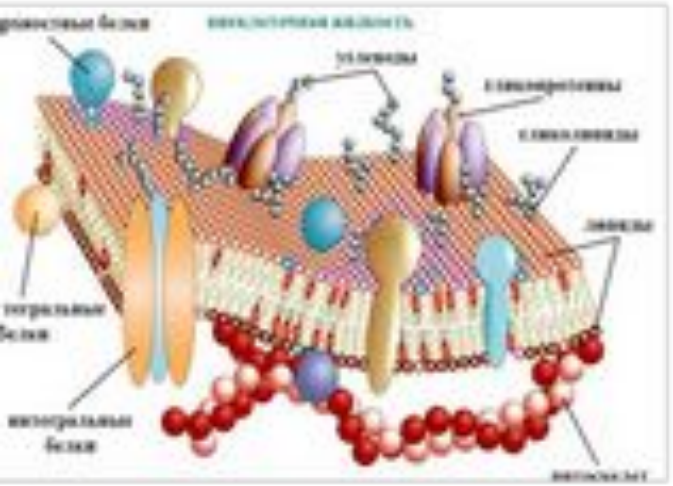
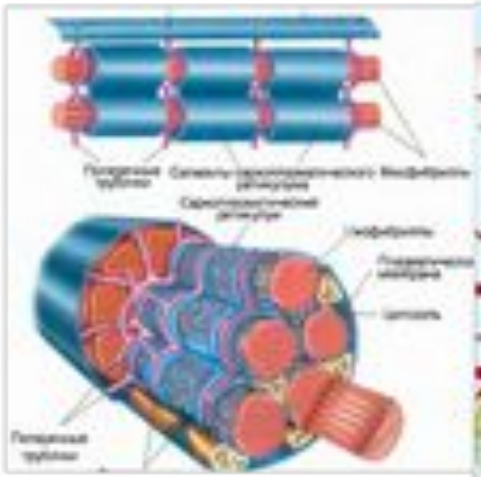
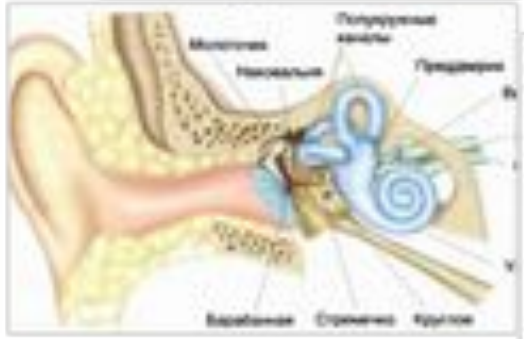
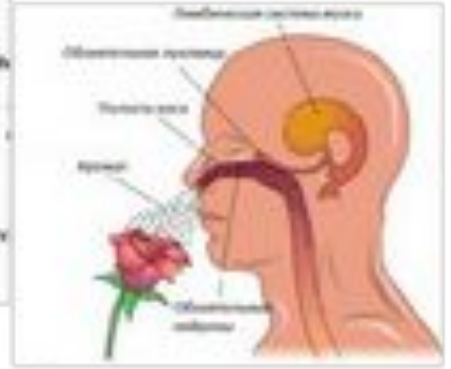
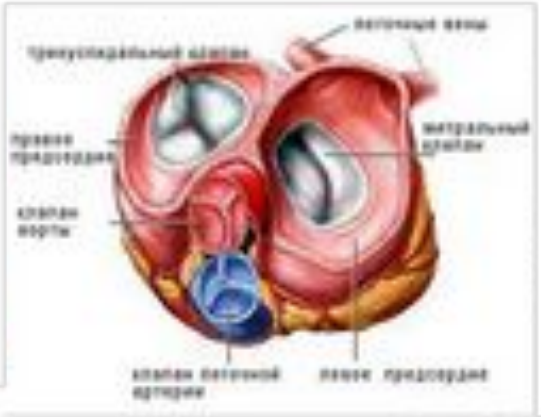
Физиология с основами анатомии

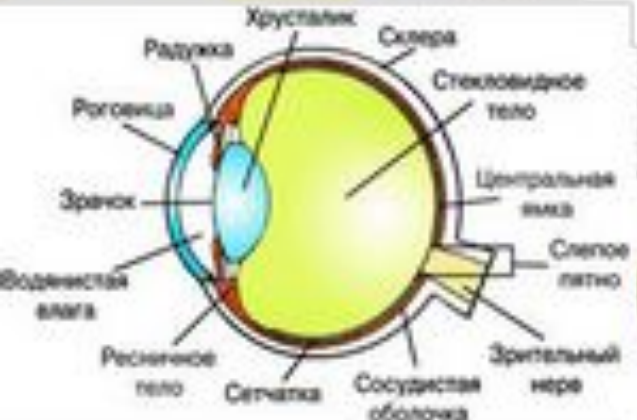












План лекции

Тема 4. Система кровообращения.

4.1. Морфо-функциональные особенности организации сердца

Автоматия.

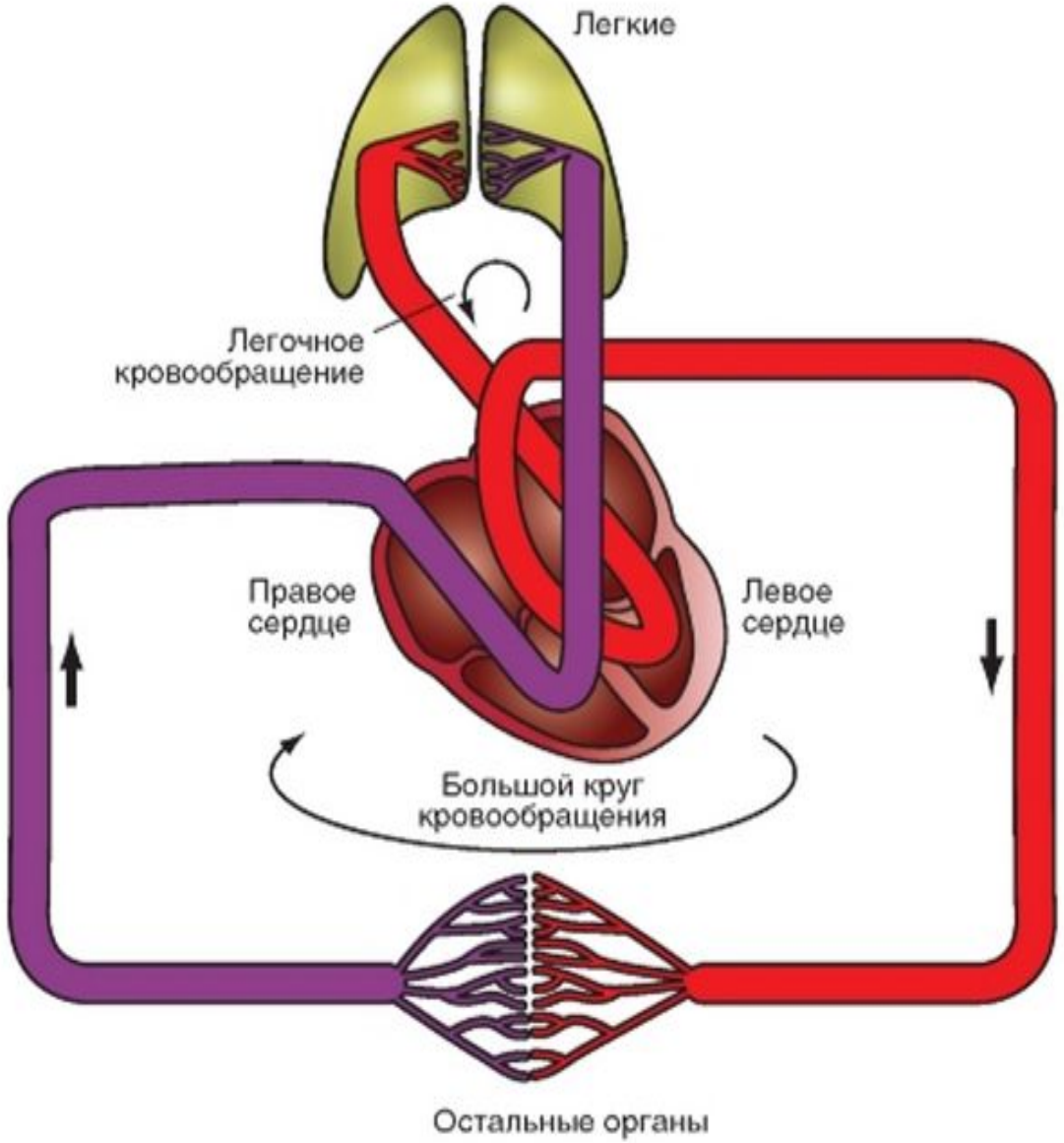
4.2. Сердечный цикл. Клапанный аппарат сердца.

Система кровообращения.

✔ Сердце состоит из двух последовательных насосов : <u>один насос</u> проталкивает кровь через легкие для обеспечения обмена кислорода и углекислого газа.
Это так называемая **легочная циркуляция** или **легочный круг кровообращения.**

✔ Через <u>другой насос</u> кровь движется ко всем остальным тканям тела. Это **системная циркуляция.**

✔ Кровь может двигаться через сердце только в одном направлении.
<u>Одностороннее</u> движение крови через сердце обеспечивается соответствующим устройством створок клапанов.



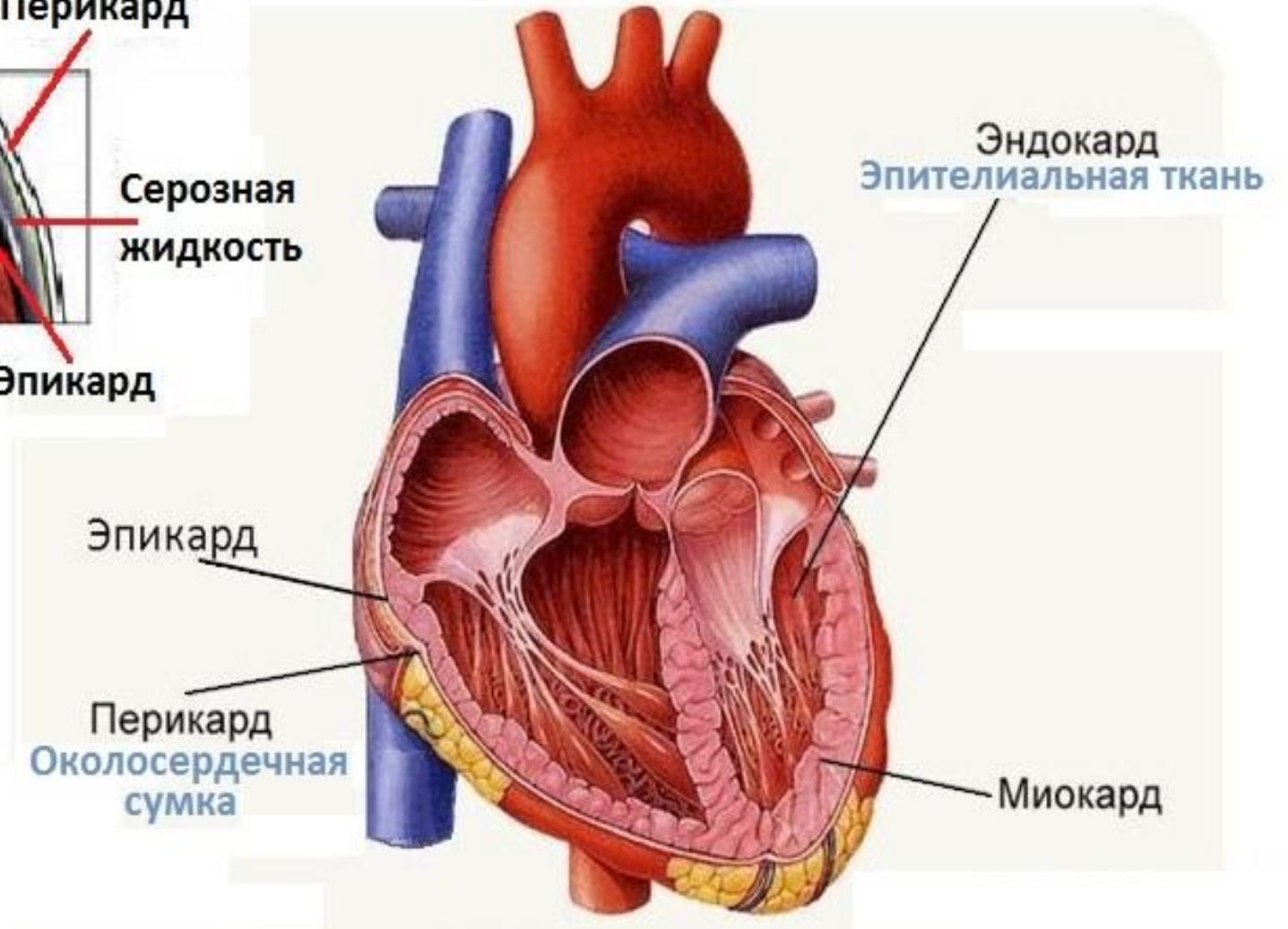
ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

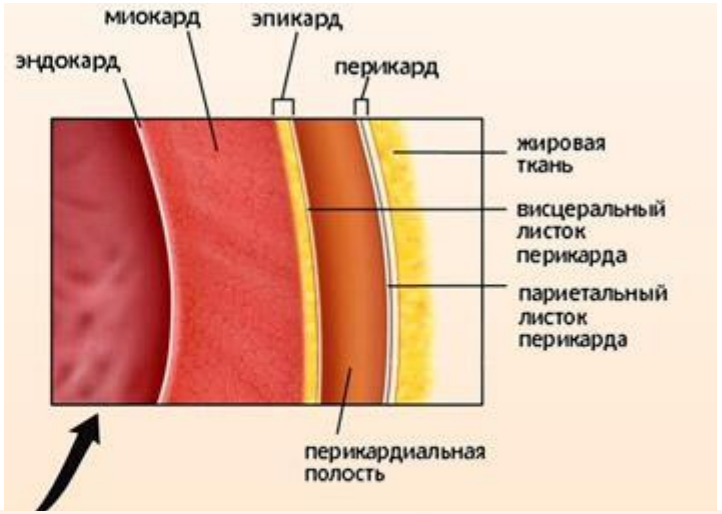
- ✔ **ТРАНСПОРТНАЯ**
- ✔ **ДЫХАТЕЛЬНАЯ**
- ✔ **ЭКСКРЕТОРНАЯ**
- ✔ **ТЕРМОРЕГУЛЯТОРНАЯ**
- ✔ **ГУМОРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ**

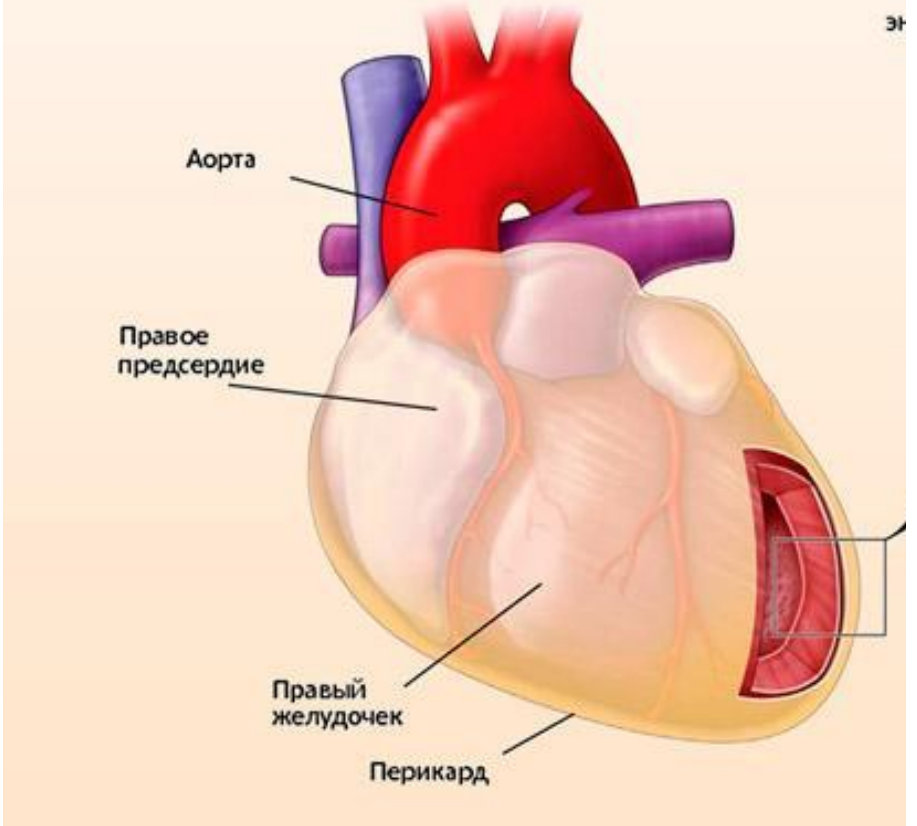
Свойства сердечной мышцы

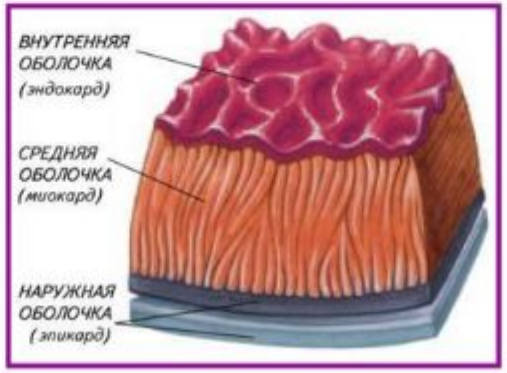
- **Возбудимость** – возникновение импульса в кардиомиоцитах
- **Проводимость** – проведение импульса кардиомиоцитами
- **Сократимость** - сокращение кардиомиоцитов
- **Автоматизм** – способность сердца ритмически сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нем самом

Оболочки сердца









Стенка сердца имеет трехслойное строение:

Внутренний слой (эндокард) – внутренний эпителиальный слой.

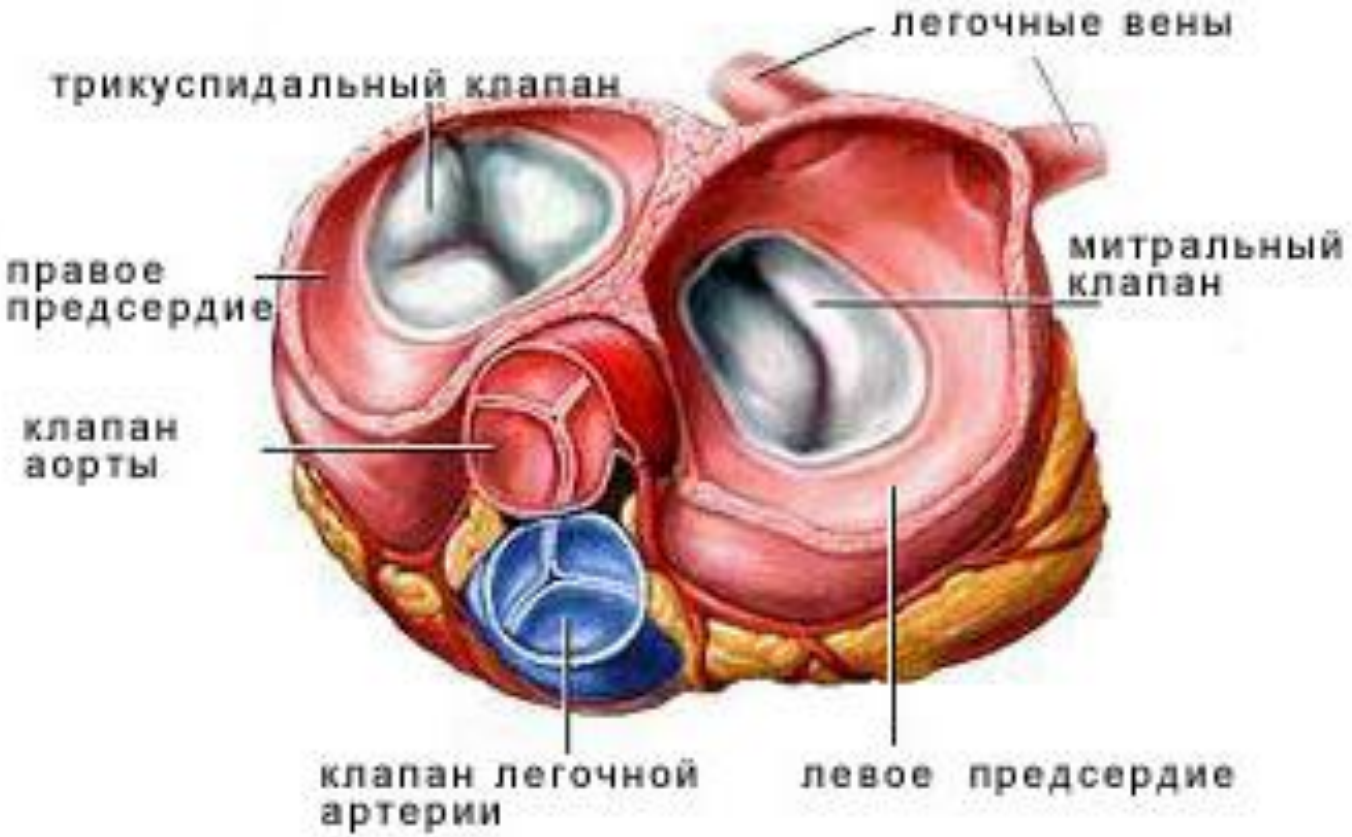
Средний слой (миокард) – мощный мышечный слой.

Наружный слой (эпикард) – состоит из соединительной ткани.

Клапаны сердца

Трехстворчатый и двустворчатый клапаны препятствуют обратному поступлению крови из желудочков в предсердия.

Полулунные клапаны предотвращают возврат крови из артериальной системы в полости желудочков.


легочные вены
трикуспидальный клапан
правое предсердие
митральный клапан
клапан аорты
клапан легочной артерии
левое предсердие

Створчатый клапан
Открыт
Закрыт

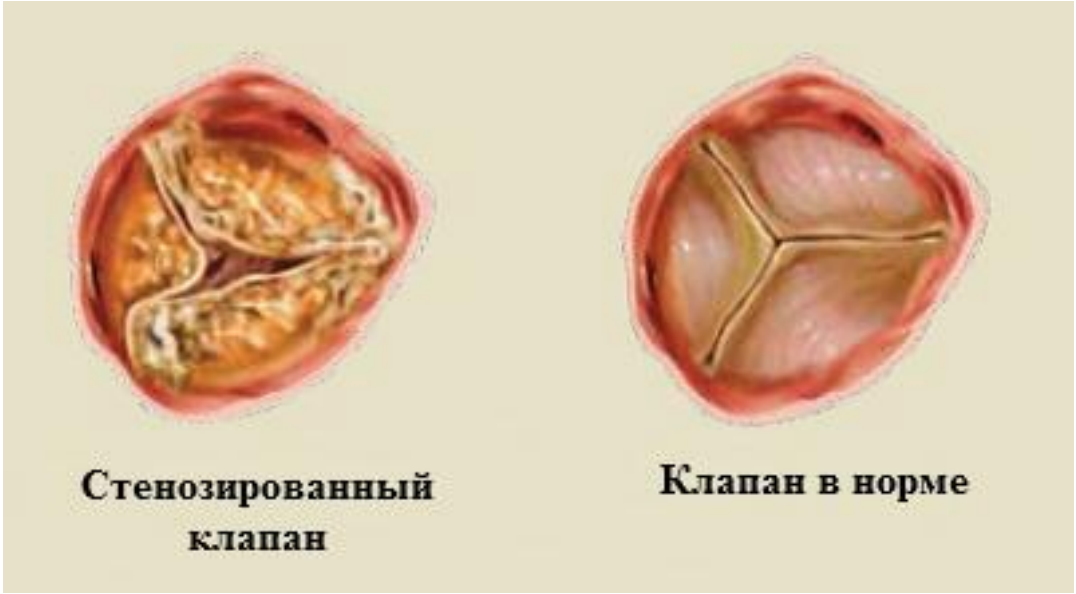
Полулунный клапан
Открыт
Закрыт

Патология клапанов

Стеноз – сужение отверстия клапана

Недостаточность – неполное закрывание отверстия клапана

Пролапс – выворачивание клапана в полость сердца

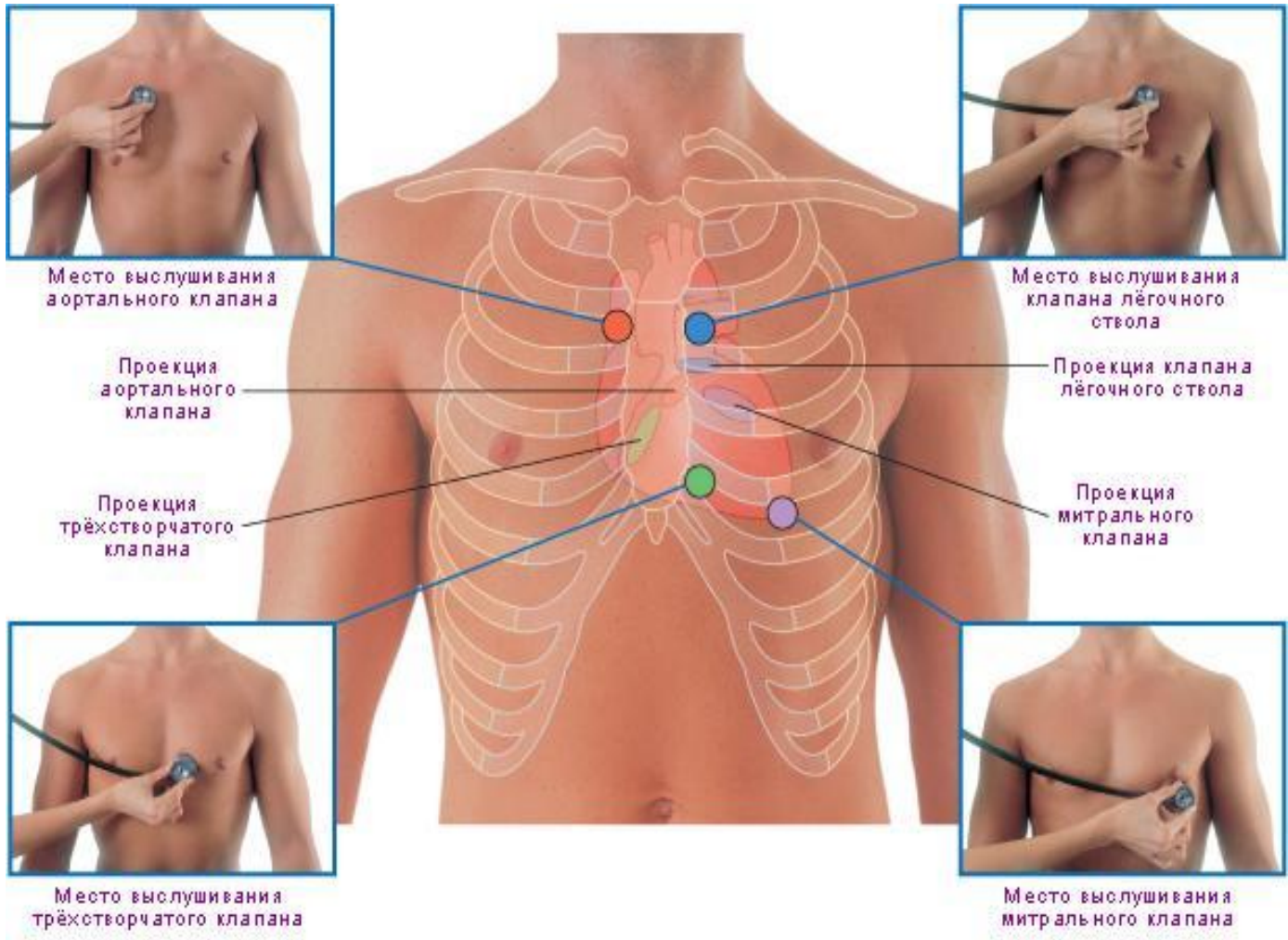


Тоны сердца

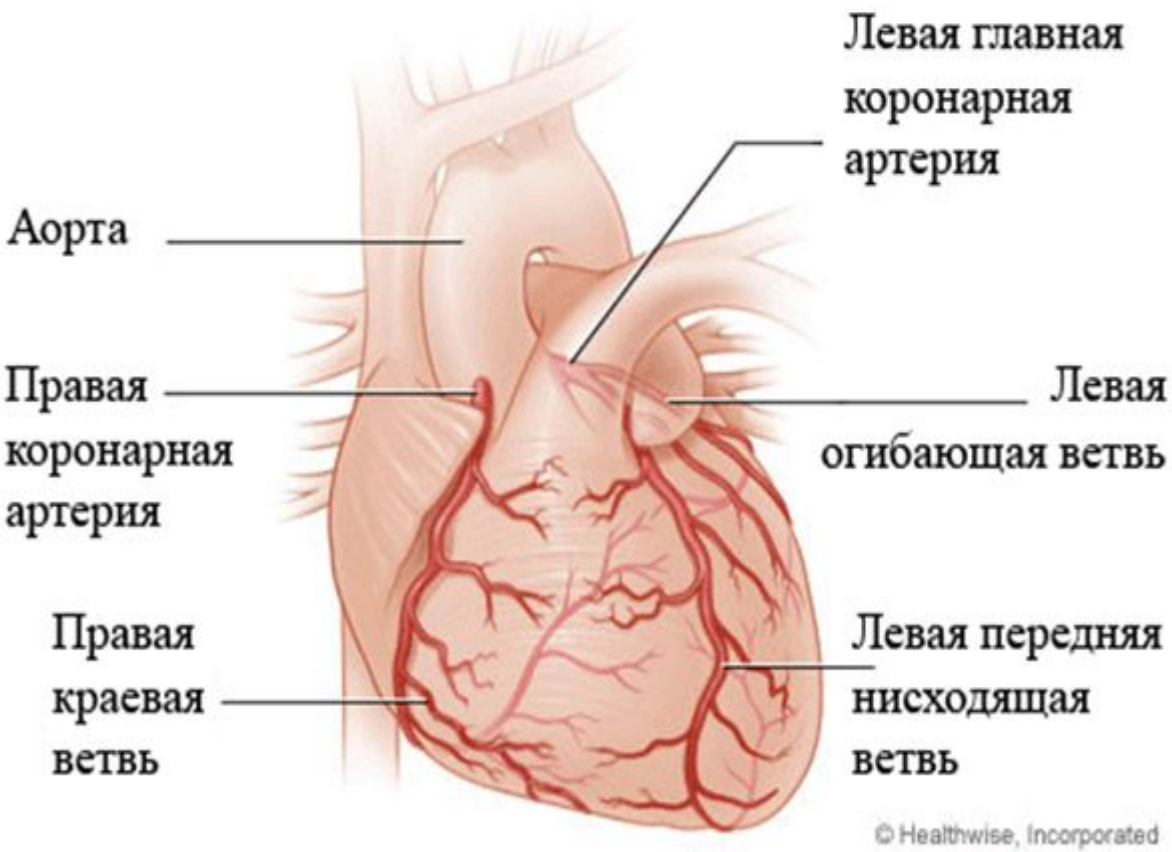
Выслушивание (аускультация) стетофонендоскопом левой половины грудной клетки позволяет услышать два тона сердца I и II.

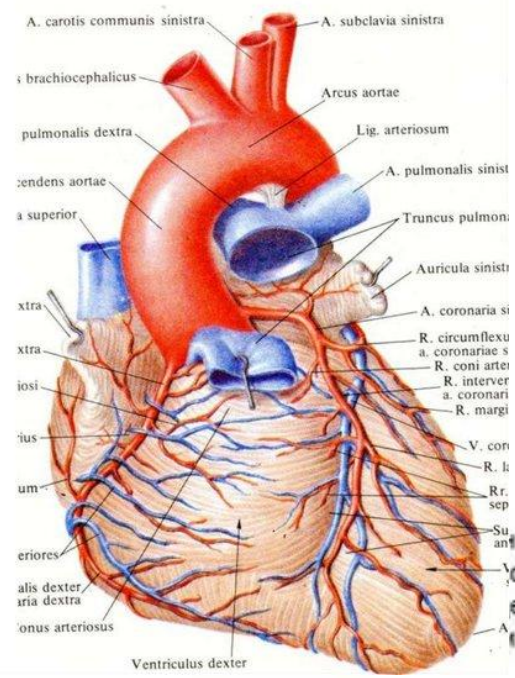
I тон связан с закрытием АВ-клапанов (предсердно-желудочковых) в начале систолы.
(систолический),
Звук протяжный, низкий.

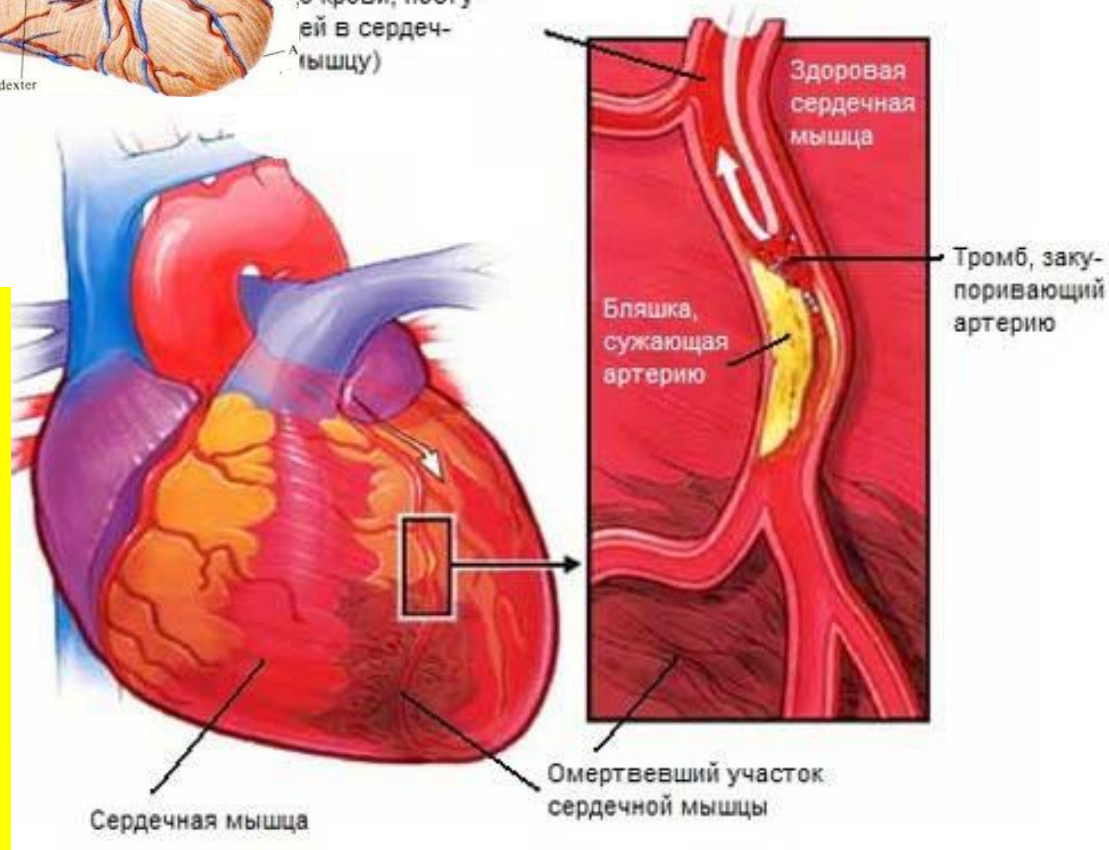
II тон связан с закрытием полулунных клапанов
в конце систолы.
(диастолический),
Звук короткий, высокий.



Кровоснабжение сердца



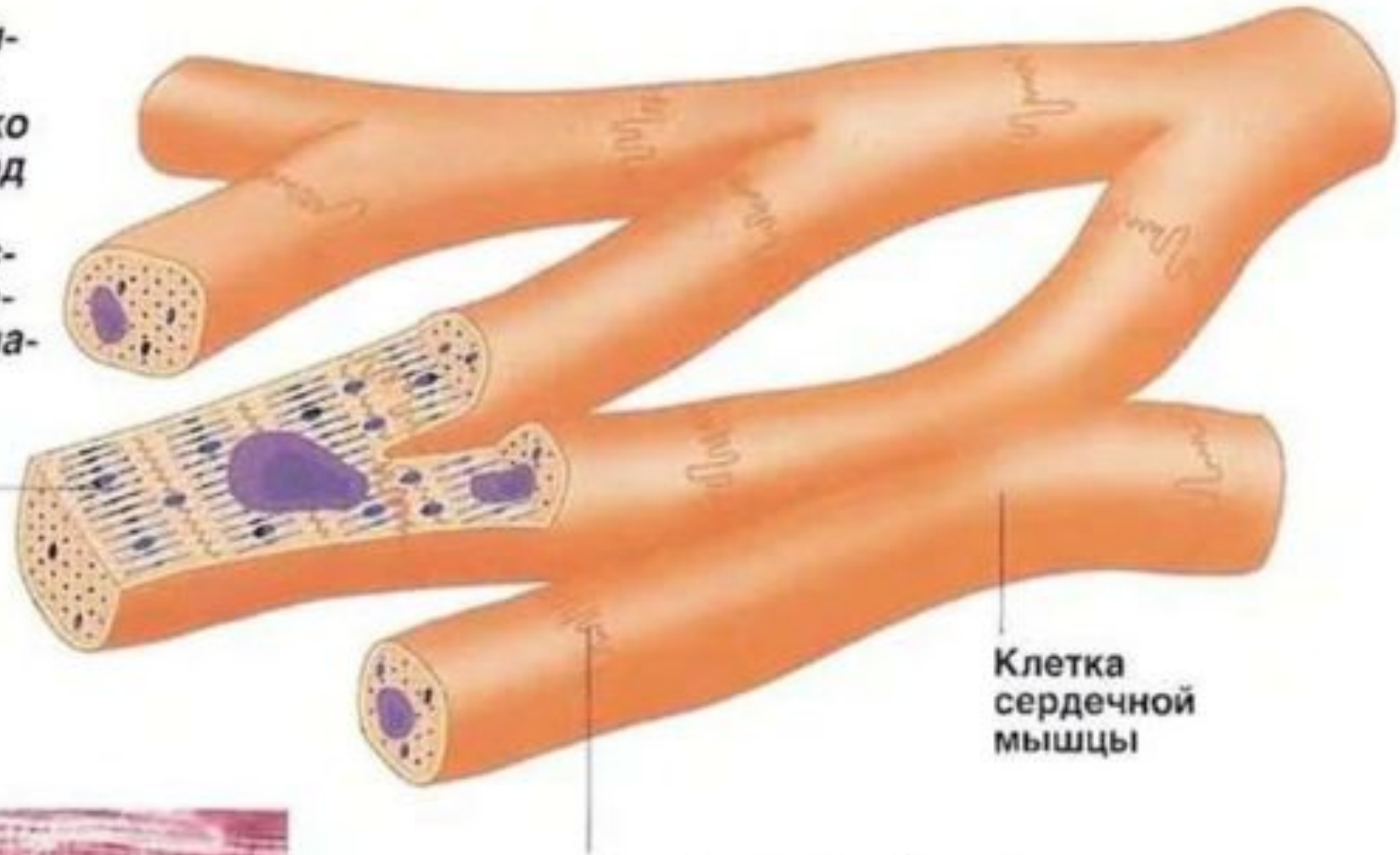




- ✔ **Стенку сердца снабжают кровью правая и левая венечные (коронарные) артерии.**
- ✔ **При сокращении левого желудочка миокард пережимает венечные артерии и поступлении крови прекращается.**
- ✔ **75% крови по венечным артериям притекает к миокарду во время диастолы.**
- ✔ **При физической нагрузке коронарный кровоток усиливается.**
- ✔ **Венечные вены, собирая кровь от большей части миокарда, впадают в венечный синус в правом предсердии. От некоторых областей кровь поступает в сердечные камеры.**

Клетки сердечных мышц менее вытянутые, чем клетки скелетных мышц. Смежные клетки прикреплены близко друг к другу белковой структурой под названием «соединительный диск». Структуры, которые называются десмосомы, формируют связки, по которым передаются электрические сигналы между клетками.

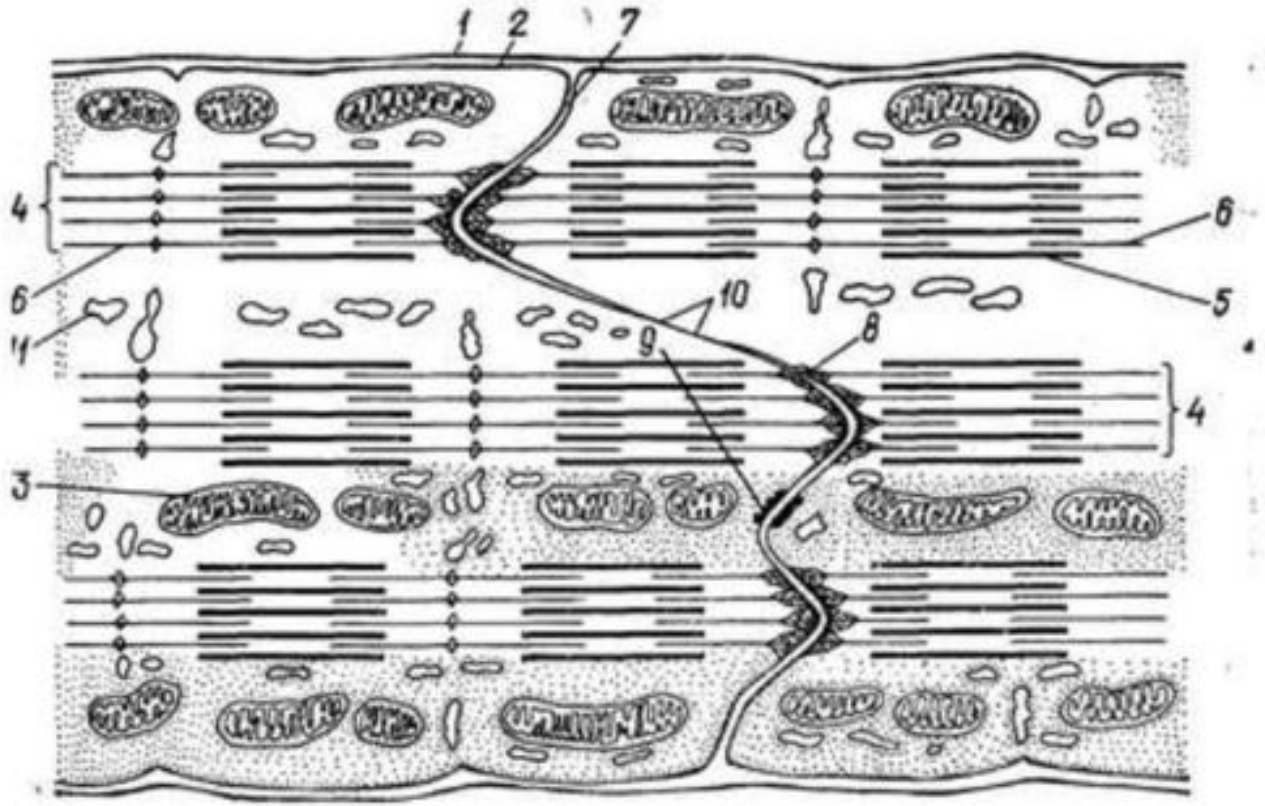
Скользящее волокно
Плотное и тонкое волокно, состоящее из актина и миозина.



Клетка сердечной мышцы

Соединительный диск
Связывает клетки сердечной мышцы вместе.

Схема ультраструктурной организации миокардиомиоцитов в области контакта двух клеток (вставочного участка)

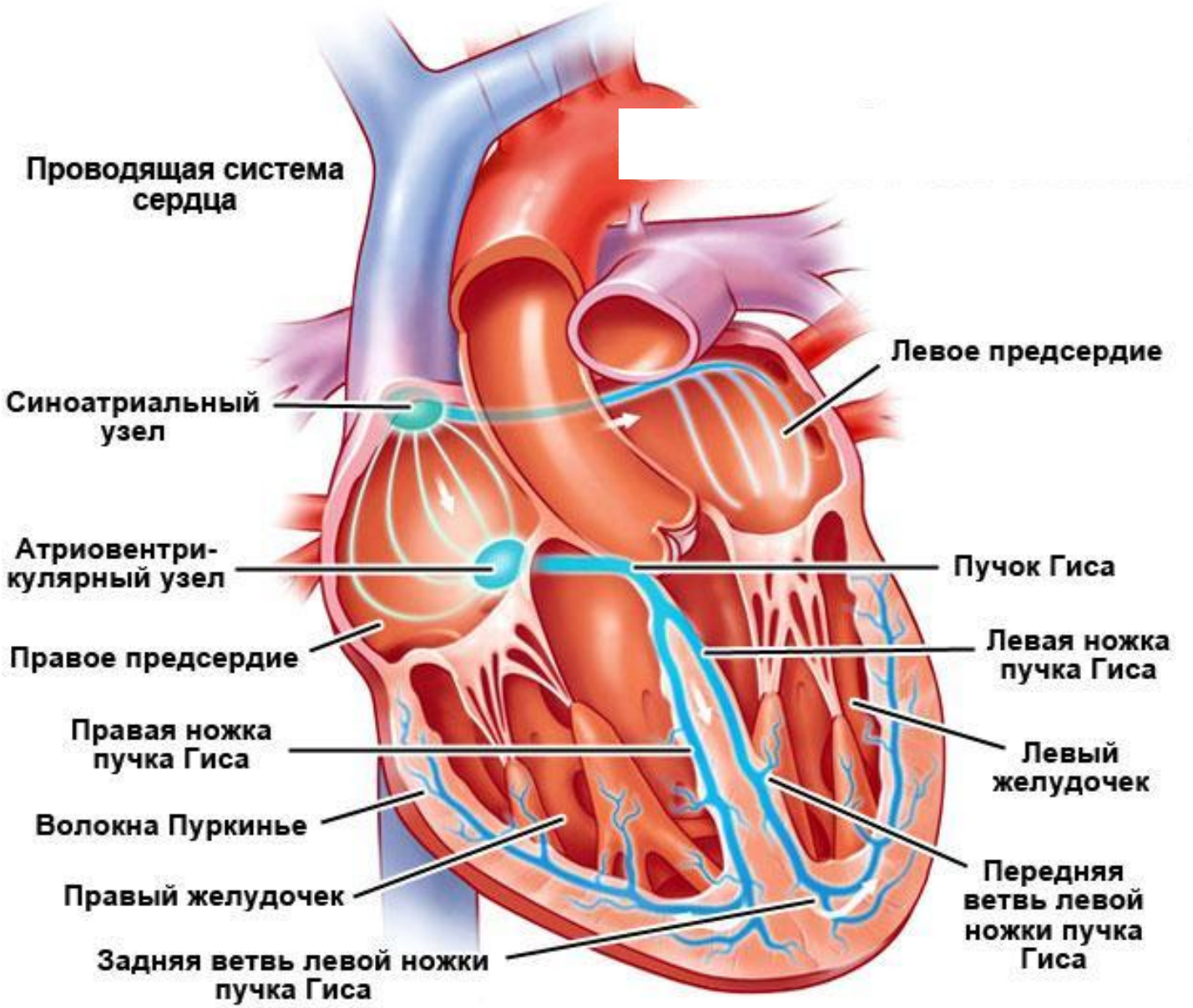


1 — сарколемма; *2* — плазмолемма; *3* — митохондрии; *4* — миофибрилла; *5* — миозиновые филаменты; б — актиновые филаменты; *7* — граница между миокардиоцитами; *8* — зона вплетения актиновых миофиламентов; *9* — десмосома; *10* — щелевой контакт; *11* — канальцы саркоплазматической сети

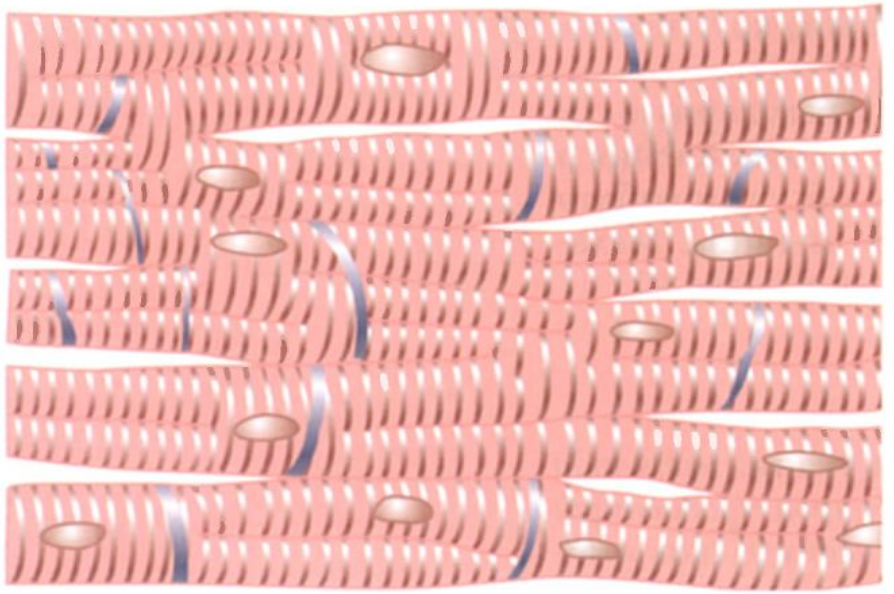
Отличия рабочих и атипических кардиомиоцитов

Свойства	Атипические кардиомиоциты	Рабочие кардиомиоциты
Диаметр	2-3 мкм мало миофибрилл много саркоплазмы	20-30 мкм много миофибрилл мало саркоплазьы
Потенциал покоя	- 60 мВ, нестабилен, постоянно колеблется	- 90 мВ, стабильный
Амплитуда ПД	80 мВ	110 мВ
Автоматия	способны к автоматии	не способны к автоматии
Чувствительность к O_2	малочувствительны к недостатку O_2	очень чувствительны к недостатку O_2
Функция	Являются клетками проводящей системы сердца	Образуют сократительную систему сердца

Проводящая система сердца



Синцитиальное строение миокарда



Градиент автоматии

Частота генерации ПД

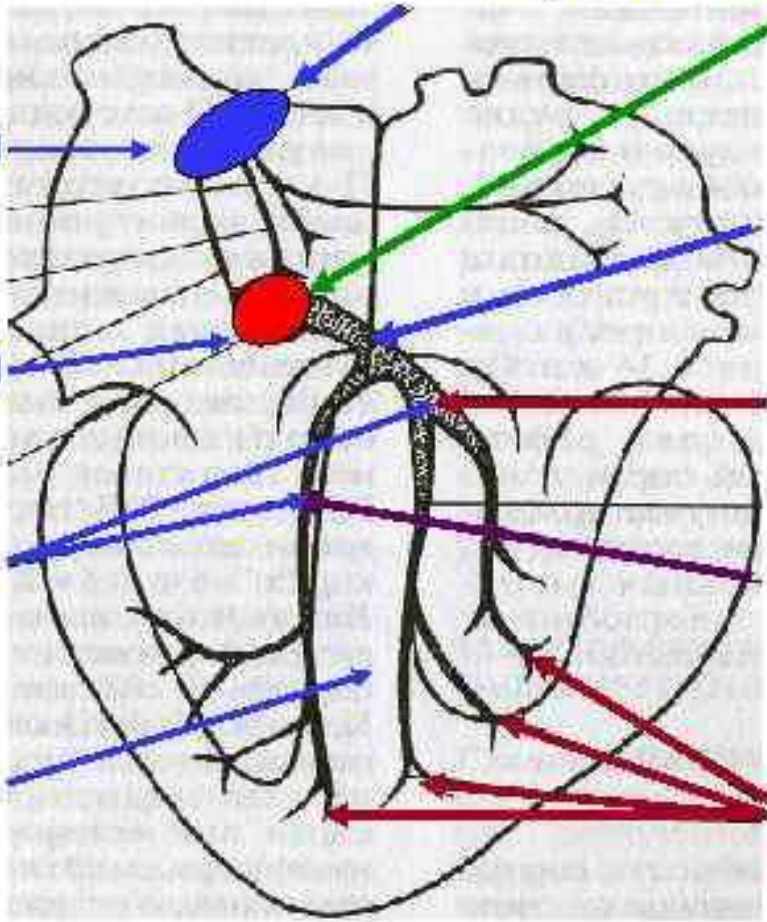
Порядок водителя ритма

I порядка **60 – 80**

II порядка **40 - 50**

III порядка **30 - 40**

IVпорядка **20**



Убывающий градиент автоматии – снижение способности к автоматии от основания к верхушке.

СЕРДЕЧНЫЙ ЦИКЛ

Фазы сердечного цикла

Нормальный сердечный цикл составляет 0,8 с при условии, что сердце сокращается 70-75 раз в минуту.

В сердечном цикле различают:

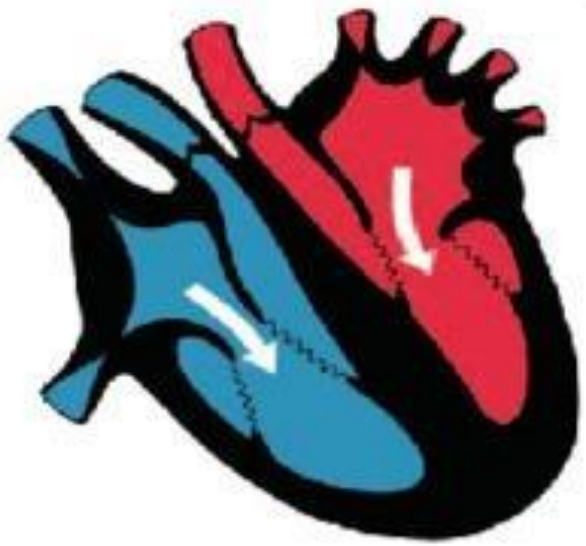
-систолу предсердий - 0,1 с
-диастолу предсердий- 0,7 с
-систолу желудочков - 0,33 с
-диастолу желудочков - 0,47 с

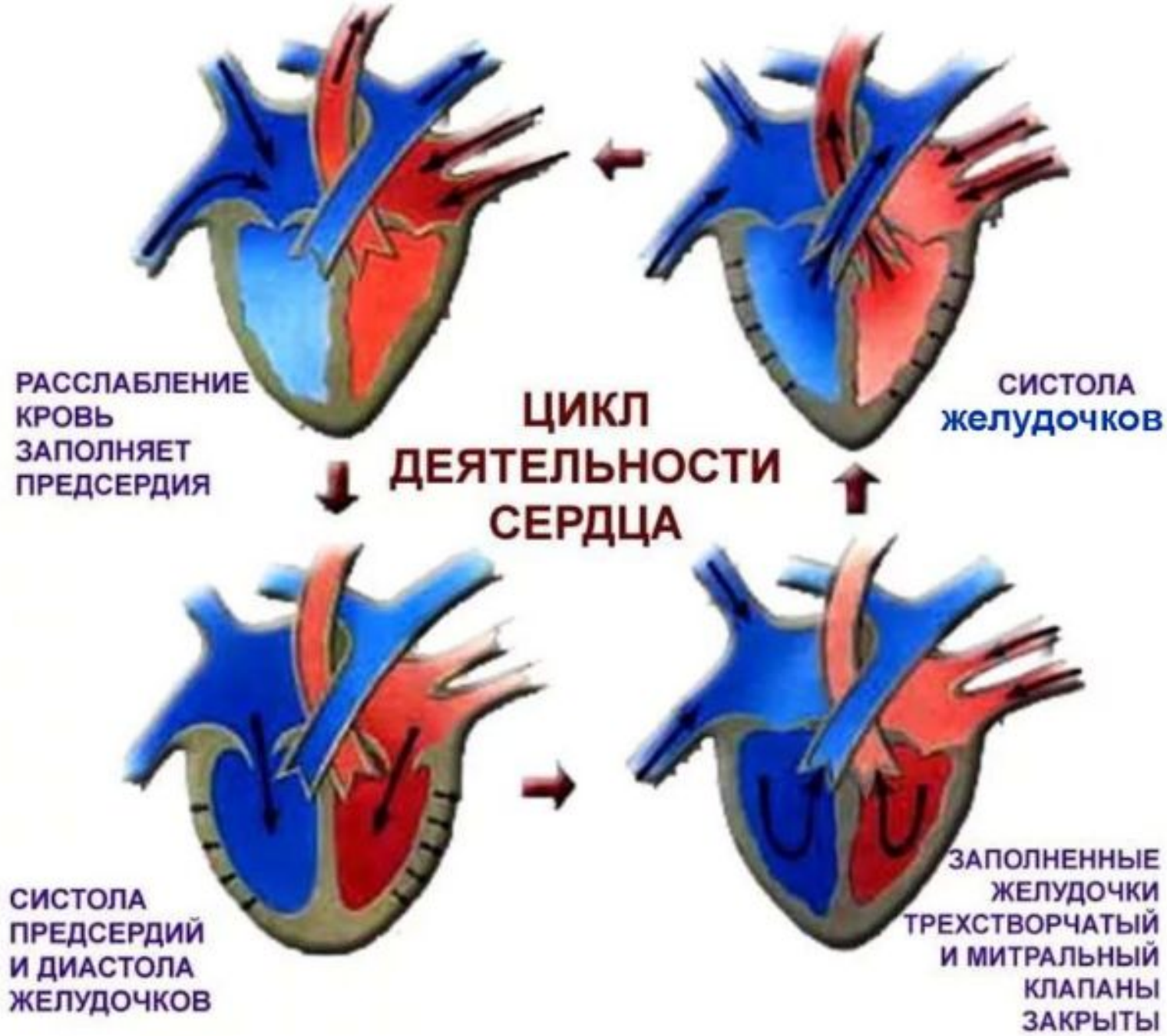
Сердечный цикл.

1. Сокращение (систола) предсердий. 0.1 с. Желудочки расслаблены, створчатые клапаны открыты, полулунные – закрыты. Кровь из предсердий поступает в желудочки.

2. Сокращение (систола) желудочков. 0.3 с. Предсердия расслаблены, створчатые клапаны закрыты, полулунные клапаны открыты. Кровь из желудочков поступает в легочную артерию и аорту.

3. Пауза. Расслабление предсердий и желудочков (диастола). 0.4 с. Створчатые клапаны открыты, полулунные закрыты. Кровь из вен попадает в предсердие и частично стекает в желудочки.




ЦИКЛ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА
РАССЛАБЛЕНИЕ КРОВЬ ЗАПОЛНЯЕТ ПРЕДСЕРДИЯ
СИСТОЛА желудочков
СИСТОЛА ПРЕДСЕРДИЙ И ДИАСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ
ЗАПОЛНЕННЫЕ ЖЕЛУДОЧКИ ТРЕХСТВОРЧАТЫЙ И МИТРАЛЬНЫЙ КЛАПАНЫ ЗАКРЫТЫ

Фазы сердечного цикла

систола

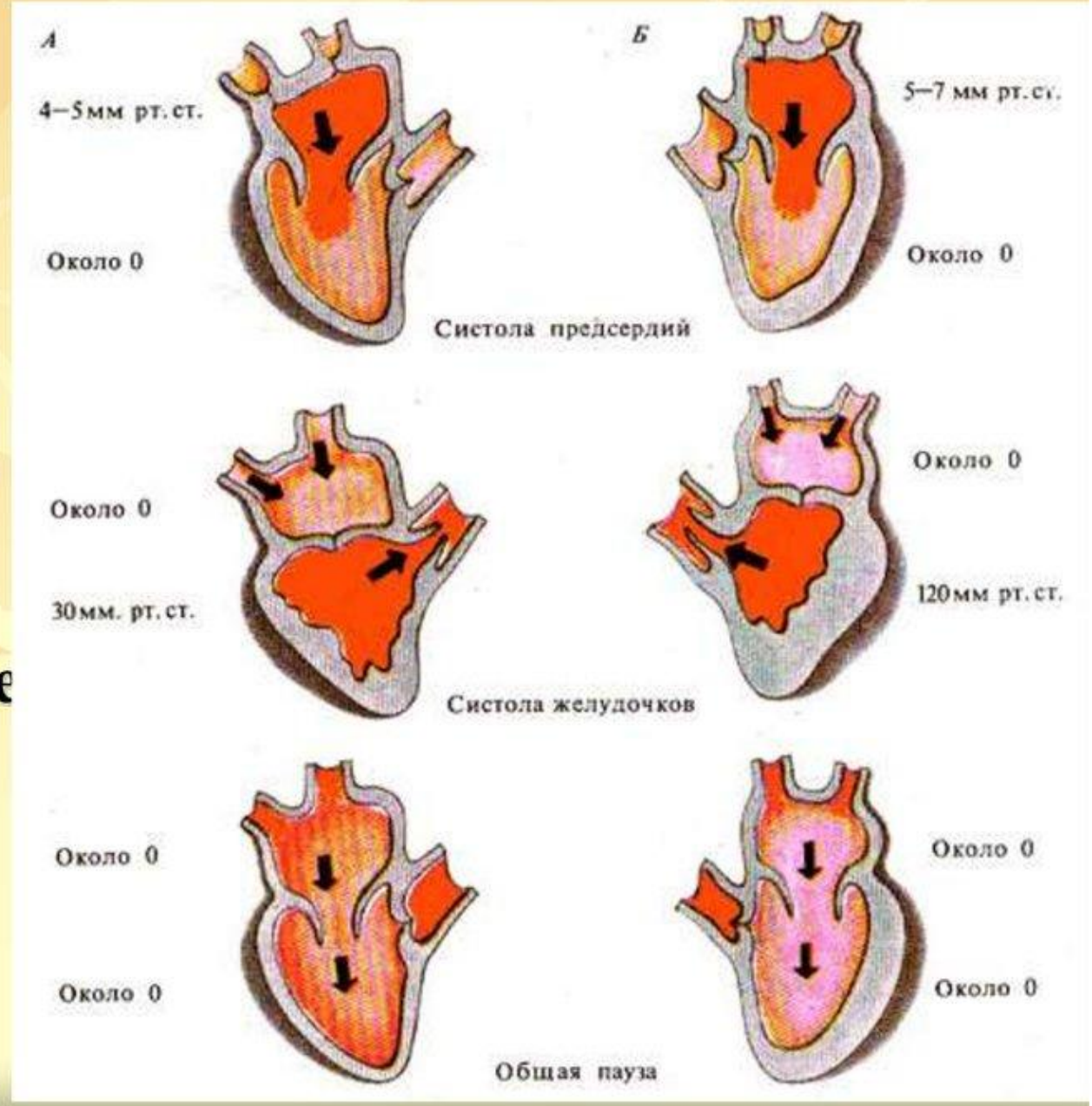
диастола

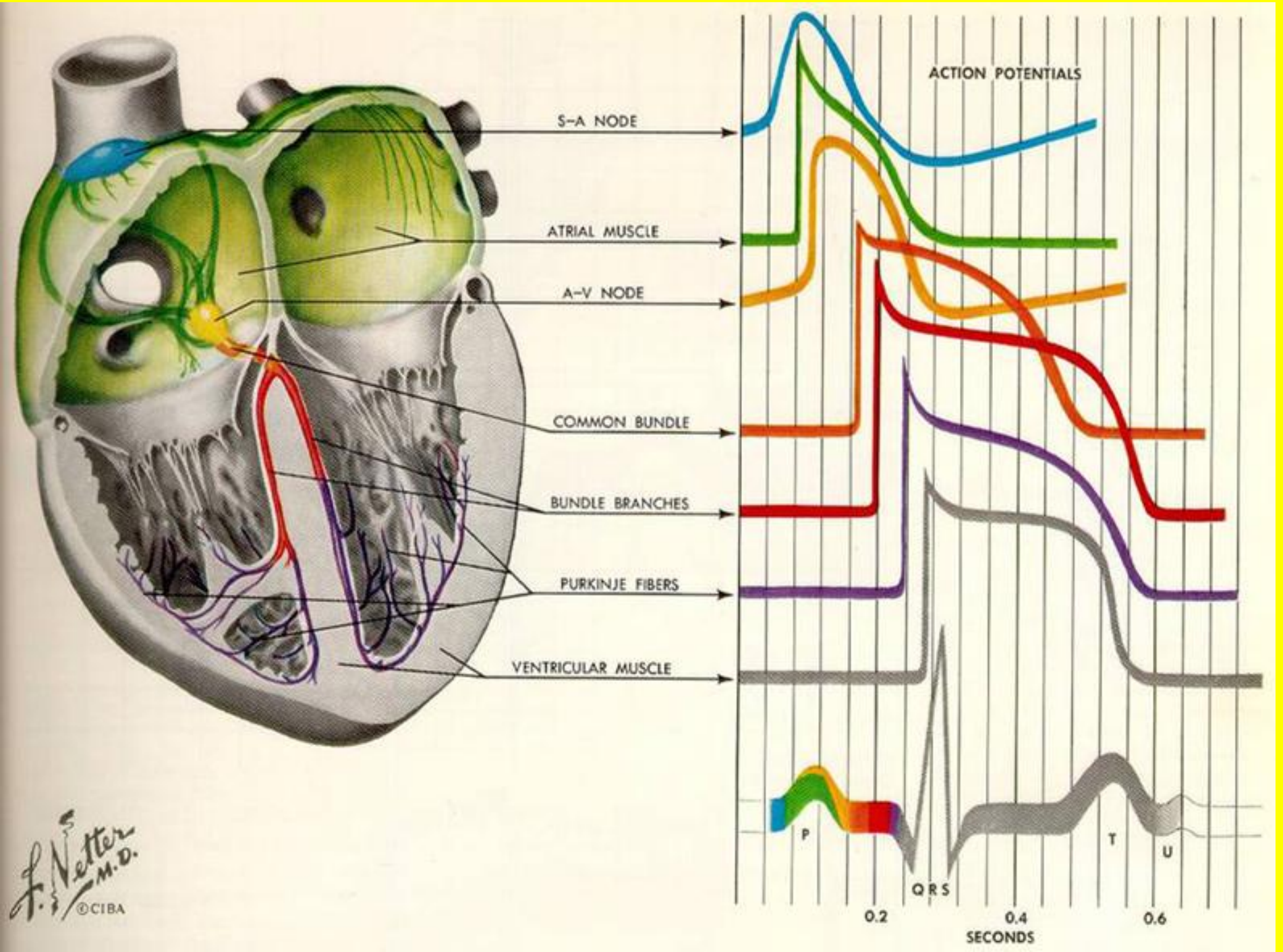
А –асинхронное сокращение; Б – изометрическое сокращение; В – изгнание крови; Г – протодиастолический период; Д – изометрическое расслабление; Е – фаза наполнения

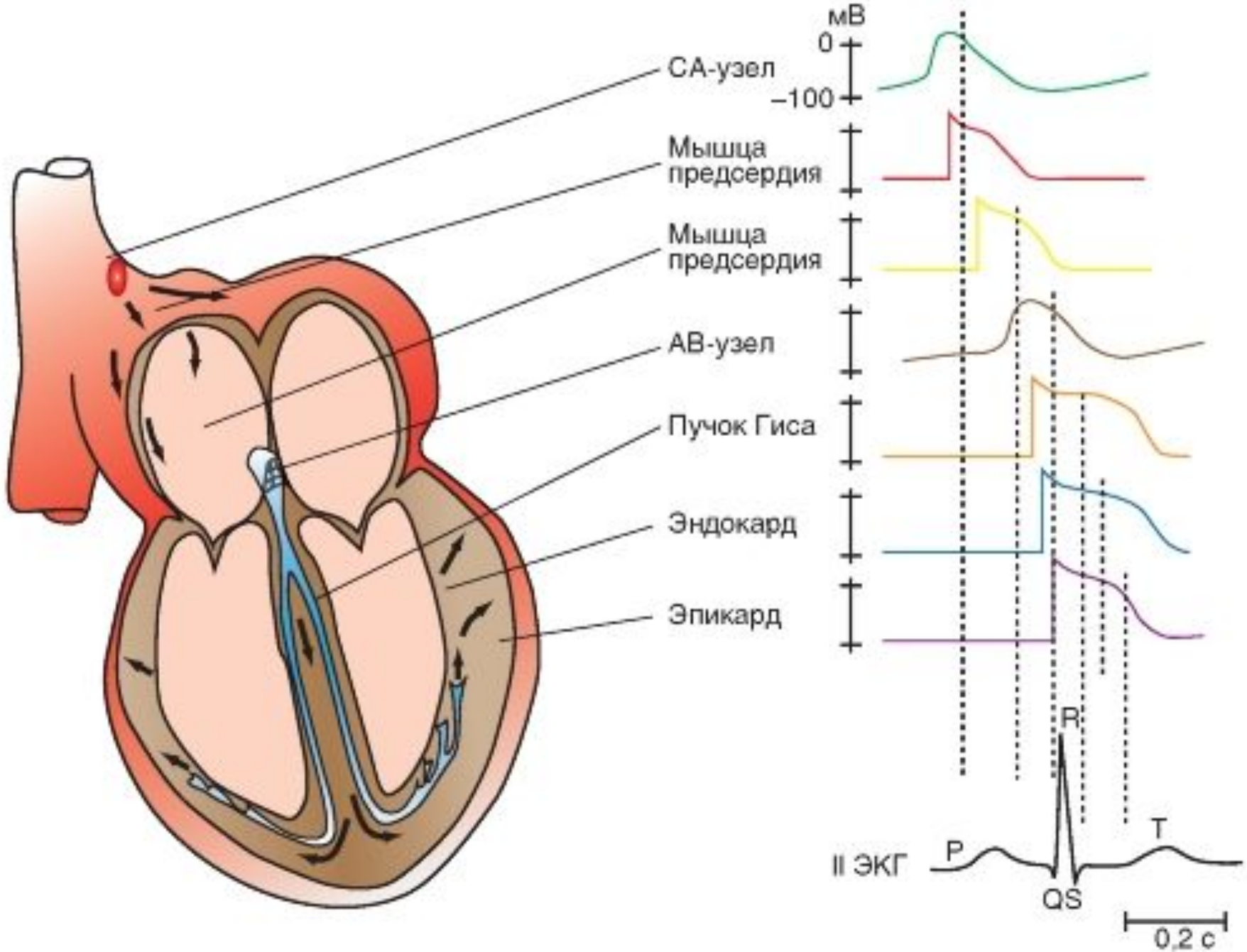
Фазы сердечного цикла

- **Систола желудочков** **0,33 сек**
- **фаза напряжения** **0,08 сек;**
- **фаза асинхронного сокращения** **0,05 сек;**
- **фаза изометрического сокращения** **0,03 сек;**
- **фаза изгнания крови** **0,25 сек;**
- **фаза быстрого изгнания** **0,12 сек;**
- **фаза медленного изгнания** **0,13 сек.**
- **2.Диастола желудочков** **0,47 сек;**
- **протодиастолический период** **0,04 сек;**
- **фаза изометрического расслабления** **0,08 сек;**
- **фаза наполнения желудочков** **0,25 сек;**
- **фаза быстрого наполнения** **0,08 сек;**
- **фаза медленного наполнения** **0,17 сек;**
- **пресистолический период** **0,10 сек.**

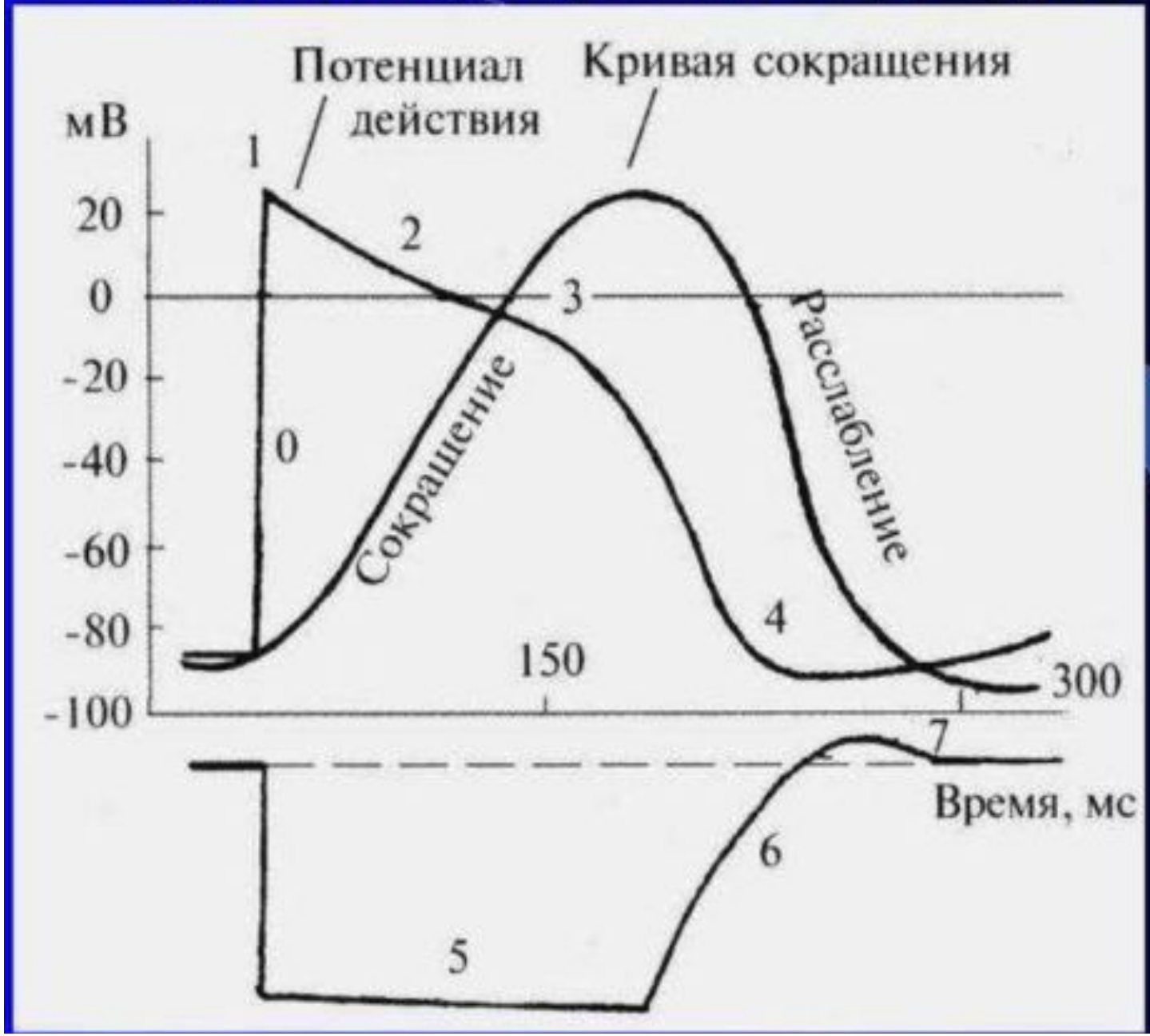
Давление в полостях сердца в разные фазы сердечного цикла. А — правая половина сердца: Б—левая половина (верхние цифры—давление в предсердиях, нижние— в желудочках).




ACTION POTENTIALS
S–A NODE
ATRIAL MUSCLE
A–V NODE
COMMON BUNDLE
BUNDLE BRANCHES
PURKINJE FIBERS
VENTRICULAR MUSCLE
P
Q R S
T
U
0.2
0.4
0.6
SECONDS
F. Netter M.D.
©CIBA

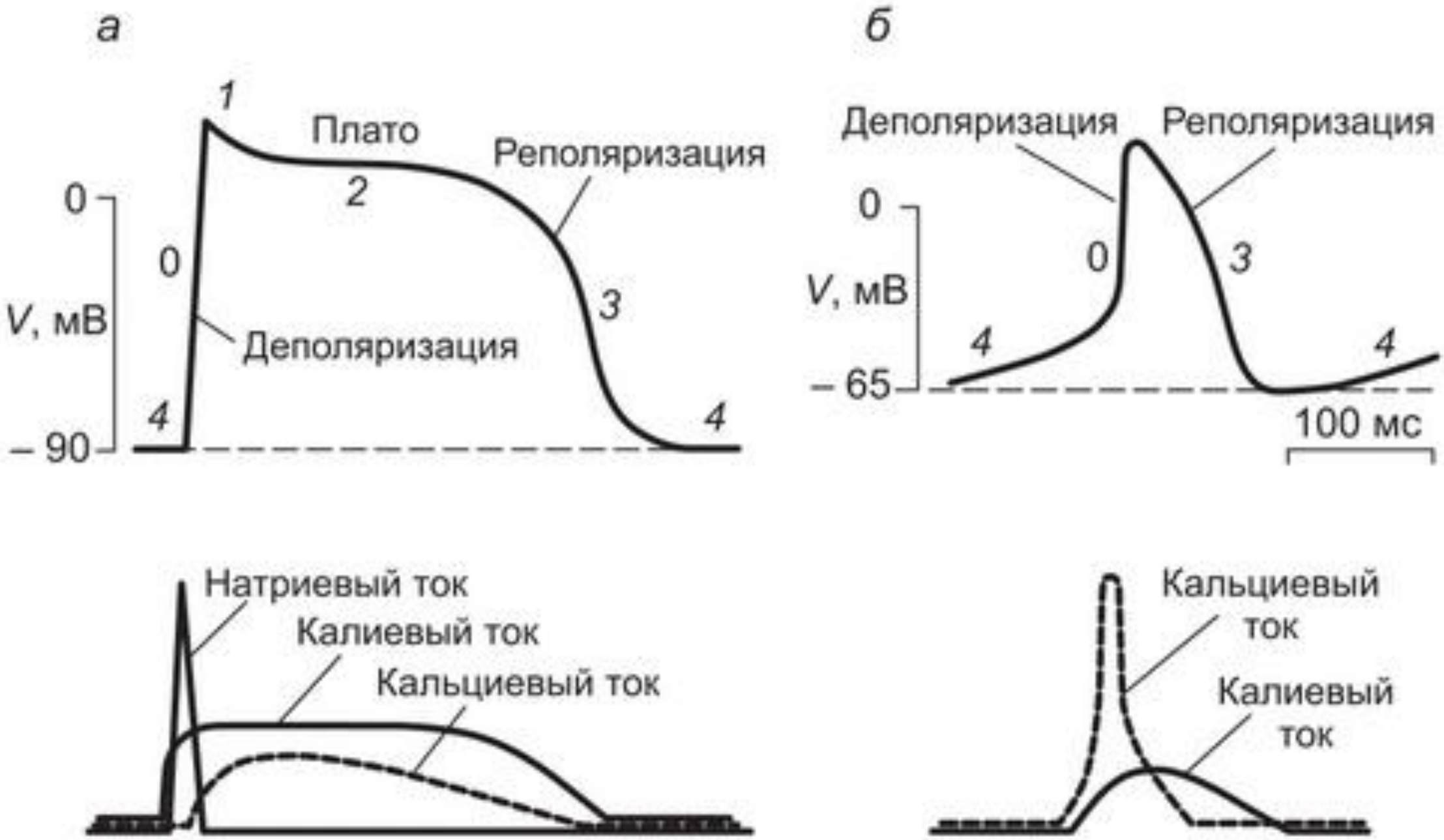

мВ
0
–100
СА-узел
Мышца предсердия
Мышца предсердия
АВ-узел
Пучок Гиса
Эндокард
Эпикард
R
T
II ЭКГ
P
QS
0,2 с

Возбудимость, сократимость, рефрактерность

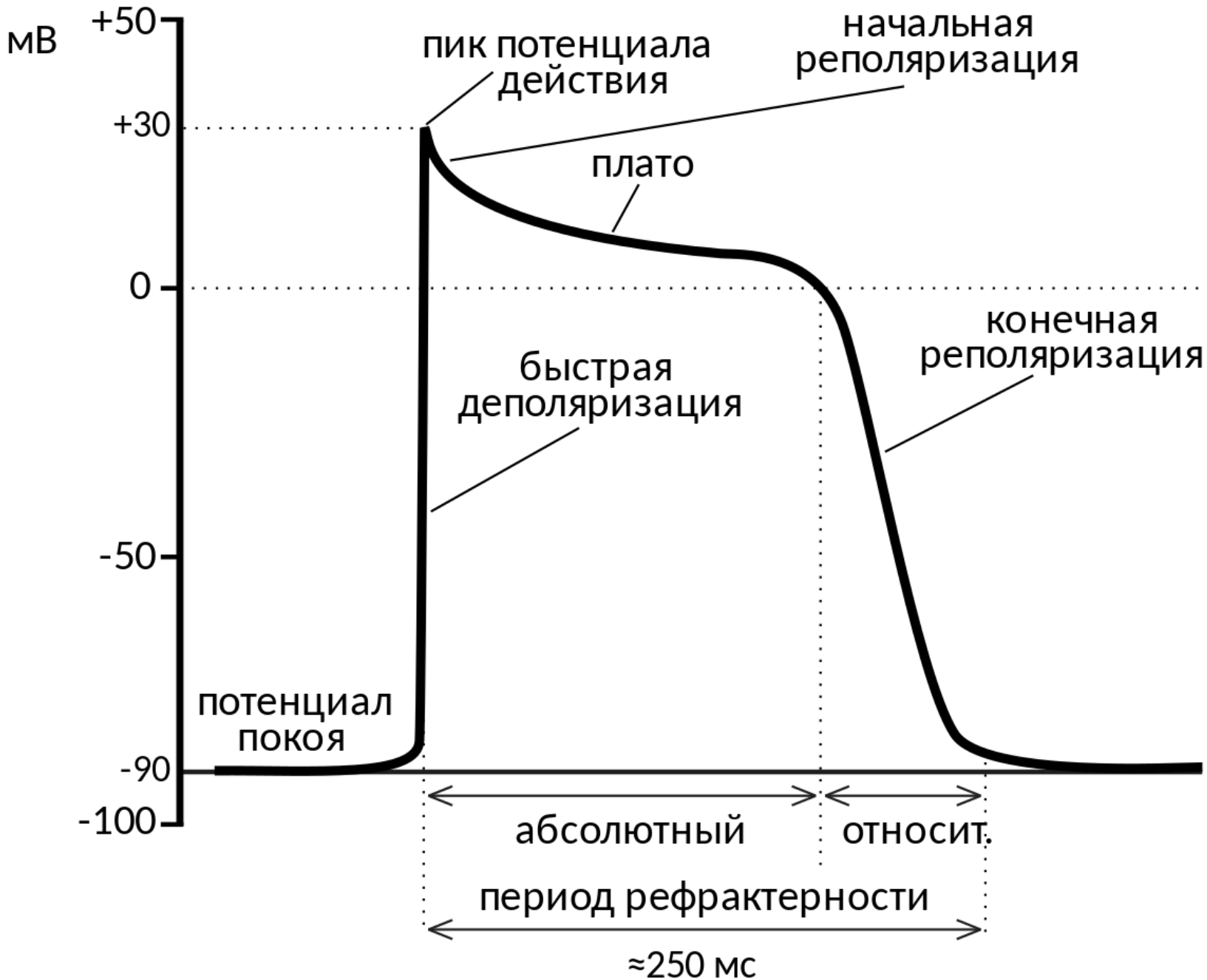


ПД рабочего кардиомиоцита

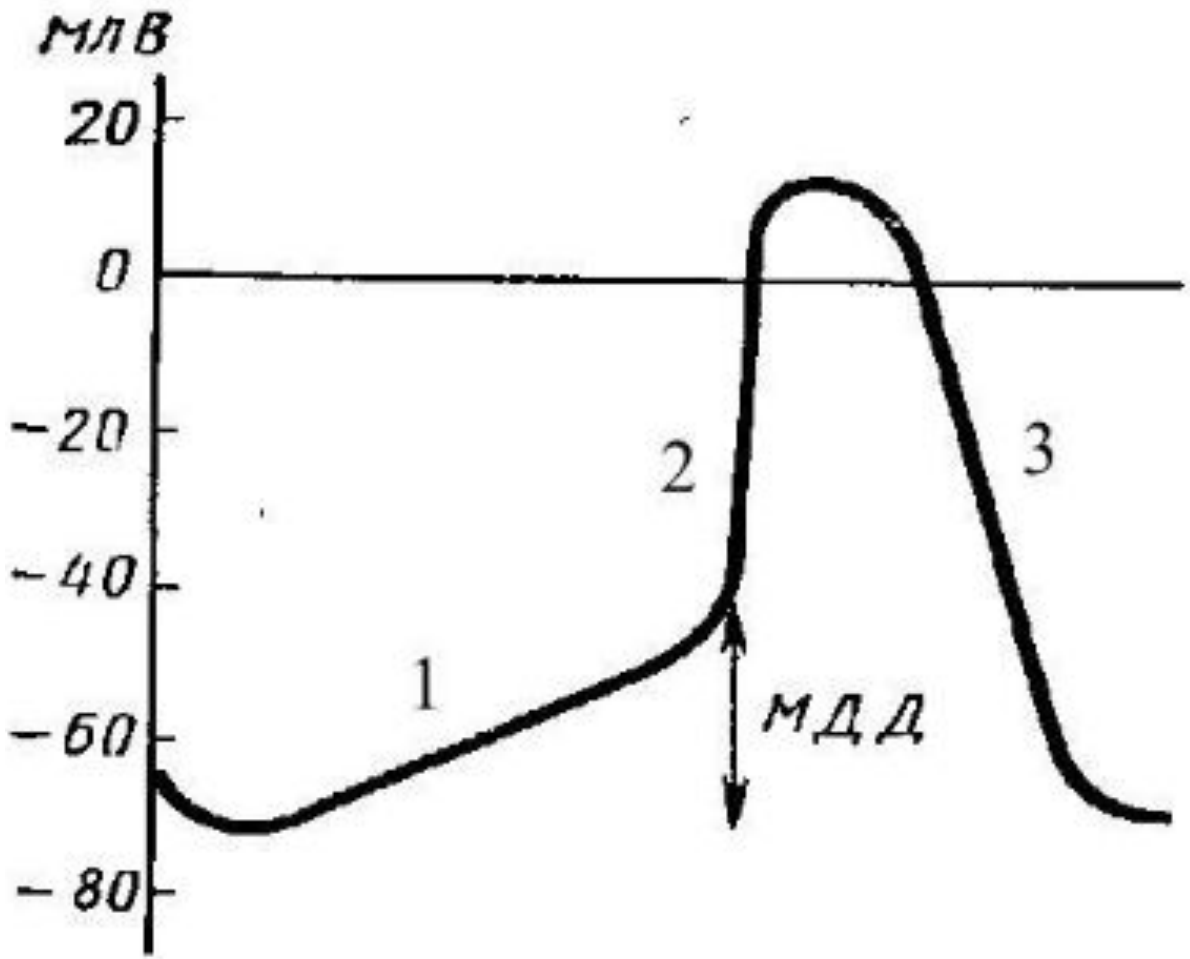
ПД атипического кардиомиоцита



ПД рабочего кардиомиоцита



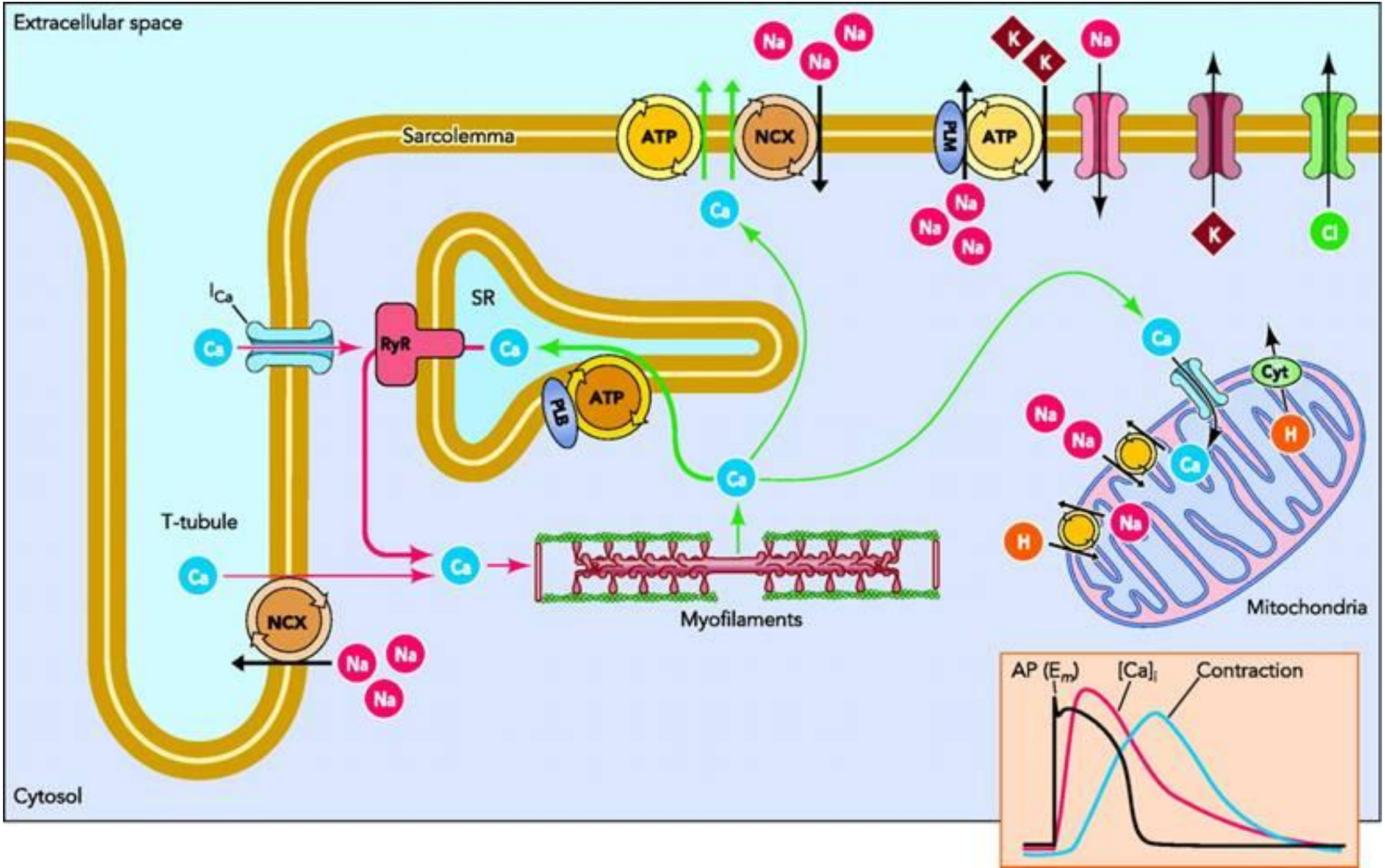
ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ КЛЕТОК ВОДИТЕЛЯ РИТМА СЕРДЦА



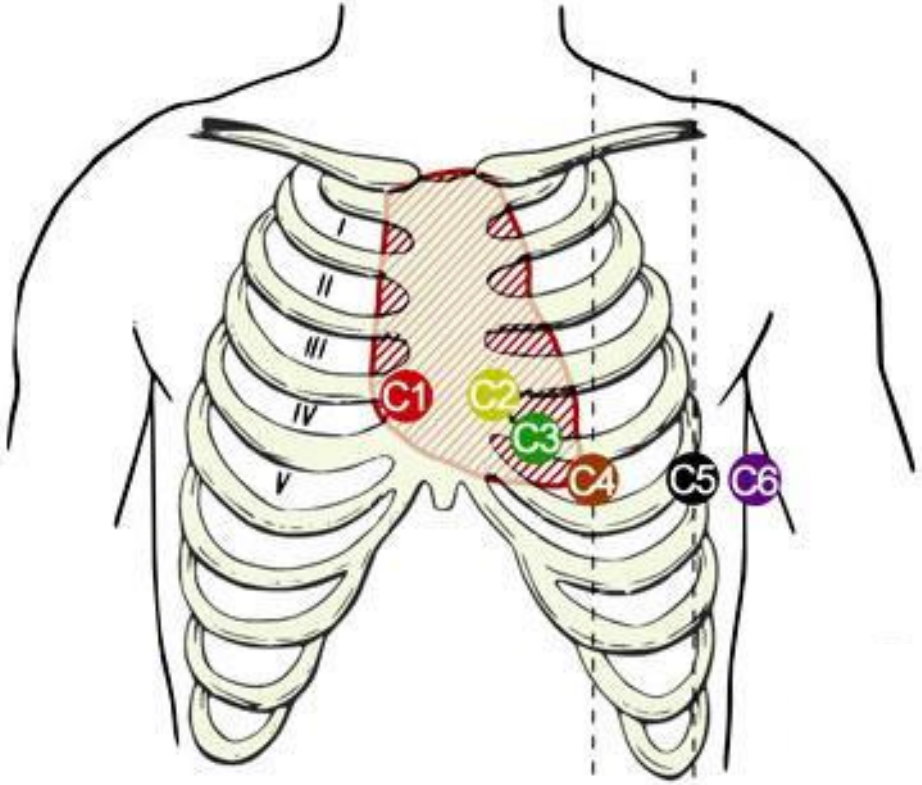
1 – МЕДЛЕННАЯ ДИАСТОЛИЧЕСКАЯ ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ (ММД)

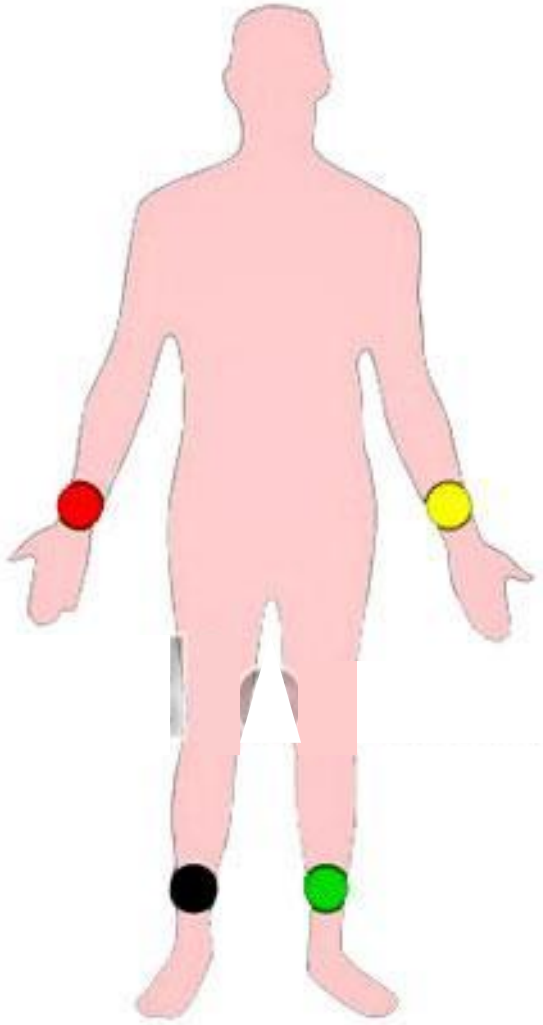
2 –ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

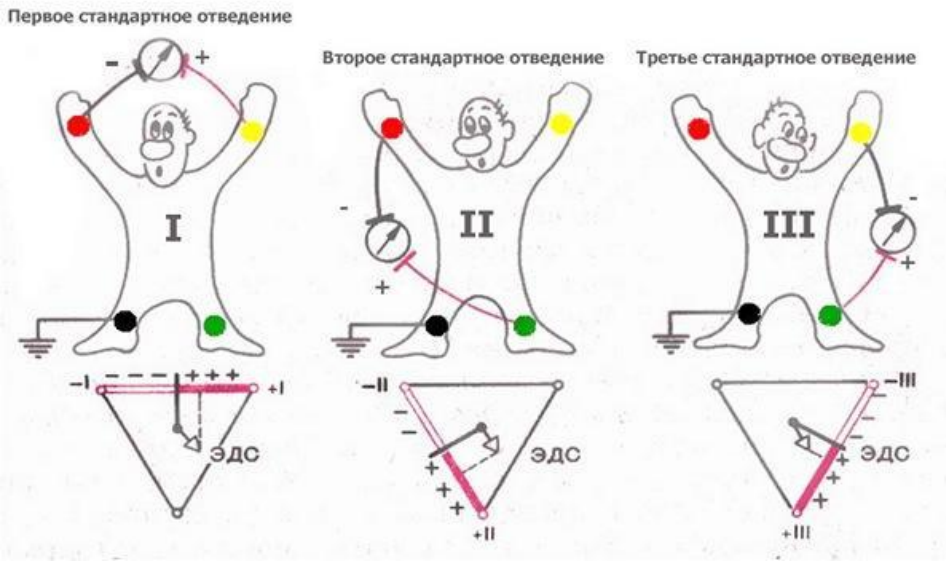
3 –РЕПОЛЯРИЗАЦИЯ


Extracellular space
Sarcolemma
ATP
NCX
PLM
ATP
Na
K
Cl
Ca
I_{Ca}
RyR
SR
PLB
ATP
T-tubule
NCX
Myofilaments
Cyt
H
Mitochondria
Cytosol
AP (E_m)
$[Ca]_i$
Contraction

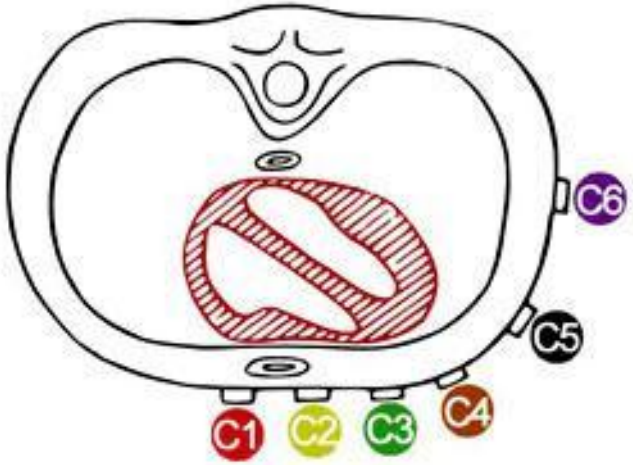
Места наложения электродов при проведении процедуры ЭКГ



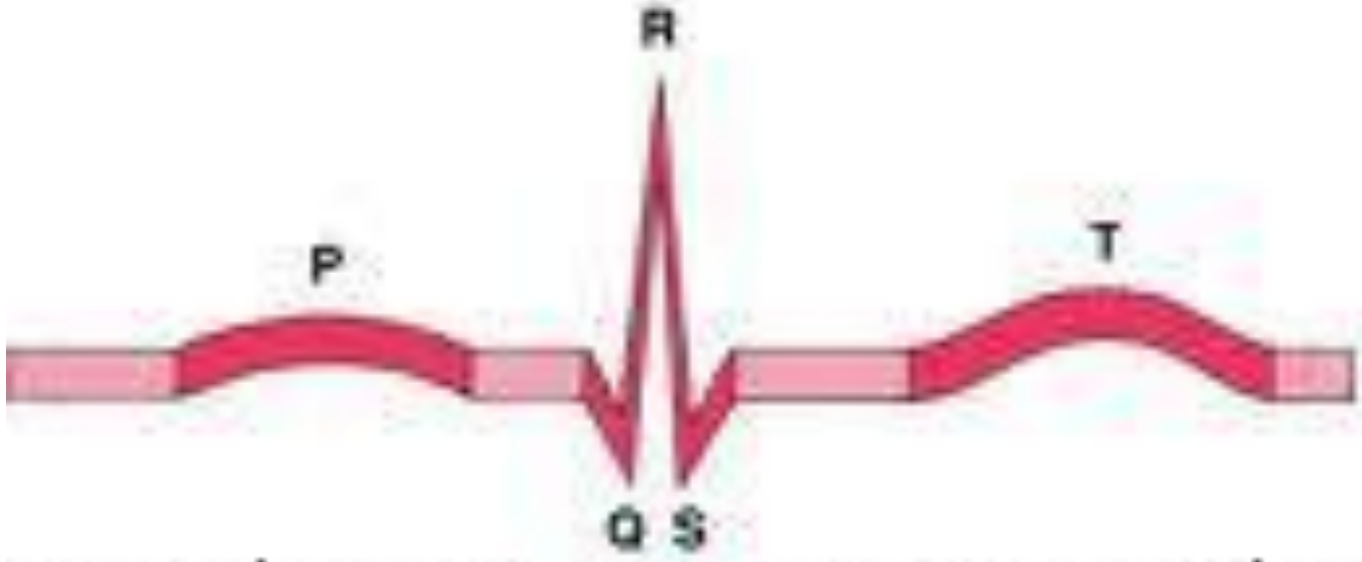




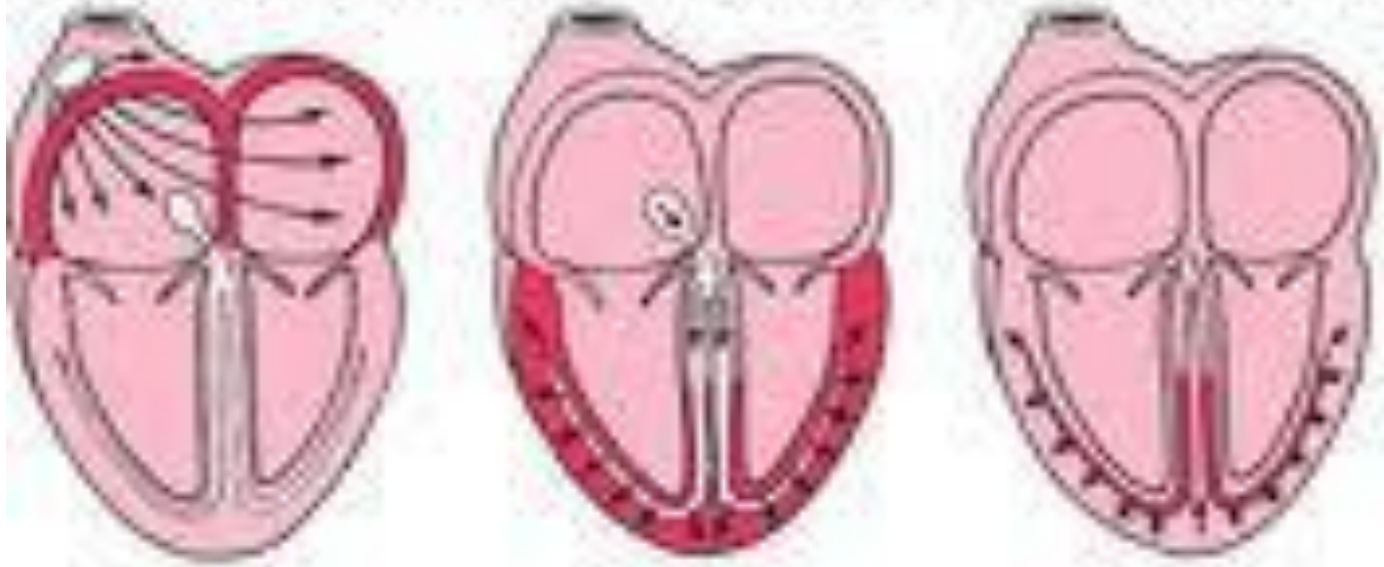
Электроды прикреплены к грудной клетке



Злектроды прикреплены к конечностям:
правая рука – красный электрод;
левая рука – желтый электрод;
правая нога – черный электрод;
левая нога – зеленый электрод



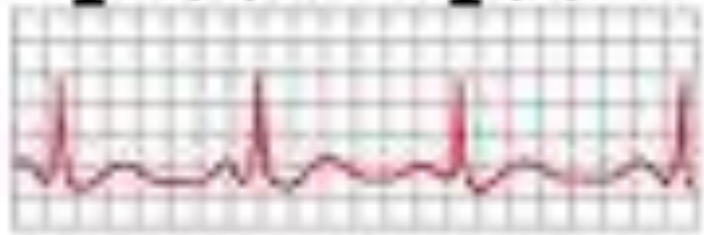
P зубец QRS комплекс T зубец



Норма ЭКГ

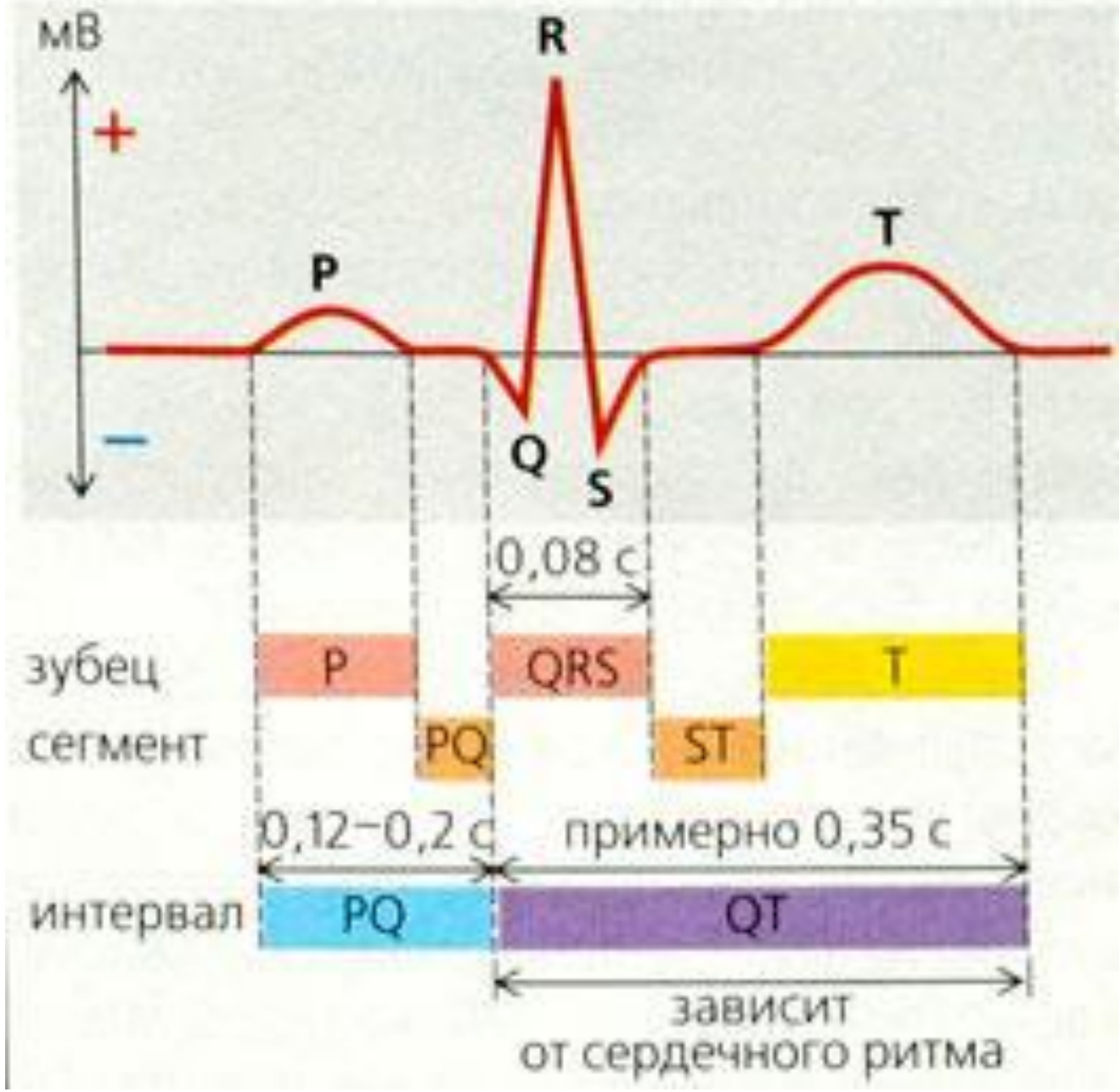
Тахикардия

Брадикардия



Аритмия

Б. ЭКГ


мВ
+
−
R
P
T
Q
S
0,08 с
зубец
P
QRS
T
сегмент
PQ
ST
0,12–0,2 с
примерно 0,35 с
интервал
PQ
QT
зависит
от сердечного ритма

Нарушения ЭКГ

1. **Синусовая тахикардия-** ЧСС выше 80 уд/мин и возбудимость увеличена. При **синусовой брадикардии** ЧСС ниже 60 уд/мин.

2. **Аритмия**, когда интервалы R-R неодинаковы.

3. **Трепетание** только предсердий и только желудочков, ЧСС повышается до 250 в минуту.

4. **Фибрилляция-** при круговом проведении возбуждения, ЧСС достигает 300 и более в мин. фибрилляция предсердий (это можно исправить), а фибрилляция всего сердца опасна.

Нарушения проводимости

полная АВ- блокада заключается в том, что блокировано проведение импульсов от сино-атриального узла к атрио-вентрикулярному и в результате зубец Р может не сопровождаться желудочковым комплексом и возникать в разных местах.
Предсердия и желудочки возбуждаются несогласованно. Предсердия возбуждаются в ритме СА узла, а желудочки- в ритме АВ узла.
- **неполная АВ- блокада-** удлинение интервала PQ, иногда не возникает желудочковый комплекс, он может (QRST) появиться через 2 или 3 цикла. 0,12-0,18 с в норме, а при неполной АВ блокаде- до 0,3 сек
- **расщепление зубца R** , когда неодновременно возбуждаются правая и левая ножки пучка Гиса.
- **инфаркт миокарда-** отрицательное значение зубца R и Т