Гомельский государственный медицинский университет Курс нормальной физиологии

Нагнетательная функция сердца. Регуляция сердечной деятельности



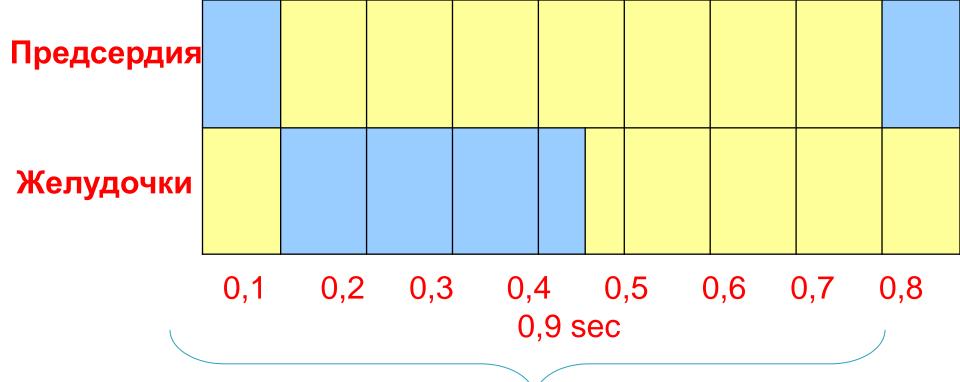
Лекция N 2 для студентов 2 курса

Доцент, к.б.н. Мельник Светлана Николаевна

План лекции

- 1. Нагнетательная функция сердца.
- 1.1 Сердечный цикл. Последовательность периодов и фаз сердечного цикла.
- 1.2. Сердечный выброс, его фракции.
- 1.3. Систолический и минутный объемы крови. Сердечный индекс.
- 1.4. Механические и звуковые проявления сердечной деятельности. Тоны сердца, их генез. Поликардиография. Сопоставление во времени периодов и фаз сердечного цикла ЭКГ и ФКГ и механических проявлений сердечной деятельности.
- 2. Регуляция сердечной деятельности.
- 2.1. Внутрисердечные регуляторные механизмы (миогенная регуляция).
- 2.2. Внесердечные регуляторные механизмы.
- 2.2.1. Нервная регуляция, влияние симпатических и парасимпатических нервов на деятельность сердца.
- 2.2.2. Рефлексогенные зоны, их значение в регуляции деятельности сердца.
- 2.2.3. Гуморальные влияния на сердечную деятельность.

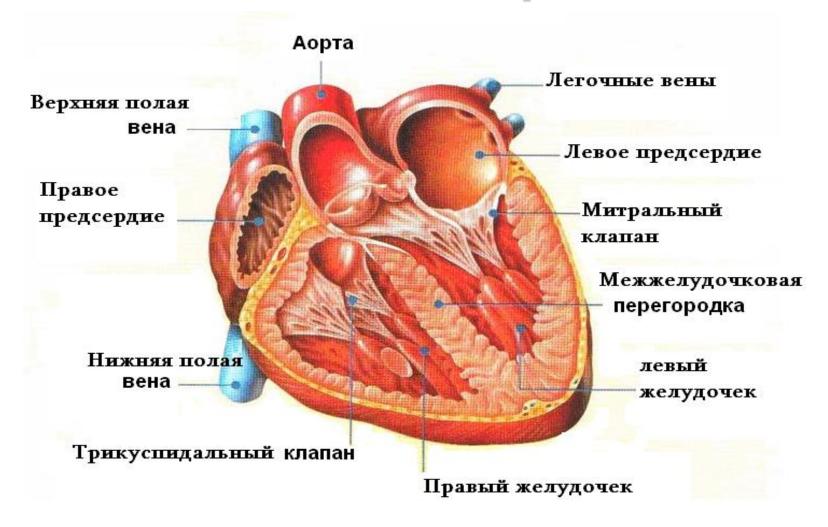
Нагнетательная функция сердца. Седечный цикл. Последовательность периодов и фаз сердечного цикла



Сердечный цикл при частоте 75 уд/мин составляет 0,8 секунд

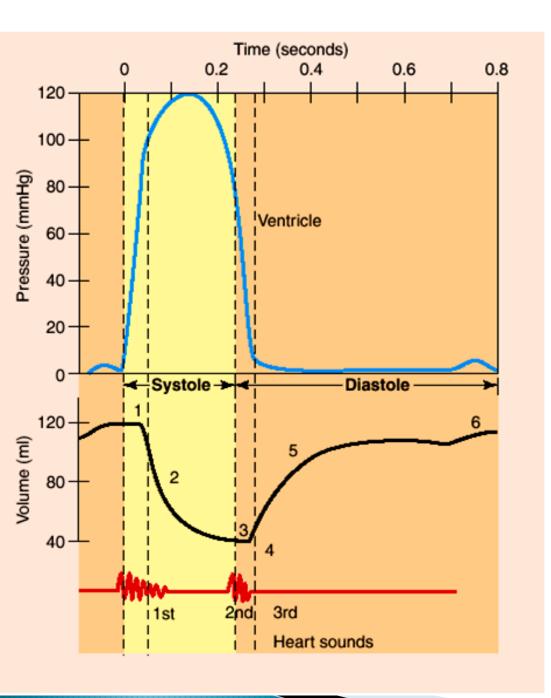
Схема – Продолжительность систолы и диастолы предсердий и желудочков во время сердечного цикла

Клапаны сердца



Наполнение сердца кровью происходит под влиянием ряда факторов:

- 1. Остаток **движущей силы от предыдущего сокращения** сердца.
- **2. Присасывание крови грудной клеткой при <u>вдохе</u>, когда происходит увеличение отрицательного давления в плевральной щели.**
- **3. Сокращение скелетных мышц** при движении, когда вены сдавливаются и кровь проталкивается к сердцу.
- **4. Наличие клапанов в венах** обеспечивает односторонний ток крови к сердцу.
- 5. Оттягивание предсердно-желудочковой перегородки при систоле желудочков способствует расширению предсердий, срабатывает засасывающий эффект.



Сердечный цикл

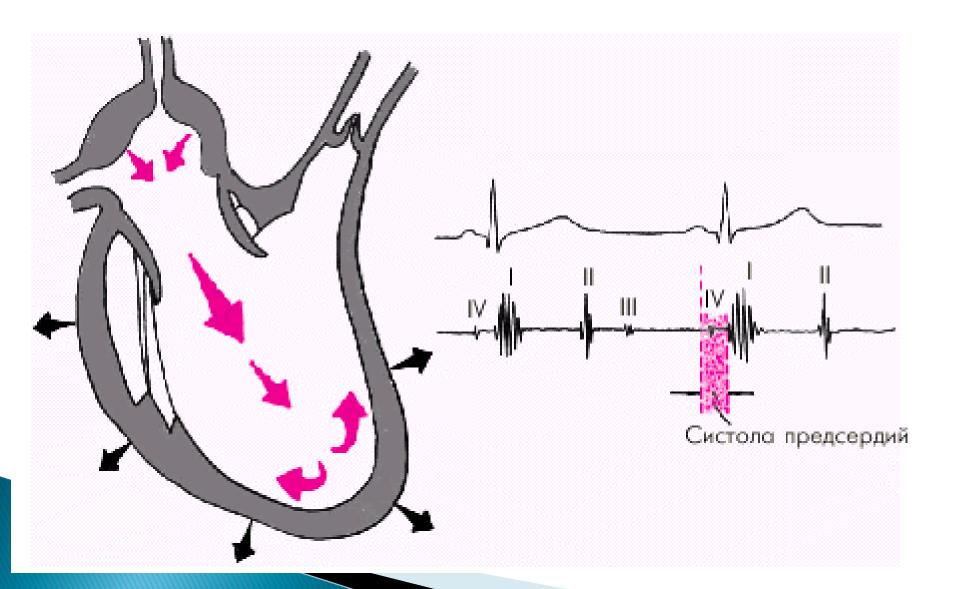


Давление в левом желудочке Объем левого

I и II тоны сердца

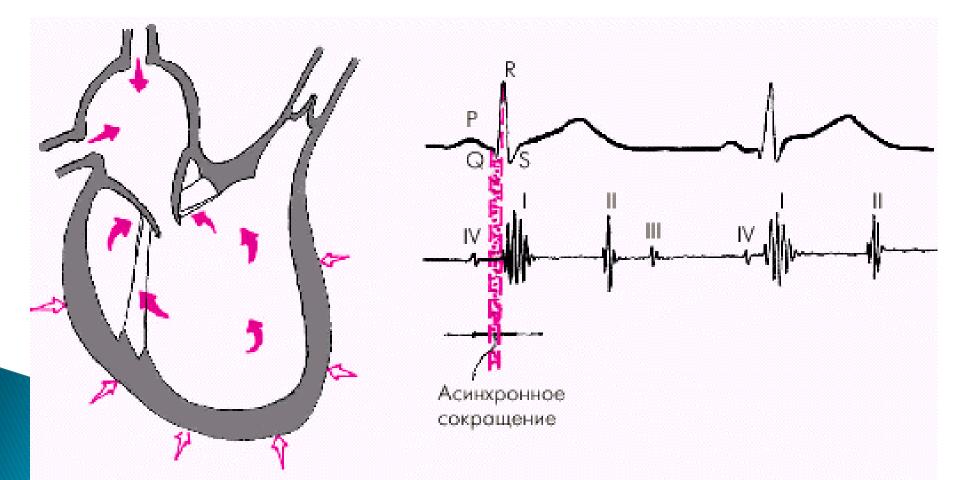
желудочка

Систола предсердий – 0,1 с

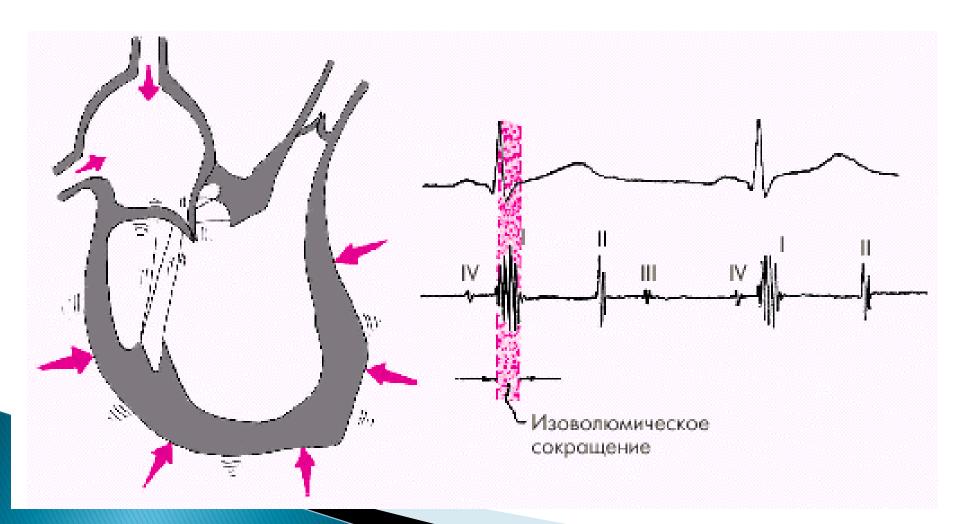


Систола желудочков 0,33 с

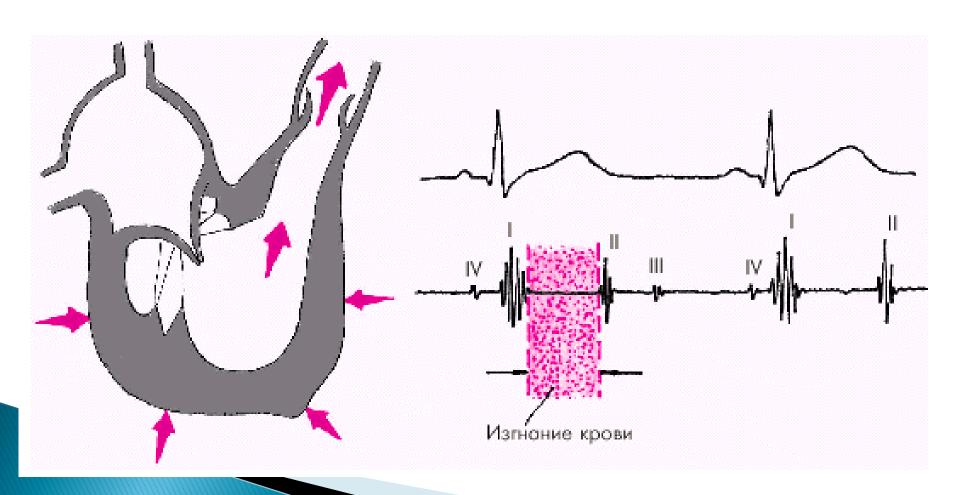
Период напряжения — 0,08 с Фаза асинхронного сокращения — 0,05 с



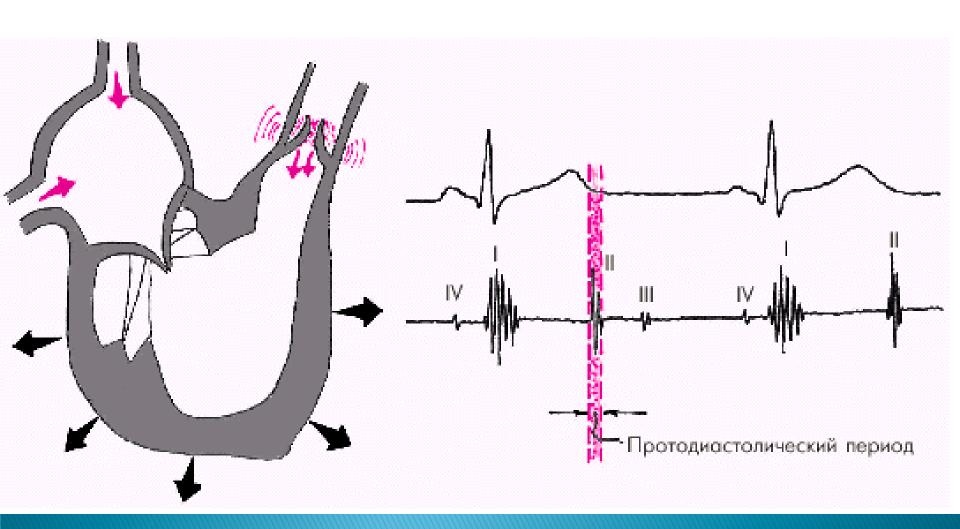
Фаза изометрического (изоволюмического) сокращения -0,03 с



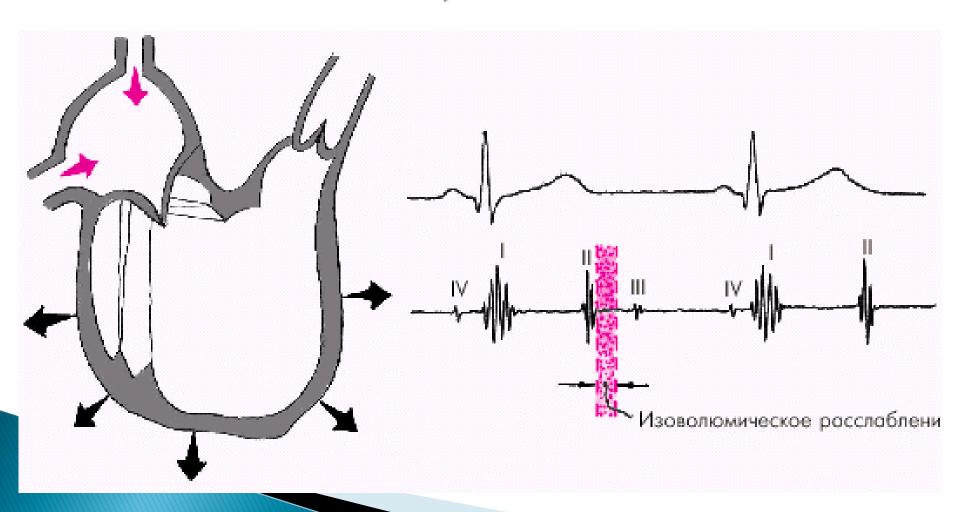
Период изгнания (0,25 с): Фаза быстрого изгнания - 0,12 с фаза медленного изгнания – 0,13 с



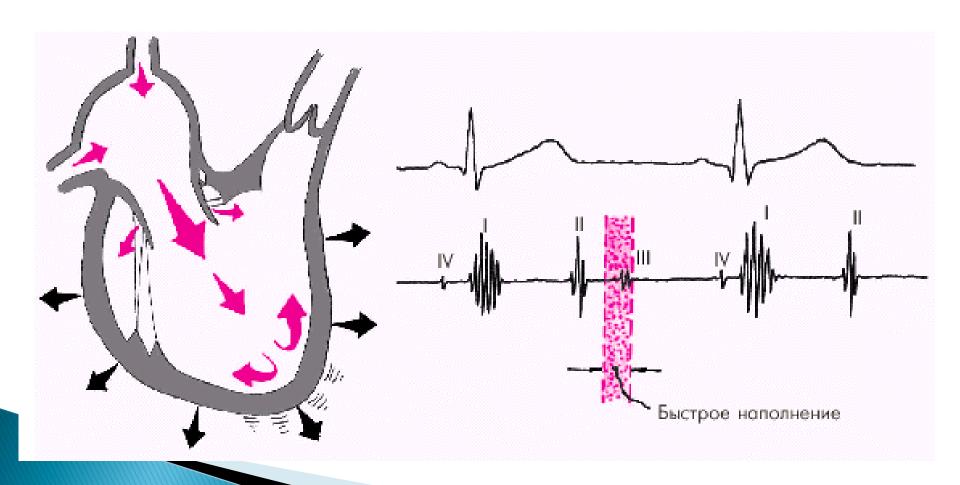
Диастола желудочков -0, 47 с Протодиастолический период – 0,04 с



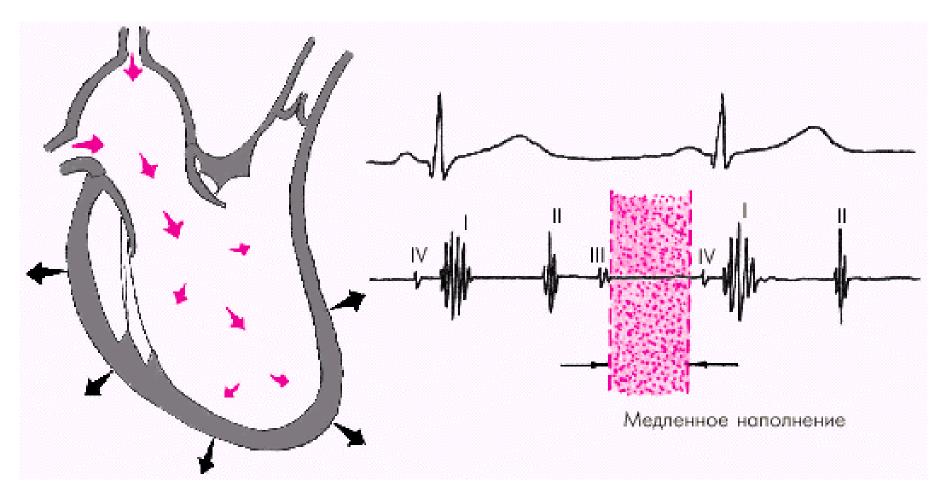
Период изометрического (изоволюмического) расслабления – 0,08 с



Период наполнения – 0,25 с фаза быстрого наполнения – 0,08 с



Фаза медленного наполнения -0,17 с



Пресистолический период – 0,1 с

Длительность диастолы необходима для:

- 1) обеспечения исходной поляризации клеток миокарда, за счет времени работы Na-K-насоса;
- 2) обеспечения удаления Са⁺⁺ из саркоплазмы;
- 3) обеспечения ресинтеза гликогена;
- 4) обеспечения ресинтеза ATФ;
- 5) обеспечения диастолического наполнения сердца кровью. (В диастолу желудочки наполняются на 70% кровью. При систоле предсердий еще добавляется 30%).

Нагнетательная функция сердца. Сердечный выброс, его фракции. Систолический и минутный объемы крови. Сердечный индекс

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАСОСНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА

Ударный объем крови (УО), систолический объем или систолический выброс

65—70 мл в покое (при ЧСС 75);

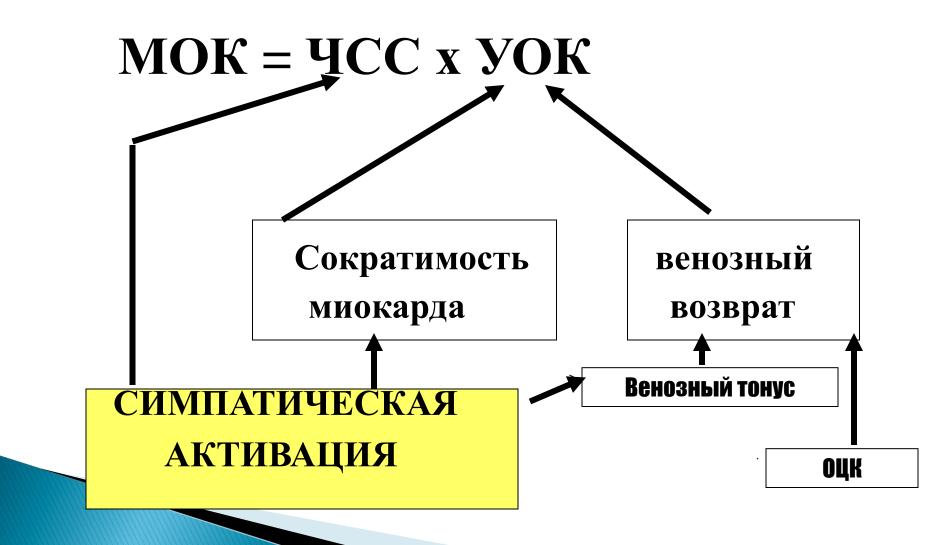
- 125 мл при работе
- у спортсменов **100 мл** в покое,
 - 180 мл при работе.
- Минутный объем крови (МОК):

МОК = УО х ЧСС 4,5—5 л для обоих желудочков

Фракция выброса:

УО / КДО х **100** % 50-75% в покое, 80% при физической нагрузке

ФАКТОРЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ МОК



Фракции объема крови в желудочках

- Конечно-диастолический объем (КДО) 120-130 мл в левом желудочке.
- Конечно-систолический объем (КСО) менее 50% от КДО (50-60 мл) включает:
- ▶ Резервный объем 15-20% от конечно-диастолического
- Остаточный объем

Сердечный индекс (СИ)

CИ=MOK/S (л/мин×м²)

МО — минутный объем (л)

S — площадь поверхности тела м²

СИ является показателем *насосной* функции сердца, составляет 3–4 л/мин×м²

Внешняя работа сердца

$A = P \times yO$

Работа (А) выполняемая левым желудочком сердца за время одного сердечного цикла, равна произведению среднего давления (Р) в аорте на ударный объем (УО).

В покое за одну систолу <u>левый желудочек</u> совершает работу около 1H/м (1H=0,1кг), а <u>правый желудочек</u> приблизительно в 7 разменьшую.

Работа сердца определяется 2-мя факторами:

- 1. Количеством притекающей к нему крови.
- 2. Сопротивлением сосудов при изгнании крови в артерии (аорту и легочную артерию).

Когда сердце не может при данном сопротивлении сосудов перекачать всю кровь в артерии, возникает сердечная недостаточность.

Различают 3 варианта сердечной недостаточности:

- 1. Недостаточность от перегрузки, когда к сердцу с нормальной сократительной способностью предъявляются чрезмерные требования при пороках, гипертензии.
- 2. Недостаточность сердца при повреждении миокарда: инфекции, интоксикации, авитаминозы, нарушение коронарного кровообращения. При этом снижается сократительная функция сердца.
- 3. Смешанная форма недостаточности при дистрофических изменениях в миокарде и др.

Методы исследования сердечной деятельности

Неинвазивных:

- электрокардиография;
- суточное мониторирование ЭКГ и АД;
- трансторакальное УЗИ (эхокардиография);
- нагрузочные пробы;
- магнитно-резонансная томография;
- радионуклидные и др.

Инвазивных:

- электрофизиологическое исследование;
- чреспищеводная эхокардиография;
- внутрисосудистое УЗИ;
- вентрикулография;
- коронароангиография.

Механические и звуковые проявления сердечной деятельности. Тоны сердца, их генез. Поликардиография. Сопоставление во времени периодов и фаз сердечного цикла ЭКГ и ФКГ и механических проявлений сердечной деятельности.

ТОНЫ СЕРДЦА

Систолический (низкий, протяжный, 0,12 с)

В его генезе участвуют:

- 1. Компонент закрытия митрального клапана.
- 2. Закрытия трехстворчатого клапана.
- 3. Пульмональный тон изгнания крови.
- 4. Аортальный тон изгнания крови.

Характеристику I тона определяют 4 основных компонента:

- 1. первый— клапанный. Он обусловлен колебанием створок предсердно-желудочковых клапанов и сухожильных нитей;
- 2. второй мышечный возникает в результате колебания, связанного с напряжением миокарда желудочков;
- 3. третий сосудистый обусловлен колебанием начальных отделов аорты и легочной артерии, открытием полулунных клапанов.
- 4. четвертый предсердный возникает в результате колебания, связанного с сокращением предсердий.

2. Диастолический (высокий, короткий 0,08 с)

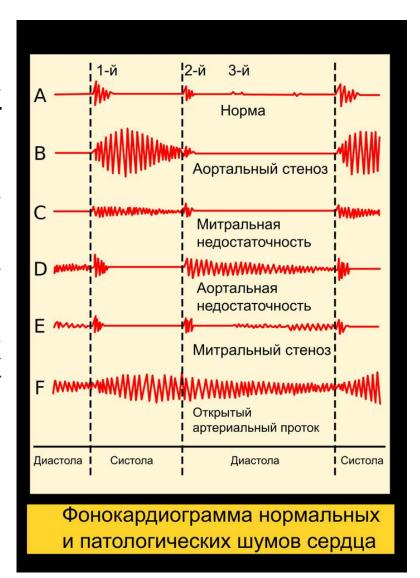
Генез: Образуется за счет колебаний, возникающих в начале диастолы при <u>закрытии полулунных клапанов аорты и легочной артерии</u> током крови, которая ударяется о них. Это первый, **клапанный** компонент.

Второй компонент — *сосудистый* — обусловлен колебанием стенок аорты и легочной артерии.

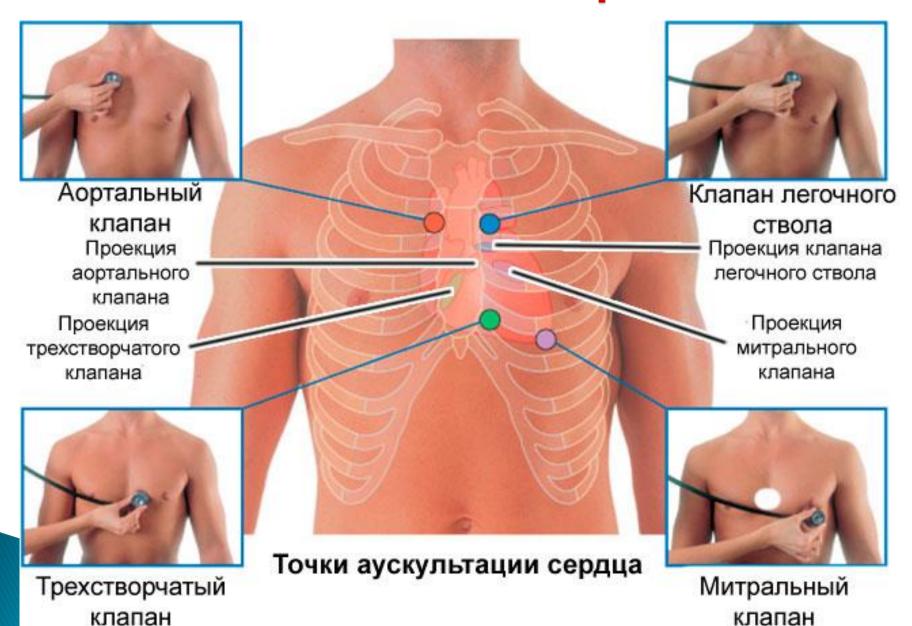
На сфигмограмме его эквивалент — инцизура. Тон тем выше, чем выше давление в аорте и легочной артерии. Хорошо прослушивается во 2-межреберье справа и слева от грудины. Он усиливается при склерозе восходящей аорты, пегочной артерии.

Звучание I и II тонов сердца наиболее близко передает сочетание звуков «ЛАБ-ДАБ».

С помощью осциллографа можно зарегистрировать тоны сердца в виде кривых. Эта методика называется фонокардиографией. На кривых, зарегистрированных таким способом, отмечаются более слабые III и IV тоны.



АУСКУЛЬТАЦИЯ

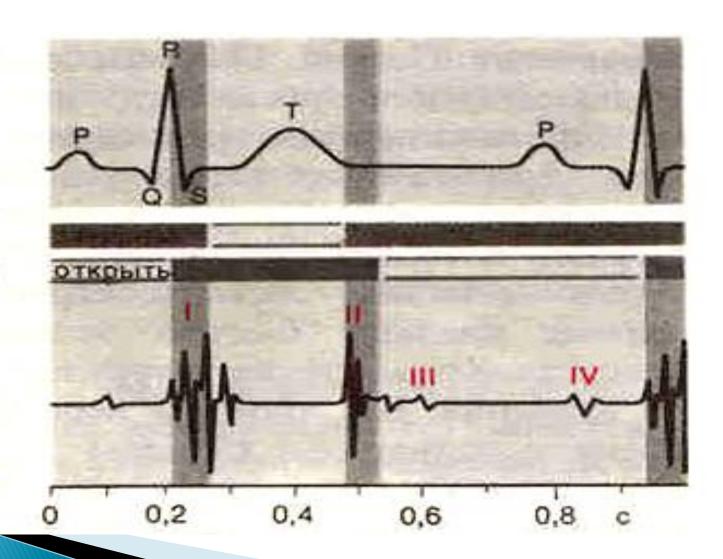


Синхронно записанные ЭКГ и фонокардиограмма

ЭКГ

Полулунные клапаны АВ-Клапаны

Фонокардиограмма



Регуляция сердечной деятельности Внутрисердечные регуляторные механизмы (миогенная регуляция)

Адаптация деятельности сердца к изменяющимся потребностям организма осуществляется при помощи регуляторных механизмов:

Интракардиальная регуляция, включающая:

- миогенную ауторегуляцию;
- внутрисердечные периферические рефлексы.

Экстракардиальная регуляция включает:

- нервный механизм регуляции.
- гуморальный механизм регуляции.

Миогенная ауторегуляция

- Внутриклеточная регуляция
- Межклеточная регуляция:
- <u>1. Гетерометрическая регуляция (закон Франка-</u> Старлинга):
- чем больше растягиваются желудочки в диастолу, тем сильнее сокращение в следующую систолу
 - 2. Гомеометрическая регуляция:

эффект Анрепа

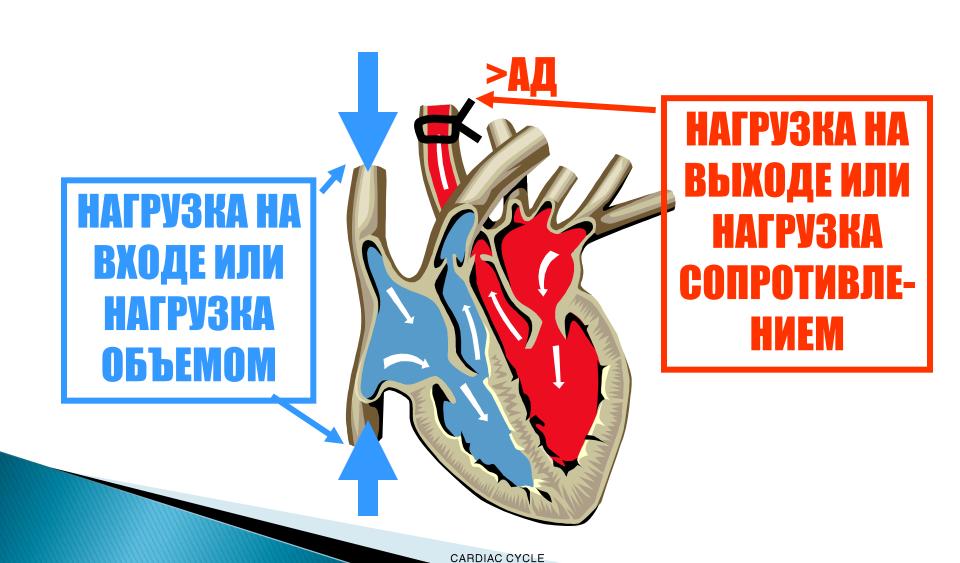
сила сокращения миокарда желудочка возрастает пропорционально повышению сопротивления в аорте

феномен Боудича

при увеличении ритма сокращений сила сокращений возрастает

> Внутрисердечные (интракартикальные) периферические рефлексы рефлексы рефлексы

ФАКТОРЫ, ВЕДУЩИЕ К САМОРЕГУЛЯЦИИ СЕРДЦА



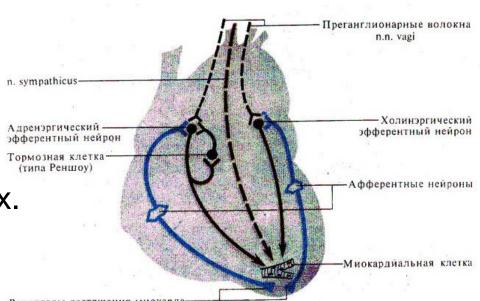
Интракардиальные *периферические* рефлексы

Замыкаются в интрамуральных (внутриорганных) ганглиях миокарда.

Эта система включает:

- 1. **Афферентные нейроны**, образуют механорецепторы на миоцитах и каронарных сосудах.
 - 2. Вставочные нейроны.
 - 3. Эфферентные нейроны.

Иннервируют миокард и коронарные сосуды. Эти звенья образуют внутрисердечные рефлекторные дуги.



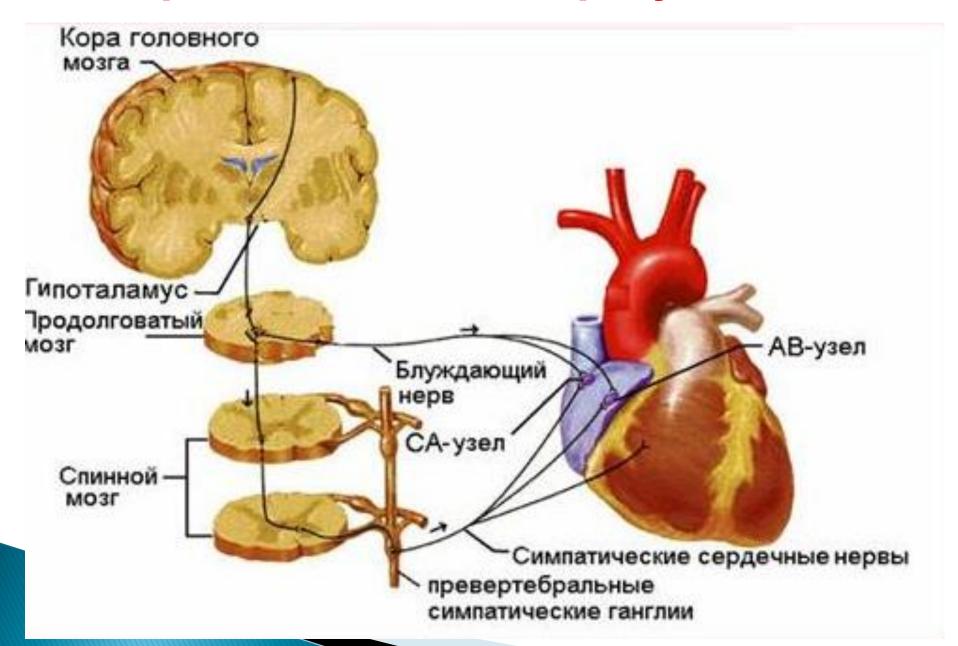
Внутрисердечные рефлексы Г.И.Косицкого

- ▶ 1. При низком давлении в аорте: повышение растяжения правого предсердия усиливает сокращения левого желудочка, чтобы освободить место притекающей крови и разгрузить систему
- 2. При высоком давлении крови в устье аорты: активация рецепторов растяжения предсердий рефлекторно угнетает силу сокращения желудочков, и кровь депонируется в венозной части системы.

Внесердечные регуляторные механизмы.

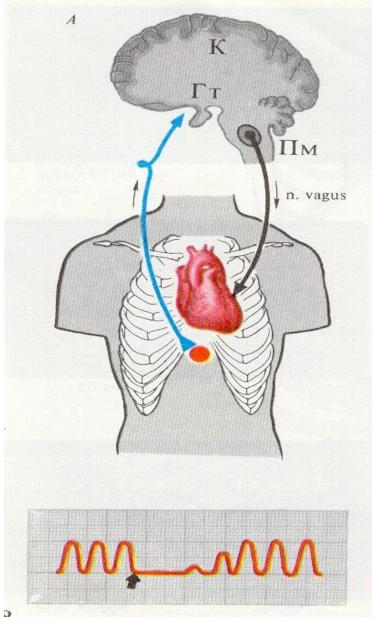
Нервная регуляция, влияние симпатических и парасимпатических нервов на деятельность сердца

Нервный механизм регуляции



Влияние блуждающего нерва на сердце:

- 1. Отрицательный хронотропный эффект замедление ритма сокращений.
- ▶ 2. Отрицательный инотропный эффект уменьшение амплитуды (силы) сокращений.
- 3. Отрицательный батмотропный эффект понижение возбудимости миокарда.
- ▶ 4. Отрицательный дромотропный эффект снижение скорости проведения возбуждения в кардиомиоцитах.
- 5. Отрицательный тонотроптый эффект снижение тонуса сердечной мышцы

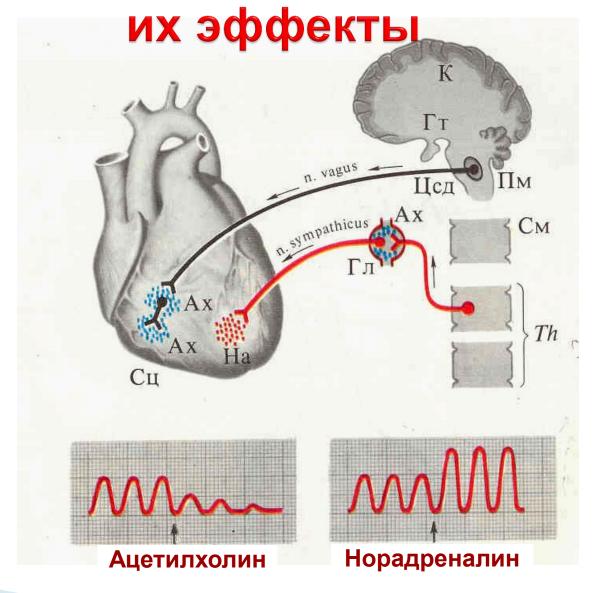


Влияние блуждающего нерва на сердце

Влияние симпатического нерва на сердце:

- 1. Положительный хронотропный эффект учащение сокращений сердца.
- ▶ 2. Положительный инотропный эффект увеличение амплитуды сокращений.
- 3. Положительный батмотропный эффект повышение возбудимости миокарда.
- 4. Положительный *дромотропный* эффект увеличение скорости проведения возбуждения.
- ▶ 5. Положительный тонотроптый эффект увеличение тонуса сердечной мышцы.

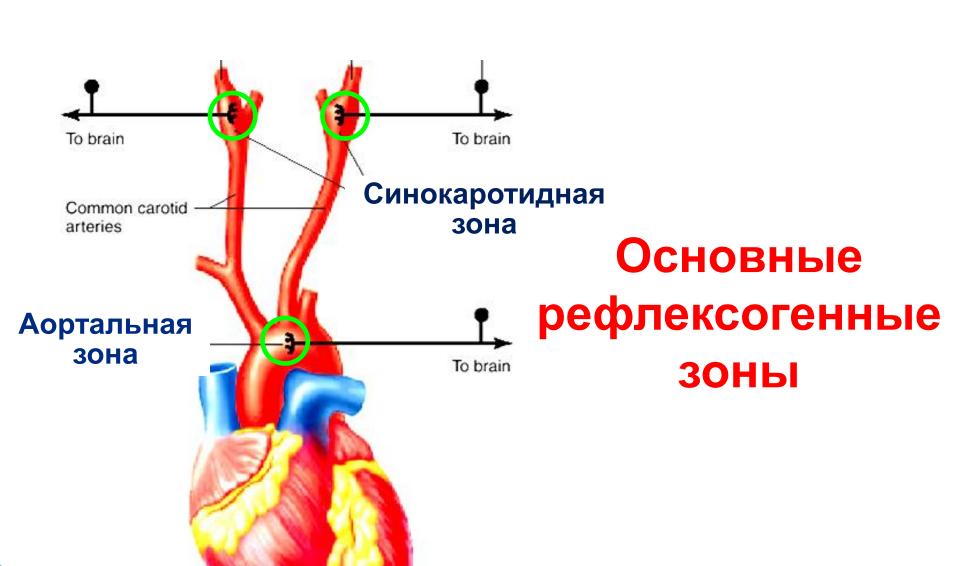
Медиаторы сердечных нервов и



Рефлексогенные зоны, их значение в регуляции деятельности сердца

Важную роль в регуляции сердца играют рецепторы сосудистой системы, образующие сосудистые рефлексогенные зоны:

- > аортальная,
- > синокаротидная зона,
- > зона легочной артерии,
- самого сердца.



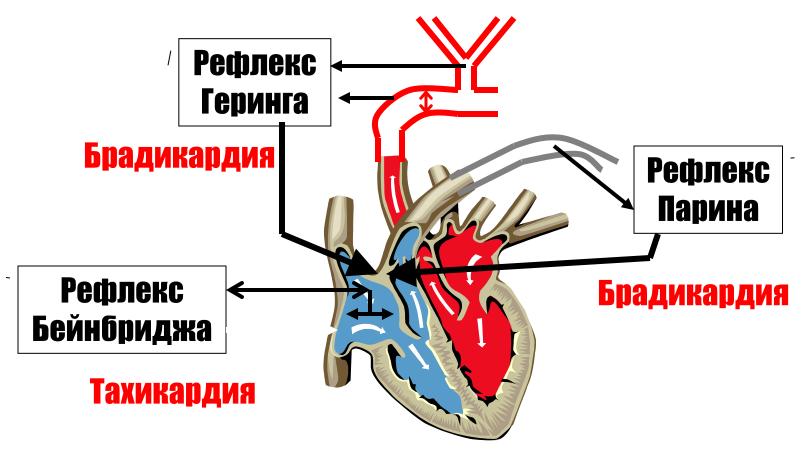
Внутрисистемные рефлексы:

рефлекс Парина, рефлекс Бейнбриджа

Межсистемные рефлексы:

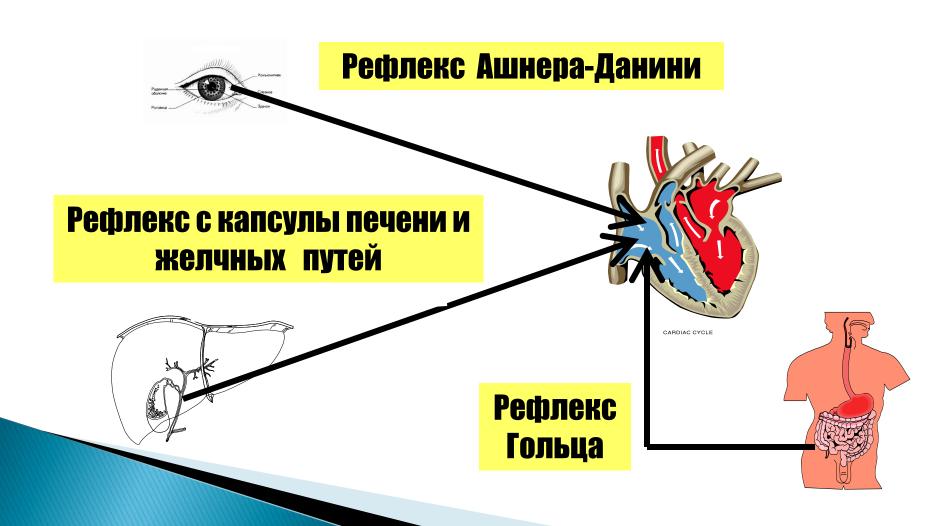
рефлекс Гольца, рефлекс Геринга, рефлекс Данини-Ашнера, болевые рефлексы, дыхательно-сердечные рефлексы, условные рефлексы

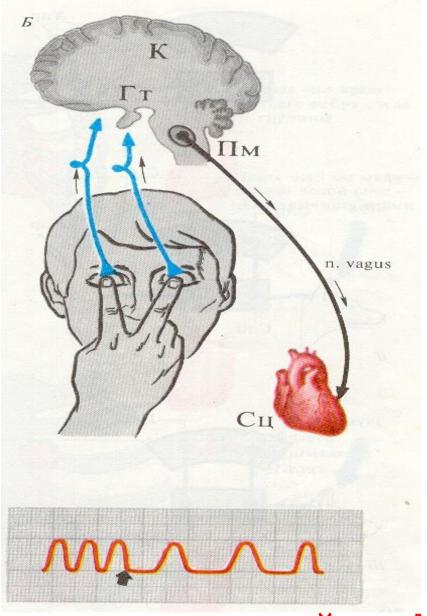
Внутрисистемные рефлексы



CARDIAC CYCLE

ВАГУСНЫЕ МЕЖСИСТЕМНЫЕ РЕФЛЕКСЫ





Глазо-сердечный рефлекс Данини-Ашнера

Гуморальная регуляция работы сердца

Стимулируют работу сердца:

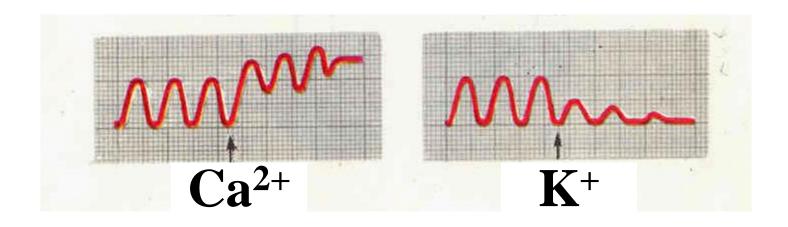
- -катехоламины
- -глюкагон,
- -альдостерон,
- -ангиотензин,
- -серотонин,
- -тироксин,
- -кальций

Гуморальная регуляция работы сердца

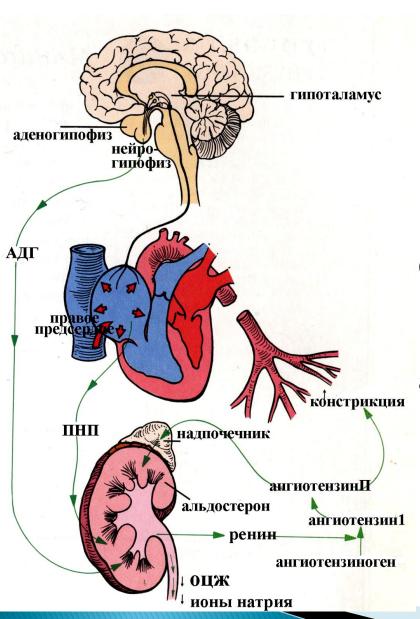
Угнетают работу сердца:

- -ацетилхолин,
- -гипоксемия,
- -гиперкапния,
- -ацидоз,
- -калий

Влияние ионов на сокращение миокарда



Эндокринная функция сердца



Натрийуретический гормон:

- -повышает выделение почками Na+ и Cl⁻,
- -повышает клубочковую фильтрацию,
 - -понижает секрецию ренина,
- -понижает влияние ангиотензина II, альдостерона
- -расслабляет гладкие миоциты мелких сосудов,
 - -способствует понижению АД.

