

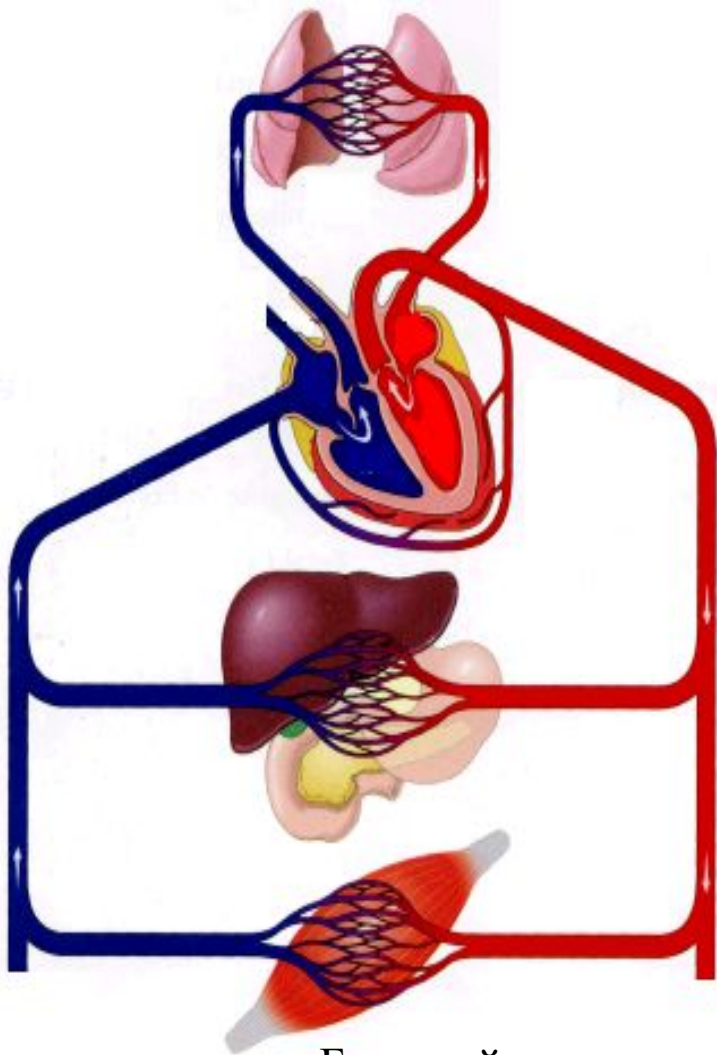
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА

Лекция **1.**

НАСОСНАЯ ФУНКЦИЯ СЕРДЦА

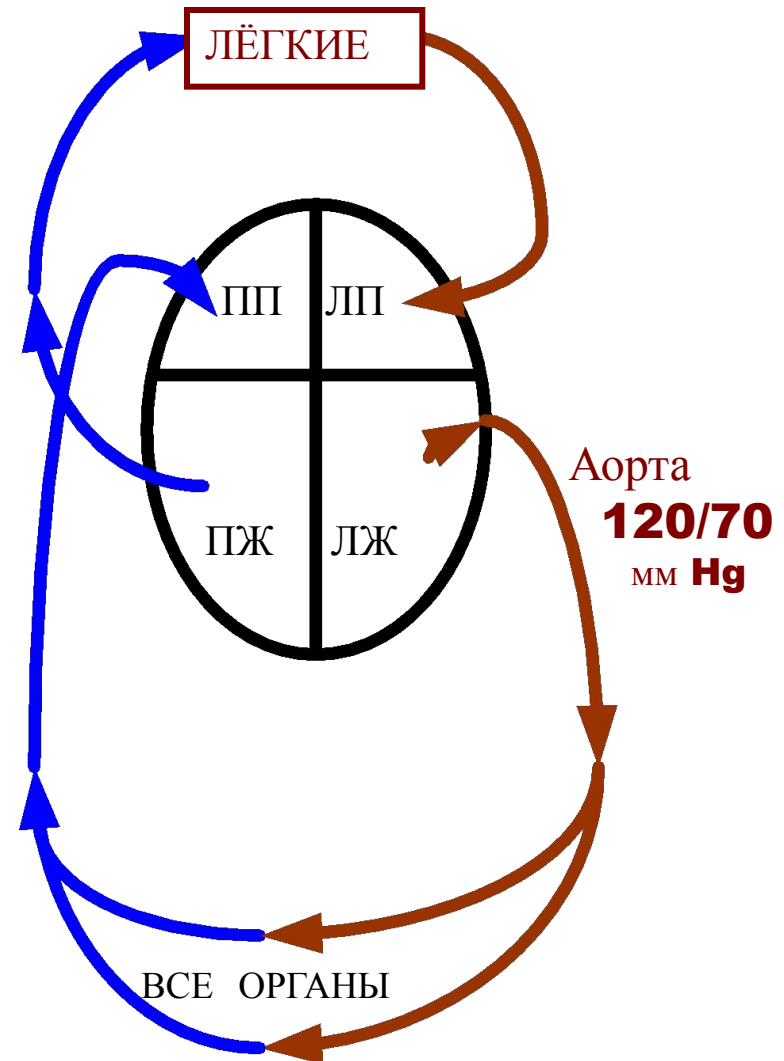
БОЛЬШОЙ И МАЛЫЙ КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Малый круг кровообращения



Большой круг кровообращения

Лёгочная
артерия
30/15
мм рт.ст.



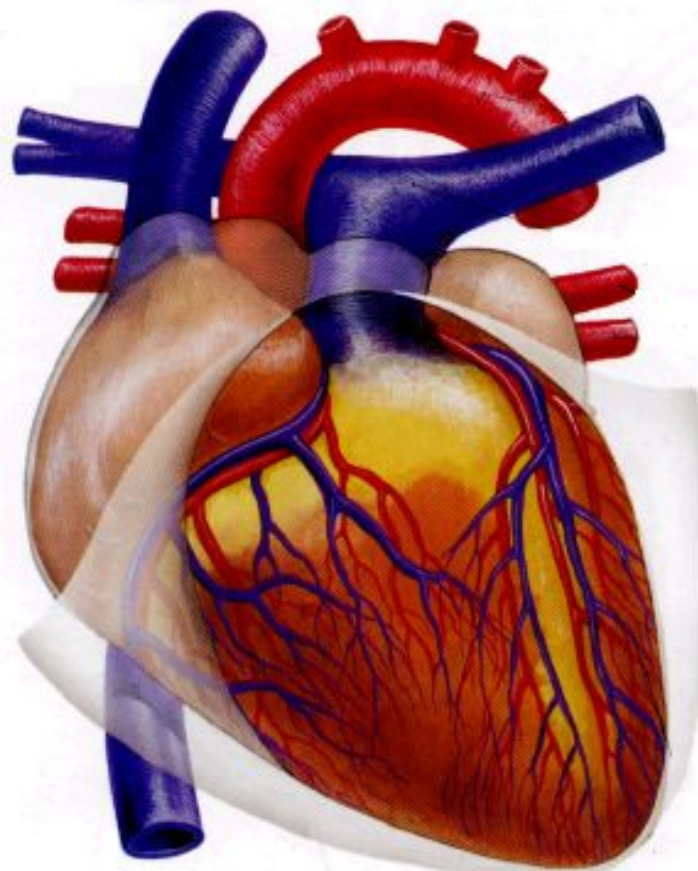
ФУНКЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

- **РЕЗЕРВУАРНАЯ** – в предсердия поступает и накапливается кровь, пока желудочки сокращаются.
- **НАСОСНАЯ** – во время систолы предсердий кровь под давлением поступает в желудочки.
- **РЕФЛЕКСОГЕННАЯ** – в предсердиях и ушках имеется большое количество нервных окончаний (волюморецепторов), которые оценивают объем поступившей крови.
- **ЭНДОКРИННАЯ** - в миокарде имеются эндокринные клетки, которые реагируют на растяжение и выделяют в кровь **предсердный натрийуретический гормон (ПНГ)**. Гормон уменьшает объем крови, т.к. усиливает выделение натрия и воды почками.

ФУНКЦИЯ ЖЕЛУДОЧКОВ

Главная функция
желудочков –
НАСОСНАЯ

Желудочки перекачивают
кровь из области с низким
кровяным давлением
(**0** мм рт.ст.) в сосуды с более
высоким кровяным давлением:



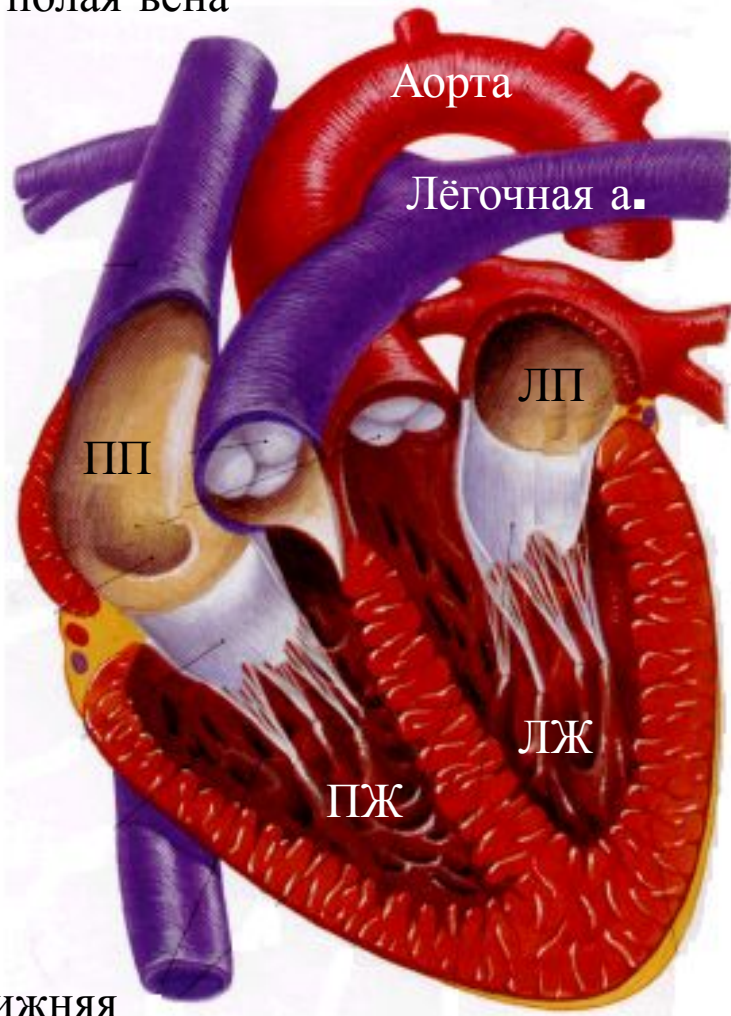
Полые вены,
Лёгочные вены **0** мм рт.ст.

Аорта **120/70** мм рт.ст.

Лёгочная артерия **30/15** мм рт.ст.

КЛАПАННЫЙ АППАРАТ СЕРДЦА

Верхняя
полая вена



Нижняя
полая вена

СТВОРЧАТЫЕ КЛАПАНЫ:

1. **Правый атрио-вентрикулярный** (между правым предсердием и правым желудочком)
2. **Левый атрио-вентрикулярный** (между левым предсердием и левым желудочком)

ПОЛУЛУННЫЕ КЛАПАНЫ:

3. **Аортальный клапан** (между аотрой и левым желудочком)
4. **Лёгочный (пульмональный) клапан** (между лёгочной артерией и правым желудочком)

При впадении вен в предсердия – функциональные сфинктеры

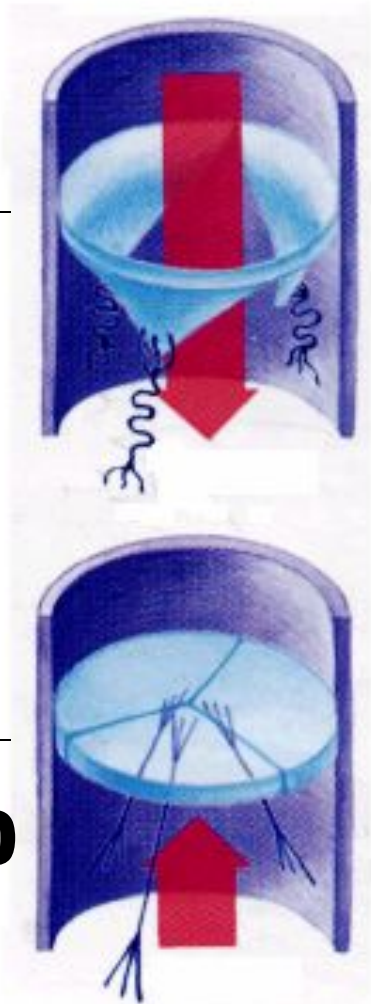
РАБОТА СТВОРЧАТЫХ КЛАПАНОВ

0

0

0

120



Сухожильные нити натянуты

КЛАПАН ОТКРЫТ

КРОВЬ ИЗ ПРЕДСЕРДИЯ
ПОСТУПАЕТ В ЖЕЛУДОЧЕК

(давление в предсердиях и в желудочках = **0** мм рт. ст.)

КЛАПАН ЗАКРЫТ

ОБРАТНЫЙ ТОК КРОВИ ИЗ ЖЕЛУДОЧКА
В ПРЕДСЕРДИЕ НЕВОЗМОЖЕН

(давление в предсердиях = **0** мм рт.ст.
давление в желудочках – увеличивается:
в правом желудочке – до **30** мм рт.ст.
в левом желудочке – до **120** мм рт.ст.)

РАБОТА ПОЛУЛУННЫХ КЛАПАНОВ



КЛАПАН ОТКРЫТ

КРОВЬ ИЗ ЖЕЛУДОЧКА
ПОСТУПАЕТ В АРТЕРИЮ

(систолическое давление в желудочке
выше, чем давление в артерии)

КЛАПАН ЗАКРЫТ

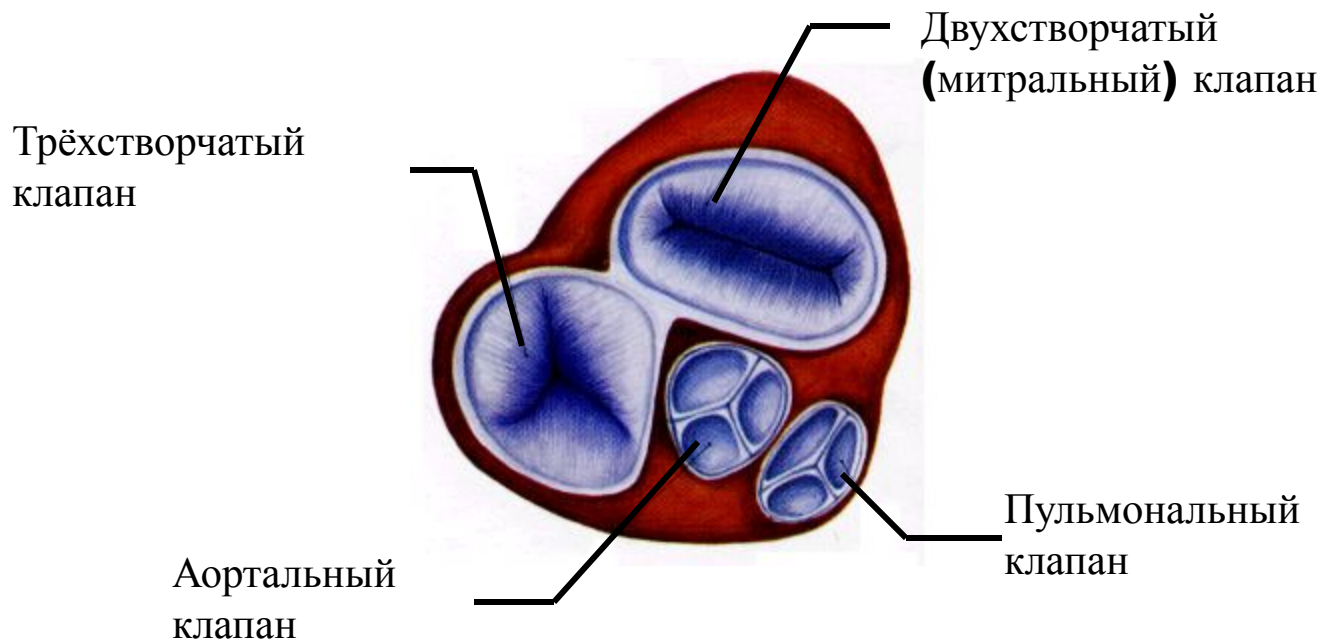
ОБРАТНЫЙ ТОК КРОВИ ИЗ АРТЕРИИ
В ЖЕЛУДОЧЕК НЕВОЗМОЖЕН

(диастолическое давление в желудочке = 0
давление в аорте = **120/70**
давление в лёгочной артерии = **30/15**)

120

0

Клапаны сердца и крупных сосудов ПРЕПЯТСТВУЮТ ОБРАТНОМУ ТОКУ КРОВИ



СЕРДЕЧНЫЙ ЦИКЛ

- Совокупность электрических, механических, биохимических процессов, которые происходят во время одного полного сокращения и расслабления сердца, называется **циклом сердечной деятельности.**

ТРИ ФАЗЫ СЕРДЕЧНОГО ЦИКЛА

Продолжительность цикла **0,8 сек**

Предсердия

Желудочки

Сис-тола				О б щ а я			
	Систола желудочков			п а у з а			
0,1 сек	0,3 сек			0,4 сек			



1. Систола предсердий



2. Систола желудочков



3. Общая диастола (пауза)

СИСТОЛА ПРЕДСЕРДИЙ

- Сокращается миокард предсердий
- Давление крови в предсердиях увеличивается до **5-7** мм **Hg**
- Атрио-вентрикулярные клапаны открыты
- Кровь из предсердий поступает в желудочки (**30%**)
- Полулунные клапаны закрыты,
т.к. давление в аорте и лёгочной артерии выше, чем давление в желудочках сердца

СИСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ

```
graph TD; A[СИСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ] --> B[ПЕРИОД НАПРЯЖЕНИЯ]; A --> C[ПЕРИОД ИЗГНАНИЯ]; B --> D[ФАЗА АСИНХРОННОГО СОКРАЩЕНИЯ]; B --> E[ФАЗА ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ]; B --> F[ФАЗА БЫСТРОГО ИЗГНАНИЯ]; C --> G[ФАЗА МЕДЛЕННОГО ИЗГНАНИЯ];
```

The diagram is a hierarchical flowchart illustrating the phases of ventricular systole. At the top is a pink box labeled 'СИСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ'. Two arrows point down from this box to 'ПЕРИОД НАПРЯЖЕНИЯ' (orange box) and 'ПЕРИОД ИЗГНАНИЯ' (blue box). From 'ПЕРИОД НАПРЯЖЕНИЯ', three arrows point down to three yellow boxes: 'ФАЗА АСИНХРОННОГО СОКРАЩЕНИЯ', 'ФАЗА ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ', and 'ФАЗА БЫСТРОГО ИЗГНАНИЯ'. From 'ПЕРИОД ИЗГНАНИЯ', two arrows point down to two light green boxes: 'ФАЗА МЕДЛЕННОГО ИЗГНАНИЯ' and an unlabeled light green box.

ПЕРИОД
НАПРЯЖЕНИЯ

ПЕРИОД
ИЗГНАНИЯ

ФАЗА
АСИНХРОННОГО
СОКРАЩЕНИЯ

ФАЗА
ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО
СОКРАЩЕНИЯ

ФАЗА
БЫСТРОГО
ИЗГНАНИЯ

ФАЗА
МЕДЛЕННОГО
ИЗГНАНИЯ

ФАЗА АСИНХРОННОГО СОКРАЩЕНИЯ

- Возбуждение распространяется по миокарду желудочков.
- Отдельные кардиомиоциты начинают сокращаться.
- Давление в желудочка не растёт.
- Атрио-вентрикулярные клапаны ещё не закрыты.

ФАЗА ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ

- Синхронное сокращение всех кардиомиоцитов.
- Давление в желудочках увеличивается.
- Атриовентрикулярные клапаны закрываются.
- Полулунные клапаны ещё закрыты.
- Объём крови в желудочках постоянный.
- Давление в левом желудочке растёт от **0** до **70**
мм **Hg**, в правом желудочке – от **0**
до **15** мм **Hg**.

ПЕРИОД ИЗГНАНИЯ: ФАЗЫ БЫСТРОГО И МЕДЛЕННОГО ИЗГНАНИЯ

- Сокращение желудочков продолжается
- Давление в левом желудочке становится выше диастолического давления в аорте: **>70 mm Hg.**
- Давление в правом желудочке **>15 mm Hg.**
- Открываются полулунные клапаны
- Кровь поступает в аорту и лёгочную артерию (сначала быстро, потом медленно).
- Систолический выброс правого и левого желудочков одинаков: **70** мл крови.

ДИАСТОЛА ЖЕЛУДОЧКОВ

ФАЗА ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО РАССЛАБЛЕНИЯ

- Расслабление миоцитов.
- Давление в желудочках падает.
- Полулунные клапаны закрываются.
- А-В клапаны ещё закрыты.

ФАЗА БЫСТРОГО ПАССИВНОГО НАПОЛНЕНИЯ

- Давление в желудочках **= 0**
- А-В клапаны открываются.
- Кровь из предсердий поступает в желудочки: сначала быстро, потом медленно)
- Всего за время пассивного наполнения поступает **70%** от объёма притекающей крови.

ФАЗА МЕДЛЕННОГО ПАССИВНОГО НАПОЛНЕНИЯ

- Происходит сокращение предсердий. Давление **5-7 mm Hg.**

ФАЗА БЫСТРОГО АКТИВНОГО НАПОЛНЕНИЯ

- В желудочки поступает ещё **30%** от общего объёма крови.

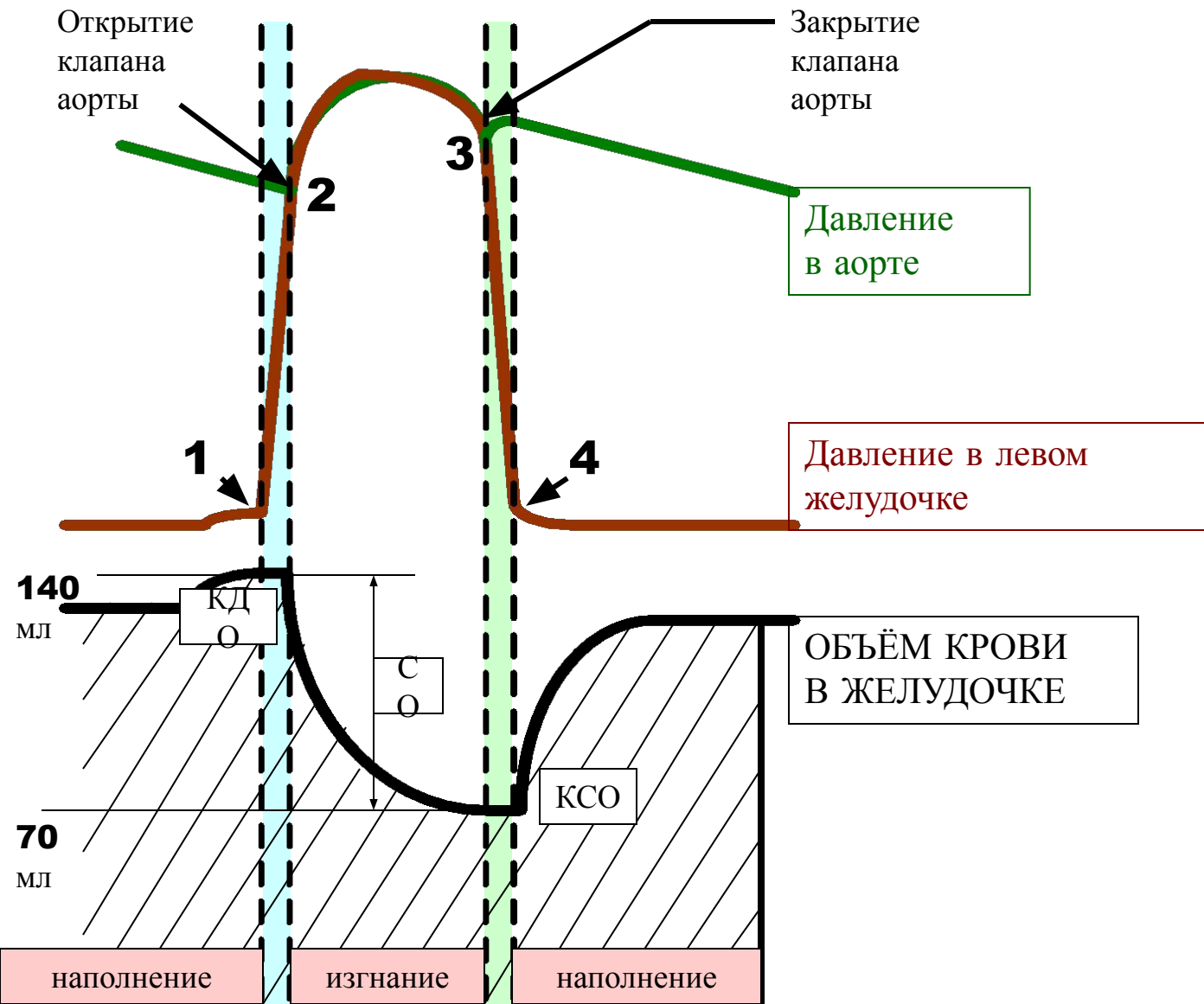
ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЁМА КРОВИ В ЖЕЛУДОЧКАХ ВО ВРЕМЯ СЕРДЕЧНОГО ЦИКЛА

- Конечно-диастолический объём (КДО) – объём крови, который находится в желудочках перед началом систолы желудочков. КДО = **140** мл.
- Систолический объём (СО) – объём крови, который поступает из желудочков сердца в артерии во время одной систолы. СО = **70** мл.
- Конечно-систолический объём (КСО) – объём крови, который остаётся в желудочках к концу систолы (перед началом диастолы желудочков) КСО = **70** мл.
- Фракция выброса (ФВ) – отношение систолического объёма к конечно-диастолическому объёму:
$$\text{ФВ} = \text{СО} / \text{КДО} = 70 : 140 = 0,5 \text{ (или } 50\%)$$

В норме ФВ = **50 – 70%**

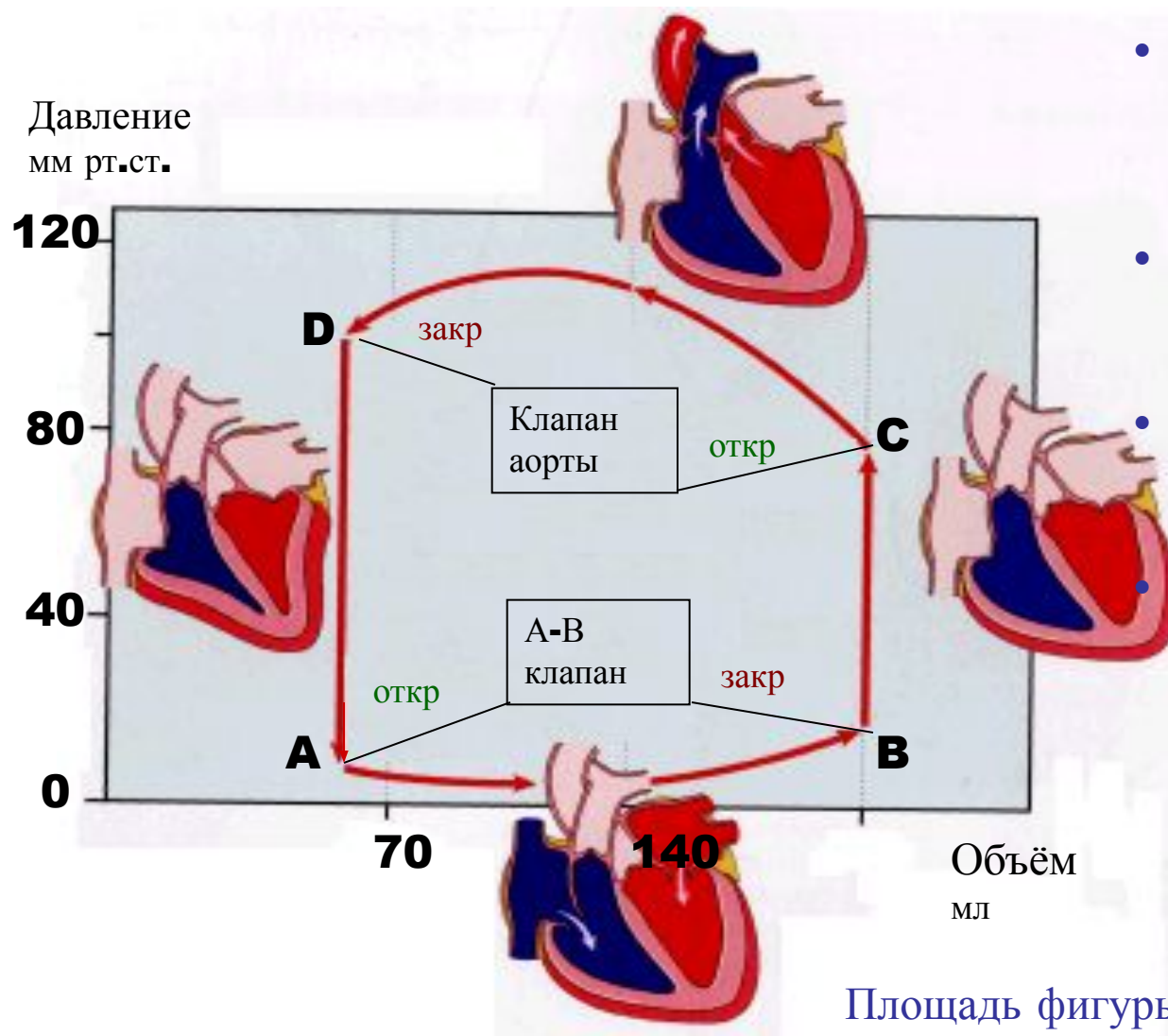


ИЗМЕНЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ОБЪЁМА КРОВИ В ЛЕВОМ ЖЕЛУДОЧКЕ



РАБОТА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

КРИВАЯ «ДАВЛЕНИЕ – ОБЪЁМ»



- **AB** – наполнение желудочка кровью (давление низкое, объём увеличивается до **140** мл (КДО)).
- **BC** – фаза изометри-ческого сокращения (объём постоянный, давление растёт).
- **CD** – изгнание крови в аорту (объём желудочка уменьшается, давление высокое).
- **DA** – фаза изометри-ческого расслабления (объём постоянный, давление падает).

Площадь фигуры **ABCD** отражает работу левого желудочка

ДВА ТИПА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ В СЕРДЦЕ:

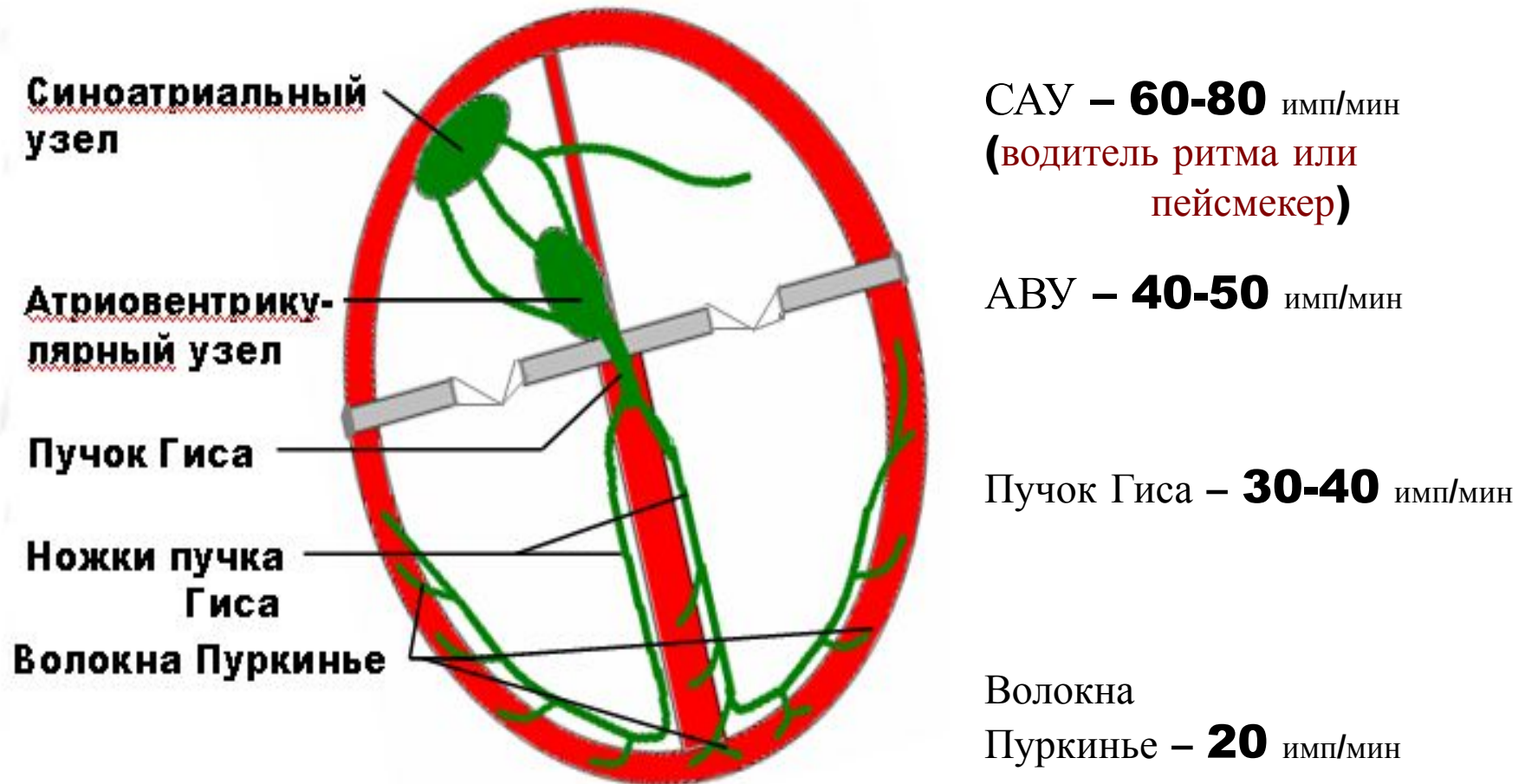
- **АТИПИЧЕСКИЕ МЫШЕЧНЫЕ ВОЛОКНА**, из которых состоит проводящая система сердца.
(Эти волокна сохраняют свойства эмбриональной ткани сердца, в частности, устойчивость к гипоксии и способность к автоматии.)
- **РАБОЧИЙ (СОКРАТИТЕЛЬНЫЙ) МИОКАРД**
 - миокард предсердий
 - миокард желудочков

ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА СЕРДЦА

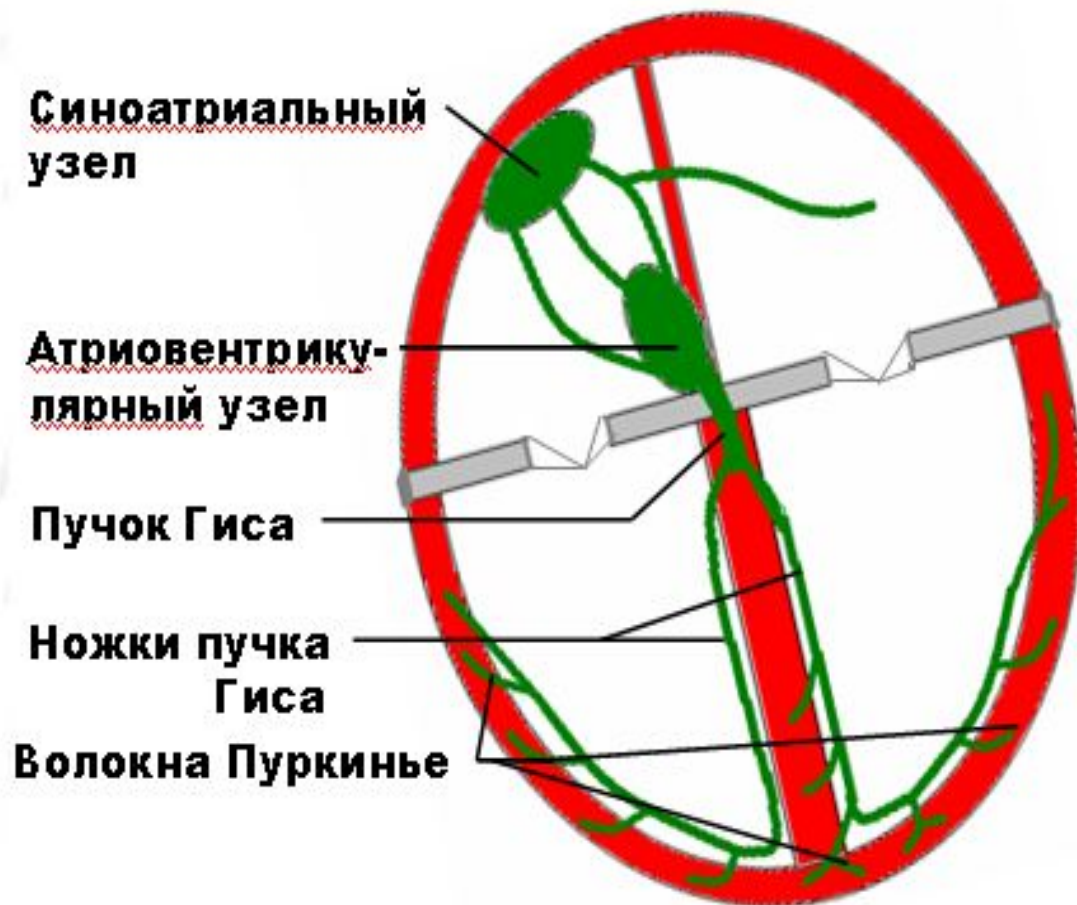


АВТОМАТИЯ – способность клеток проводящей системы сердца генерировать импульсы самостоятельно, без внешних воздействий.

ГРАДИЕНТ АВТОМАТИИ – уменьшение частоты генерации импульсов по мере удаления от САУ.



СКОРОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ В РАЗНЫХ ОТДЕЛАХ СЕРДЦА



МИОКАРД ПРЕДСЕРДИЙ

1 м/сек

Для одновременного возбуждения и сокращения левого и правого предсердий

АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНЫЙ УЗЕЛ (А-В задержка)

2-5 см/сек

Для последовательного возбуждения и сокращения предсердий и желудочков

Пучок Гиса и ножки пучка

3-5 м/сек

МИОКАРД ЖЕЛУДОЧКОВ

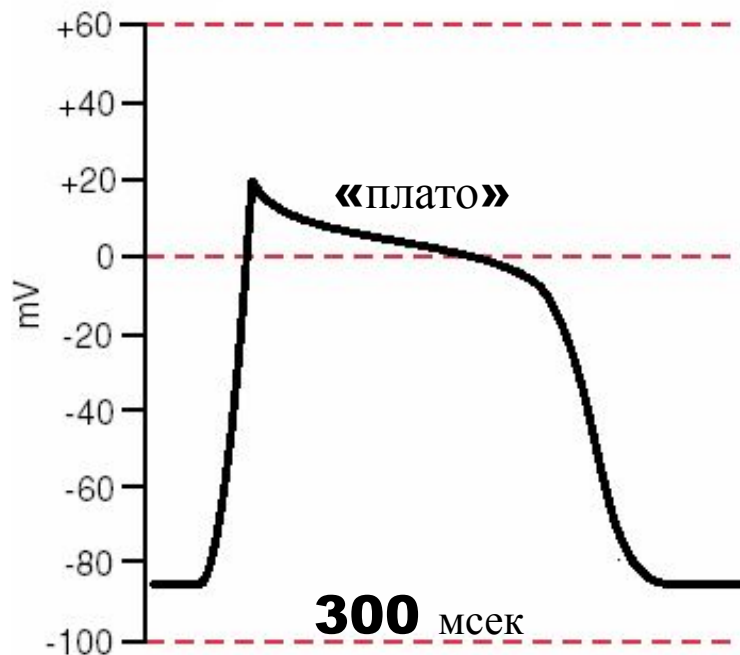
1 м/сек

Для одновременного возбуждения и сокращения обоих желудочков

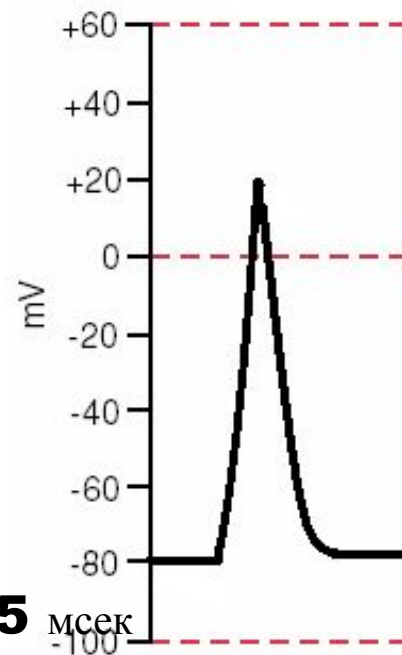
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

1. ОСОБЕННОСТЬ ПРОЦЕССА ВОЗБУЖДЕНИЯ (ПД):

Фаза «плато» потенциала действия за счет входа в клетку ионов Ca^{2+} по медленным Са-каналам.



Сердечная мышца

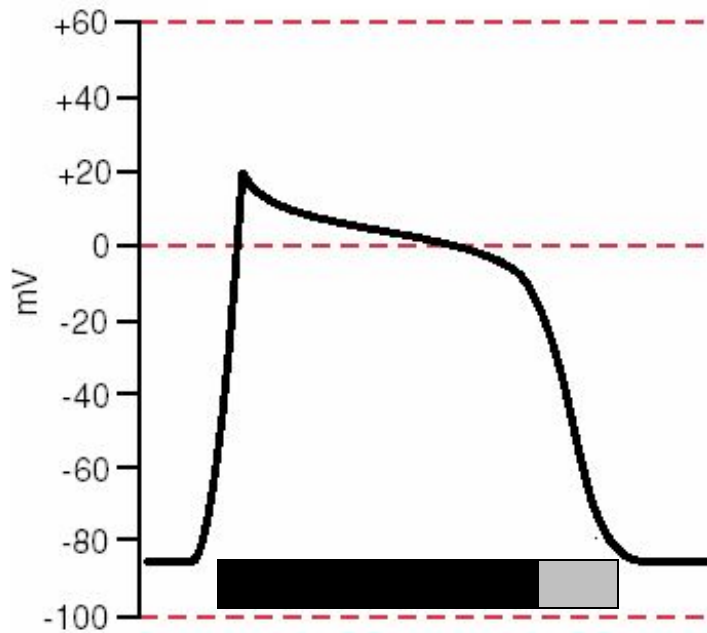


Скелетная мышца

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

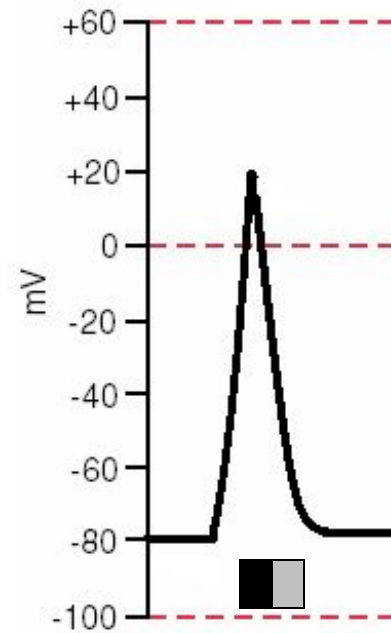
2. ДЛИТЕЛЬНЫЙ РЕФРАКТЕРНЫЙ ПЕРИОД

Фазе «плато» соответствует период абсолютной рефрактерности. В это время клетка невозбудима, т.к. **Na**-каналы инактивированы.



300 msec

Сердечная мышца



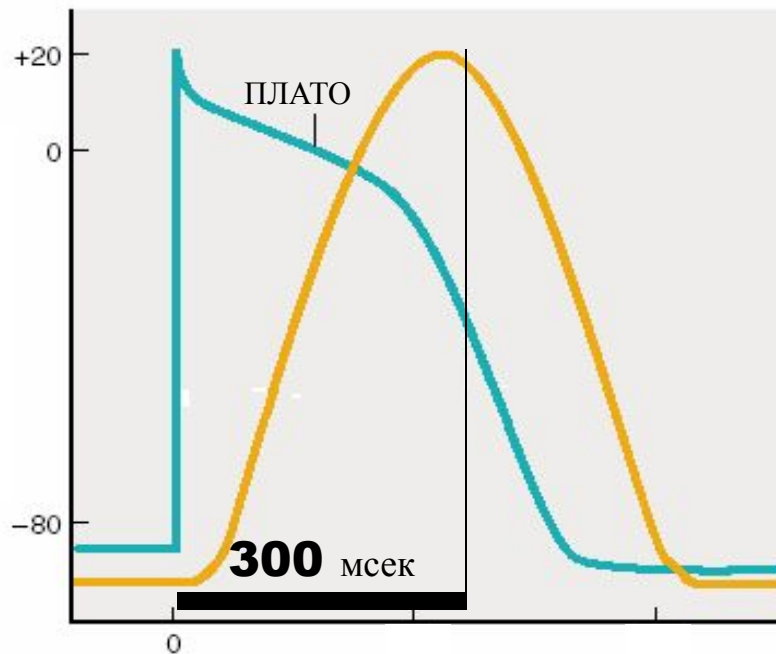
3-5 msec

Скелетная мышца

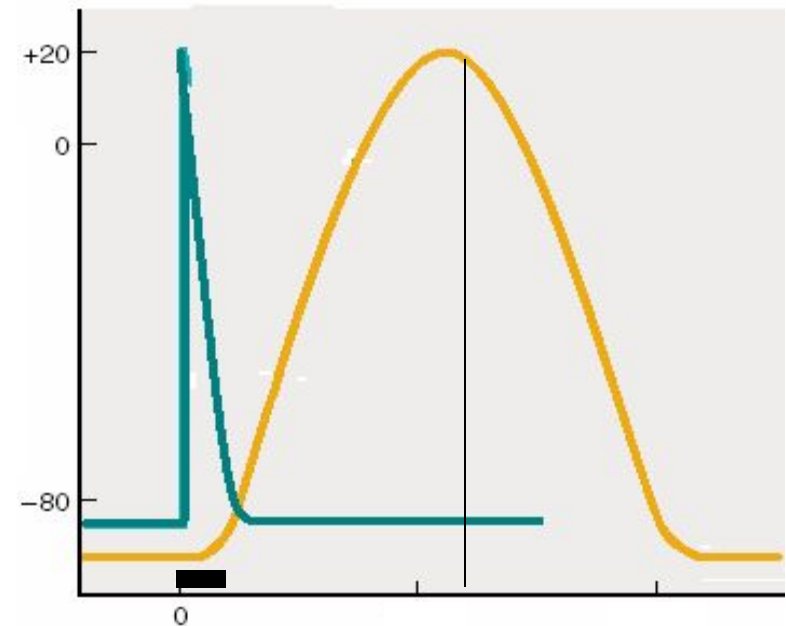
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

3. СЕРДЕЧНАЯ МЫШЦА СОКРАЩАЕТСЯ ТОЛЬКО В РЕЖИМЕ ОДИНОЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ. ТЕТАНУС НЕВОЗМОЖЕН.

Рефрактерный период совпадает с фазой сокращения миокарда, поэтому **во время систолы миокард невозбудим** и не реагирует на дополнительные раздражители. Суммации сокращений не происходит, тетанус невозможен.



Сердечная мышца



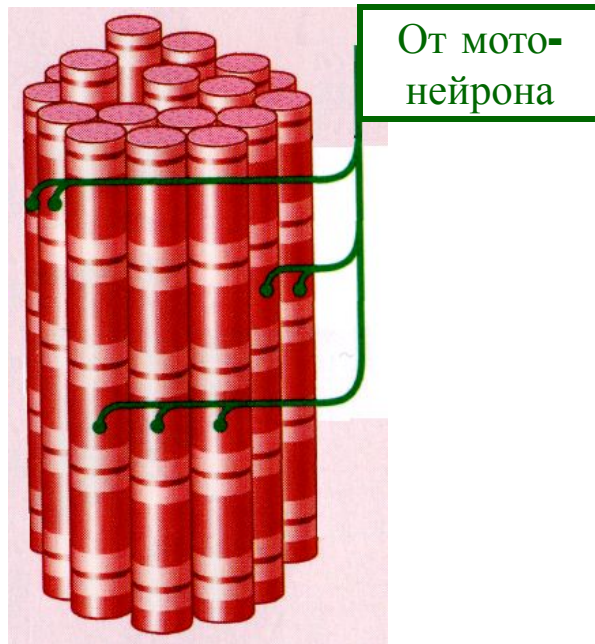
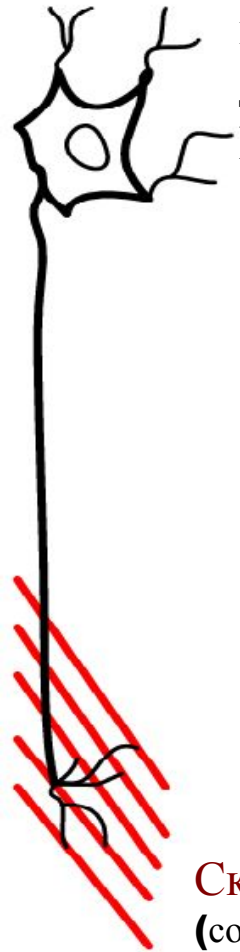
Скелетная мышца

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

4. МИОКАРД – ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СИНЦИТИЙ

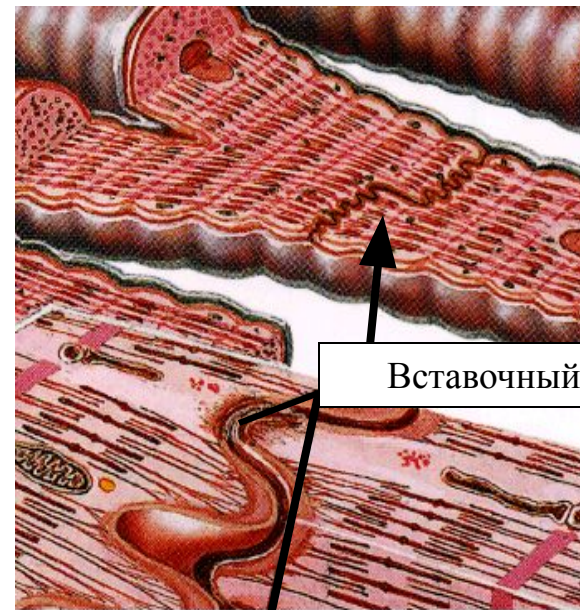
Состоящий из отдельных клеток, миокард функционирует как единое целое. Импульс передаётся от одной клетки к другой через электрические синапсы (**нексусы**).

Все клетки возбуждаются и сокращаются одновременно.



Скелетная мышца

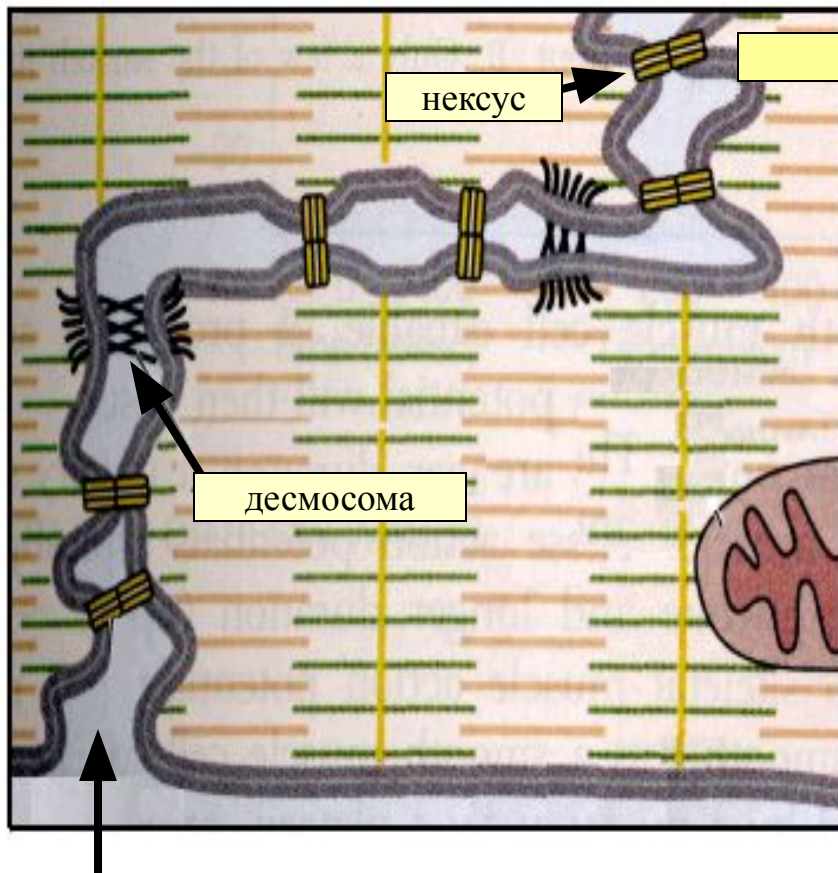
(сокращаются только те волокна, импульс передаётся от одной



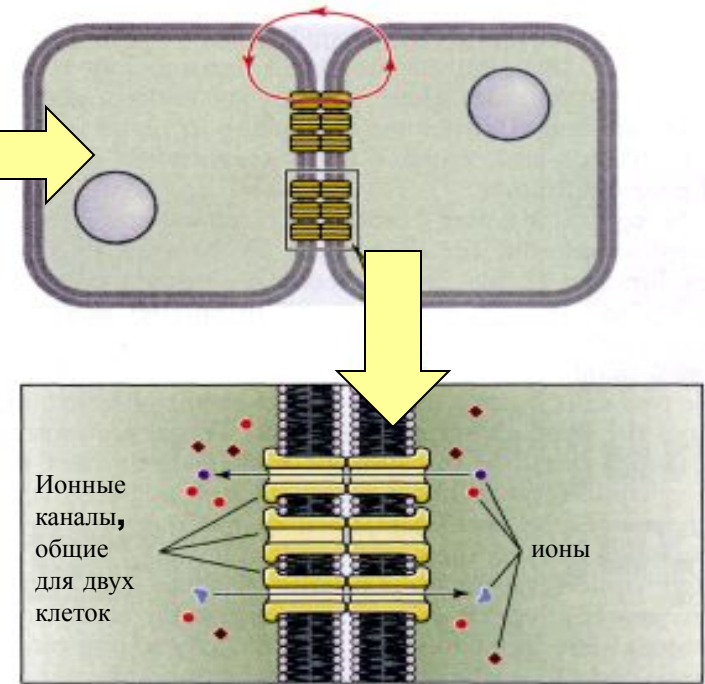
Сердечная мышца

(сокращаются все волокна, т.к. которые получили нервный мышечной клетки к другой)

ВСТАВОЧНЫЙ ДИСК: ДЕСМОСОМА И НЕКСУС



ВСТАВОЧНЫЙ ДИСК
(между соседними миоцитами)



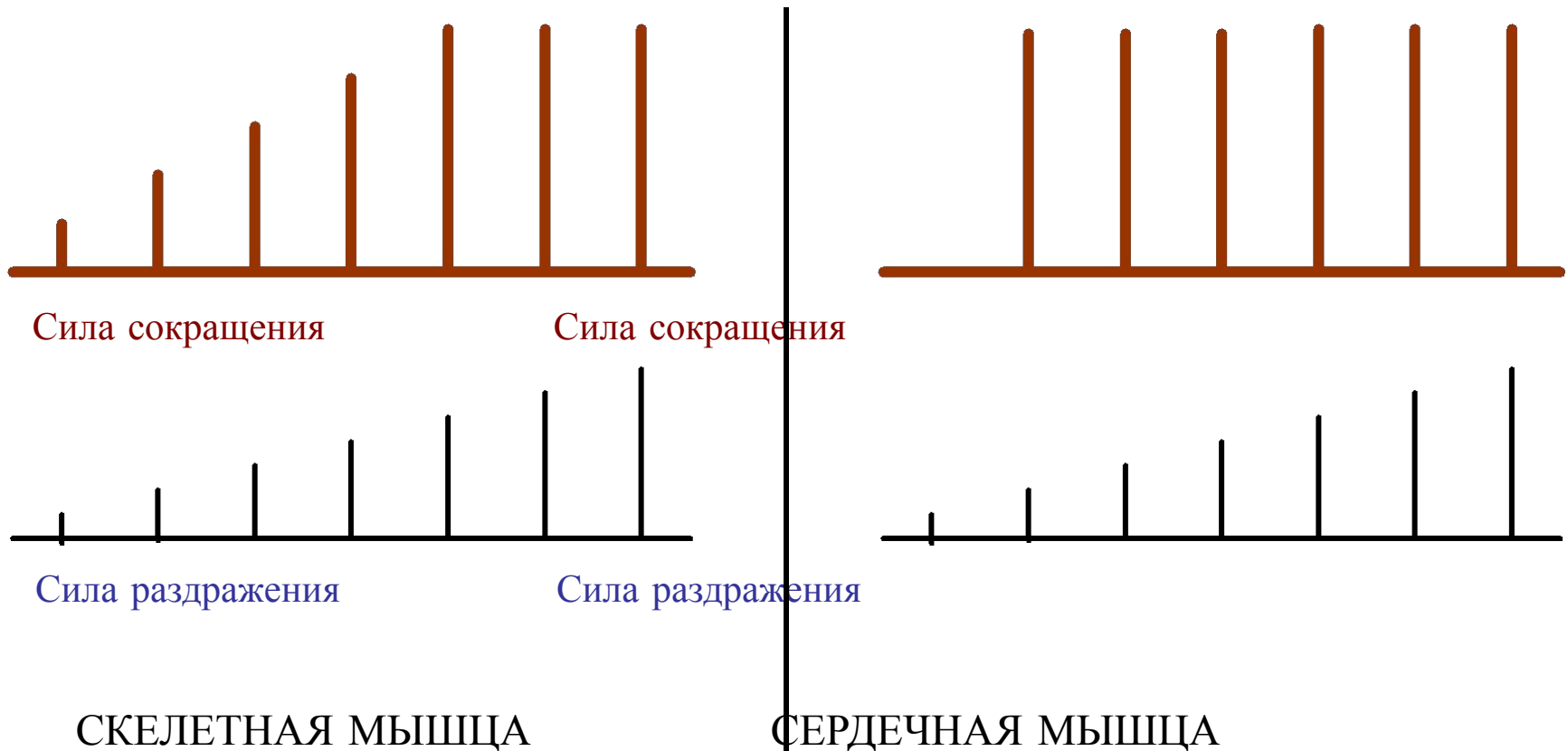
НЕКСУС – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИНАПС

Проводит возбуждение
в обе стороны,
без задержки,
без утомления

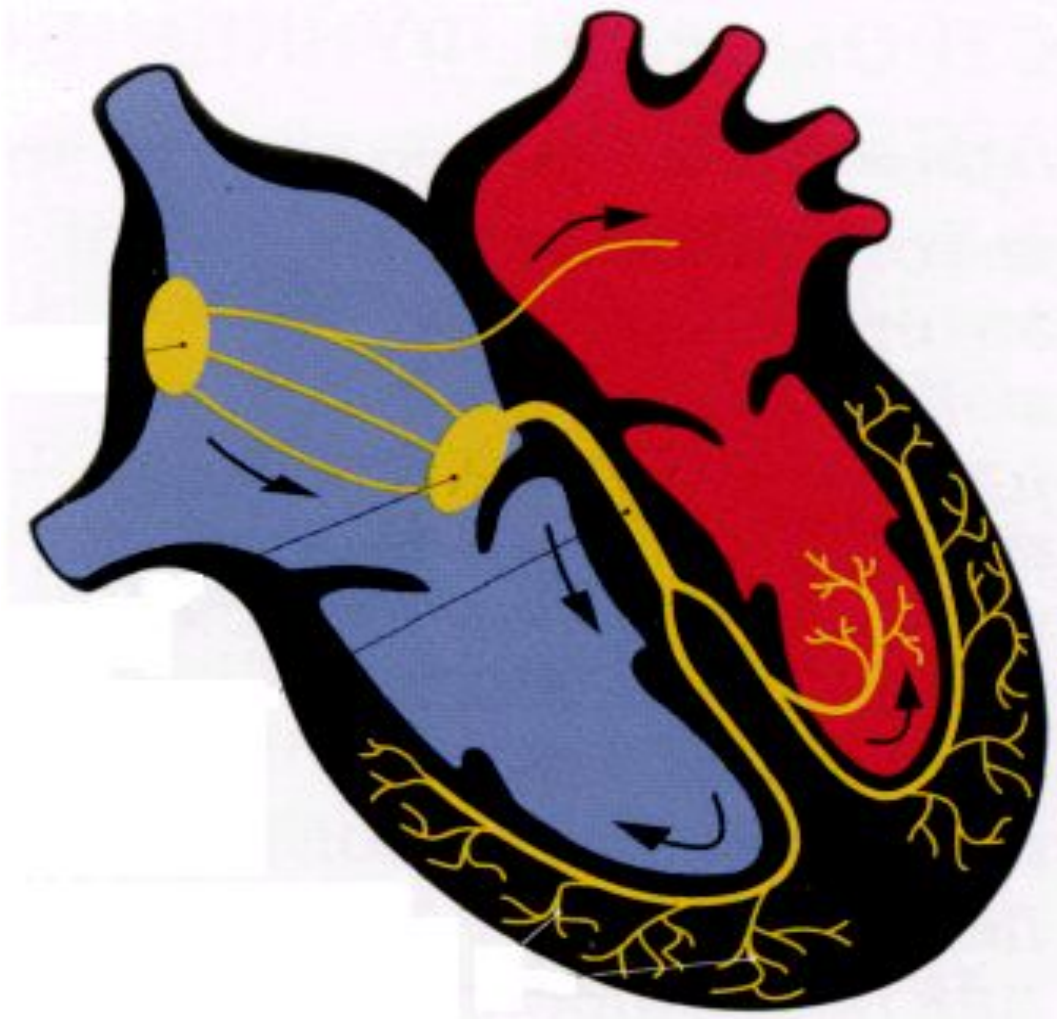
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО МИОКАРДА

5. МИОКАРД СОКРАЩАЕТСЯ ПО ПРИНЦИПУ «ВСЁ ИЛИ НИЧЕГО»

Сила сокращения миокарда всегда максимальна, не зависит от силы раздражителя, потому что каждый раз возбуждаются и сокращаются все кардиомиоциты.



ЕЩЁ РАЗ ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА СЕРДЦА!

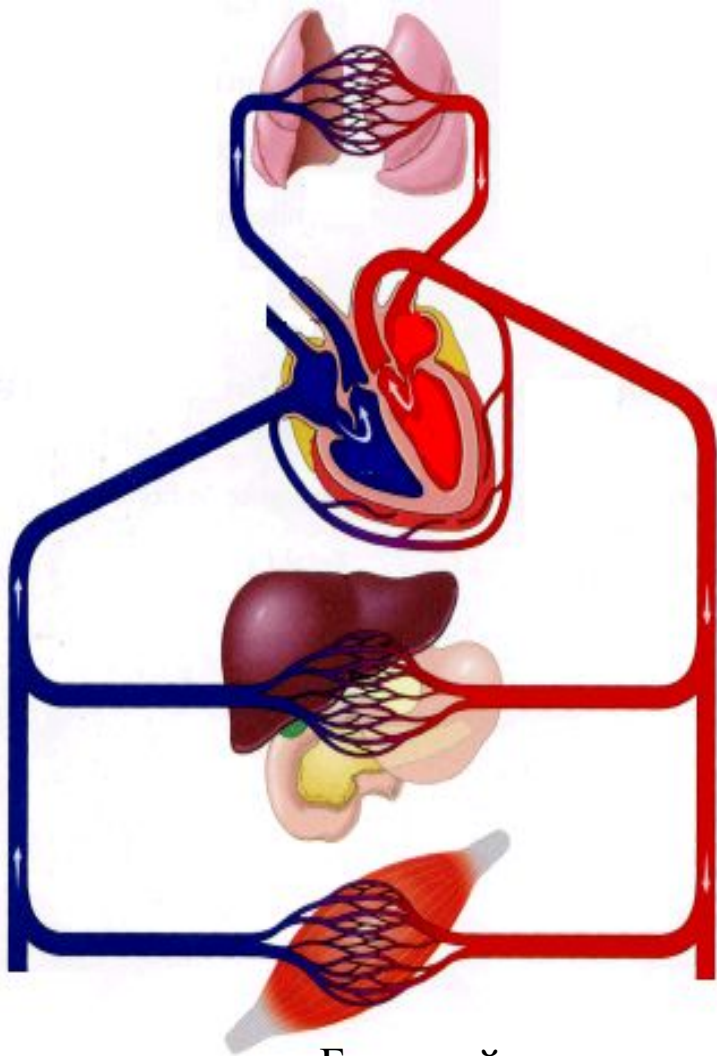


КОНЕЦ

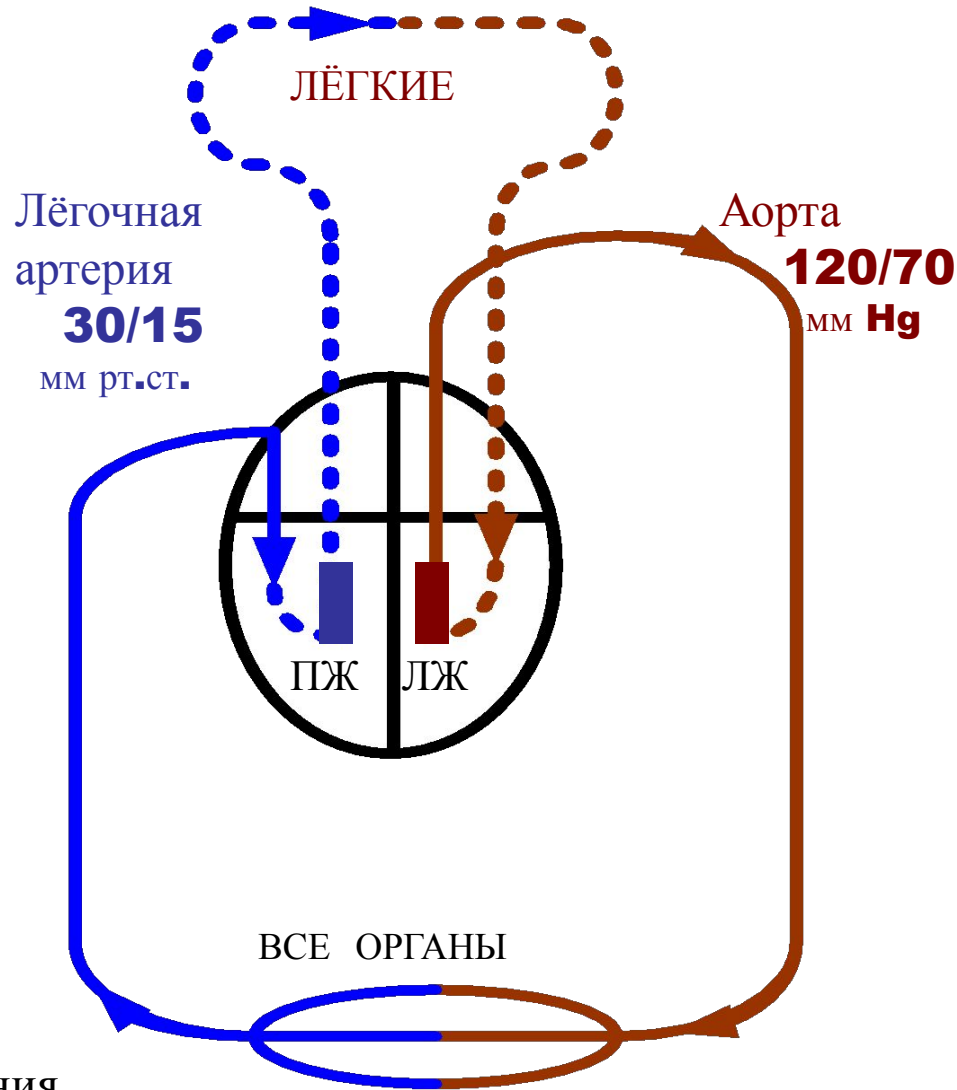
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

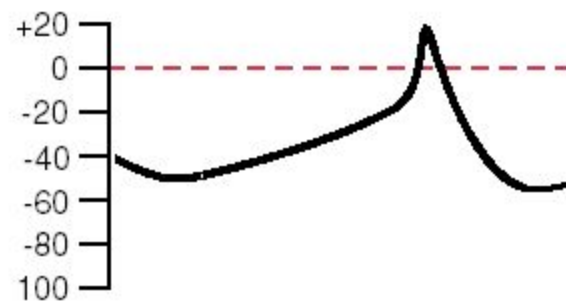
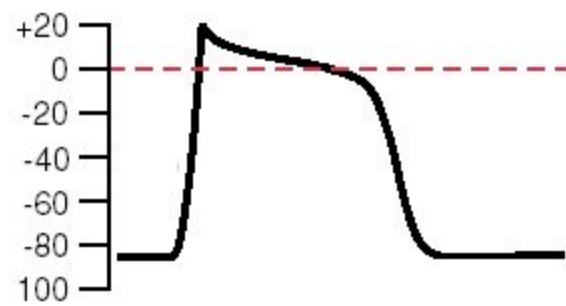
БОЛЬШОЙ И МАЛЫЙ КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

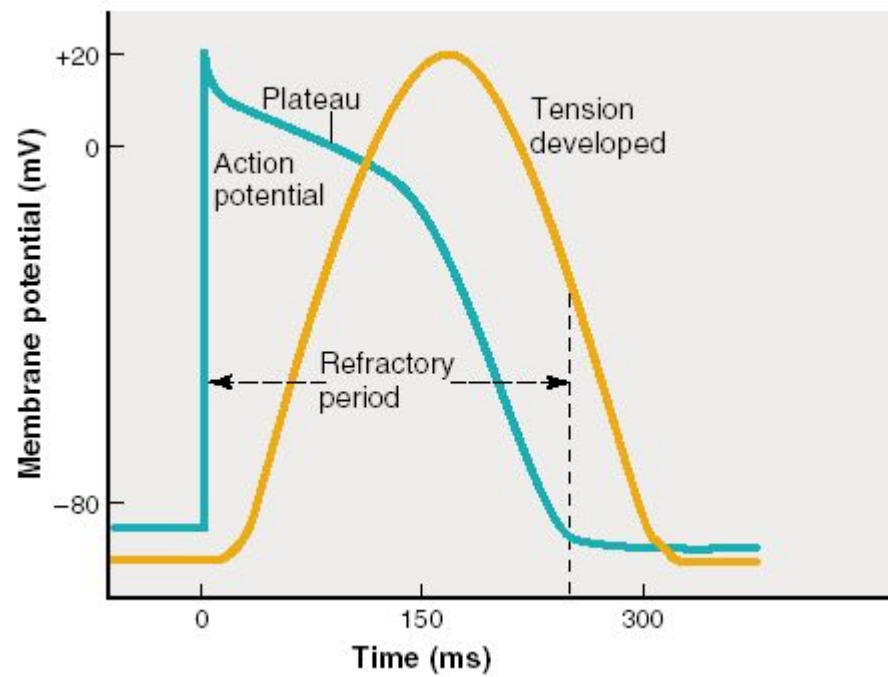
Малый круг кровообращения

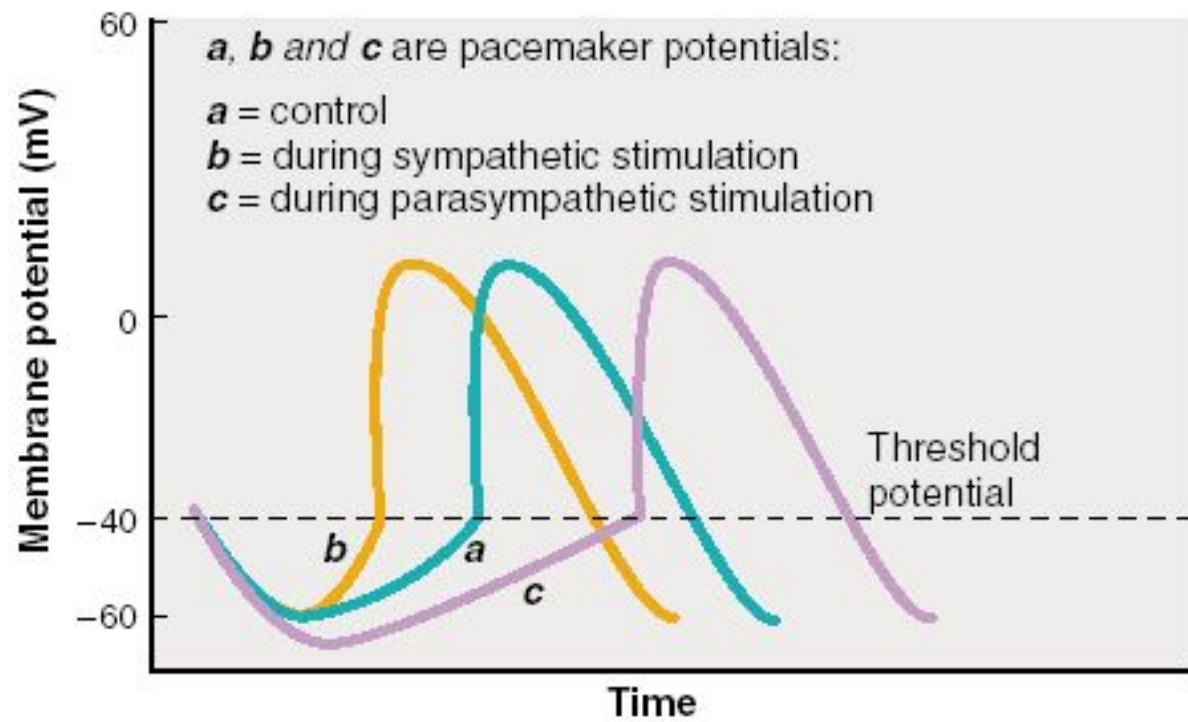


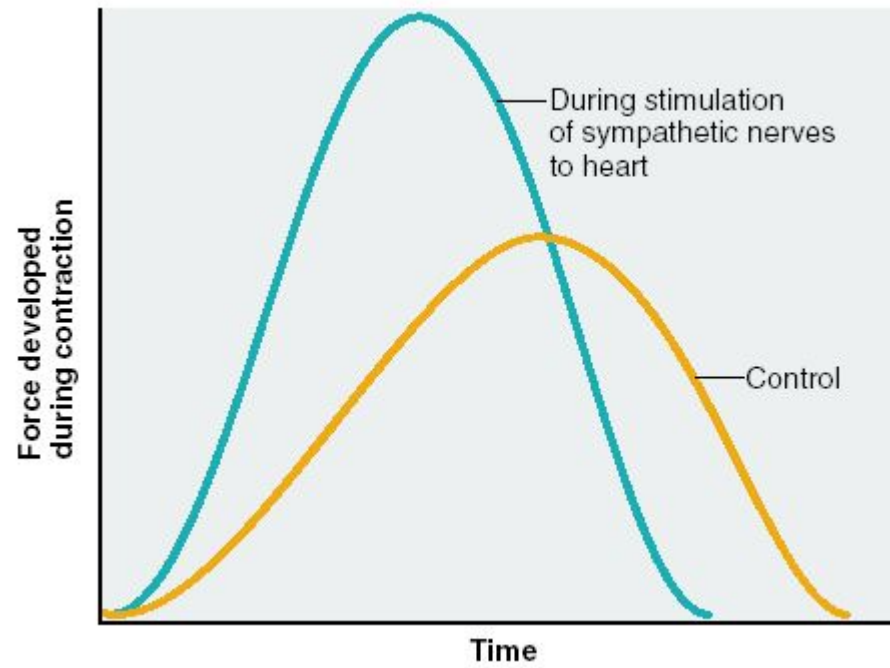
Большой круг кровообращения

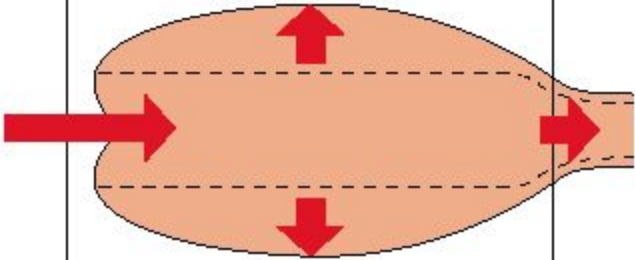
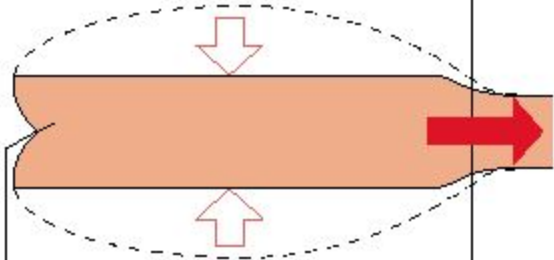










Entry from heart	Arteries	Exit via arterioles
Systole		
Diastole	 Aortic or pulmonary valve	