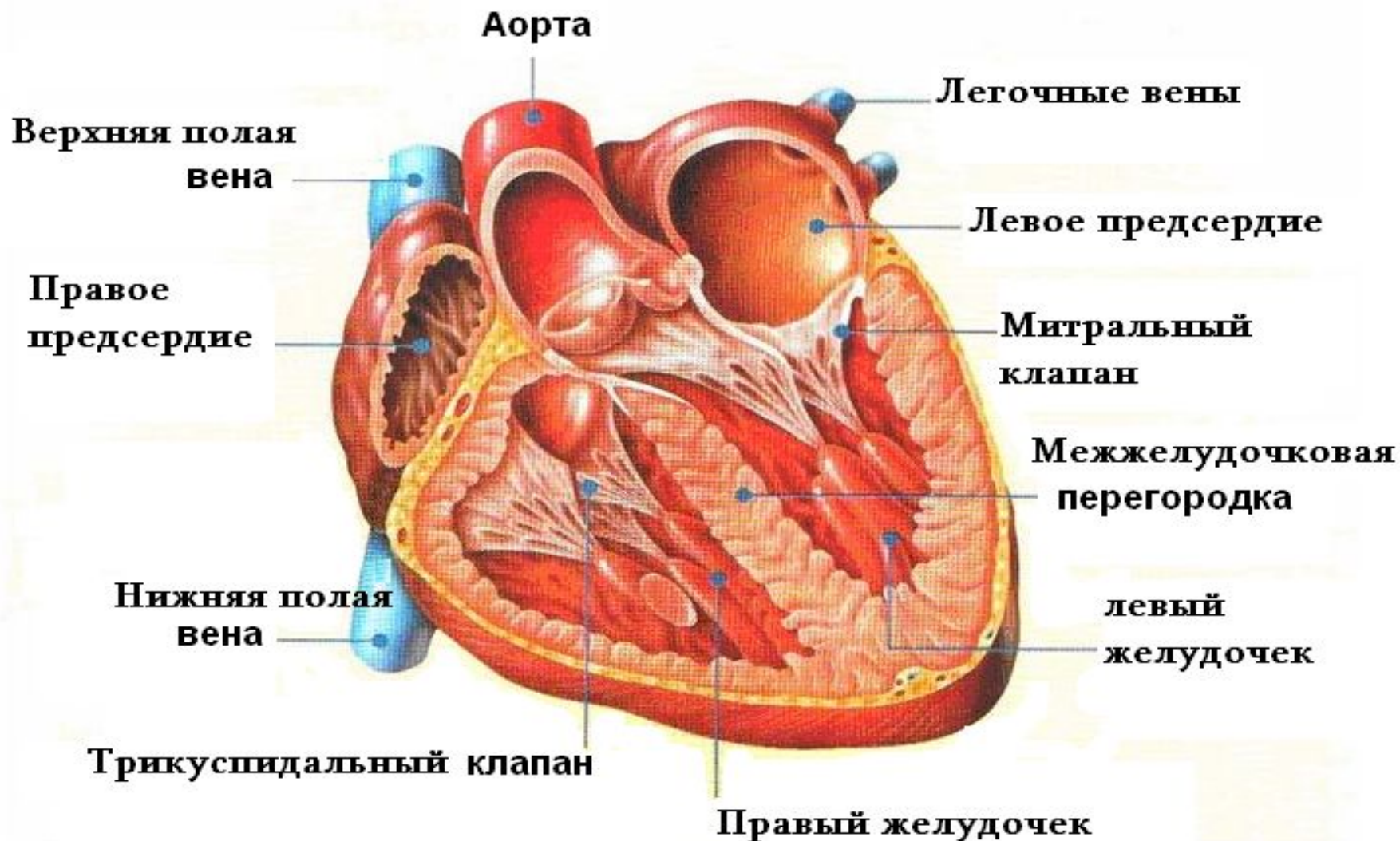


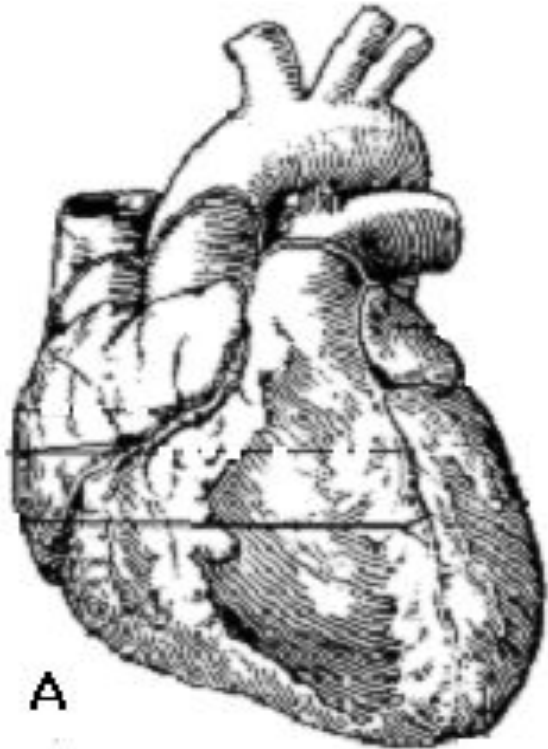


**ТЕМА ЛЕКЦИИ:**  
**“Физиология сердца.  
Физиологические  
основы гемодинамики”**

# Строение сердца



# Анатомия сердца

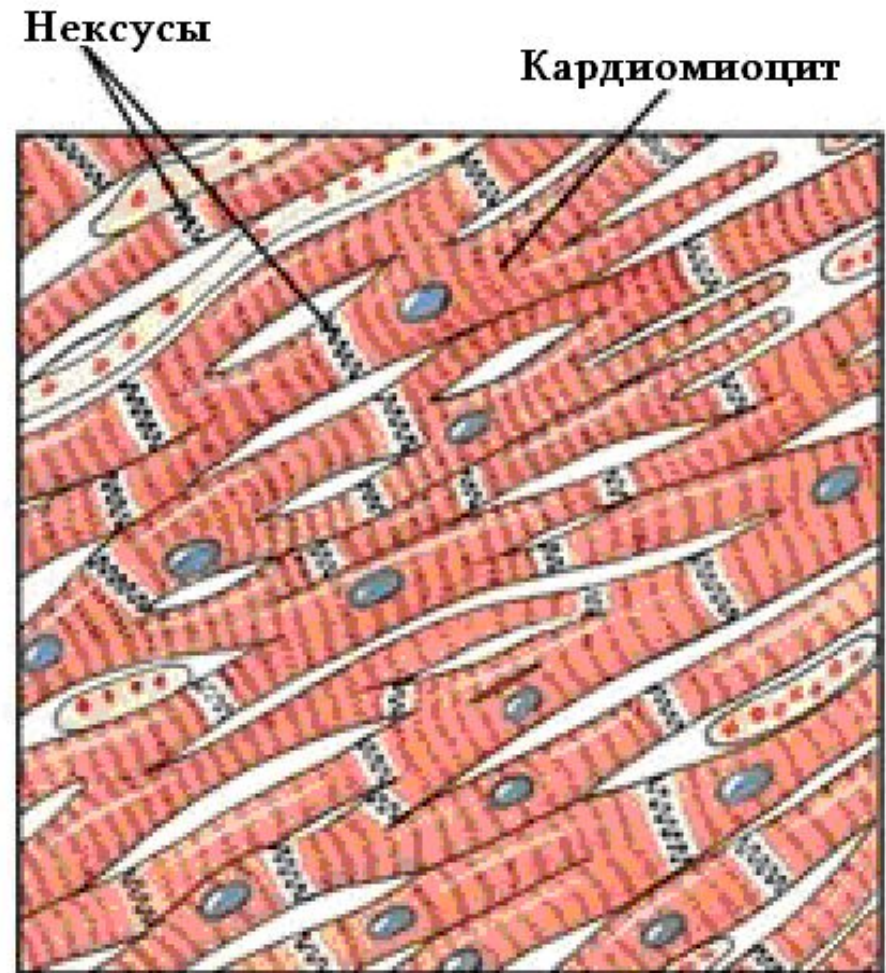


Б - вид сверху  
(удалены предсердия)

- Сердце – это мышечный полый орган, состоит из 4-х камер (2 предсердия и 2 желудочка). Правая и левая половина сердца разделены сплошной перегородкой. Имеются 4 клапана: 2 створчатых -межд предсердиями и желудочками и 2 полулунных – клапан аорты и легочной артерии.

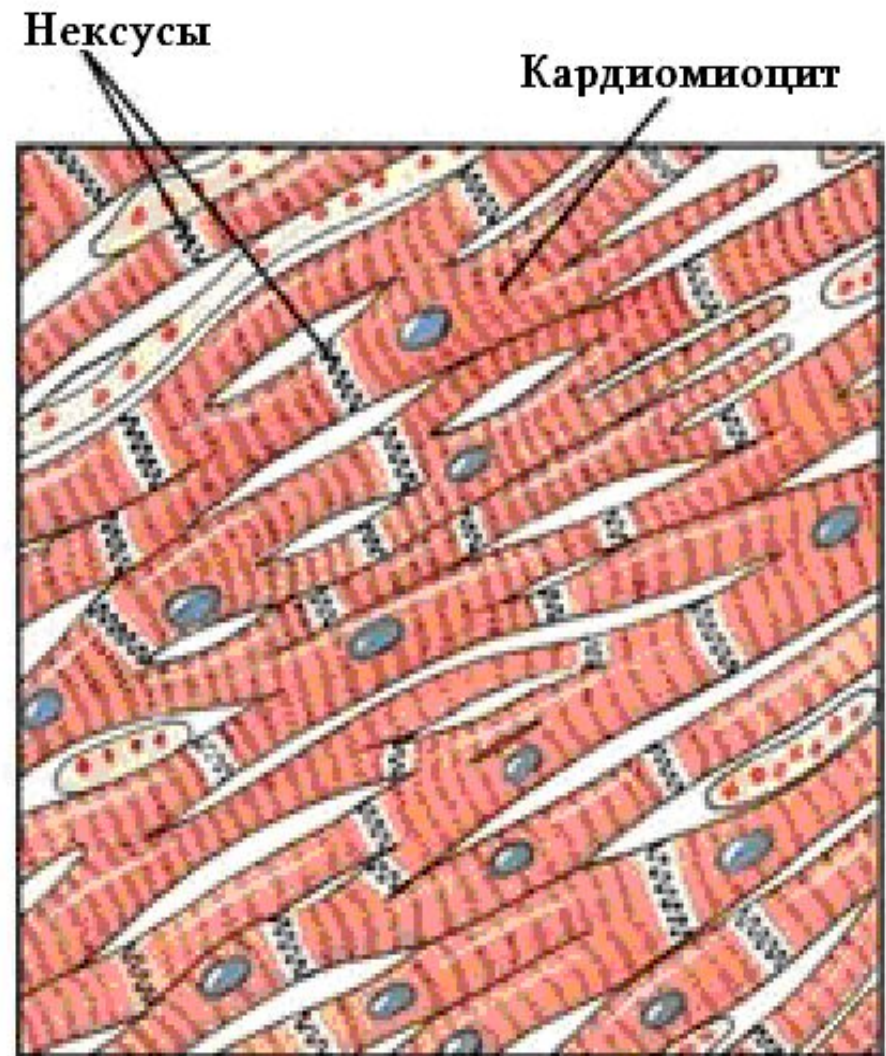
# Морфо-функциональная организация сердца

- Стенка сердца состоит из трех слоев: *эндокарда, миокарда и эпикарда.*
- Миокард образуется из отдельных мышечных волокон, которые состоят из последовательно соединенных клеток - *кардиомиоцитов, имеющих общую мембрану.*
- Места тесного контакта клеток называют *нексусами.*



# Морфо-функциональная организация сердца

- Сердечная мышца построена из двух типов мышечных волокон: *типических* и *атипических*. Основную массу миокарда составляют типические (сократительные) волокна, функция которых – обеспечение насосной функции сердца.
- Из атипических волокон построена проводящая система сердца (ПСС), функция которой генерация возбуждения (ПД) и проведение его к волокнам сократительного миокарда.



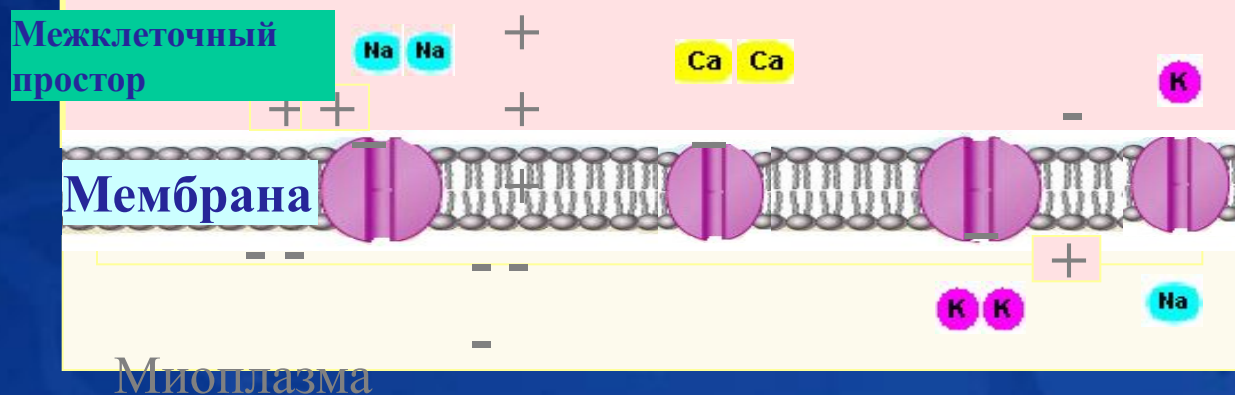
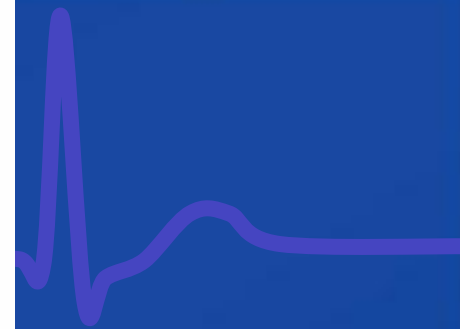
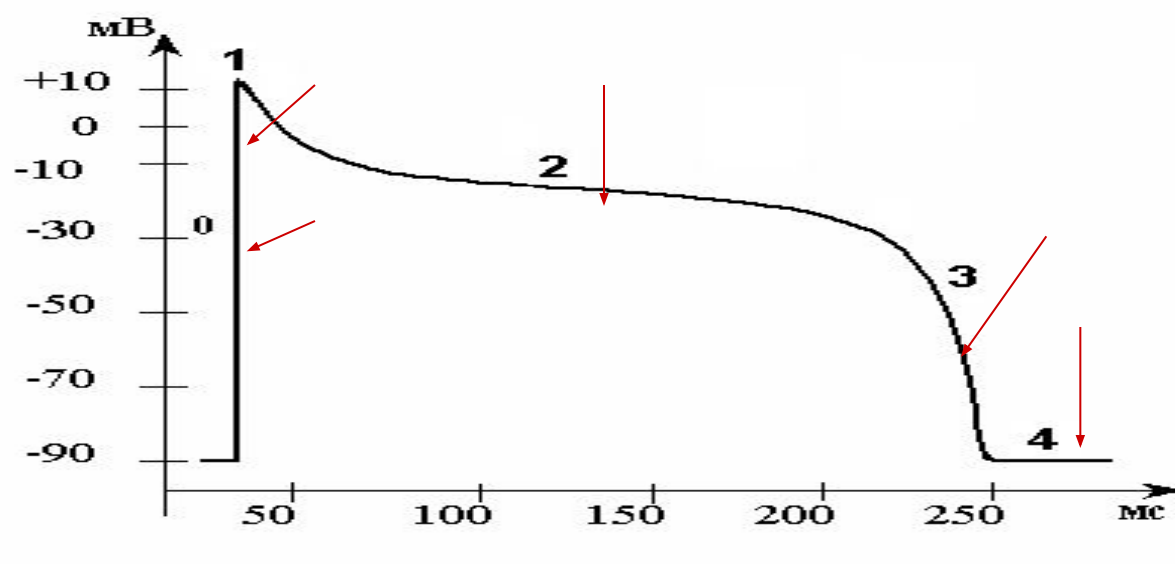
# Физиологические свойства сердца



- Возбудимость
- Проводимость
- Сократимость
- Рефрактерность
- Автоматия

# ПП и ПД сократительных кардиомиоцитов

- Величина потенциала покоя (ПП) в типических сократительных кардиомиоцитах составляет  $-90 - 95$  мВ. Создается ПП ионами  $K^+$  и  $Cl^-$ .
- Потенциал действия (ПД) сократительных кардиомиоцитов разделяют на следующие фазы:
  - 1. Быстрой деполяризации;
  - 2. Начальной реполяризации;
  - 3. Медленной реполяризации (плато)
  - 4. Быстрой конечной реполяризации.

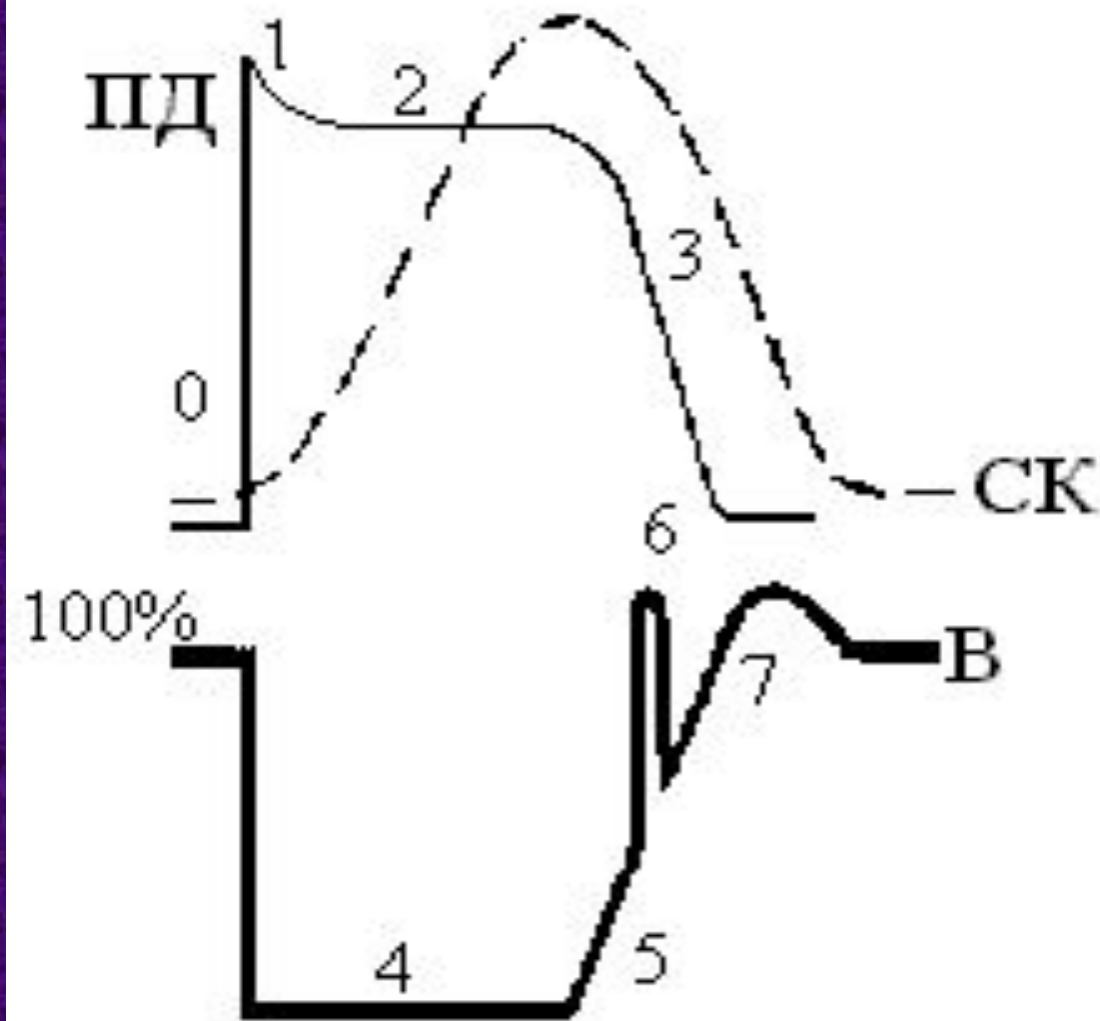


1. Быстрая деполяризация (лавинообразный вход  $\text{Na}^+$  в клетку);
2. Начальная реполяризация (уменьшение проницаемости для  $\text{Na}^+$ , с одновременным ее повышением для  $\text{K}^+$  и  $\text{Cl}^-$ );
3. Медленная реполяризация (плато), в клетку входит  $\text{Ca}^{2+}$  через медленные  $\text{Ca}^{2+}$ -каналы, что и определяет длительную реполяризацию;
4. Быстрая конечная реполяризации (постепенное закрытие  $\text{Ca}^{2+}$  каналов



# Соотношение между фазами ПД и возбудимостью миокарда

- 4 – фаза абсолютной рефрактерности.
- Она отличается большой продолжительностью (в кардиомиоцитах желудочков - 270 мсек).
- 5 - относительная рефрактерность (30 мсек);
- 7 – фаза супернормальной возбудимости (или экзальтации).



# Особенности свойств миокарда

- Клетки сердечной мышцы соединяются друг с другом с помощью вставочных дисков. В них имеются участки тесного контакта – *нексусы*, которые обеспечивают передачу возбуждения от одной клетки к другой. Благодаря нексусам миокард, хотя и состоит из отдельных клеток, но функционирует как единое целое – *функциональный синцитий*.
- Возбуждение в сердечной мышце распространяется *диффузно* – во всех направлениях (в отличие от скелетной мышцы).
- В кардиомиоцитах длительность периода рефрактерности в 100 раз больше, чем у миоцитов скелетной мышцы. Это предотвращает круговое распространение возбуждения по миокарду.

# Особенности свойств миокарда

- Сердечная мышца, в отличие от скелетной, подчиняется закону “*всё или ничего*” (это связано с тем, что благодаря нексусам возбуждение охватывает все мышечные волокна одновременно);
- Миокард *не способен к суммации* мышечных сокращений, из-за большой продолжительности рефрактерного периода, который по времени соответствует продолжительности ПД и одиночного сокращения.
- Главным источником энергии для сердца является процесс *аэробного окисления*.

# Автоматия сердца

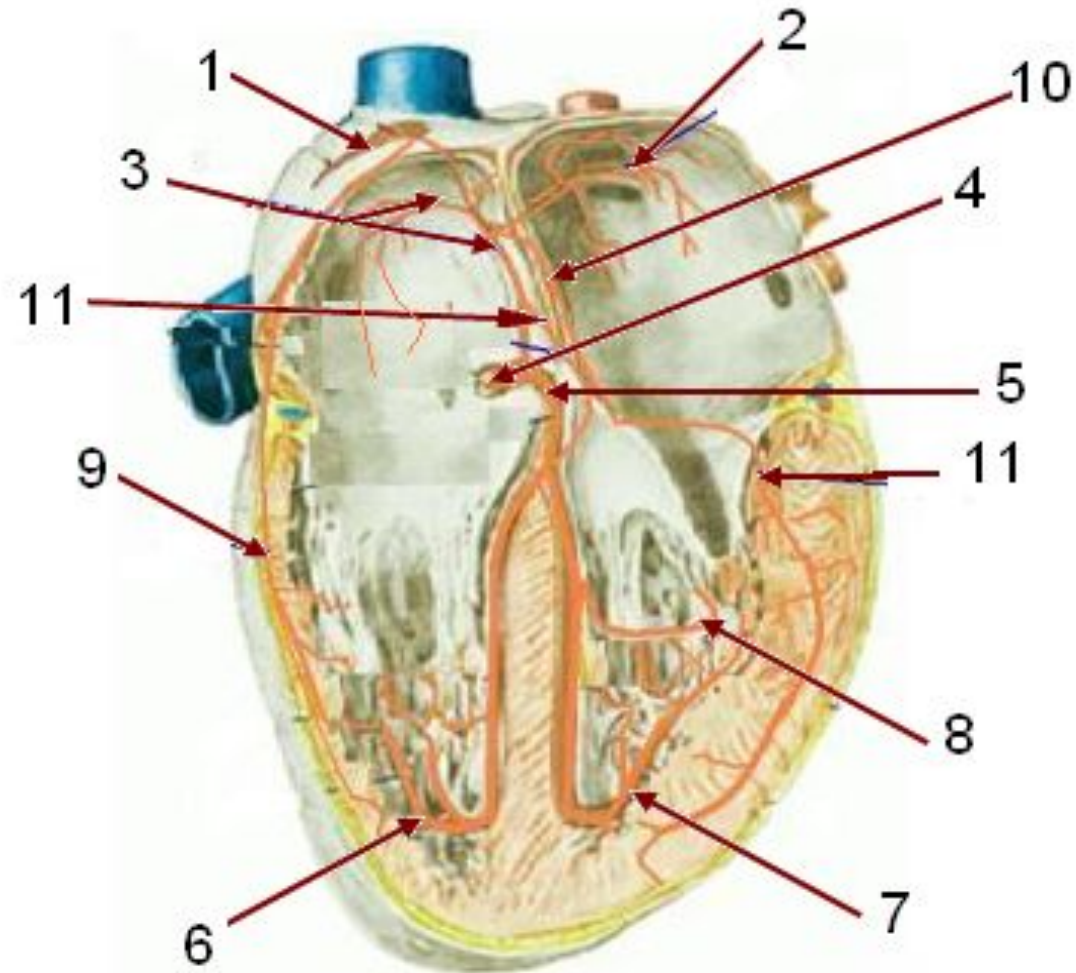
- Способность сердечной мышцы сокращаться под действием импульсов, возникающих в самой мышце, называется *автоматией*.
- Автоматией обладают только атипичные мышечные волокна, формирующие проводящую систему сердца (ПСС).
- В состав ПСС входят узлы, образованные скоплением атипичных клеток, пучки и волокна.
- Атипичные клетки отличаются от клеток рабочего миокарда структурно (в них мало миофибрилл, много саркоплазмы, митохондрий и др.) и функционально (неустойчивый мембранный потенциал, во время диастолы в них развивается медленная диастолическая деполяризация, связанная с повышенной проницаемостью мембран для натрия и кальция).

# Проводящая система сердца (ПСС)

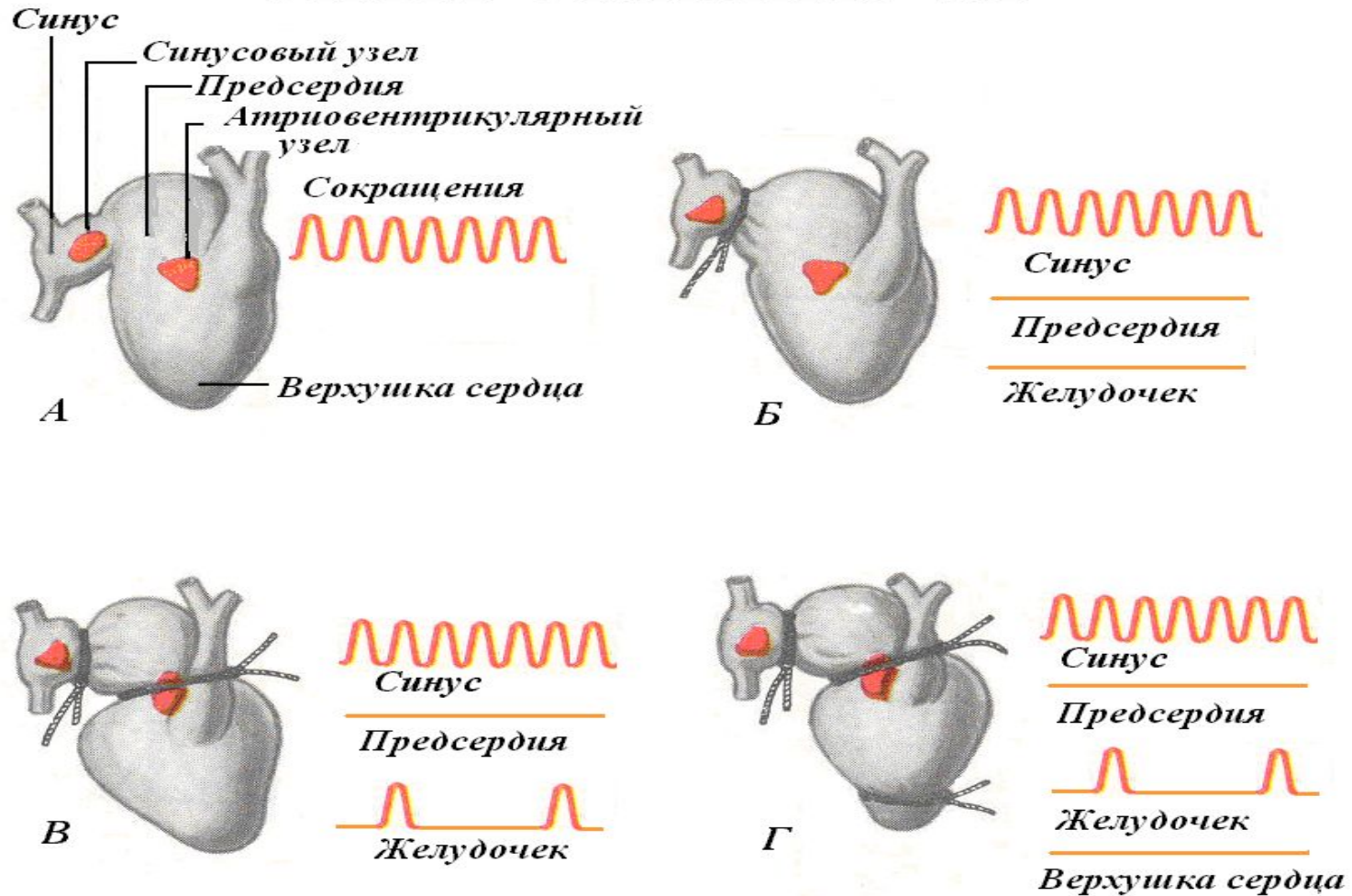
- Водителем ритма сердца – пейсмекером – в котором возникают импульсы является *синусно-предсердный* (синоатриальный) узел, расположенный в месте впадения верхней полой вены в правое предсердие. Клетки этого узла определяют частоту сокращения сердца (60-80 в 1 мин.).
- В случае повреждения главного узла автоматии функции водителя ритма сердца выполняет *атриовентрикулярный узел* (в нем возникает 40-50 имп. в 1 мин.).
- От атриовентрикулярного узла отходит *пучок Гиса*, который по межжелудочковой перегородке делится на две ножки – правую и левую (30-40 имп. в 1 мин.).
- Заканчивается ПСС *волокнами Пуркинье* (20 в 1 мин.), которые передают возбуждение на волокна рабочего миокарда.
- Таким образом, степень автоматии структур ПСС уменьшается от синоатриального узла к волокнам Пуркинье (градиент автоматии).

# Схема проводящей системы сердца

- 1 - синусно-предсердный узел;
- 2 - межпредсердный пучок Бахмана;
- 3 - межузловые проводящие
- тракты (Бахмана, Венкебаха, Тореля);
- 4 –предсердно-желудочковый узел;
- 5 - пучок Гиса;
- 6 - правая ножка пучка Гиса;
- 7 - левая ножка пучка Гиса;
- 8 – волокна Пуркинье




# ОПЫТ СТАННИУСА



- А - Строение сердца лягушки***
- Б - Наложение I лигатуры***
- В - Наложение II лигатуры***
- Г - Наложение III лигатуры***

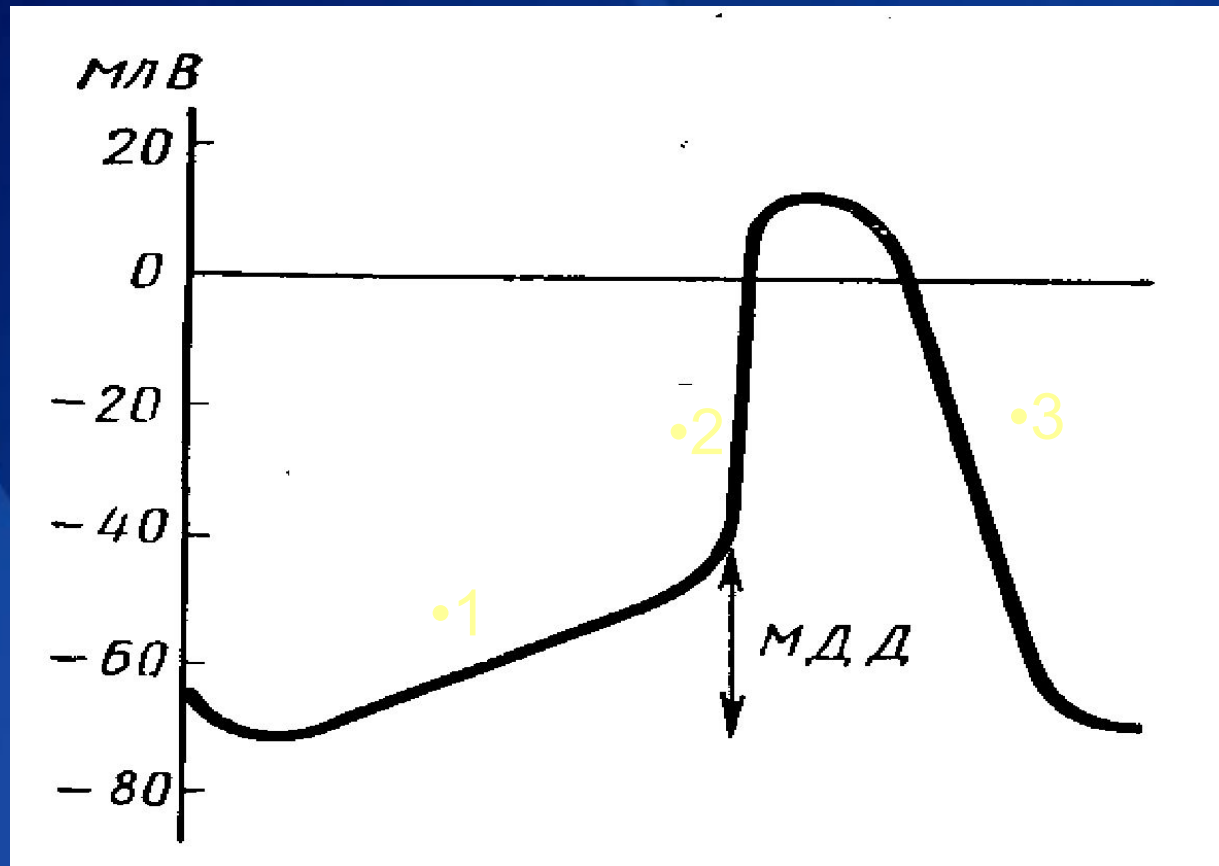
# ПП и ПД в атипичных мышечных клетках



В клетках проводящей системы сердца (ПСС) отсутствует стабильный ПП. Вместо него регистрируется фаза медленной диастолической деполяризации (МДД), которая обусловлена входом через мембрану кардиомиоцита ионов  $\text{Na}$  и  $\text{Ca}^{2+}$ . Мембранный потенциал во время диастолы постепенно снижается и при достижении критического уровня деполяризации (около  $-60$  мВ), в клетках - водителях ритма сердца возникает ПД, который по волокнам проводящей системы передается на клетки рабочего сократительного миокарда.



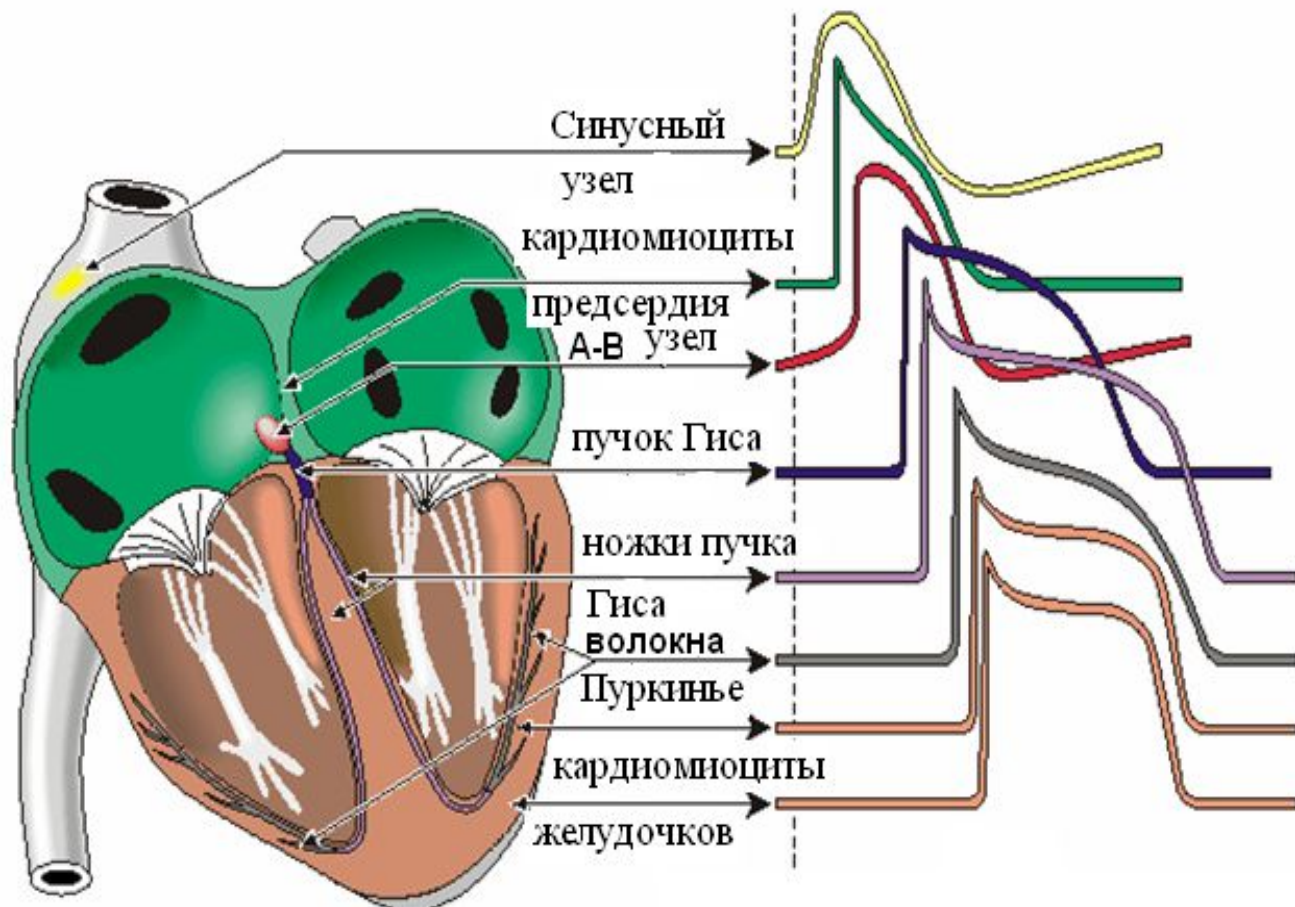
# ПД КЛЕТОК ВОДИТЕЛЯ РИТМА СЕРДЦА



- 1 – МЕДЛЕННАЯ ДИАСТОЛИЧЕСКАЯ ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ (ММД)
- 2 – ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ
- 3 – РЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

# ПОТЕНЦИАЛЫ ДЕЙСТВИЯ РАЗНЫХ ОТДЕЛОВ СЕРДЦА

Явление, при котором структуры с замедленным ритмом генерации потенциалов действия усваивают более частый ритм других участков проводящей системы называется усвоением ритма.



# Проведение возбуждения в сердце



# Распространение возбуждения в предсердиях и А-В узле

- Возбуждение, возникшее в синоатриальном узле проводится по миокарду предсердий со скоростью 0,8-1,0 м/с. Возбуждение охватывает правое предсердие чуть раньше (так как там расположен синоатриальный узел), чем левое.
- При передаче возбуждения с предсердий на желудочки наблюдается его **задержка в атриовентрикулярном узле**. Скорость проведения ПД здесь - 0,02 м/с. Это связано с особенностями соединения клеток АВ узла.
- Атриовентрикулярная задержка обеспечивает последовательность сокращений камер сердца - **сердечный цикл**. То есть сначала сокращаются предсердия, а затем желудочки.

# Фазы сердечного цикла

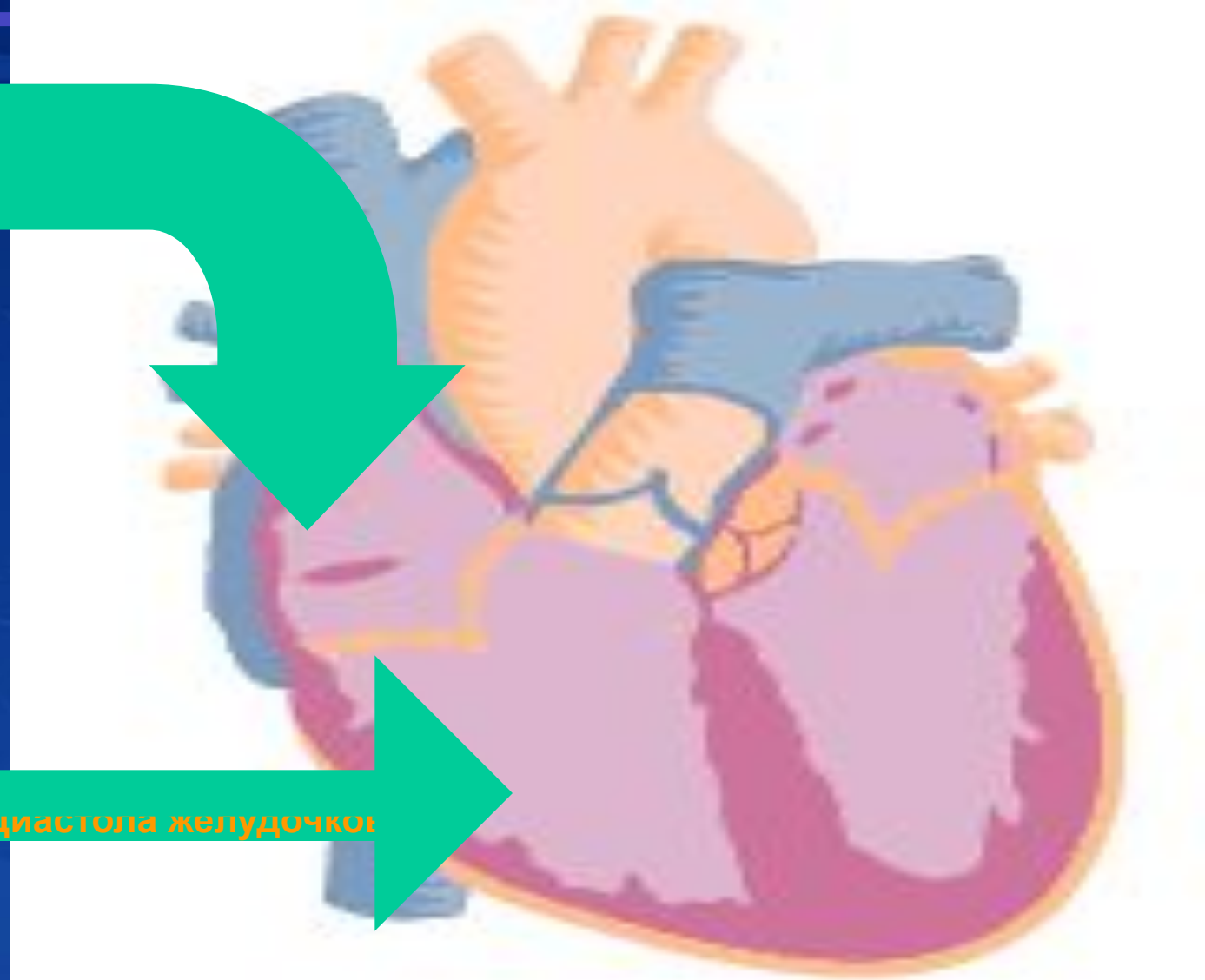
- Сердечный цикл или кардиоцикл – это определенная последовательность сокращений (систола) и расслаблений (диастола) разных отделов сердца.
- В цикле сердечной деятельности можно выделить три фазы:
  - 1) систола предсердий – 0,1 с;
  - 2) систола желудочков – 0,33 с.;
  - 3) общая пауза сердца – 0,37 с.
- Один цикл сердечной деятельности при частоте сокращений 75 в 1 мин. длится 0,8 с. Число кардиоциклов в 1 мин. – 60-90.

# СЕРДЕЧНЫЙ ЦИКЛ

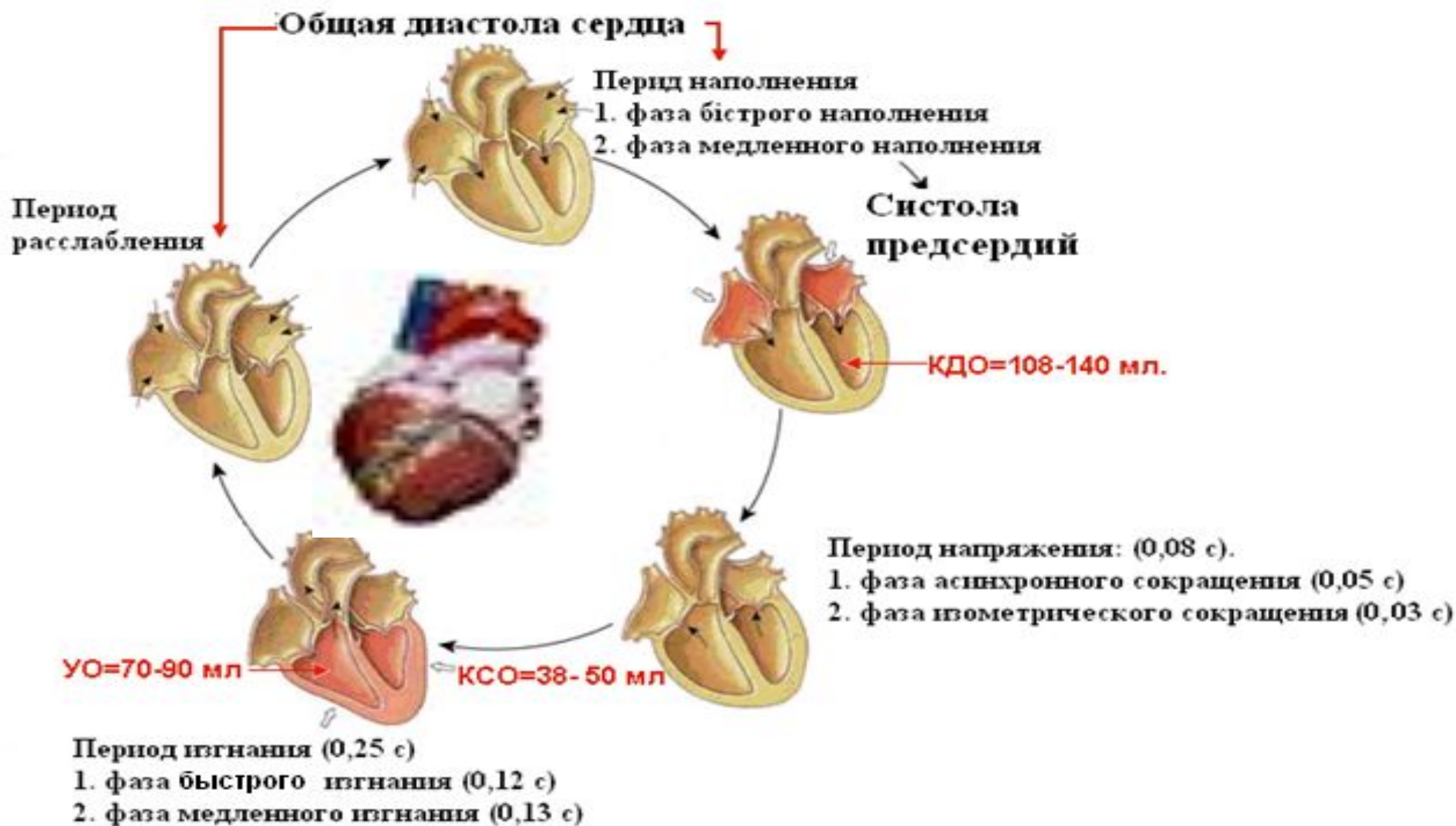
Систола  
предсердий

Систола  
желудочков

диастола желудочков

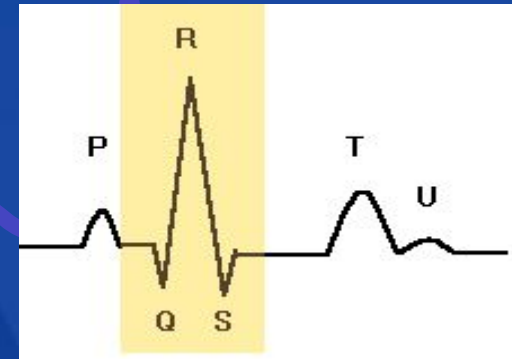


# СЕРДЕЧНЫЙ ЦИКЛ



# СИСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ

## Период напряжения (0,08 с)



Включает 2 периода:

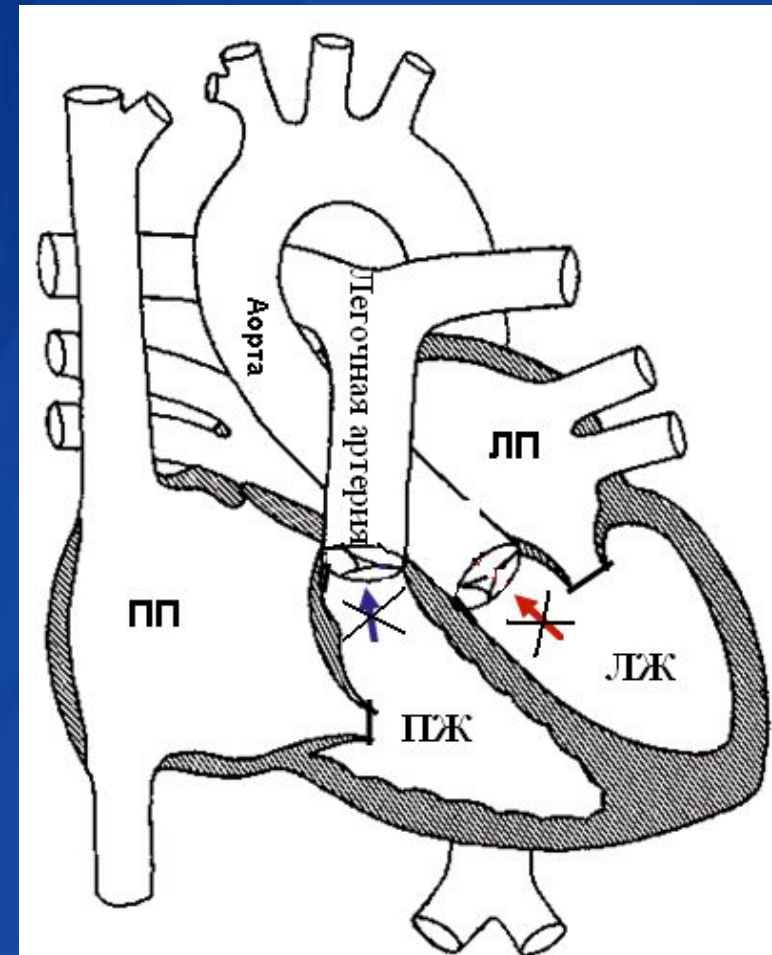
1) период напряжения 2) период изгнания крови

Период напряжения (0,08 с) состоит из:

- фазы *асинхронного сокращения* (0,05 с) и
- фазы *изометрического сокращения* (0,03 с).

Вначале сокращение охватывает миокард желудочков не одновременно (асинхронно) – первыми сокращаются кардиомиоциты, расположенные возле волокон ПСС.

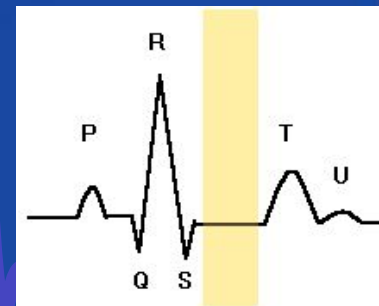
Фаза изометрического сокращения протекает при закрытых атриовентрикулярных и полулунных клапанах и отвечает моменту полного охватывания возбуждением желудочков.





# СИСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ

## Период изгнания (0,25 с)

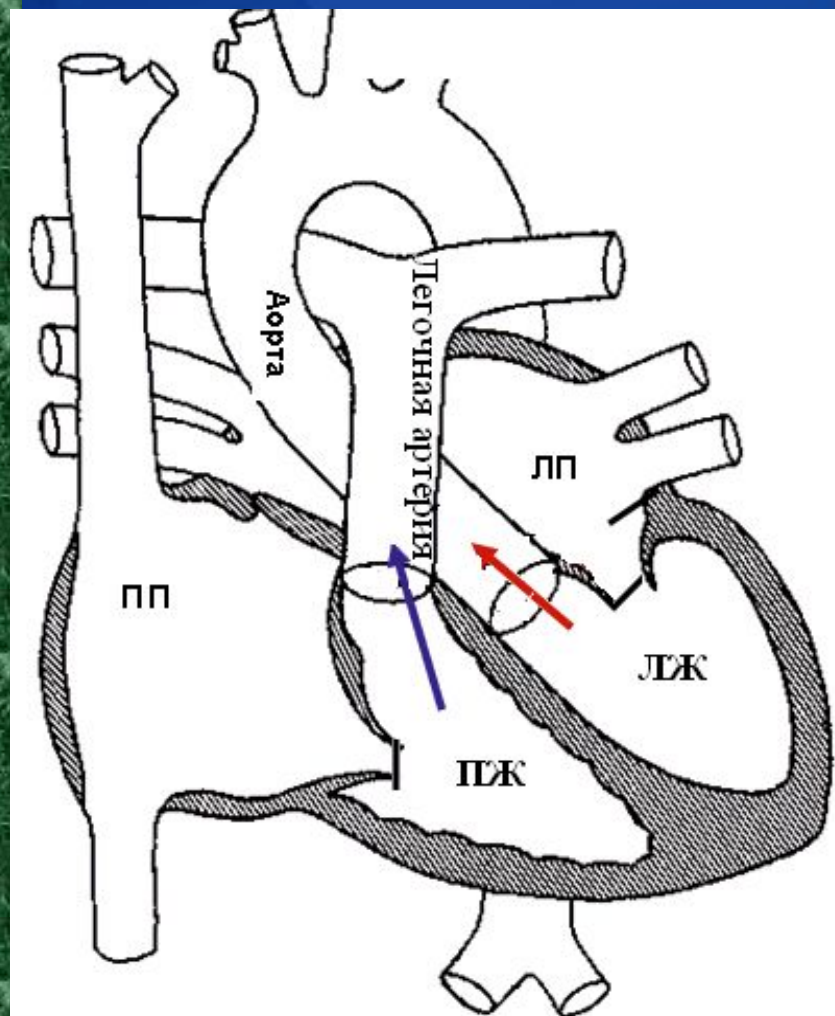


В него входят:

- 1) фаза быстрого изгнания крови (0,12 с) и
- 2) фаза медленного изгнания крови (0,13 с).

Фаза быстрого изгнания начинается с момента открытия полулунных клапанов. В эту фазу из сердца выбрасывается большая часть крови.

Фаза медленного изгнания начинается в момент, когда отток крови к периферии начинает превышать ее поступление из сердца и градиент давления между желудочками и сосудами уменьшается.



# Диастола желудочков (0,37 с)

Состоит из 2 периодов:

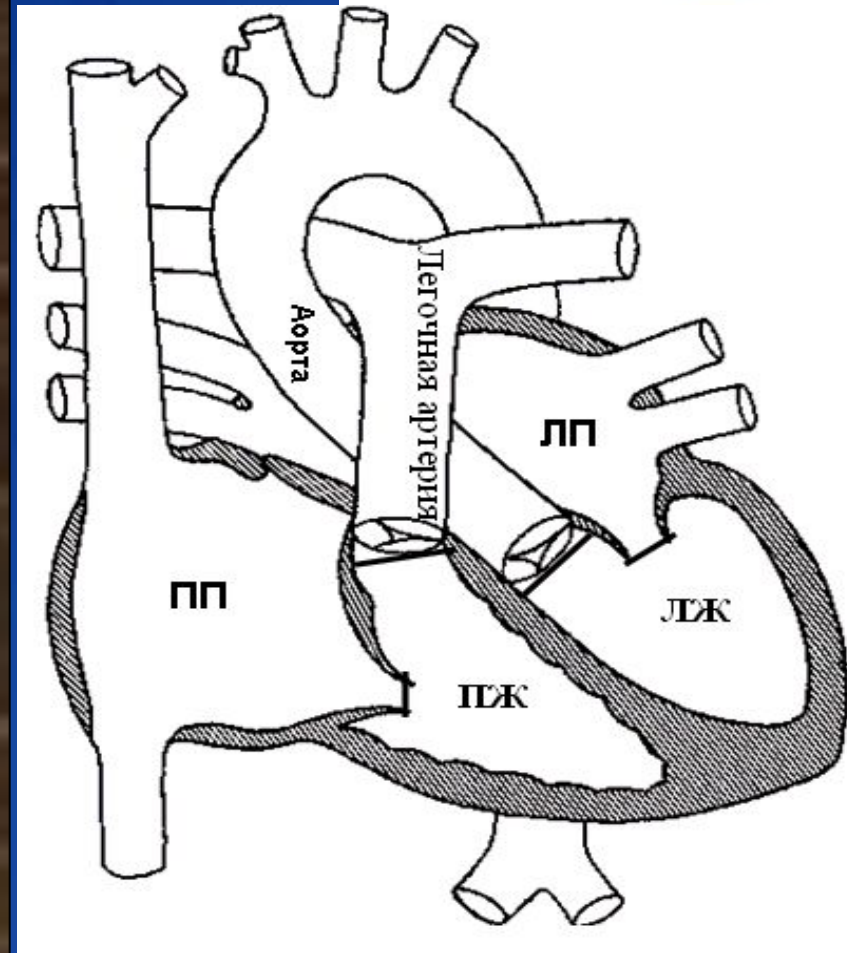
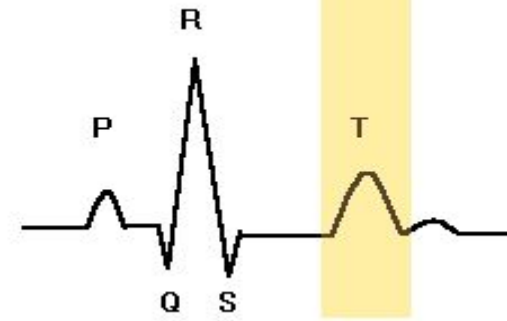
- 1) периода расслабления желудочков (0,12 с)
- 2) периода наполнения желудочков кровью (0,25 с).

Период расслабления включает:

- протодиастолу (0,04 с) и
- фазу изометрического расслабления (0,08с).

Протодиастола – это время от начала расслабления желудочков до закрытия полулунных клапанов.

Фаза изометрического расслабления проходит при закрытых атриовентрикулярных и полулунных клапанах.



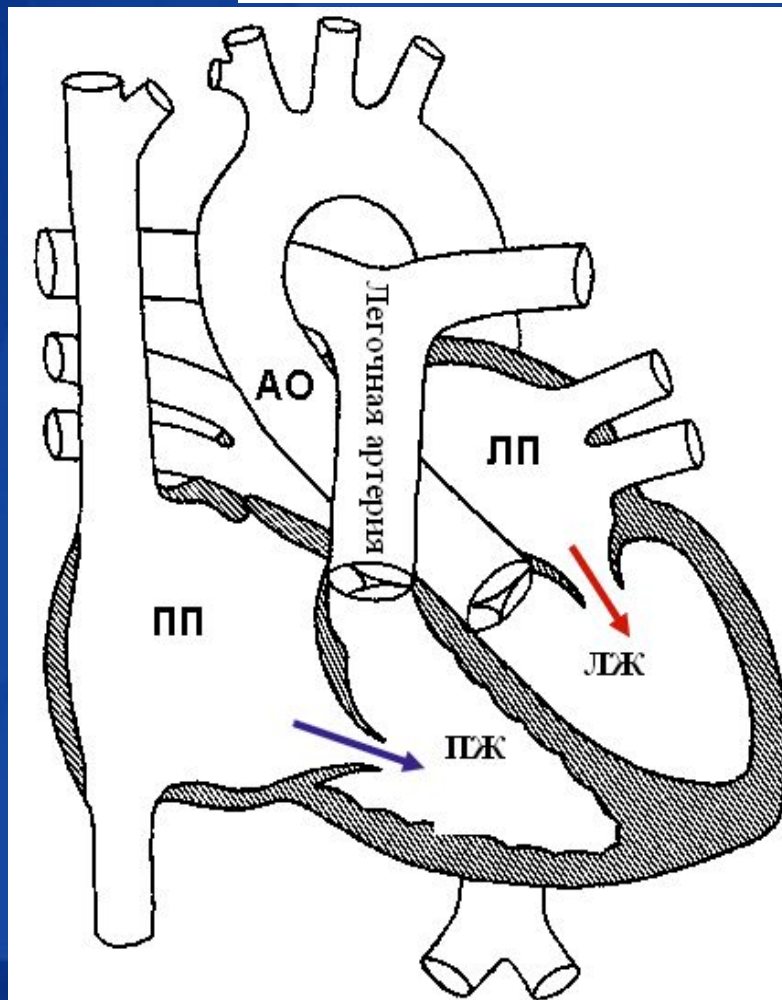
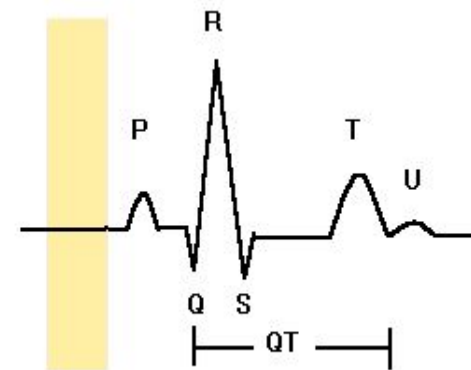
# Диастола желудочков

Период наполнения желудочков кровью

(0,25 с) состоит из:

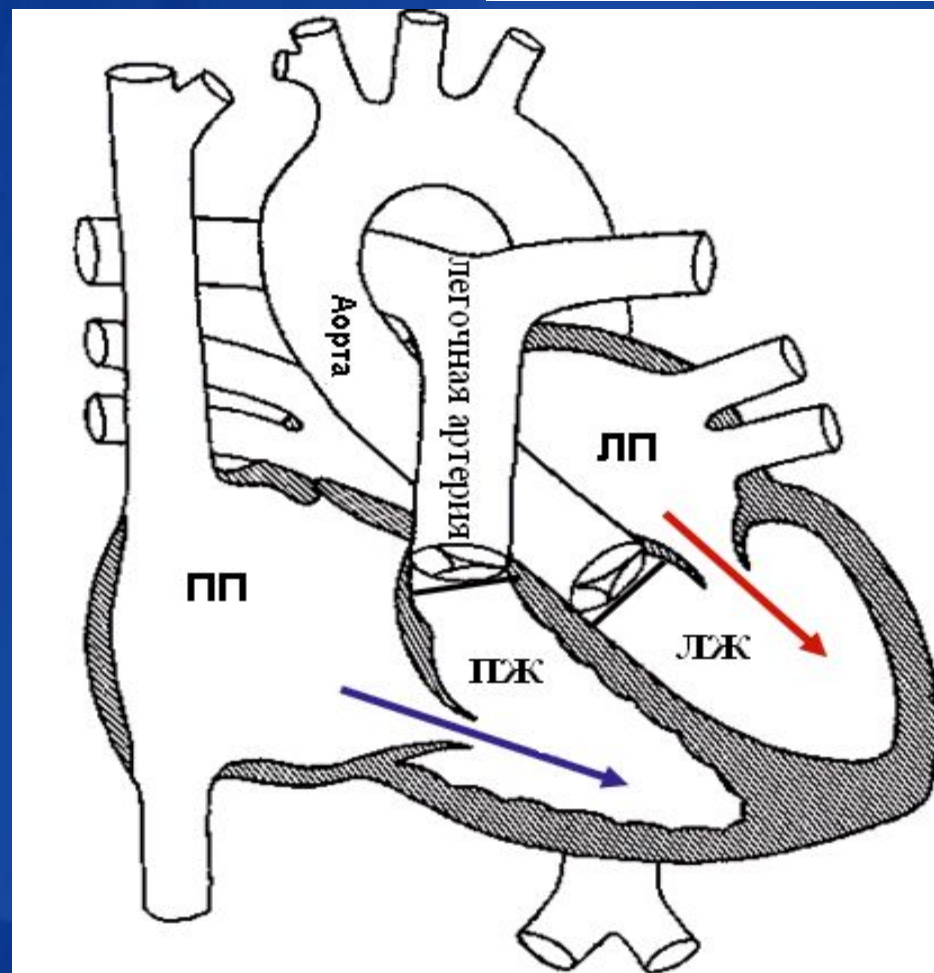
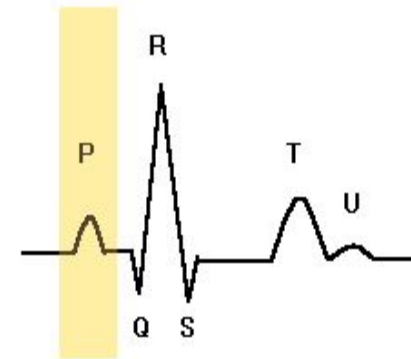
- фазы *быстрого* наполнения (0,08 с) и
- фазы *медленного* наполнения (0,17 с).

Фаза быстрого наполнения начинается одновременно с открытием атриовентрикулярных клапанов. В этот период осуществляется основное наполнение желудочков кровью.



# Диастола желудочков

Фаза активного  
наполнения желудочков  
кровью происходит при  
систоле предсердий  
(0,1 с).



# Аускультация сердечных тонов

- **Выслушивание с помощью фонендоскопа тонов сердца на поверхности грудной клетки называется *аускультацией*.**
- ***Сердечные тоны* – это звуки, которые возникают в процессе сердечного цикла. Различают 4 тона сердца, два из которых: первый и второй можно выслушать аускультативно.**
- **Все тоны сердца можно зарегистрировать с помощью метода *фонокардиографии* (ФКГ).**
- **Для регистрации ФКГ используют микрофон, который прикладывают к *акустическим проекциям* клапанов сердца.**

• Место выслушивания  
II тона (II межреберье  
справа и слева от  
грудины)

Аортальный  
клапан

Основание  
сердца

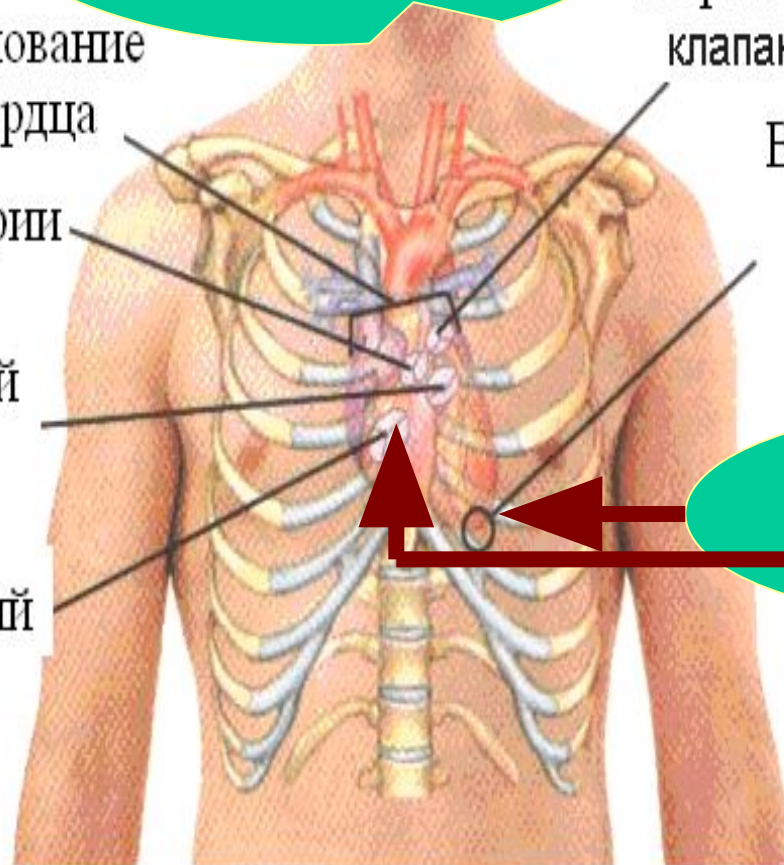
Верхушка  
сердца

Клапан  
легочной артерии

Митральный  
клапан

• Место  
выслушивания I  
тона

Трикуспидальный  
клапан



# Первый тон и его компоненты.



- **Первый тон** (глухой, протяжный, низкий) возникает в начале систолы желудочков, поэтому его называют также систолическим. Он выслушивается в области верхушки сердца – пятое межреберье слева от среднеключичной линии.
- Основным его компонентом является **клапанный** компонент. Он обусловлен колебанием створок предсердно-желудочковых клапанов и сухожильных нитей.

# Первый тон, его компоненты.

- Второй компонент - **мышечный** - возникает в результате колебания, связанного с напряжением миокарда желудочков.
- Третий компонент - **сосудистый** - обусловлен колебанием начальных отделов аорты и легочной артерии, открытием полулунных клапанов.

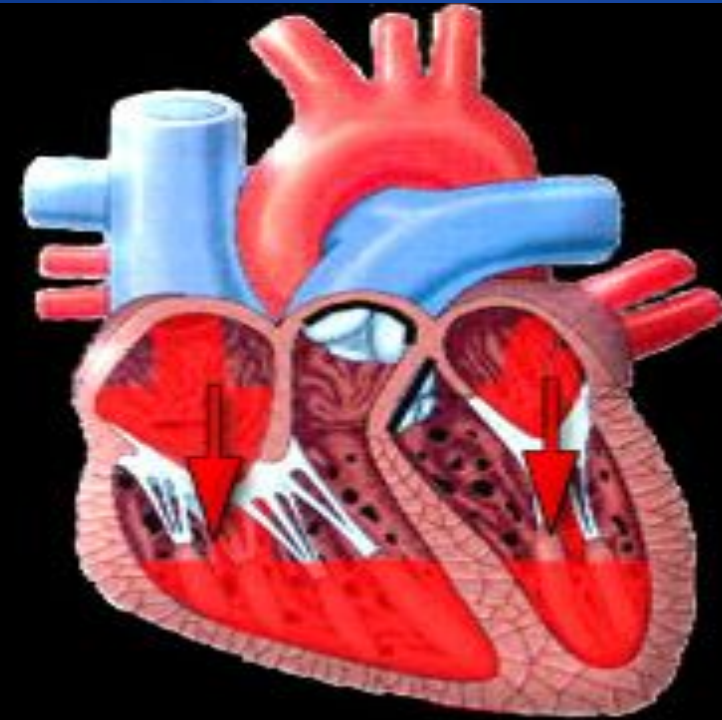


Сосудистый компонент I тона



# Первый тон, его компоненты.

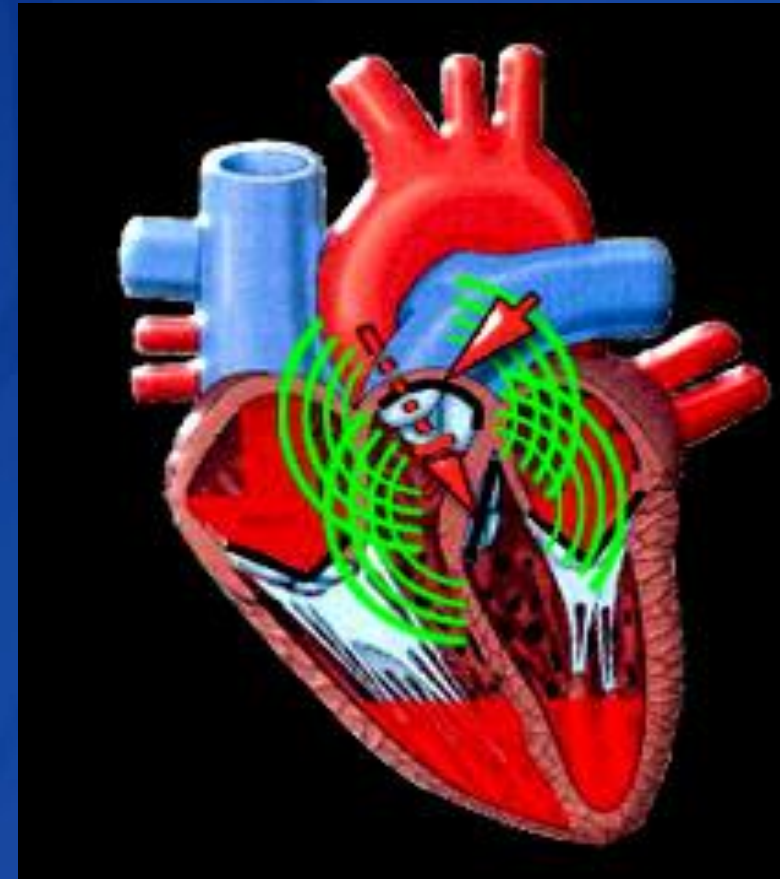
- Четвертый компонент - **предсердный** - возникает в результате колебания, связанного с сокращением предсердий.
- При аускультации первый тон начинается из этого компонента, поскольку колебания, вызванные систолой предсердий, сливаются со звуковыми колебаниями, обусловленными систолой желудочков и аускультативно воспринимаются как один тон.



**Предсердный  
компонент I тона**

# Второй тон, его компоненты.

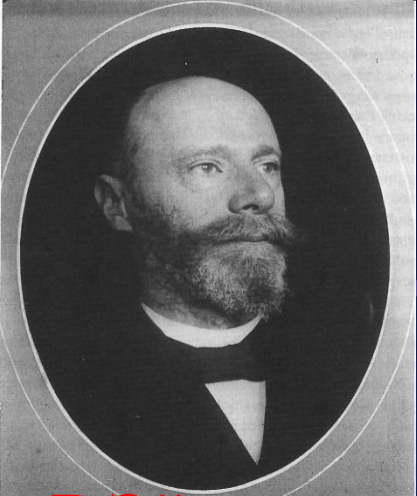
- **Второй тон** (диастолический) оптимально выслушивается во втором межреберье слева (над легочной артерией) и справа (над аортой) от грудины. Возникает в начале диастолы при закрытии полулунных клапанов аорты и легочной артерии. Это первый, **клапанный** компонент.
- Второй компонент - **сосудистый** - обусловлен колебанием стенок аорты и легочной артерии.



## Третий тон, его компонент.

An ECG waveform is shown in the top right corner of the slide. It features a standard P wave, a sharp QRS complex, and a T wave. A prominent, low-frequency, high-amplitude wave is visible immediately following the QRS complex, representing the third heart sound (S3).

- Третий тон можно выслушать иногда у детей, или у лиц с тонкой грудной клеткой.
- Он обусловлен быстрым наполнением желудочков кровью во время фазы быстрого наполнения.
- Четвертый тон возникает при систоле предсердий, когда желудочки активно наполняются кровью.

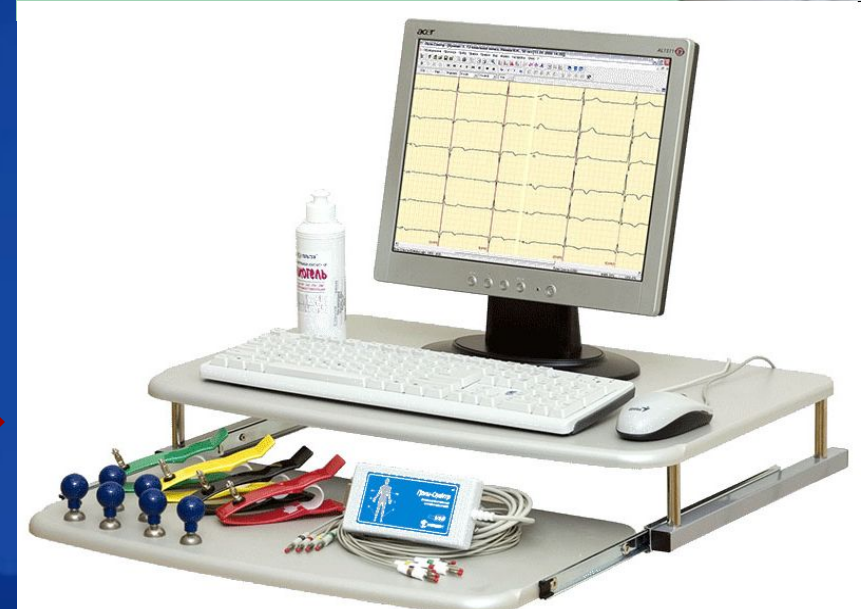
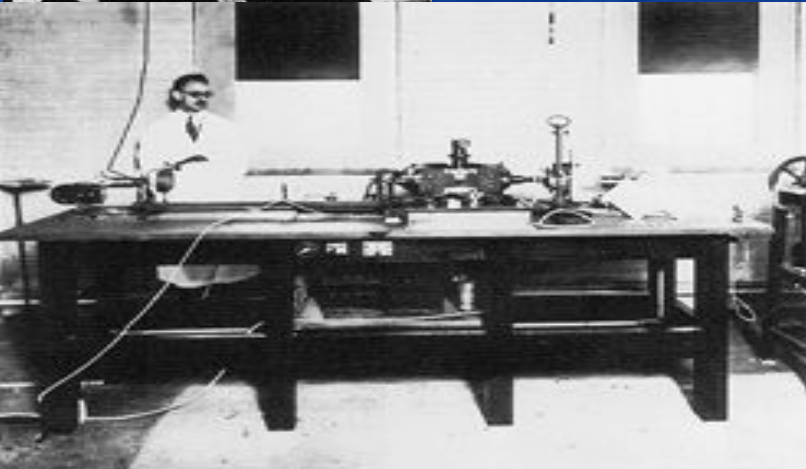
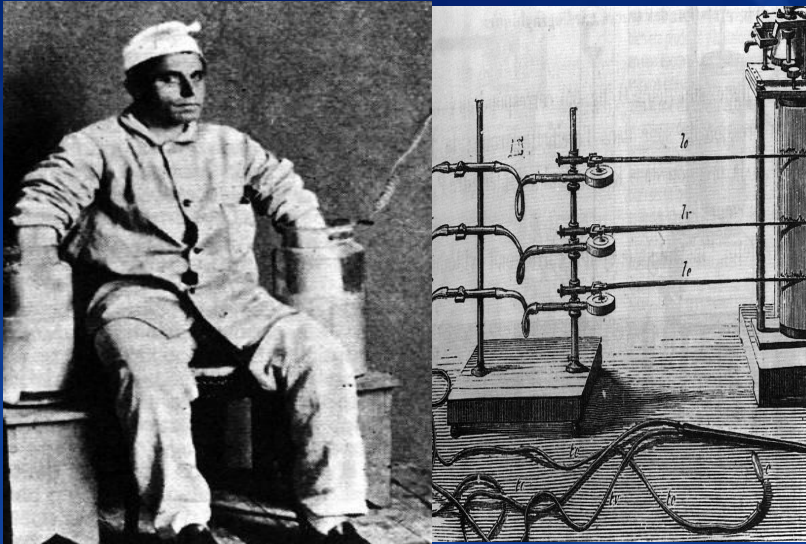


В.Эйнтховен

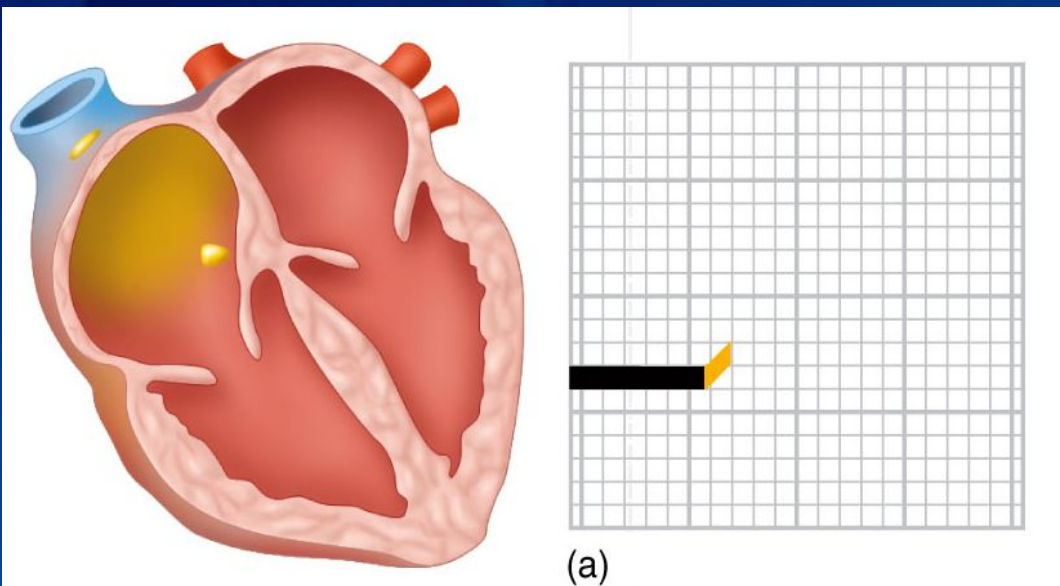
## В.Эйнтховен – основатель метода ЭКГ



- Первым, кто вывел ЭКГ из стен лабораторий во врачебную практику, был голландский физиолог Виллем Эйнтховен. После 7 лет упорного труда, он создал первый электрокардиограф, правда он был очень громоздким сооружением и весил около 270 кг. Его обслуживанием было занято 5 сотрудников. Однако, результаты, полученные Эйнтховеном, были революционными. Впервые в руках врача оказался прибор, который так много говорит о состоянии сердца.
- Схема размещения электродов на руках и ногах предложенная Эйнтховеном, используется и по сей день. В 1924 ему была присвоена Нобелевская премия.

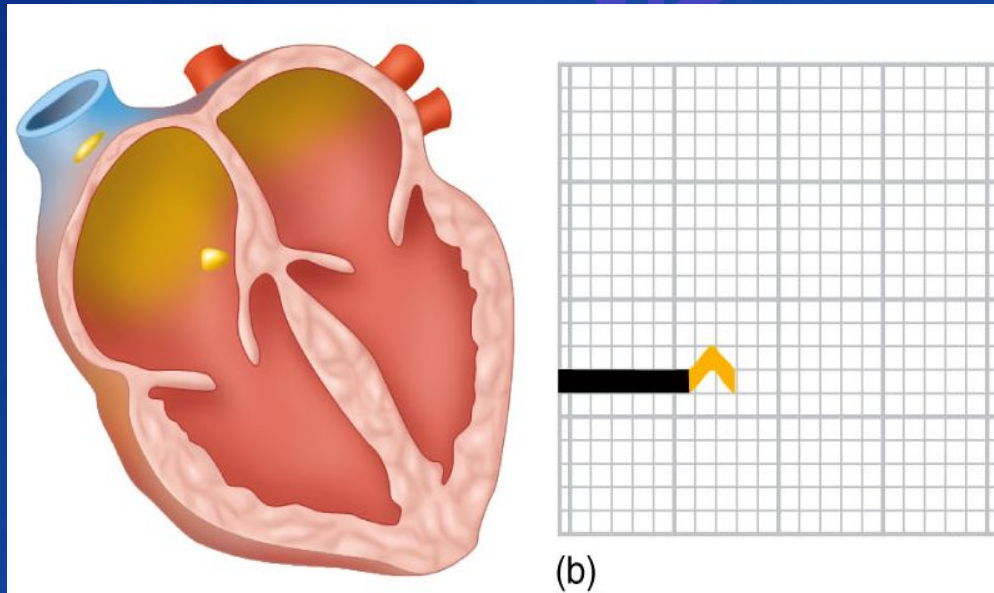
# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ



# Формирование ЭКГ



 Деполяризация  
 Реполяризация

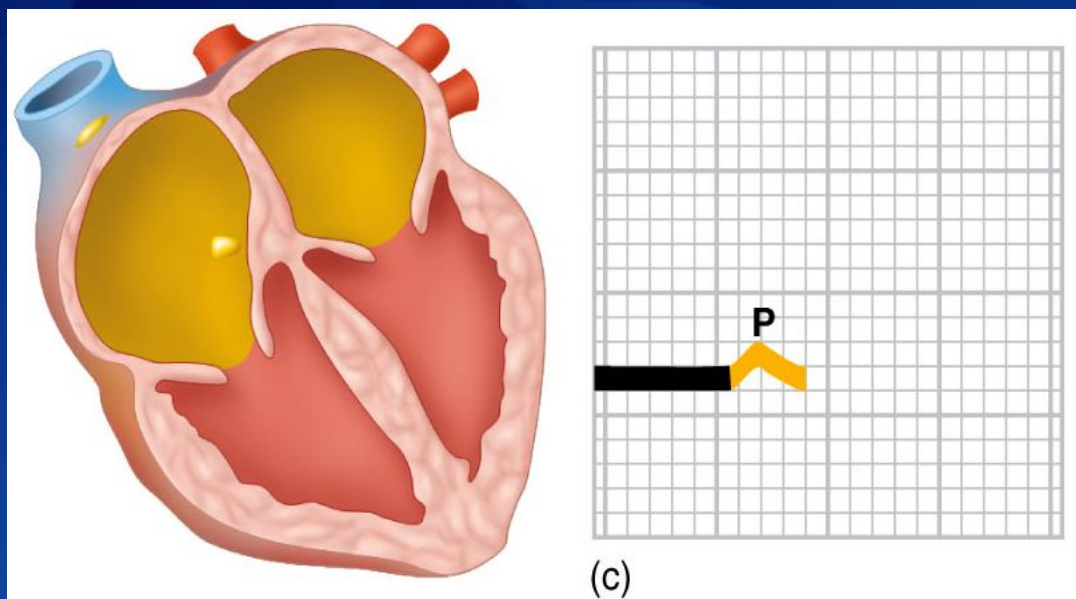


 Деполяризация  
 Реполяризация

Деполяризация правого предсердия (восходящее колено зубца P) (a)

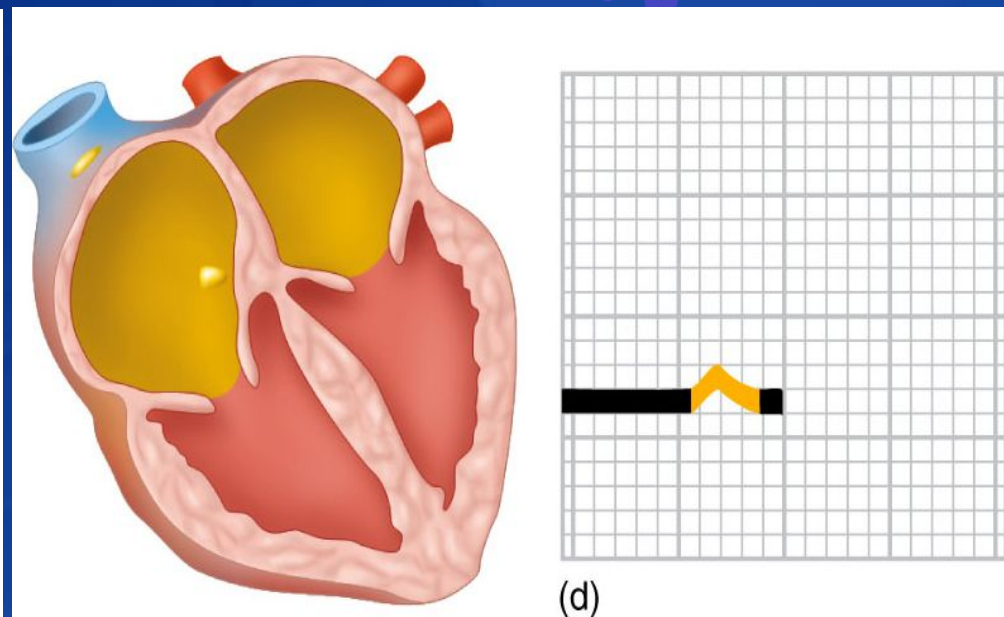
Деполяризация левого предсердия (нисходящее колено зубца P) (b)

# Формирование ЭКГ



■ Деполяризация

■ Реполяризация



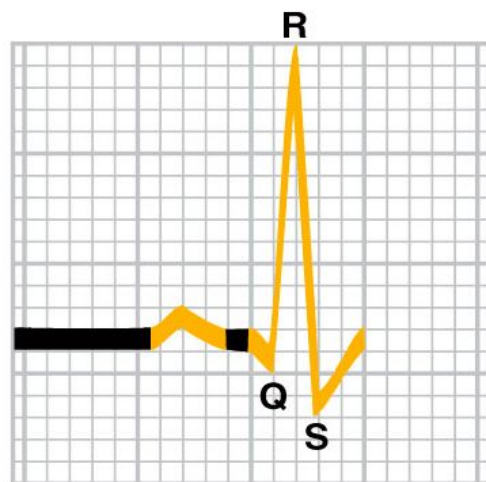
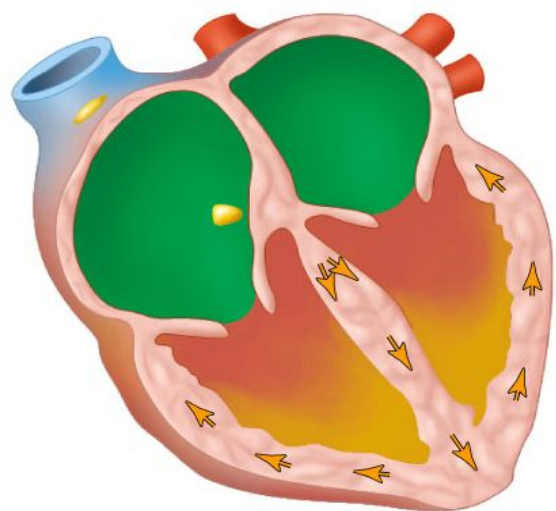
■ Деполяризация

■ Реполяризация

Завершение деполяризации  
предсердий (c)

Задержка проведения  
возбуждения в А-В-узле (d)

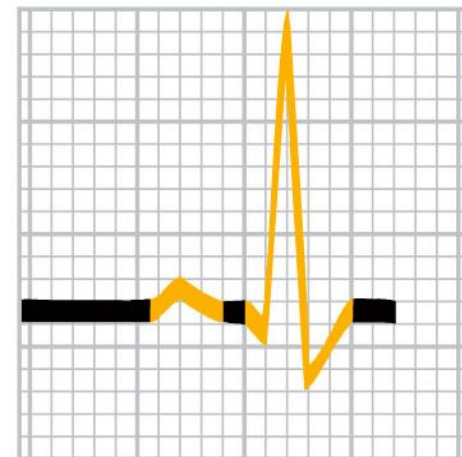
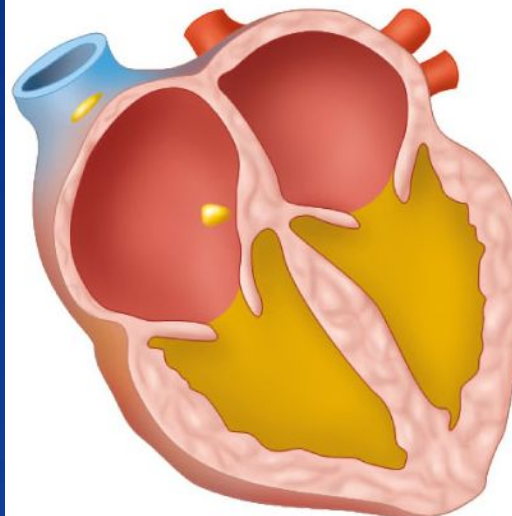
# Формирование ЭКГ



(e)

Деполяризация

Реполяризация



(f)

Деполяризация

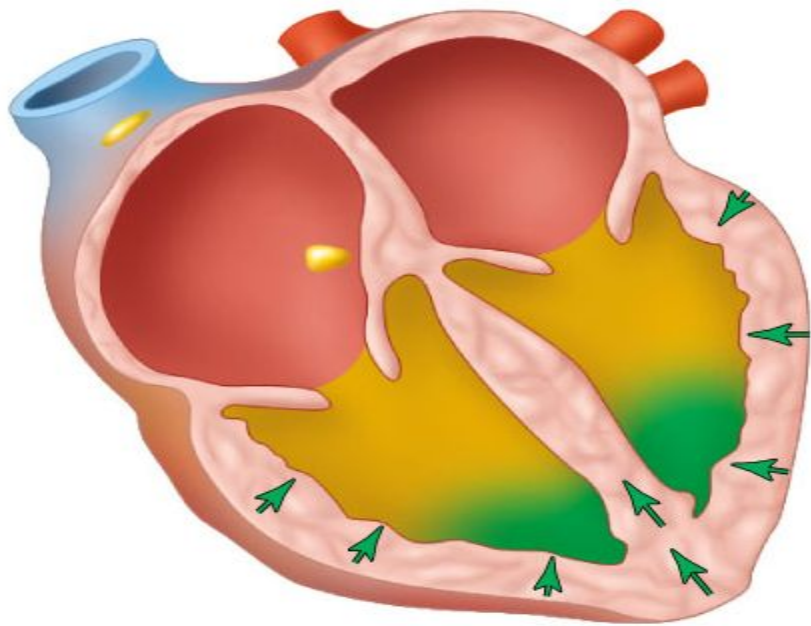
Реполяризация

Деполяризация межжелудочковой перегородки (зубец Q), боковых стенок правого и левого желудочков (зубец R) и базальных отделов обеих желудочков и верхней трети межжелудочковой перегородки (зубец S) (e)

Полный охват возбуждением миокарда желудочков (сегмент S-T) (f)

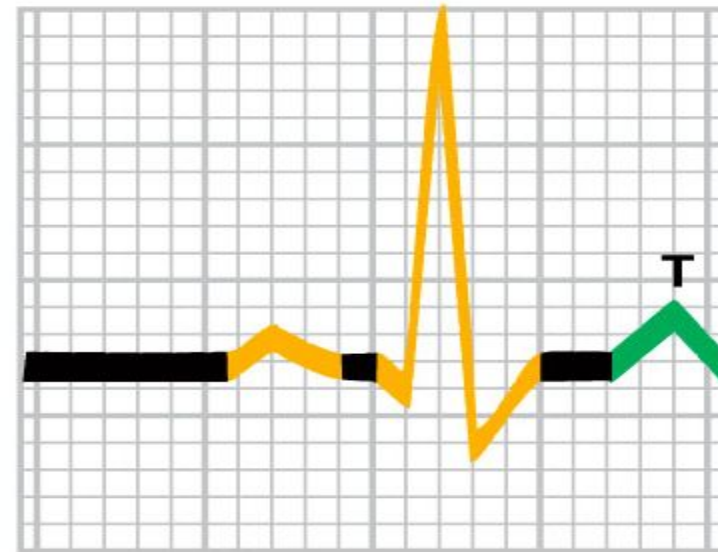


# Формирование ЭКГ



 **Деполаризация**

 **Реполаризация**



(g)

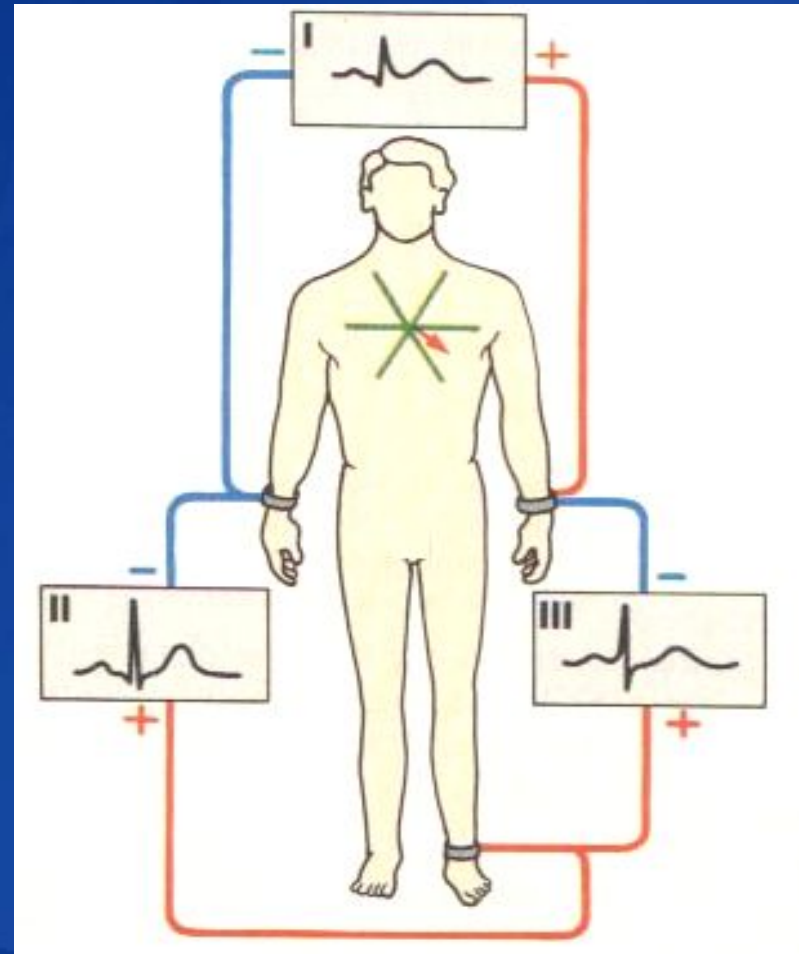
**Реполаризация желудочков (зубец T)**

# Формирование ЭКГ

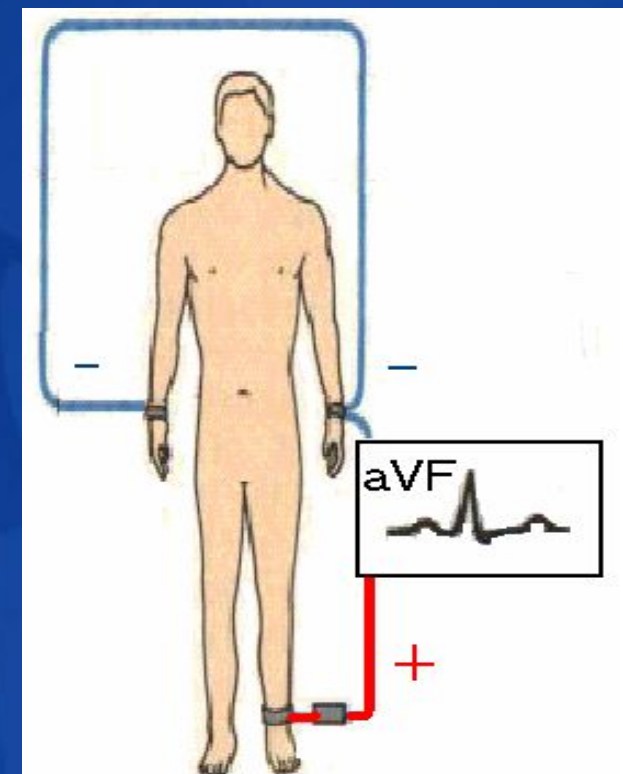
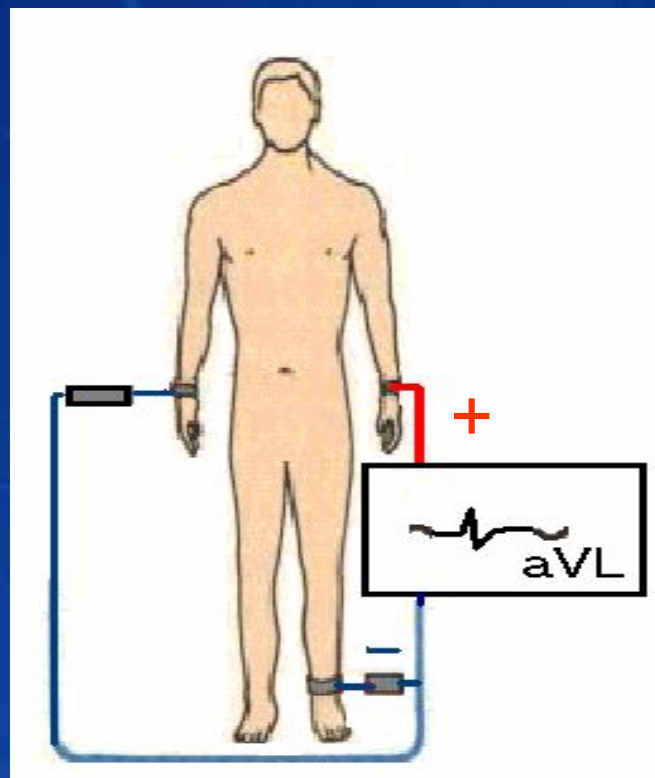
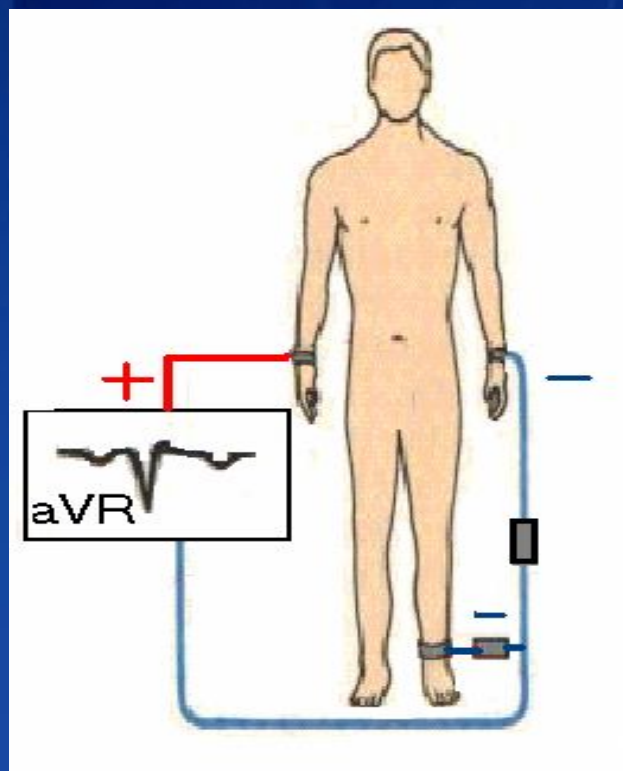


# СТАНДАРТНЫЕ ЭКГ-ОТВЕДЕНИЯ (ПО ЭЙНТХОВЕНУ)

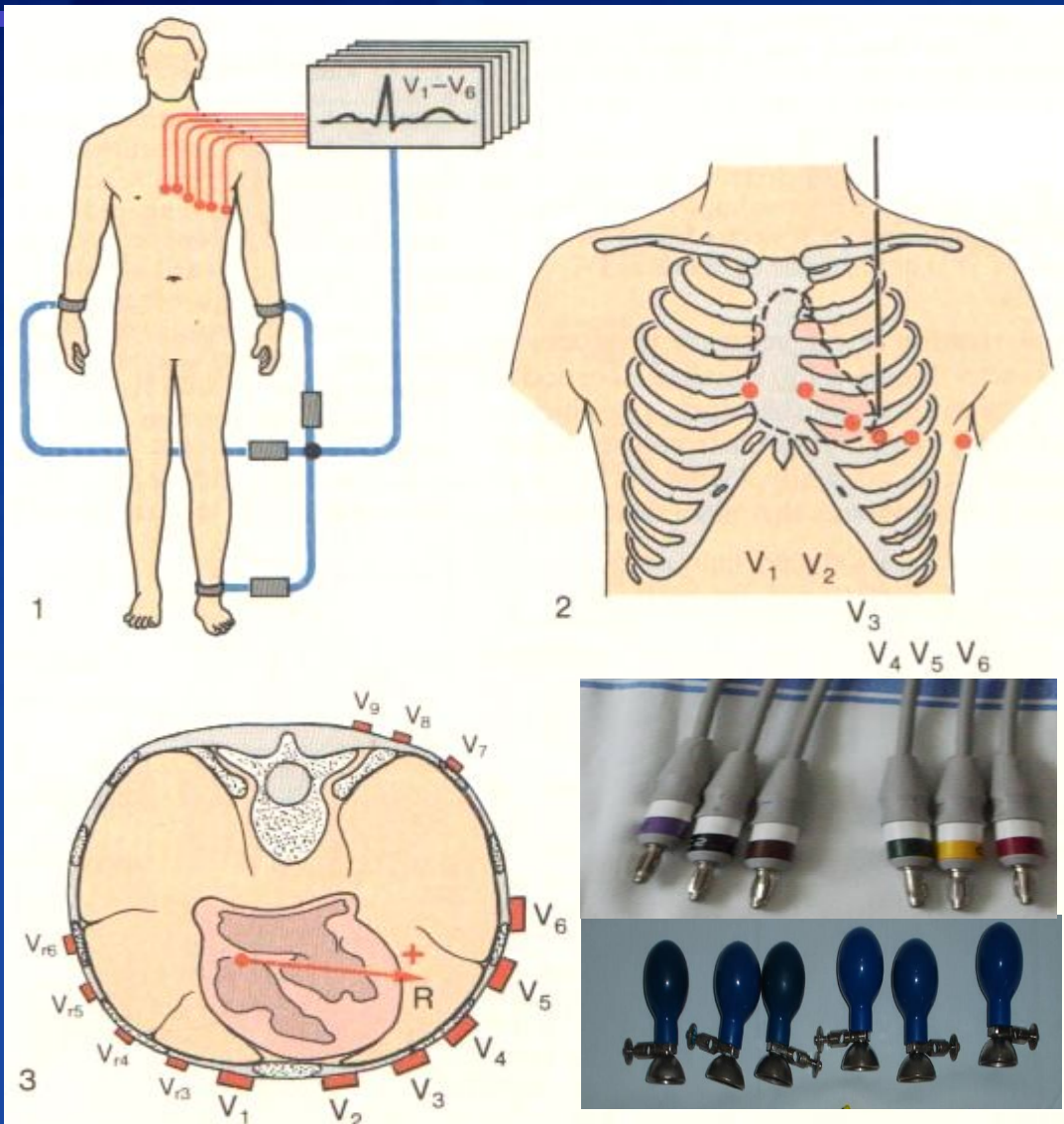
- I отведение – (+) левая рука – (-) правая рука;
- II отведение – (+) левая нога – (-) правая рука;
- III отведение – (+) левая нога – (-) левая рука.



# УСИЛЕННЫЕ ЭКГ-ОТВЕДЕНИЯ (ПО ГОЛЬДБЕРГУ)

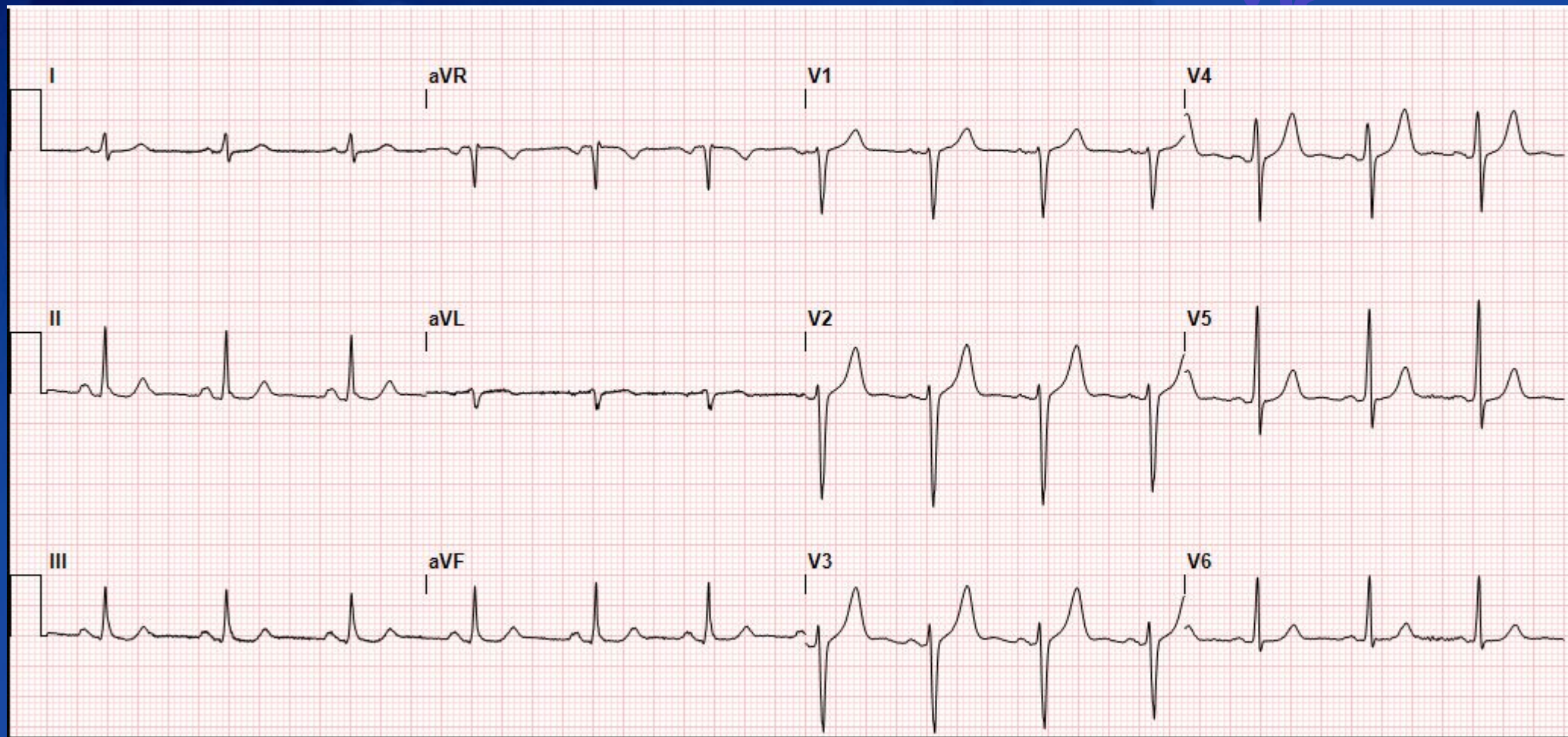


# ГРУДНЫЕ ЭКГ-ОТВЕДЕНИЯ (ПО ВИЛЬСОНУ)

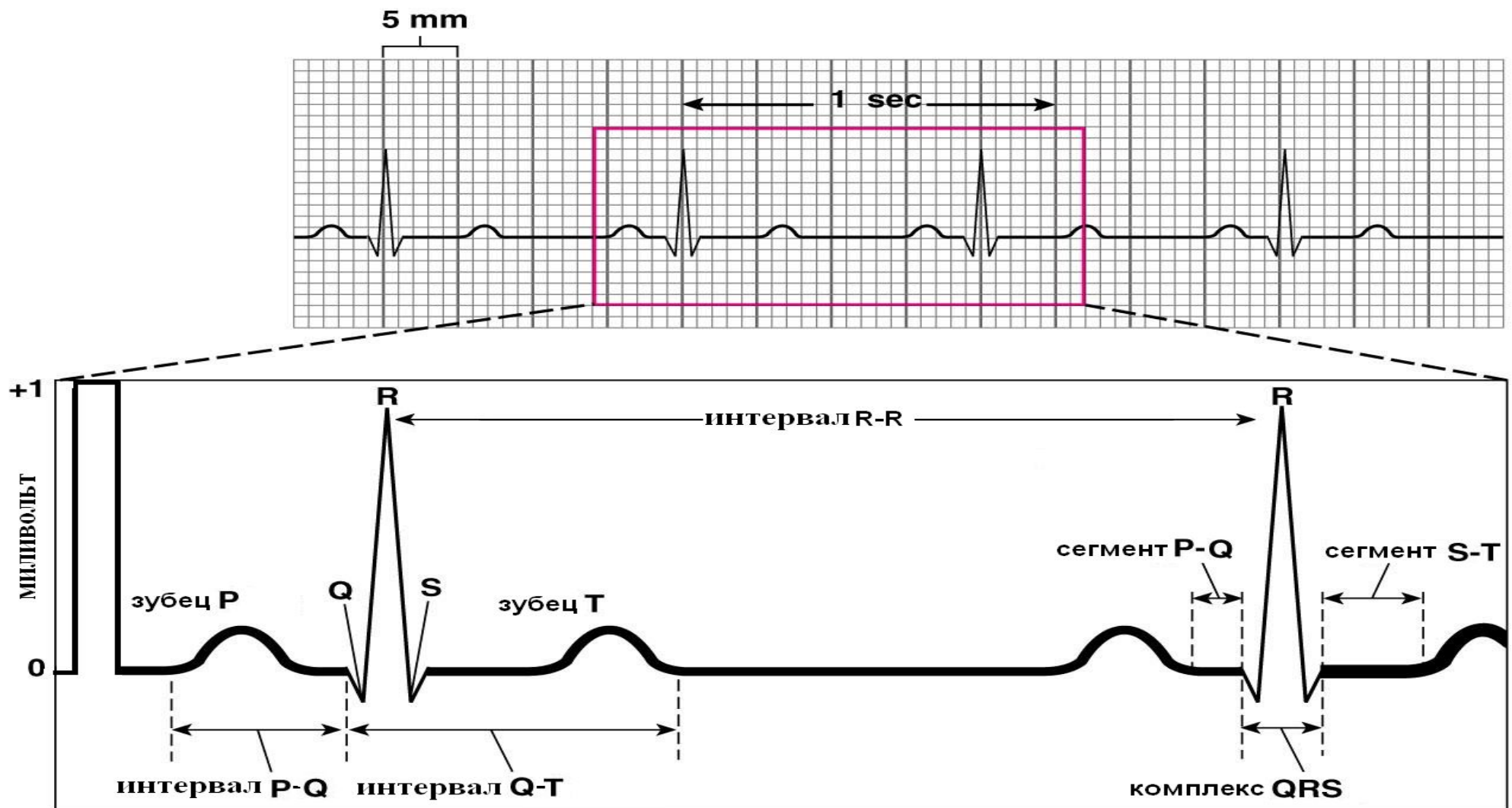


- V<sub>1</sub> - активный электрод в четвертом межреберье по правому краю грудины;
- V<sub>2</sub> - активный электрод в четвертом межреберье по левому краю грудины;
- V<sub>3</sub> - активный электрод на уровне четвертого ребра левой парастернальной линии ;
- V<sub>4</sub> - активный электрод в пятом межреберье левой срединно - ключичной линии ;
- V<sub>5</sub> - активный электрод в пятом межреберье слева по передней подмышечной линии ;
- V<sub>6</sub> - активный электрод в пятом межреберье по левой средней подмышечной линии.

# ЭКГ В СТАНДАРТНЫХ, УСИЛЕННЫХ И ГРУДНЫХ ОТВЕДЕНИЯХ



# Схема ЭКГ



**Артериальное давление - это давление, которое делает кровь в артериальных сосудах организма. Он отображает взаимодействие многих факторов: первая группа факторов - сердечные: систолический объем сердца, скорость выбросов крови из желудочков, частота сердечных сокращений; вторая группа факторов -сосудистые: эластичность компенсирующих артерий, тонус резистивных сосудов, объем емкостных сосудов; третья группа факторов - кровяные: объем циркулирующей крови, вязкость крови, гидростатическое давление крови.**

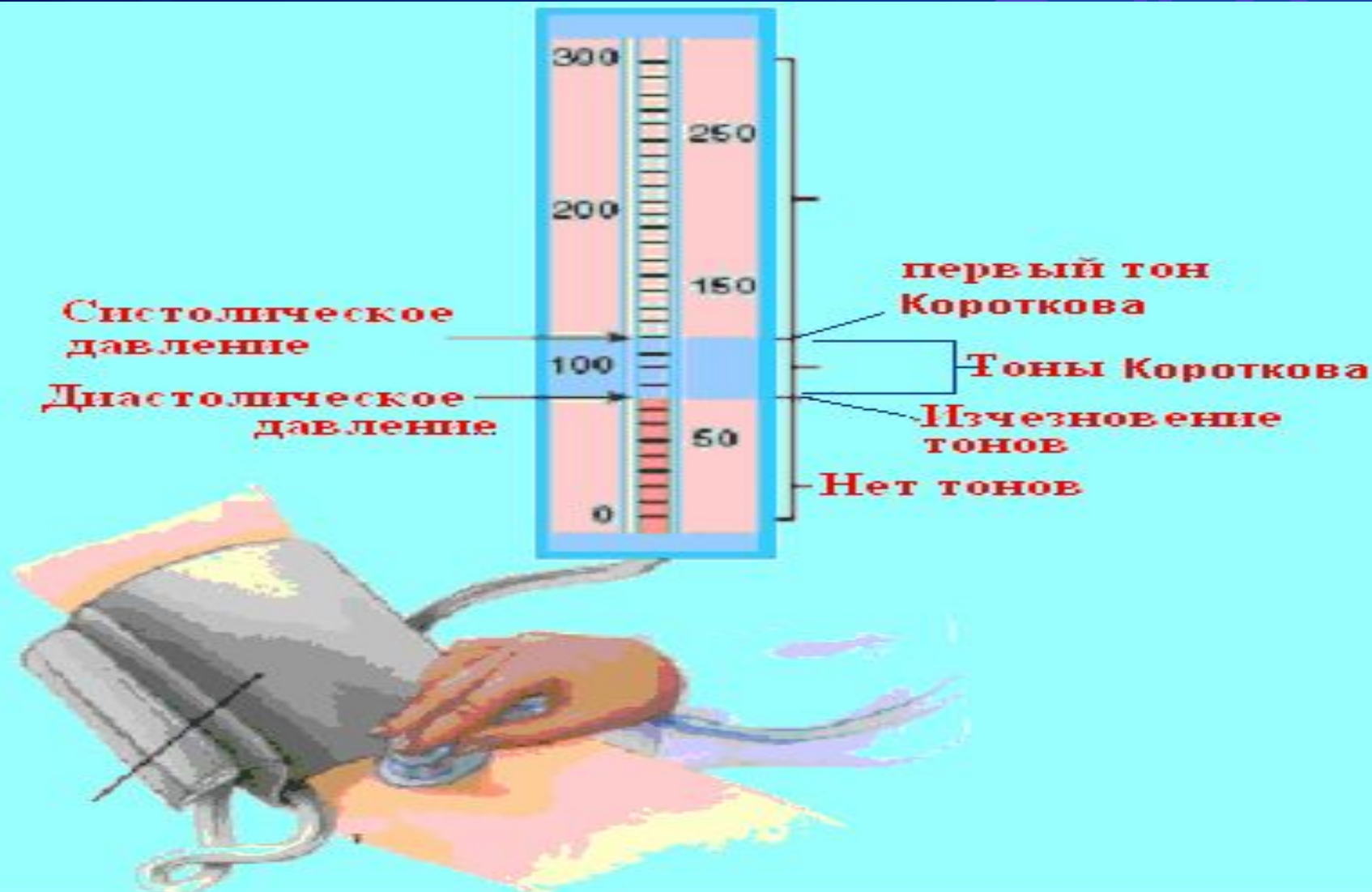


# КЛАССИФИКАЦИЯ ГИПЕРТЕНЗИЙ ПО УРОВНЮ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С РЕКОМЕНДАЦИЯМИ ВОЗ (1999 ГОД)

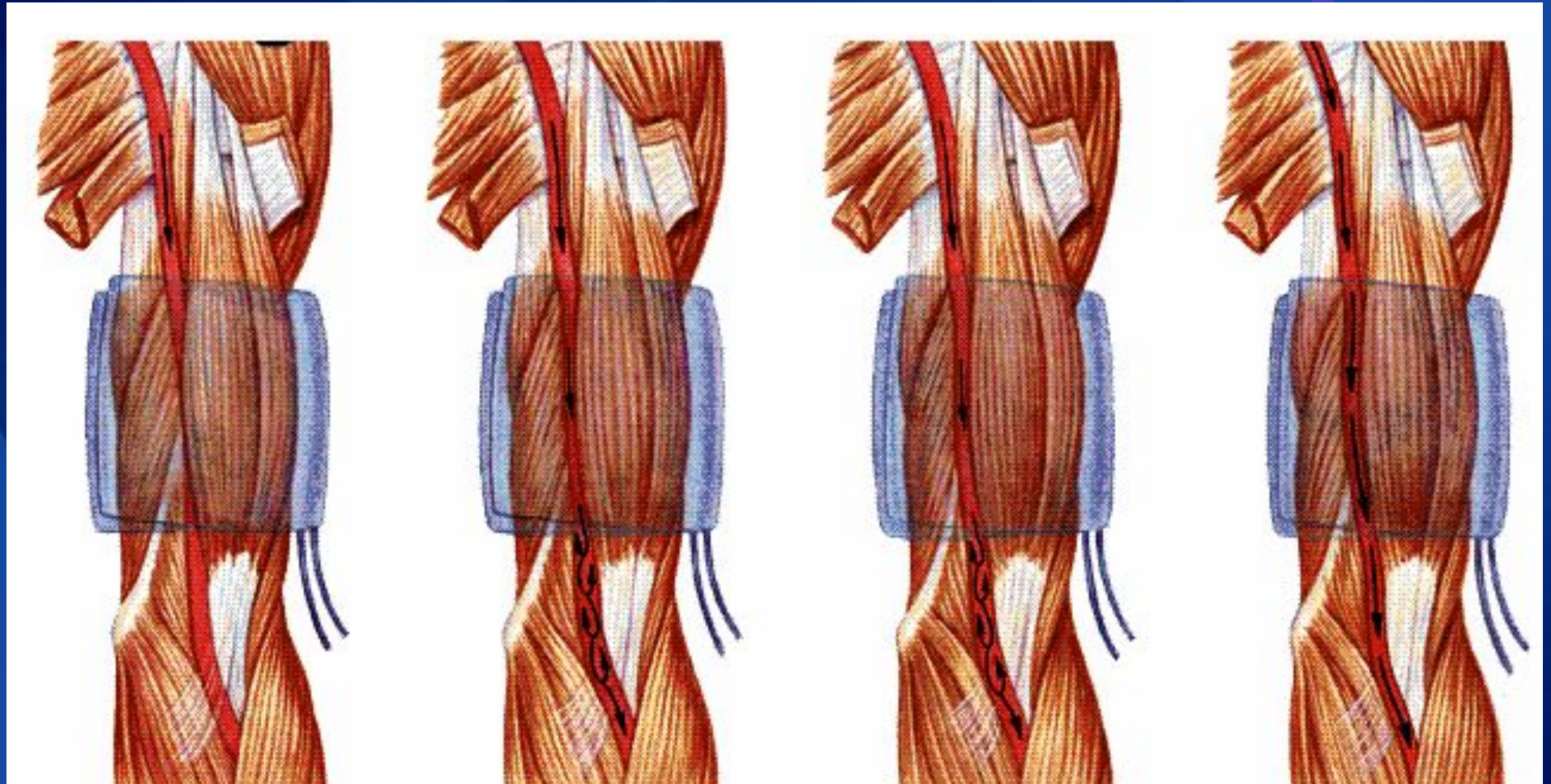


Категория	Уровень артериального давления	
	САД, мм рт.ст.	ДАД, мм рт.ст.
Оптимальное АД	< 120	< 80
Нормальное АД	< 130	<85
Высокое-нормальное АД	130-139	85-89
Гипертензия I ст (мягкая)	140-159	90-99
Подгруппа – пограничная гіпертензія	140-149	90-94
Гипертензия II ст (умеренная)	160-179	100-109
Гипертензия III ст (тяжелая)	>180	>110
Изолированная систолическая гипертензия	>140	<90
Подгруппа - пограничная гипертензия	140-149	<90

# Методика измерения артериального давления по методу Короткова

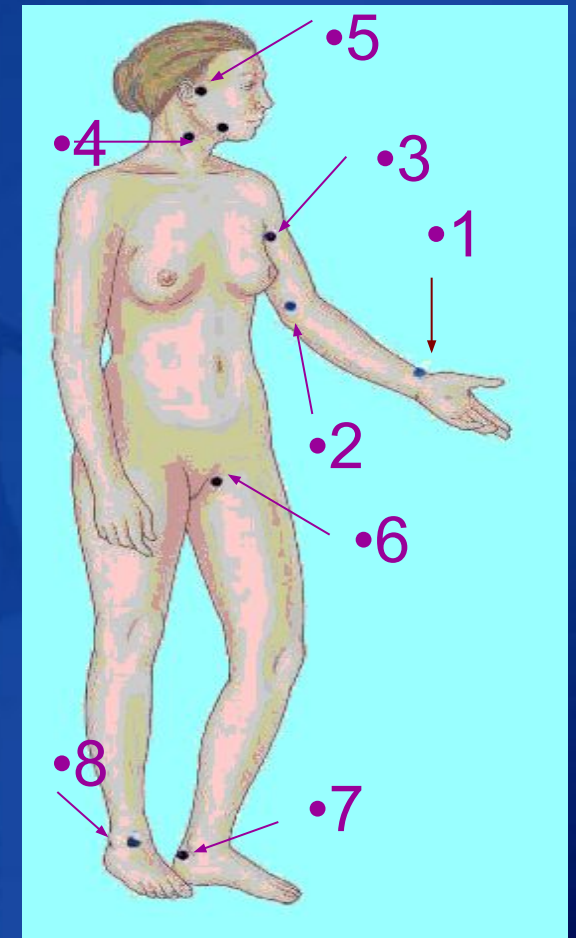


# Механизм формирования тонов Короткова



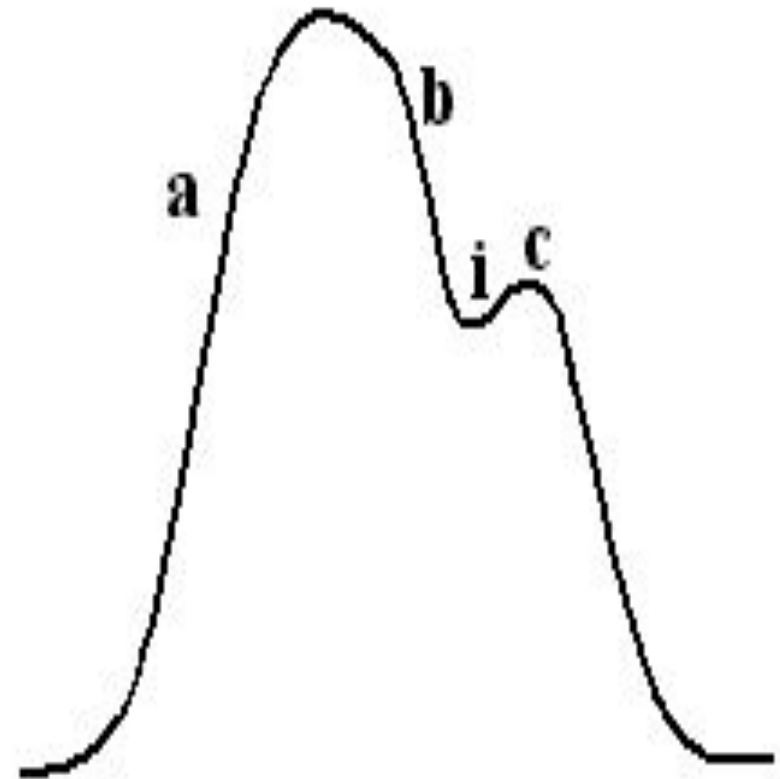
# ПАЛЬПАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ПУЛЬСА


1. *A. radialis*
2. *A. ulnaris*
3. *A. brachialis*
4. *A. carotica communis*
5. *A. temporalis*
6. *A. femoralis*
7. *A. dorsalis pedis*
8. *A. tibialis posterior*



# Графический метод исследования артериального пульса

- На сфигмограмме различают: крутой подъем, восходящее колено - анакроту (ana - движение вверх, crotos - удар), который переходит в нисходящее колено - катакроту (cata - вниз), которая имеет дополнительную волну - дикротичну. Анакрота отвечает открытию полулунных клапанов и выхода крови в аорту. Катакрота возникает в конце систолы желудочка, когда давление в нем начинает падать.
- Нисходящее колено имеет выемку - инцизуру и дополнительную волну - вторичный, или дикротичный подъем, который совпадает с закрытием полулунных клапанов аорты и отражением крови от них.





**•Спасибо за  
внимание !**