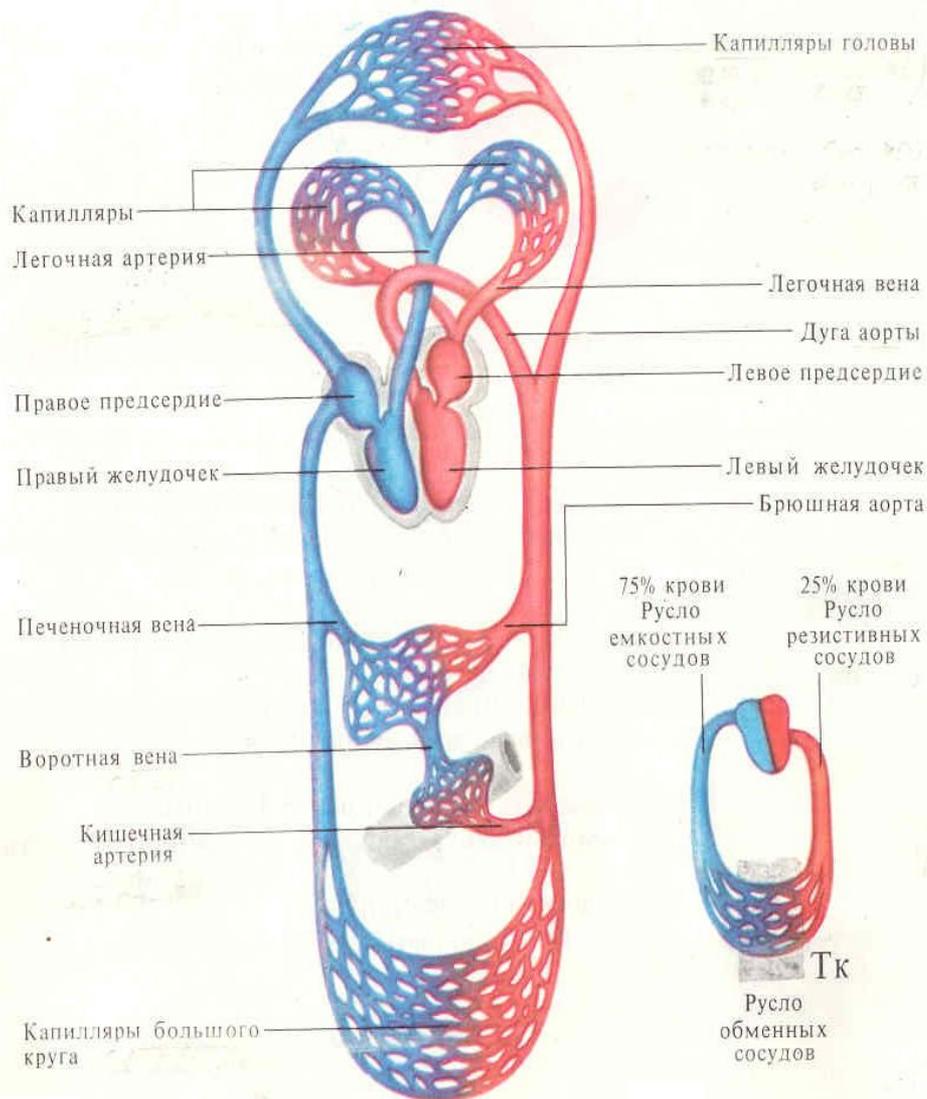


Лекция № 18

ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Схема системы кровообращения человека



БОЛЬШОЙ КРУГ

Начало: левый желудочек - аорта

Конец: полые вены - правое предсердие

Состав: артерии, капилляры и вены мускулатуры тела и всех органов, кроме легких

МАЛЫЙ КРУГ

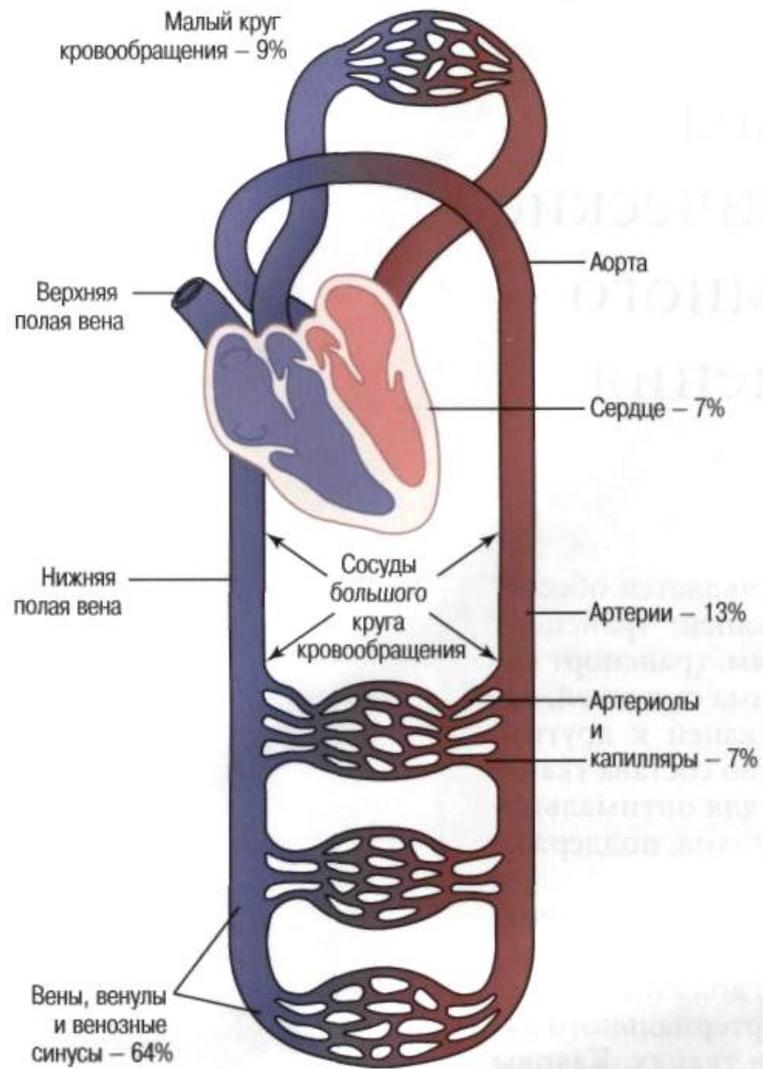
Начало: правый желудочек - легочной ствол

Конец: легочные вены - левое предсердие

Состав: сосуды легких

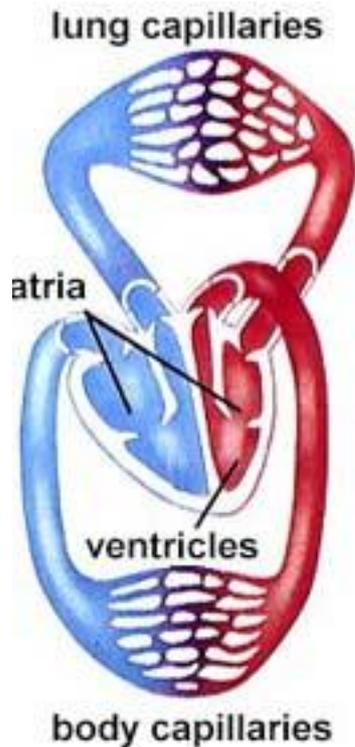
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОТДЕЛЫ СИСТЕМЫ КРОВОБРАЩЕНИЯ

- **Сердце** - генератор давления и расхода
- **Артерии** - сосуды котла или высокого давления крови
 - сосуды стабилизаторы давления
- **Артериолы** - распределители капиллярного кровотока
- **Капилляры** - обменные сосуды
- **Вены** - аккумулярующие сосуды
 - сосуды венозного возврата крови
 - шунтирующие сосуды



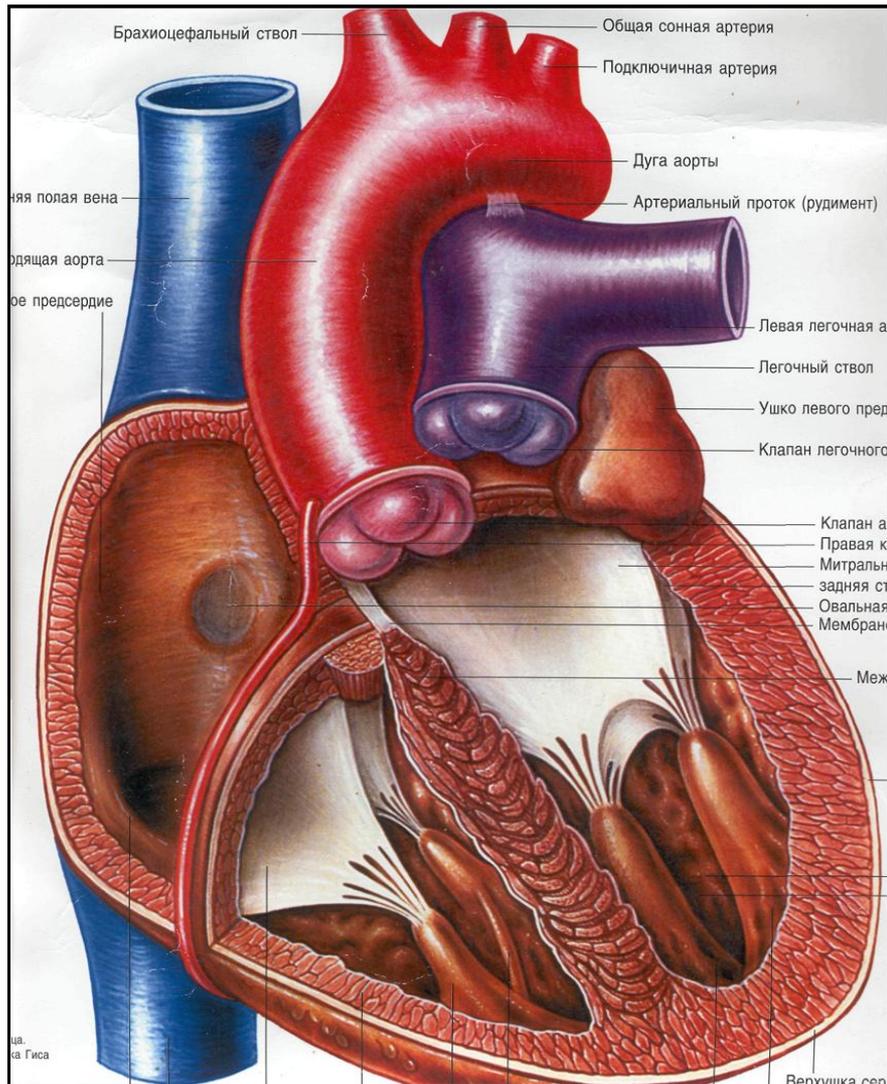
Распределение крови (% общего объема) в различных отделах сердечно-сосудистой системы

Функции системы кровообращения

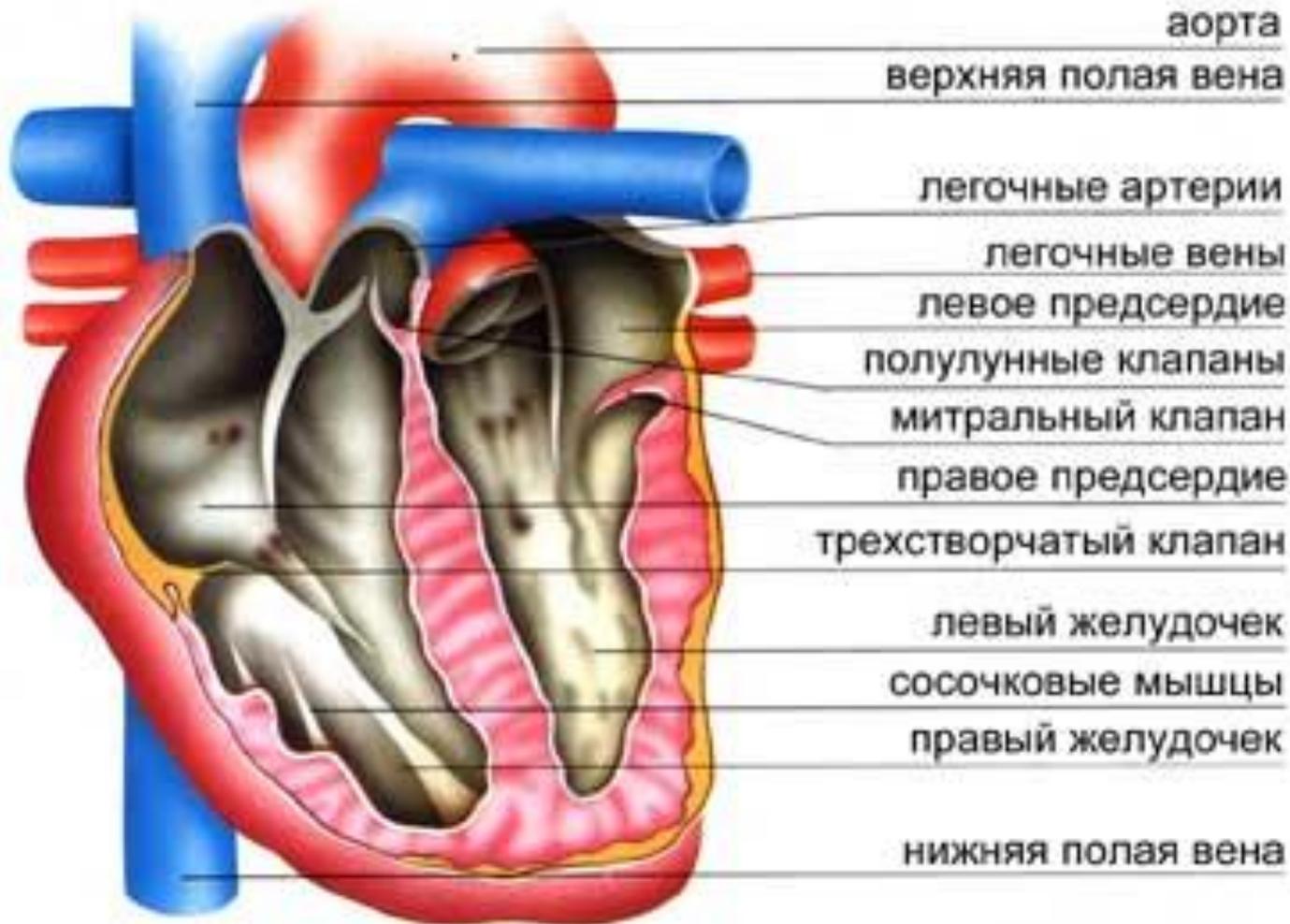


1. ТРАНСПОРТНАЯ
2. ДЫХАТЕЛЬНАЯ
3. ПИТАТЕЛЬНАЯ
4. ЭКСКРЕТОРНАЯ
5. ТЕРМОРЕГУЛЯТО
РНАЯ
6. ГУМОРАЛЬНОЙ
РЕГУЛЯЦИИ

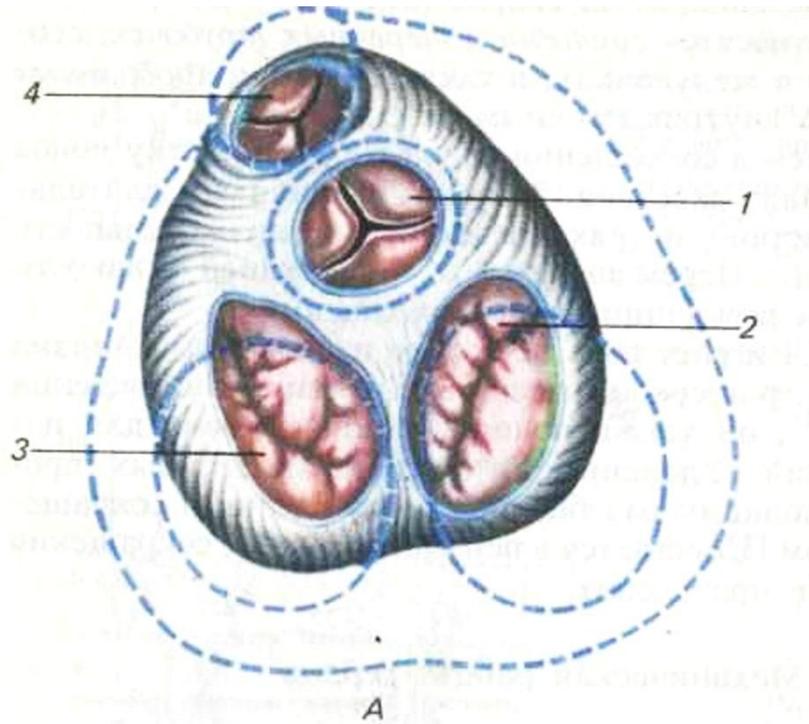
Функции сердца



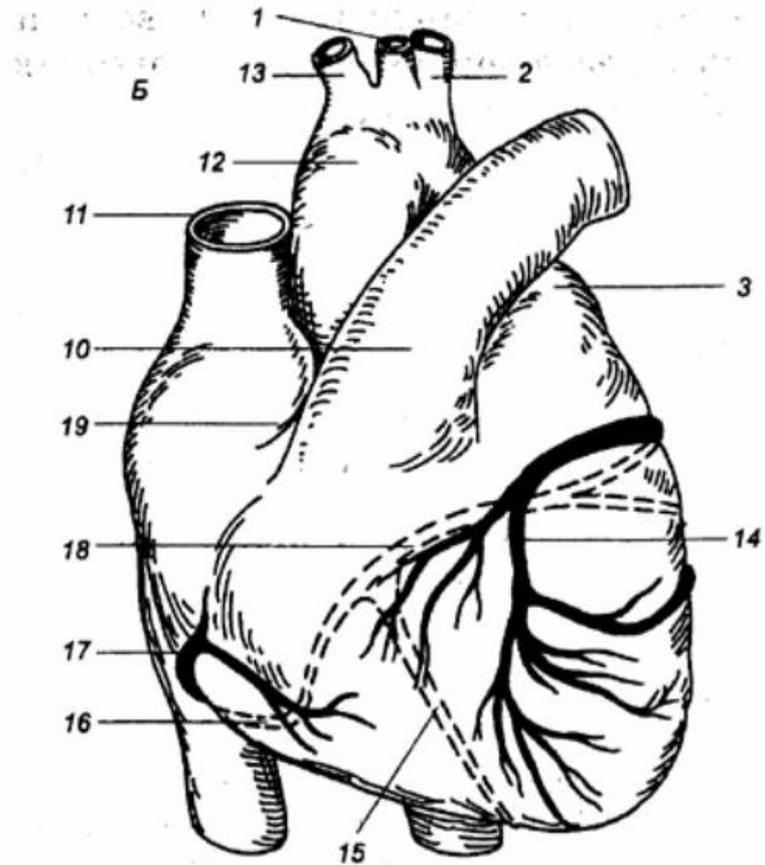
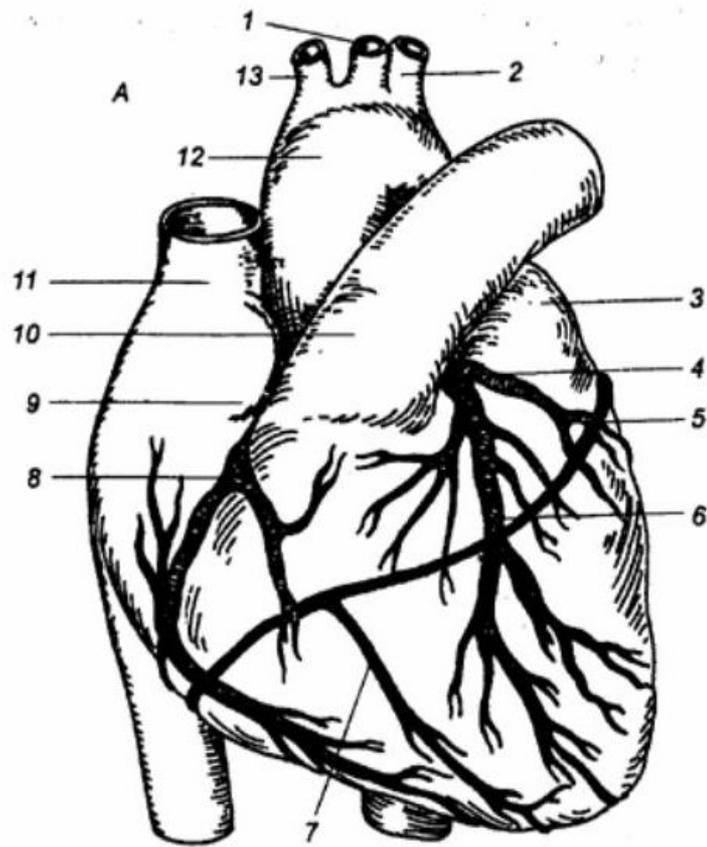
- 1. Резервуарная**
- 2. Насосная**
- 3. Распределительная**
- 4. Эндокринная**



Клапанный аппарат сердца

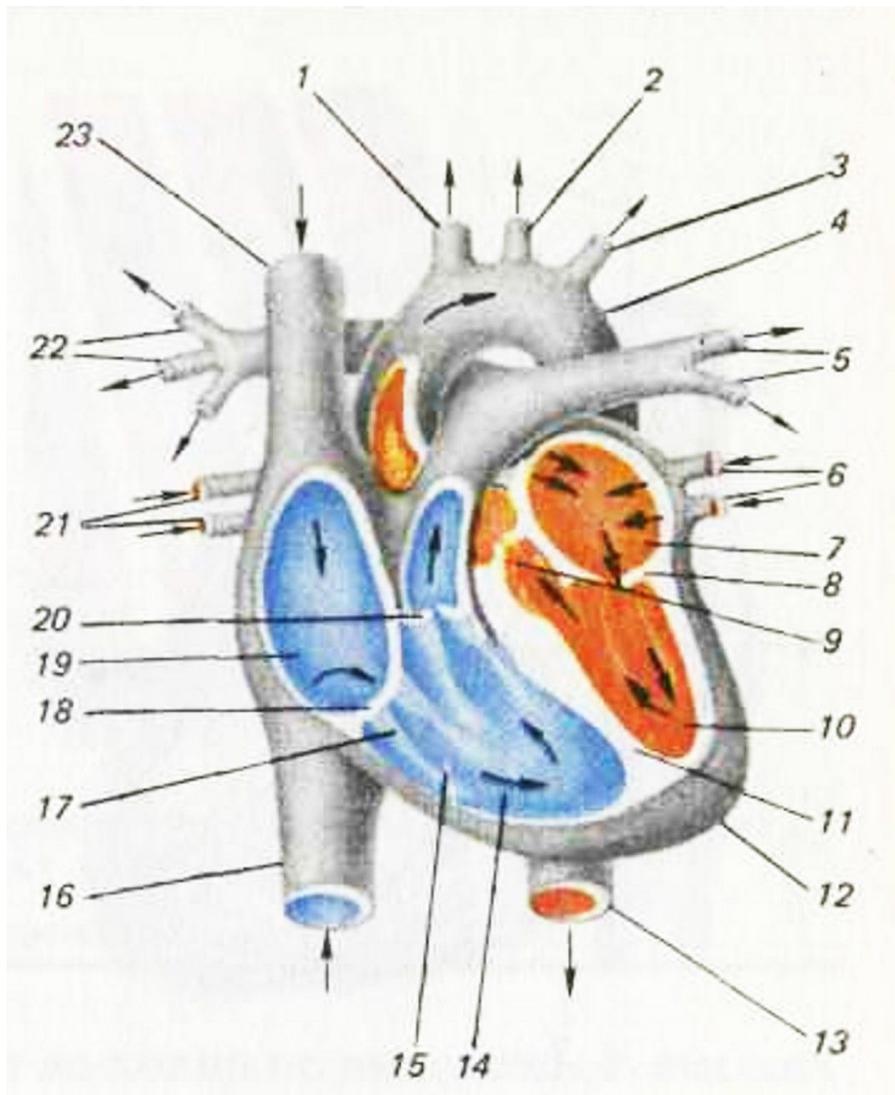


- 1 — клапан аорты
- 2 — правый предсердно—желудочковый **(трехстворчатый) клапан.**
- 3 — левый предсердно -желудочковый **(митральный, двухстворчатый) клапан**
- 4 — клапан легочного ствола (артерии)



Внешний вид сердца, его главных артерий (А) и вен (Б)

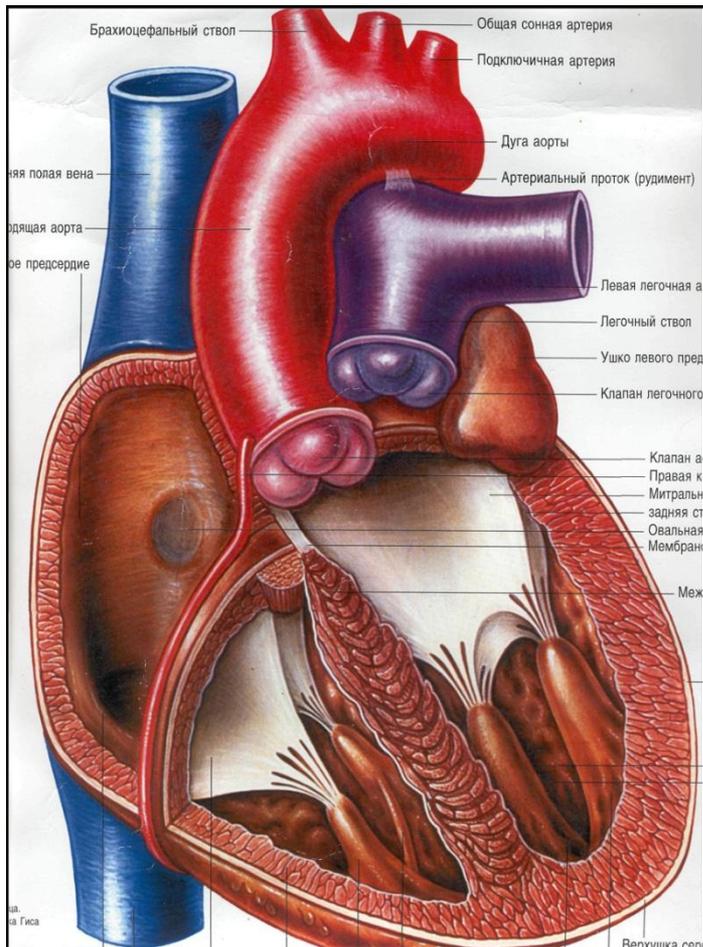
1 — левая общая сонная артерия, 2 — левая подключичная артерия, 3 — левое предсердие, 4 — левая венечная артерия, 5 — огибающая ветвь левой венечной артерии, 6 — передняя нисходящая ветвь венечной артерии, 7 — задняя нисходящая ветвь левой венечной артерии. 8 — правая венечная артерия, 9 — ушко правого предсердия, 10 — легочный ствол, 11 — верхняя полая вена, 12 — аорта, 13 — плечеголовный ствол, 14 — большая вена сердца, 15 — средняя вена сердца, 16 — малая вена сердца, 17 — передняя вена сердца, 18 — венечный синус (впадает в правое предсердие), 19 — правое предсердие (оттянуто)



Внутреннее строение сердца Видны клапаны и места впадения и выхода основных артерий и вен.

- 1 — плечеголовный ствол,
- 2 — левая общая сонная артерия,
- 3 — левая подключичная артерия,
- 4 — аорта,
- 5 — ветви левой легочной артерии,
- 6 — левые легочные вены, 7 — левое предсердие,
- 8 — двустворчатый (левый атриовентрикулярный) клапан,
- 9 — аортальный полулунный клапан,
- 10 — левый желудочек,
- 11 — межжелудочковая перегородка,
- 12 — верхушка сердца,
- 13 — нисходящая аорта,
- 14 — правый желудочек,
- 15 — сосочковая мышца,
- 16 — нижняя полая вена,
- 17 — сухожильные нити,
- 18 — трехстворчатый (правый атриовентрикулярный) клапан,
- 19 — правое предсердие,
- 20 — полулунный клапан легочной артерии,
- 21 — правые легочные вены,
- 22 — ветви правой легочной артерии,
- 23 — верхняя полая вена.

Физиологические свойства миокарда



- **АВТОМАТИЯ**
- **ВОЗБУДИМОСТЬ**
- **ПРОВОДИМОСТЬ**
- **СОКРАТИМОСТЬ**

Физиологические особенности сердечной мышцы

- Меньшая возбудимость
- Меньшая проводимость
- Меньшая лабильность
- Большая аккомодация
- Меньшая сократимость
- Большая продолжительность ПД
- ПД натрий – кальциевой природы
- Большой период рефрактерности

Основные типы кардиомиоцитов млекопитающих и их свойства

Морфофункциональная характеристика	Проводящие			Сократительные кардиомиоциты
	P - Клетки		Клетки Пуркинье	
Основная локализация	СА-узел	АВ-узел	Система Гиса—Пуркинье	Остальной миокард
Электрофизиологическая характеристика	Клетки с медленным ответом		Клетки с быстрым ответом	
Максимальный диастолический потенциал (мВ)	-60÷-50	-70÷-60	-95÷-90	-90÷-80
Параметры потенциала действия:				
амплитуда (мВ)	60—70	70—80	100—120	100—120
овершут (мВ)	0	5—15	20—30	20—30
длительность (мс)	100-300	100—300	300—500	200—300*
скорость нарастания фазы 0 (В/с)	1—10	5—20	500—1000	100—300
скорость проведения (м/с)	до 0,05	0,1	1—4	0,1—0,5**
Собственная частота импульсации (имп/мин)	60—80	40—60	20—40	Не обладают автоматией

*Длительность потенциала действия в предсердиях – 100–300 мс.

**Скорость проведения в АВ-зоне атриовентрикулярного соединения около 0,05 м/с. В пучке Гиса – меньше, чем в волокнах Пуркинье, а в сократительных миоцитах предсердий – меньше, чем в желудочках.

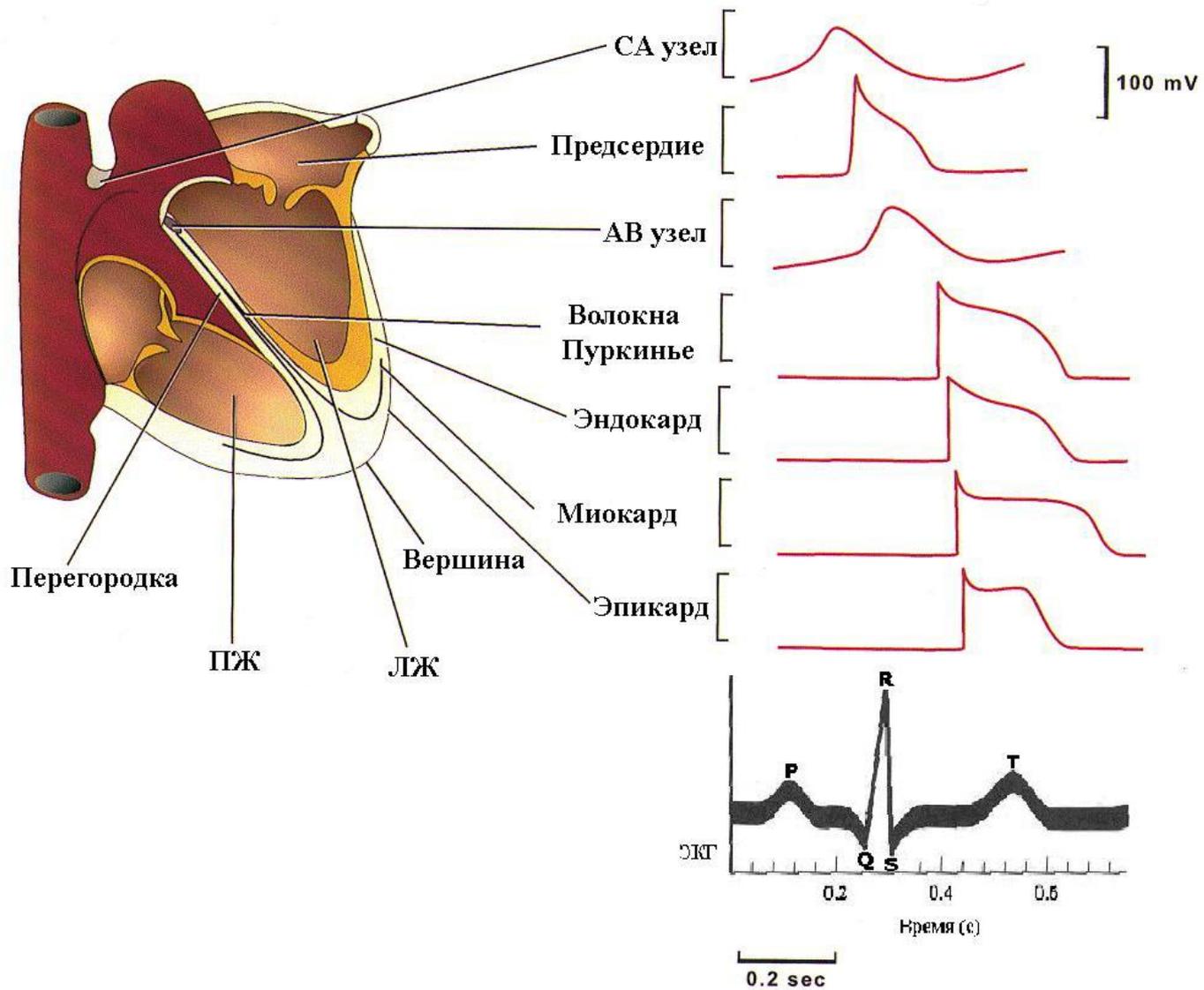
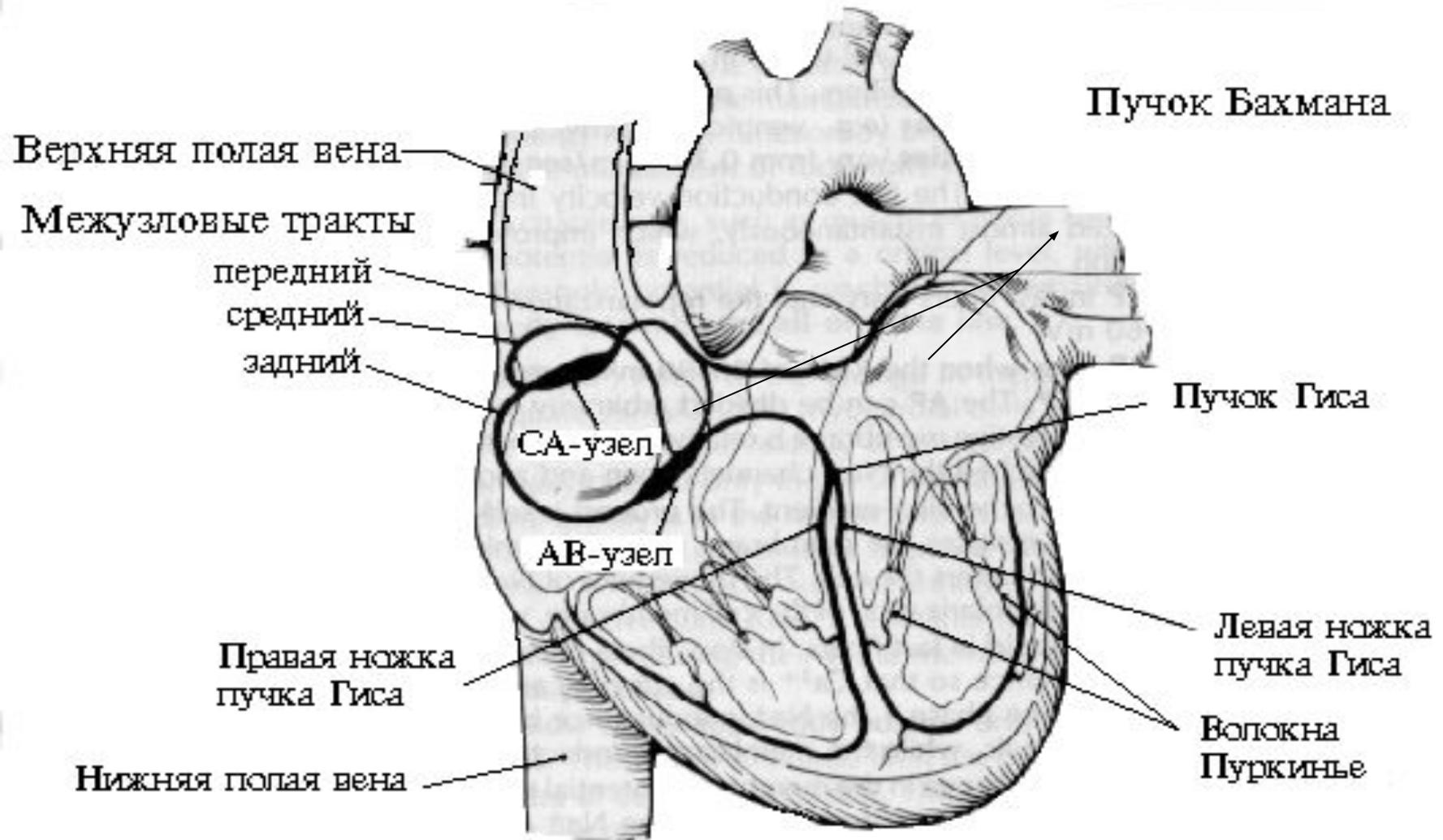
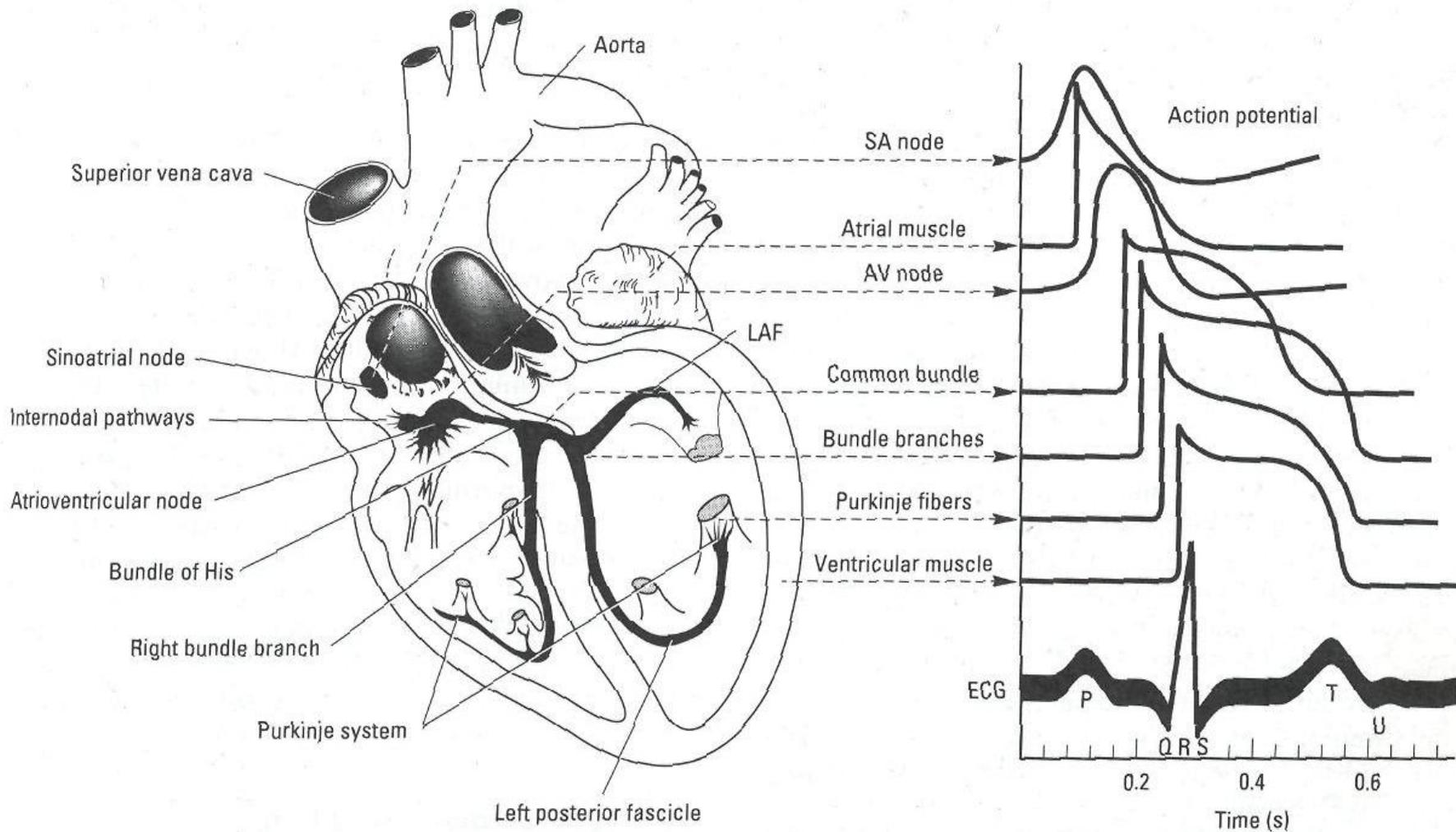


Рис.

ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА СЕРДЦА





СКОРОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ В МИОКАРДЕ

- Предсердия - 0,8 - 1,0 м/с
- А/В-узел - 0,01 - 0,05 м/с
- Пучок Гиса и его ножки - 2,0 м/с
- Волокна Пуркинье - 3,0 - 4,0 м/с
- Миокард желудочков:
субэндокардиальный - 1,0 м/с
субэпикардиальный - 0,4 - 1,0 м/с

Наличие проводящей системы обеспечивает ряд физиологических особенностей сердца:

1. ритмическую генерацию импульсов - **автоматию**;
2. наличие **градиента** автоматии;
3. необходимую координацию возбуждения и сокращения предсердий и желудочков (**задержка проведения возбуждения**);
4. синхронное вовлечение в процесс сокращения желудочков (**эффективность систолы**);
5. продолжительную фазу абсолютной рефрактерности, что не позволяет сердцу переходить в режим **тетанического сокращения** скелетных мышц;
6. подчинение правилу «**все или ничего**».

ЗАКОН ГРАДИЕНТА АВТОМАТИИ В.ГАСКЕЛЛА

**СТЕПЕНЬ АВТОМАТИИ ТЕМ ВЫШЕ, ЧЕМ
БЛИЖЕ РАСПОЛОЖЕН УЧАСТОК ПРОВО-
ДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ**

К

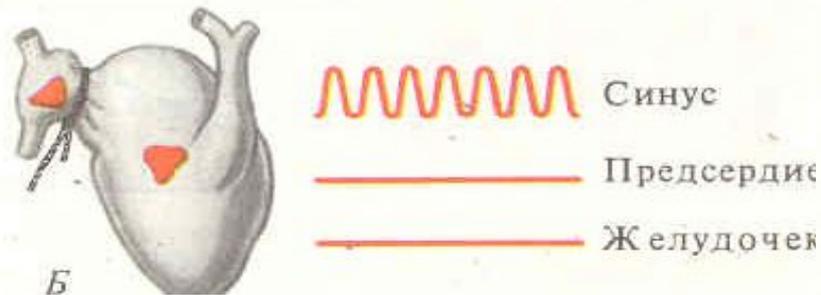
СИНОАТРИАЛЬНОМУ УЗЛУ

- СИНОАТРИАЛЬНЫЙ УЗЕЛ - 60-80 имп/мин**
- АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНЫЙ - 40-50 имп/мин**
- ПУЧОК ГИСА - 30-40 имп/мин**
- ВОЛОКНА ПУРКИНЬЕ - 20 имп/мин**

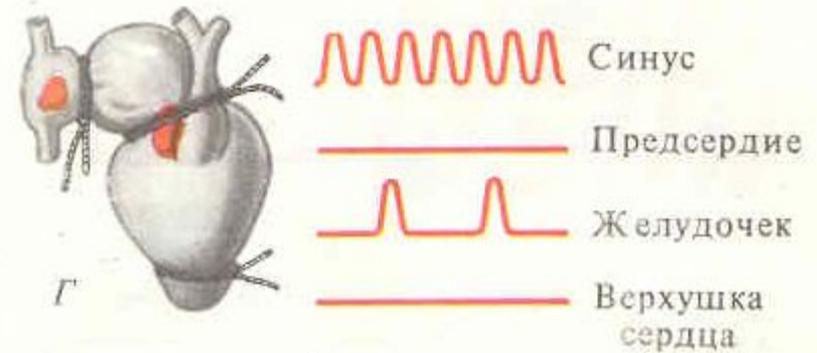
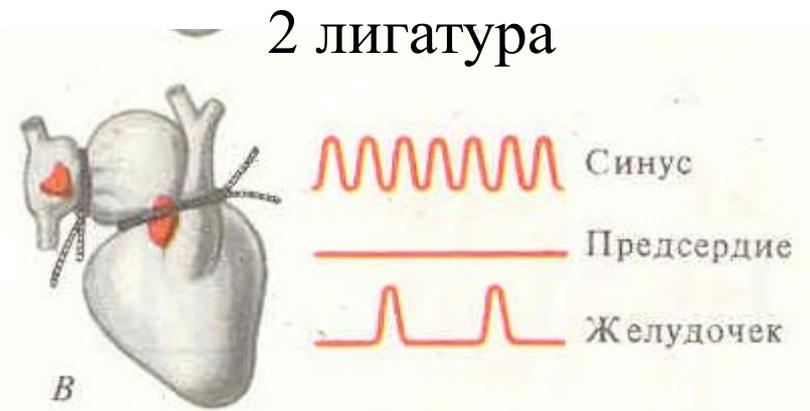
ЛИГАТУРЫ СТАННИУСА



НОРМА

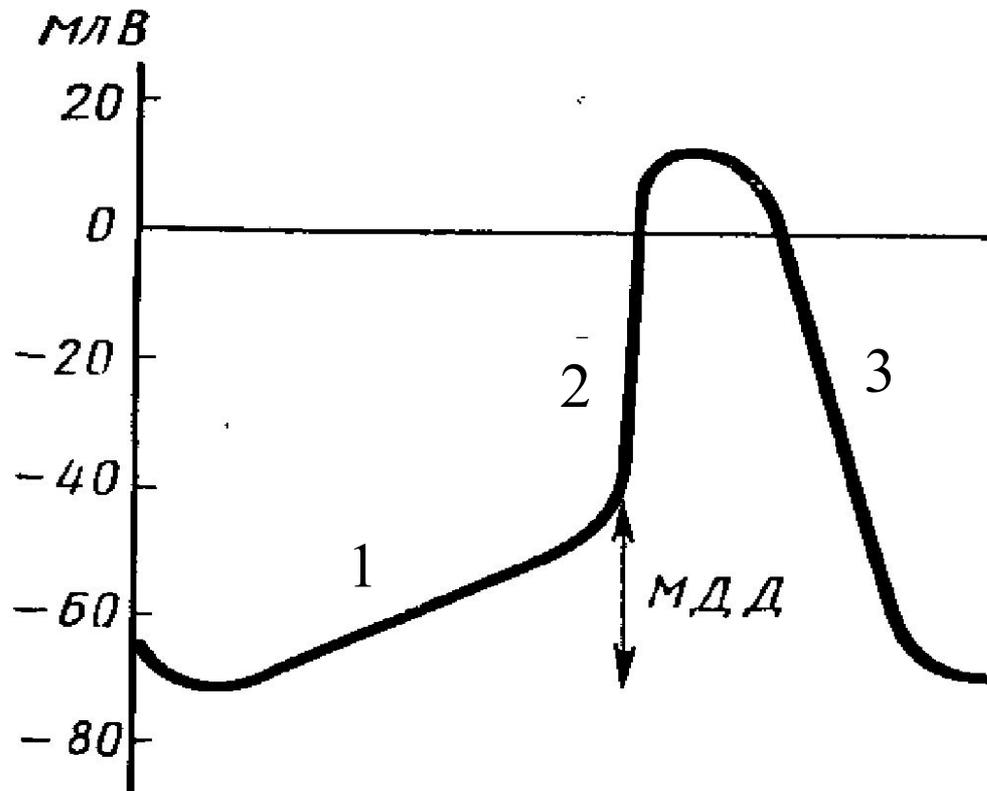


1 лигатура



3 лигатура

ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ КЛЕТОК ВОДИТЕЛЯ РИТМА СЕРДЦА

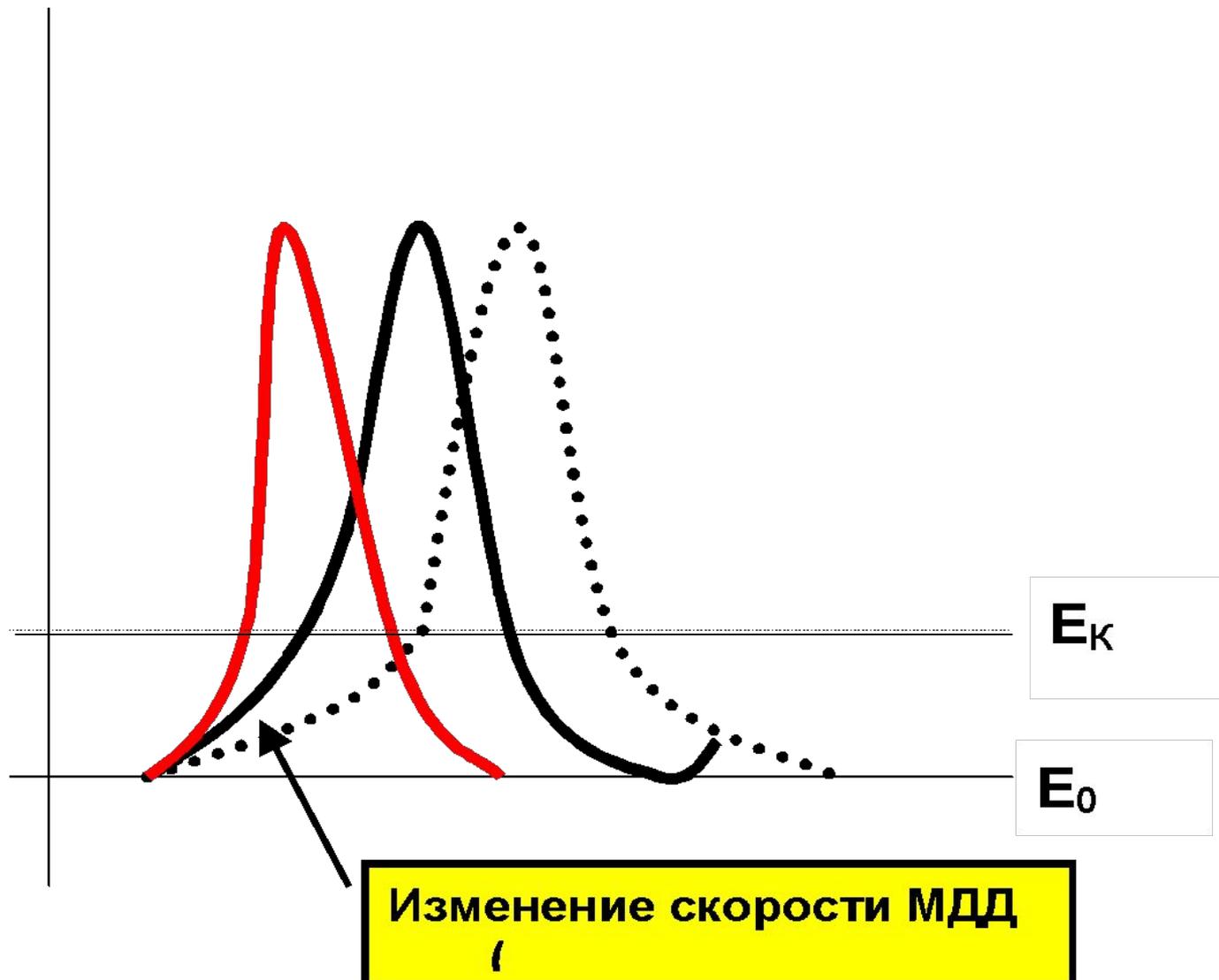


1 – МЕДЛЕННАЯ
ДИАСТОЛИЧЕСКАЯ
ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ
(МДД)

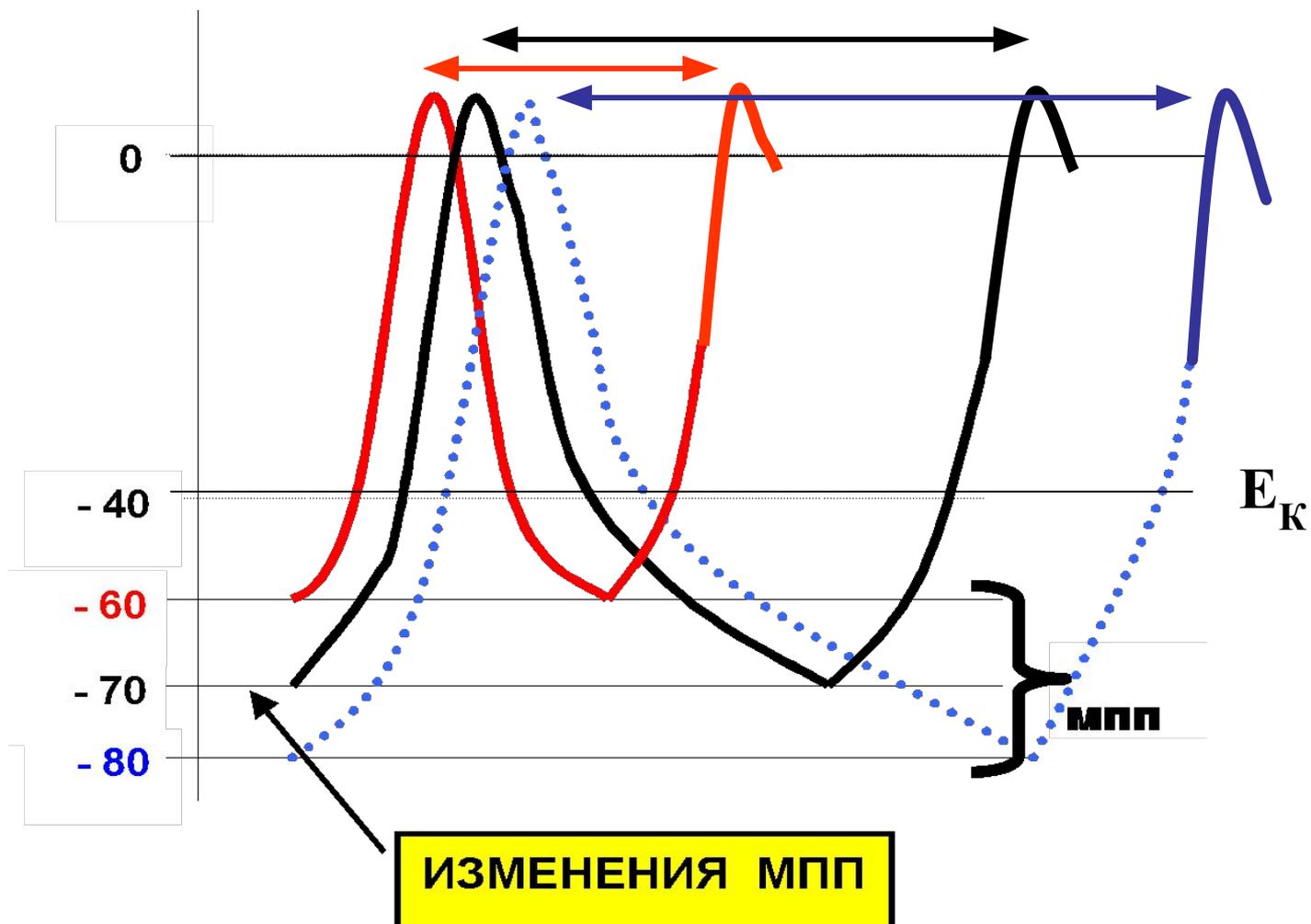
2 – ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

3 – РЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

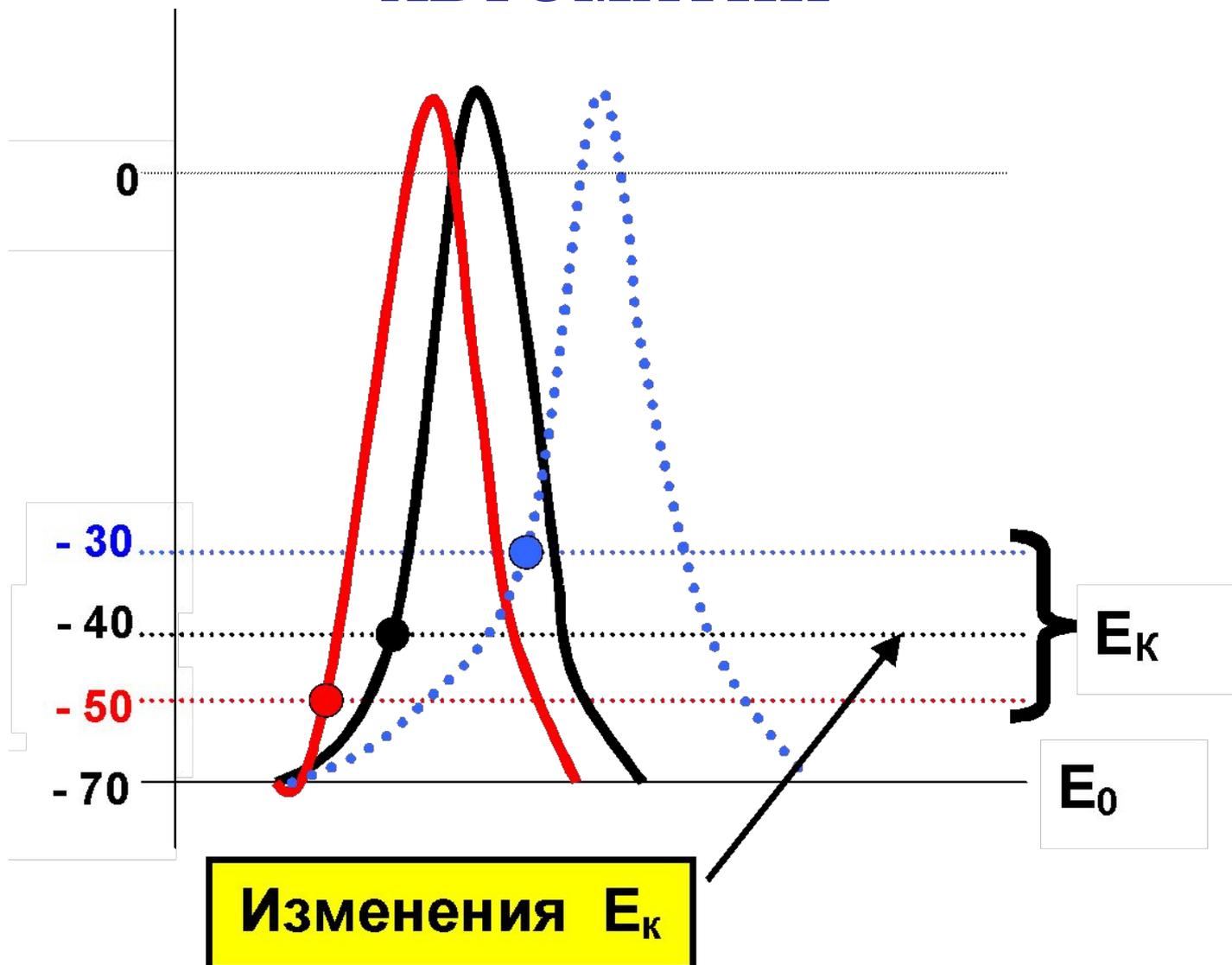
1-й МЕХАНИЗМ ИЗМЕНЕНИЯ АВТОМАТИИ



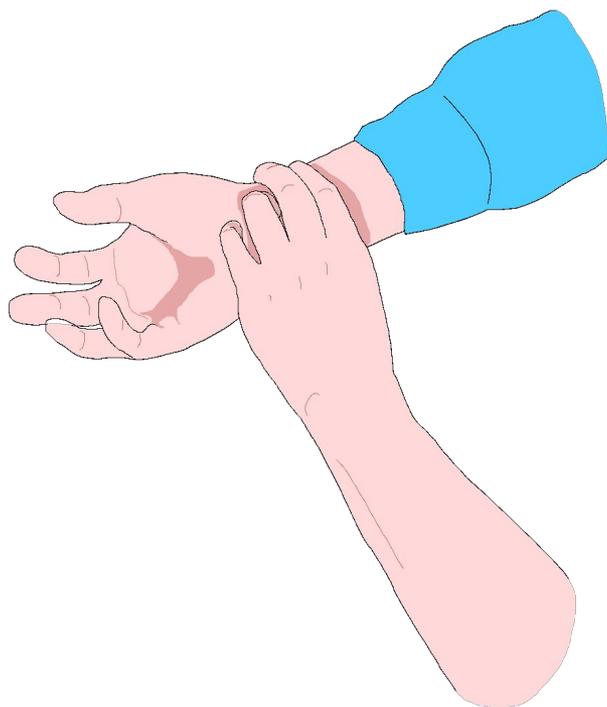
2-й МЕХАНИЗМ ИЗМЕНЕНИЯ АВТОМАТИИ



3-й МЕХАНИЗМ ИЗМЕНЕНИЯ АВТОМАТИИ

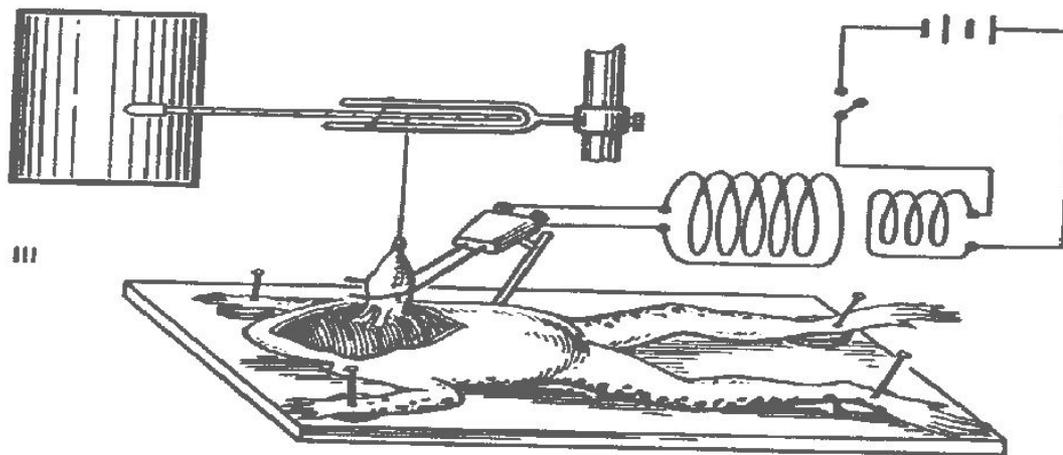
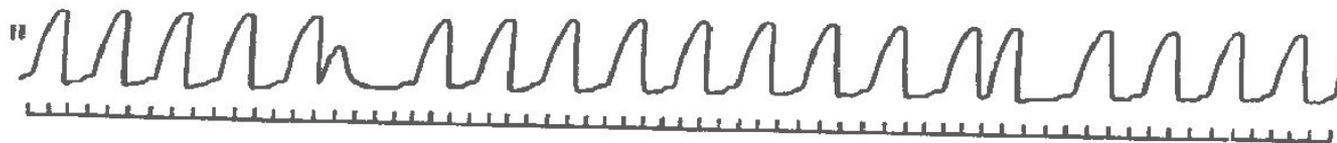
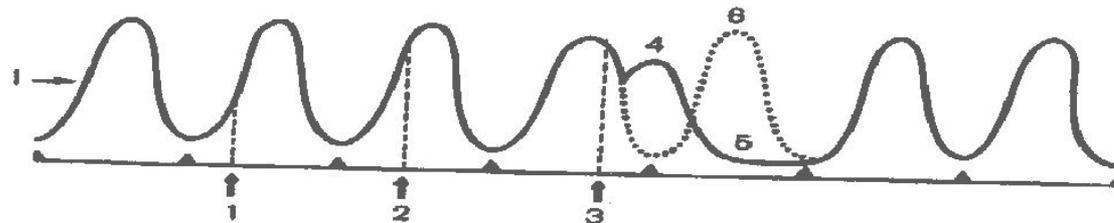


ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ АВТОМАТИИ ПО ЧАСТОТЕ ПУЛЬСА

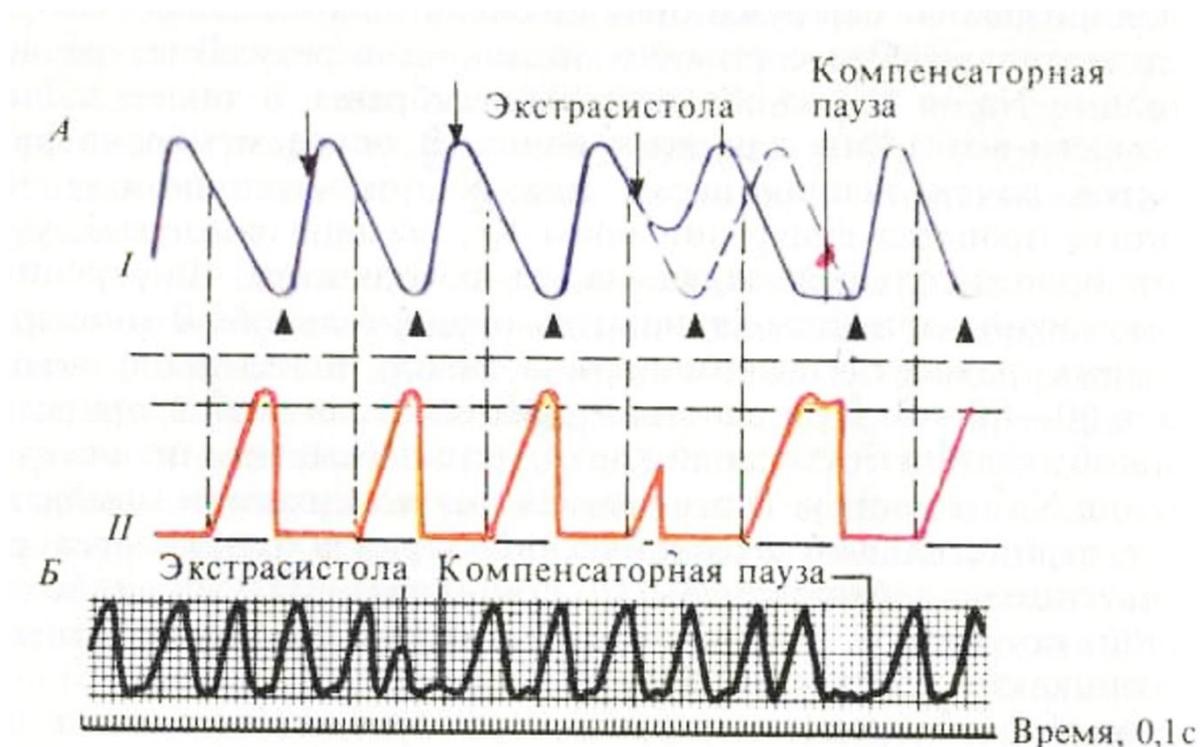


- ВЫШЕ АВТОМАТИЯ - ЧАЩЕ ПУЛЬС- **ТАХИКАРДИЯ**
- НИЖЕ АВТОМАТИЯ - РЕЖЕ ПУЛЬС - **БРАДИКАРДИЯ**
- МЕНЯЮЩАЯСЯ АВТОМАТИЯ - ПУЛЬС РАЗНОЙ ЧАСТОТЫ - **СИНУСОВАЯ АРИТМИЯ**

ЭКСТРАСИСТОЛА И КОМПЕНСАТОРНАЯ ПАУЗА



Экстрасистолы и компенсаторная пауза



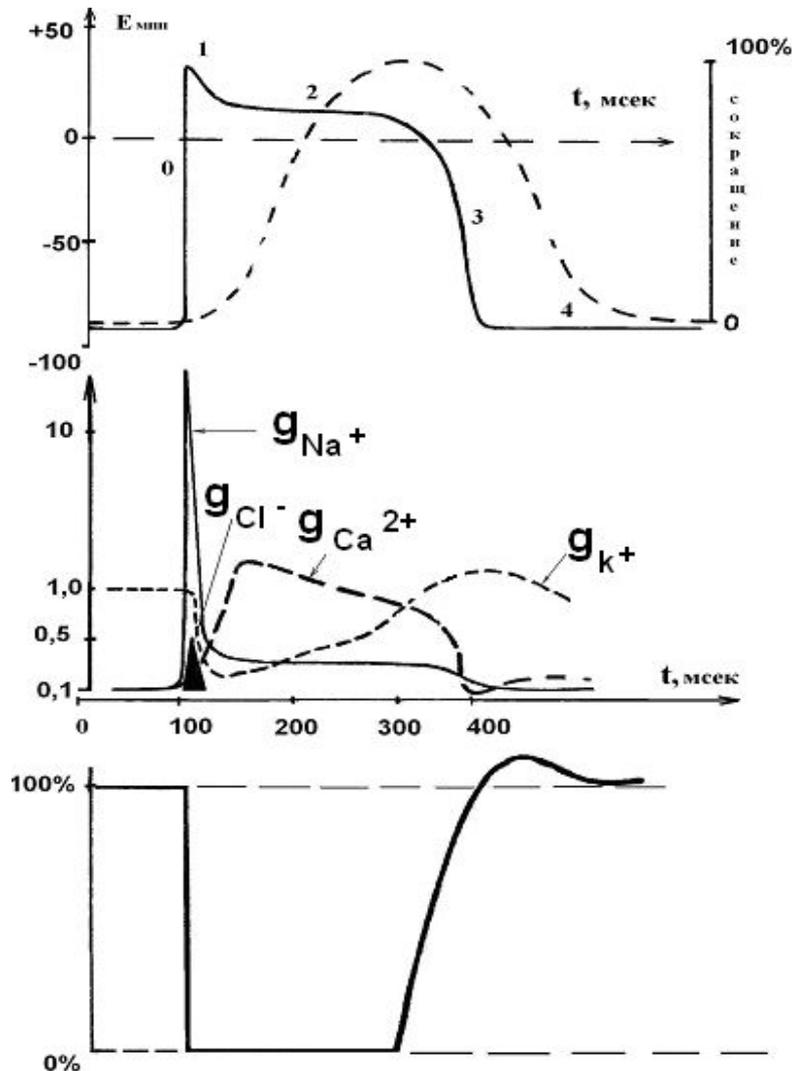
Экстрасистола

А — схематическое изображение; Б — кривая сокращения.

I — сокращение, II — возбудимость;

стрелками показаны раздражения, наносимые в разные фазы сердечного цикла, треугольниками — импульсы, исходящие из синусного узла.

ПД рабочих кардиомиоцитов



фаза 0 - фаза быстрой начальной деполяризации, имеет овершут (+40 мВ), обусловлена активацией быстрых Na-каналов и входом ионов Na^+ . Ее длительность 1-2 мсек.

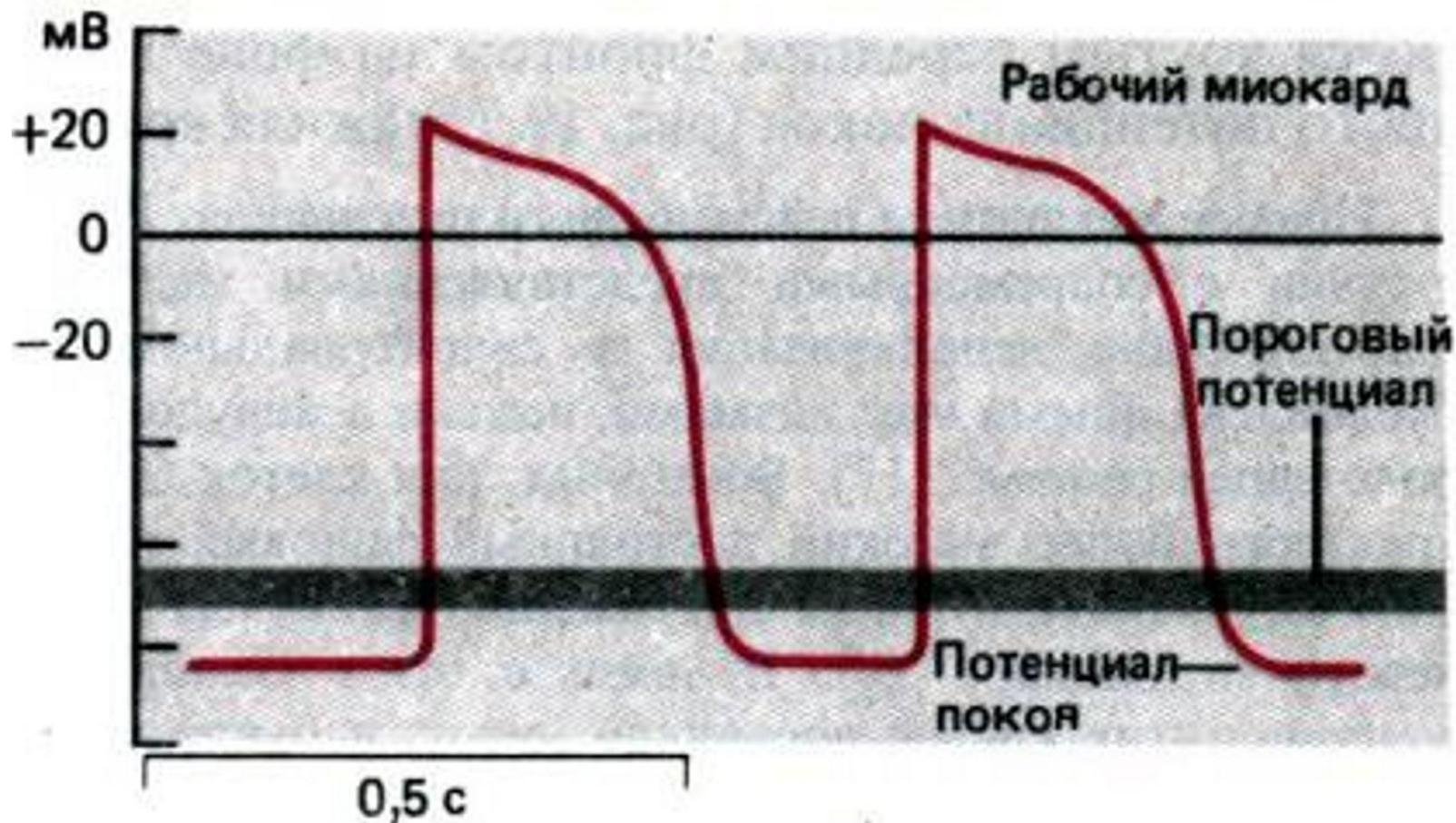
фаза 1 - ранняя фаза быстрой реполяризации связана с закрытием Na-каналов и входом ионов Cl^- .

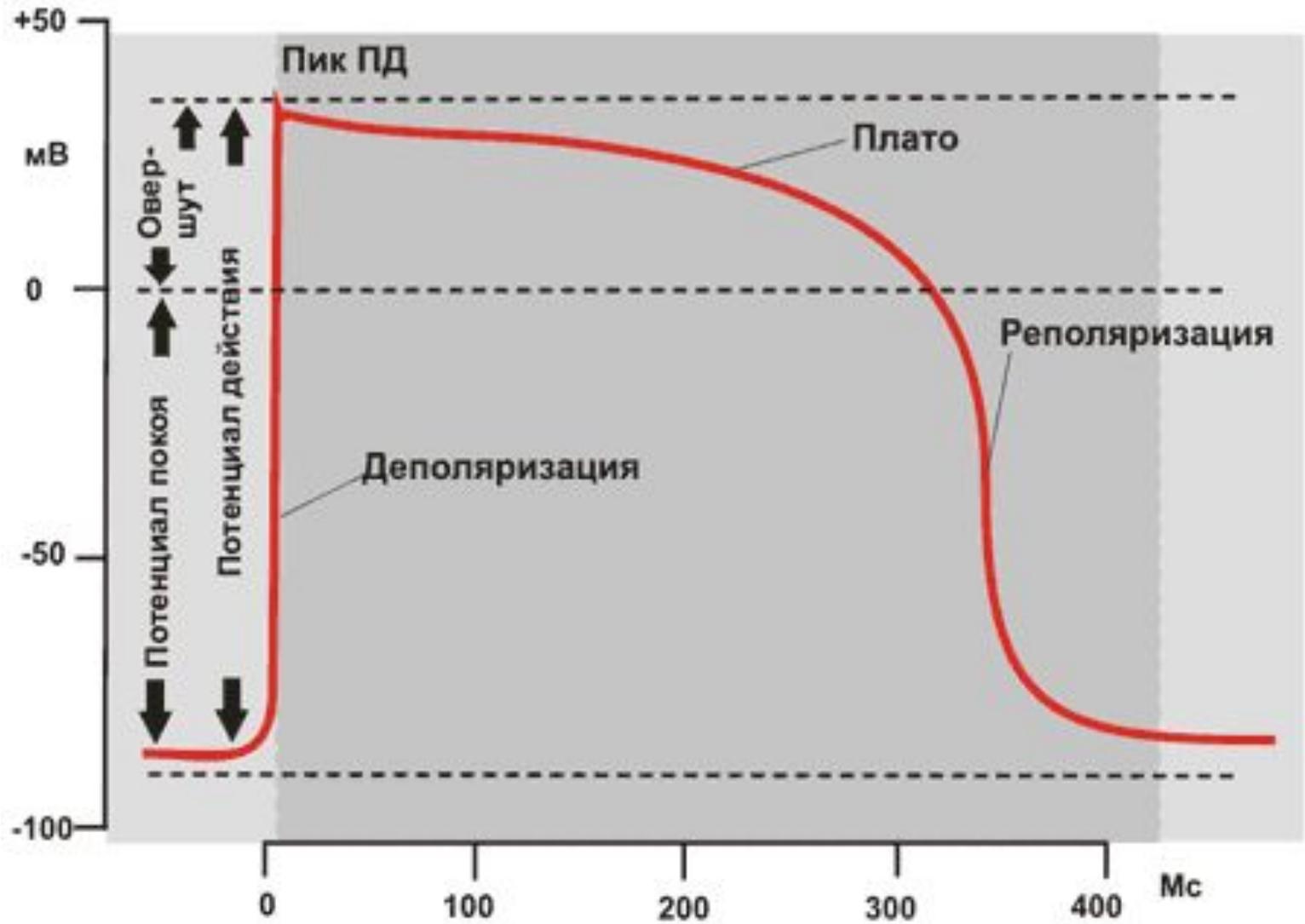
фаза 2 - продленная фаза **плато** медленной реполяризации (фаза плато - ПД), обусловлена активацией Ca-каналов L-типа ($E_{\text{крит.}} = -30 \div -40$ мВ) и входом ионов Ca^{2+} и Na^+ . Ее длительность до 300 мсек.

фаза 3 - конечная фаза быстрой реполяризации связана с закрытием Ca-каналов и выходом ионов K^+ через K-каналы до уровня МПП.

фаза 4 - фаза медленной диастолической деполяризации, приводящая к развитию фазы 0 ПД, обусловлена работой неспецифических каналов, пропускающих ионы Na^+ и K^+ .

Типичная конфигурация потенциалов действия клеток рабочего миокарда

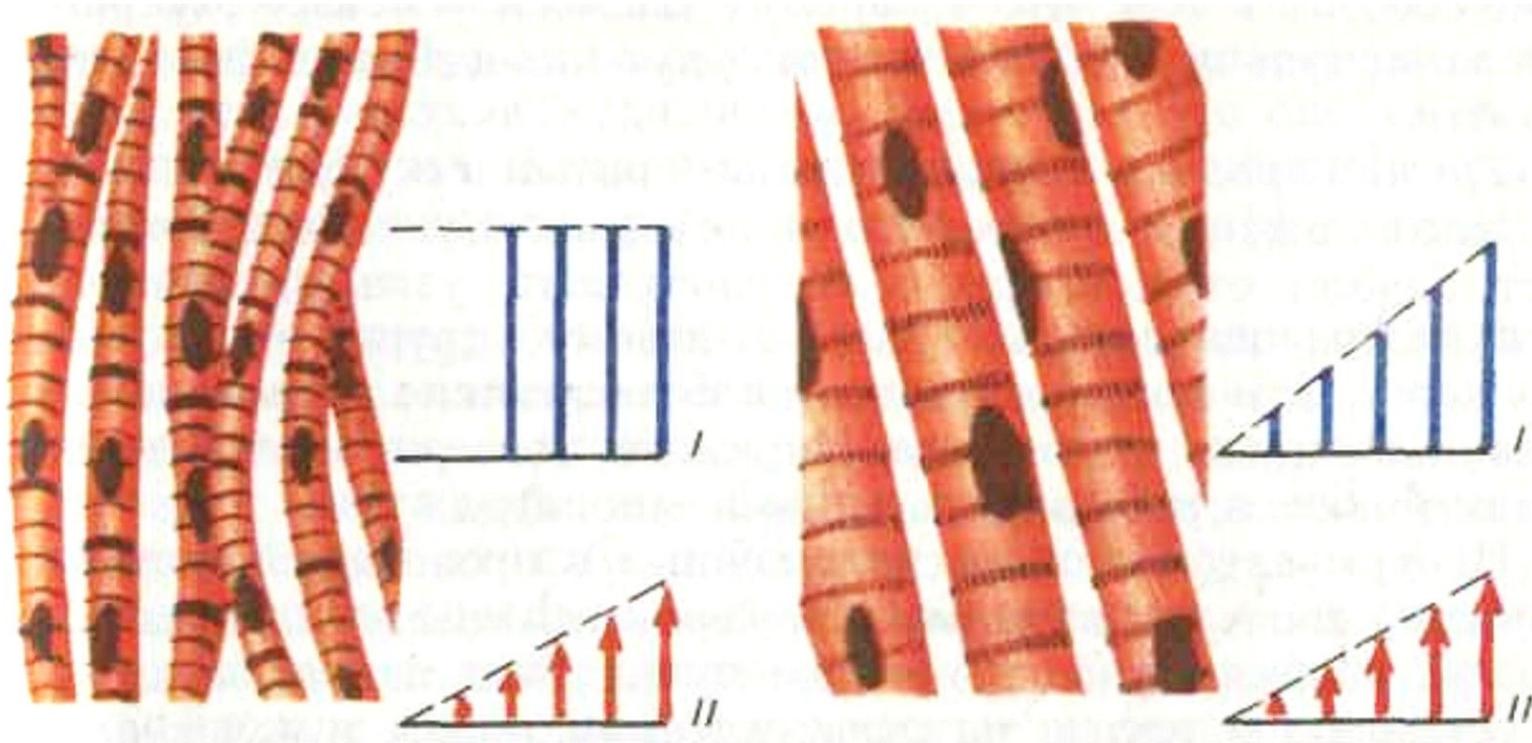




СОКРАТИМОСТЬ МИОКАРДА -

**ЕСТЬ СПОСОБНОСТЬ ПОДДЕРЖИВАТЬ
ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ
МЕЖДУ СИЛОЙ И СКОРОСТЬЮ
СОКРАЩЕНИЙ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ**

Правило “Всё или ничего”



Сократительные свойства сердечной мышцы (закон «все или ничего» — А) и скелетной мышцы (градуальность — Б)

I — амплитуда сокращений,

II — сила раздражения.

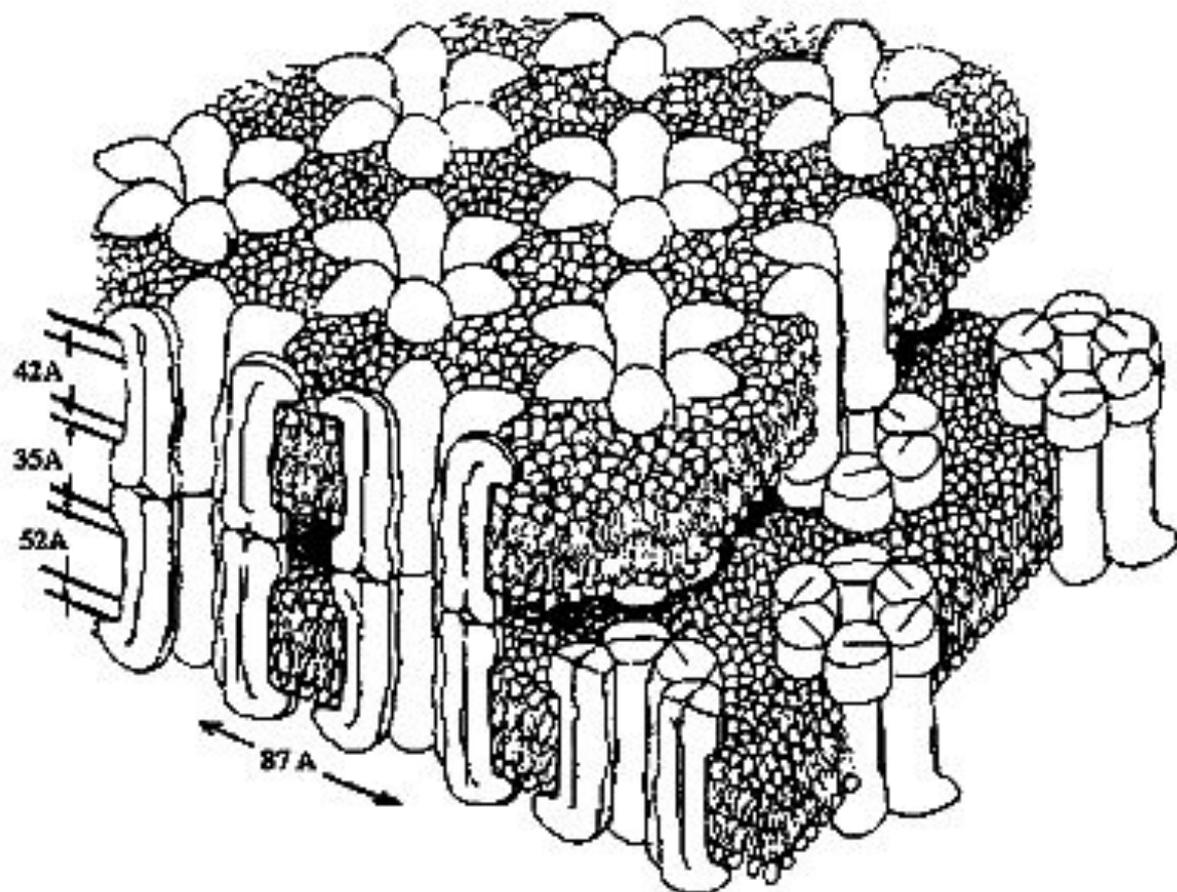
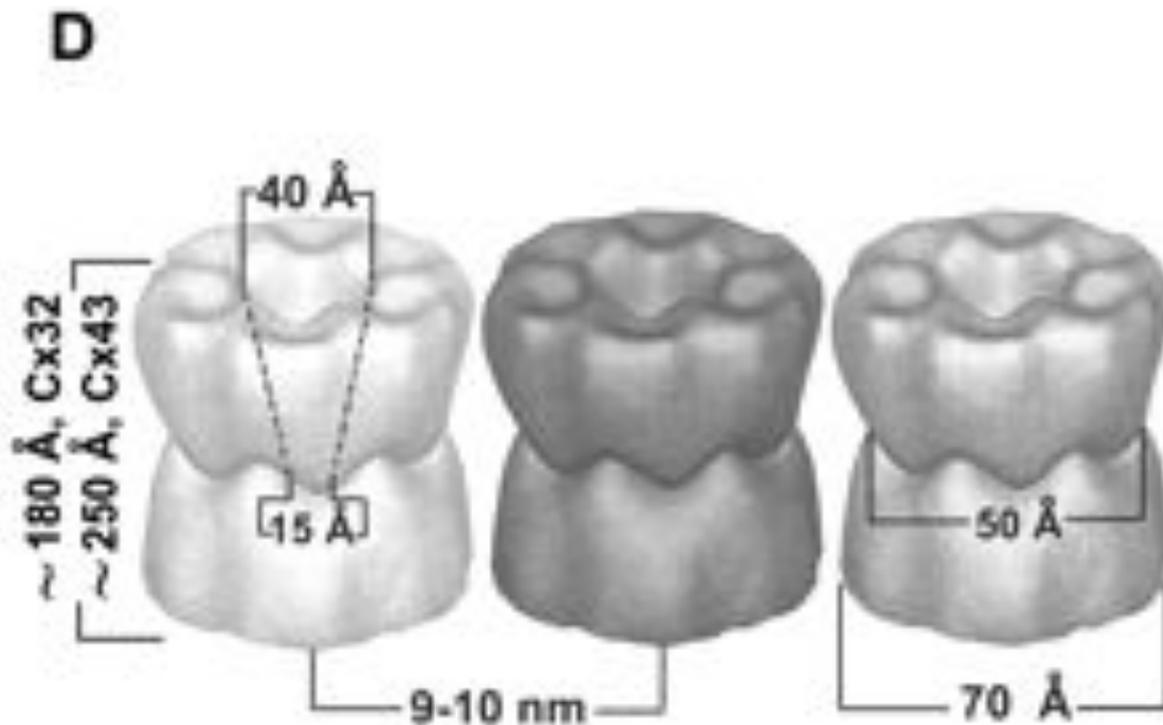
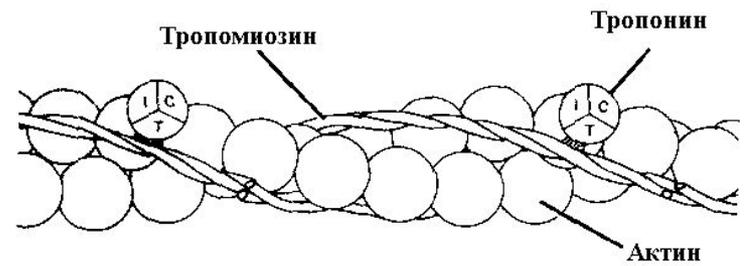
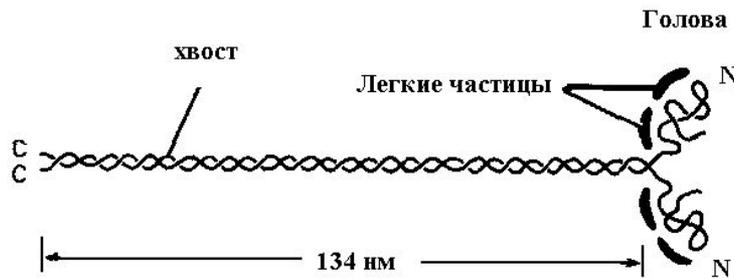
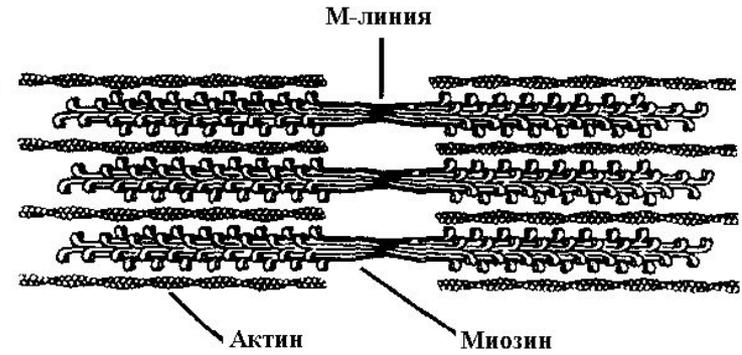
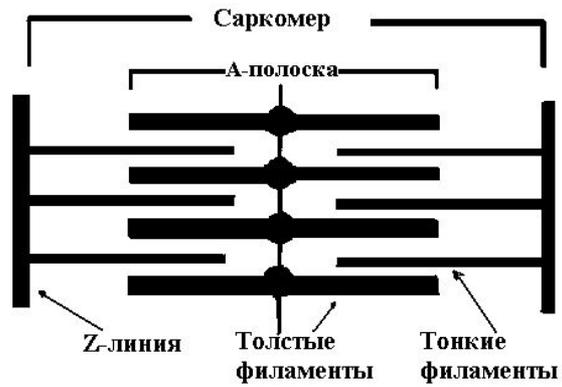


Схема щелевого контакта(электрического синапса)

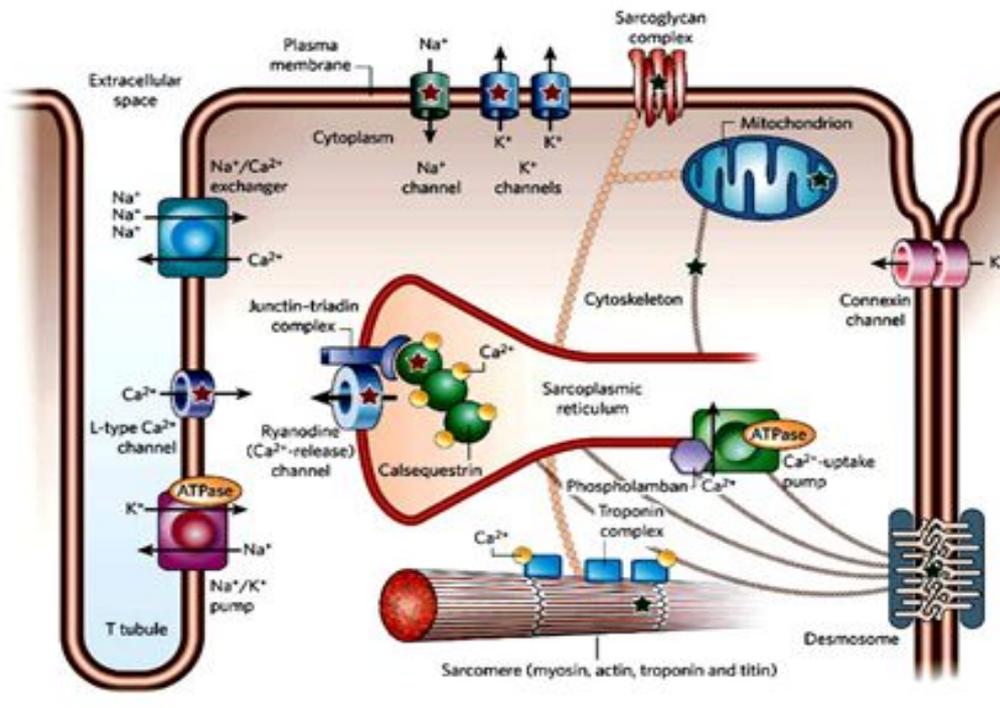
Коннексон - структурная субъединица плотного щелевого контакта





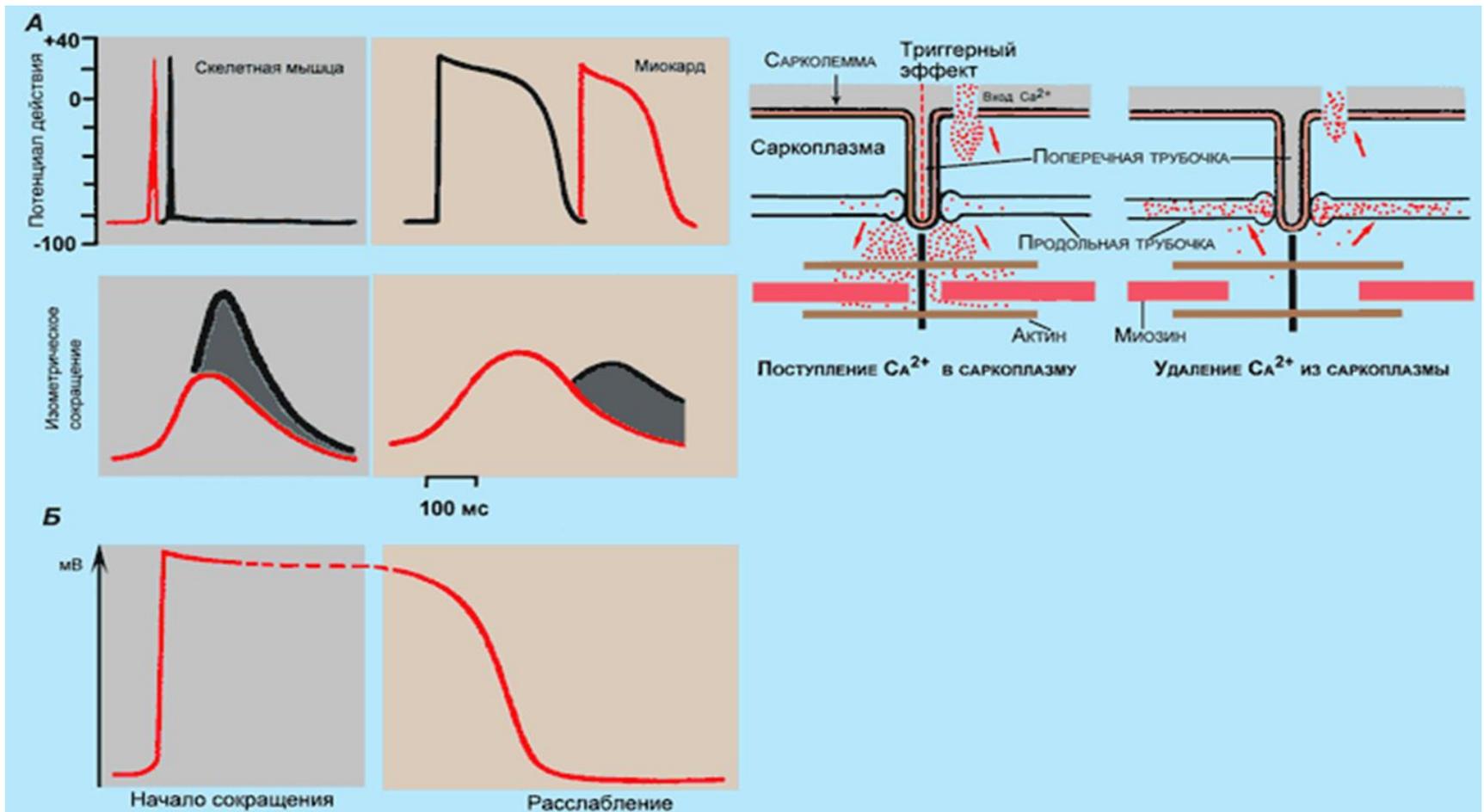
Особенность электрохимического сопряжения в кардиомиоцитах

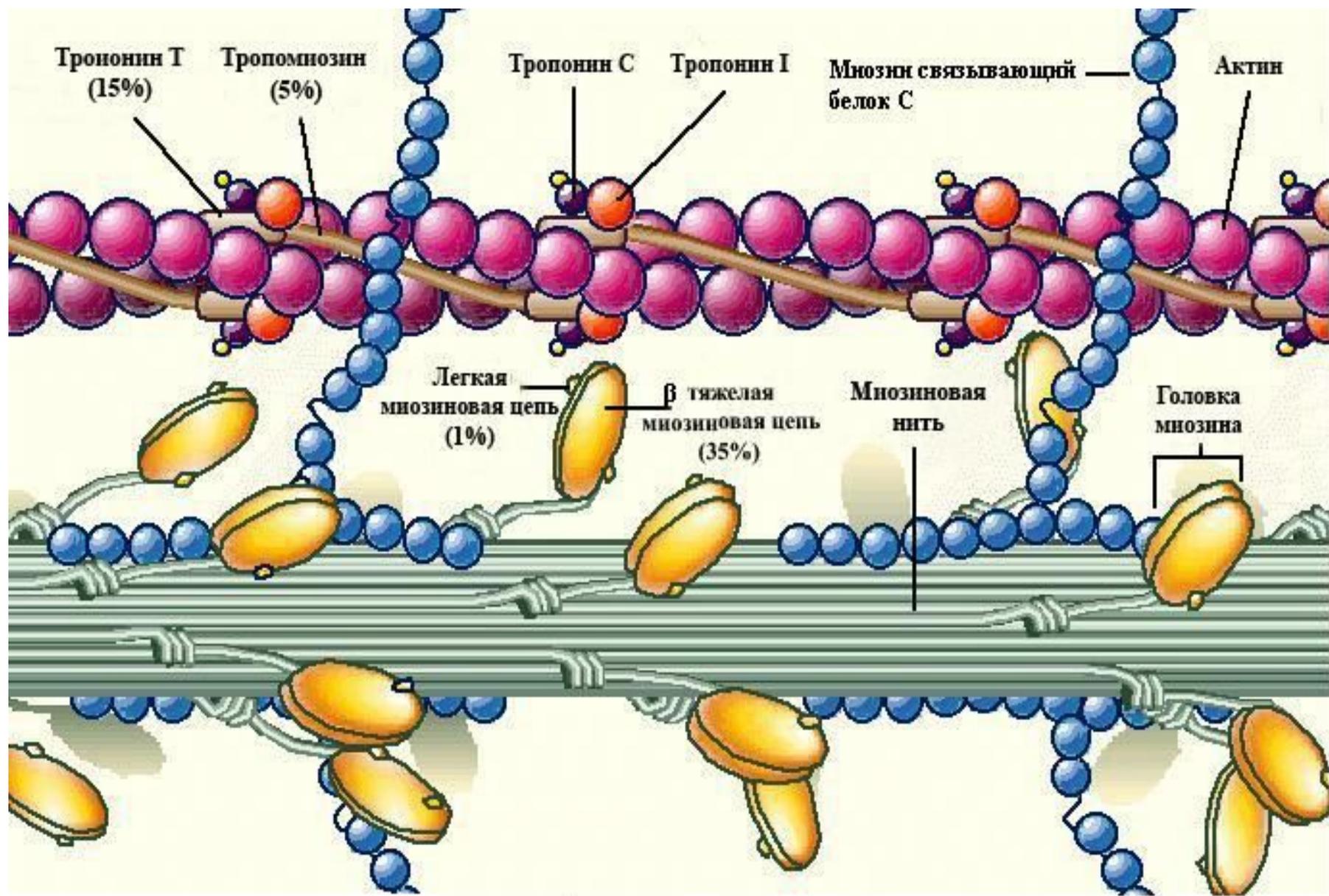
Роль Ca^{2+} в сопряжении возбуждения с сокращением подобна его роли в скелетной мышце. Однако в миокарде триггером, активирующим T-систему и вызывающим выделение Ca^{2+} из саркоплазматической сети, выступает не сама деполяризация, а внеклеточный Ca^{2+} , поступающий внутрь клетки во время ПД.



А. Сопоставление во времени потенциала действия и сокращения скелетной и сердечной мышц.

Б. Схема временных соотношений между возбуждением, током Ca^{2+} и активацией сократительного аппарата.





Компоненты саркомера

Физиологические свойства сердечной мышцы:

-Возбудимость

-Проводимость

-Лабильность

-Аккомодация

- Сократимость

Физиологические особенности сердечной мышцы:

- **Меньшая** возбудимость
- **Меньшая** проводимость
- **Меньшая** лабильность
- **Большая** аккомодация
- **Меньшая** сократимость
- **Большая** продолжительность ПД
- ПД натрий – кальциевой природы
- Большой период рефрактерности