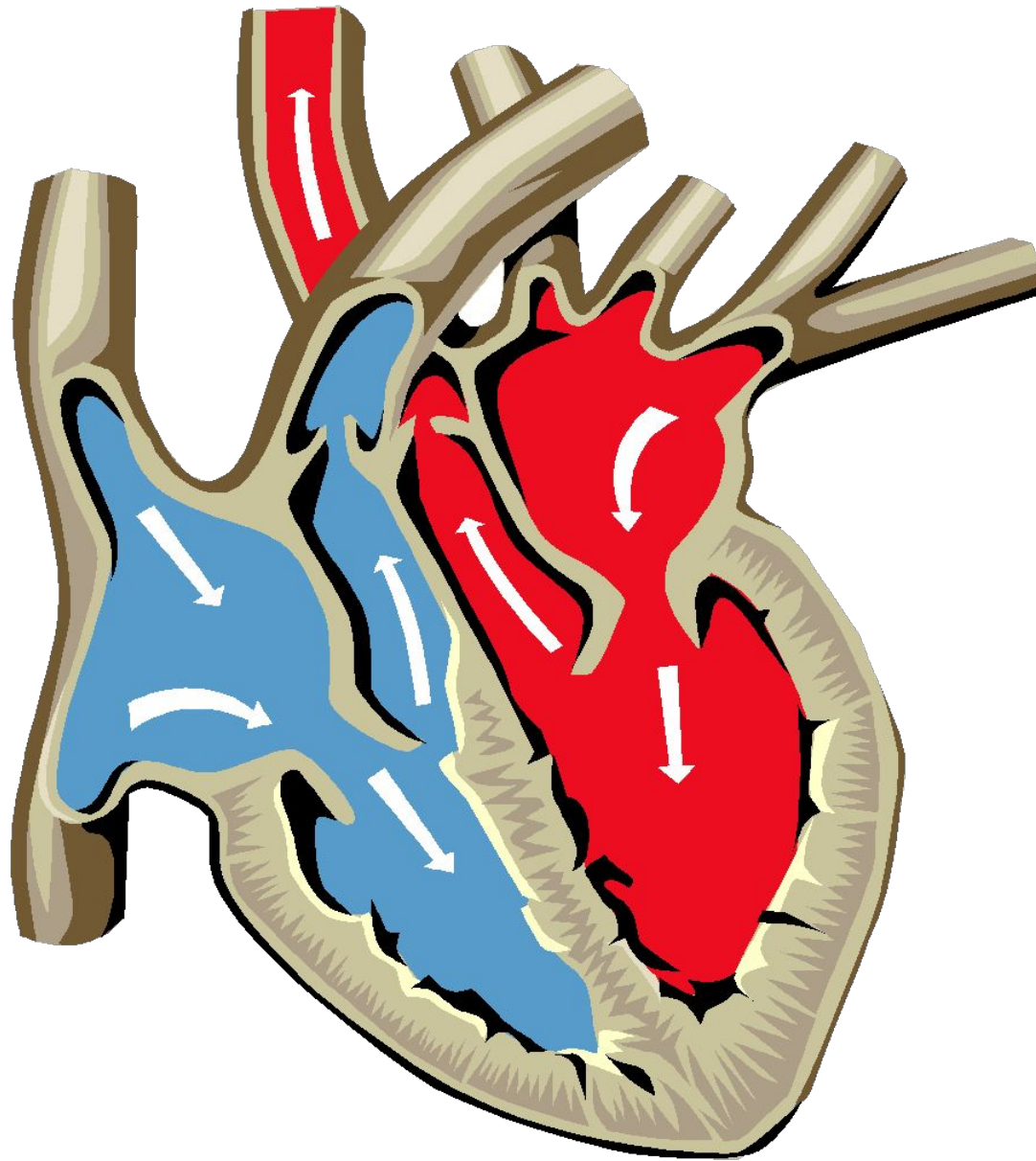


ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ



CARDIAC CYCLE

Фазы сердечного цикла

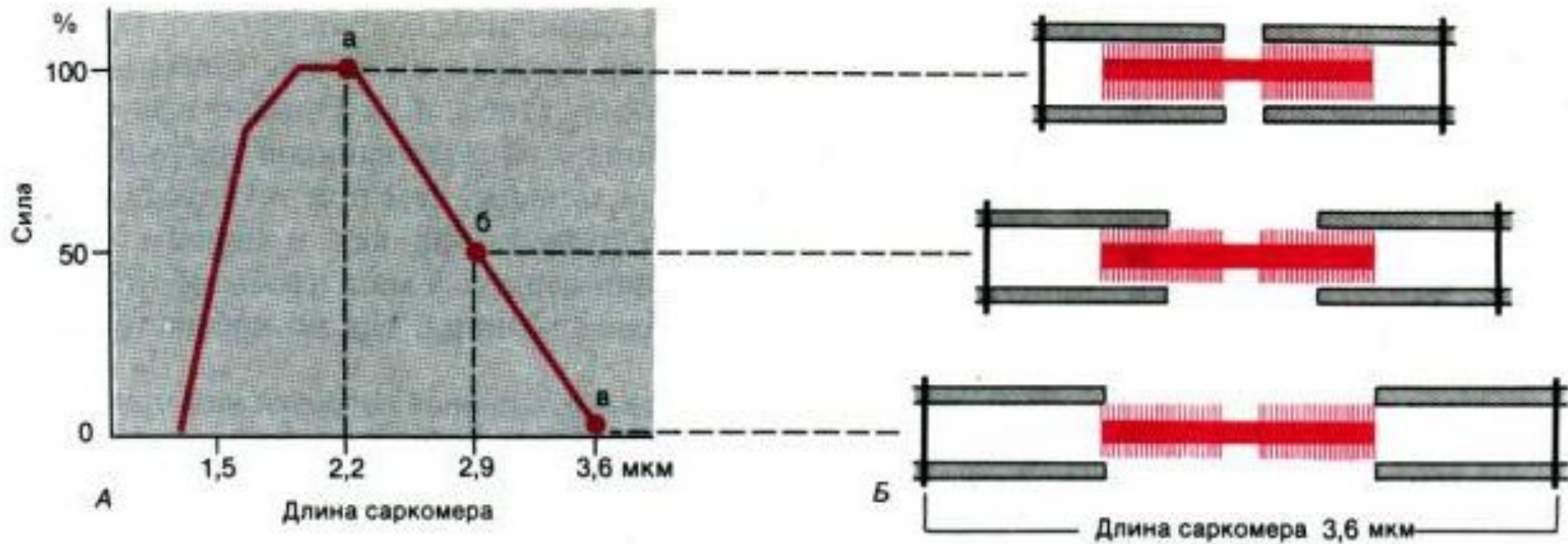


Orange square: систола
Blue square: диастола

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

Длительность фаз сердечного цикла (покой, 75 уд/мин)

•	<u>Систола желудочков</u>	0,33 сек
	фаза напряжения	0,08 сек;
□	фаза асинхронного сокращения	0,05 сек;
卸	фаза изометрического сокращения	0,03 сек;
	фаза изгнания крови	0,25 сек;
卸	фаза быстрого изгнания	0,12 сек;
卸	фаза медленного изгнания	0,13 сек.
•	2. <u>Диастола желудочков</u>	0,47 сек;
	протодиастолический период	0,04 сек;
	фаза изометрического расслабления	0,08 сек;
卸	фаза наполнения желудочков	0,25 сек;
	фаза быстрого наполнения	0,08 сек;
	фаза медленного наполнения	0,17 сек;
	пресистолический период (сист. Предс.)	0,10 сек.



Соотношение между силой сокращения, длиной саркомера и степенью перекрытия миофиламентов.

Слева: максимальная изометрическая сила, развиваемая во время тетануса при разной длине саркомера; сила показана в процентах максимальной, развиваемой при длине мышечного волокна в состоянии покоя (т. е. при длине саркомера 2,2 мкм). Справа: перекрытие миозиновых и актиновых нитей при длине саркомера 2,2, 2,9 и 3,6 мкм

Методы изучения деятельности сердца

Все методы исследования деятельности сердца делят на **неинвазивные и инвазивные**

Неинвазивные методы

1. ЗВУКОВЫЕ – ТОНЫ СЕРДЦА

- аускультация
- фонокардиография

2. МЕХАНИЧЕСКИЕ

- перкуссия
- пальпация
- эхокардиография (УЗИ)
- рентгенография
- динамокардиография
- балистокардиография
- томография

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

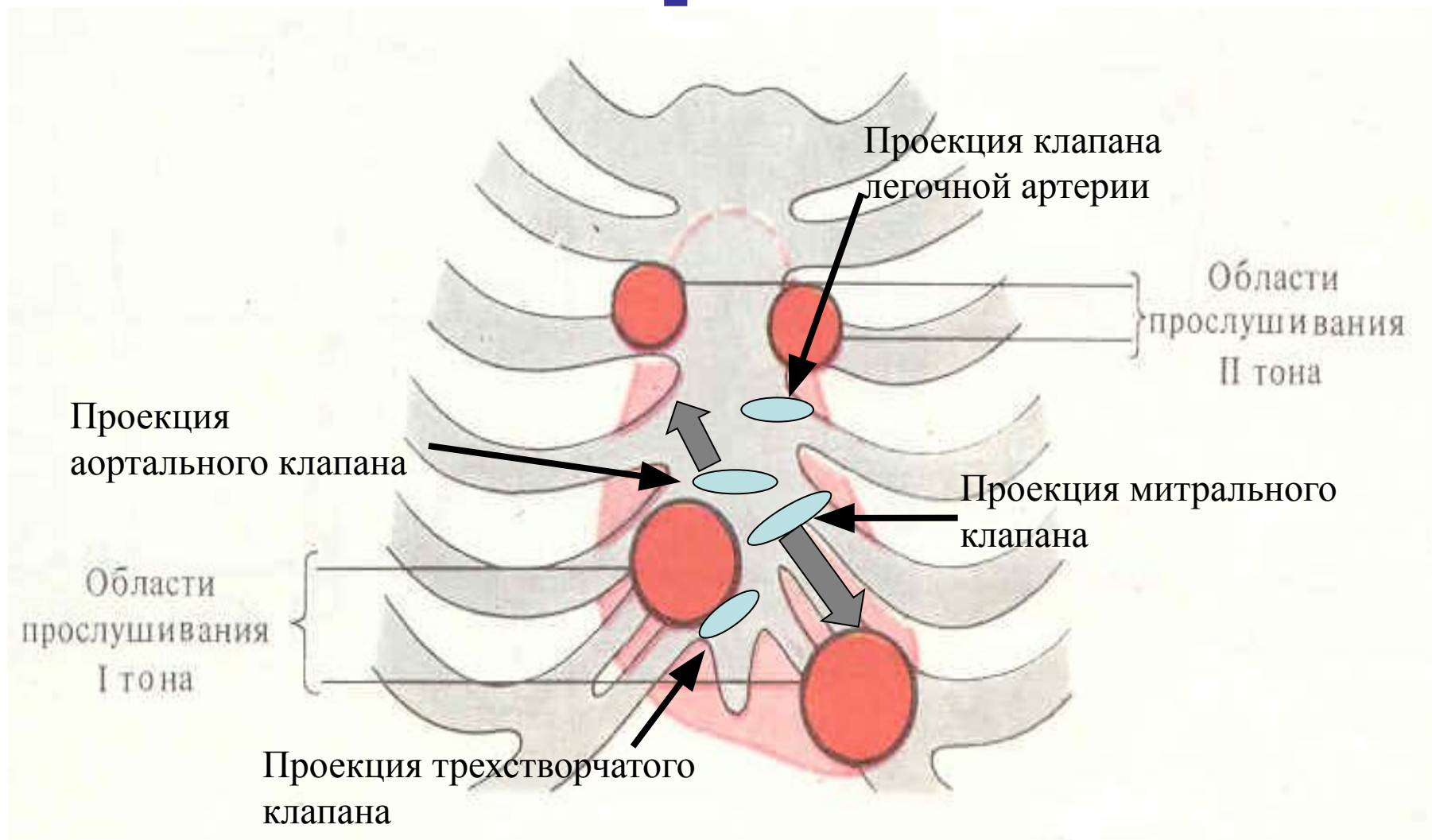
- векторкардиография (ВКГ)
- электрокардиография (ЭКГ)

Инвазивные методы

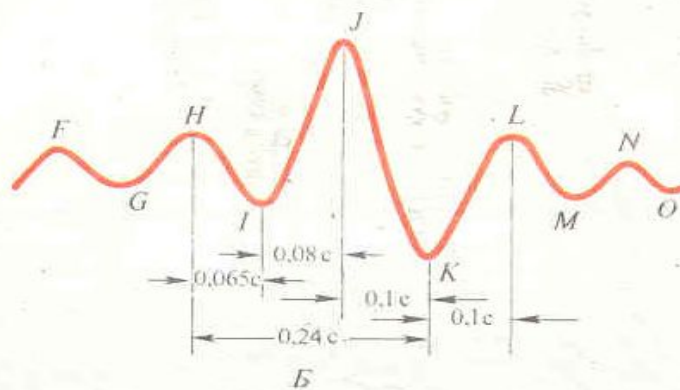
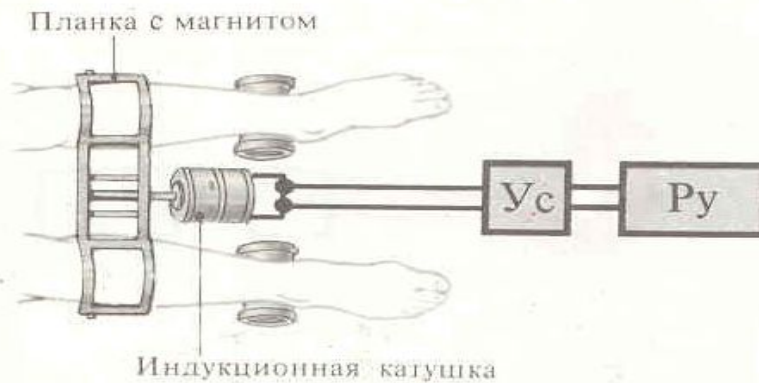
Обследование сердца путем катетеризации позволяет произвести:

- 1) измерение давления в каждом отделе сердца и крупных сосудах;
- 2) измерение насыщения гемоглобина кислородом в пробах крови, взятых через катетер в каждом из этих отделов;
- 3) введение через катетер рентгеноконтрастного вещества и выполнение селективной ангиокардиографии;
- 4) биопсию кусочков миокарда желудочков.
- 5) регистрацию электрограммы проводящей системы сердца.

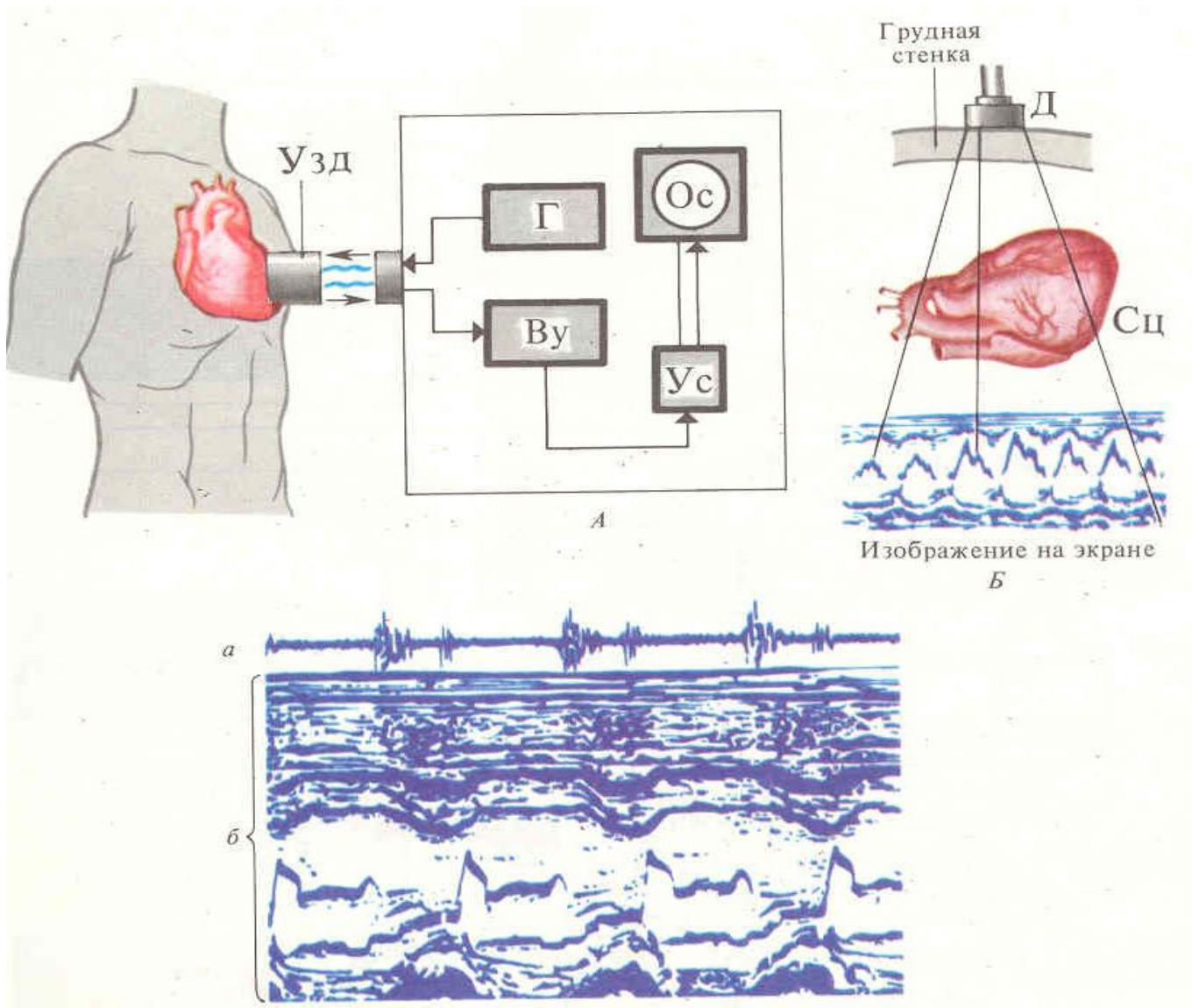
Аускультация клапанов сердца



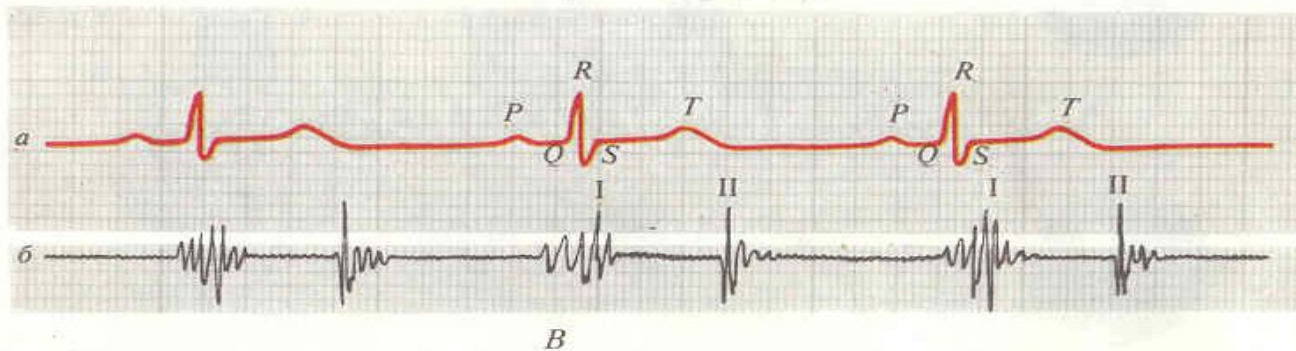
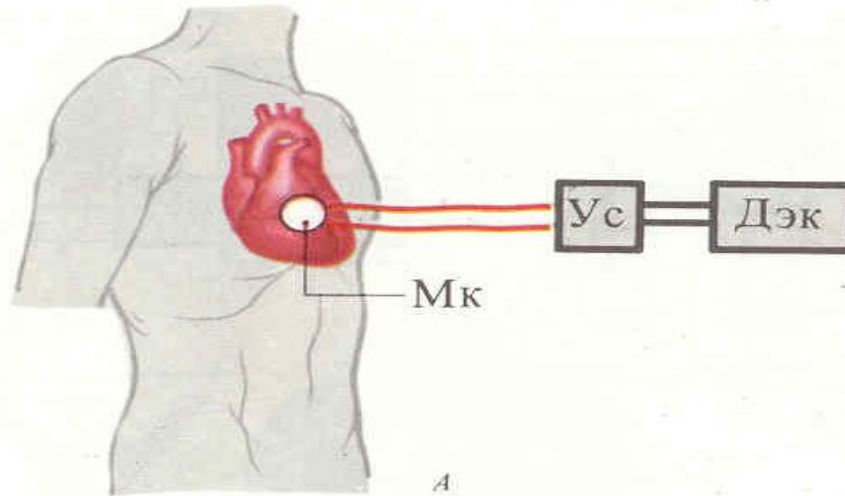
Баллистокардиография



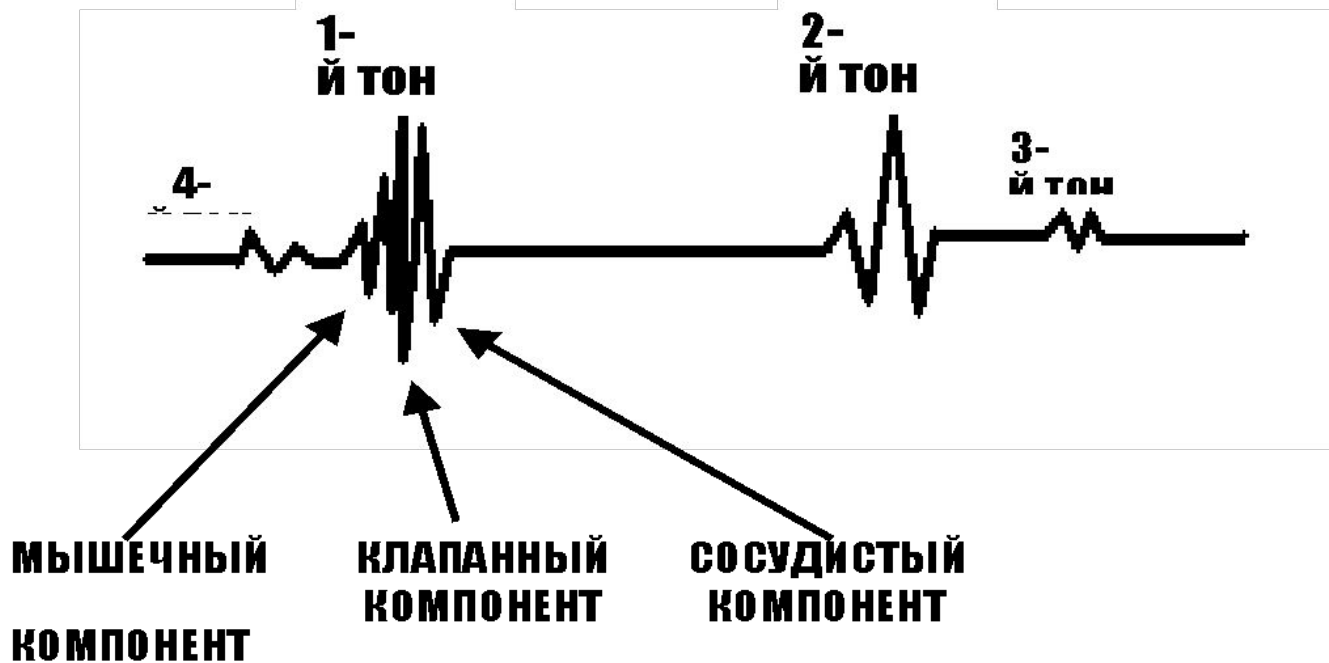
Эхокардиография (УЗИ)



Фонокардиография

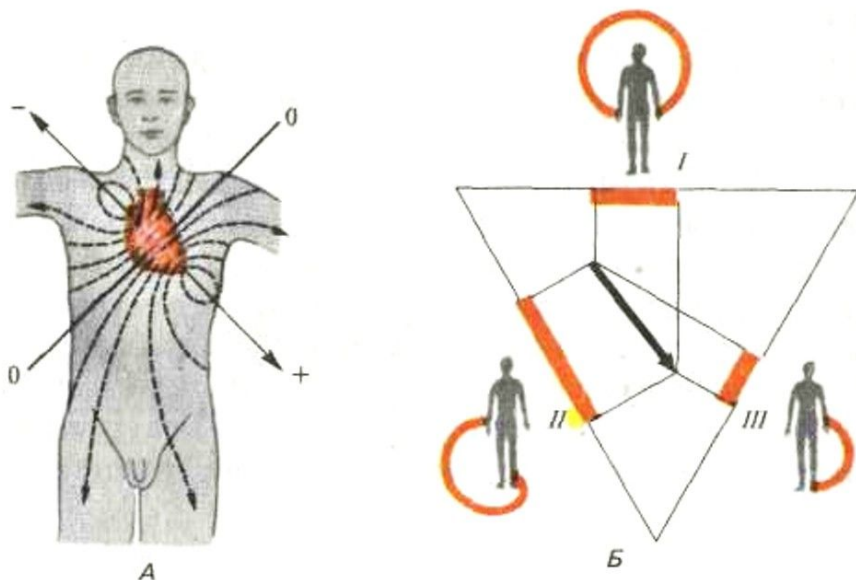


ТОНЫ СЕРДЦА



1-й ТОН - СИСТОЛИЧЕСКИЙ
2-й ТОН - ДИАСТОЛИЧЕСКИЙ
3-й ТОН - ДИАСТОЛИЧЕСКИЙ
4-й ТОН - ПРЕДСЕРДНО-СИСТОЛИЧЕСКИЙ

Электрокардиография

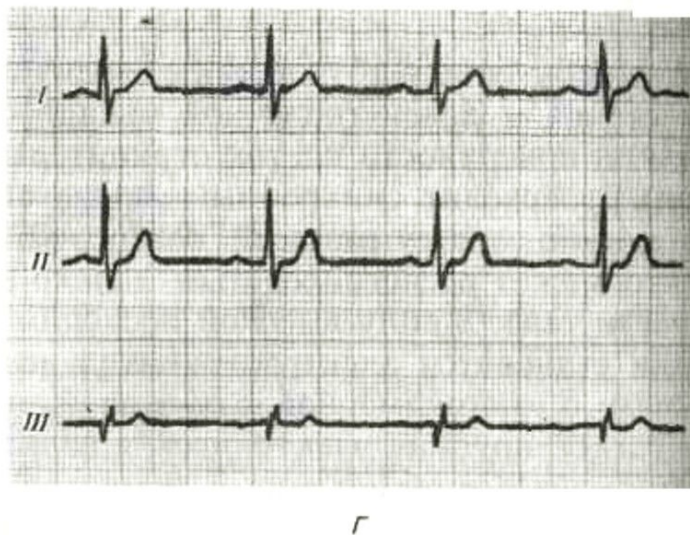
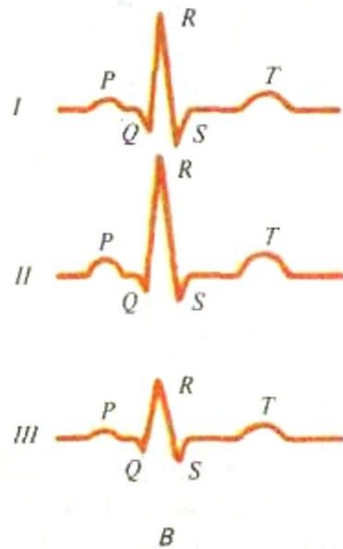


**Электрокардиография
(классические биполярные
отведения)**

А — распространение по телу силовых линий биотоков сердца;

Б — схема, поясняющая различную амплитуду зубца R в ЭКГ (треугольник Эйнтховена) в трех стандартных отведениях (I, II, III),

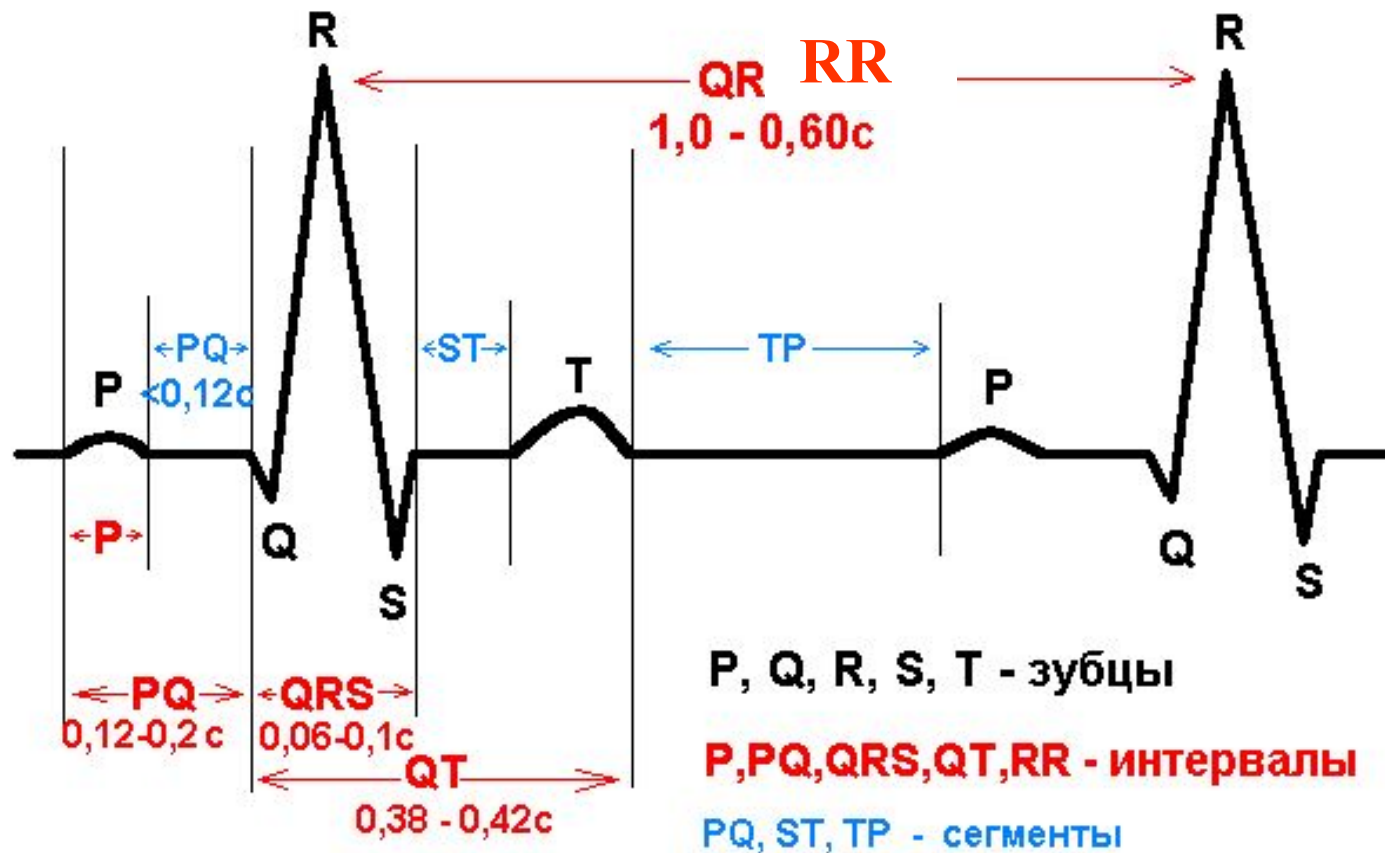
В — изменение ЭКГ в зависимости от расположения оси сердца;
Г — ЭКГ.



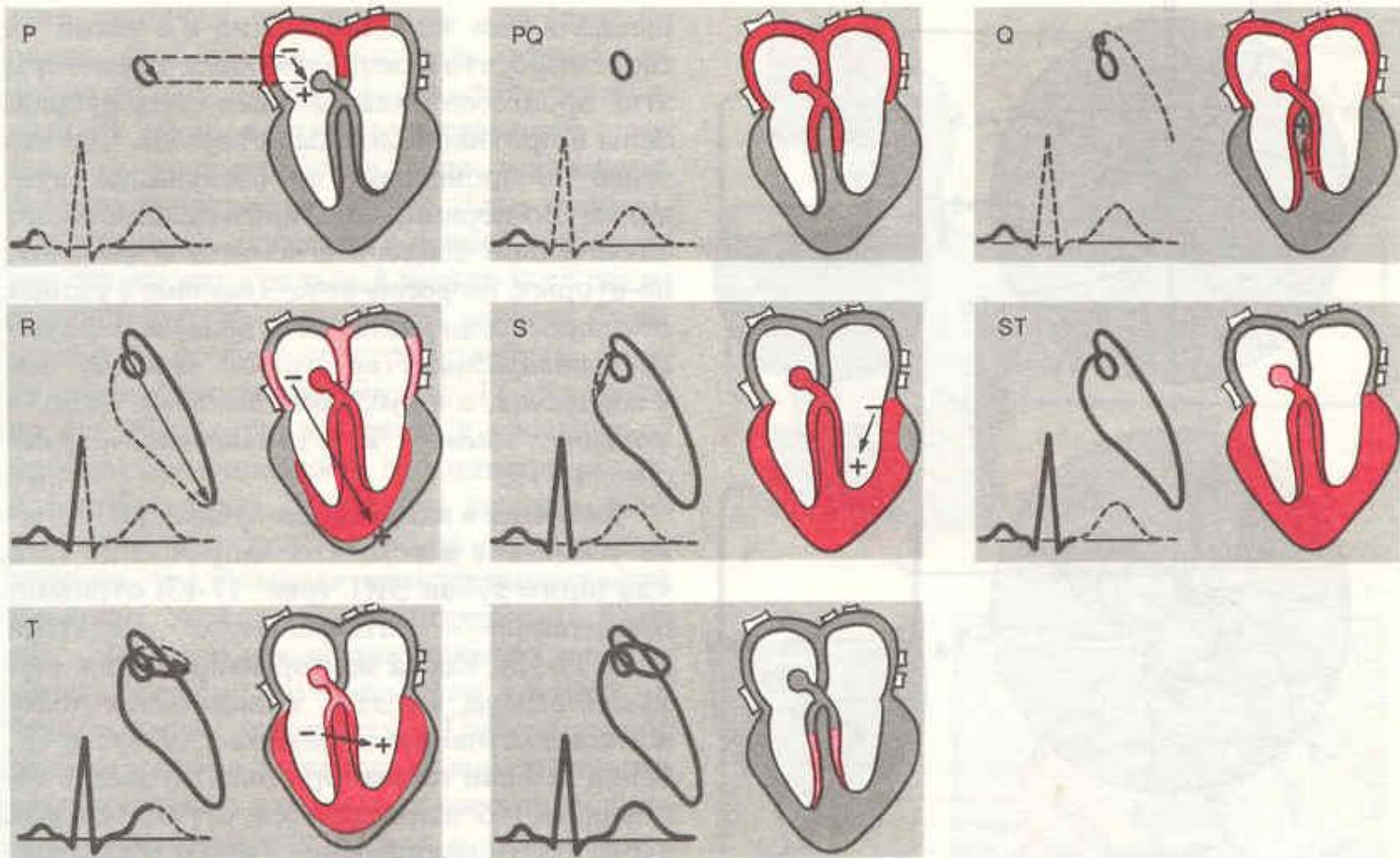
Регистрация ЭКГ в начале XX века



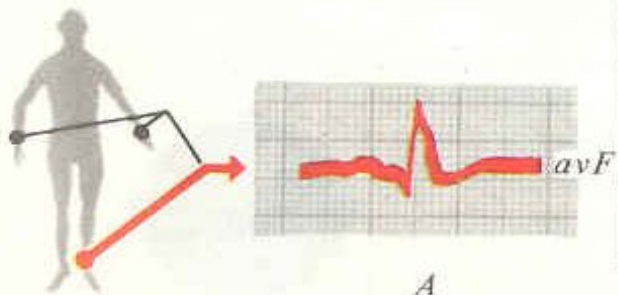
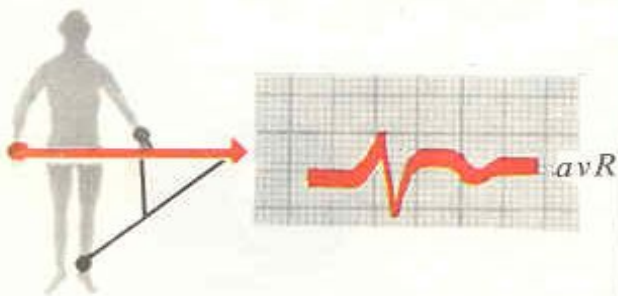
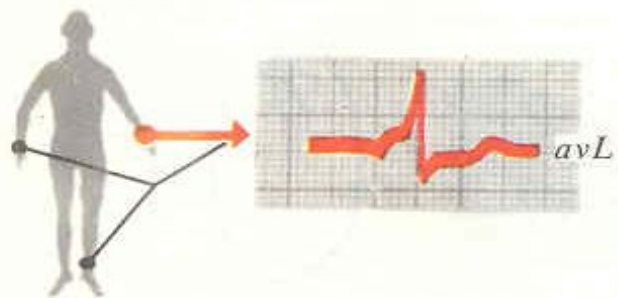
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭКГ



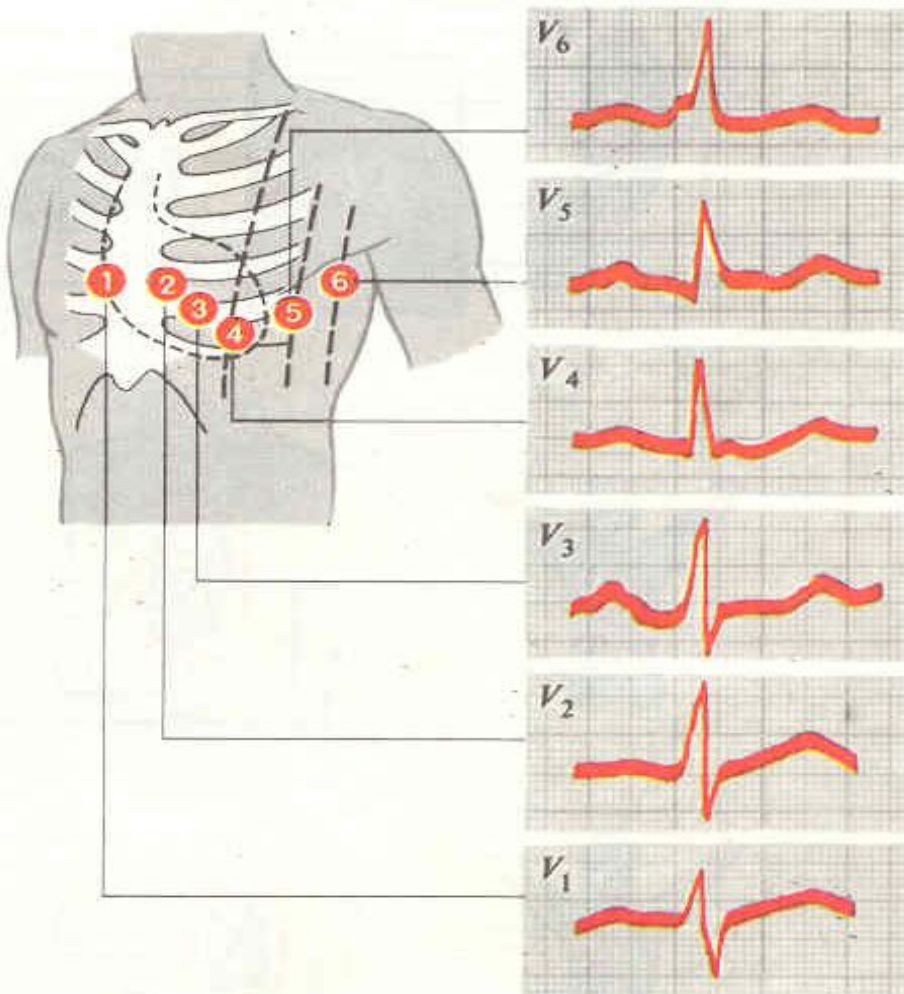
Соотношение различных участков ЭКГ с фазами возбуждения сердца



ЭКГ: Униполярные и грудные отведения

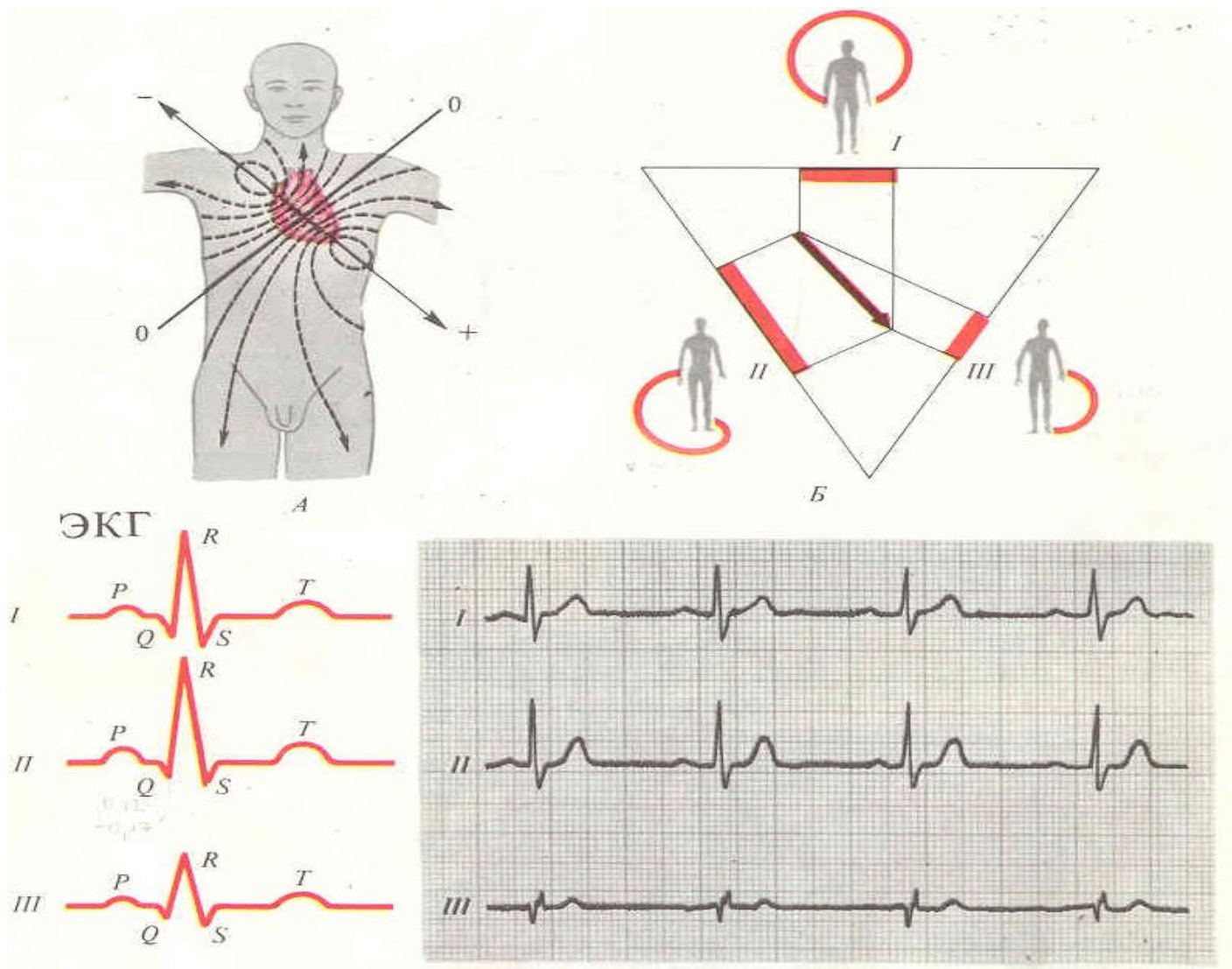


A



Б

ЭКГ в классических биполярных отведениях



Функциональные показатели работы сердца

1. Частота сердечных сокращений – ЧСС

- в норме в покое 60-70 в минуту

2. Ударный объем сердца - УОС

- в покое около 70мл

3. Минутный объем сердца

- $МОС = ЧСС \times УОС$

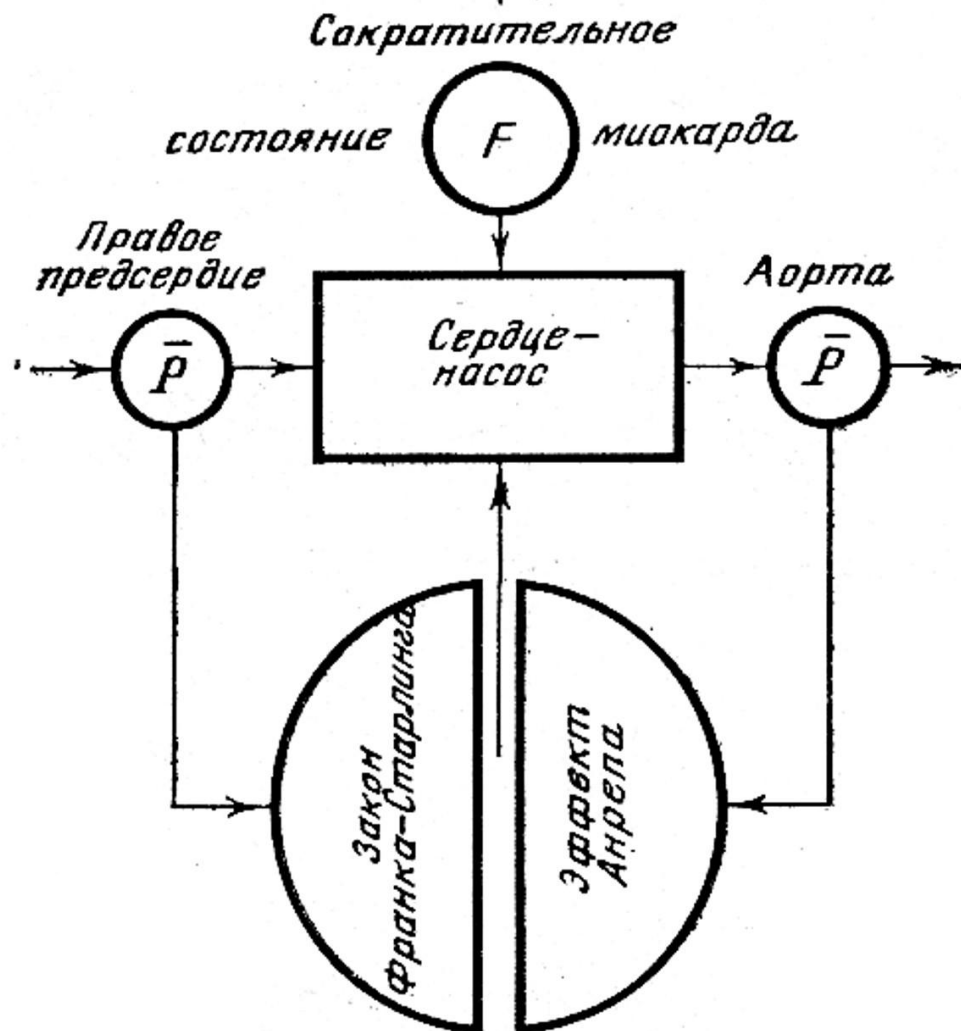
В норме в покое - около 5 л

Регуляция работы сердца

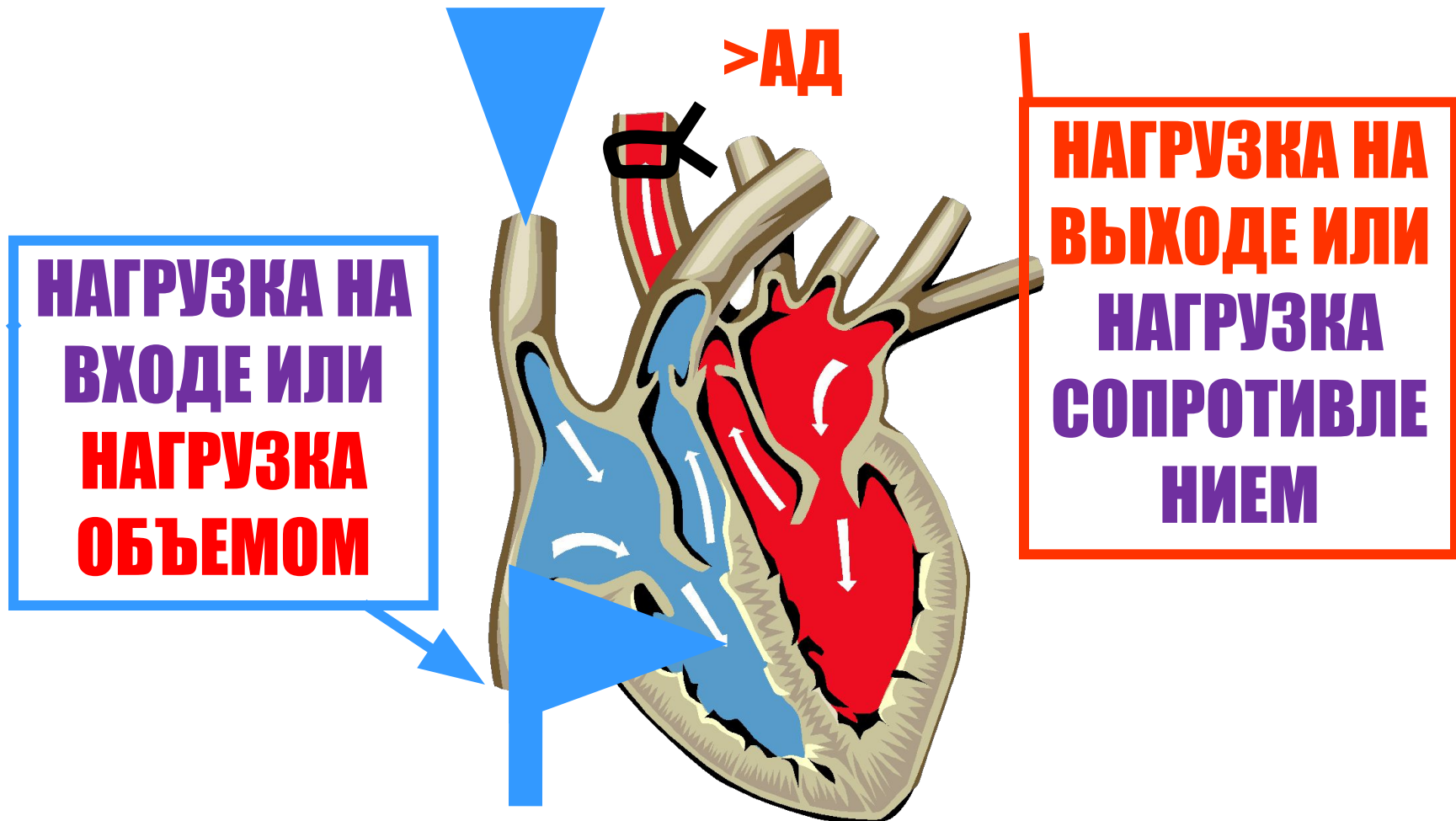
Сердце – генератор расхода и давления крови в системе кровообращения.

Сердце обеспечивает выбрасывание одинакового количества крови левым и правым желудочками.

Схема взаимоотношений факторов, регулирующих насосную деятельность сердца



ФАКТОРЫ, ВЕДУЩИЕ К САМОРЕГУЛЯЦИИ СЕРДЦА



Уровни регуляции сердечной деятельности:

1. Клеточный
2. Органный
3. Организменный

Основные виды регуляции деятельности сердца

Интракардиальная (саморегуляция):

1. Внутриклеточная
2. Межклеточная
3. Миогенная
4. Рефлекторная

Экстракардиальная (внесердечная):

1. Нейрогенная
2. Рефлекторная
3. Гуморальная

Внутриклеточная саморегуляция

При увеличении нагрузки на кардиомиоциты, в них увеличивается количество сократительных белков и митохондрий. В результате возникает **гипертрофия миокарда**. Количество кардиомиоцитов остается при этом постоянным. При снятии нагрузки сердце возвращается к исходному состоянию без последствий. При увеличении нагрузки сверх адаптационных возможностей кардиомиоциты начинают делиться – возникает **гиперплазия**. При снятии нагрузки масса сердца возвращается к норме, однако сократительная способность падает.

Межклеточная саморегуляция

При увеличенной нагрузке на миокард увеличивается количество межклеточных контактов, что обеспечивает быструю передачу возбуждения по миокарду.

Два вида миогенной саморегуляции сердца

- **Гетерометрическая** саморегуляция
- повышение силы сокращений сердца в ответ на увеличение исходной (диастолической) длины мышечного волокна.
- **Гомеометрическая** саморегуляция
- повышение силы и скорости сокращений сердца при неменяющейся исходной длине мышечного волокна.

ЗАКОН СЕРДЦА ФРАНКА - СТАРЛИНГА

**СИЛА СОКРАЩЕНИЯ МИОКАРДА
ПРОПОРЦИОНАЛЬНА СТЕПЕНИ ЕГО
КРОВЕНАПОЛНЕНИЯ В ДИАСТОЛУ.**

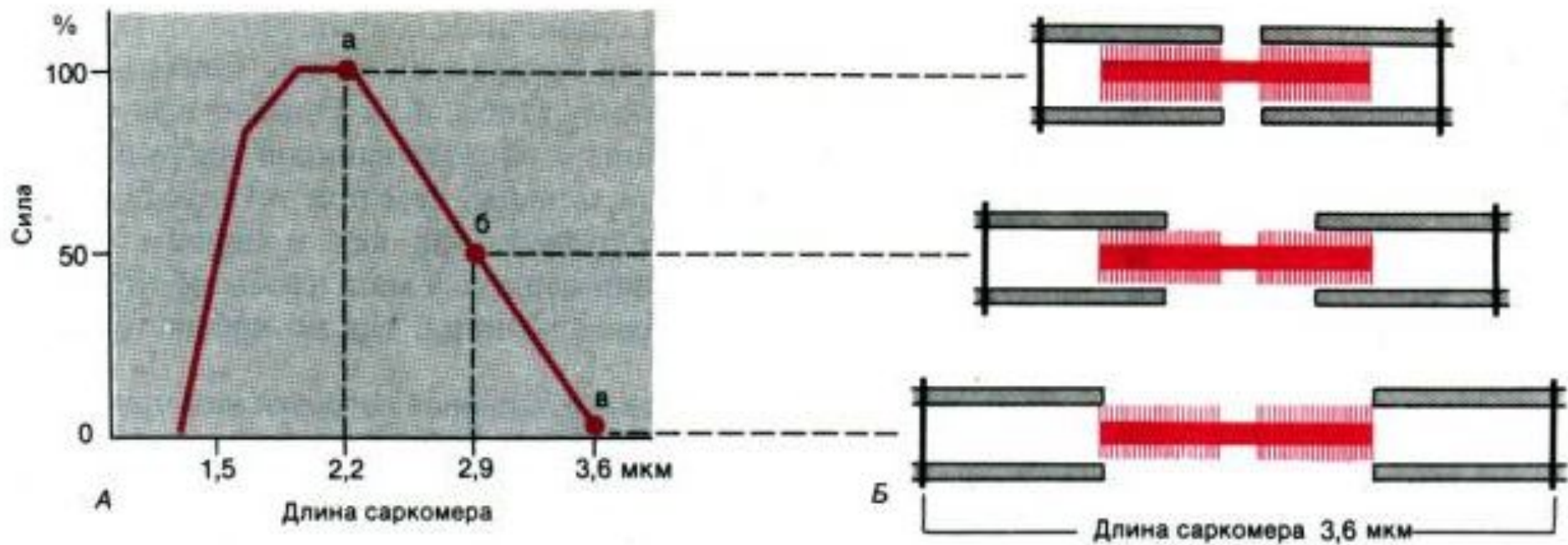
ИЛИ

**Чем больше растяжение миокарда в диастоле,
тем сильнее его сокращение в систолу**

**ЭТО - ПРОЯВЛЕНИЕ
ГЕТЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ**

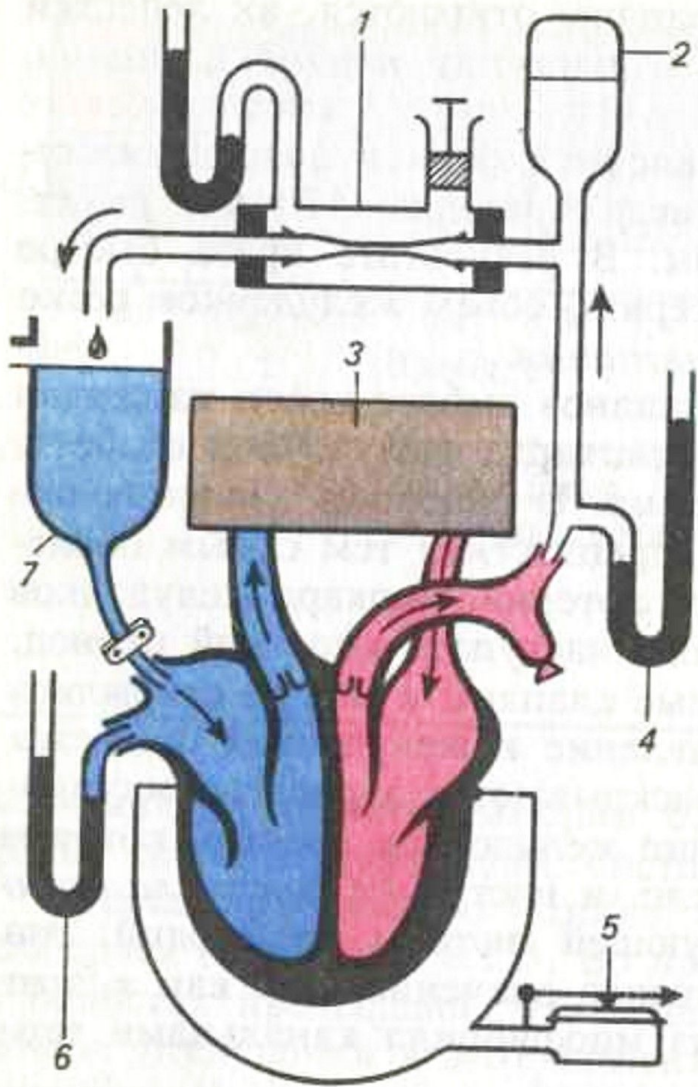
Механизмы:

- **Увеличение количества свободных активных центров актина**
- **Увеличение выделения Ca^{++} из СПР при растяжении**



Соотношение между силой сокращения, длиной саркомера и степенью перекрытия миофиламентов.

Слева: максимальная изометрическая сила, развиваемая во время тетануса при разной длине саркомера; сила показана в процентах максимальной, развиваемой при длине мышечного волокна в состоянии покоя (т. е. при длине саркомера 2,2 мкм). Справа: перекрытие миозиновых и актиновых нитей при длине саркомера 2,2, 2,9 и 3,6 мкм



Сердечно—легочный препарат (по Старлингу)

- 1 — регулируемое сопротивление,
- 2 — компрессионная камера,
- 3 — легкое (вентилируемое),
- 4 — давление в аорте,
- 5 — объем желудочка,
- 6 — давление наполнения,
- 7 — венозный резервуар.

ФЕНОМЕНЫ ГОМЕОМЕТРИЧЕСКОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ

Эффект Анрепа:

повышение давления в аорте приводит к увеличению силы сердечных сокращений.

Механизмы:

- **Уменьшение ударного объёма приводит к увеличению конечно-систолического объёма и действию механизма Франка-Старлинга**
- **Увеличение давления в аорте приводит к увеличению давления в коронарных артериях и улучшению кровоснабжения кардиомиоцитов.**

Примером этого вида саморегуляции является лестница Боудича.

Лестница Бюндича (1871)

60 имп/мин



120 имп/мин



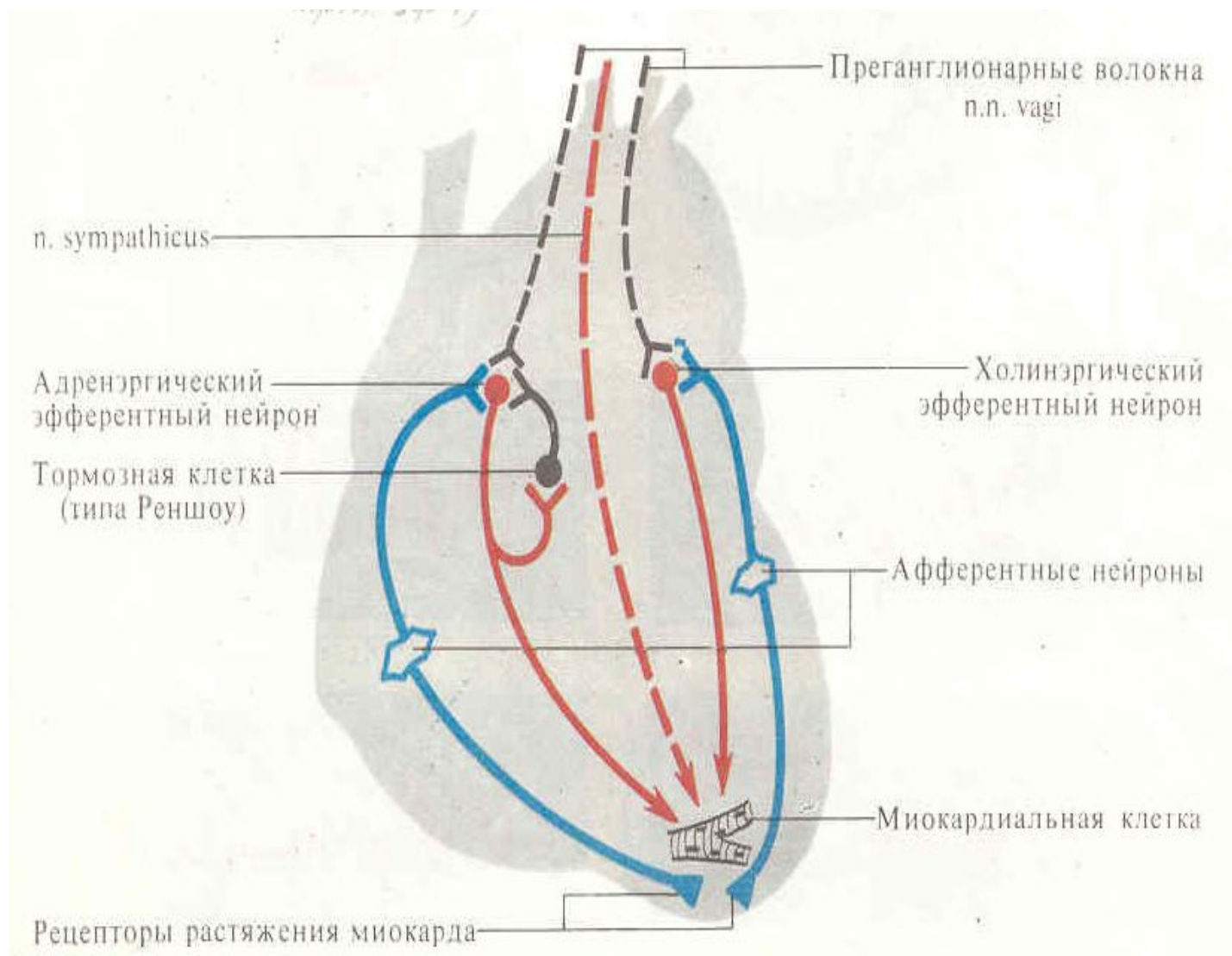
180 имп/мин



Укорочение диастолы,
>остается N_a ,
<удаляется S_a ,
>запп S_a в систолу,
> сила сокращения



СТРУКТУРА ВНУТРИСЕРДЕЧНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ



Внутрисердечная рефлекторная саморегуляция

Рефлексы Г. И. Косицкого

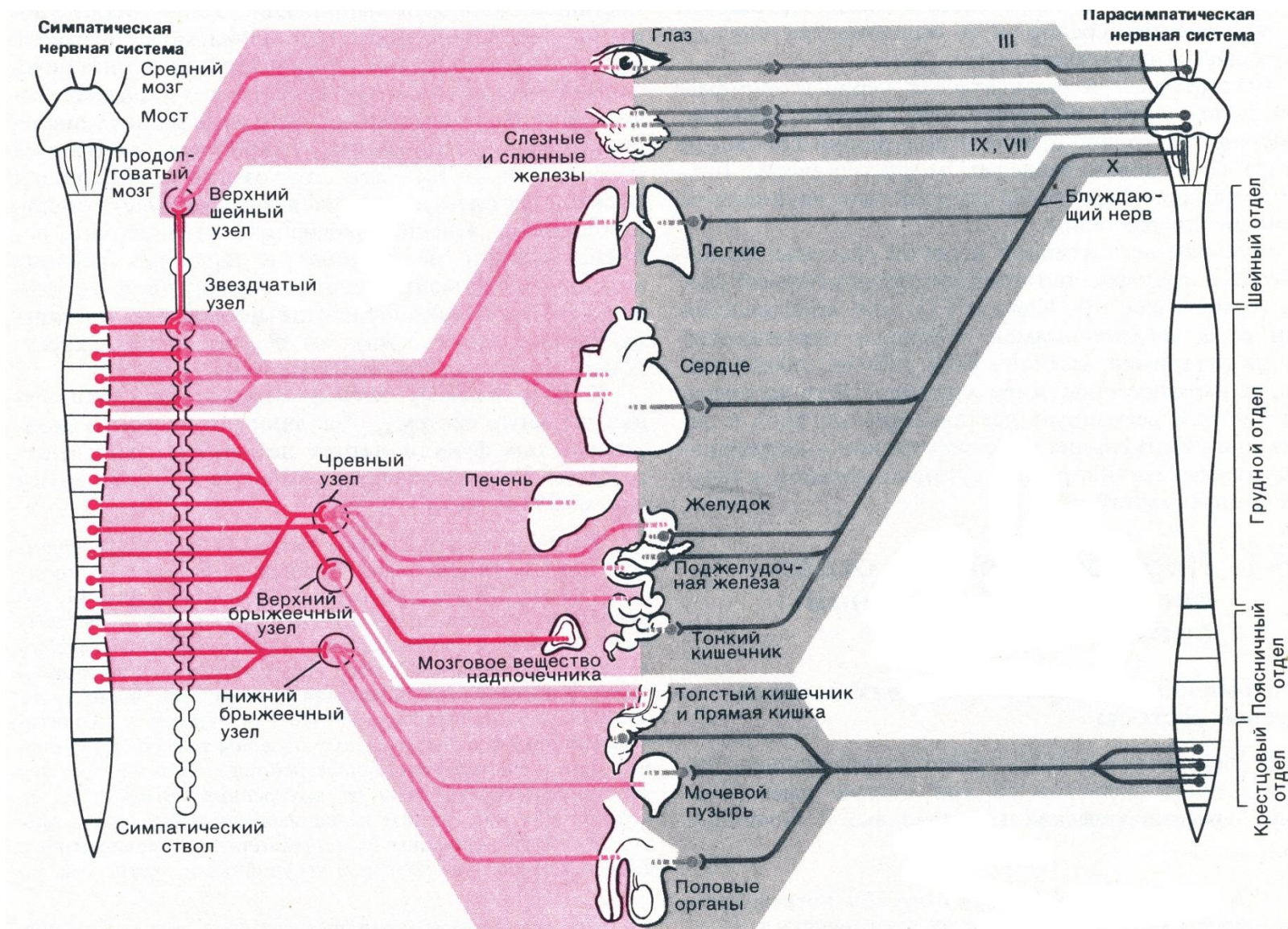
1. При высоком давлении крови в полостях:

повышение растяжения правого предсердия усиливает сокращения правого и левого желудочков, чтобы освободить место притекающей крови и разгрузить систему

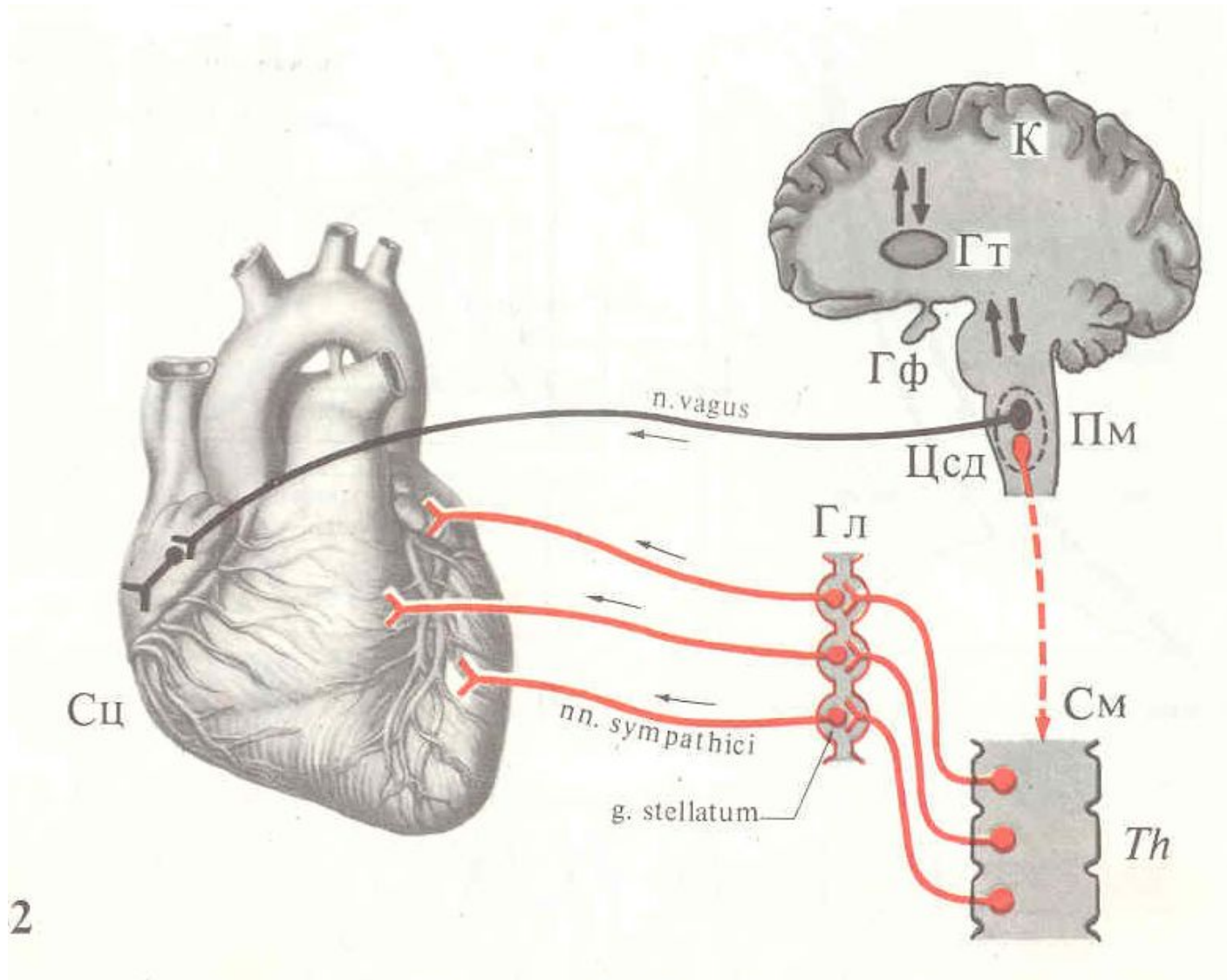
2. При высоком давлении крови в устье аорты:

увеличение силы сокращений левого желудочка рефлекторно приводит к усилению сокращения правого

Внесердечная рефлекторная регуляция деятельности сердца



Вегетативная иннервация сердца



Типы регуляторных эффектов на сердце

СИМПАТИКУС: положительные, особенно 1,2,3

ВАГУС: отрицательные, особенно 1, 4

- 1. ХРОНОТРОПНЫЙ ЭФФЕКТ - влияние на частоту сокращений (изменение автоматии)**
- 2. ИНОТРОПНЫЙ ЭФФЕКТ - влияние на силу и скорость сокращений (изменение сократимости)**
- 3. БАТМОТРОПНЫЙ ЭФФЕКТ - влияние на возбудимость миокарда**
- 4. ДРОМОТРОПНЫЙ ЭФФЕКТ - влияние на проводимость в миокарде**

Внесердечная рефлекторная регуляция деятельности сердца

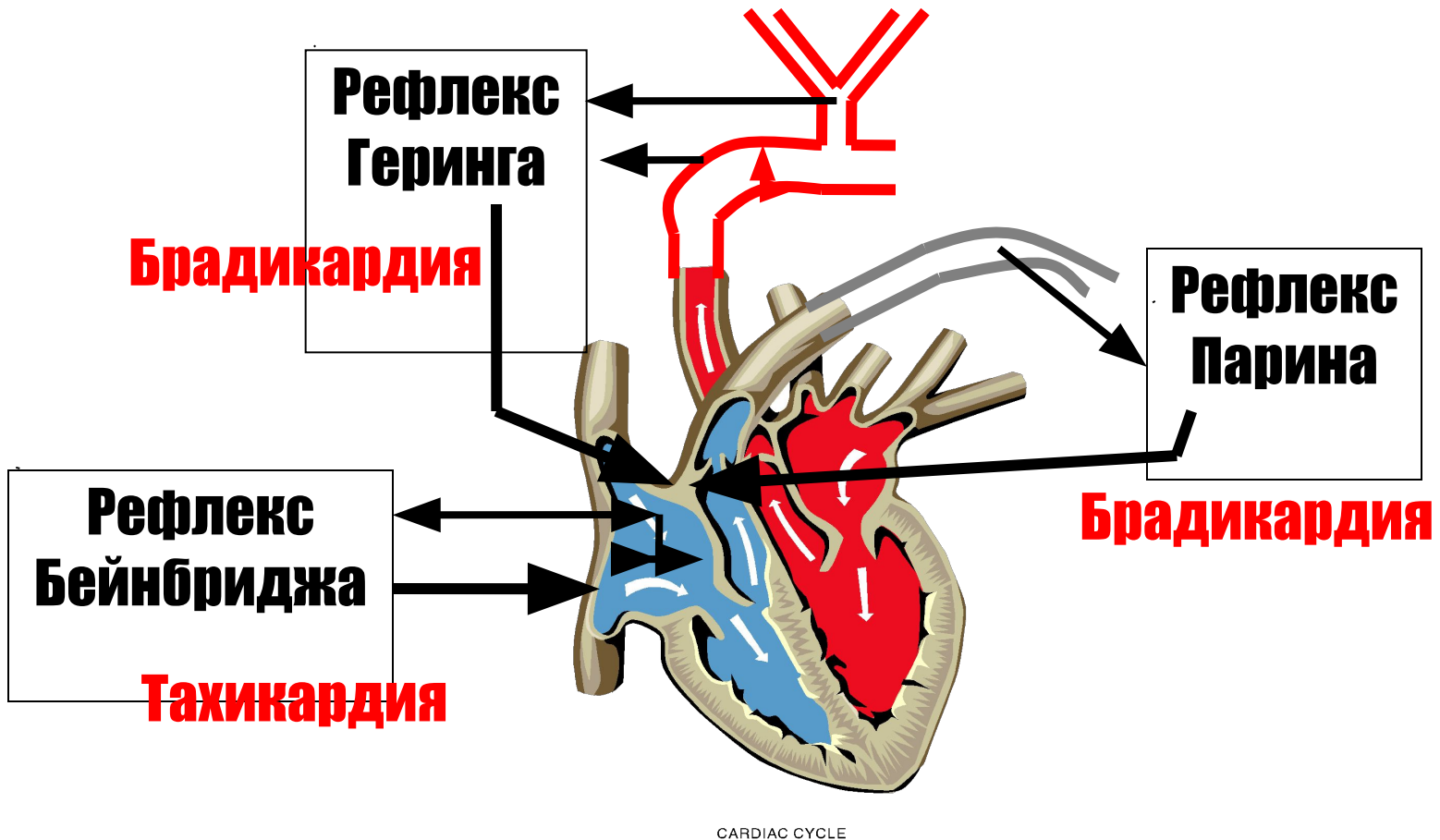
Внутрисистемные рефлексы:

рефлекс Геринга, рефлекс Парина,
рефлекс Бейнбриджа

Межсистемные рефлексы:

рефлекс Гольца, рефлекс Ашнера-Даньини,
рефлексы с капсулы печени и желчных
путей, рефлекс с вентральной
поверхности продолговатого мозга,
болевые рефлексы, дыхательно-сердечные
рефлексы, условные рефлексы

Внутрисистемные рефлекссы

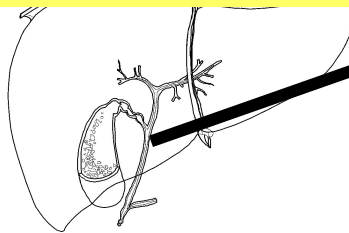


ВАГУСНЫЕ МЕЖСИСТЕМНЫЕ РЕФЛЕКСЫ

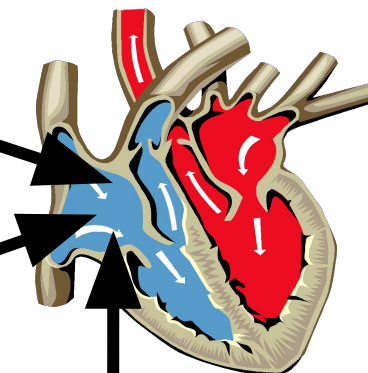


Рефлекс Ашнера-Даньини

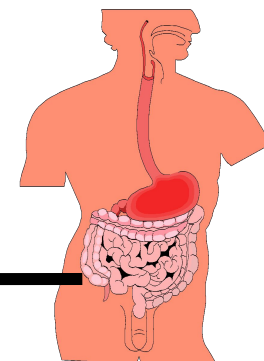
Рефлекс с капсулы печени и желчных путей



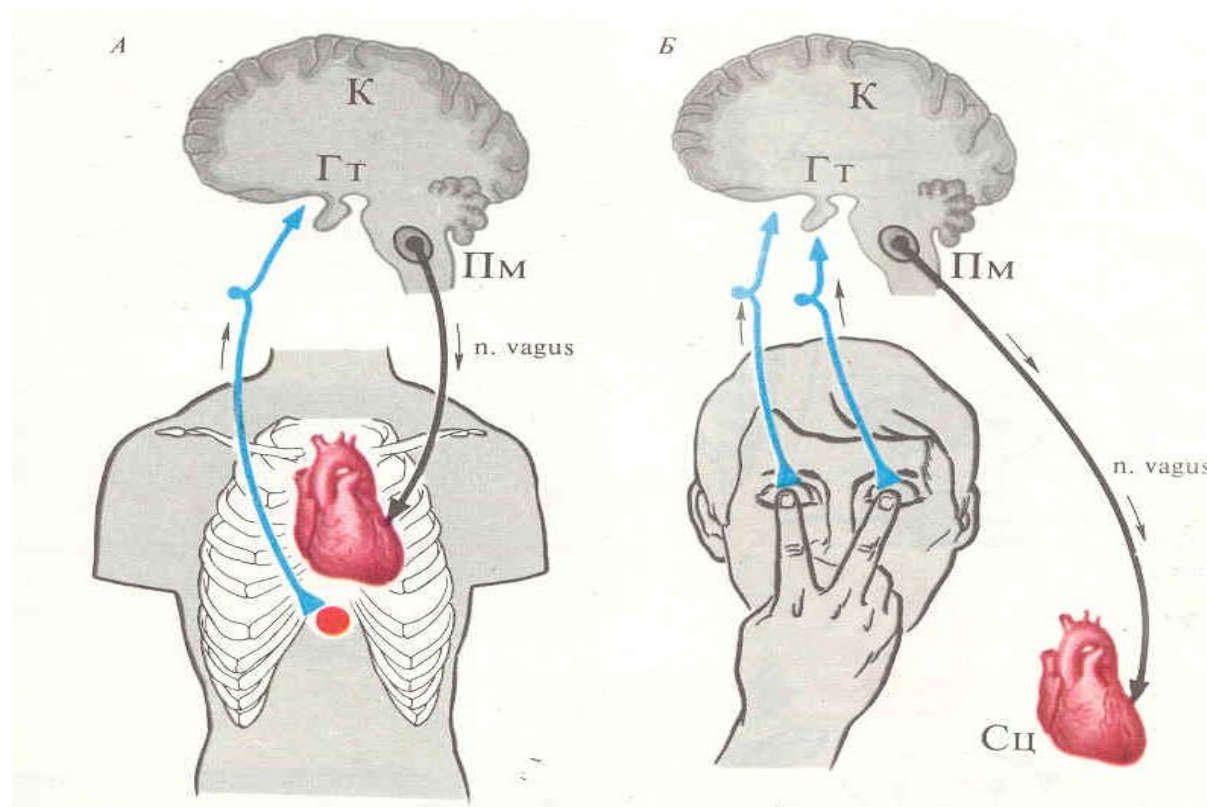
Рефлекс Гольца



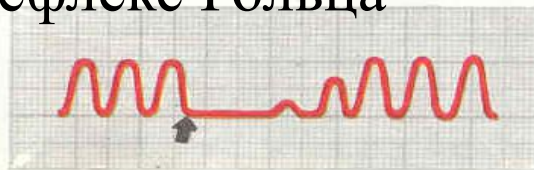
CARDIAC CYCLE



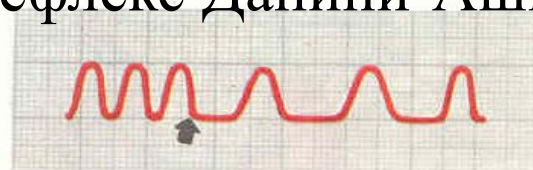
Интероцептивные рефлекссы на сердце



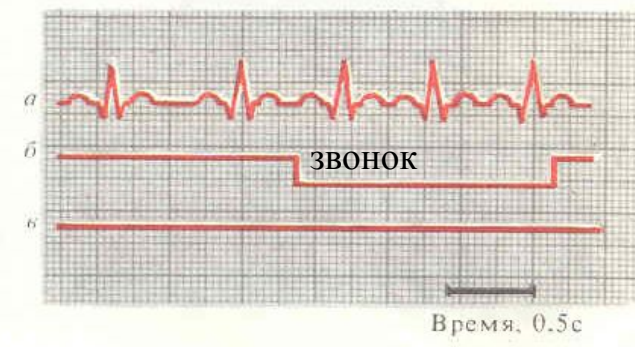
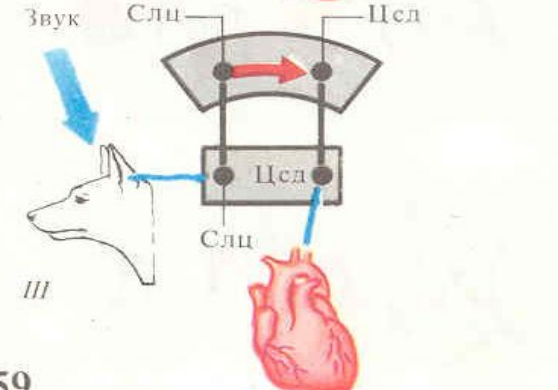
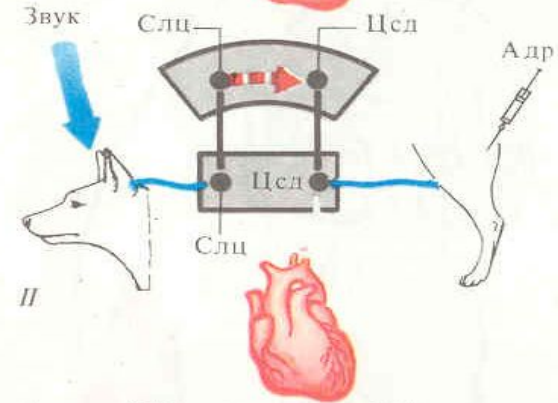
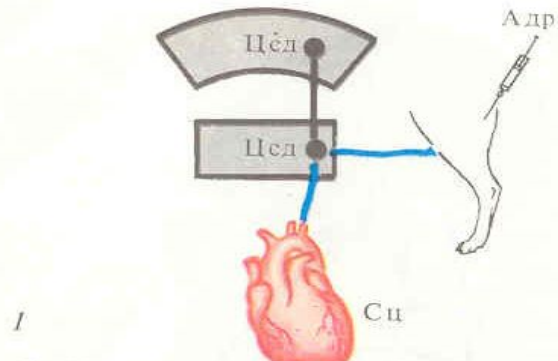
Рефлекс Гольца



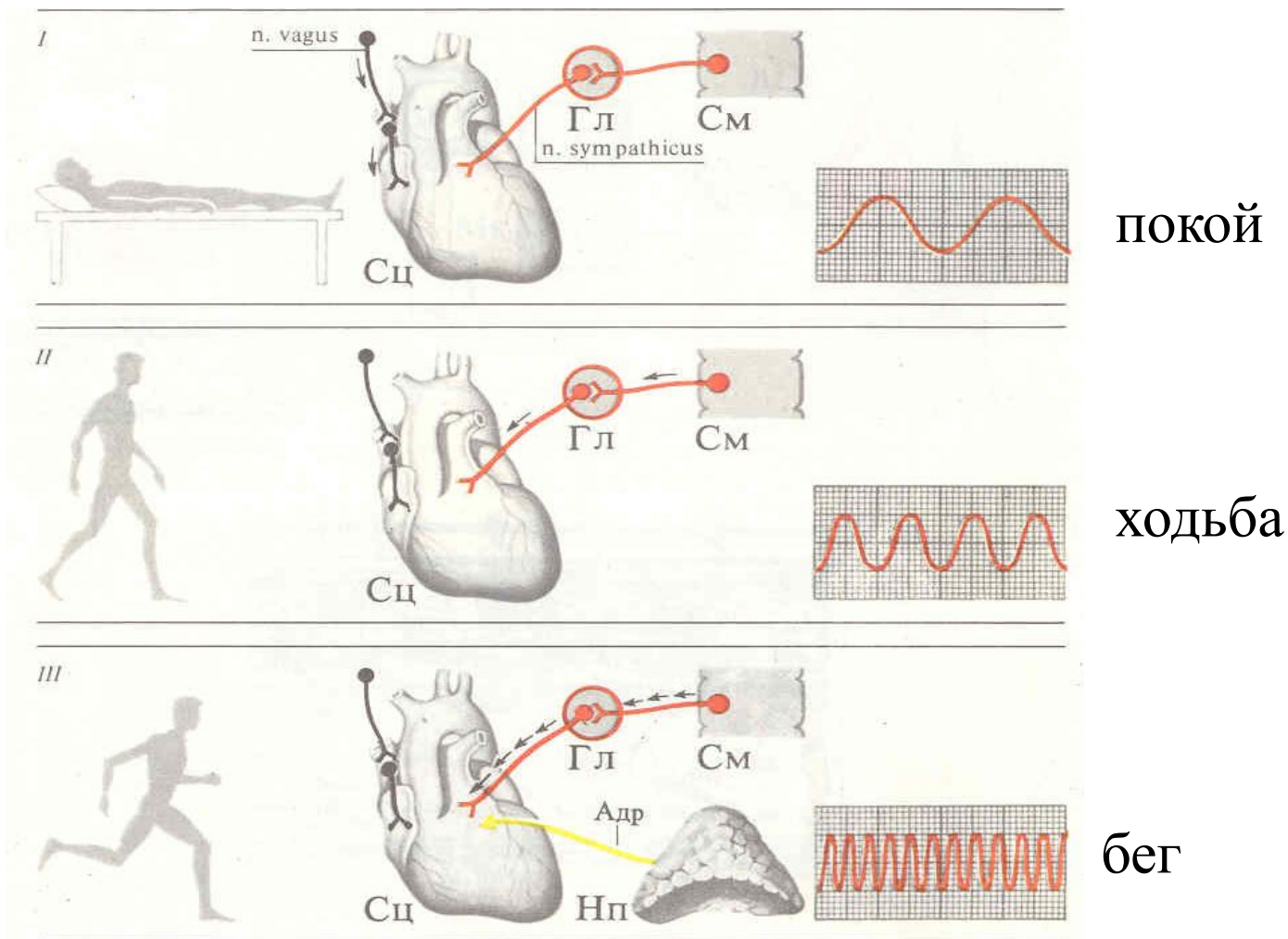
Рефлекс Данини-Ашнера



Условные рефлексы на сердце



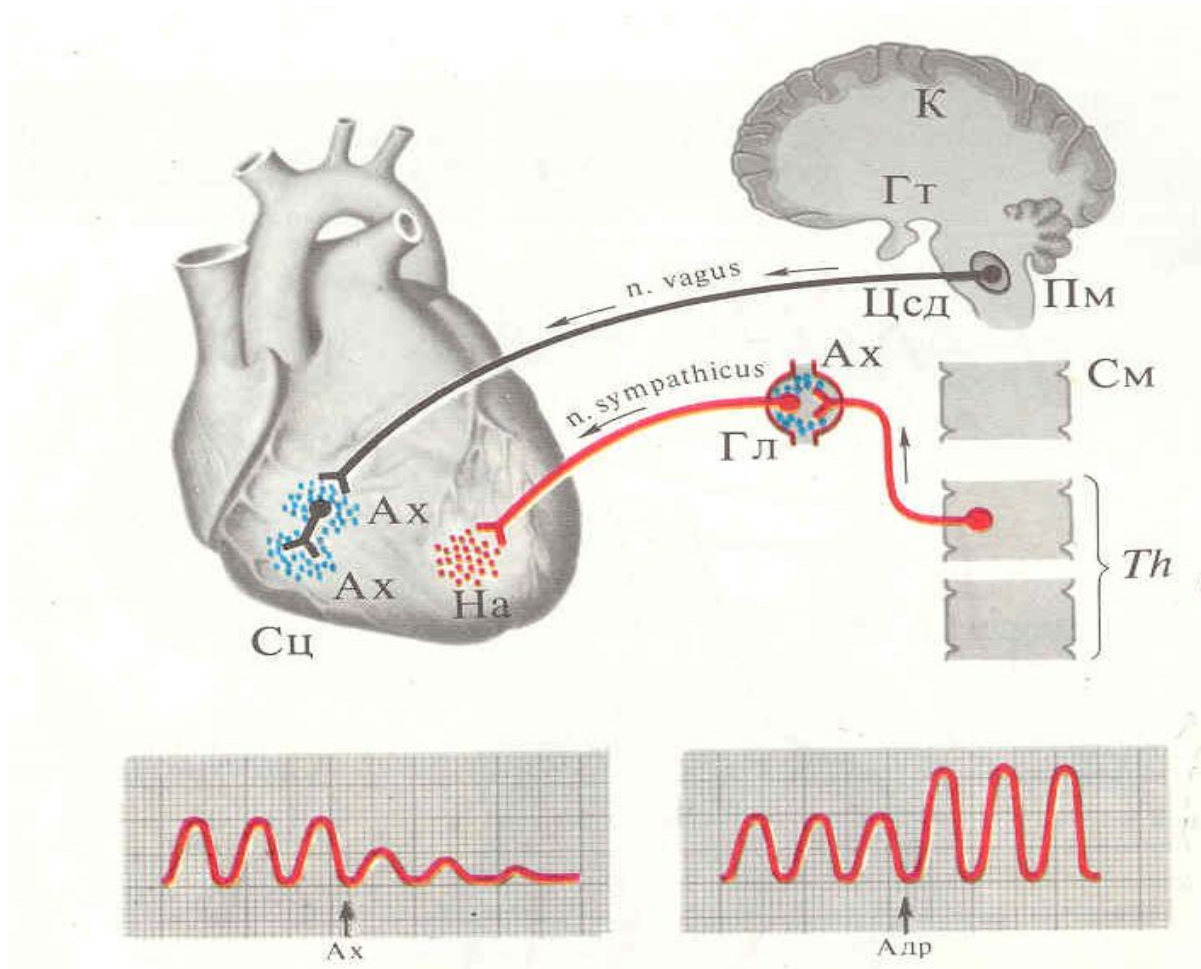
Изменение работы сердца при нагрузке



ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СЕРДЦА

- **Внутрисердечная гуморальная**
- **Внесердечная гуморальная**

Медиаторы сердечных нервов и их эффекты



ОСНОВНЫЕ РЕГУЛЯТОРНЫЕ ВЛИЯНИЯ МЕДИАТОРОВ НА АВТОМАТИЮ СИНОАТРИАЛЬНОГО УЗЛА

- **АЦЕТИЛХОЛИН** – (в больших дозах)
ПОВЫШЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ МЕМБРАНЫ
ДЛЯ КАЛИЯ - ГИПЕРПОЛЯРИЗАЦИЯ,
СНИЖЕНИЕ СКОРОСТИ (КРУТИЗНЫ) МДД.
- **АЦЕТИЛХОЛИН** – (в малых дозах)
ПОВЫШЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ МЕМБРАНЫ
ДЛЯ Ca^{++} - ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ, ПОВЫШЕНИЕ
СКОРОСТИ (КРУТИЗНЫ) МДД.
- **НОРАДРЕНАЛИН** - ПОВЫШЕНИЕ
ПРОНИЦАЕМОСТИ МЕМБРАНЫ ДЛЯ Ca^{++} -
ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ (КРУТИЗНЫ) МДД,
СНИЖЕНИЕ ПОРОГОВОГО ПОТЕНЦИАЛА

ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СЕРДЦА

- **Адреналин** - адренорецептор - 4
поло-жительных эффекта
- **Глюкагон** - положительный
инотропный эффект
- **Тироксин** - положительный
хронотропный эффект
- **Ангиотензин** - положительный
инотропный эффект

ОСНОВНЫЕ ЭФФЕКТЫ ЭЛЕКТРОЛИТНЫХ СДВИГОВ НА АВТОМАТИЮ СЕРДЦА

**> K_{OUT} - деполяризация - падение
автоматии**

**< K_{OUT} - гиперполяризация - падение
автоматии**

**> Ca_{OUT} - ускорение деполяризации -
рост автоматии**