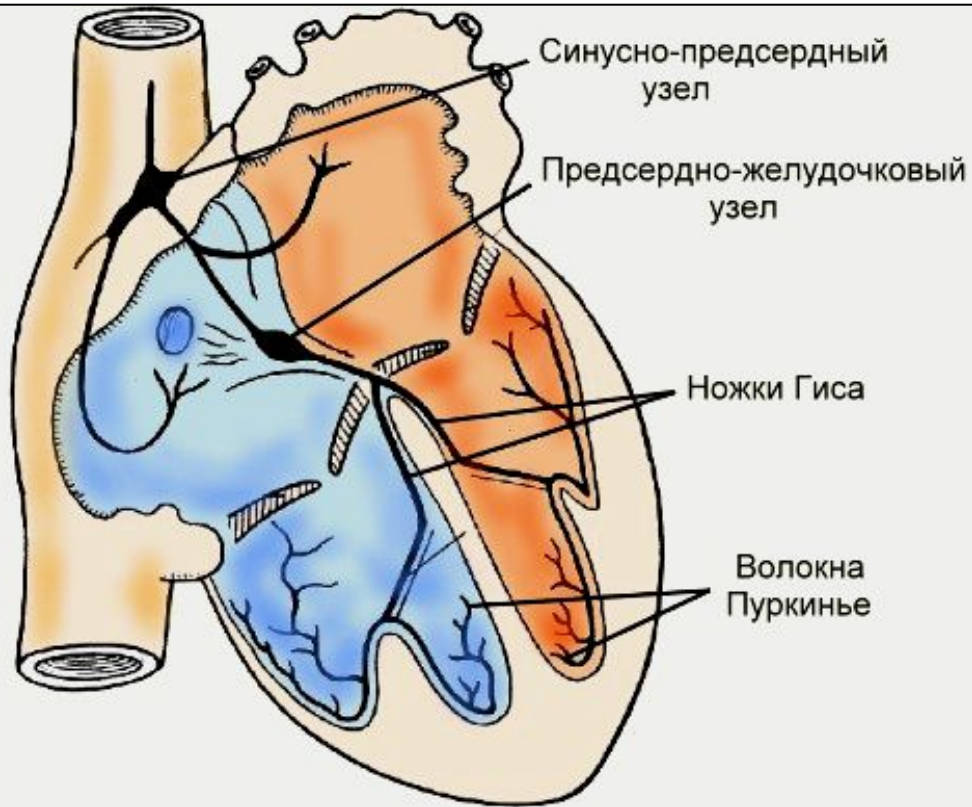


**Олимпиадникам. Повышенное давление приводит к синтезу в мышечных клетках предсердий натрийуретического гормона, который снижает объем воды и концентрацию натрия в сосудистом русле путем снижения реабсорбции натрия в почечных канальцах.**





## Регуляция работы сердца



### Гуморальная регуляция.

На деятельность сердца влияет и ряд веществ, поступающих в кровь.

Усиление работы сердца вызывают **адреналин**, выделяемый надпочечниками, **тироксин**, выделяемый щитовидной железой, **избыток ионов  $Ca^{2+}$** .

Ослабление работы сердца вызывает **ацетилхолин**, **избыток ионов  $K^+$** .

## Подведем итоги:



Что обозначено цифрами 1 – 4?

*1 – синусно-предсердный узел;*

*2 – предсердно-желудочковый узел;*

*3 – ножки Гиса;*

*4 – волокна Пуркинье.*

Чем образована проводящая система сердца?

*Атипичными кардиомиоцитами, мышечными клетками особого строения.*

Что произойдет, если возбуждение не будет поступать от ритмоводителя первого порядка?

*Сердце остановится, затем возобновит работу в более медленном ритме.*

В изолированном сокращающемся сердце повышенное давление в аорте. Как это скажется на работе сердца?

*Сердце замедлит и ослабит свою работу.*

Если повышенное давление в правом предсердии?

*Усилит работу.*

Что такое метасимпатическая нервная система сердца?

*Часть нервной системы, находящаяся в сердце и регулирующая его работу.*