

Строение сердца

Масса – 300 г.



эндокард
миокард
эпикард

(висцеральный листок)

перикард

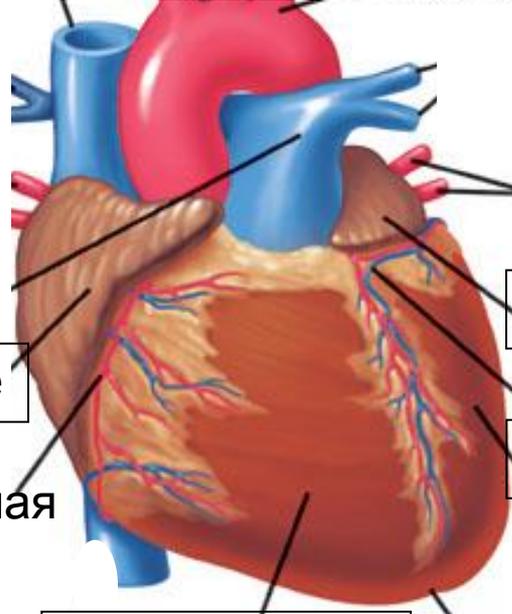
полость перикарда

париетальный листок

- К позвоночнику
- К груди
- К диафрагме

верх. полая вена

аорта



Легочный ствол

Пр. предсердие

Пр. коронарная артерия

Пр. желудочек

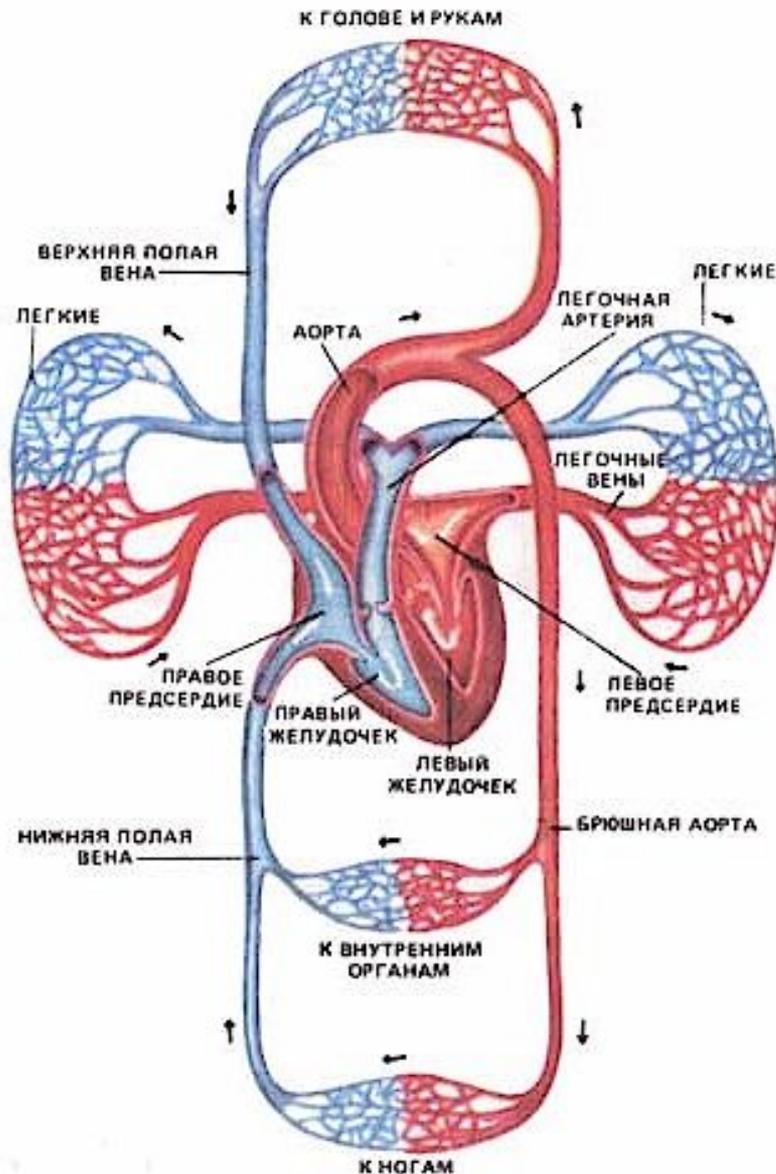
верхушка

Лев. легочные вены

Лев. предсердие

Лев. желудочек

Круги кровообращения



БОЛЬШОЙ КРУГ

Левый желудочек - аорта, артерии, капилляры и вены мускулатуры тела и всех органов (кроме легких), полые вены - правое предсердие

Объем крови – 84%

Величина сред. давления

в крупн. артериях – 120/80 мм рт.ст.

в капиллярах - 35/15 мм рт.ст.

V кровотока в крупн. артериях – 30-50 см/с

МАЛЫЙ КРУГ

правый желудочек – легочной ствол, сосуды легких, легочные вены – левое предсердие

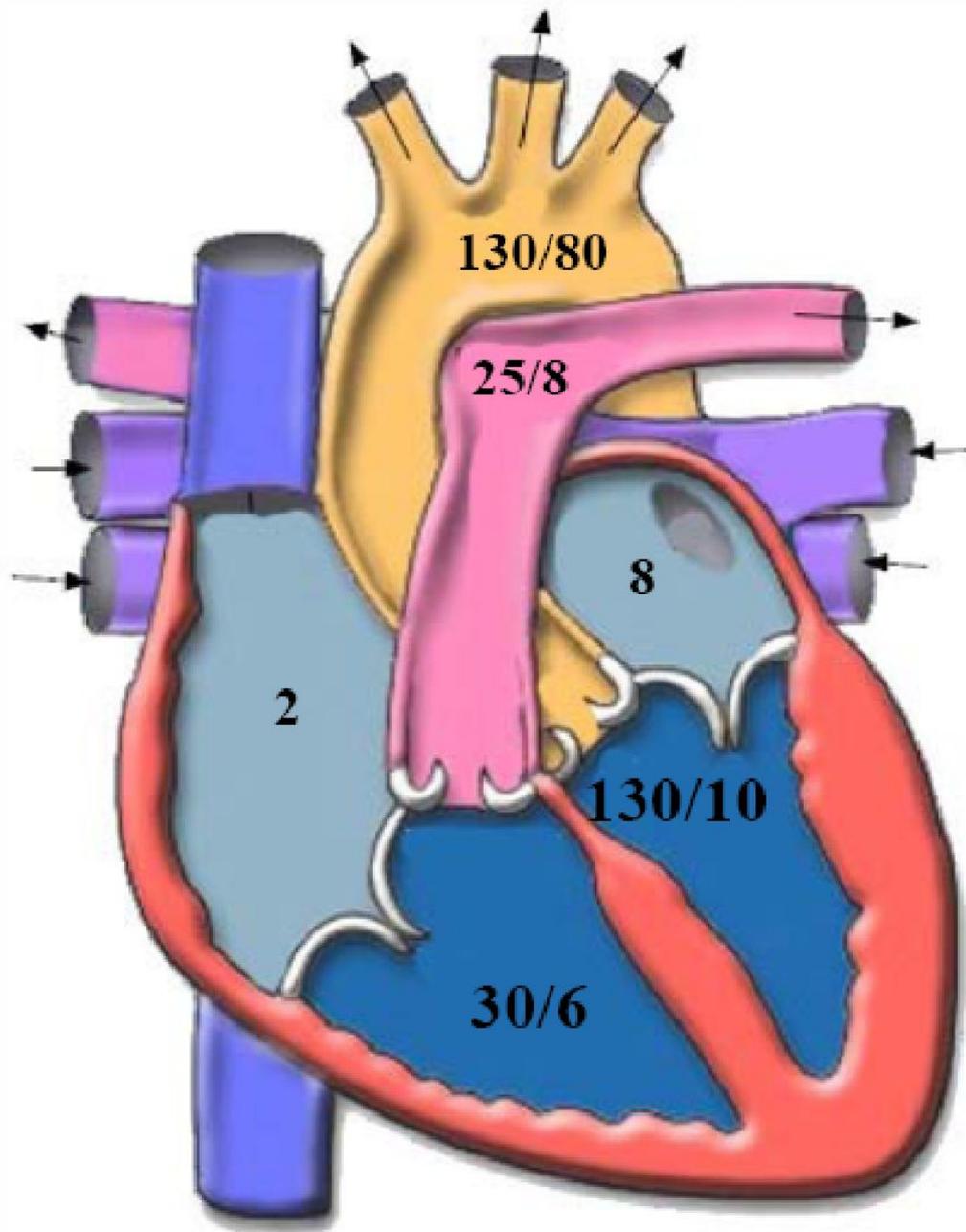
Объем крови – 9%

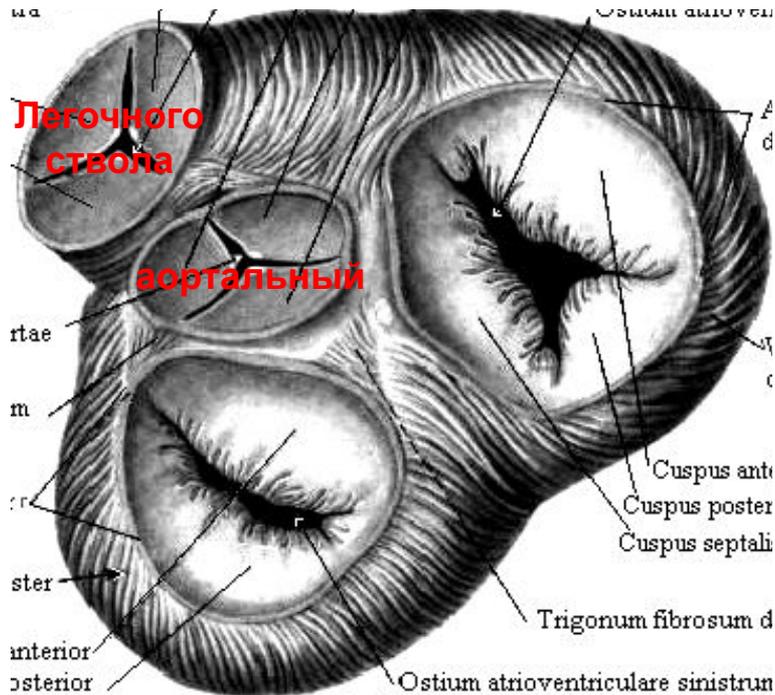
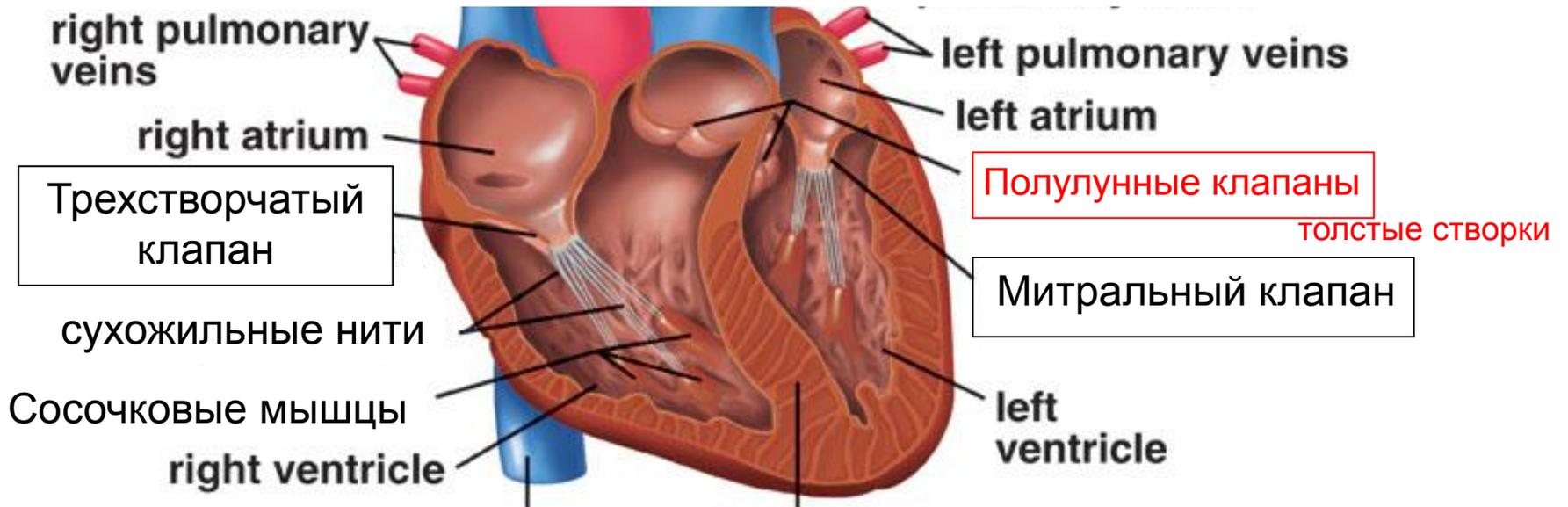
Величина сред. давления

в крупн. артериях – 25/8 мм рт.ст.

в капиллярах - 8/3 мм рт.ст.

V кровотока в крупн. артериях – 10 см/с





Атриоventрикулярные клапаны:
 (тонкие створки)
 - сокращение сосочковых мышц
 ↓
 препятствуют их выворачиванию
 в сторону предсердий

Цикл работы сердца: систола и диастола

2. Систола желудочков:

1. Систола предсердий

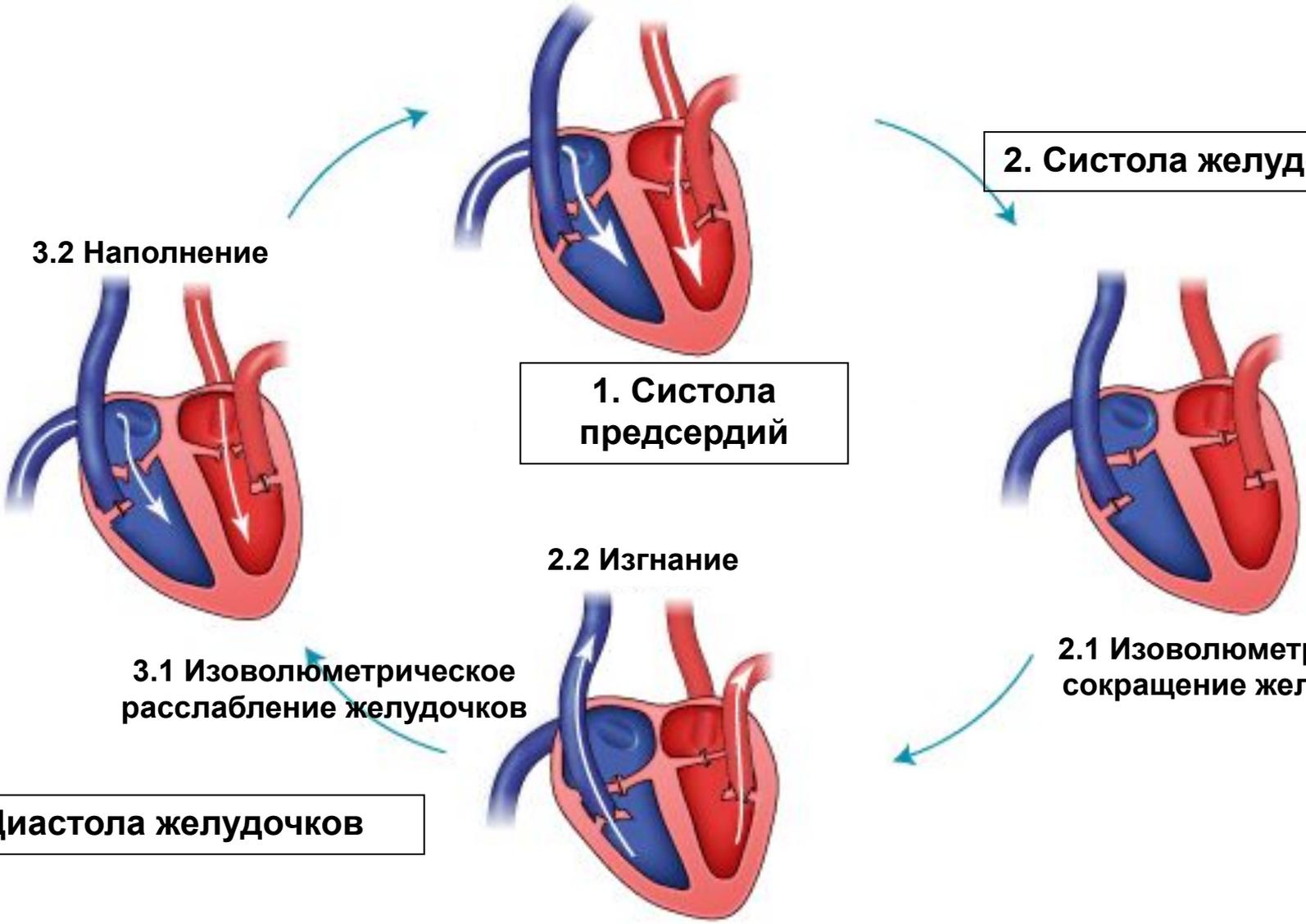
2.1 Изоволюметрическое сокращение желудочков

2.2 Изгнание

3.1 Изоволюметрическое расслабление желудочков

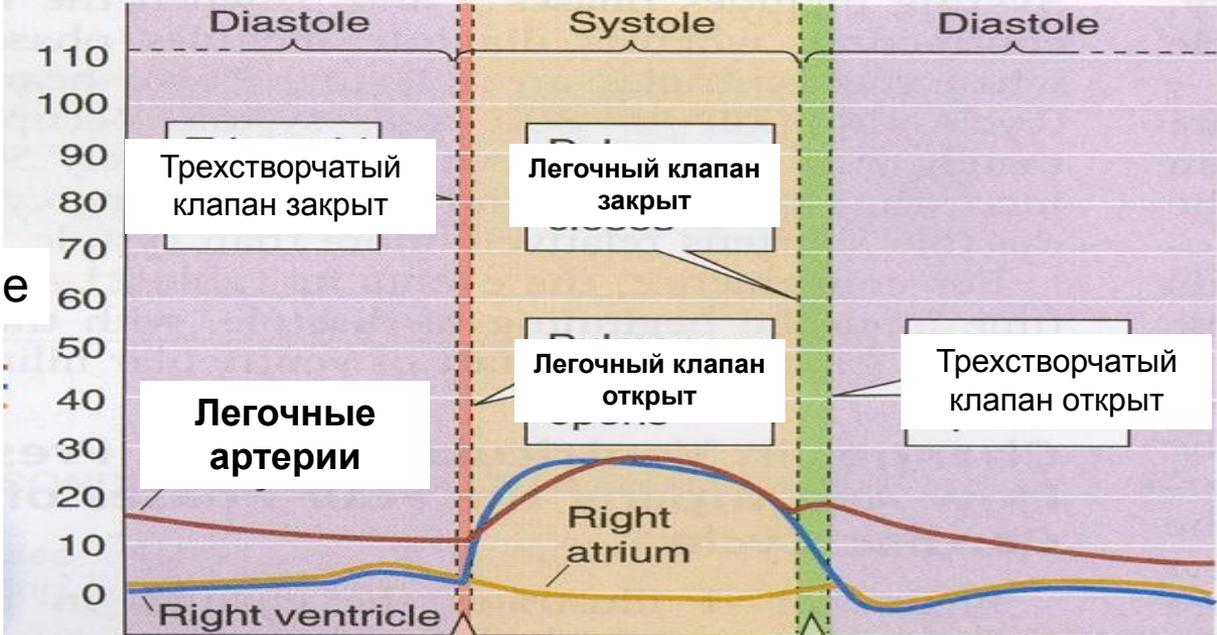
3. Диастола желудочков

3.2 Наполнение



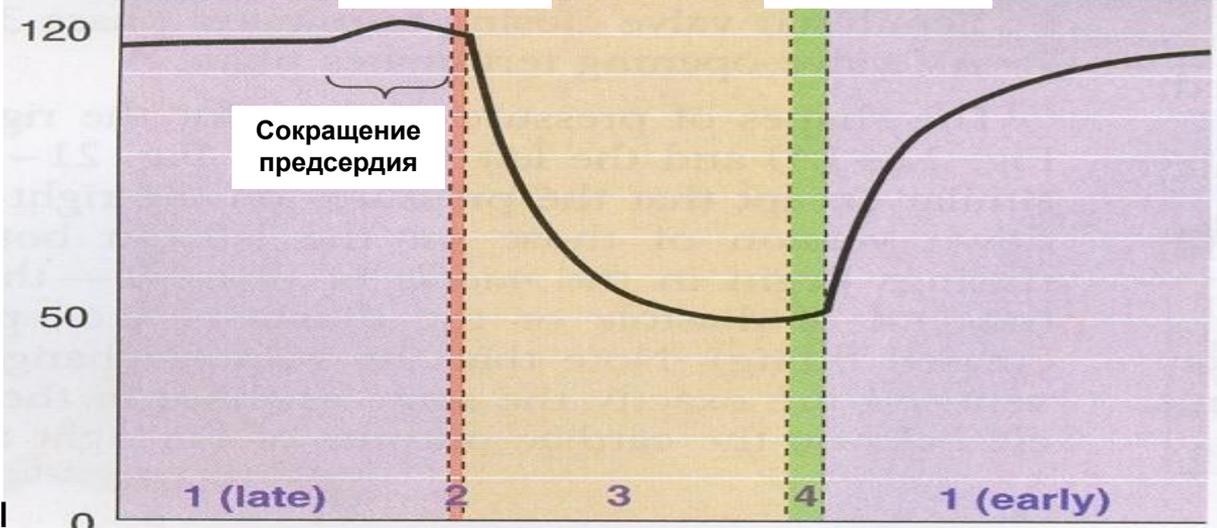
Правый желудочек

Давление



наполнение изоV сокращение изгнание изоV расслабление наполнение

Объем желудочка

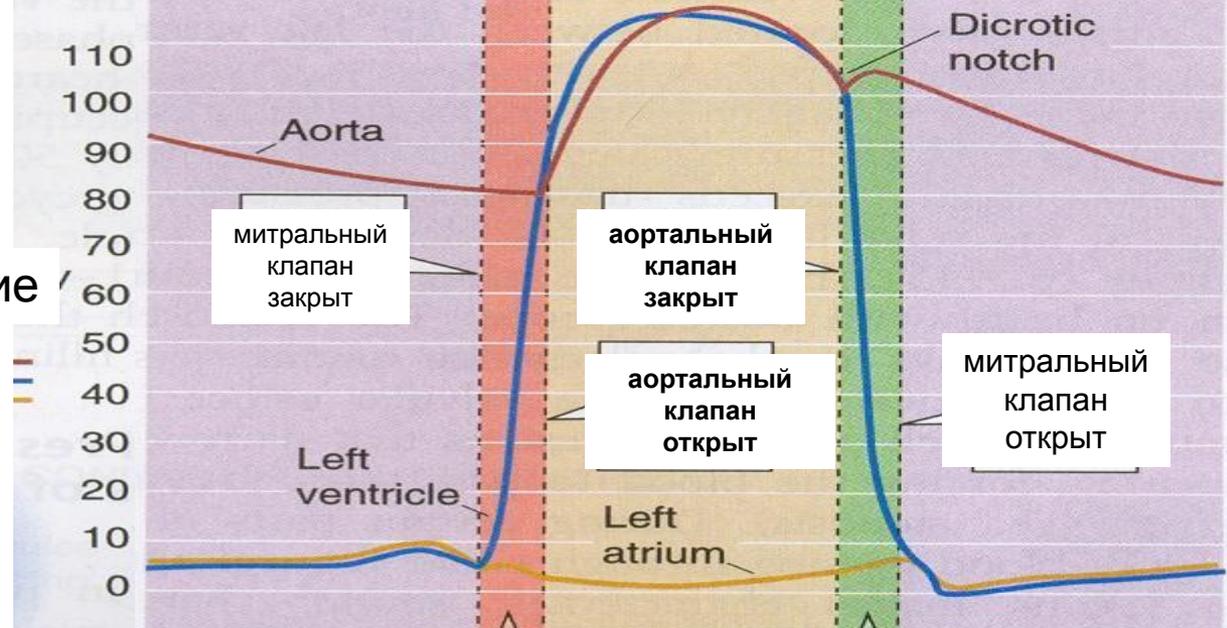


фазы

1 (late) 2 3 4 1 (early)

Левый желудочек

Давление



В 6 р. больше работа



наполнение изоV сокращение изгнания изоV расслабление наполнение

Конечно-диастолический V (до 50-180мл)

Объем желудочка



Сокращение предсердия

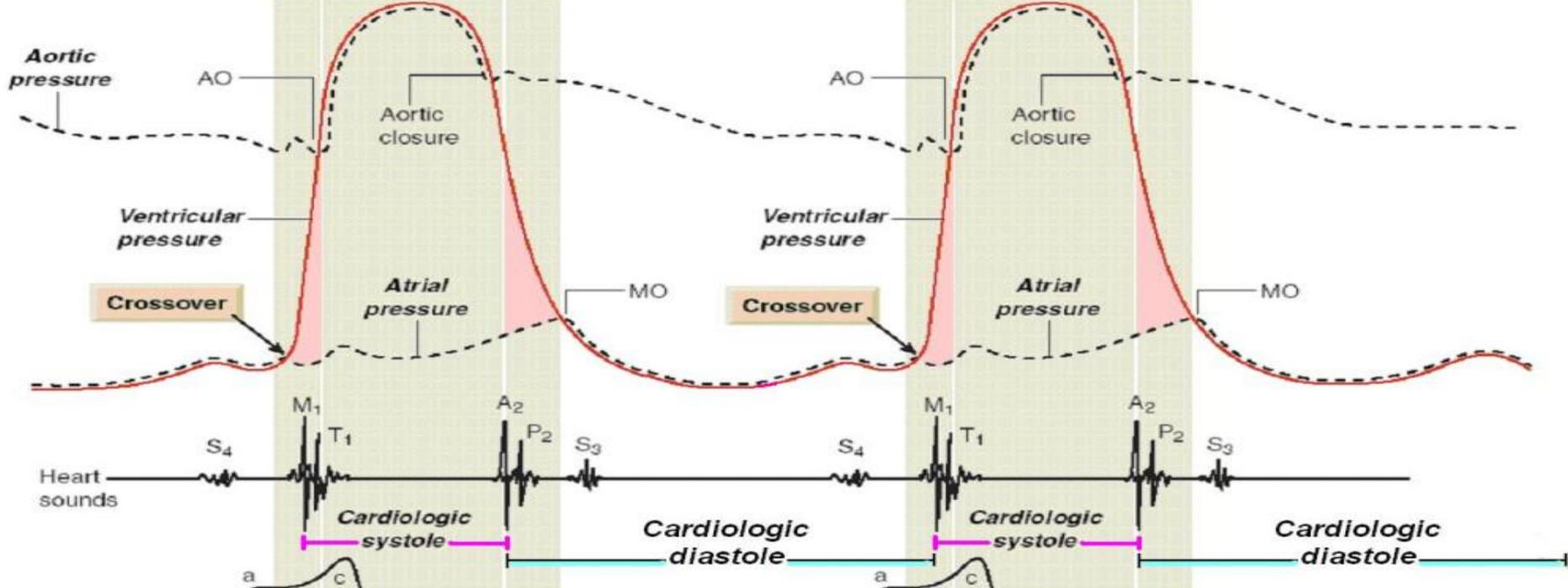
Ударный объем

$УО \cdot ЧСС = МОК$
Нагрузка $МОК \cdot 4-7$

Конечно-систолический V (до 10-20 мл)

фазы

1 (late) 2 3 4 1 (early)



Эхокардиография.

Стетоскоп тоны 1 (низкочастотный, продолжительный) и 2 (громкий высокочастотный хлопок)

1) Систолический тон: закрывание митрального (M1) и трехстворчатого клапанов (T1)

2) Диастолический тон: закрытие аортального (A2) и легочного (P2) клапанов

фонокардиография

3) 3 тон (S3) – наполнение кровью желудочков

4) 4 тон (S4) - сокращение предсердий

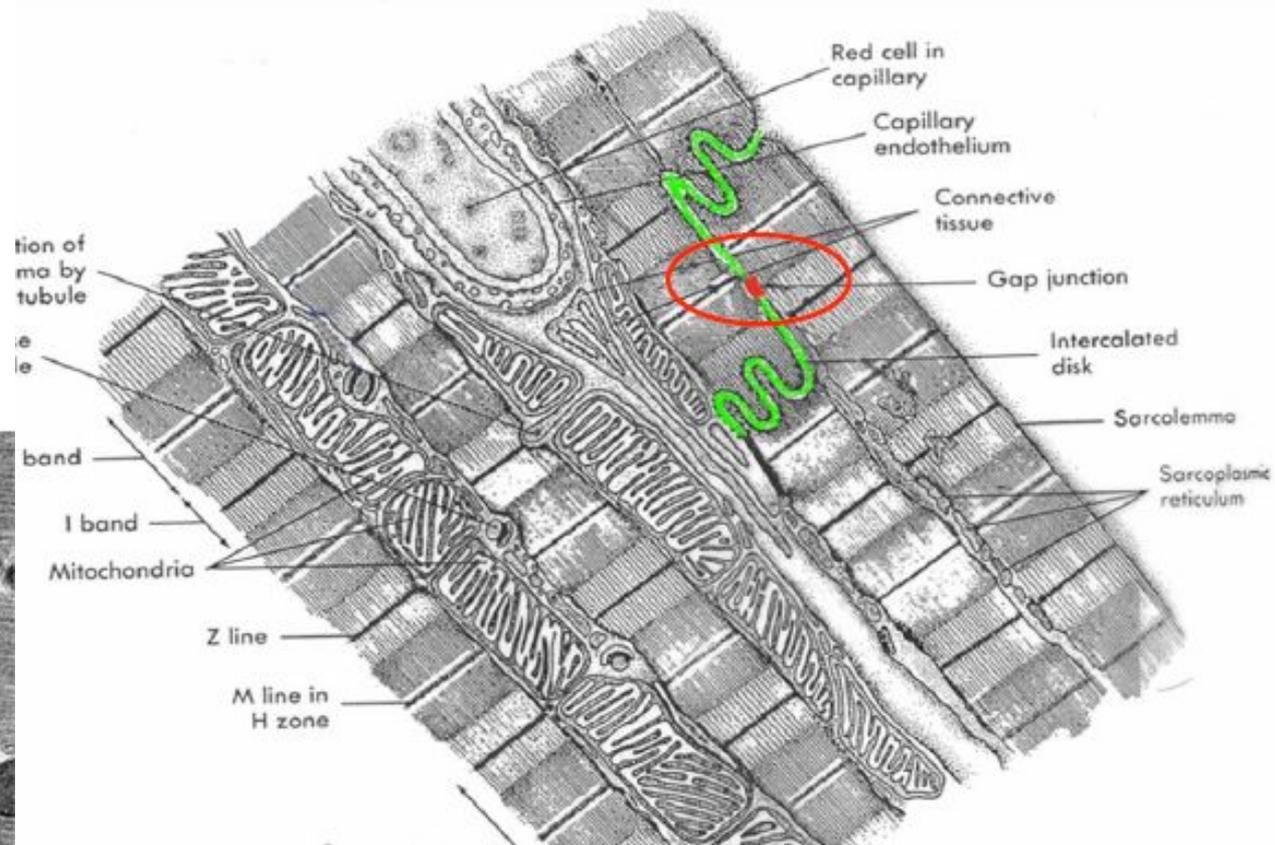
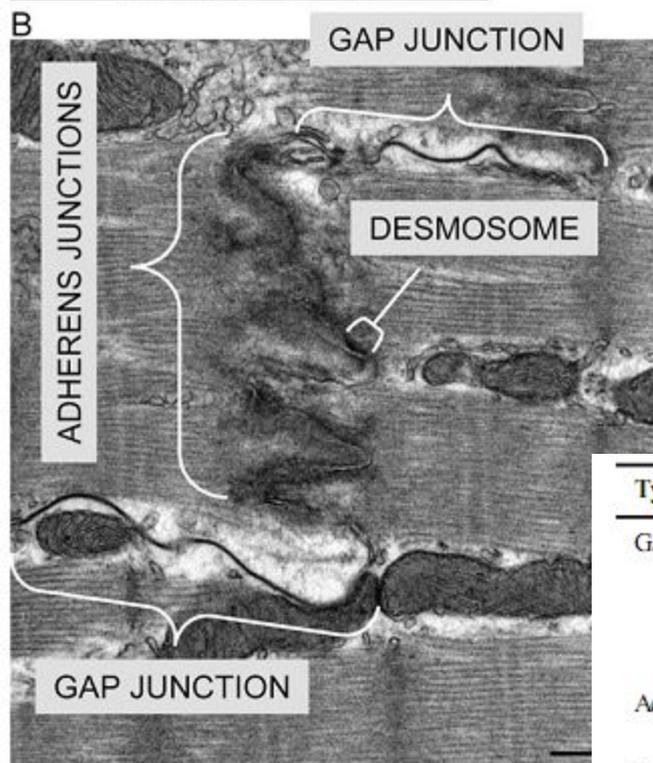
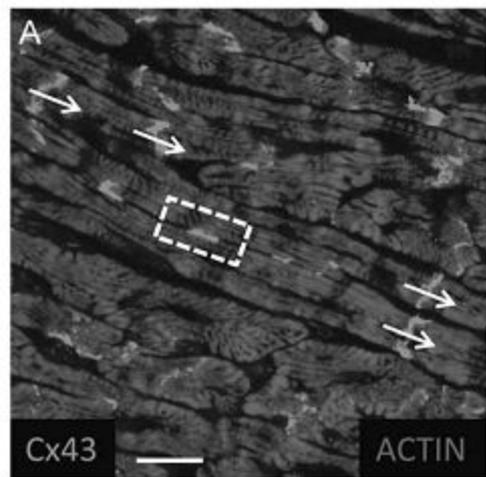
Шумы – турбулентность:

↑
неполное смыкание створок (недостаточность)

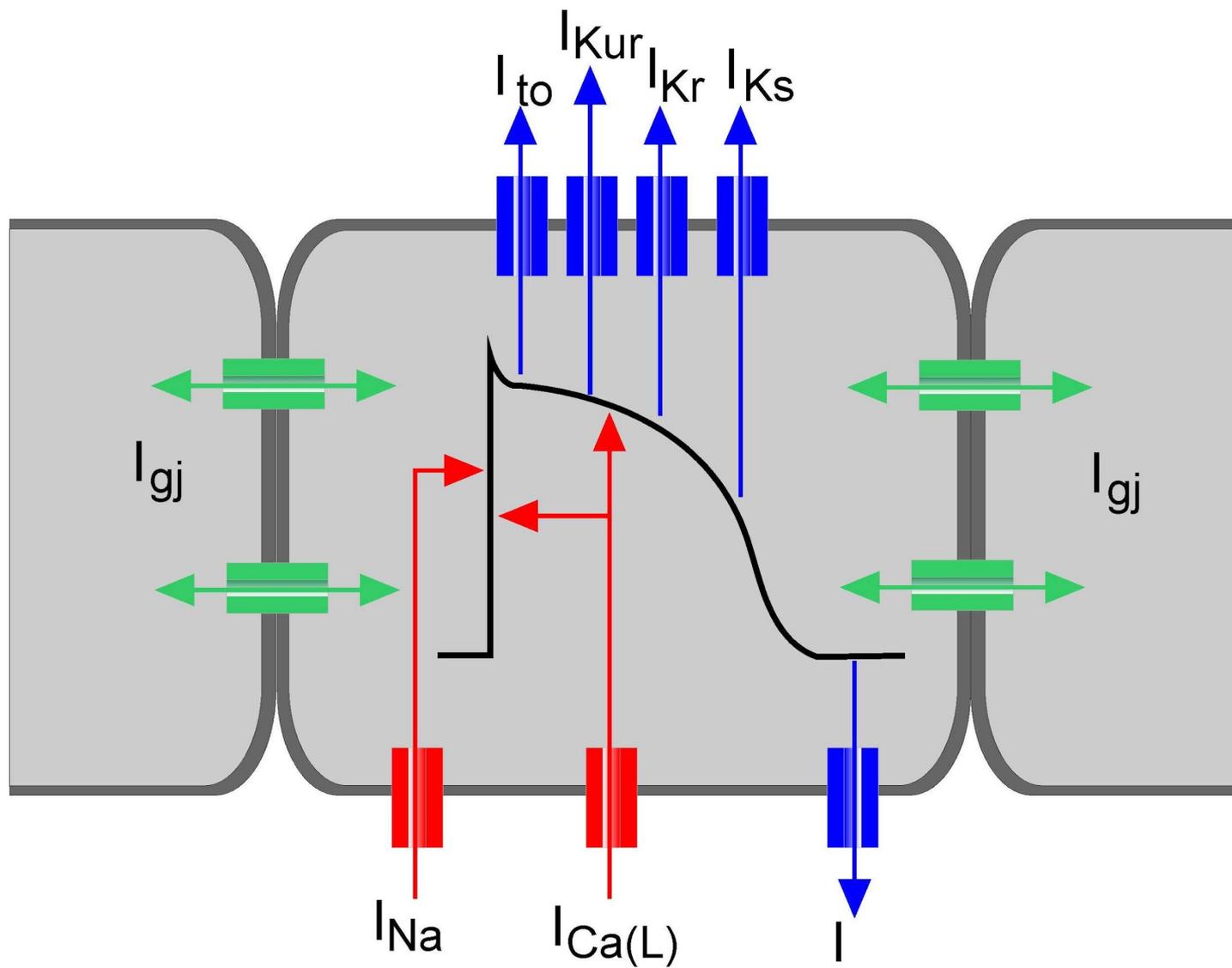
↓
сужение клапанных отверстий (стеноз)

↓
регургитация

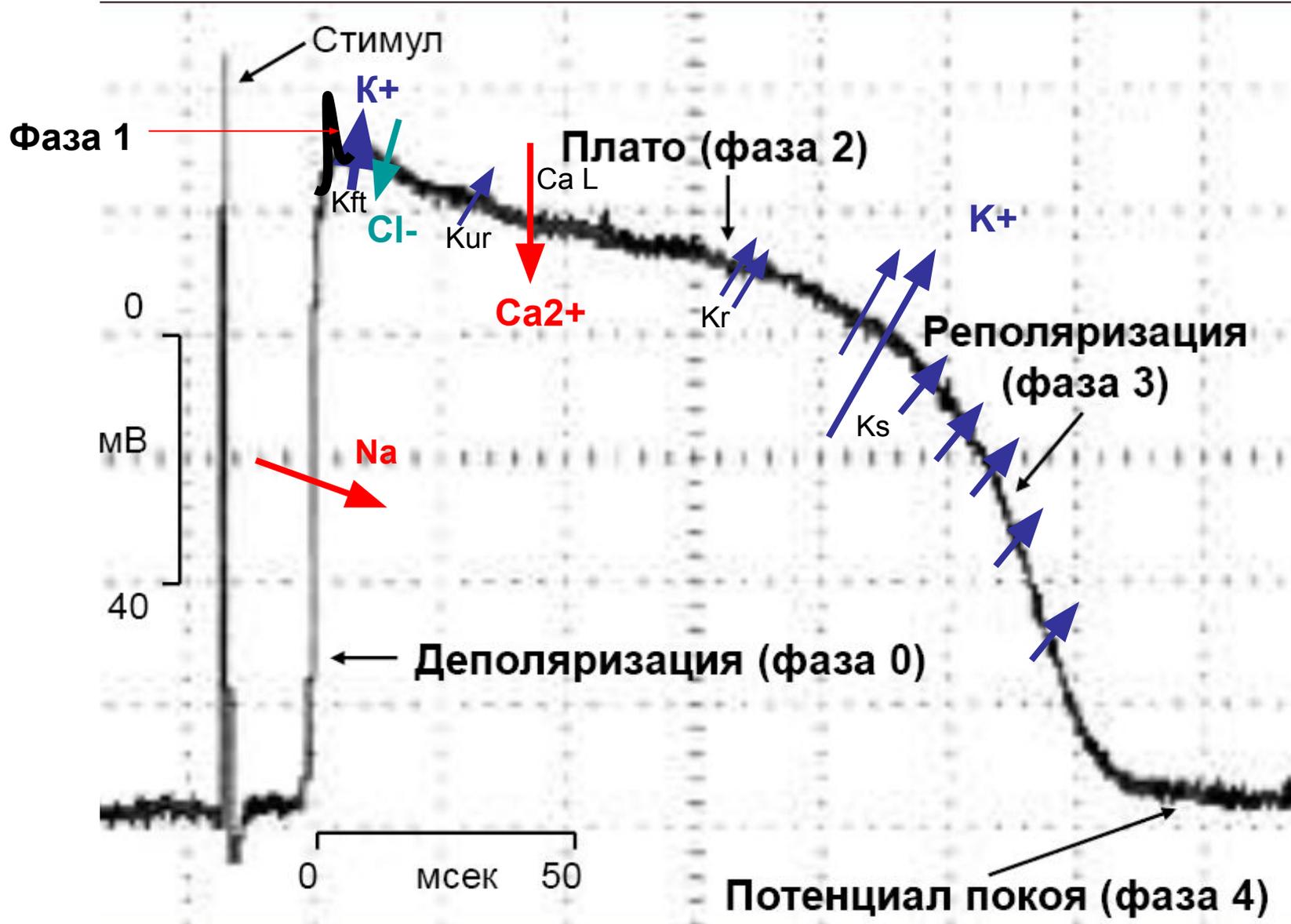
Дефект клапана, паралич сосочковых мышц, повреждение сухожильных нитей



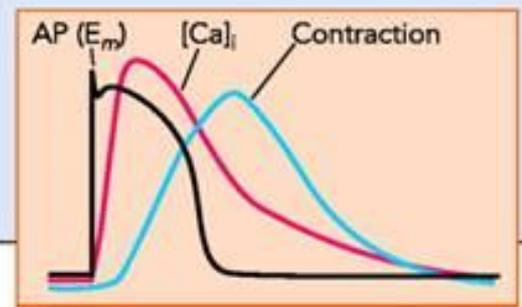
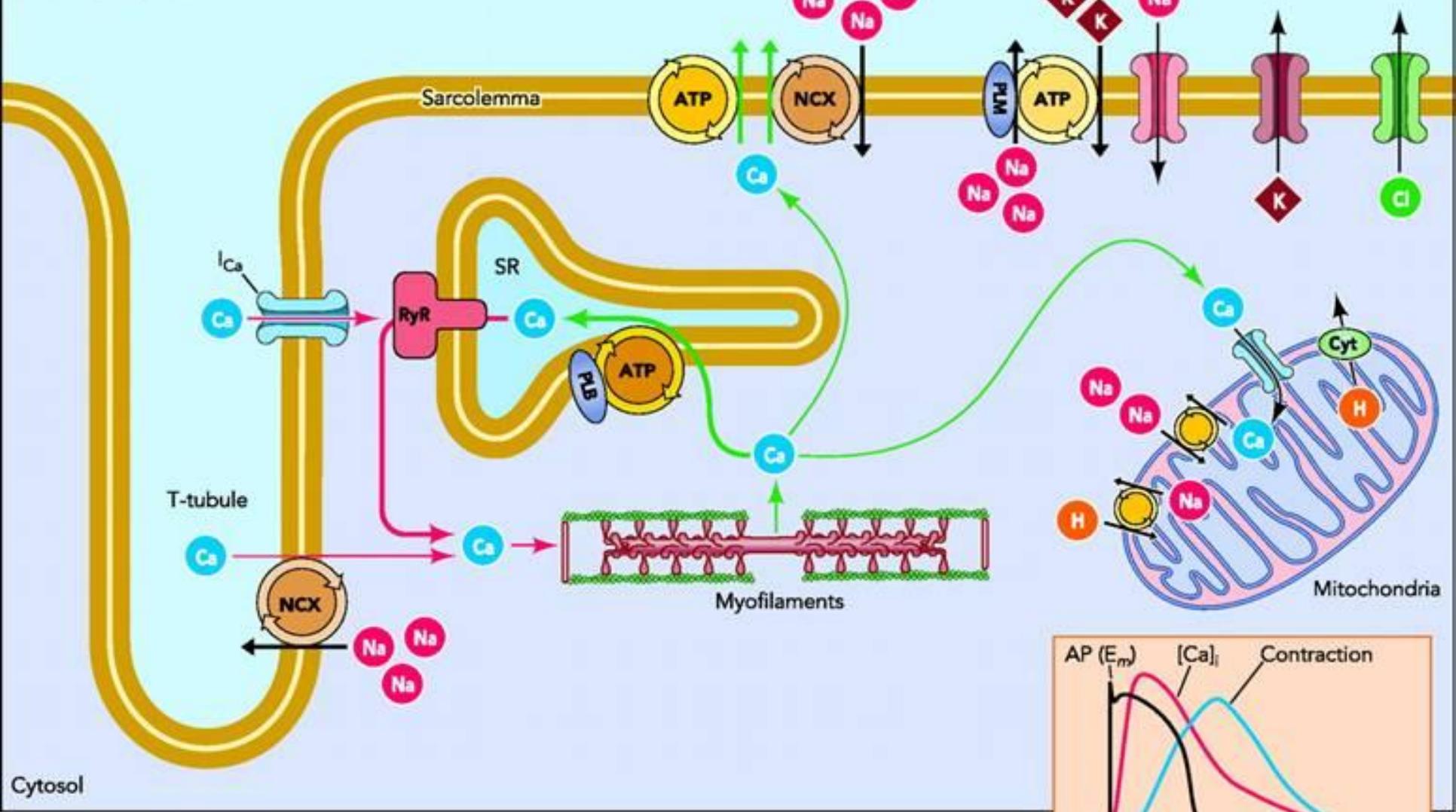
Type	Definition	Function	Major Proteins
GJs	Intercellular channels	Intercellular passage of ions and small molecules	Connexins (Cx43)
Adherens junctions	Sites of mechanical attachment linked to actin	Hold cells together	Cadherins (N-Cadherin) Catenins (β -catenin)
Desmosomes	Sites of mechanical attachment linked to intermediate filaments	Hold cells together	Cadherins (desmoglein, desmocollin) Plakoglobin Plakophilin Desmoplakin



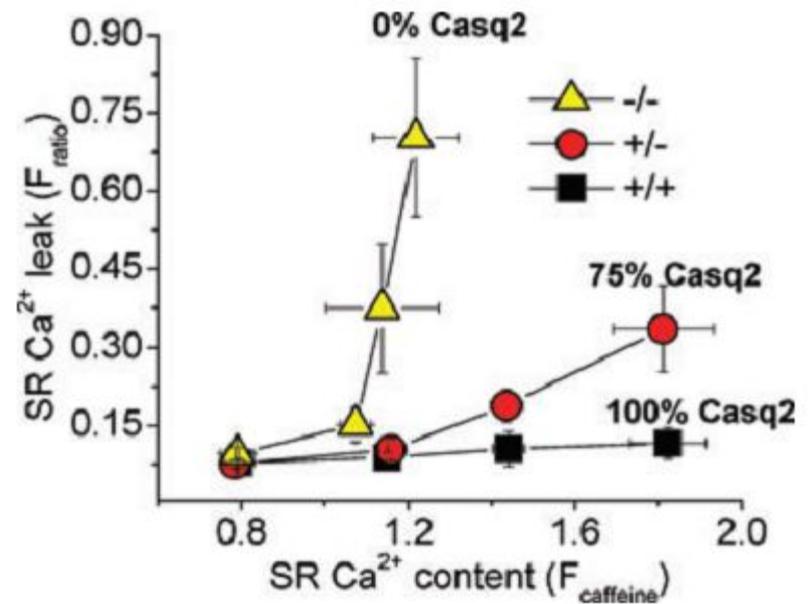
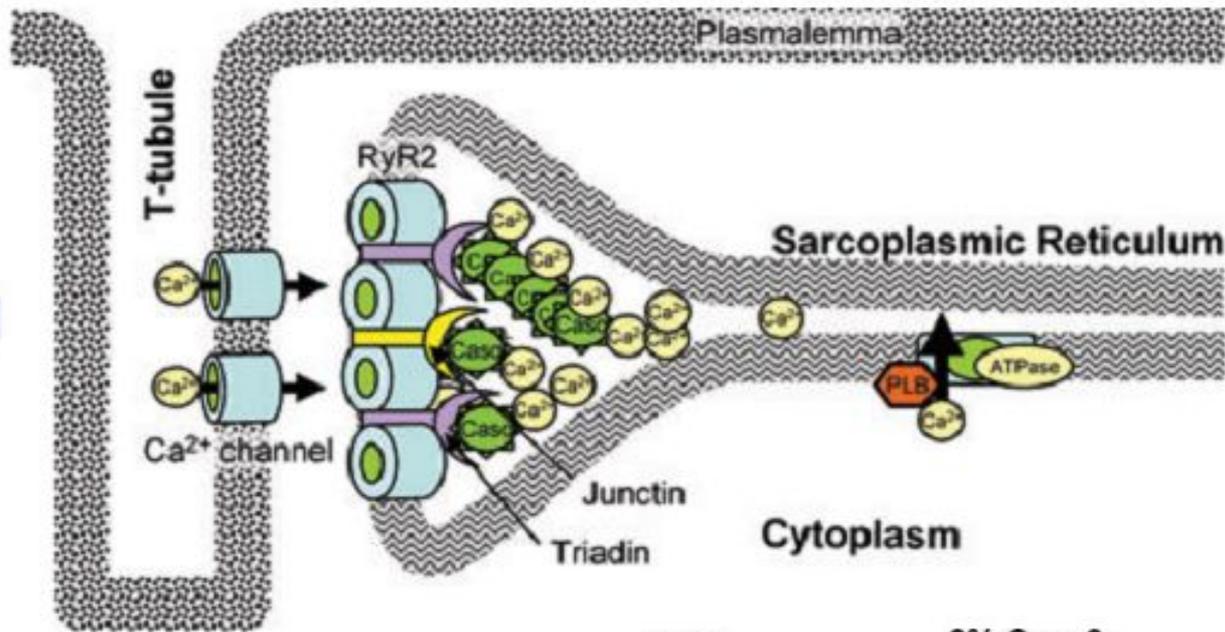
Рабочие кардиомиоциты

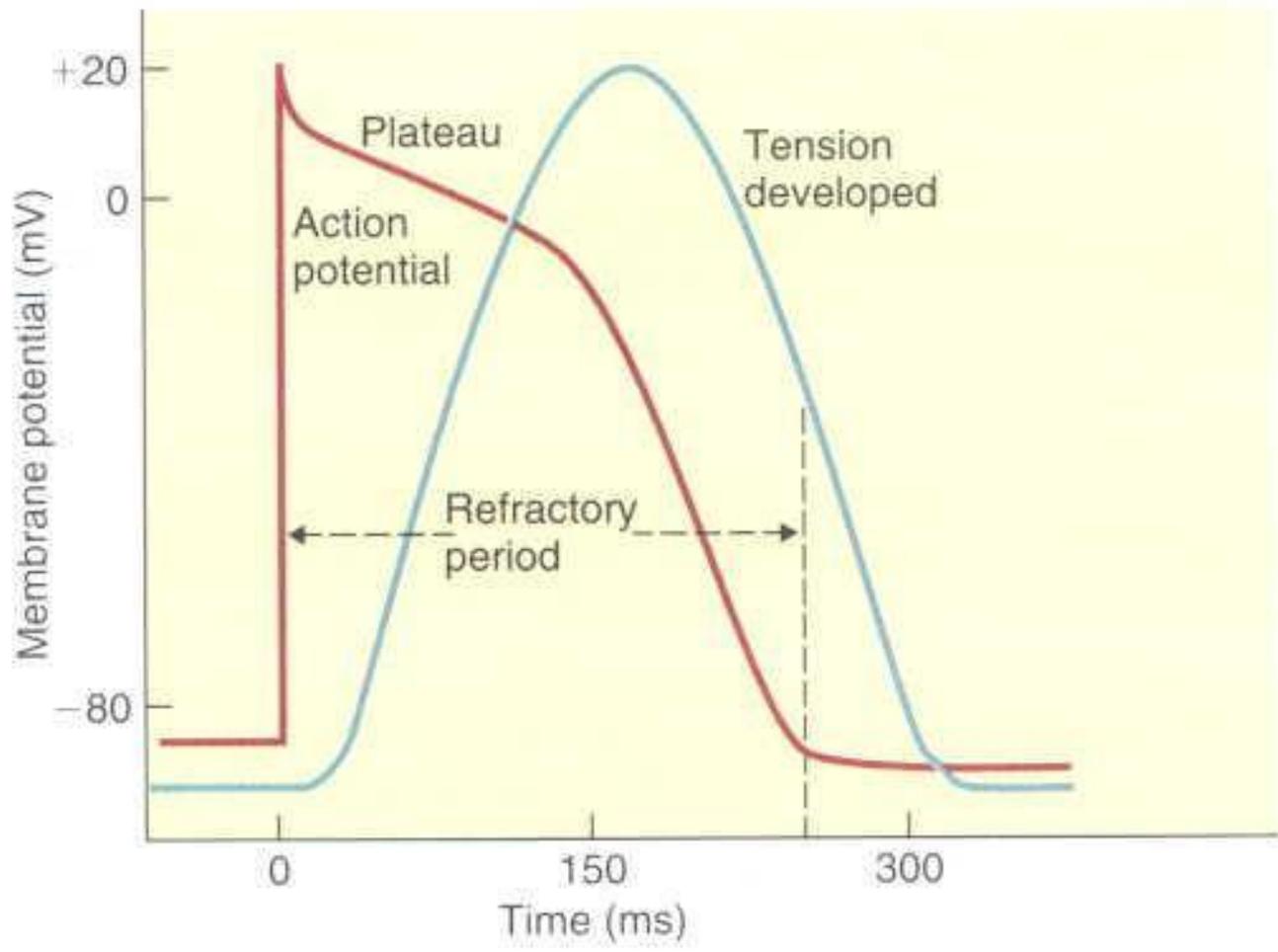


Extracellular space



Normal



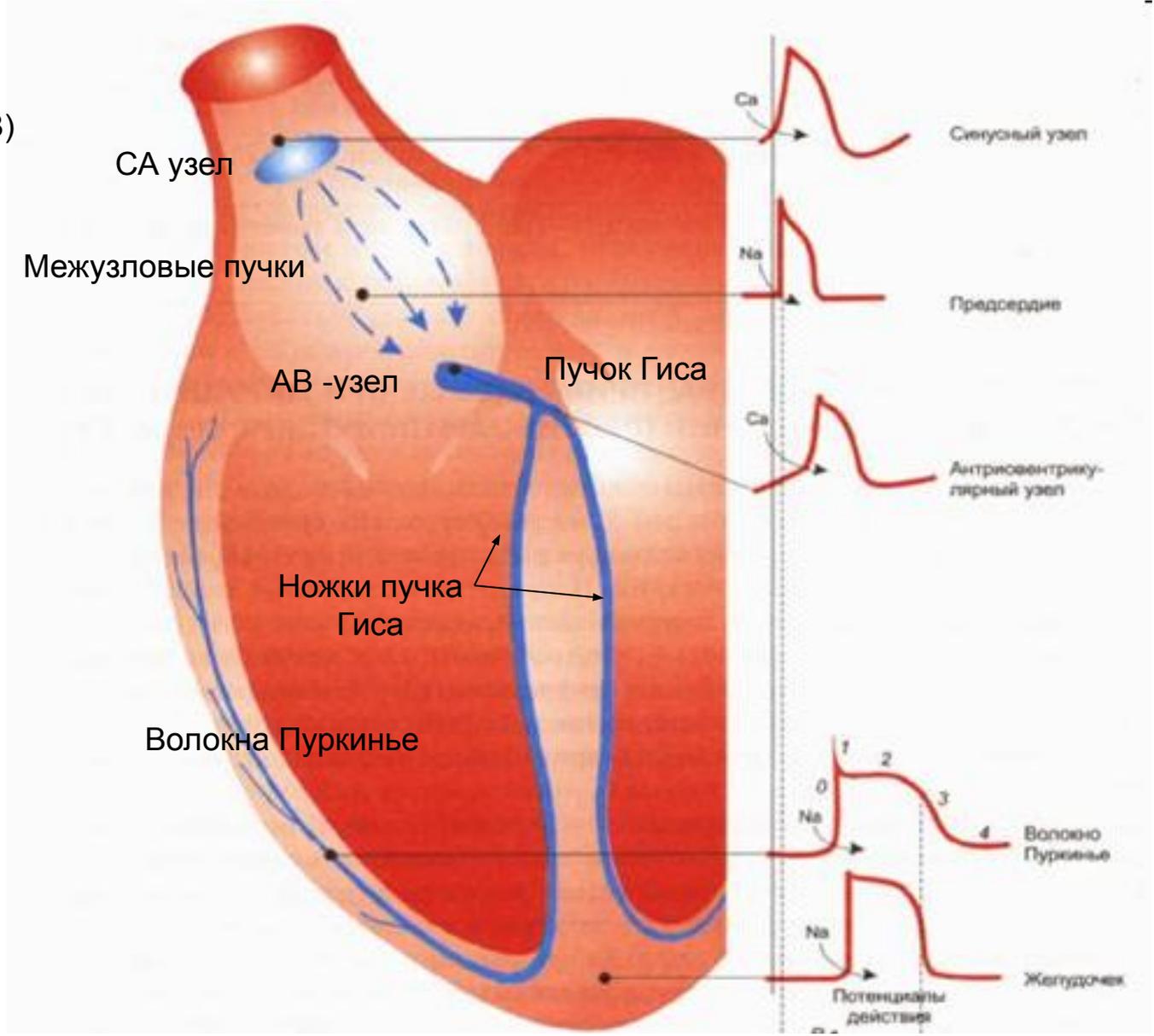


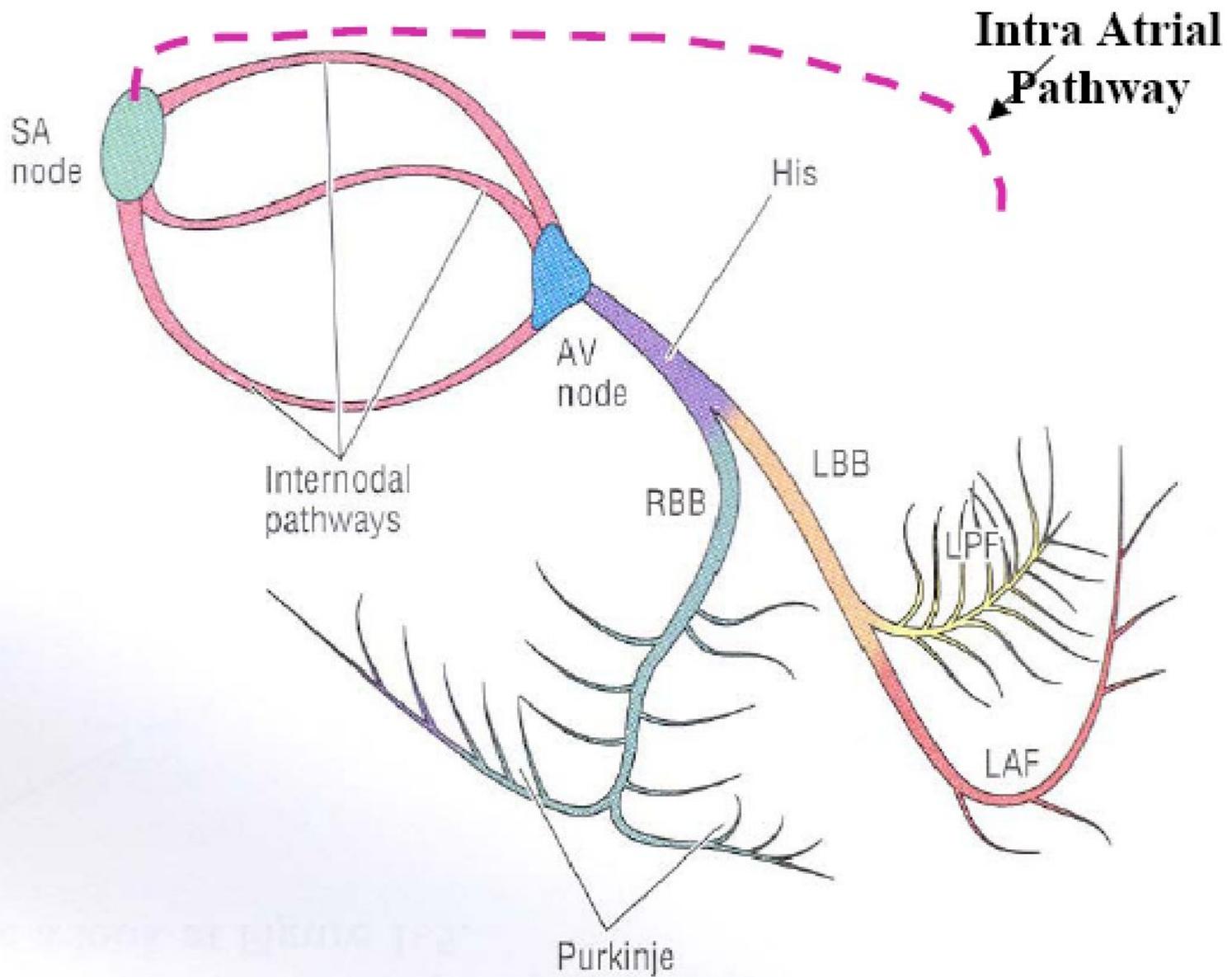
ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА СЕРДЦА

из атипичных кардиомиоцитов

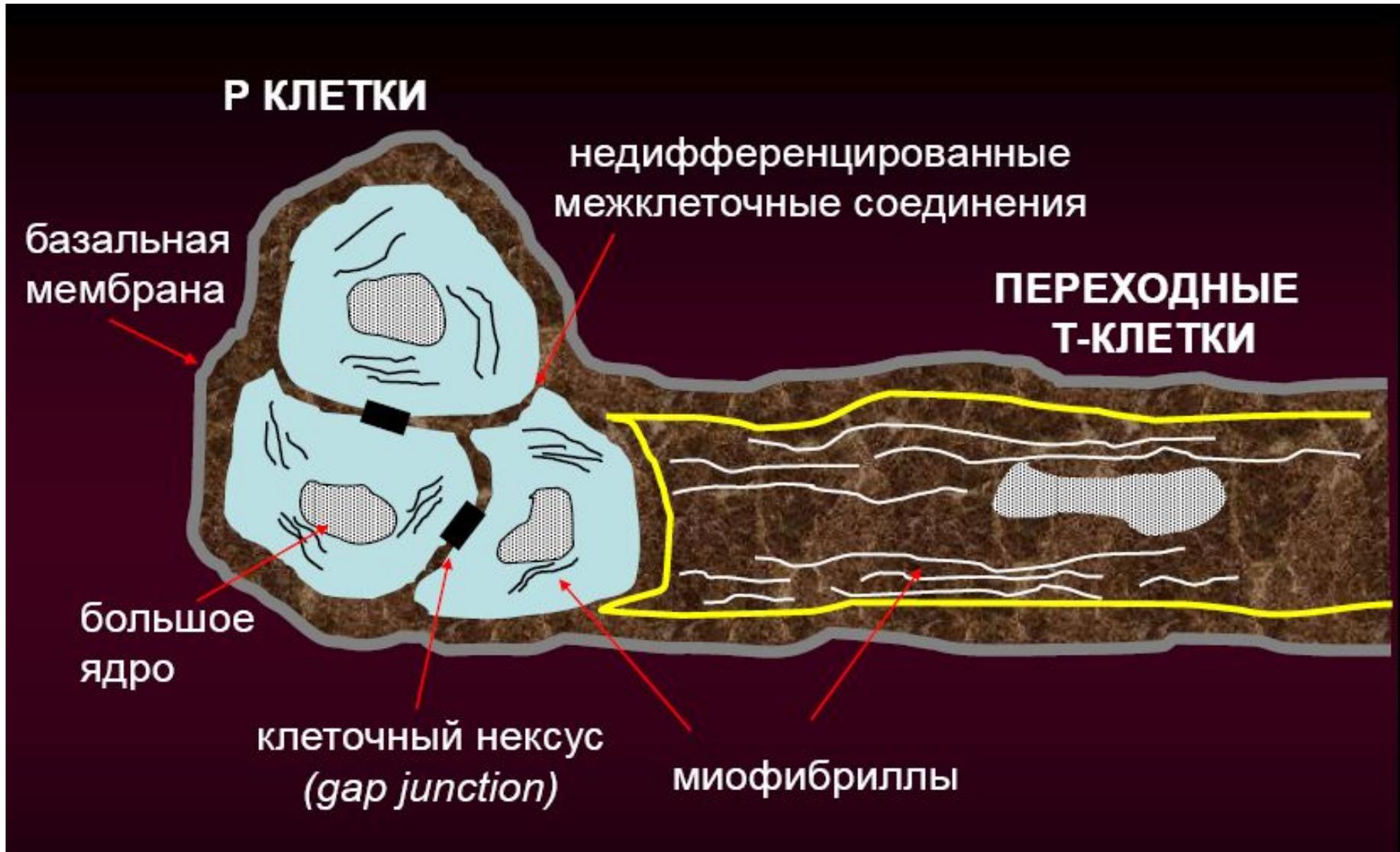
-УЗЛОВАЯ ТКАНЬ (СА, АВ)

-ПРОВОДЯЩАЯ ТКАНЬ

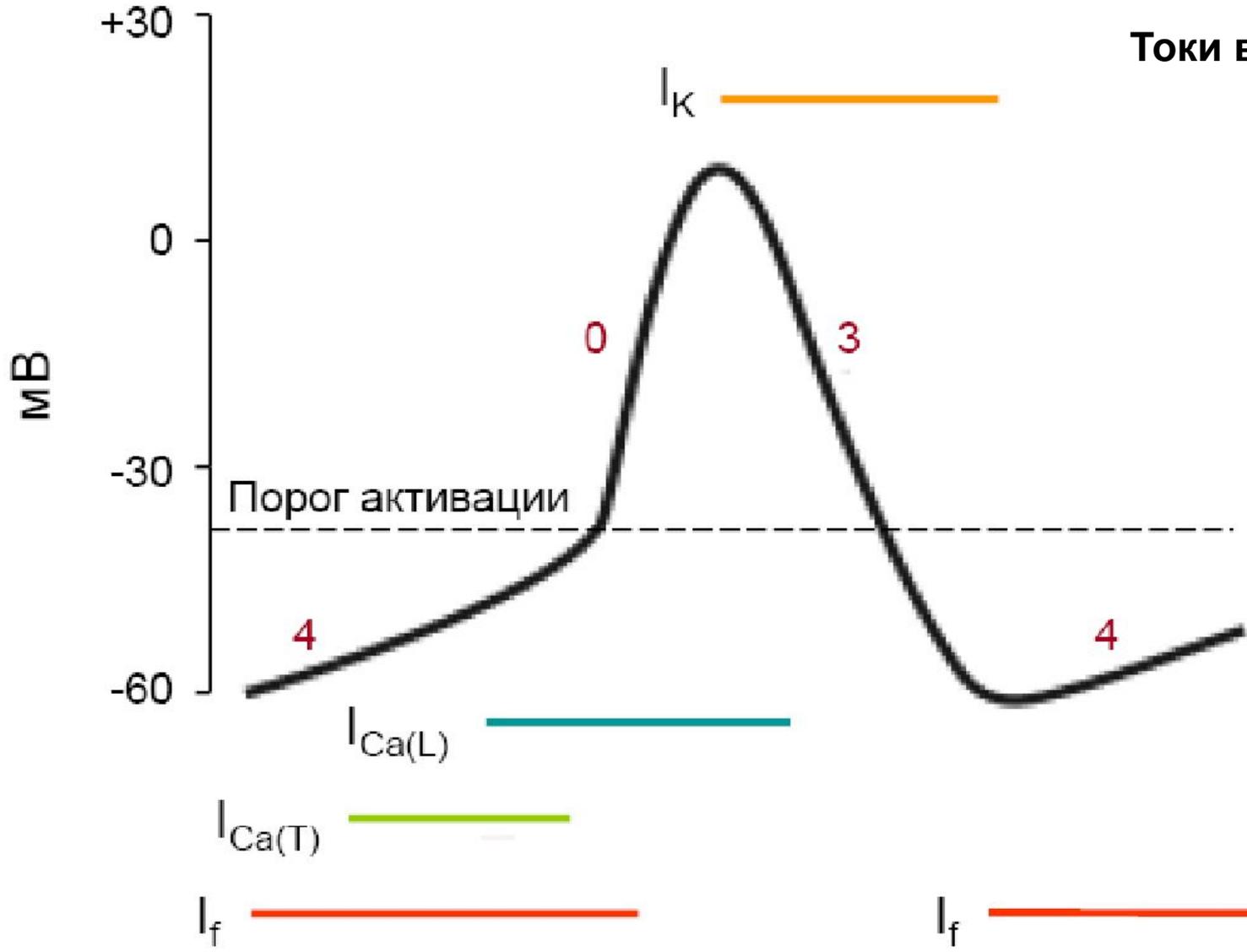




Синоатриальный узел

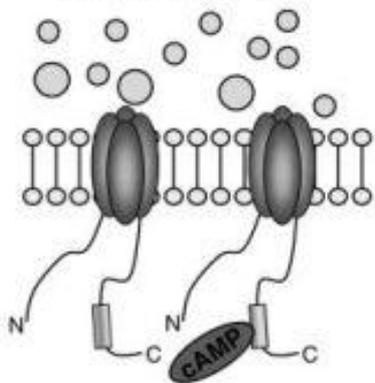


Токи водителя ритма



HCN-channel

$\Delta E = -40 \text{ mV}$



Медленная диастолическая деполяризация:

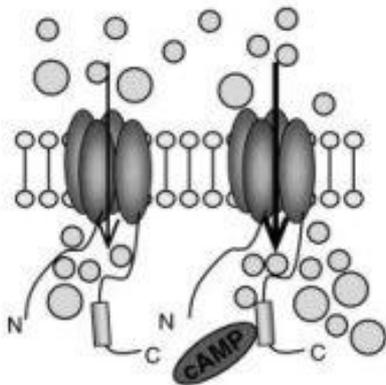
- ток через funny каналы (активируемые гиперполяризацией управляемые циклическими нуклеотидами катион-селективные каналы)

- входящий фоновый ток (медленный Na ток, возрастающий по мере инактивации K каналов)

- снижение выходящего K тока

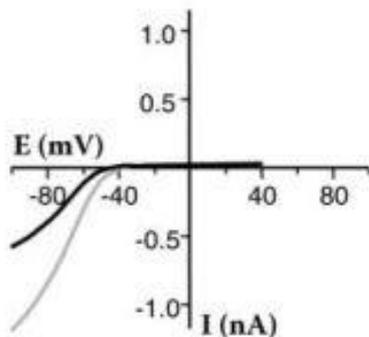
- медленный входящий Ca ток (немного)

$\Delta E = -100 \text{ mV}$

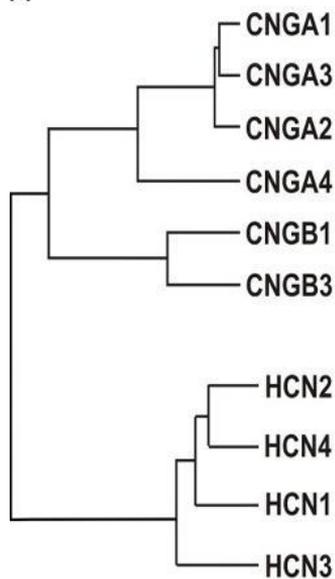


— with cAMP

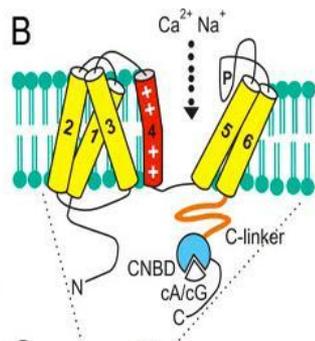
— without cAMP



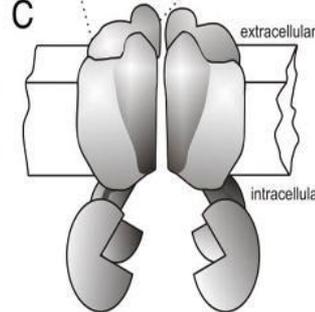
A



B

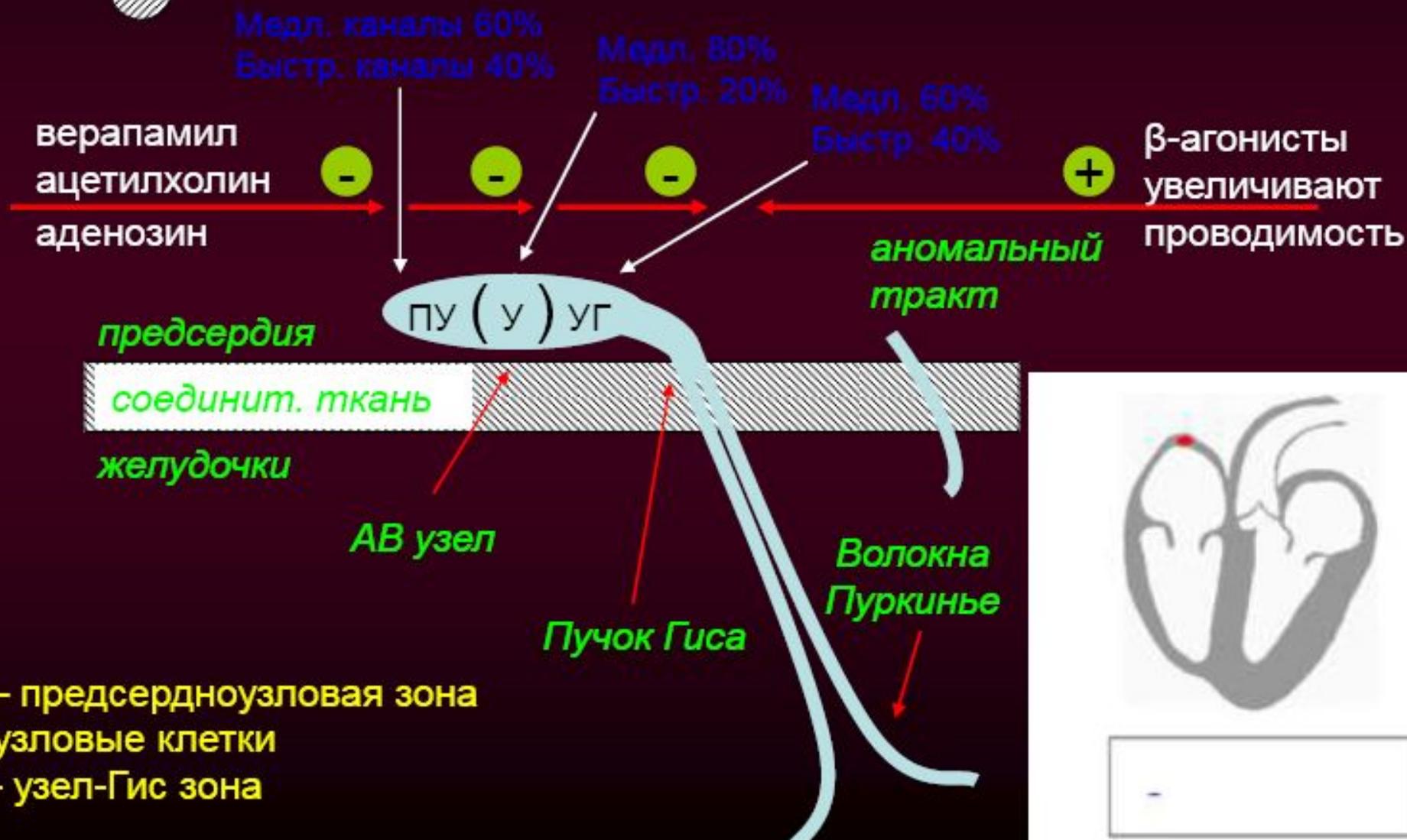


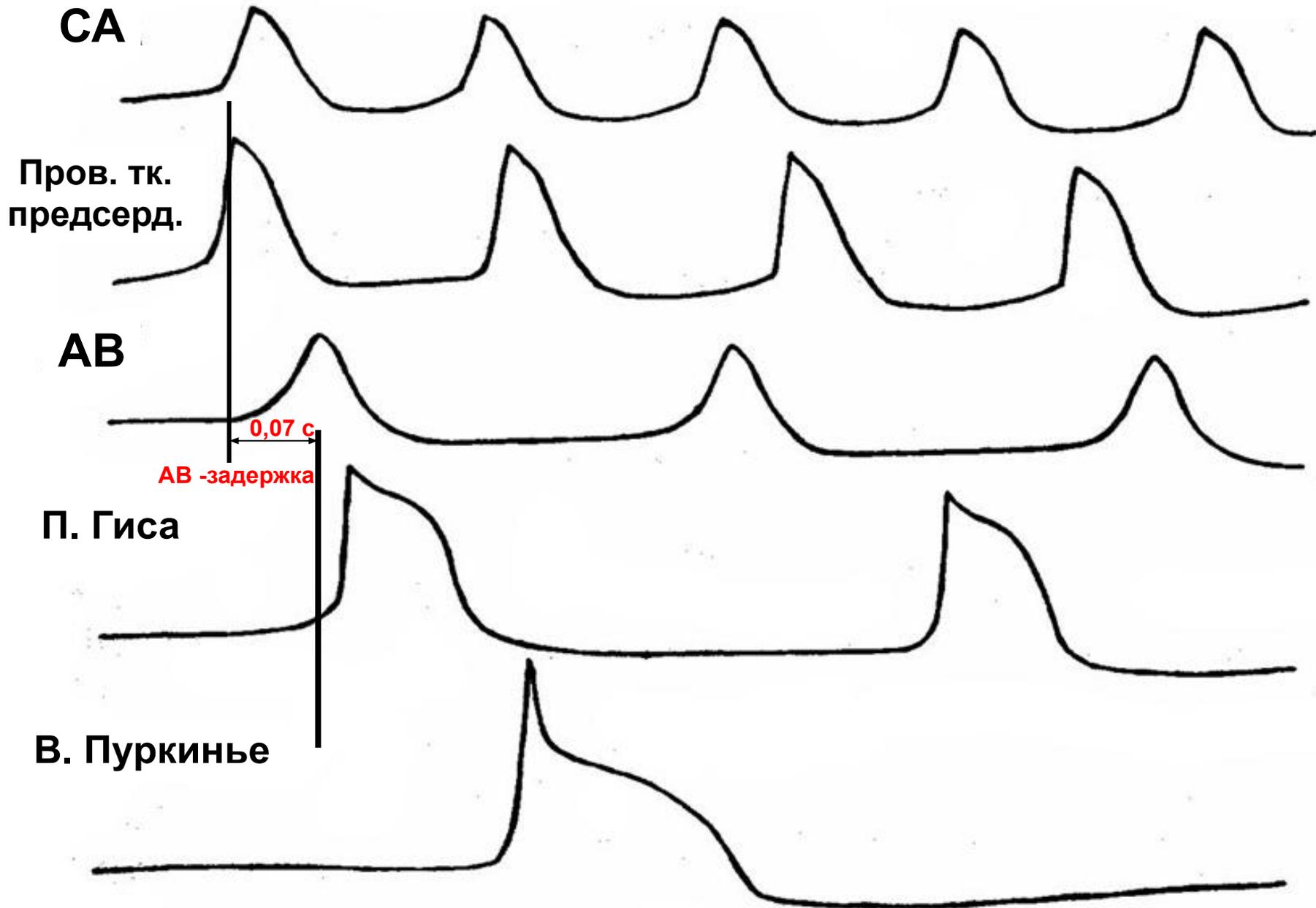
C



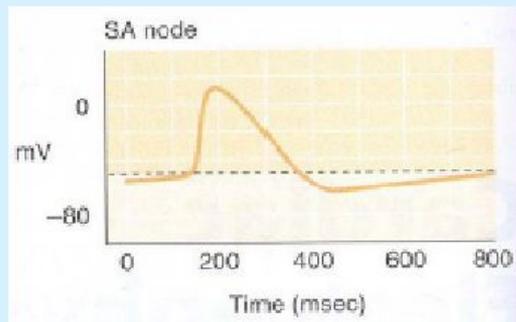
Проводящая система сердца

СУ

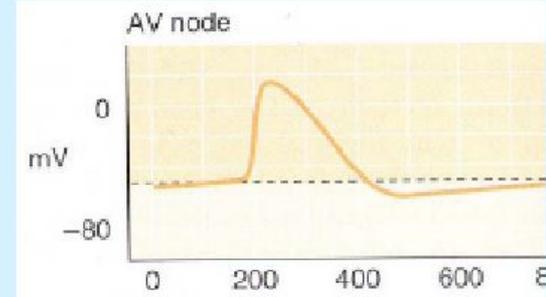
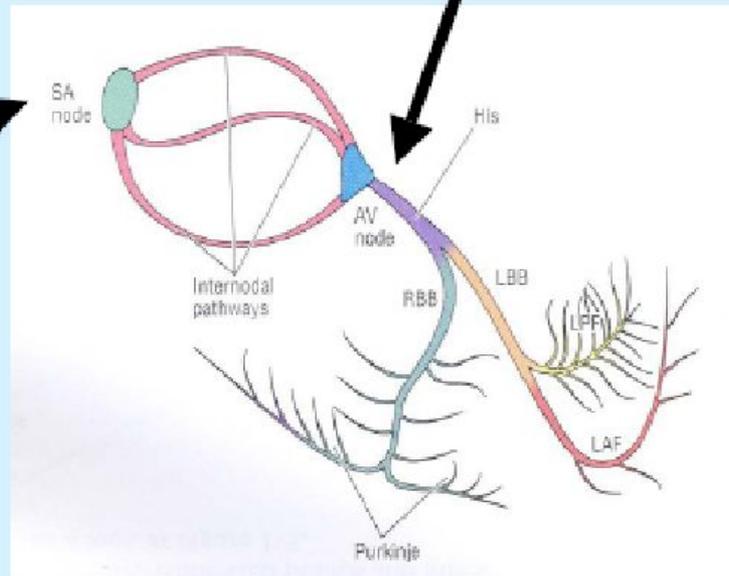




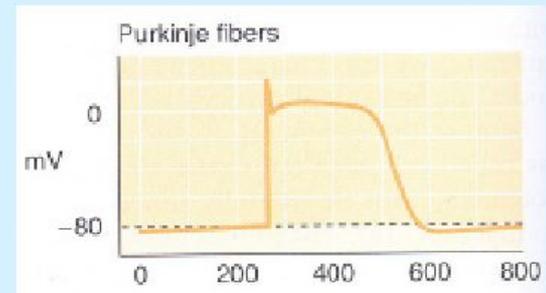
60-100 BPM

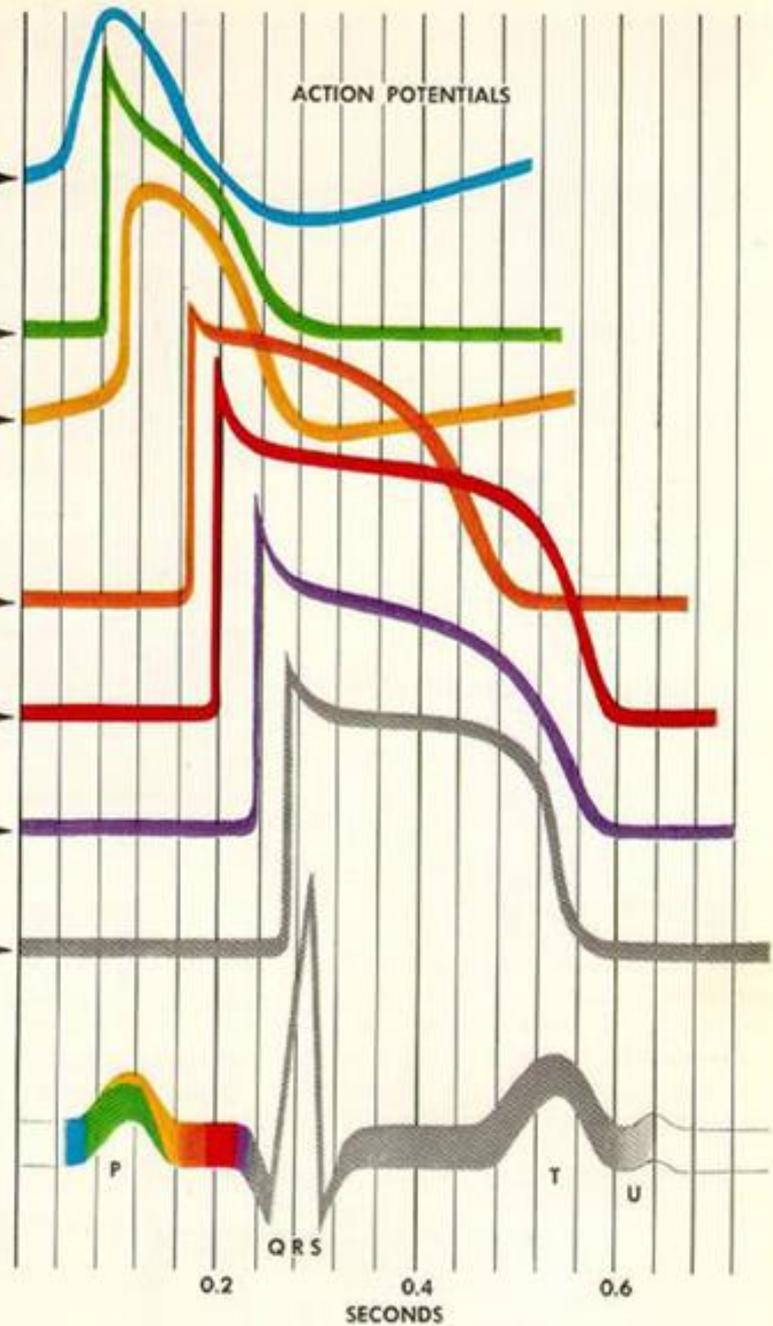
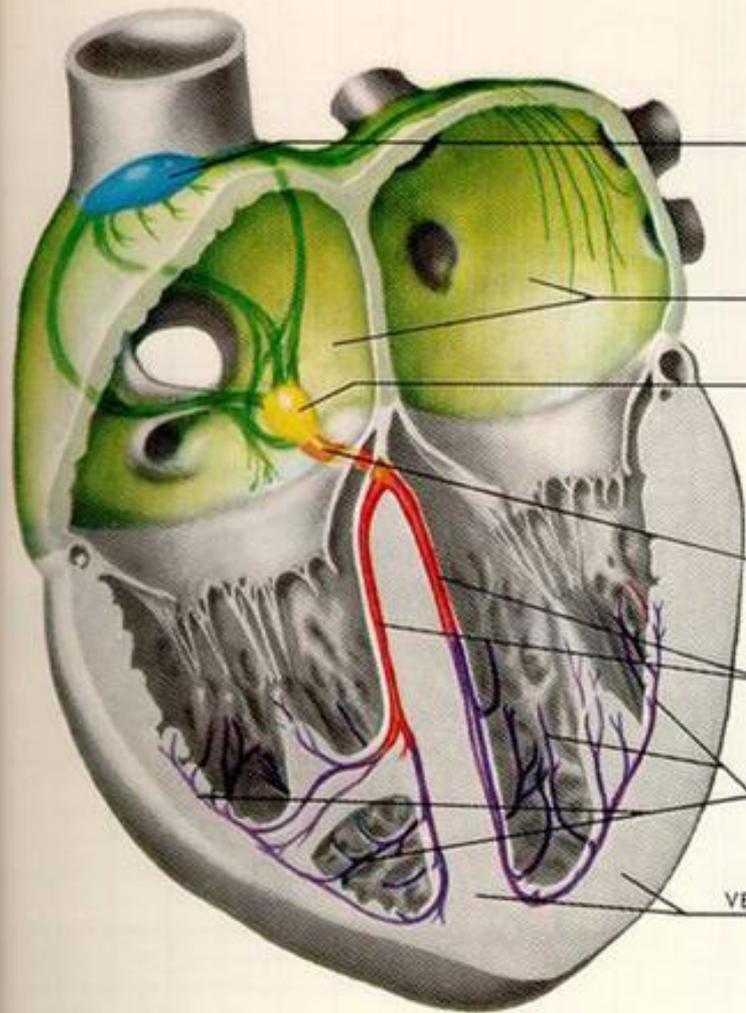


45-50 BPM



20-30 BPM

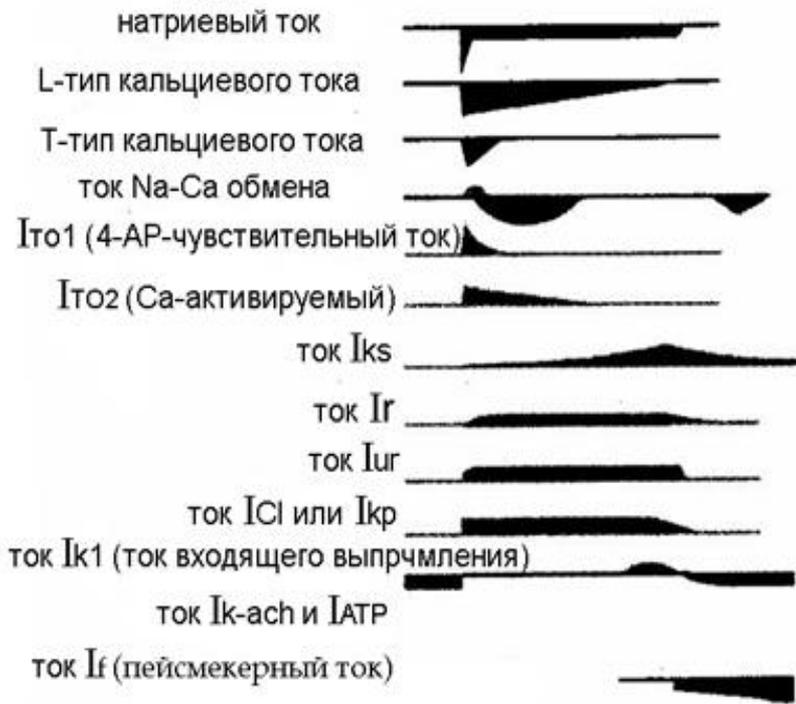




А.



ТОКИ



- SCN5A (hH1)
- $\alpha 1C$
- $\alpha 1G, \alpha 1H$
- Na-Ca exchanger
- Kv4.3
-
- KvLQT1 + minK (IsK)*
- HERG
- Kv1.5
- CFTR, TWIK
- Kir2.x
- Kir3.1/3.4; Kir6.x/SUR*
- hCNG

Б.



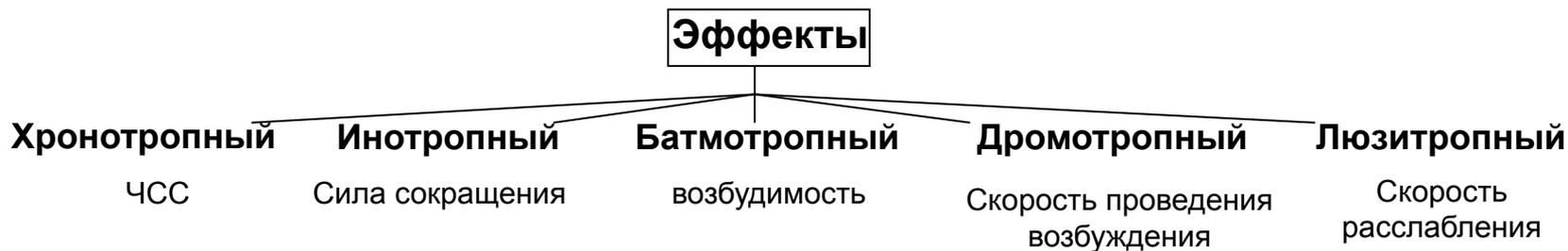
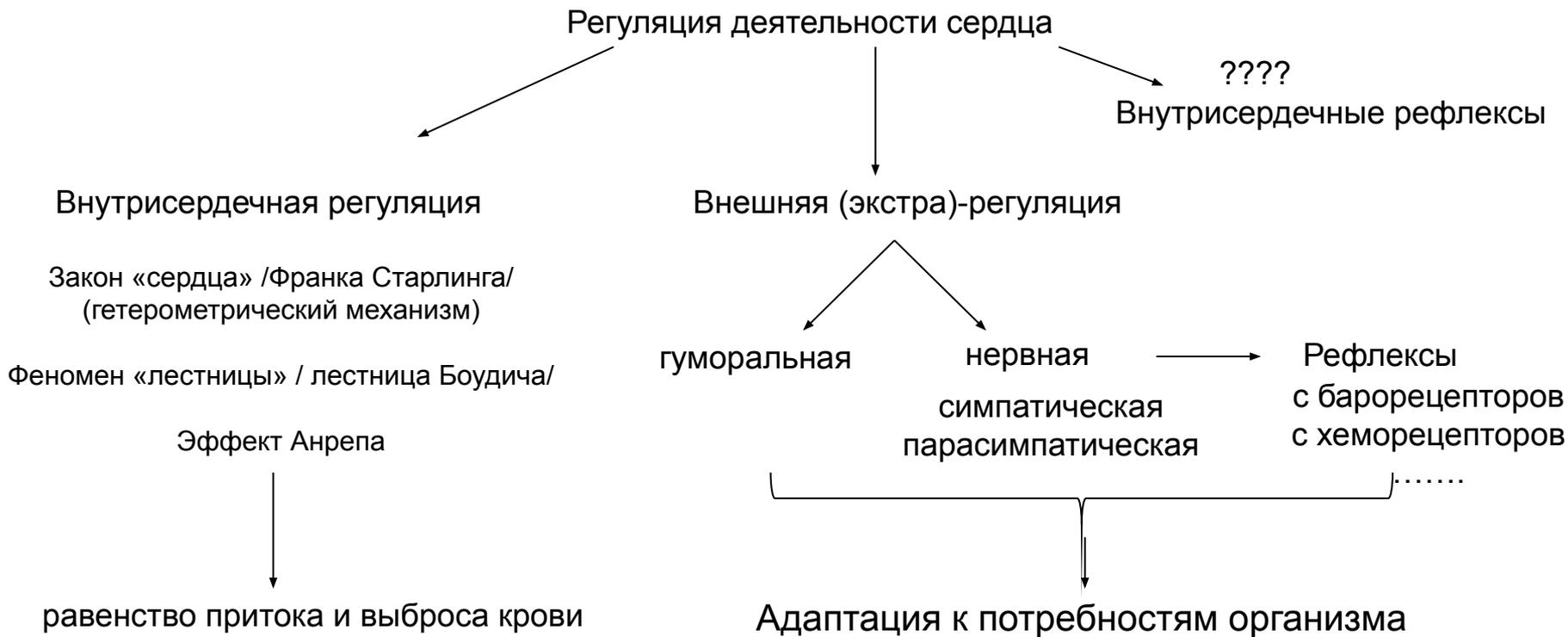
Сино-атриальный,
атрио-вентрикулярный
узлы

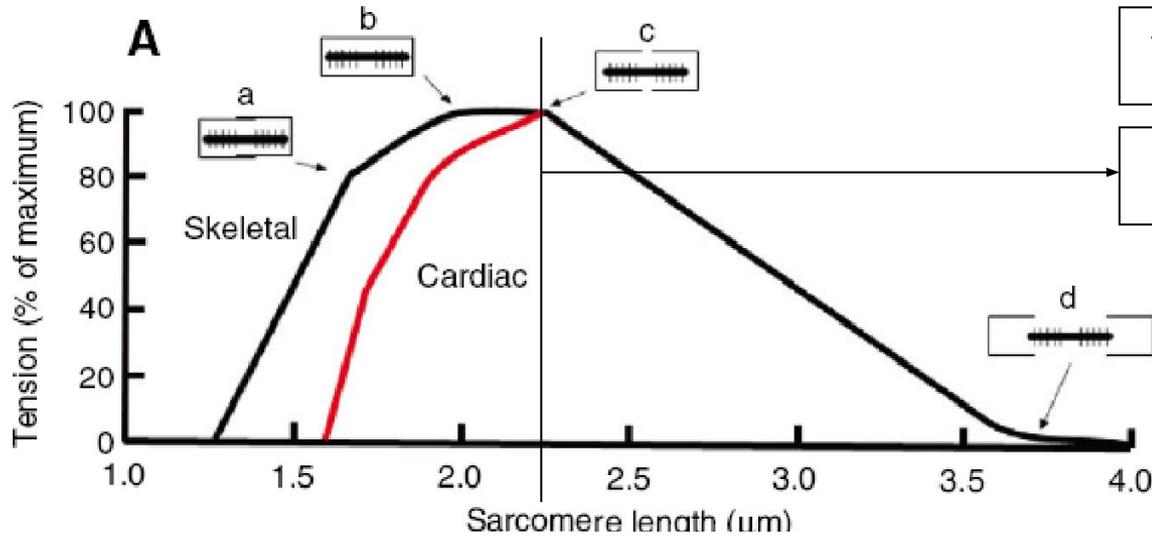
предсердия

эндокард

волокна Пуркинье,
М клетки

эпикард

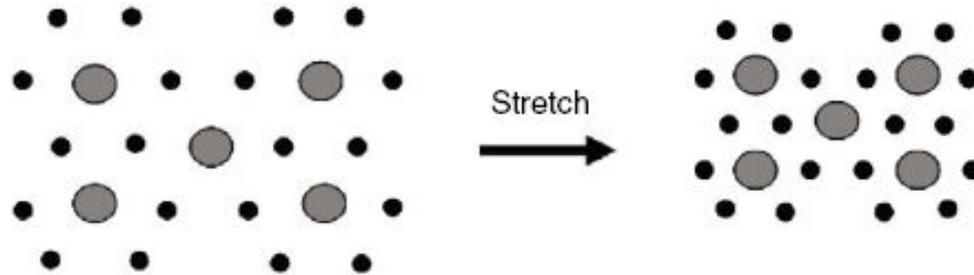




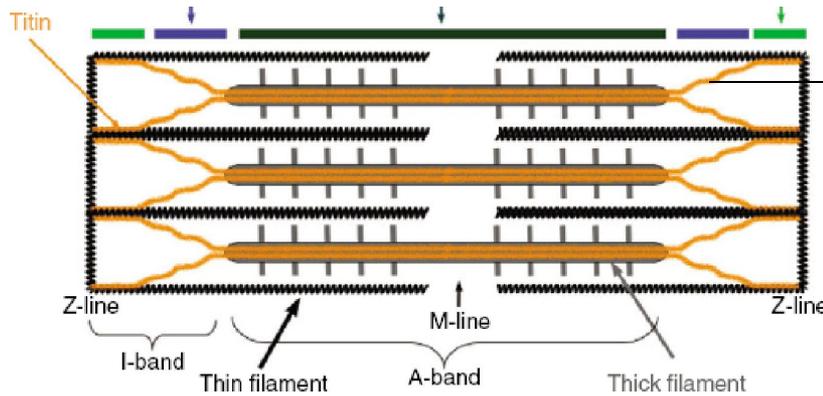
- увеличение чувствительности тропонина C к Ca

- Оптимальное перекрытие актиновых и миозиновых нитей

- ? - дополнительный вход Ca через стретч-каналы



- уменьшение зазора между филаментами



- натяжение ТИТИНА

Феномен «лестницы» / лестница Боудича/

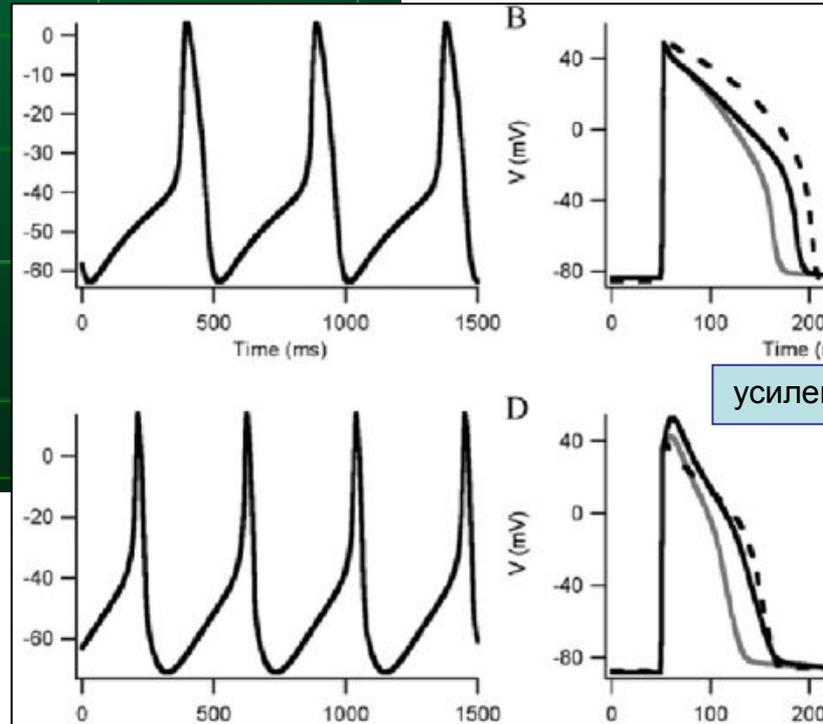
Ритмоинотропная зависимость

Сократительная способность ЛЖ



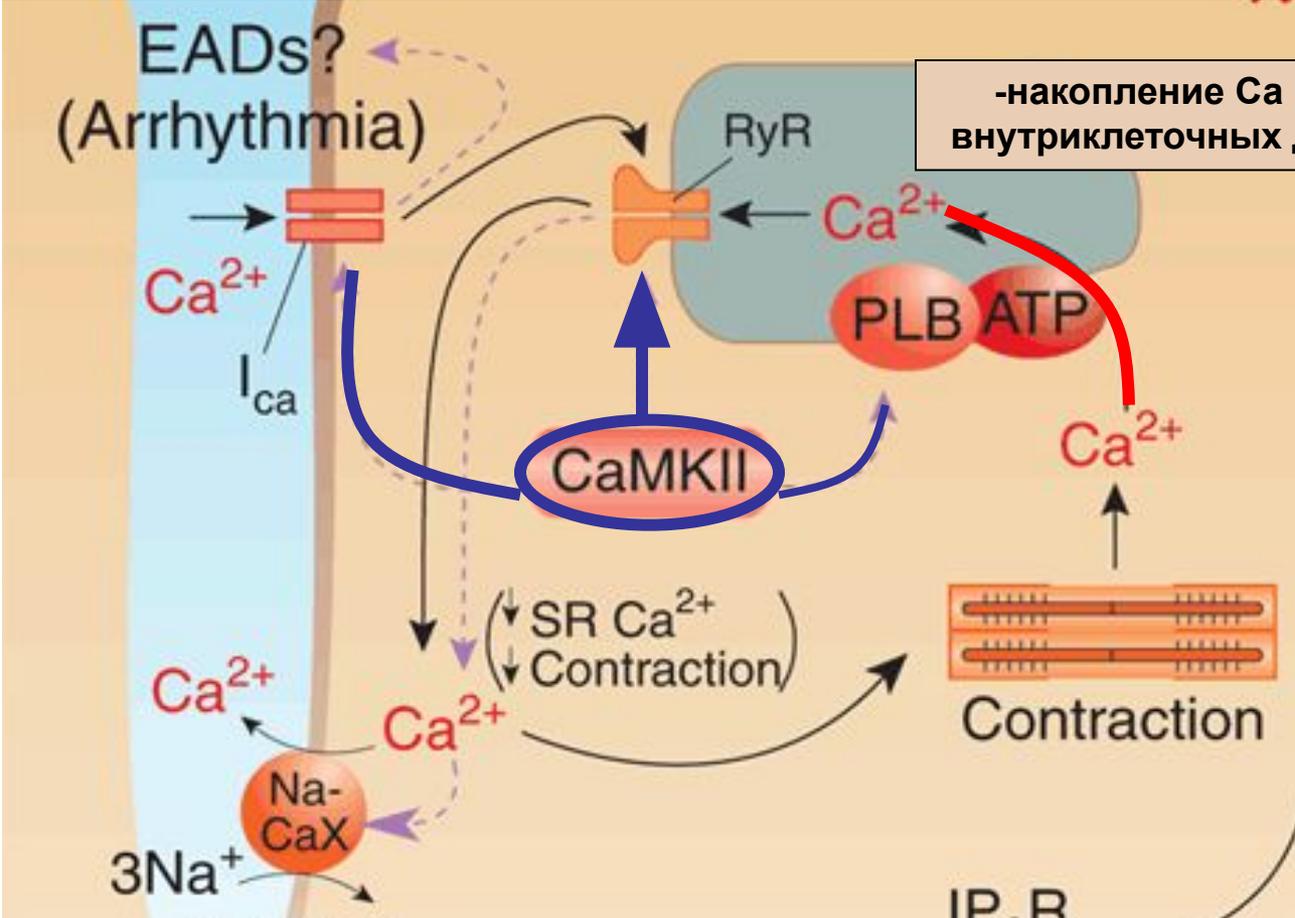
-накопление Са во
внутриклеточных депо

-активация Са-кальмодулин
зависимой протеин киназы

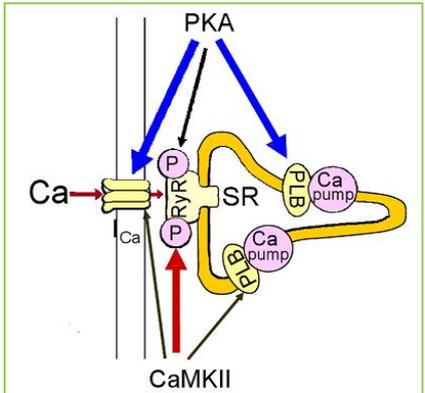
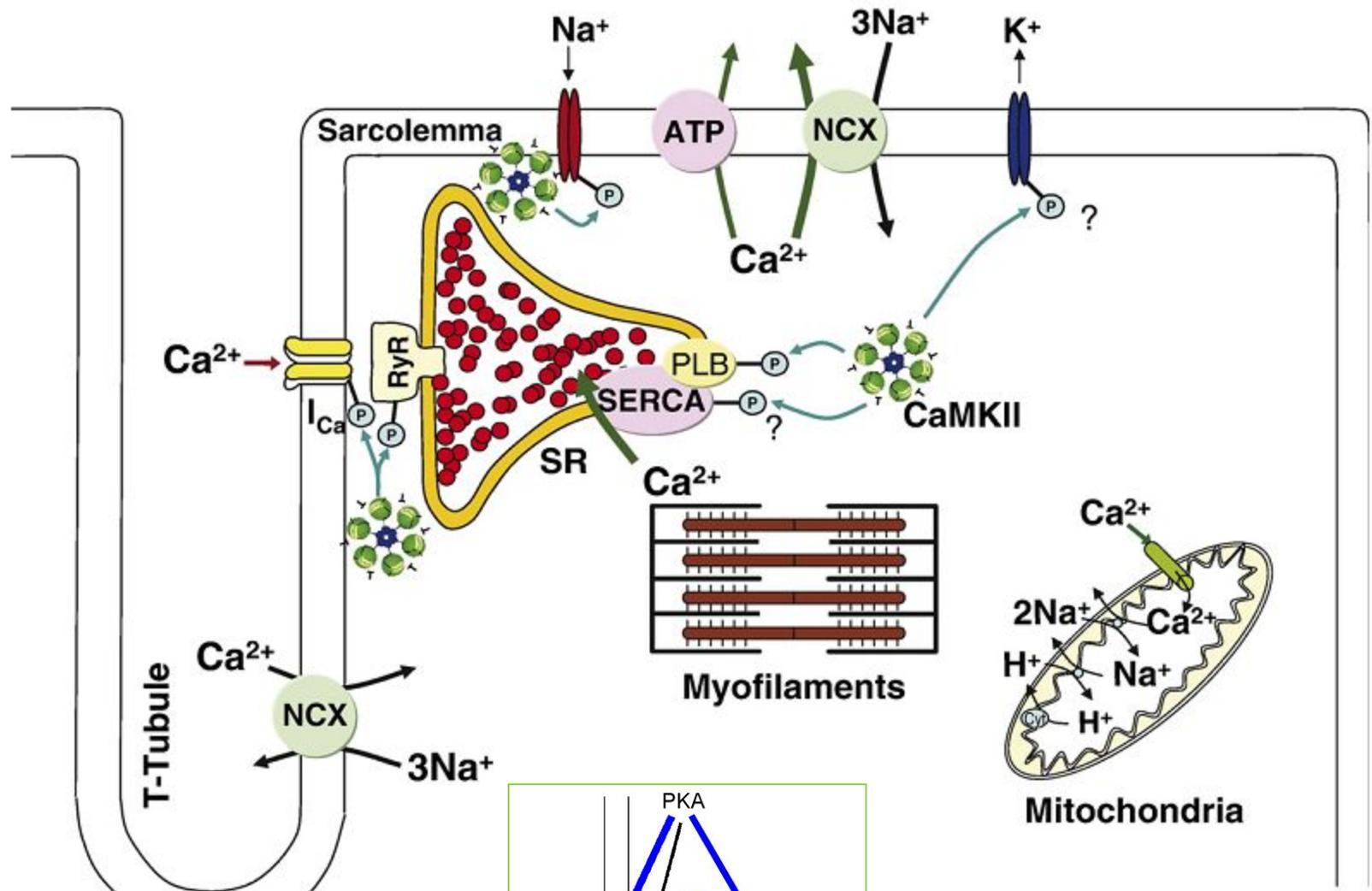


усиление К токов

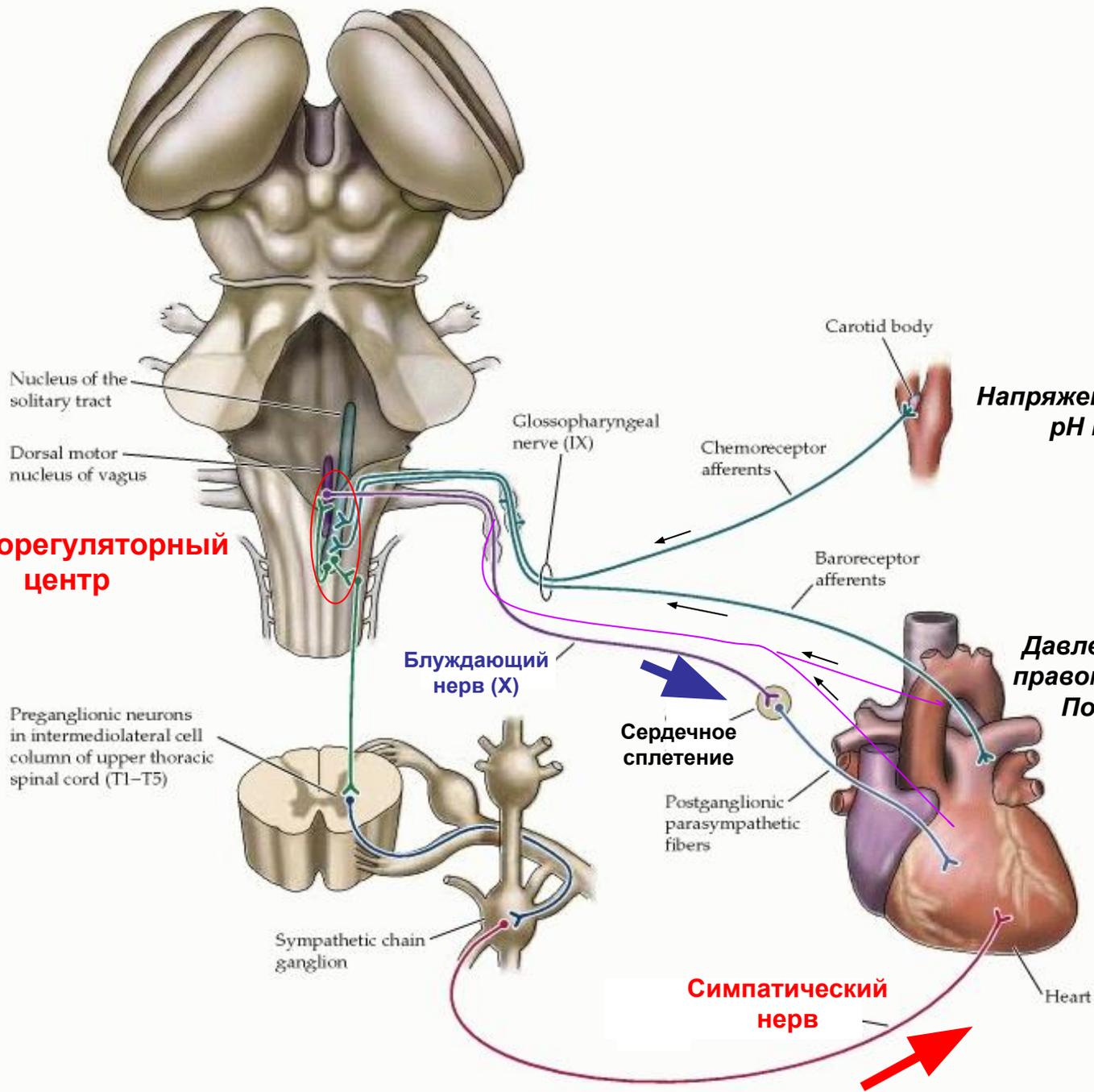
Активация Ca-кальмодулин зависимой протеин киназы



-накопление Ca во внутриклеточных депо



Кардиорегуляторный центр



Напряжение O₂, CO₂, pH крови

Давление в аорте, правом предсердии, Полых венах

Сердечное сплетение

Симпатический нерв

Блуждающий нерв (X)

Preganglionic neurons in intermediolateral cell column of upper thoracic spinal cord (T1-T5)

Sympathetic chain ganglion

Nucleus of the solitary tract

Dorsal motor nucleus of vagus

Glossopharyngeal nerve (IX)

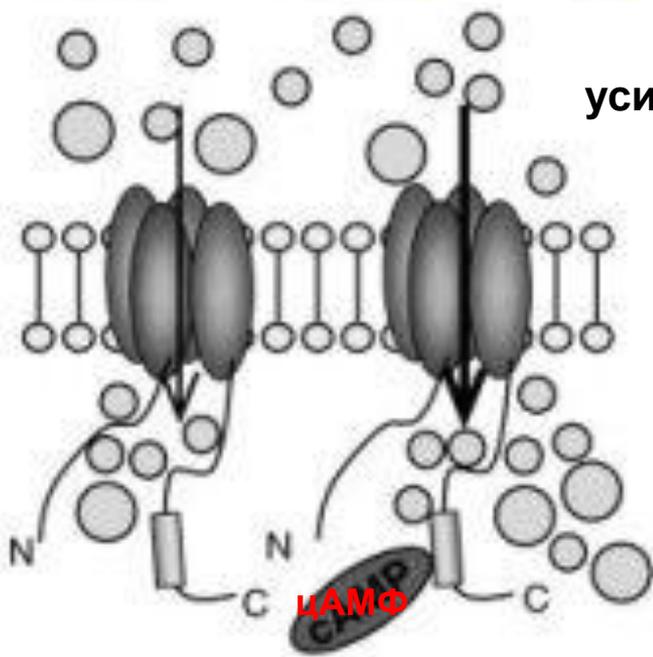
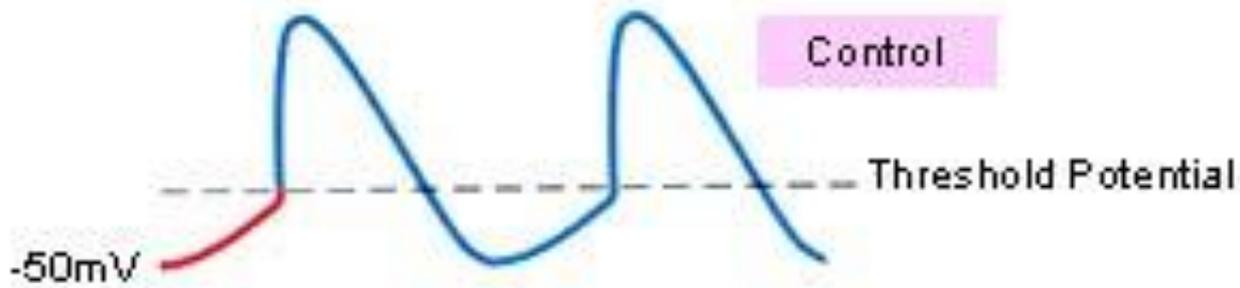
Chemoreceptor afferents

Carotid body

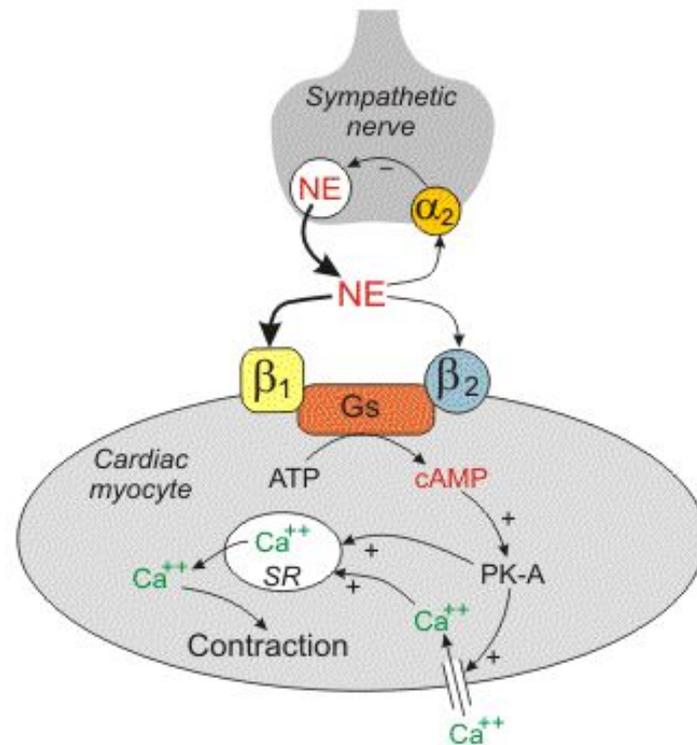
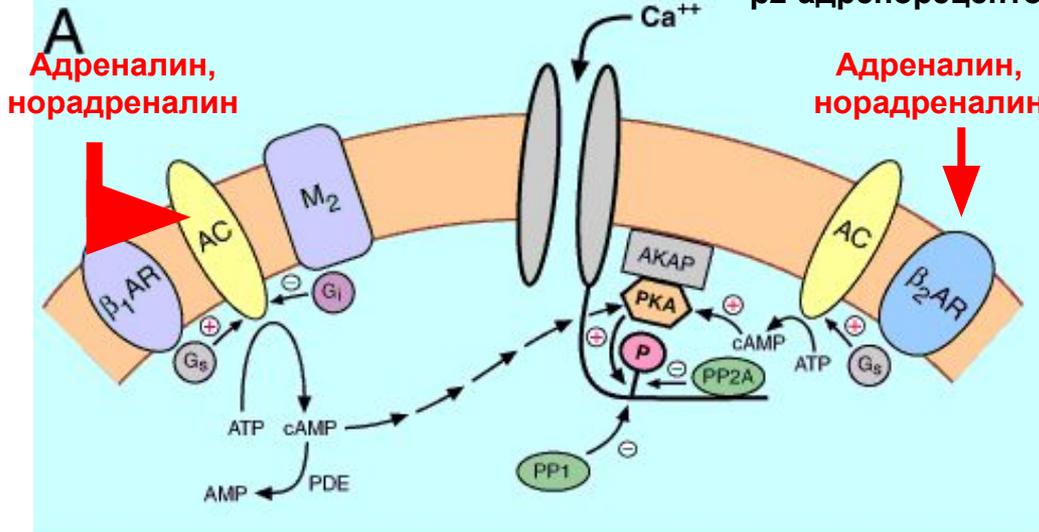
Baroreceptor afferents

Postganglionic parasympathetic fibers

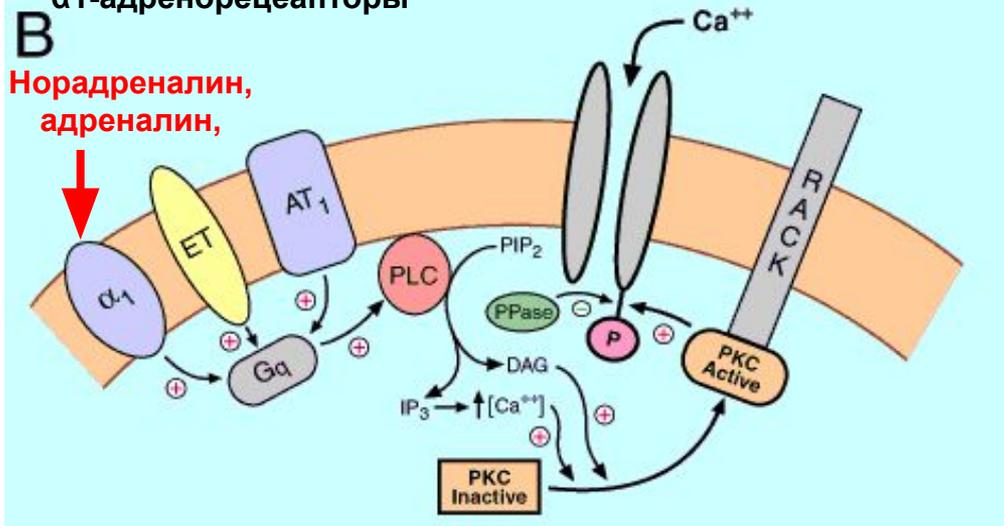
Heart



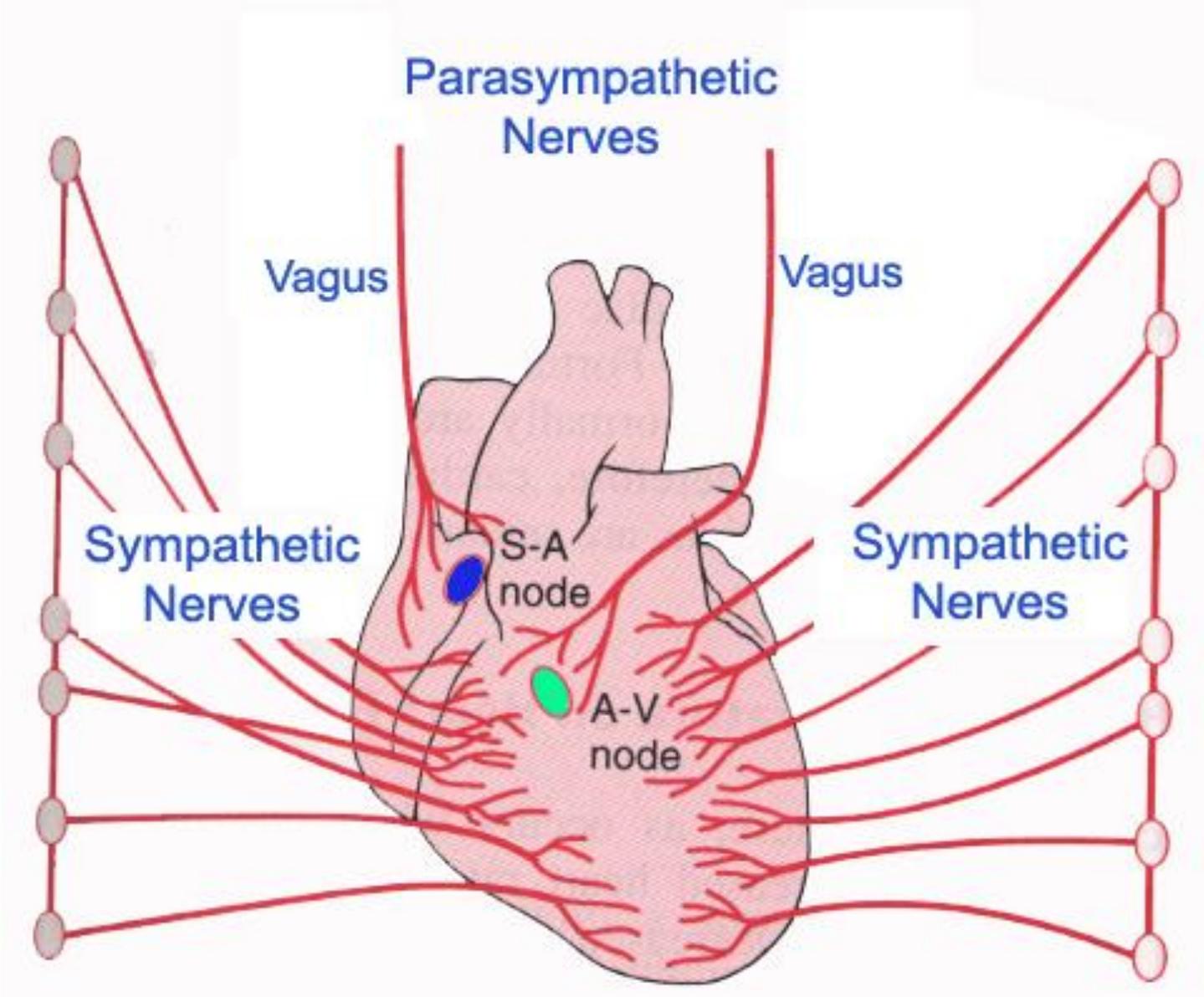
β2-адренорецепторы

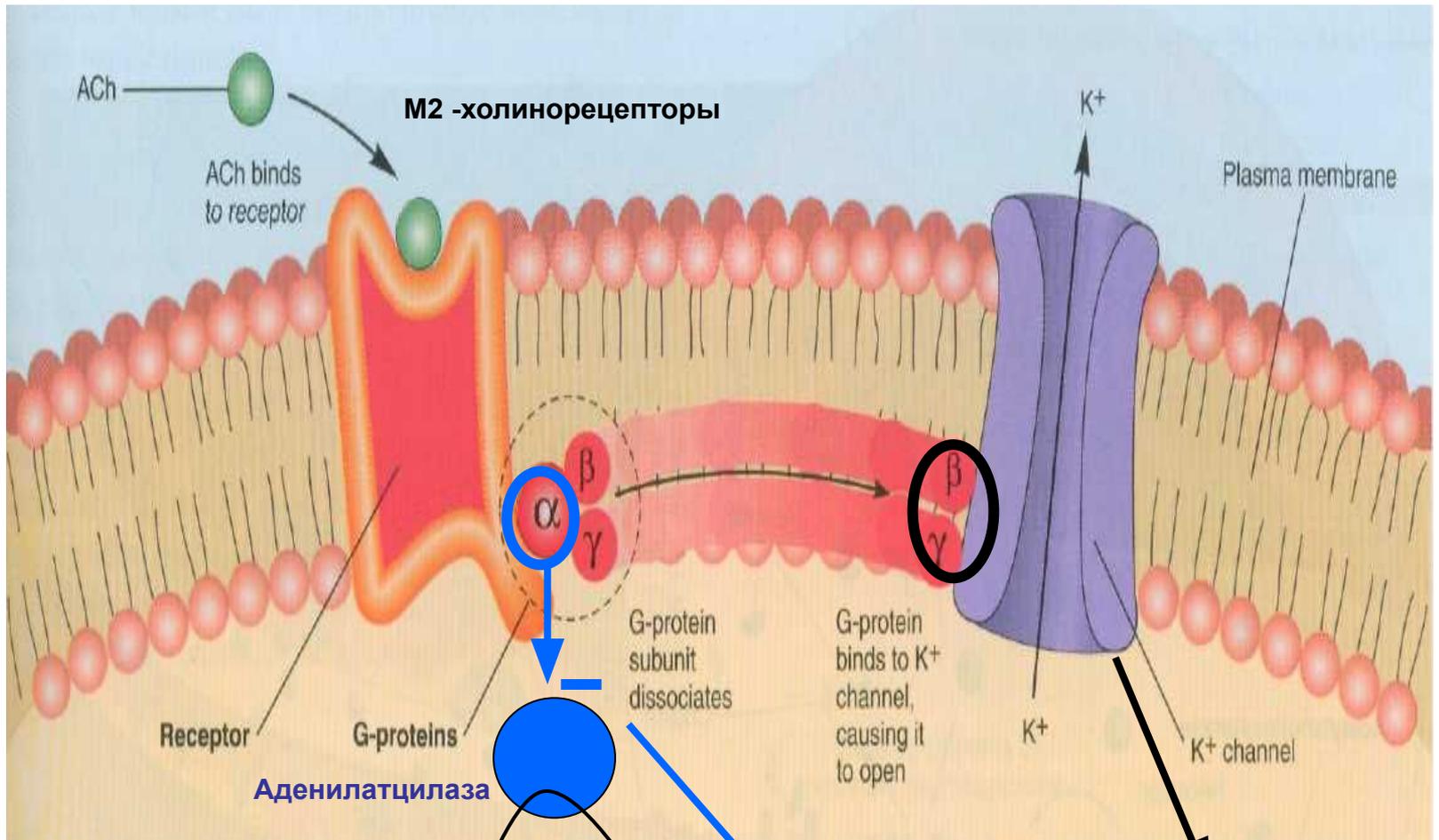


α1-адренорецепторы



α1-AP { + ионотропный эффект,
НО
- люзитропный эффект





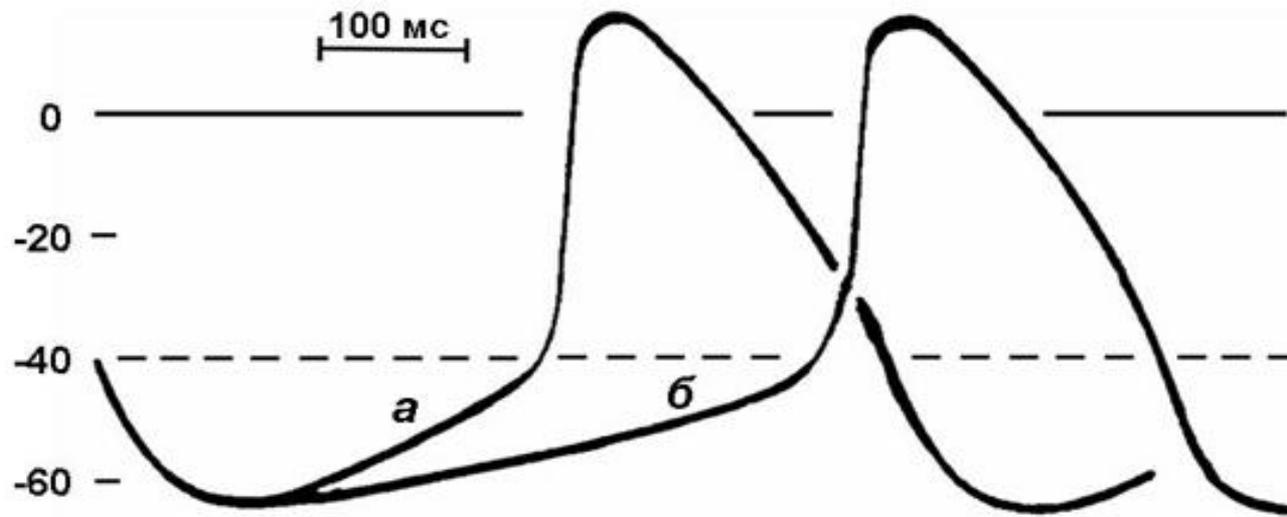
Аденлатцилаза

АТФ

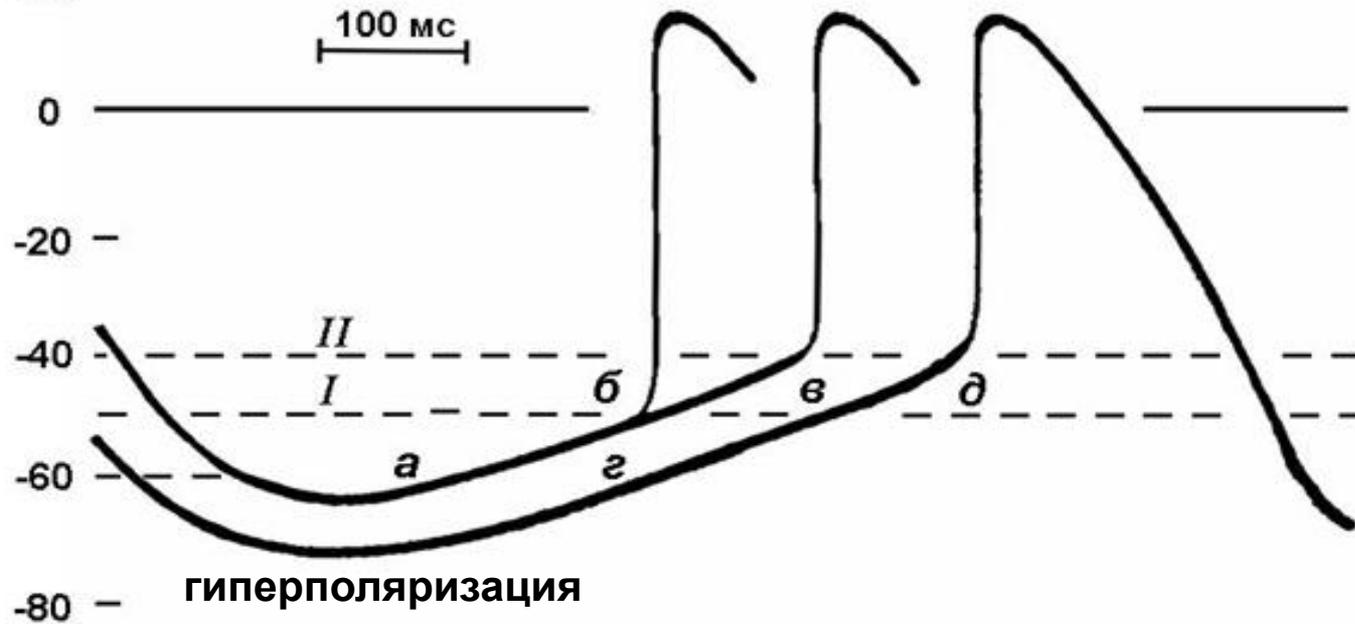
цАМФ

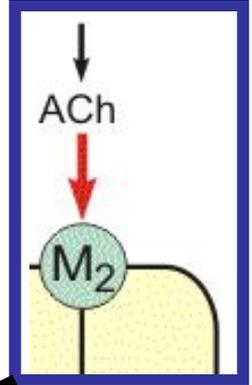
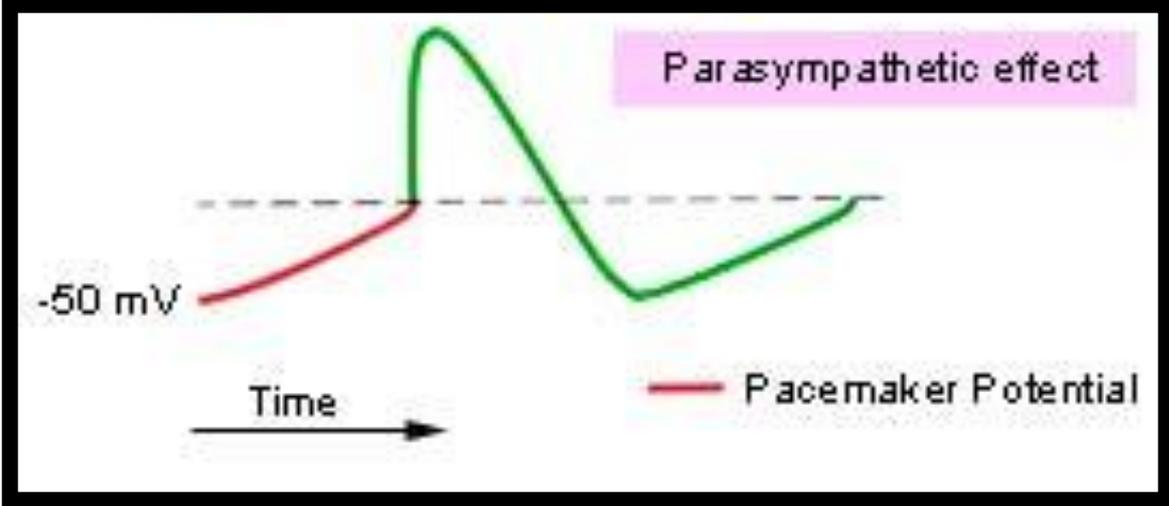
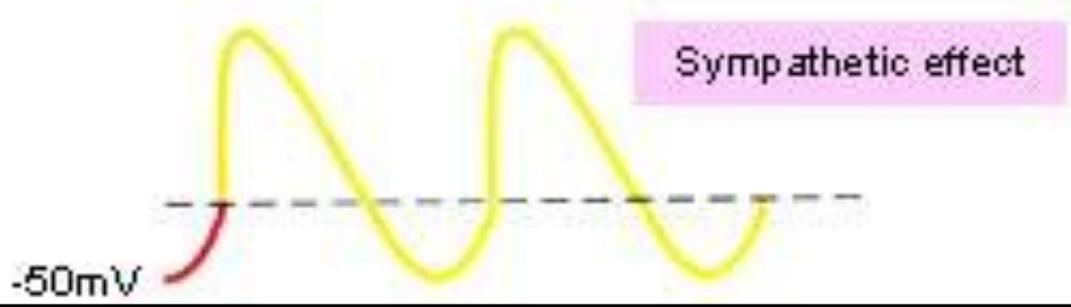
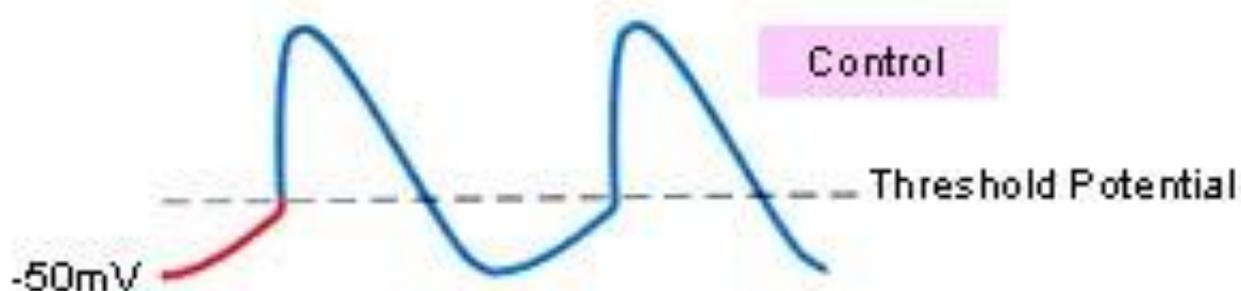
Ослабление Funny-токов
Снижение активности протеинкиназы А

Гиперполяризация мембраны

A

Ослабление funny -токов

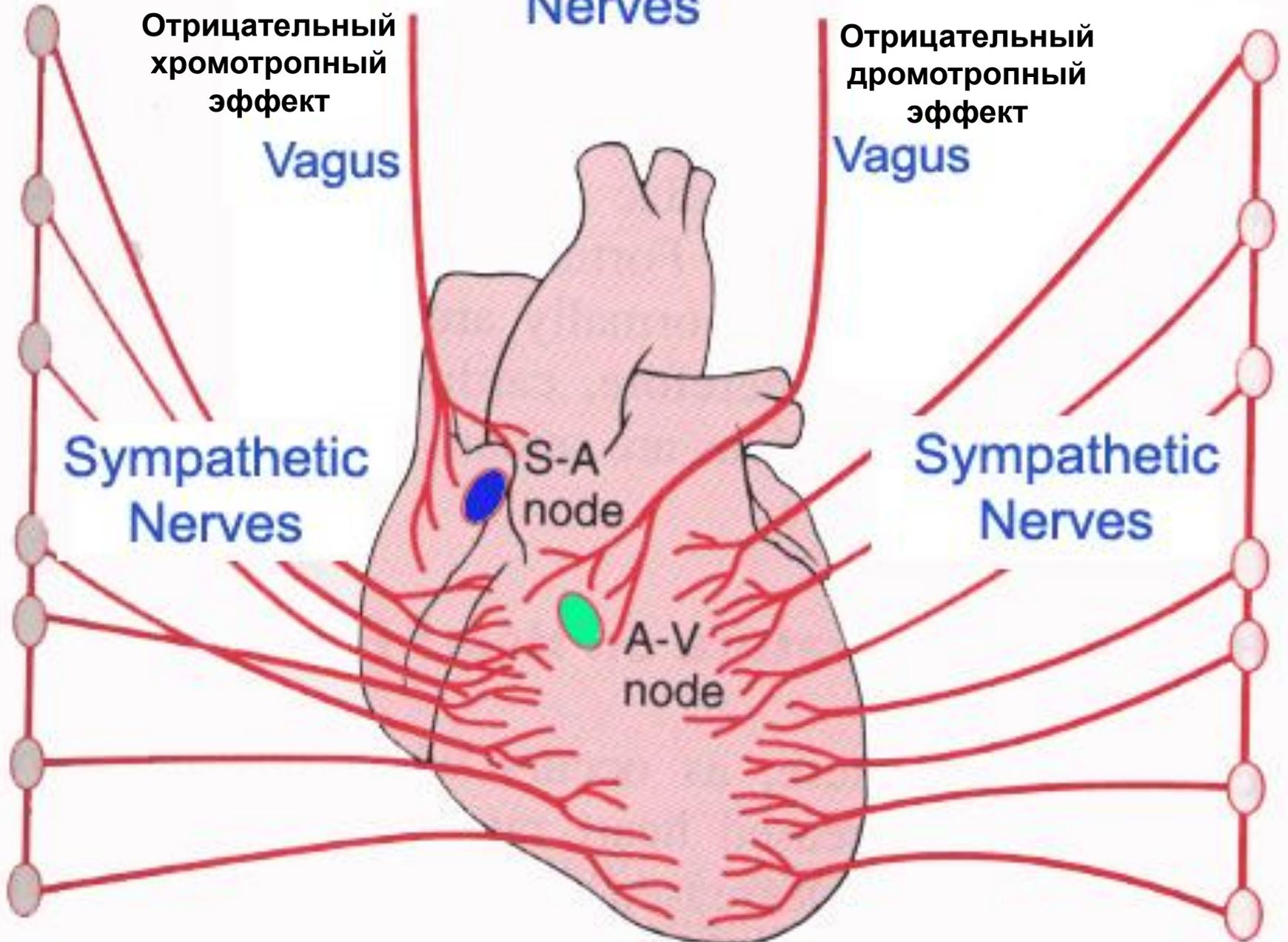
Б

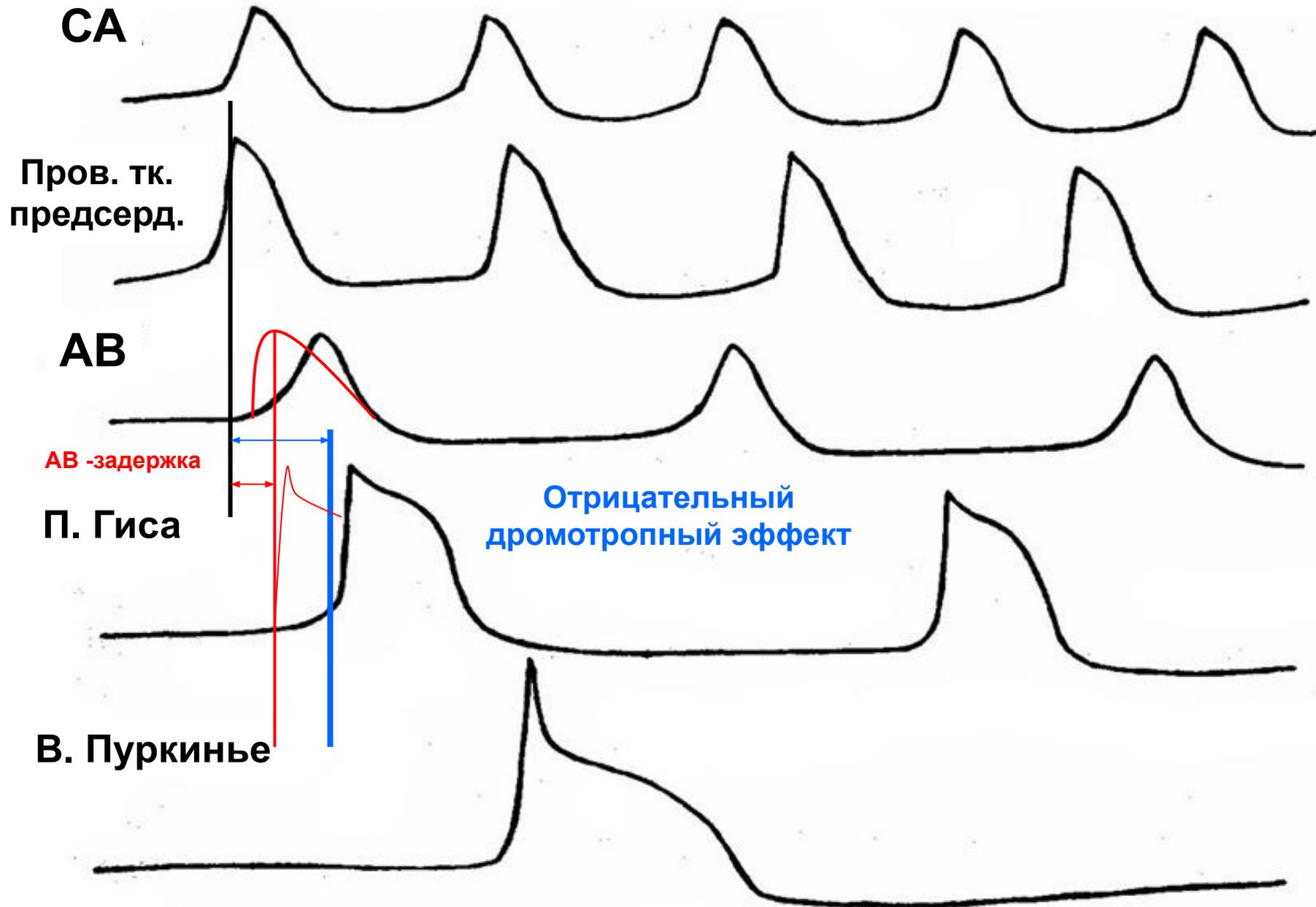


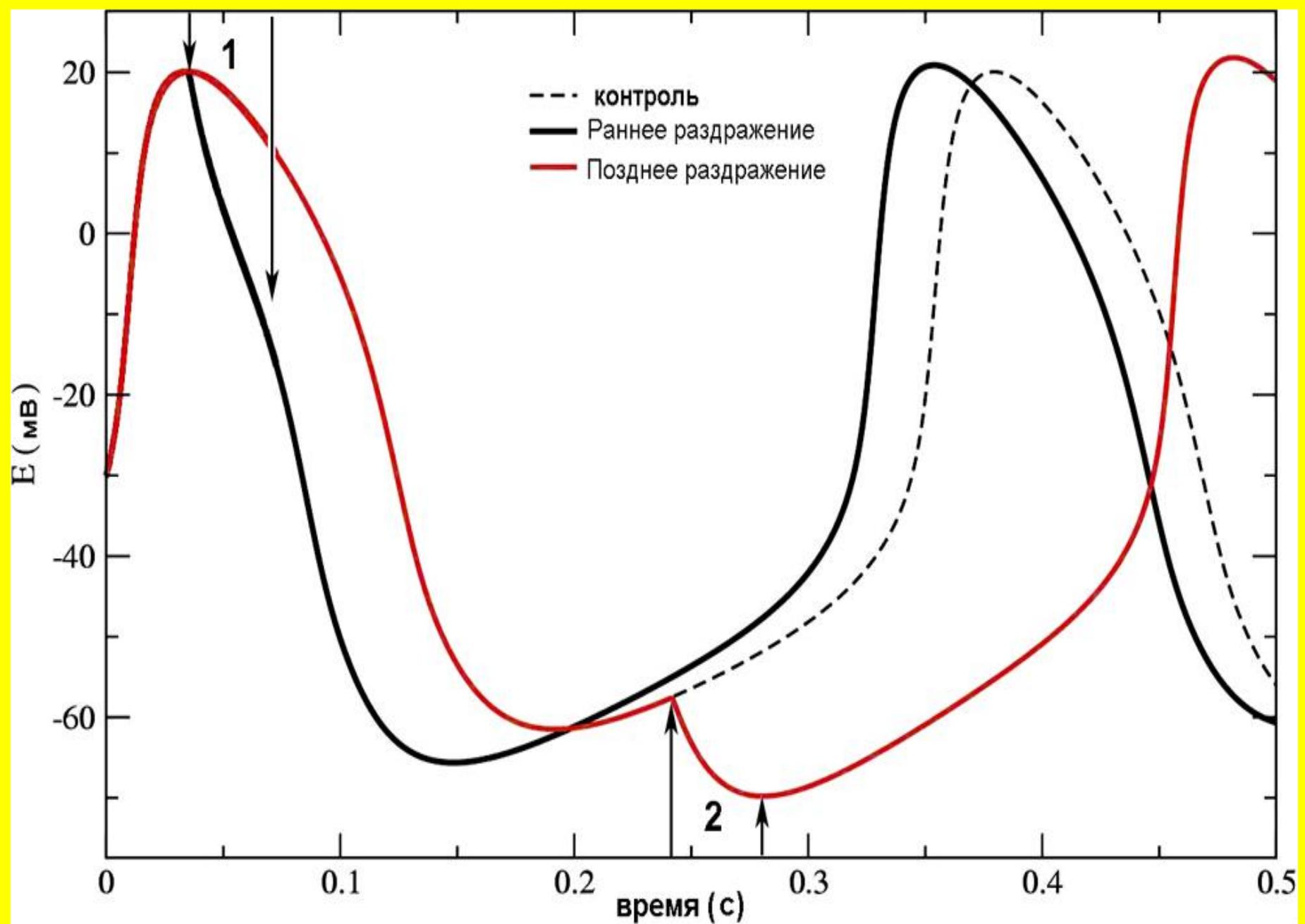
- Уменьшение Funny тока $cAMP \downarrow$
- открытие GIRK каналов $G_i (\beta\gamma) \uparrow$
(увеличение K-проводимости)
- уменьшение активности Ca-каналов $\text{Протеинкиназа A} \downarrow$

Отрицательный хромotropный эффект

Parasympathetic Nerves







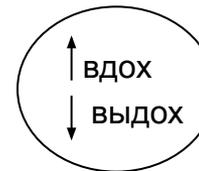


В ПОКОЕ

ТОНУС



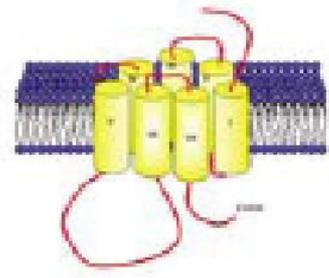
ТОНУС



Феномен Геринга
(дыхательная аритмия)

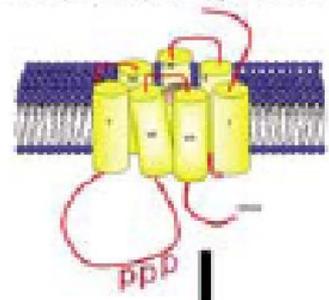
Agonist ●

1

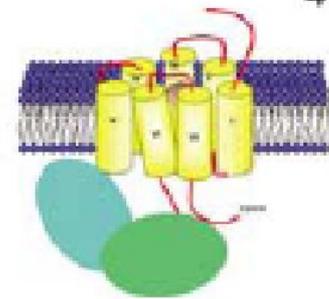


Receptor activation and phosphorylation

2

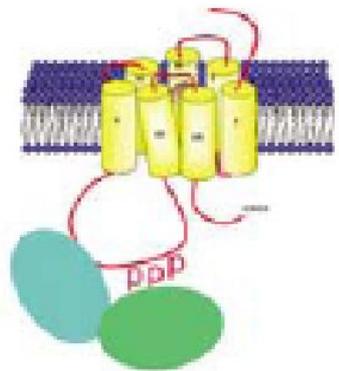


4

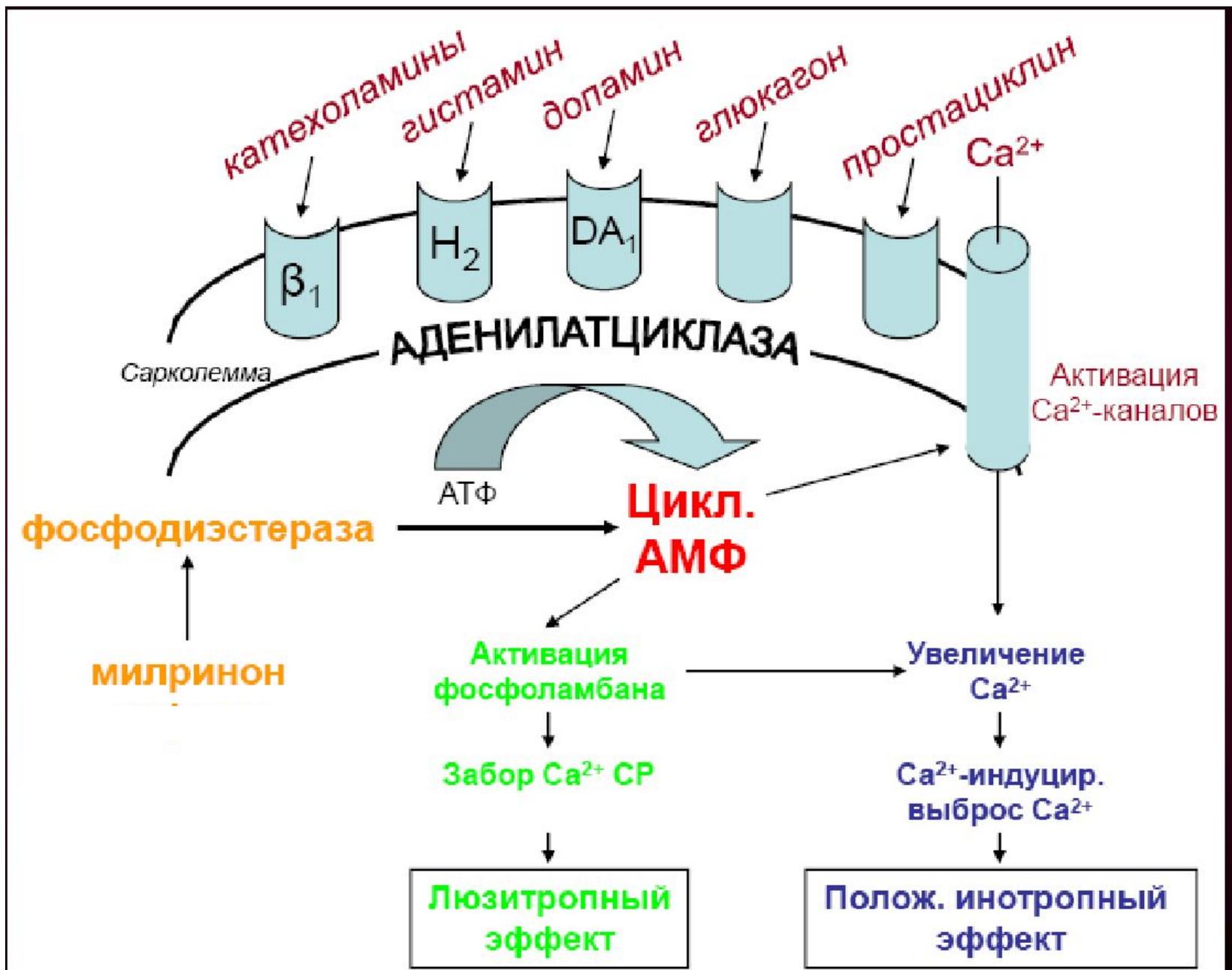


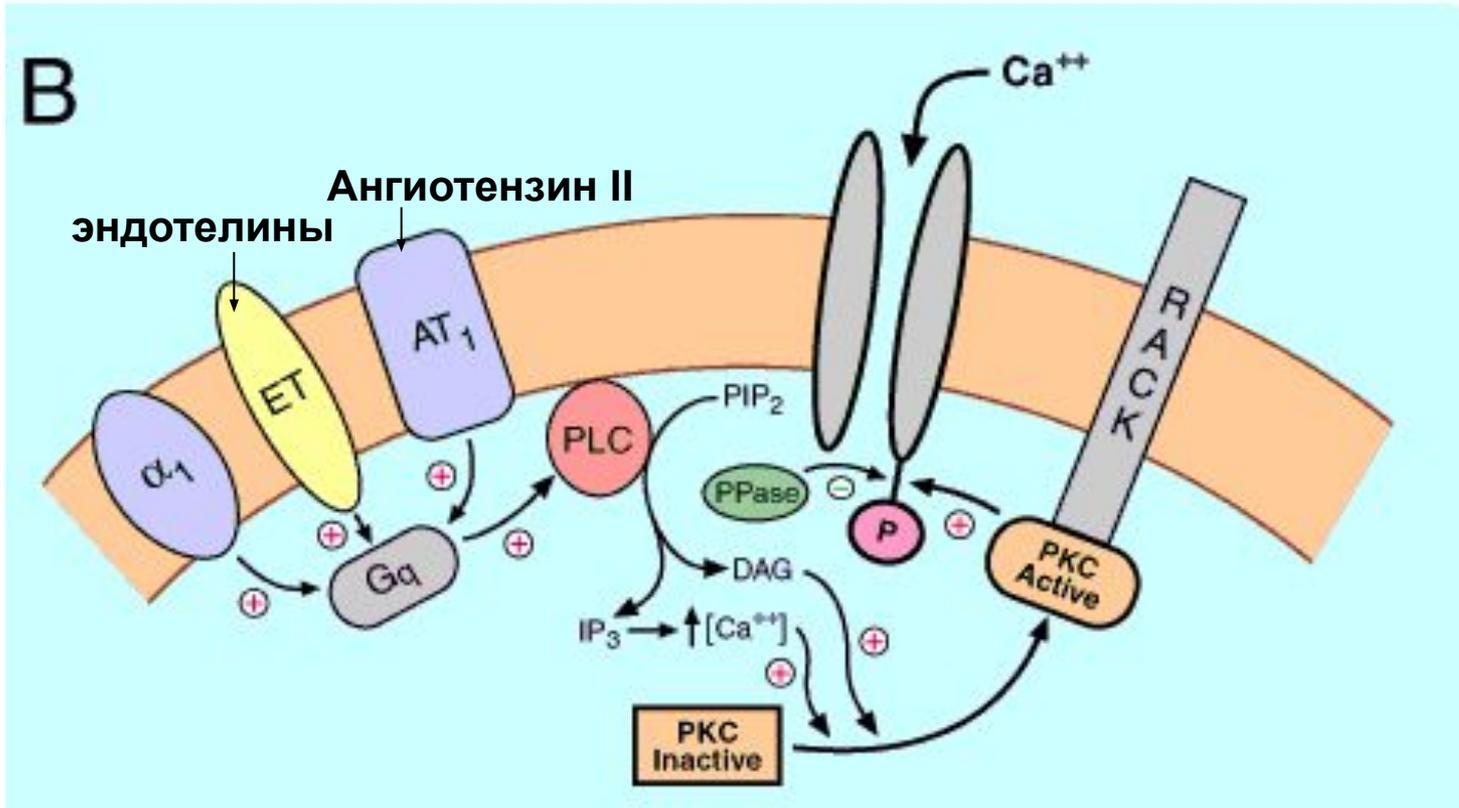
Arrestin "activation"

3



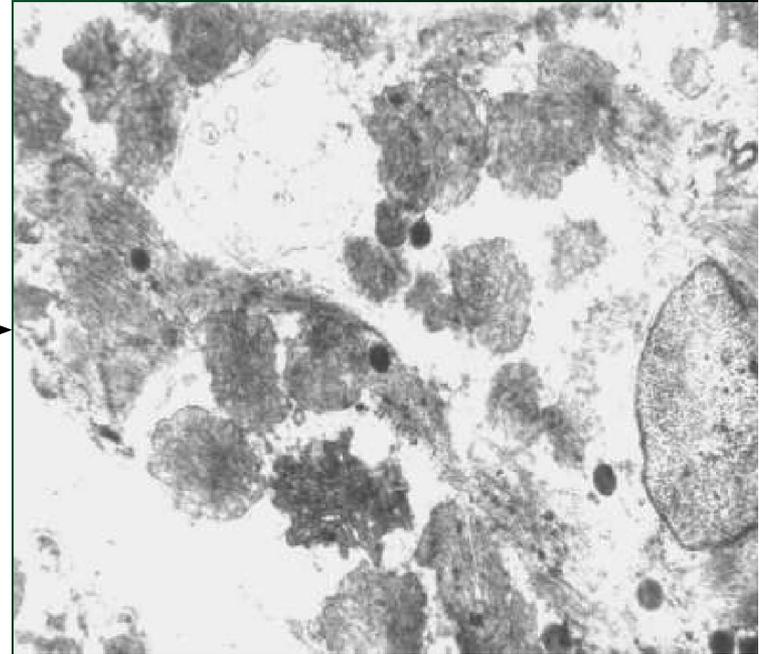
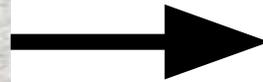
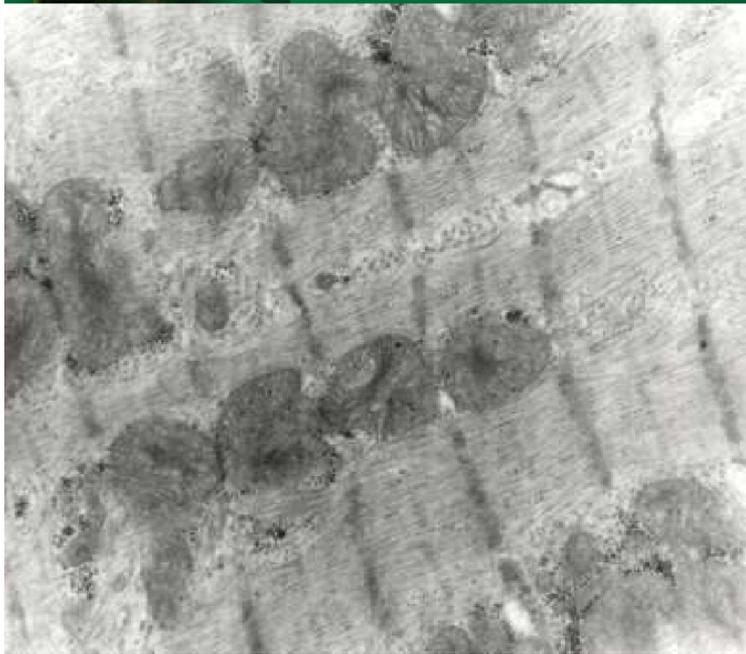
Arrestin-binding





тироксин \longrightarrow \uparrow ЧСС, \uparrow Чувствительности к катехоловым аминам

кортикостероиды \longrightarrow + ионотропный эффект, \uparrow Чувствительности к катехоловым аминам



Последствия кальциевого парадокса:

1. активация Ca^{2+} -зависимых фосфатаз, фосфолипаз и АТФ-аз;
2. ингибирование Na^+ , K^+ -АТФ-азы и активация миофибриллярного аппарата, приводящая к развитию контрактуры и чрезмерному расходу АТФ;
3. нарушение структурной целостности и работы митохондрий

Основные рефлексогенные зоны:

Барорецепторы высокого давления:

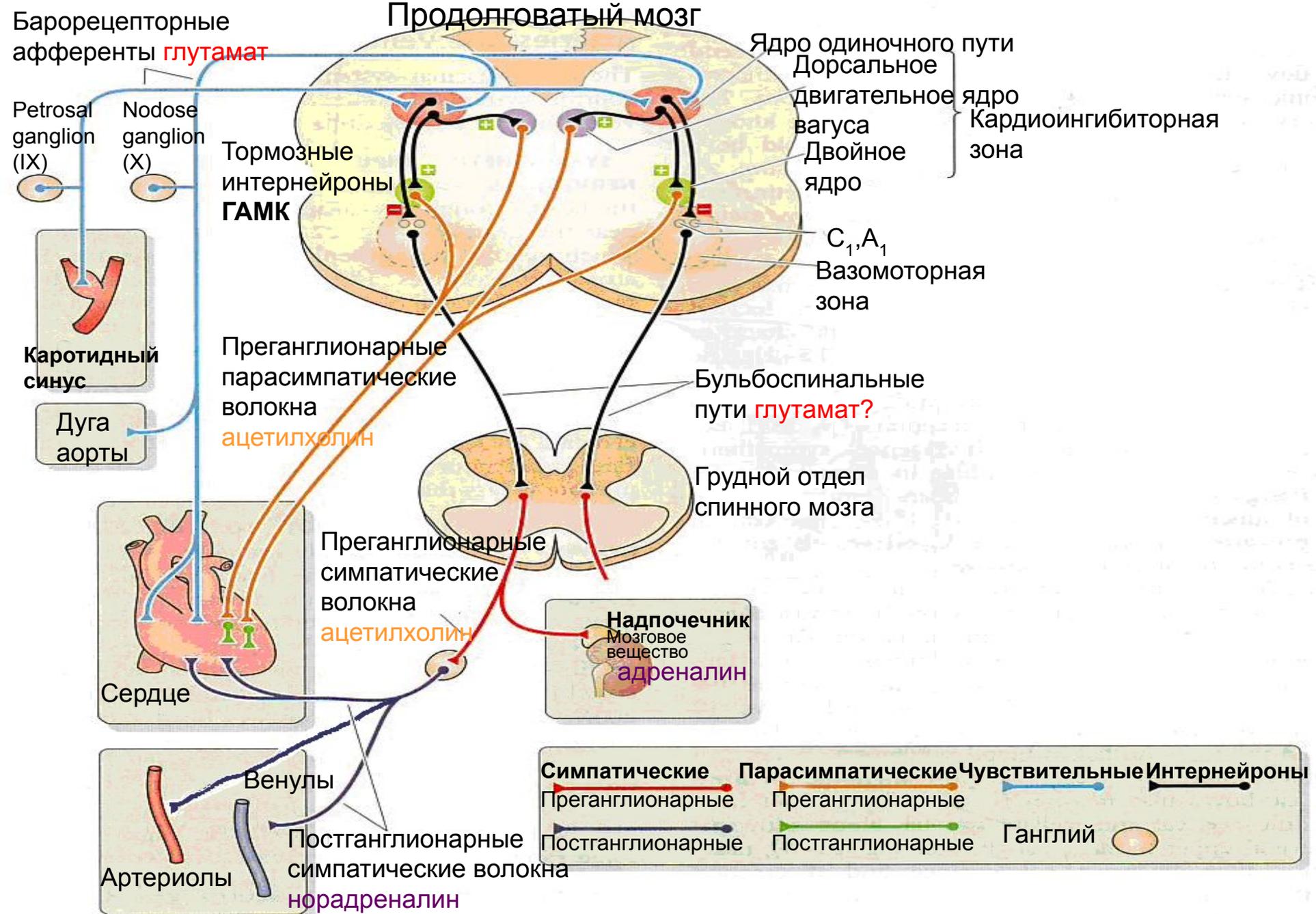
- Дуга аорты
- Каротидный (сонный) синус

Барорецепторы низкого давления

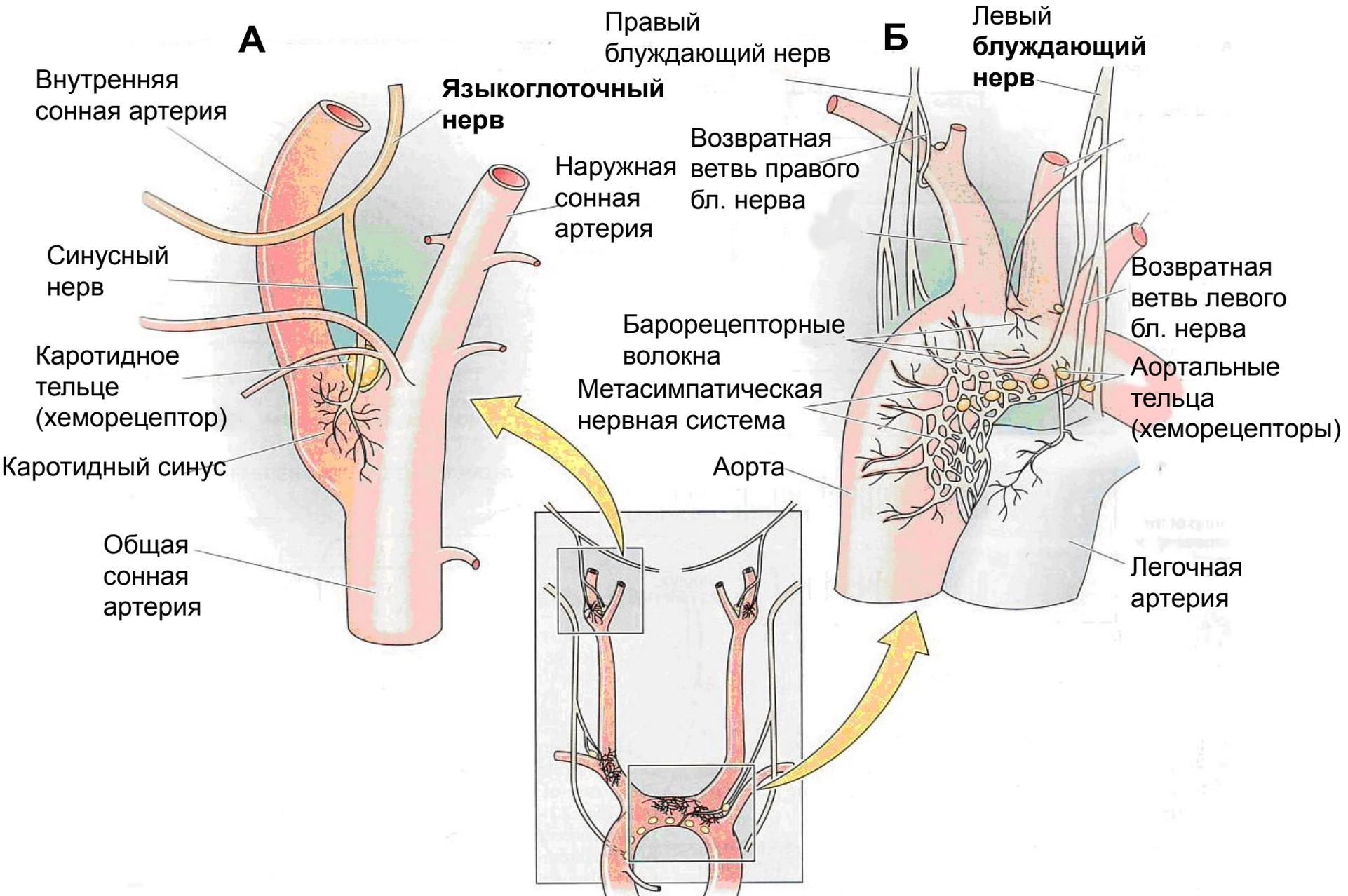
- Устья полых вен
- Правое предсердие

Хеморецепторы (CO₂, O₂, pH):

- Ствола мозга,
- Каротидный (сонный) синус
- Дуга аорты

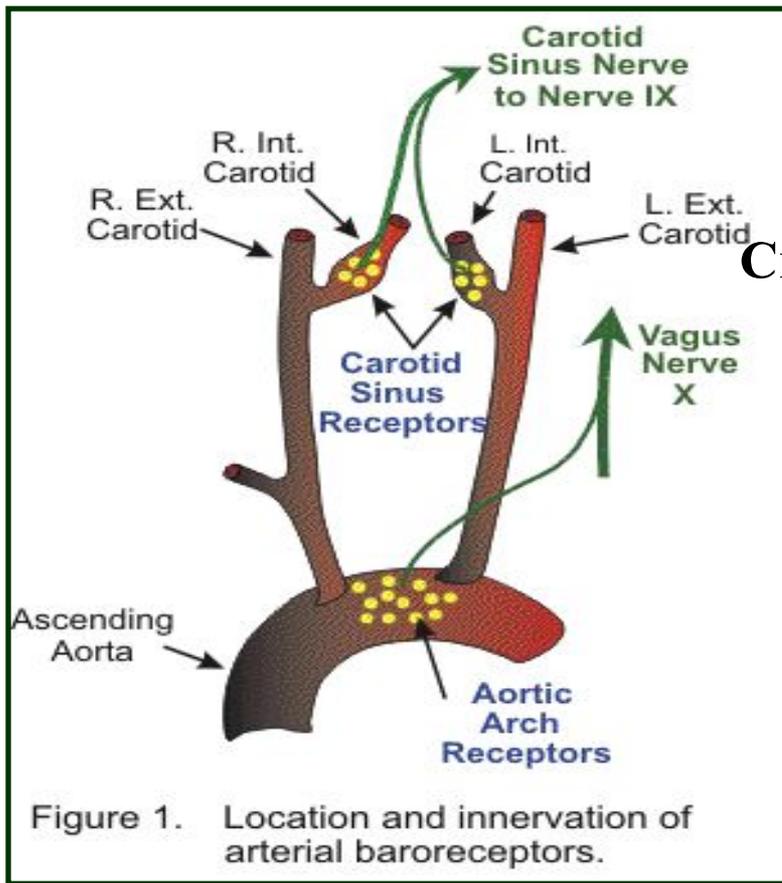


Афферентные и эфферентные пути барорефлекторной регуляции сердечно-сосудистой системы

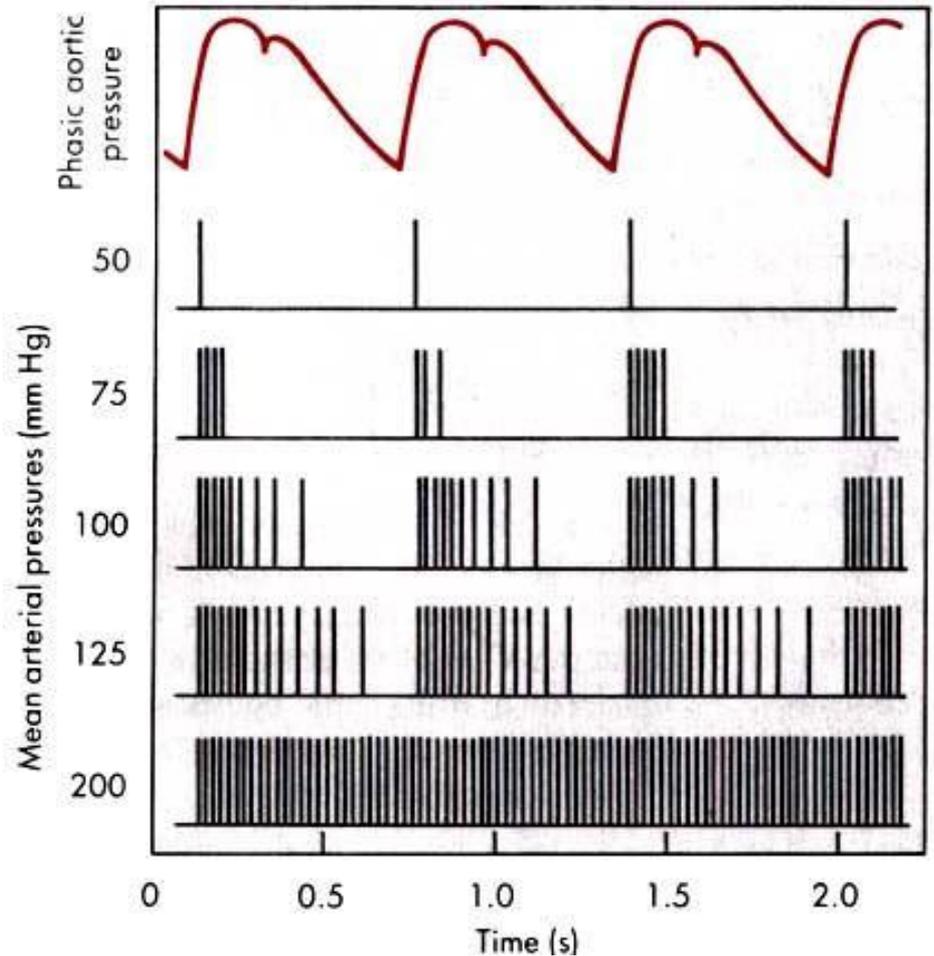


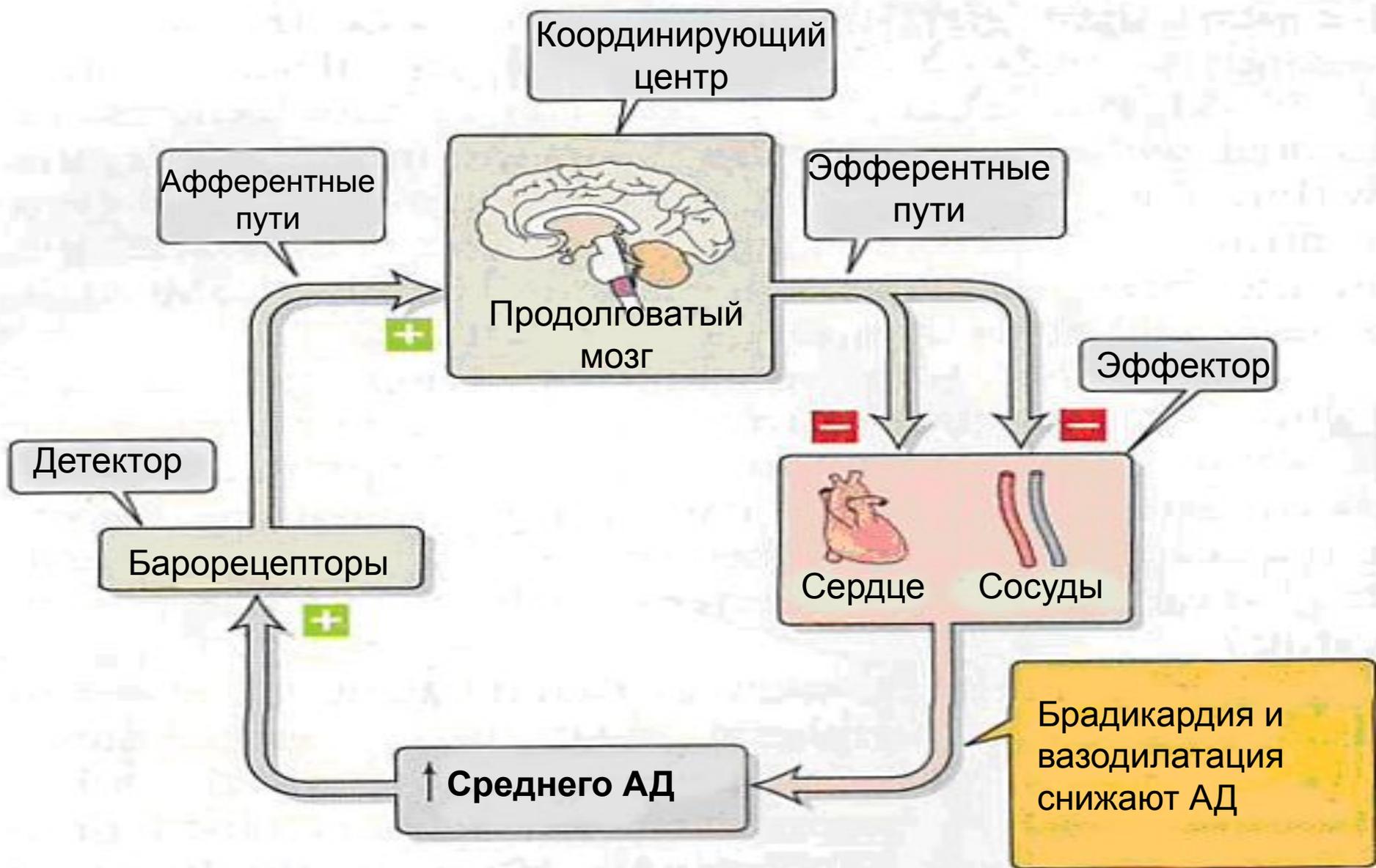
Барорецепторы дуги аорты и каротидного синуса («рецепторы высокого давления»)

Свободные нервные окончания, воспринимают растяжение стенки сосуда



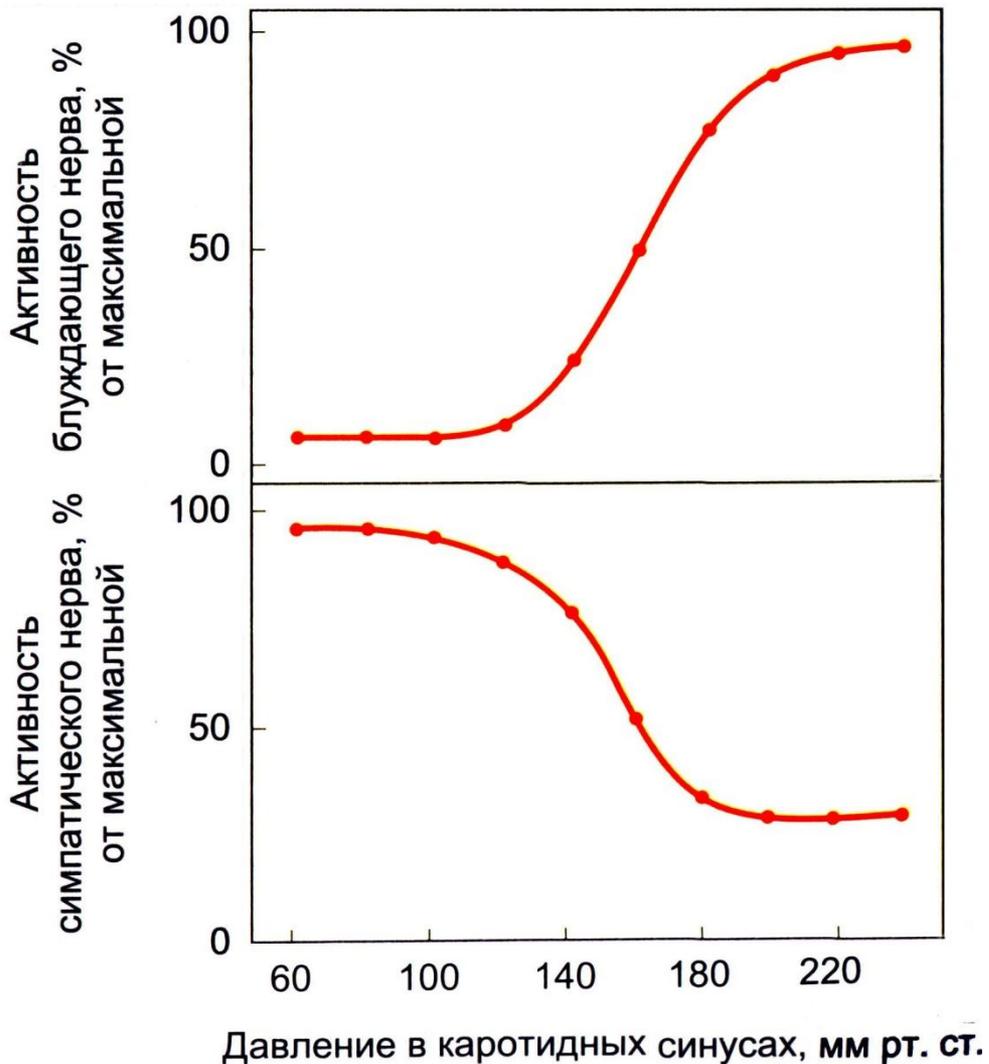
Взаимоотношения между давлением крови и импульсацией от единичного афферентного нервного волокна, идущего от каротидного синуса, при различных уровнях среднего артериального давления



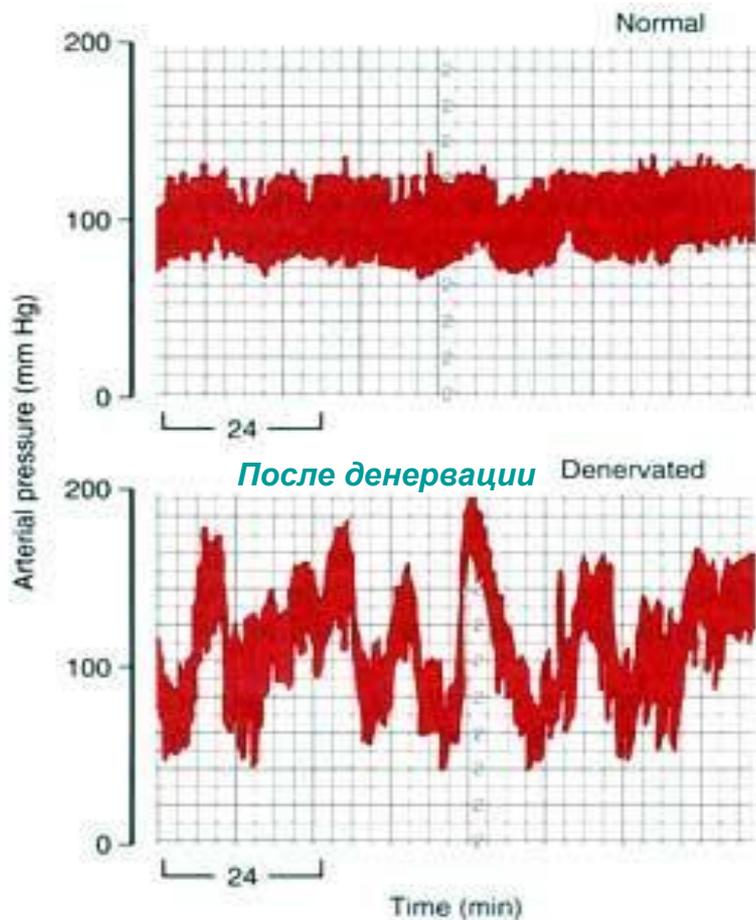


Барорецепторный контроль артериального давления

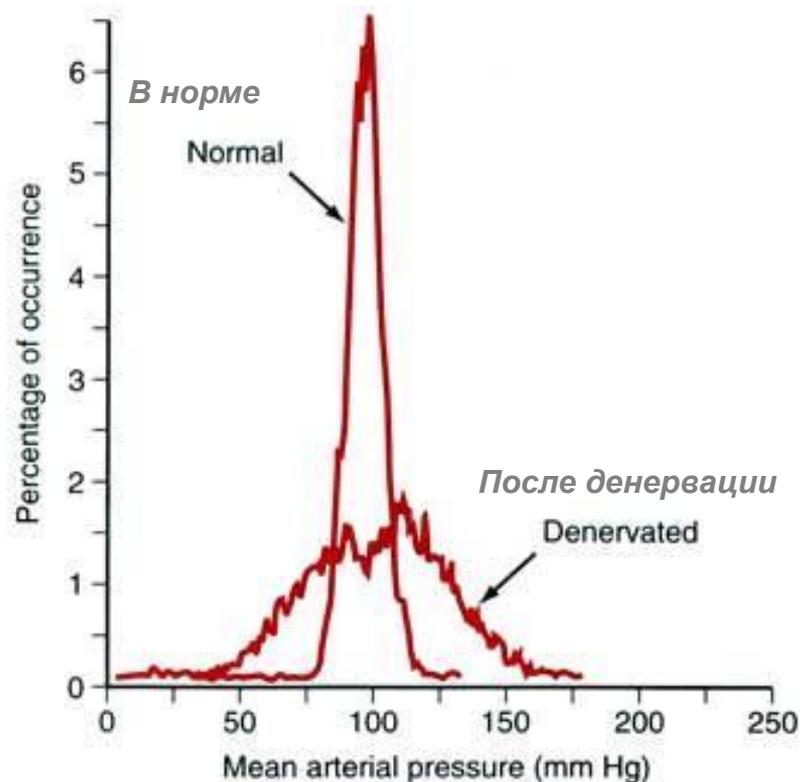
**Влияние изменений
давления в
изолированных
каротидных синусах
на активность
сердечных нервных
волокон
блуждающего и
симпатического
нервов собаки,
находящейся под
анестезией**



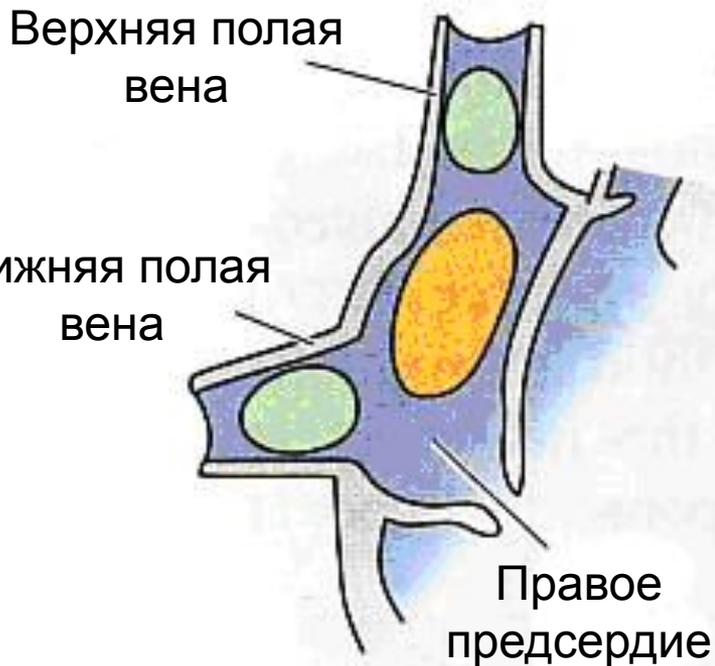
Буферная роль барорефлекса: уменьшение отклонений артериального давления от среднего уровня («снижение variability АД»)



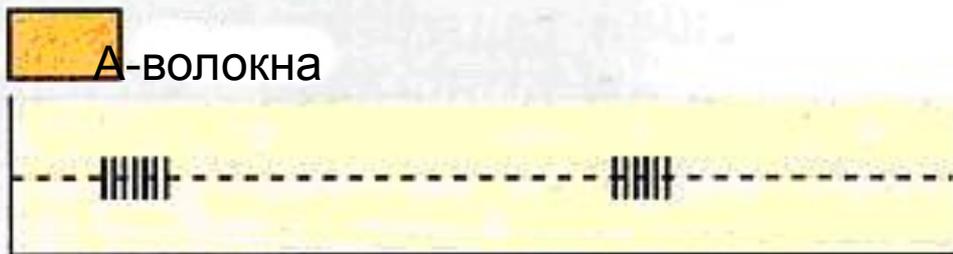
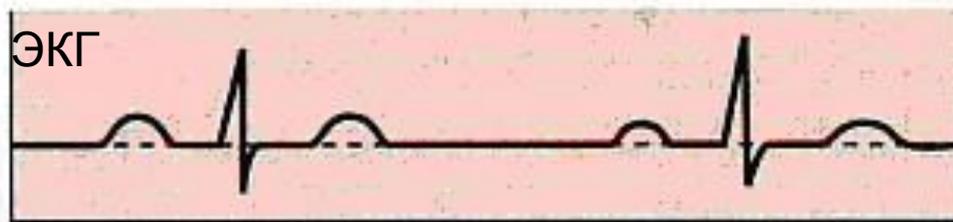
Гистограмма распределения значений АД, зарегистрированных в течение суток



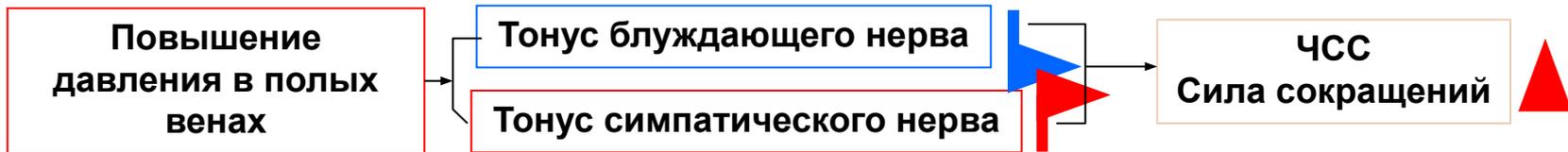
Примеры регистрации АД у собак с интактными барорецепторами и через 2-3 недели после денервации барорецепторов дуги аорты и каротидных синусов



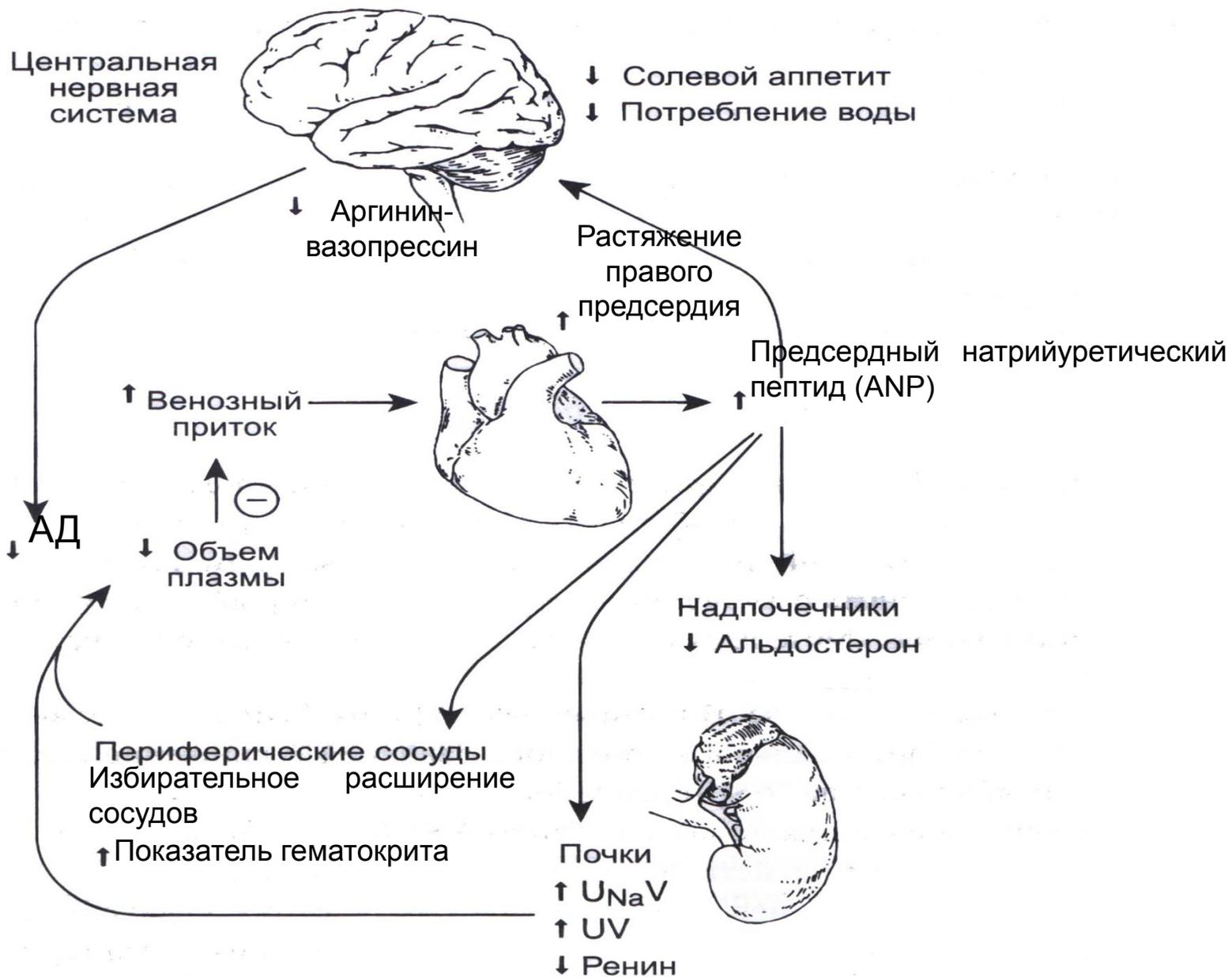
*Предотвращение
чрезмерного
растяжения венозной
системы*

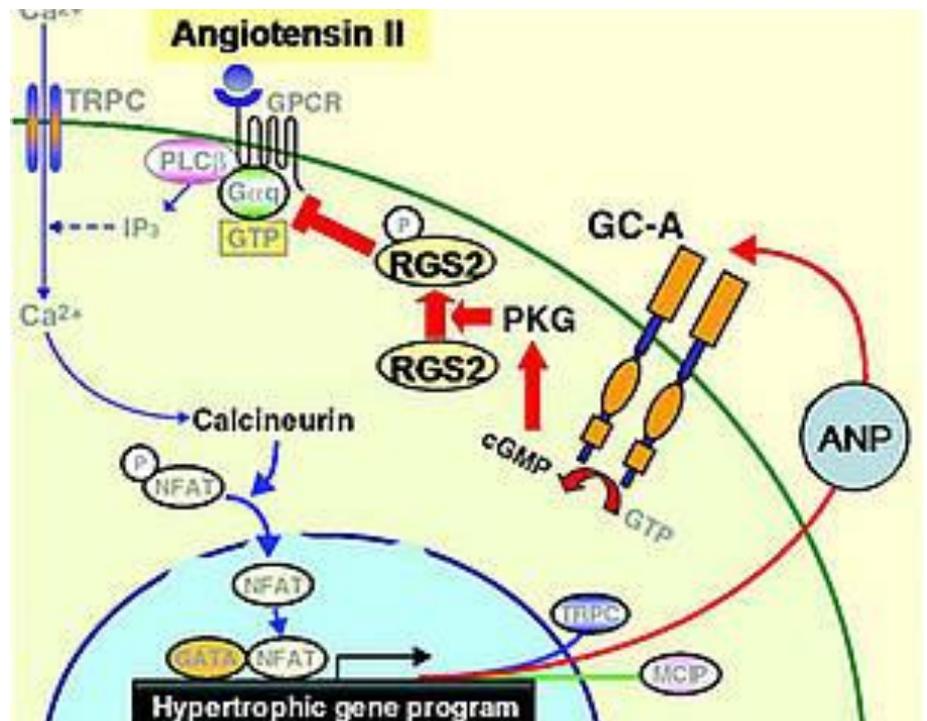
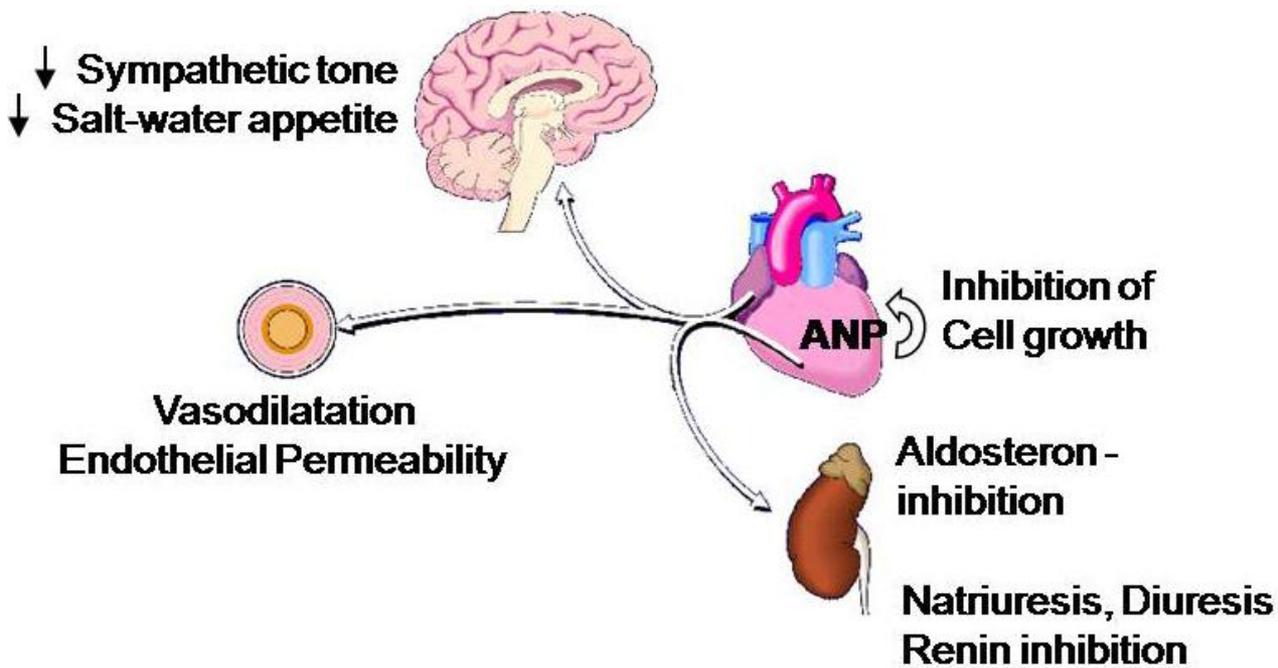


Рефлекс Бейнбриджа:



Кардио-висцеральные рефлексы с рецепторов низкого давления





Mechanical factors
-atrial wall stretch
-volume expansion
-sodium intake

Endothelium-derived factors
-endothelin-1
-nitric oxide

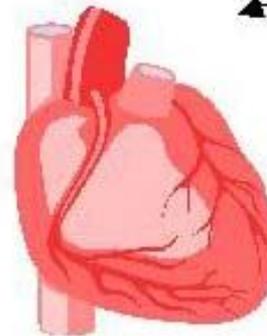
Osmolality

Hypoxia

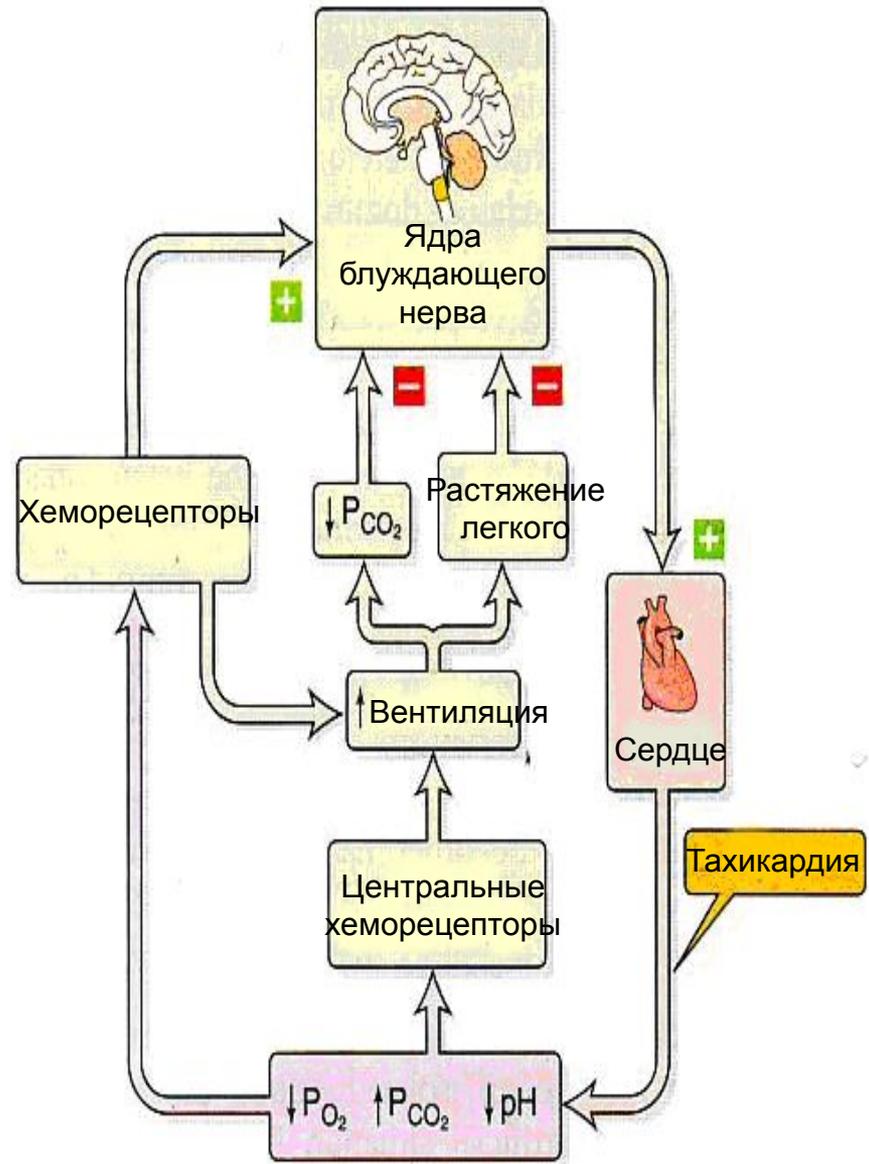
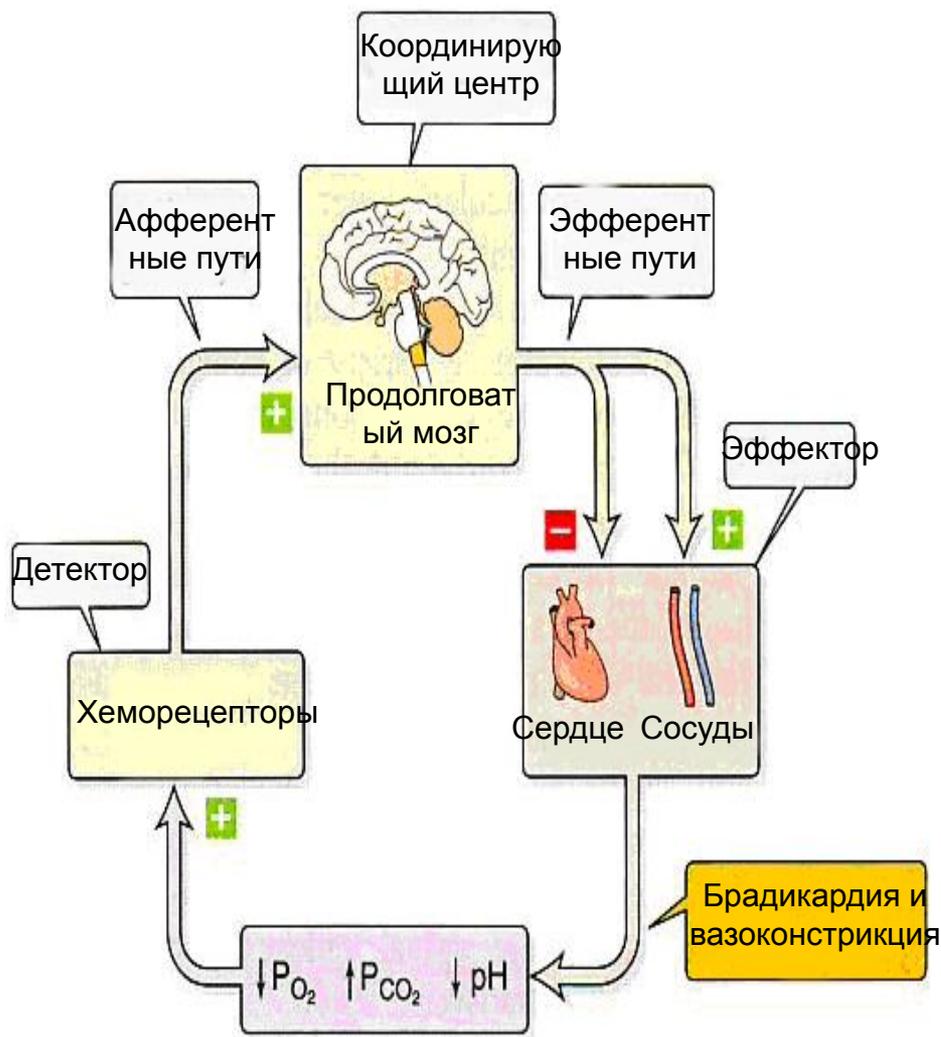
Heart rate

Neurohumoral factors

-adrenaline
-noradrenaline
-acetylcholine
-angiotensin II
-vasopressin

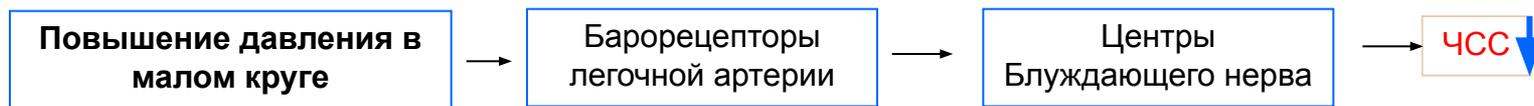


ANP secretion

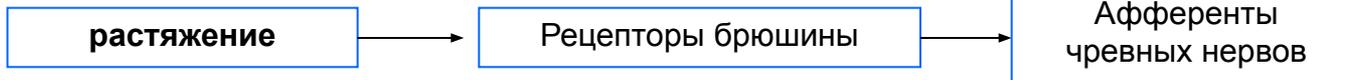


Хеморецепторный контроль сердечно-сосудистой системы. Слева – при отсутствии компенсации дыханием. Справа – при компенсации дыханием развивается тахикардия

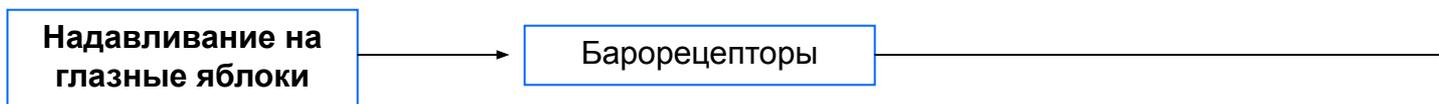
Рефлекс Парина



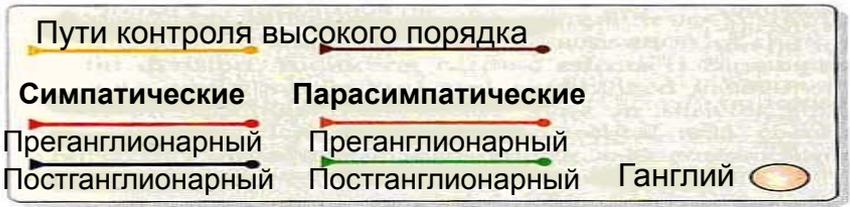
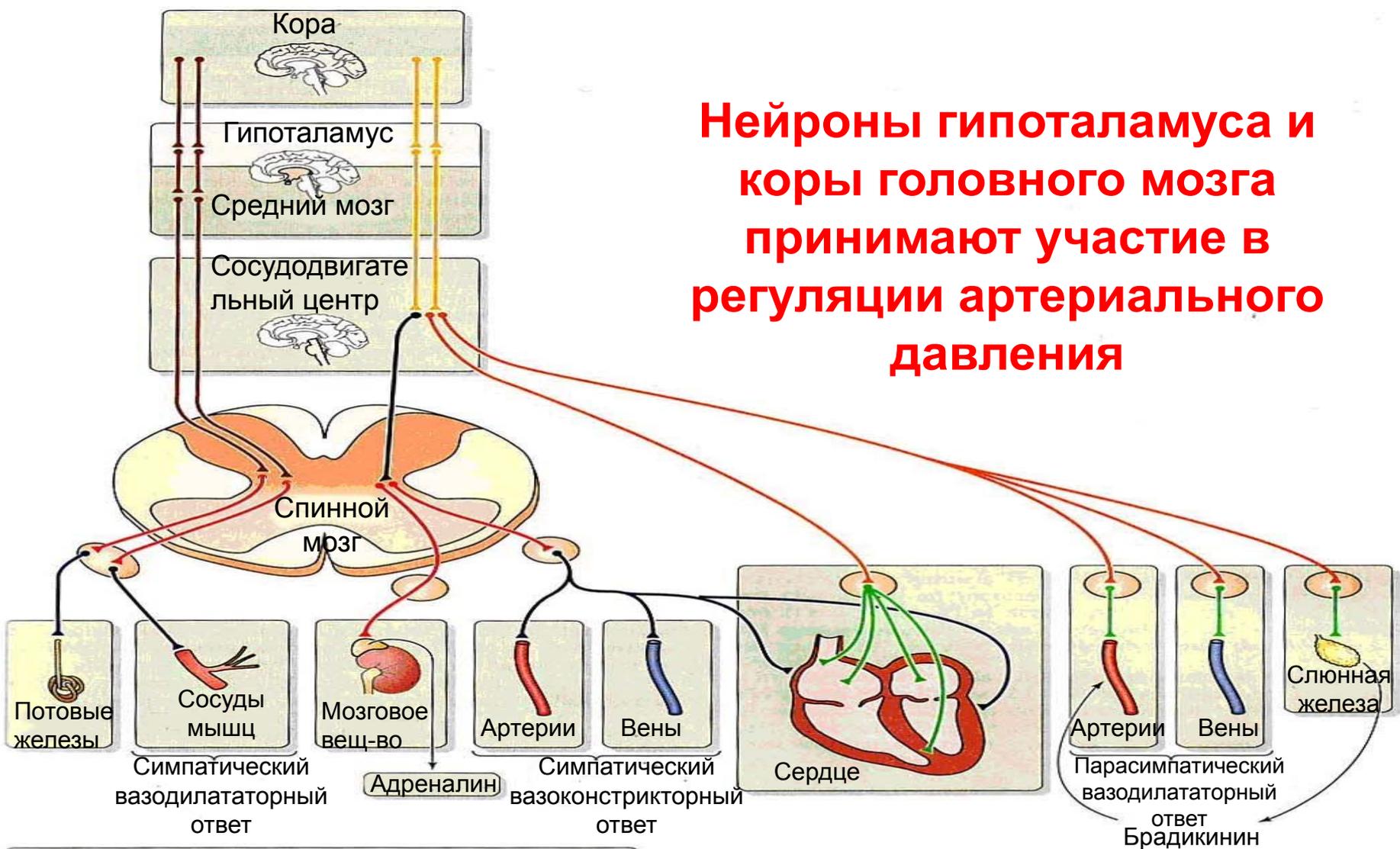
Рефлекс Гольца



Рефлекс Данини-Ашнера (глазосердечный)



Нейроны гипоталамуса и коры головного мозга принимают участие в регуляции артериального давления



Симпатический вазодилататорный ответ

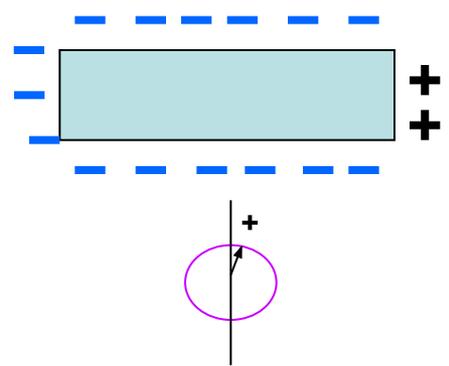
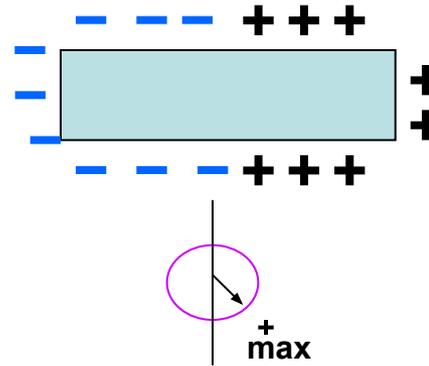
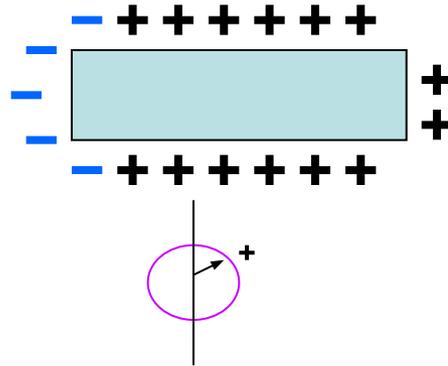
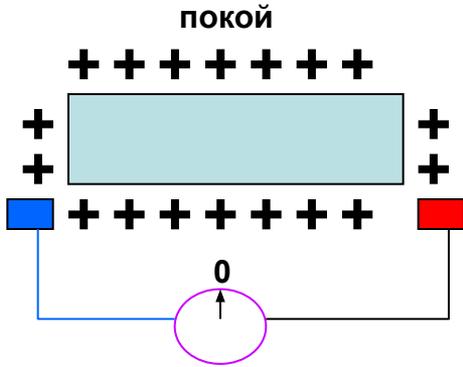
Симпатический вазоконстрикторный ответ

Парасимпатический вазодилататорный ответ
Брадикинин

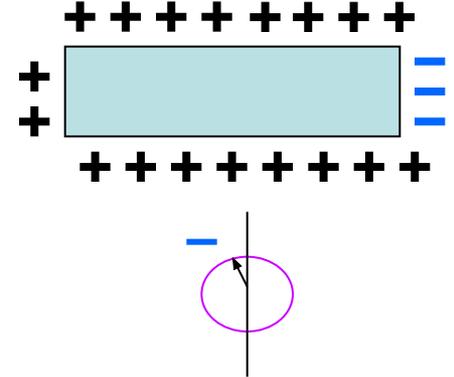
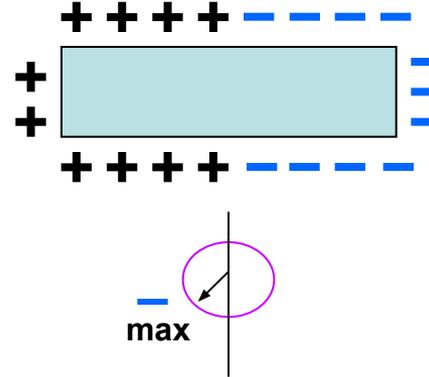
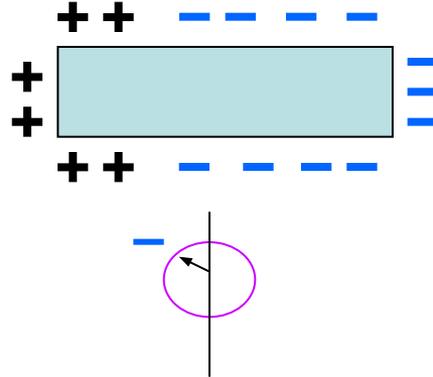
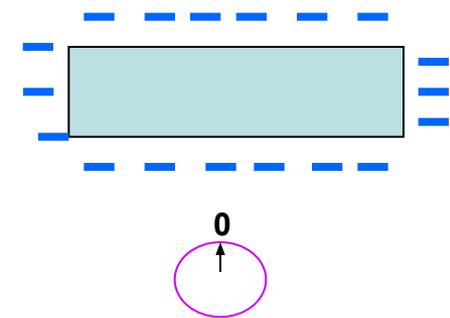
Электрокардиограмма

запись колебаний разности потенциалов, возникающих на поверхности сердца

ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

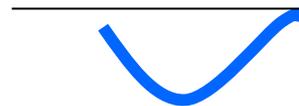
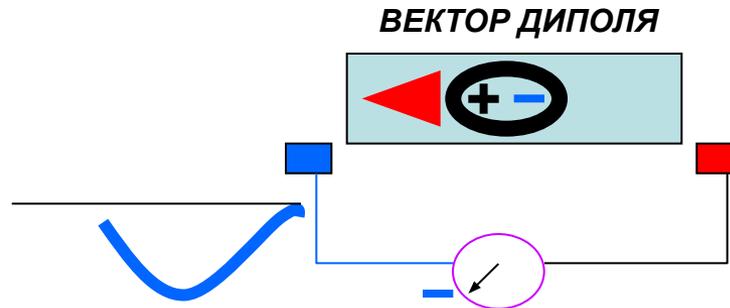
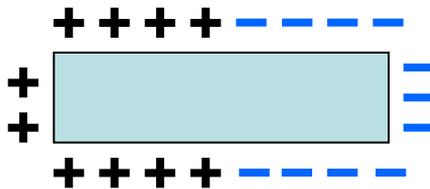
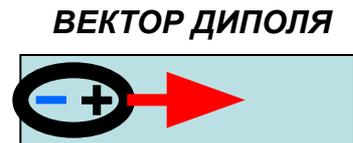
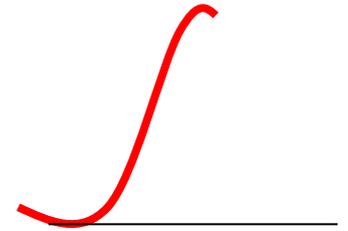
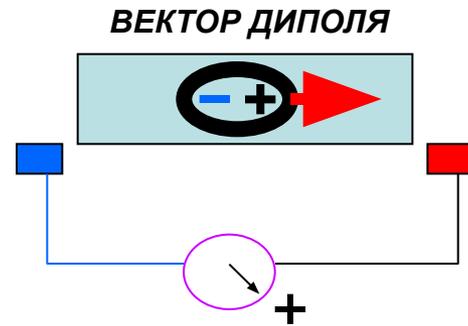
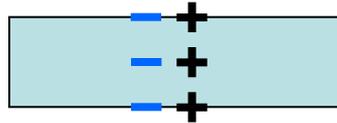
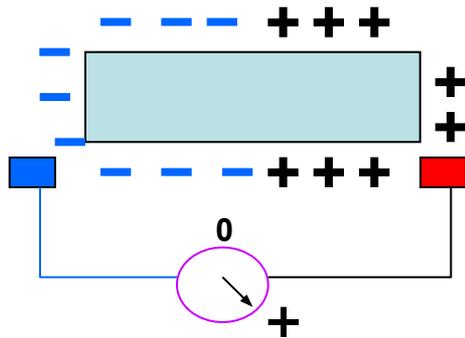


РЕПОЛЯРИЗАЦИЯ

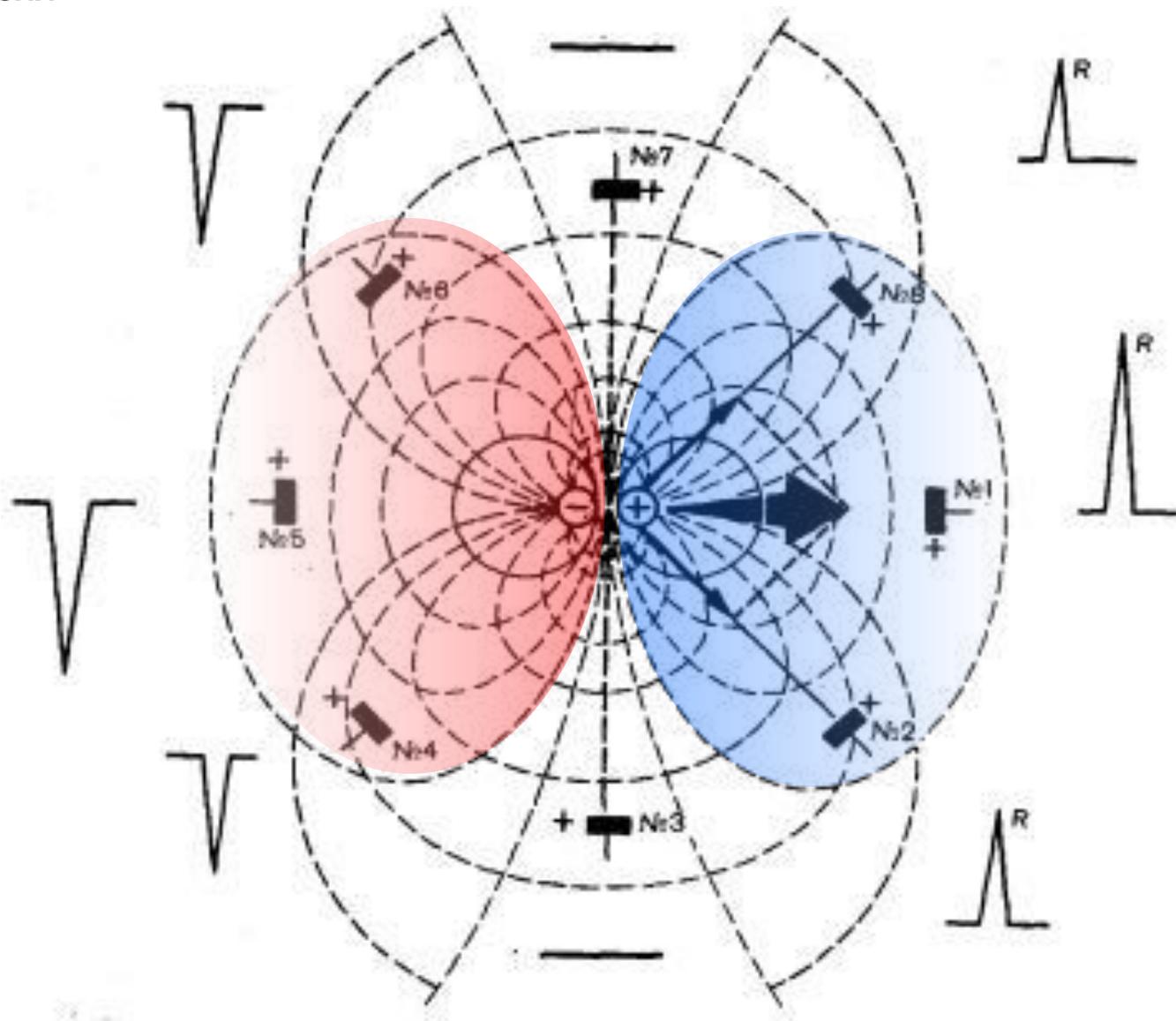


Дипольная концепция:

Распространение волны возбуждения в виде перемещения двойного слоя зарядов $-/+$
Заряды равны по величине, и максимально сближены

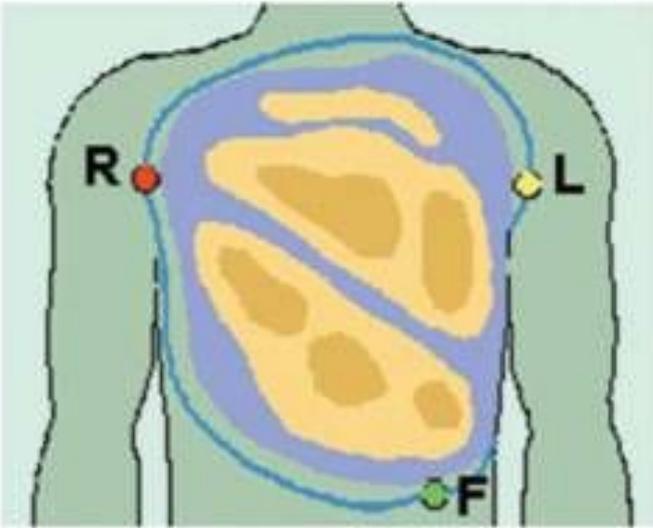


ПОЛЕ ДИПОЛЯ



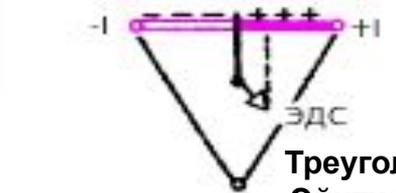
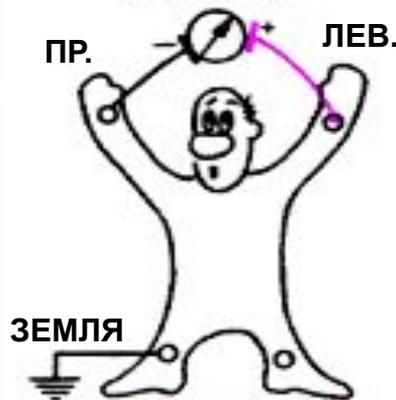
a

Стандартные отведения:



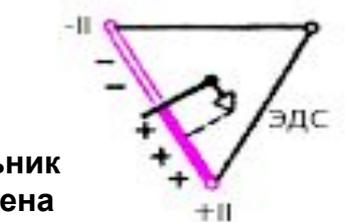
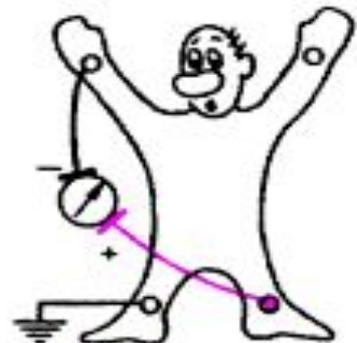
ЭКГ – ЭДС СЕРДЦА

I отведение

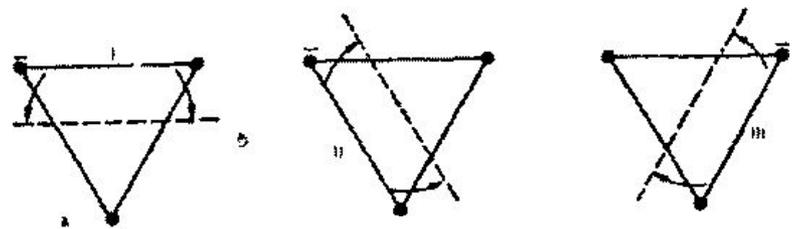
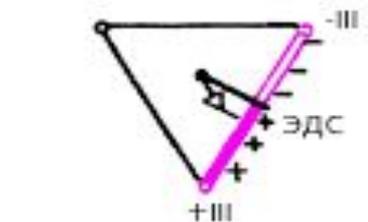


Треугольник Эйнтховена

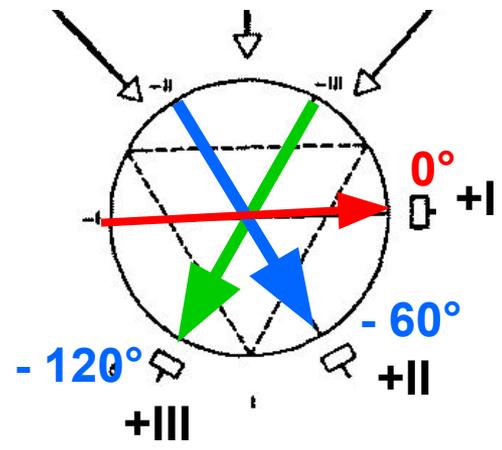
II отведение

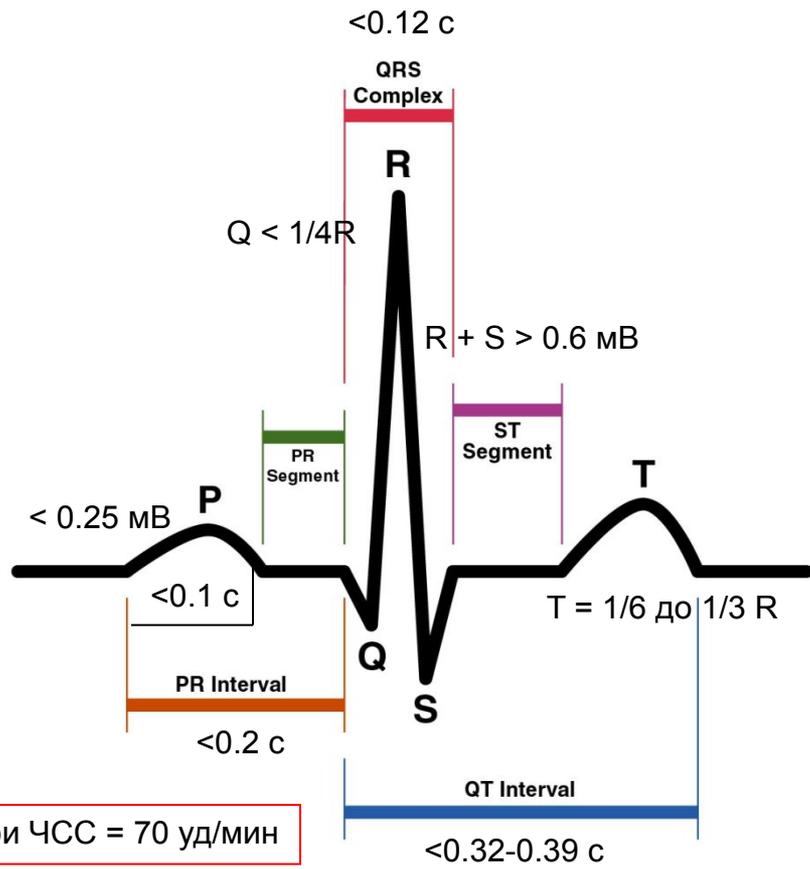


III отведение



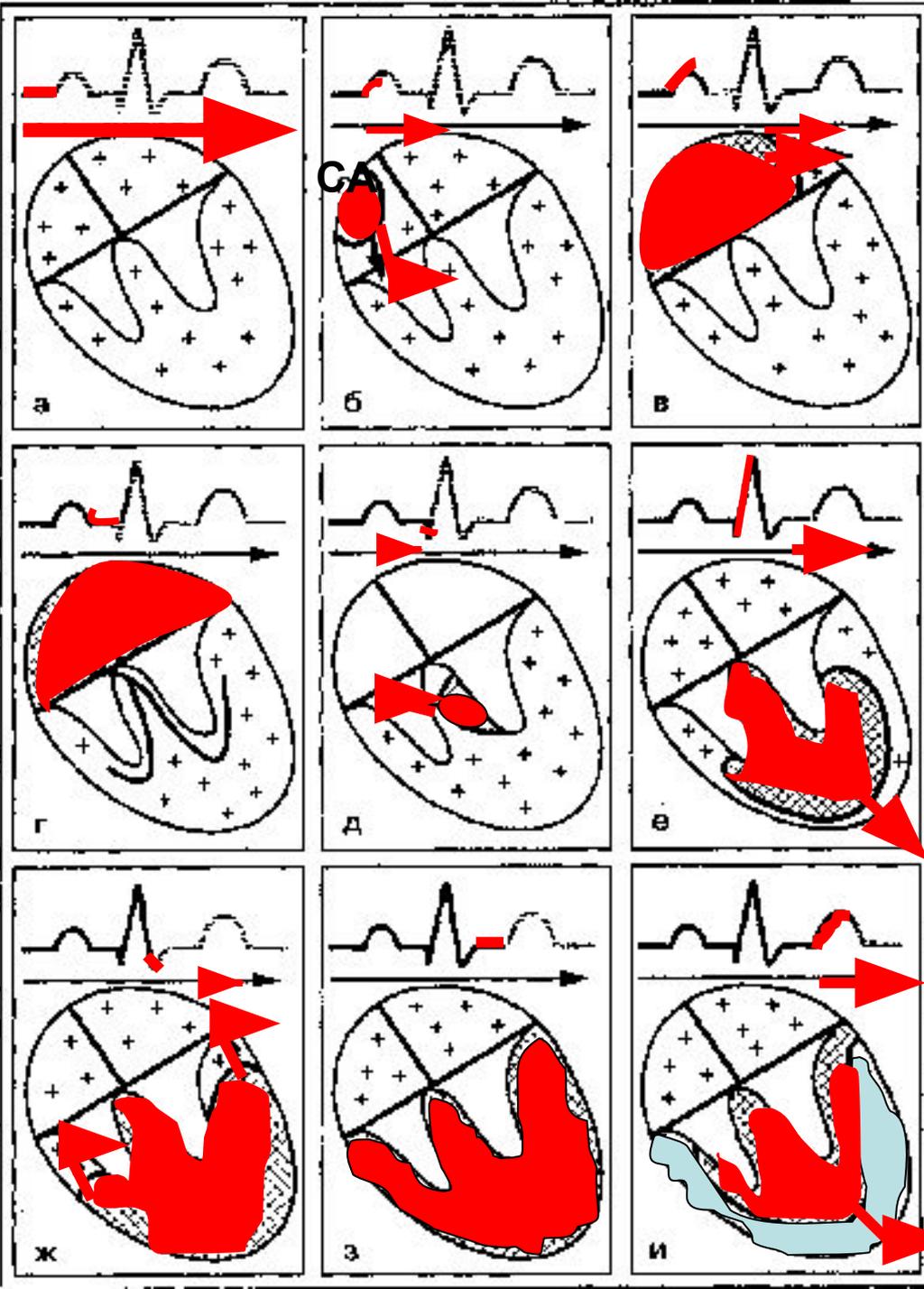
Трех-осевая система координат





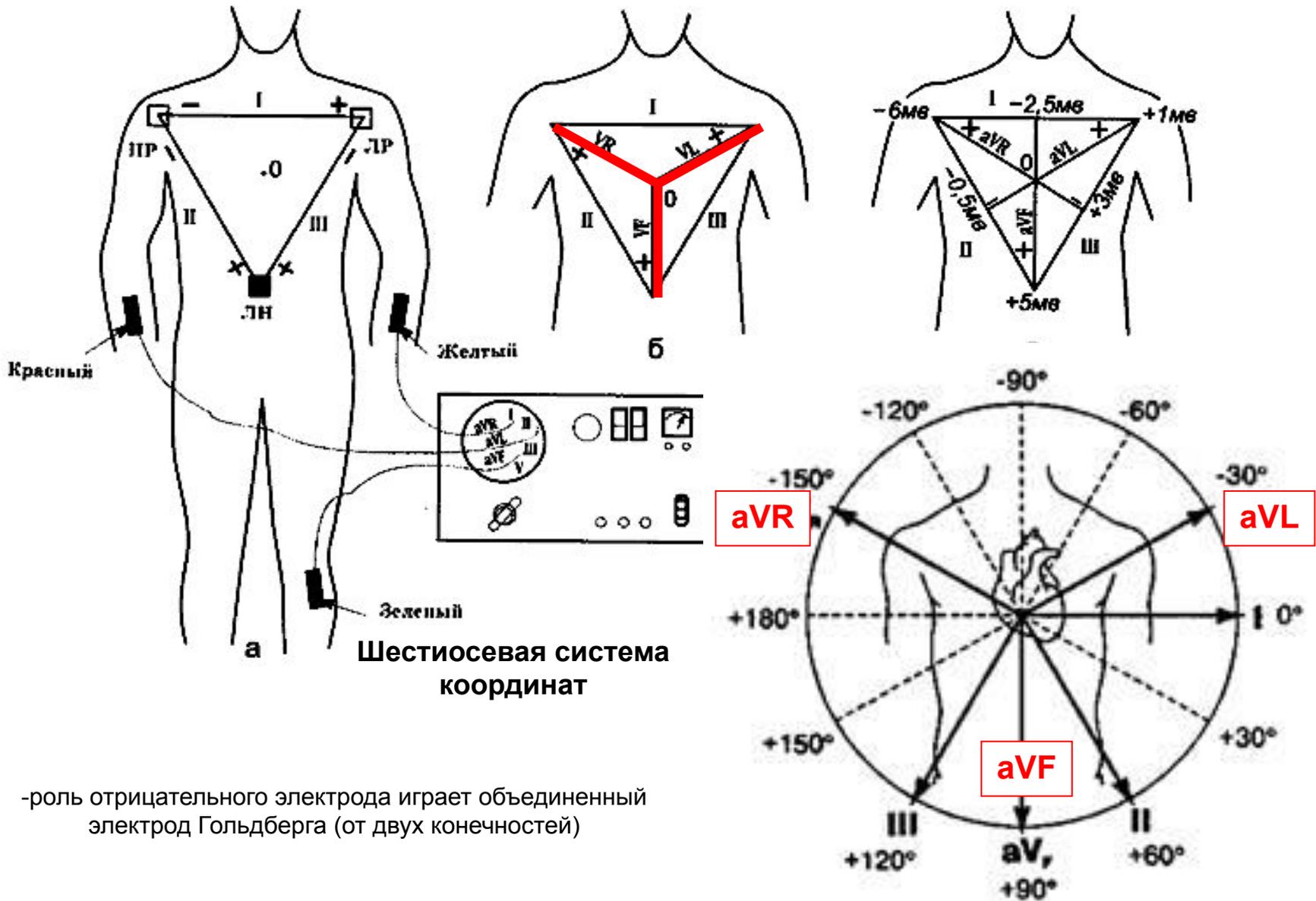
При ЧСС = 70 уд/мин

При ЧСС = 180 уд/мин до 0.2 с



Усиленные отведения (Гольдберга):

- между одной из конечностей и средним потенциалом двух других



- роль отрицательного электрода играет объединенный электрод Гольдберга (от двух конечностей)

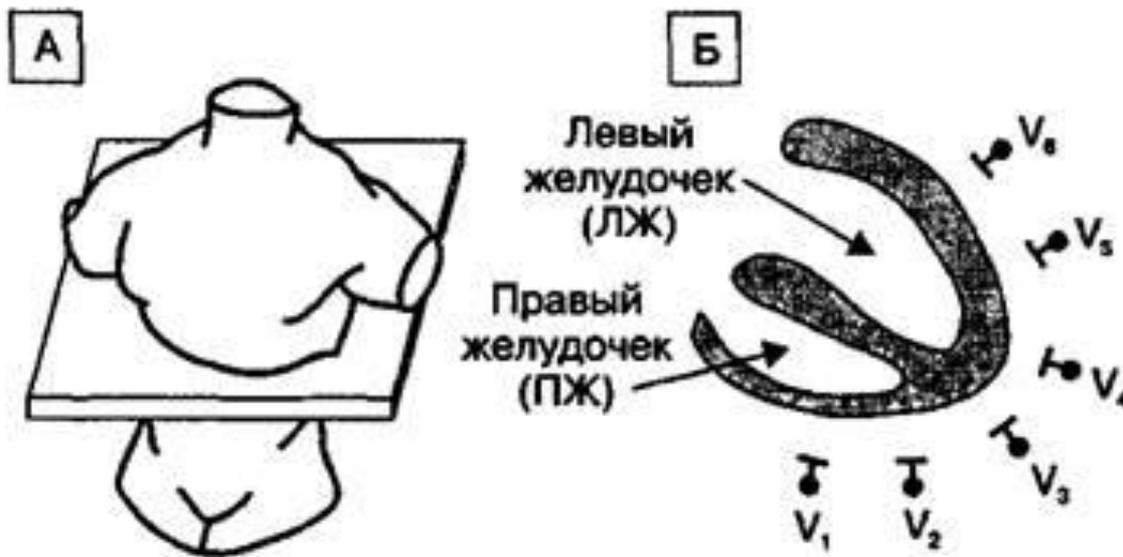


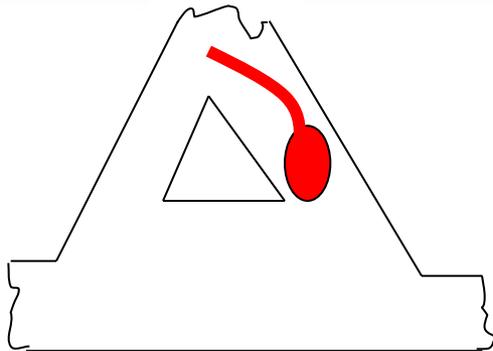
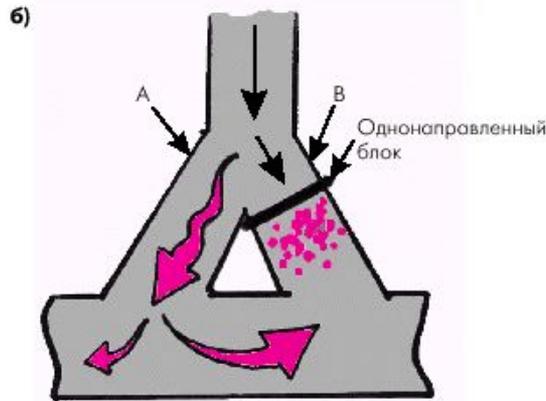
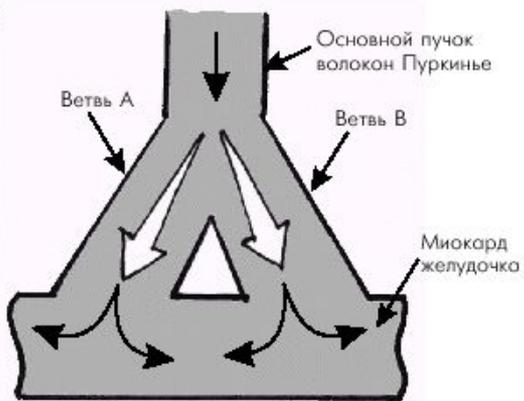
Рис. 4.7. Грудные отведения. А. Поперечное сечение грудной клетки. Б. Позиции шести грудных электродов

-роль отрицательного электрода играет объединенный электрод Вильсона (от трех конечностей)

ЭКСТРАСИСТОЛЫ

ПОВТОРНЫЙ ВХОД (RE-ENTRY)

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ
СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ (активация Катф –
каналов....)



ОСЦИЛЯТОРНАЯ АКТИВНОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ КЛЕТОК

Утечка Ca через Риаудиновые рецепторы

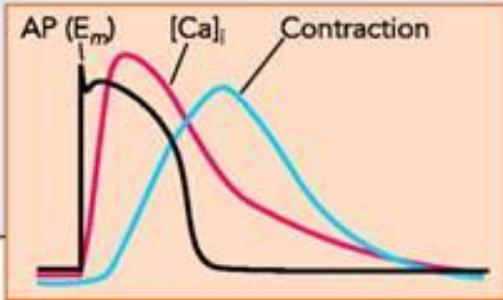
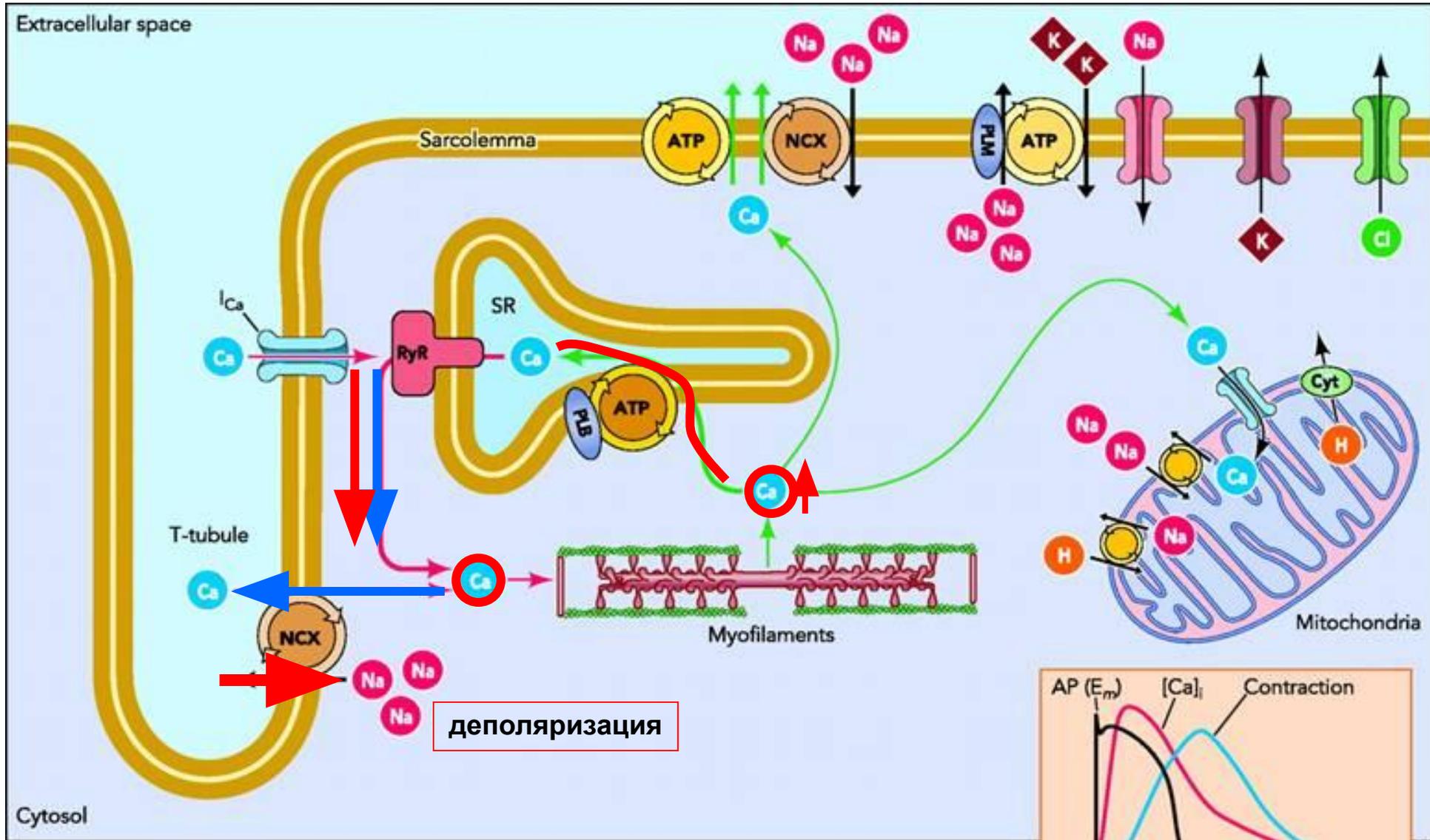
Активация $3\text{Na}/\text{Ca}$ обмена

Деполяризация мембраны

Активация быстрых Na-каналов
и Ca-каналов (генерация ПД)

Распространение возбуждения на
соседние клетки
через нексусы

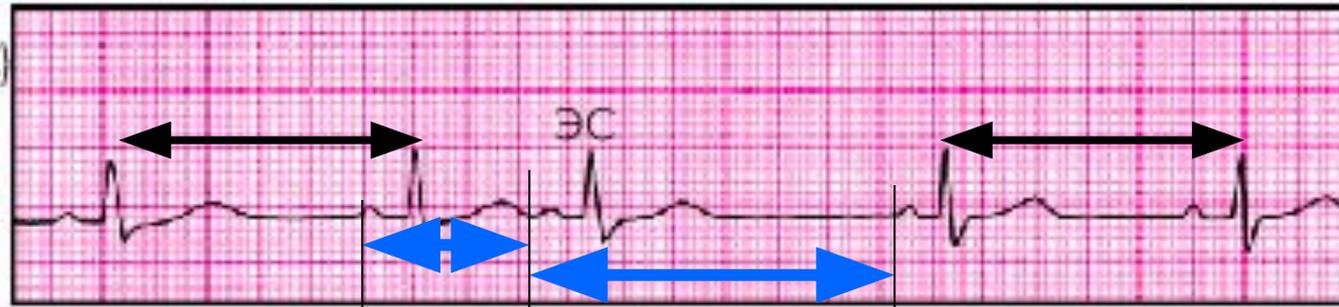
Внеочередное возбуждение и
сокращение миокарда



ЭКСТРАСИСТОЛЫ

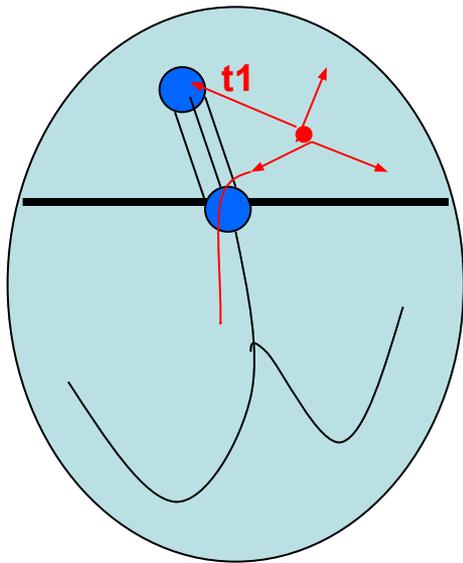
Предсердная (включая АВ-соединения)

желудочковая



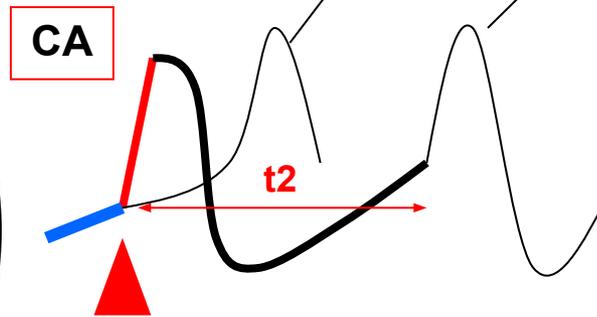
Интервал сцепления

неполная
Компенсаторная
пауза = t_1+t_2



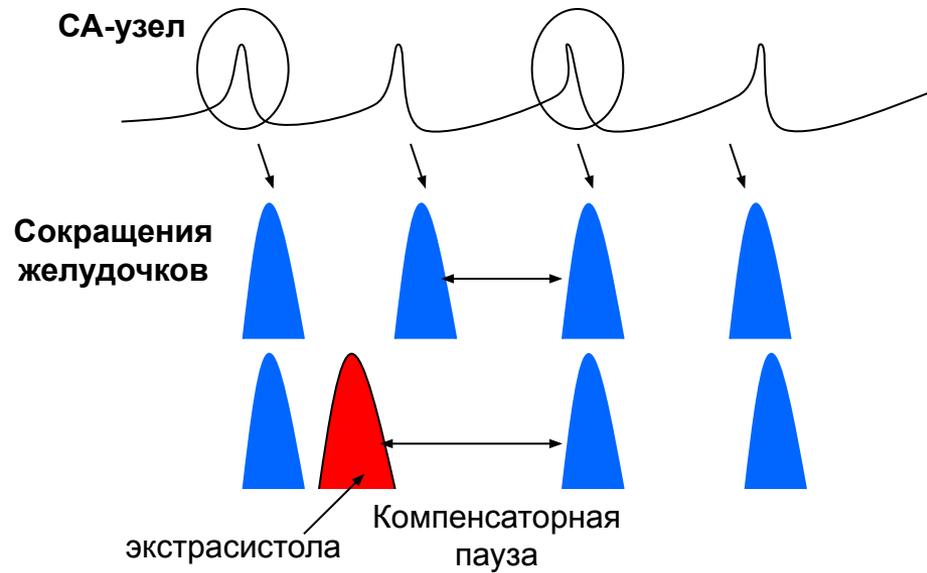
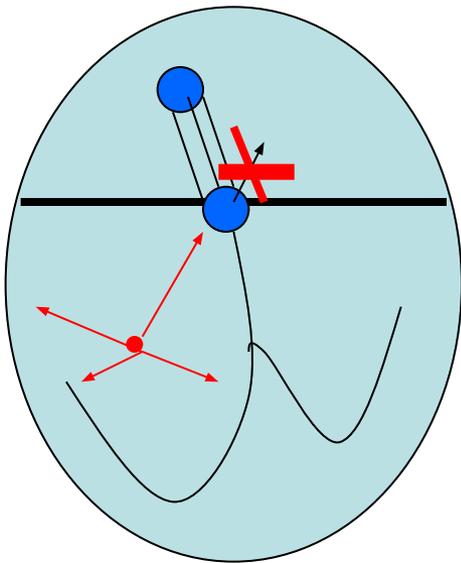
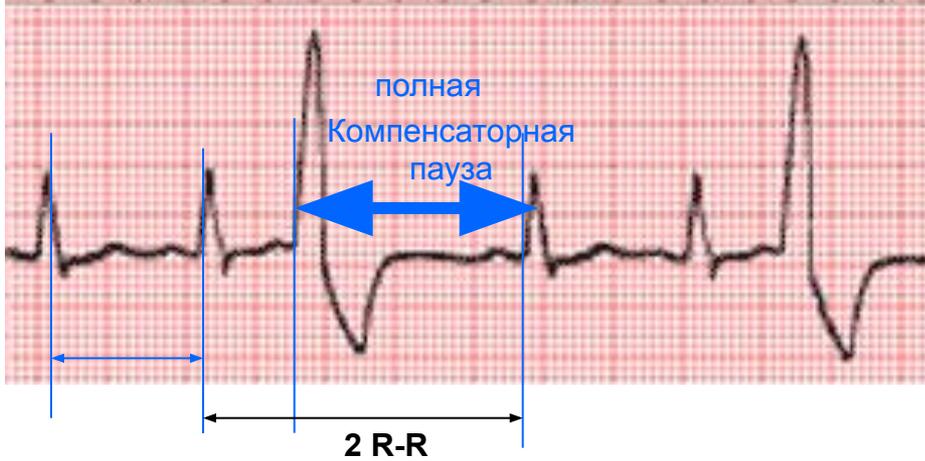
Очередной импульс

Импульс после экстрасистолы



Трепетание предсердий – 200-400 / мин при сохранении правильного ритма

Желудочковая экстрасистолия

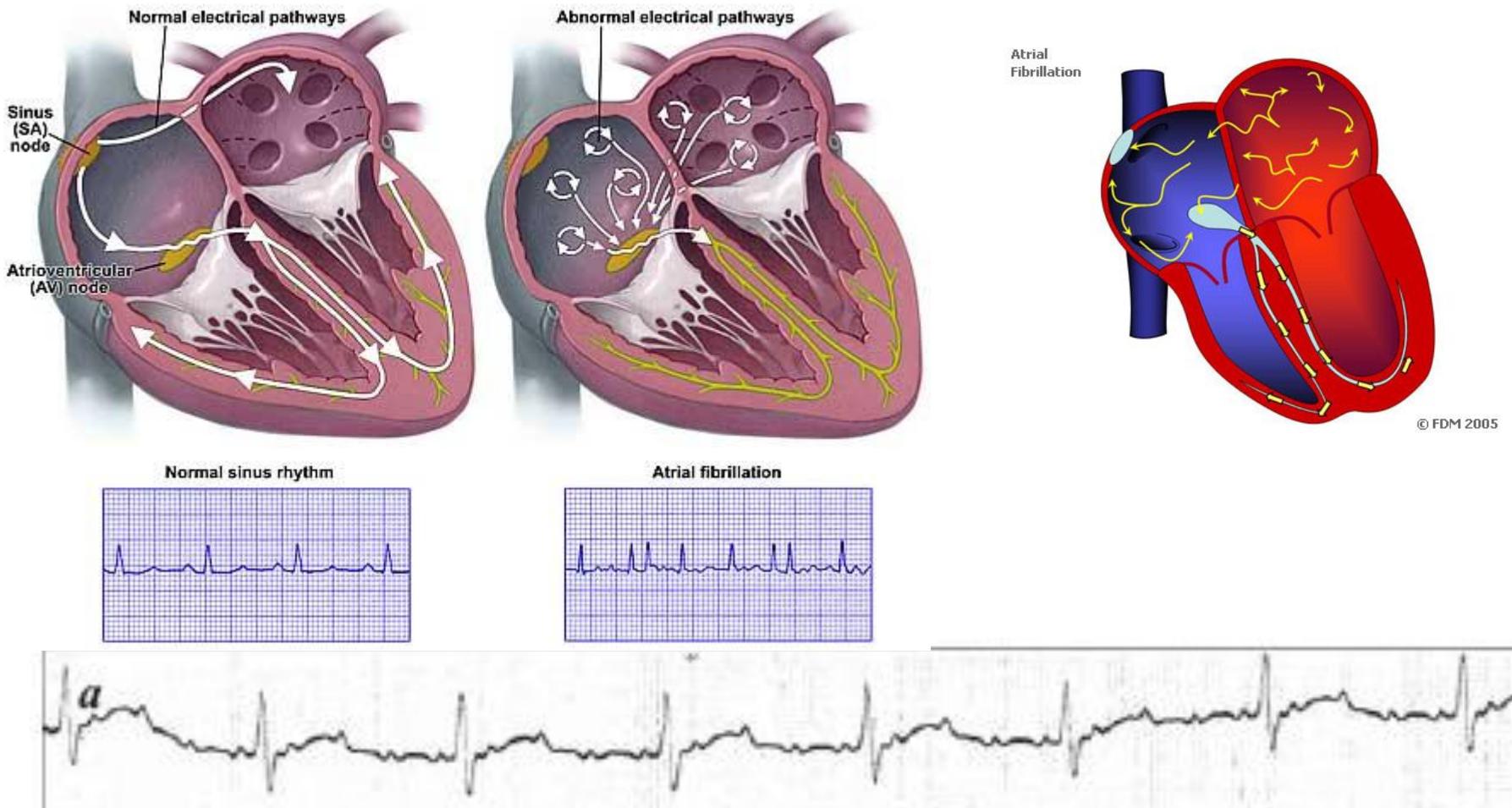


Трепетание предсердий – 200-400 / мин при сохранении правильного ритма

Re-entry / повышение автоматизма СА-узла

Мерцание (фибрилляция) предсердий – 350-700 / мин хаотичное

Re-entry, постоянное изменение эктопических очагов, осцилляции



a)



b)



Трепетание (200-300 в мин, регулярный ритм)
Мерцание / фибрилляция (200-500 / мин, нерегулярный ритм)
желудочков

