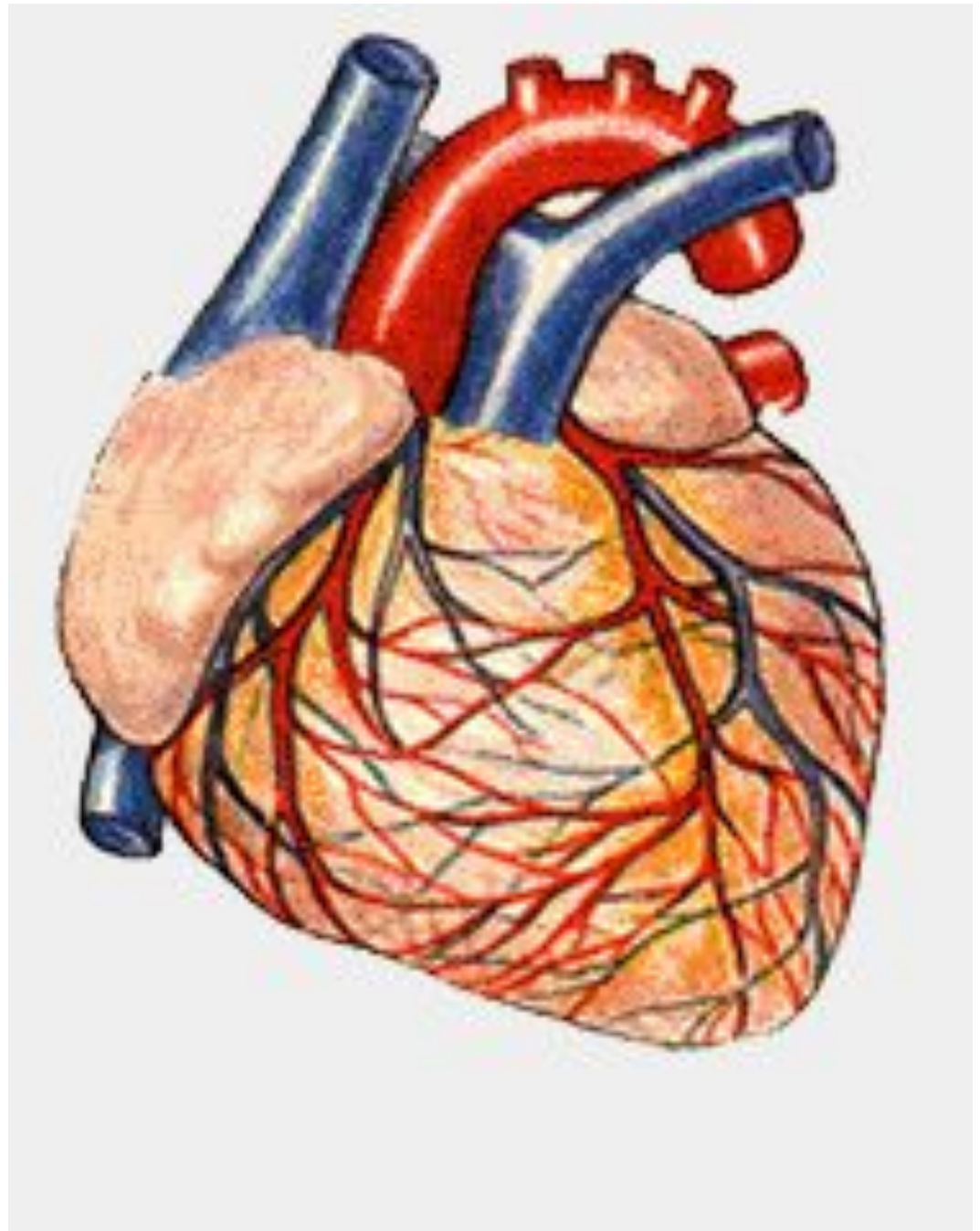


# Кровообращение



# Задача ССС

- Доставка в микроциркуляторное русло кислорода и питательных веществ и удаление метаболитов.
- Кровоток в микрорегионе должен соответствовать интенсивности работы.

# **Функциональная характеристика ССС**

# Роль сердца

- 1) Насос. Обеспечивает ритмическое нагнетание крови в сосуды.
- 2) Генератор давления. При сокращении сердца в сосуды выбрасывается кровь, что приводит к повышению АД.

- 3) Сердце обеспечивает возврат крови, т. е. обладает присасывающим действием.

# Функции сосудов

- а) Малого круга кровообращения –
- в них происходит газообмен между венозной кровью и альвеолярным воздухом.

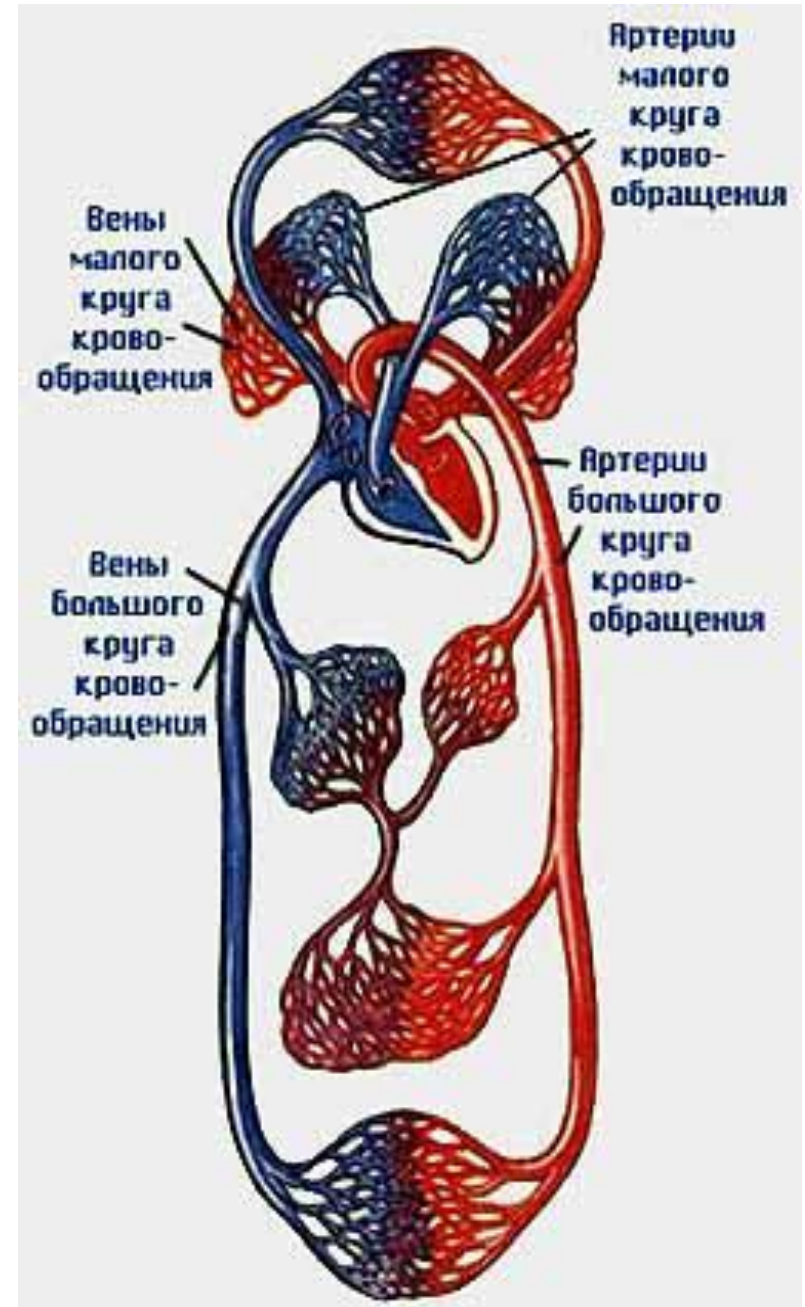
- Диффузия газов  $O_2$  и  $CO_2$  идет в соответствии с направлением альвеолярно – капиллярного градиента парциального давления и напряжения для этих газов.

## б) Большого круга.

- По ним идет кровь к тканям. Происходит газообмен между кровью и тканями – образуется венозная кровь.

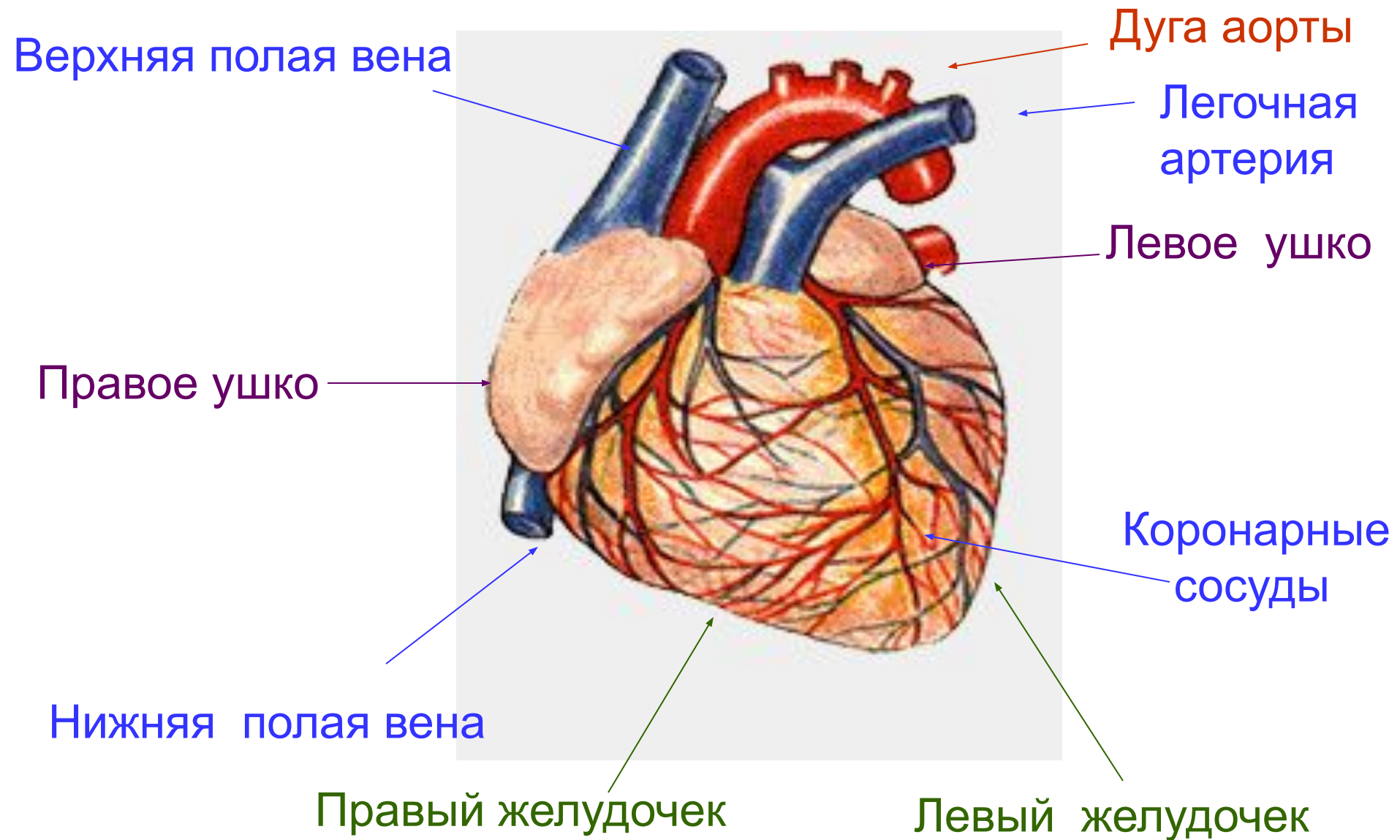
# Круги кровообращения

- **Большой круг.**
- **Начинается из левого желудочка аортой.**
- **Заканчивается в правом предсердии верхней и нижней полыми венами.**
- **Малый круг.**
- **Начинается из правого желудочка легочной артерией.**
- **Заканчивается в левом предсердии четырьмя легочными венами.**

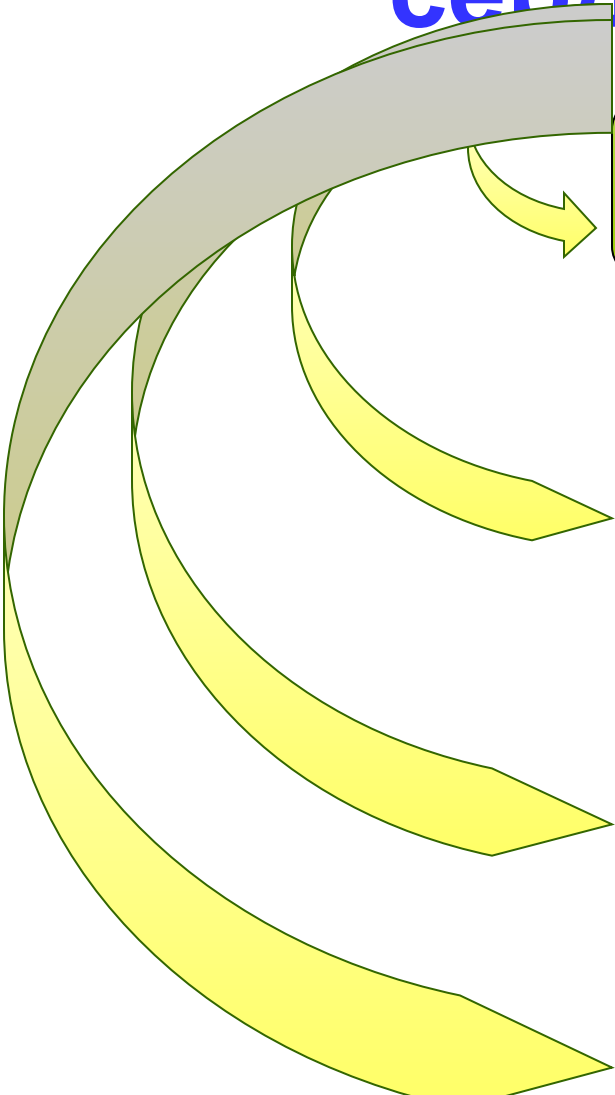


# Нагнетательная функция сердца

# Вид сердца спереди



# Физиологические свойства сердечной мышцы



Возбудимость

Проводимость

Сократимость

Автоматия

# Характеристика сократительной деятельности сердца.

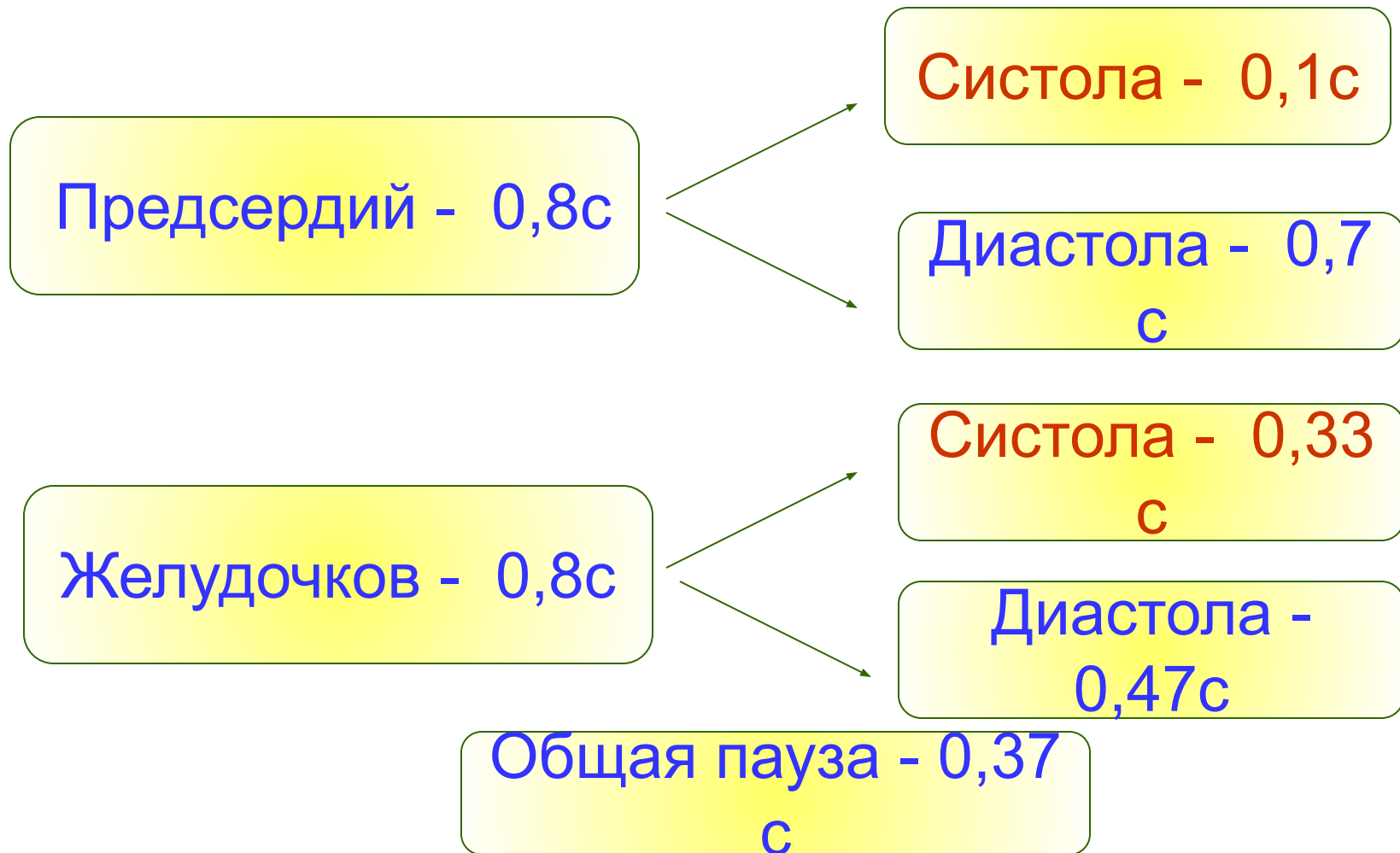
Сокращения происходят по типу одиночных сокращений.

Суммации сокращений никогда не происходит.

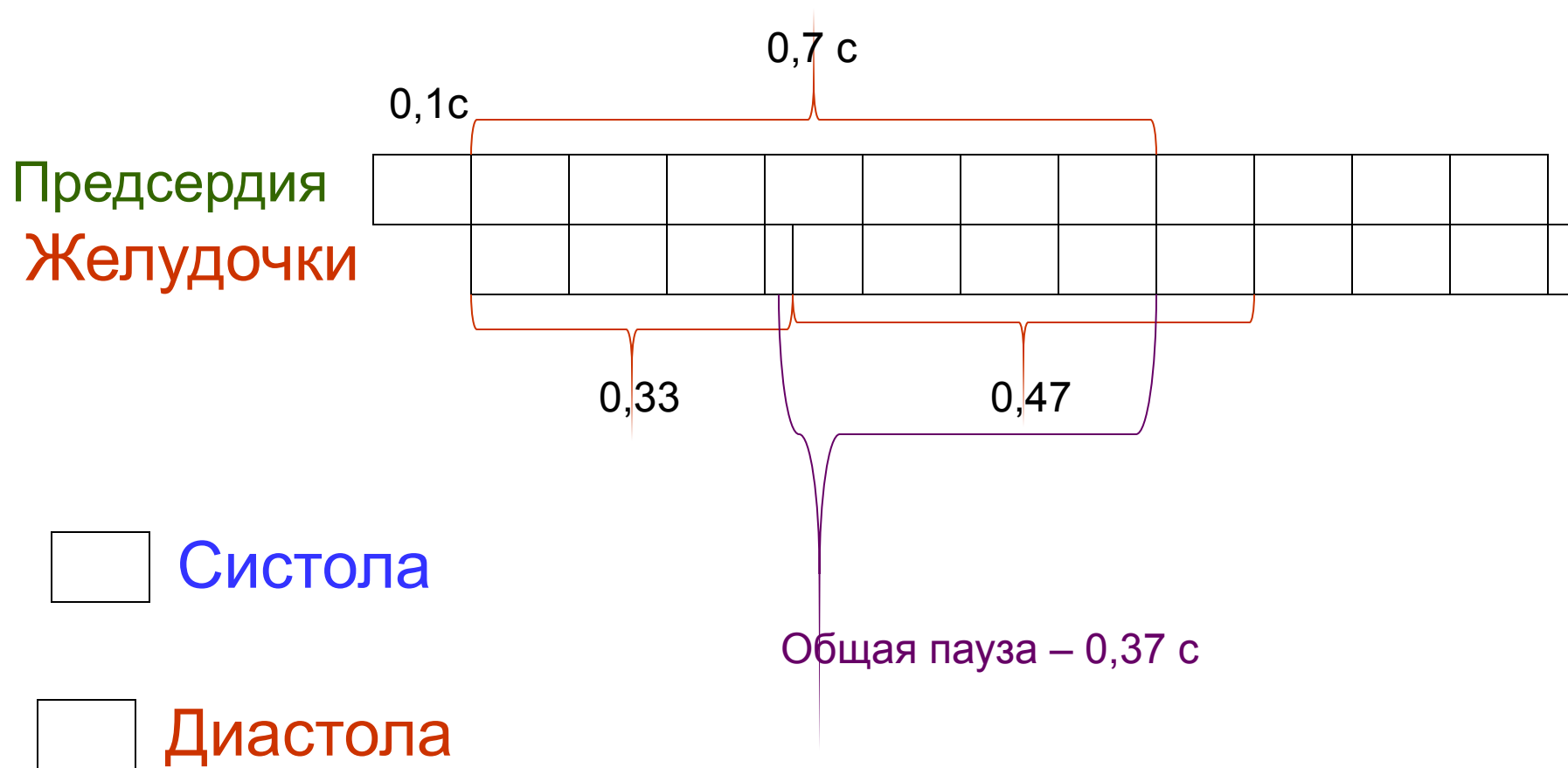
Цикл работы сердца состоит из систолы и диастолы

# Цикл работы сердца

При ЧСС равной 75 в минуту составляет:



# Графическое изображение сердечного цикла



# Фазовый анализ работы сердца

Систола желудочков 0,33с

```
graph TD; A[Систола желудочков 0,33с] --> B[Период напряжения 0,08с]; A --> C[Период изгнания крови 0,25с]; B --> D[Фаза асинхронного сокращения 0,05с]; B --> E[Фаза изометрического Сокращения 0,03с]; C --> F[Фаза медленного Изгнания 0,13с]; C --> G[Фаза быстрого Изгнания 0,12с];
```

Период напряжения 0,08с

Фаза асинхронного сокращения 0,05с

Фаза изометрического Сокращения 0,03с

Период изгнания крови 0,25с

Фаза медленного Изгнания 0,13с

Фаза быстрого Изгнания 0,12с

**Диастола  
желудочков -0,47с**

```
graph TD; A[Диастола желудочков -0,47с] --> B[Период расслабления -0,12с]; A --> C[Период наполнения -0,25с]; B --> D[Фаза асинхронного расслабления - 0,04с]; B --> E[Фаза изометрического расслабления - 0,08с]; C --> F[Фаза быстрого наполнения - 0,08с]; C --> G[Фаза медленного наполнения - 0,17с]; D --> H[Пресистола – систола предсердий -0,1с]; E --> H; F --> H; G --> H;
```

**Период  
расслабления -0,12  
с**

**Фаза  
асинхронного  
расслабления  
– 0,04с**

**Фаза  
изометрического  
расслабления – 0,08с**

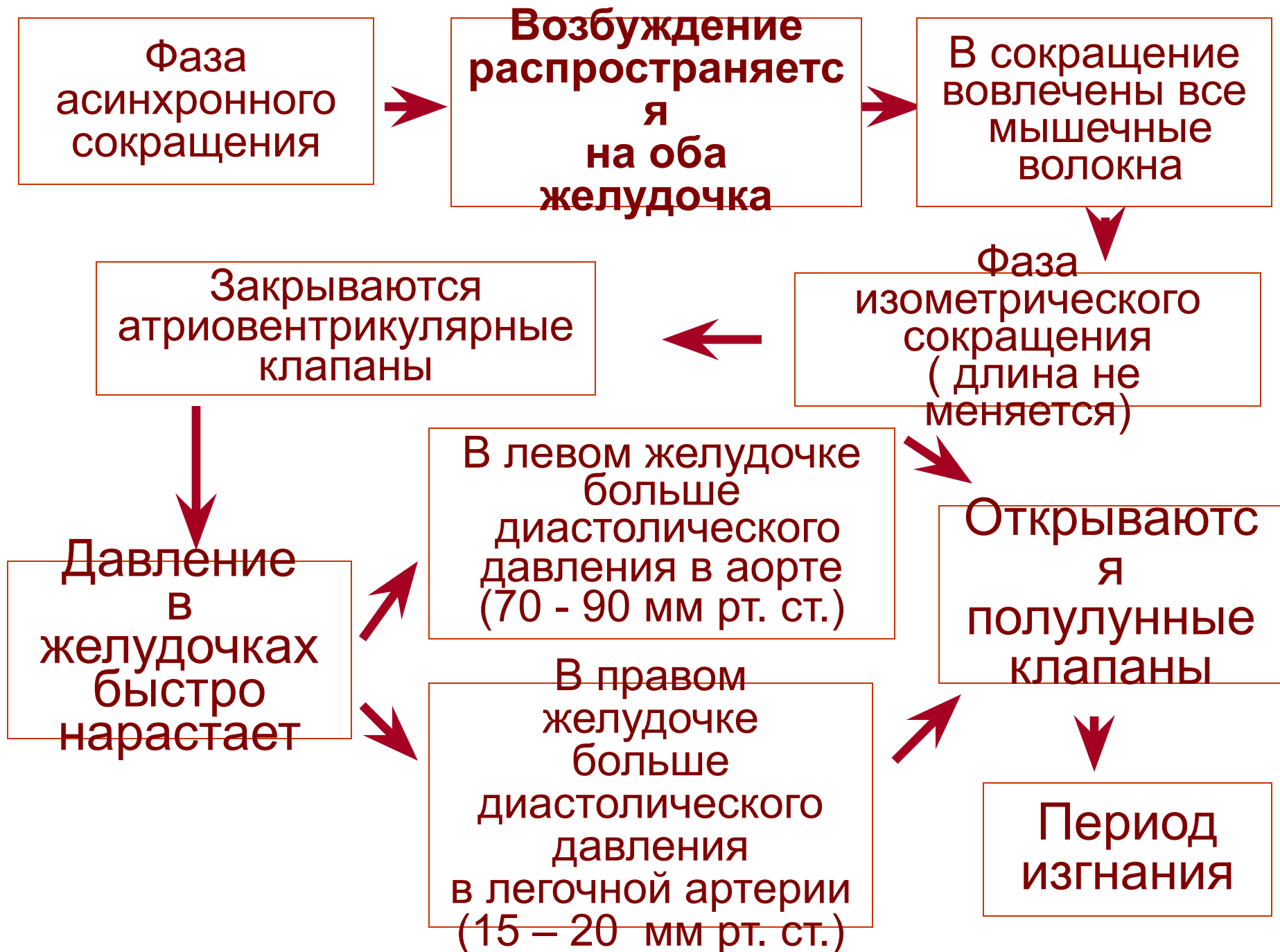
**Период  
наполнения -0,25  
с**

**Фаза  
быстрого  
наполнения –  
0,08с**

**Фаза  
медленного  
наполнения – 0,17с**

**Пресистола – систола предсердий -0,1  
с**

# Характеристика систолы желудочков



# Характеристика диастолы желудочков

Период от начала  
расслабления  
до закрытия  
полулунных  
клапанов  
**протодиастола**



Давление  
в желудочках  
становится ниже,  
чем в сосудах



Полулунные  
клапаны  
закрываются  
обратным  
током крови  
в желудочки

Фаза

изометрического  
расслабления –  
клапаны  
закр~~ы~~ты

Давление  
в желудочках  
падает до 0



массой крови  
открываются  
атриовентрикулярн~~ы~~  
ые  
клапаны



Происходит  
быстрое  
наполнение  
желудочков  
кровью



Сопротивление  
кровотоку  
растет



Фаза  
медленного  
наполнения



Систола  
предсердий  
(пресистола  
)



Период  
напряжени~~я~~  
желудочков

# Давление в полостях сердца в мм. рт. ст.

| Предсердия |          |          | Желудочки                    |                                |
|------------|----------|----------|------------------------------|--------------------------------|
| Фаза       | Правое   | Левое    | Правый                       | Левый                          |
| Систола    | 4 – 5    | 5 – 7    | ПН – 12 – 15<br>ПИ – 25 – 30 | ПН – 70 – 80<br>ПИ – 120 – 130 |
| Диастола   | 0 – (-3) | 0 – (-3) | 0 – 5                        | 0 – 5                          |

# Причина одностороннего тока крови в сердце.

- 1) Сокращение предсердий начинается с мышечных пучков, охватывающих устья вен, поэтому кровь течет в желудочки.
- 2) Наличие атриовентрикулярных клапанов препятствует обратному току крови в предсердия.
- 3) Полулунные клапаны препятствуют току крови из сосудов в желудочки.

# Механизмы, обеспечивающие

- 1) Систола левого желудочка, создающая движущую силу (30% венозного возврата).
- 2) Разность давлений в венах и полостях сердца.
- В венах вне грудной полости  $P = 5 - 9$  мм. рт. ст.,
- в предсердиях во время диастолы – 0 – 3 мм. рт. ст.
- Движущая сила равна  $P_{\text{вен.}} - P_{\text{сердца}}$ .
- В среднем 5 – 9 мм. рт. ст.

### 3) Присасывающая способность сердца.

- Она связана с потенциальной энергией эластических элементов, накопившейся в систолу. Растянутые в систолу эластические элементы в диастолу работают как пружины.

# «Пружина сверху».

- В систолу крупные сосуды и соединительная ткань, укрывающая сердце растягиваются.
- В диастолу эти ткани сокращаются
- и как на пружине подтягивают сердце навстречу потоку крови.

# « Пружина внутри».

- Создается деформацией в систолу соединительного каркаса и мышечных волокон сердца.
- Благодаря этим силам в диастолу сердце стремится расширяться .
- Это создает внутри его отрицательное давление, увеличивается приток крови к сердцу.

# Присасывающее действие отрицательного давления

- В начале систолы желудочков предсердно-желудочковая перегородка оттягивается вниз.
- Увеличивается объем предсердий и в них создается отрицательное давление.
- Отрицательное давление способствует увеличению венозного возврата.

# Модулирующее влияние на приток крови к сердцу.

- 1) Отрицательное давление в грудной полости.
- На вдохе – 9мм. рт. ст., на выдохе – 3мм. рт. ст.
- При пневмотораксе исчезает отрицательное давление.

## 2) Изменение емкости венозных сосудов.

- В норме 75% от ОЦК находится в венозных сосудах.

- При резком падении АД,
- после мышечной нагрузки,
- при ортостатике

это количество крови может  
возрасти до 80 – 90%,

при этом снижается  
венозный возврат.

- Но его можно менять, изменяя положение тела или конечностей относительно сердца.

# Факторы, влияющие на объем крови в венах.

- 1) Состояние венозных клапанов.
- 2) Сокращение мышц брюшного пресса уменьшает содержание крови во внутренних органах.
- 3) Сокращение скелетных мышц ( выполняют роль насоса).

## 4) Положение тела.

- При ортостатике рефлексорно суживаются прекапиллярные сфинктеры
- ( чтобы не упало АД)
- и объем венозной крови снижается.

# Оценка гемодинамической функции сердца.

- 1) По количеству перекачиваемой крови в минуту.
- $МОК = СВ \cdot ЧСС =$
- $(60 - 85\text{мл}) \cdot (60 - 80) =$
- $4,5 - 5\text{л}.$

- 2) По звуковым явлениям, возникающим при работе сердца.

## Методы определения систолического выброса и МОК.

- Прямой метод –  
расходомерия.
- Регистрируется  
расходомером объем крови,  
протекающей через аорту.

**Инвазивные методы.**

# 1) Метод Фика.

- Рассчитывают артерио-венозную разницу содержания кислорода и определяют потребление кислорода метабологом.

# МОК рассчитывается по формуле:

- потребление кислорода (мл. мин.)
- артерио-венозную разницу по кислороду(на 100мл. крови)
- = мл/мин.

## 2) Использование метода разведения красителей

- В локтевую вену вводят определенную дозу непроникающего через стенку сосуда вещества.
- Фиксируют время введения.

- Из другой вены периодически берут пробы крови и определяют в них концентрацию вещества.

- Строят кривую разведения индикатора,
- по которой рассчитывают МОК
- (учитывается только объем плазмы).

**Неинвазивные методы.**

# 1) Интегральная реография.

- Регистрируют изменение сопротивления тканей электрическому току.
- Оно уменьшается в момент систолического выброса и пропорционально его величине.
- Предварительно строят калибровочную кривую.

- Это график зависимости электрического сопротивления от известного объема крови.
- Так находят систолический объем (CO).
- $МОК = CO + ЧСС.$

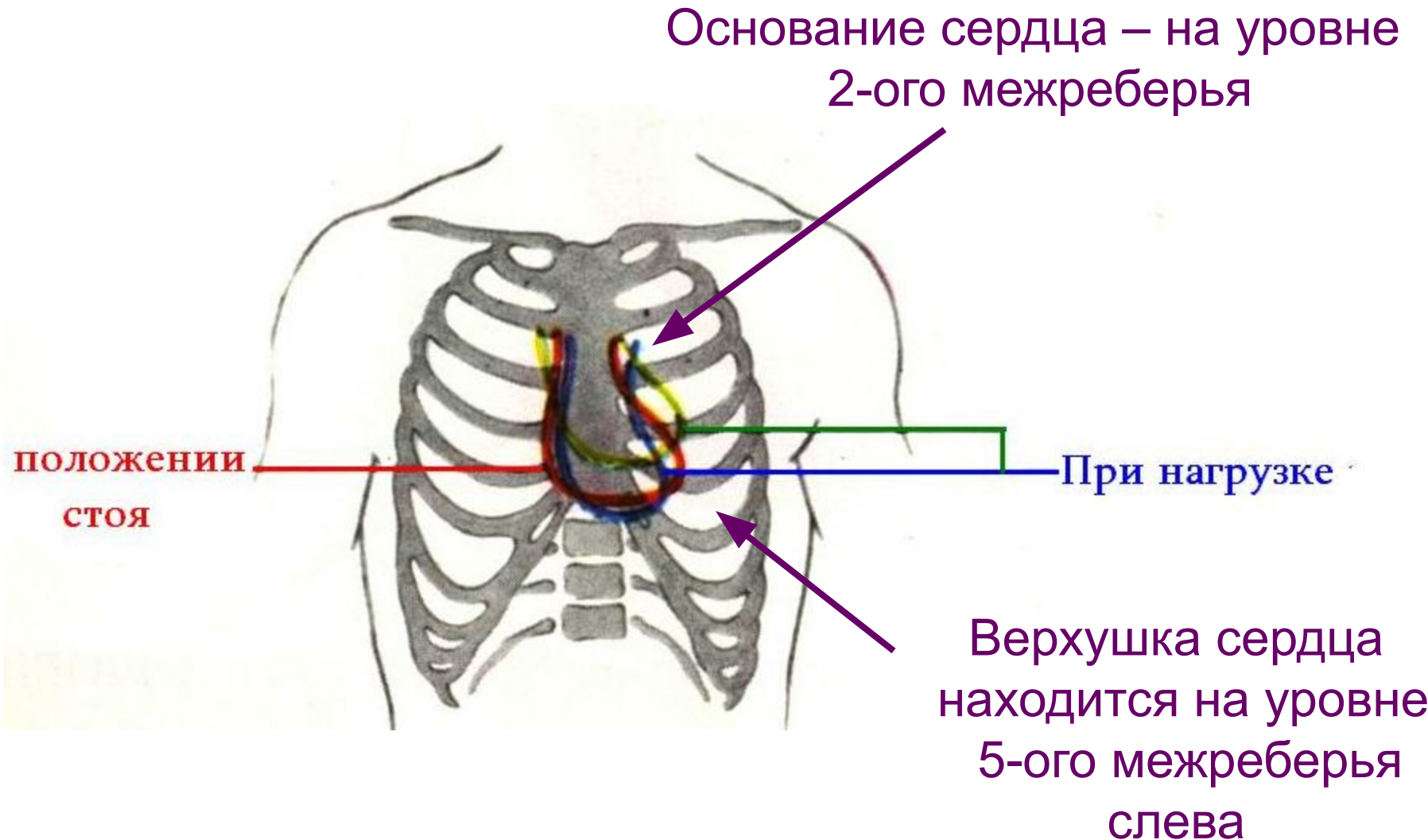
## 2) Ультразвуковой метод

- Датчик на грудной клетке устанавливают так, чтобы ультразвуковые волны отражались от митрального клапана, и регистрируется СВ и МОК.
- 3) Расходометрия – датчик устанавливается на аорте.

# Тоны сердца и их диагностическое значение

- При аускультации сердца выслушивают 2 тона.
- I – глухой, протяжный, низкий, за ним следует короткая пауза.
- II – высокий, короткий, затем длинная пауза.
- Клиническое значение.
- По тонам оценивают состояние клапанов сердца.

# Проекция сердца на переднюю поверхность тела



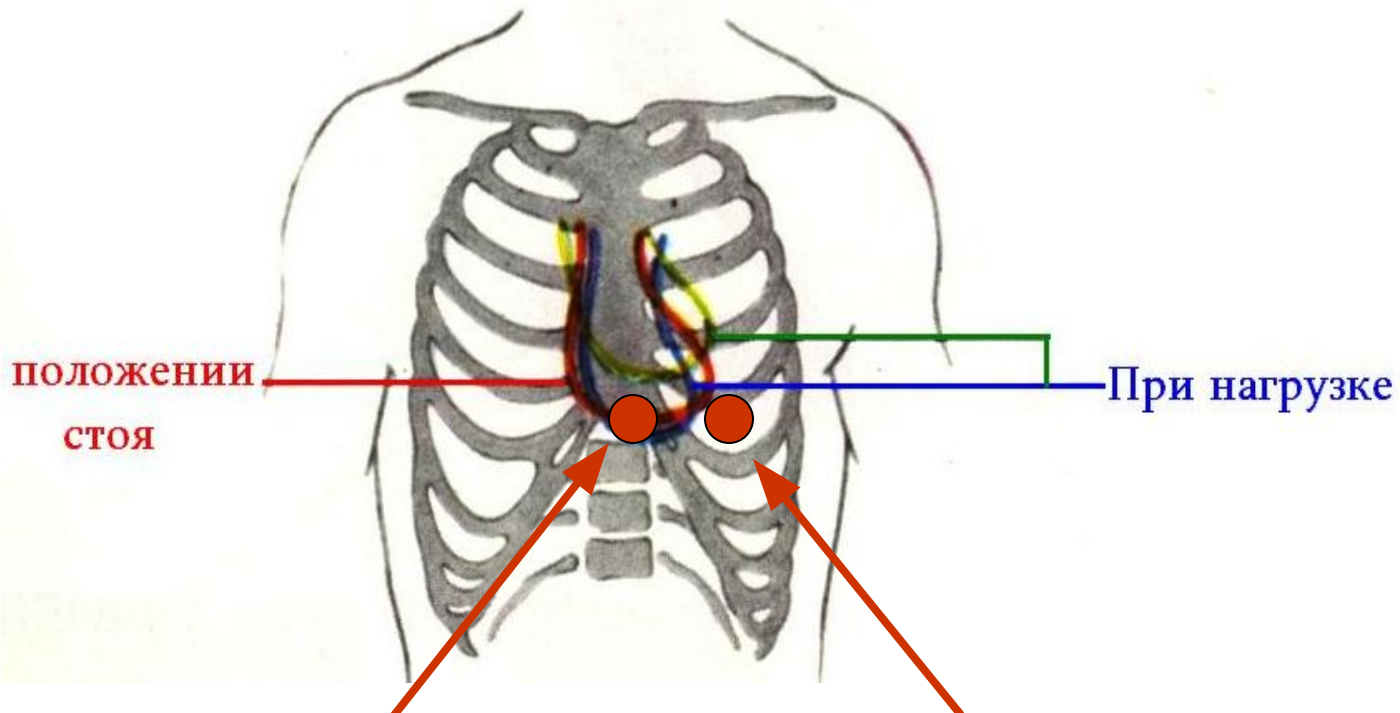
# Происхождение тонов сердца, их аускультация.

- Первый тон систолический.
- Возникает в фазу изометрического сокращения.
- Сложный по своей природе.  
Создается:
- 1) колебаниями створок атриовентрикулярных клапанов во время изометрического сокращения;

- 2) дрожанием сухожильных нитей, крепящих клапаны к сосочковым мышцам.
- Они препятствуют выворачиванию клапанов в предсердия во время систолы.

- 3) Звуковыми явлениями при сокращении миокарда.
- Таким образом, существуют клапанный, сухожильный, и мышечный компоненты I тона.

# Точки выслушивания первого тона - на верхушке сердца



Трехстворчатый клапан -  
у мечевидного отростка

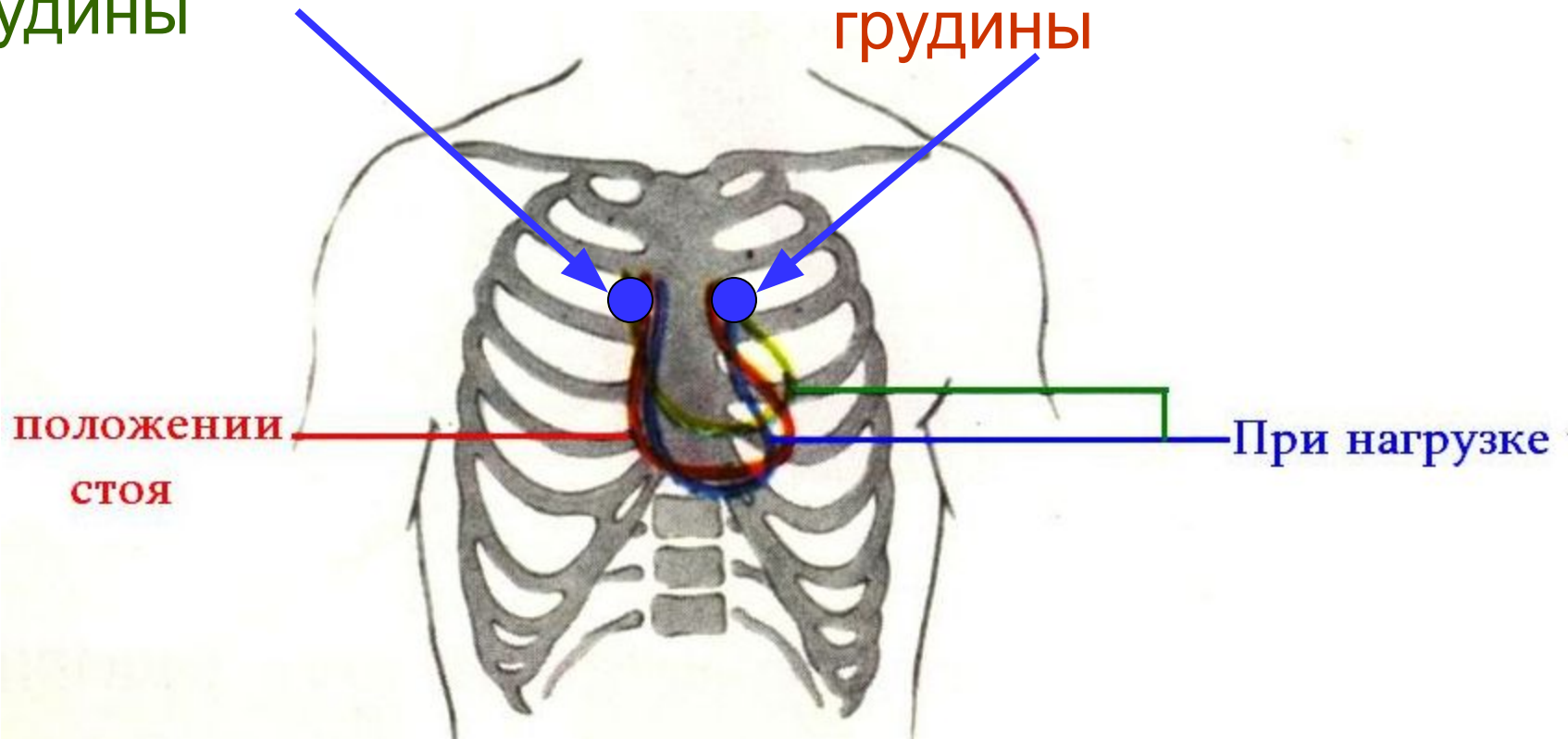
Митральный клапан -  
слева, в 5-ом межреберье,  
на 1 см внутрь  
от среднеключичной  
линии

- II тон– диастолический.
- Создается в начале диастолы захлопыванием аортального и легочного полулунных клапанов обратным током крови в желудочки.

# Точки выслушивания второго тона на основании сердца:

Аортальный клапан –  
во 2-ом  
межреберьи справа от  
грудины

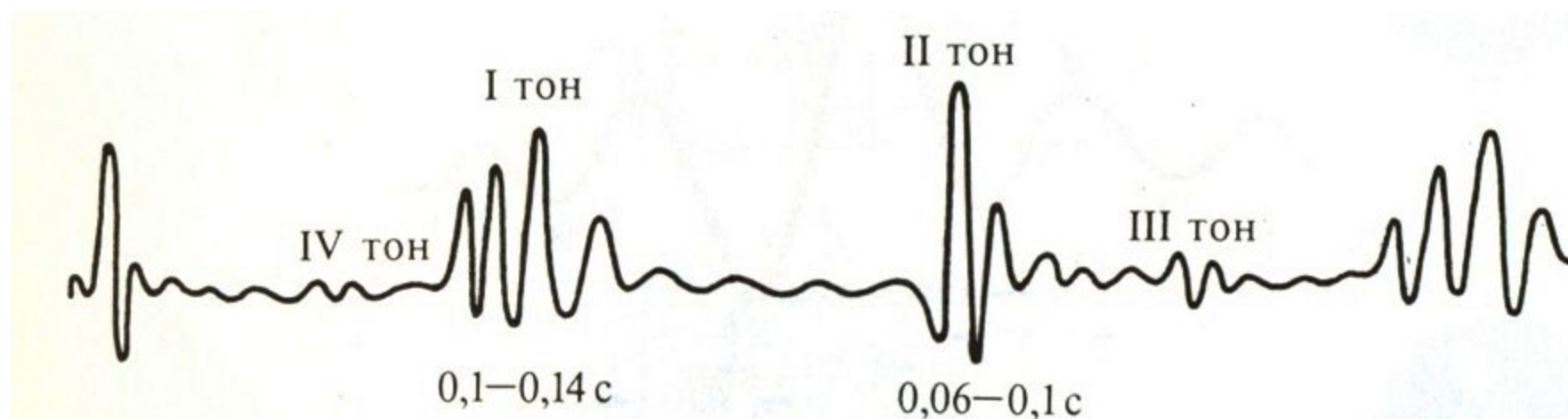
Пulьмональный  
клапан – во 2-ом  
межреберьи слева от  
грудины



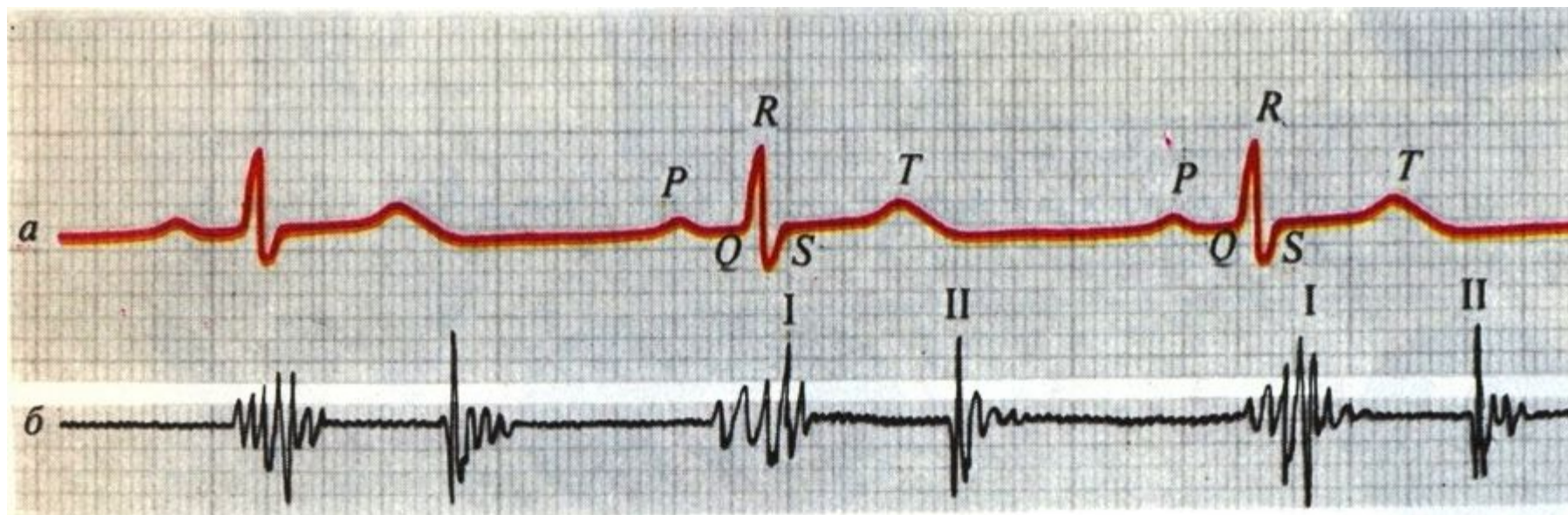
# Запись тонов сердца называется фонокардиографией.

- При этом можно зарегистрировать кроме I и II тона дополнительно:
- III тон – возникает в фазу быстрого наполнения желудочков;
- IV тон – в фазу медленного наполнения.

# Фонокардиограмма



# Одновременная регистрации ФКГ и ЭКГ



# **Сокращение и расслабление сердца.**

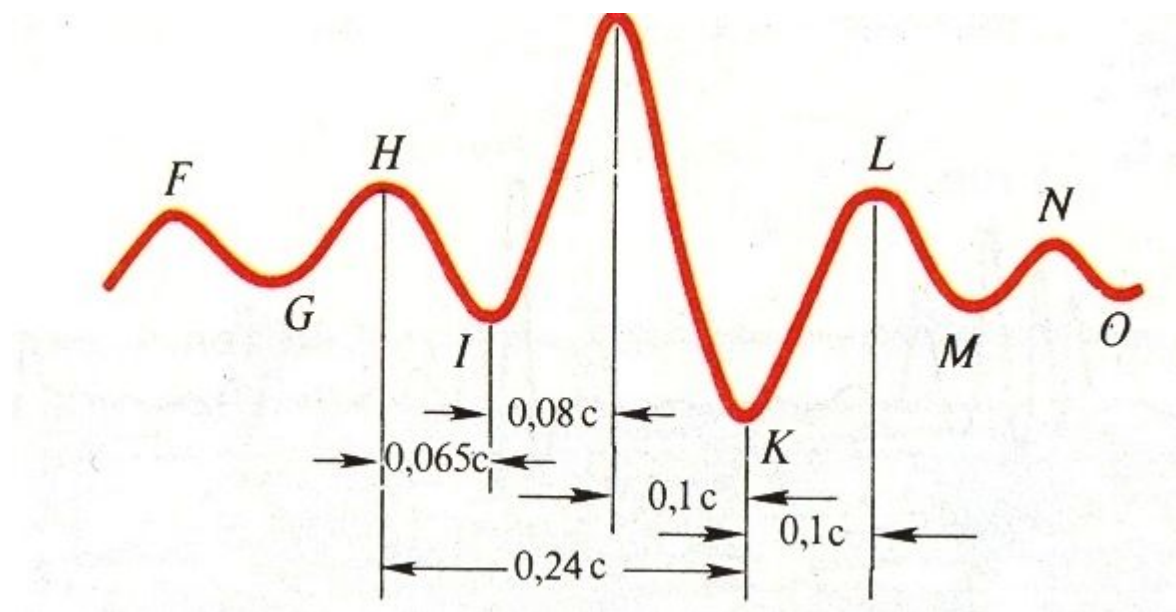
- Схема сокращения такая же, как и в любой скелетной мышце (см. «Физиология мышц»).
- Сопряжение возбуждения и сокращения осуществляют ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,
- которые входят извне, а так же из цистерн саркоплазматического ретикулума, из митохондрий.

- Расслабление - удаление  $\text{Ca}^{2+}$  из межфибриллярного пространства.

# Оценка сократимости.

- 1) Баллистокардиография.
- 2) Динамокардиография.
- **Коррекция нарушения сократимости.**
  - 1) АТФ – фаза.
  - 2) Препараты  $\text{Ca}^{2+}$ .
  - 3) Через стимуляцию АНС.

# Баллистокардиограмма



# Одновременная регистрация БКГ и ЭКГ

