

Раздел «Физиология сердечно-сосудистой системы»

Лекция №3

Тема: «Регуляция деятельности сердца»

1. Уровни регуляции деятельности сердца.
2. Ауторегуляторные механизмы регуляции
3. Нервные механизмы регуляции сердечной деятельности
4. Рефлекторная регуляция деятельности сердца

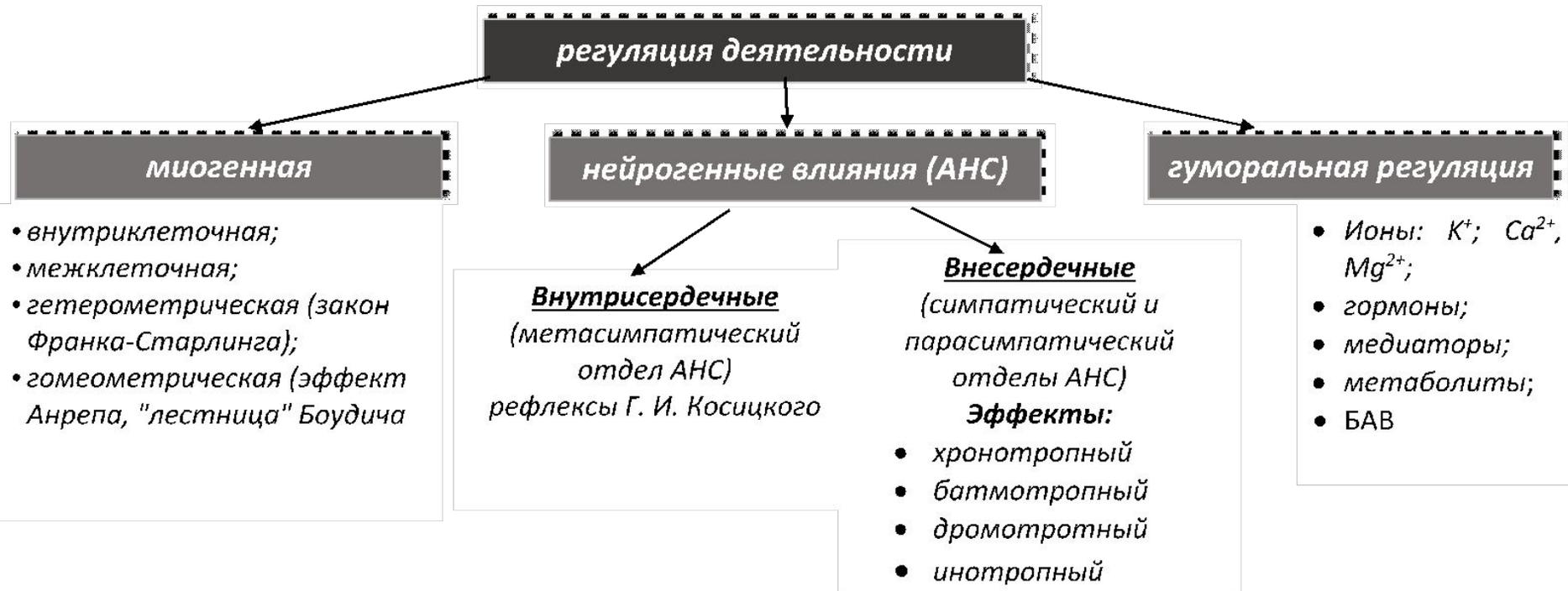
Цель лекции: рассмотреть основные механизмы регуляции деятельности сердца.

Значение регуляции

обеспечение равенства венозного
возврата сердечному выбросу, т. е.

**ВЕНОЗНЫЙ ВОЗВРАТ=СЕРДЕЧНЫЙ
ВЫБРОС**

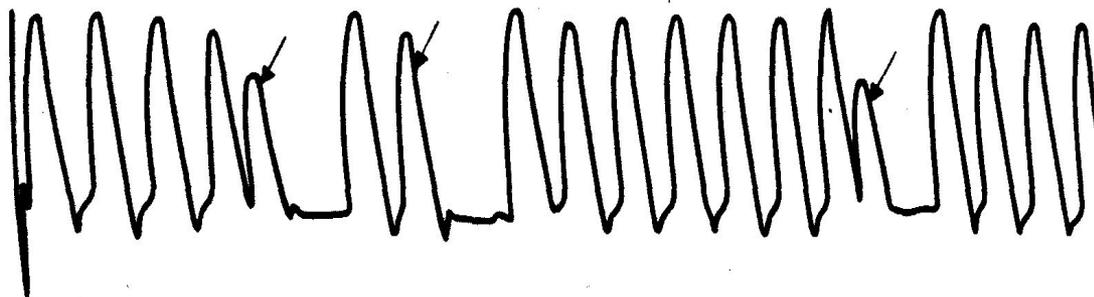
1. Уровни регуляции деятельности сердца.



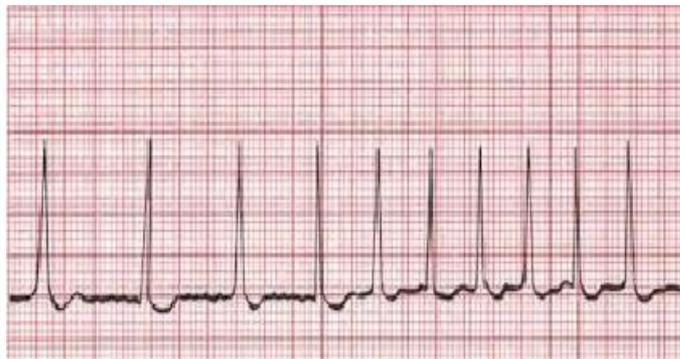
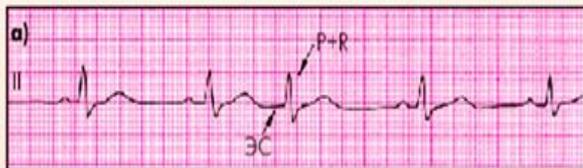
2. Ауторегуляторные механизмы регуляции

Межклеточная ауторегуляция обеспечивается посредством нексусов. При ее нарушении возникает электрическая неоднородность миокарда, лежащая в основе ЭКСТРАСИСТОЛИИ.

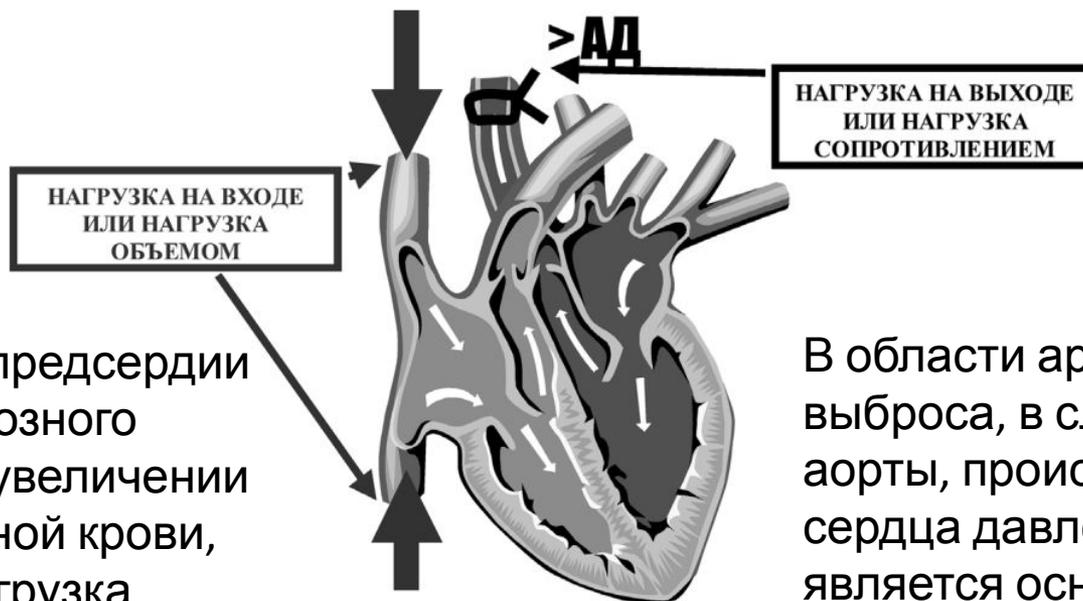
Экстрасистола – внеочередное сокращение



ЭКСТРАСИСТОЛЫ НА ЭКГ



Факторы, ведущие к миогенной ауторегуляции представлены на рисунке.



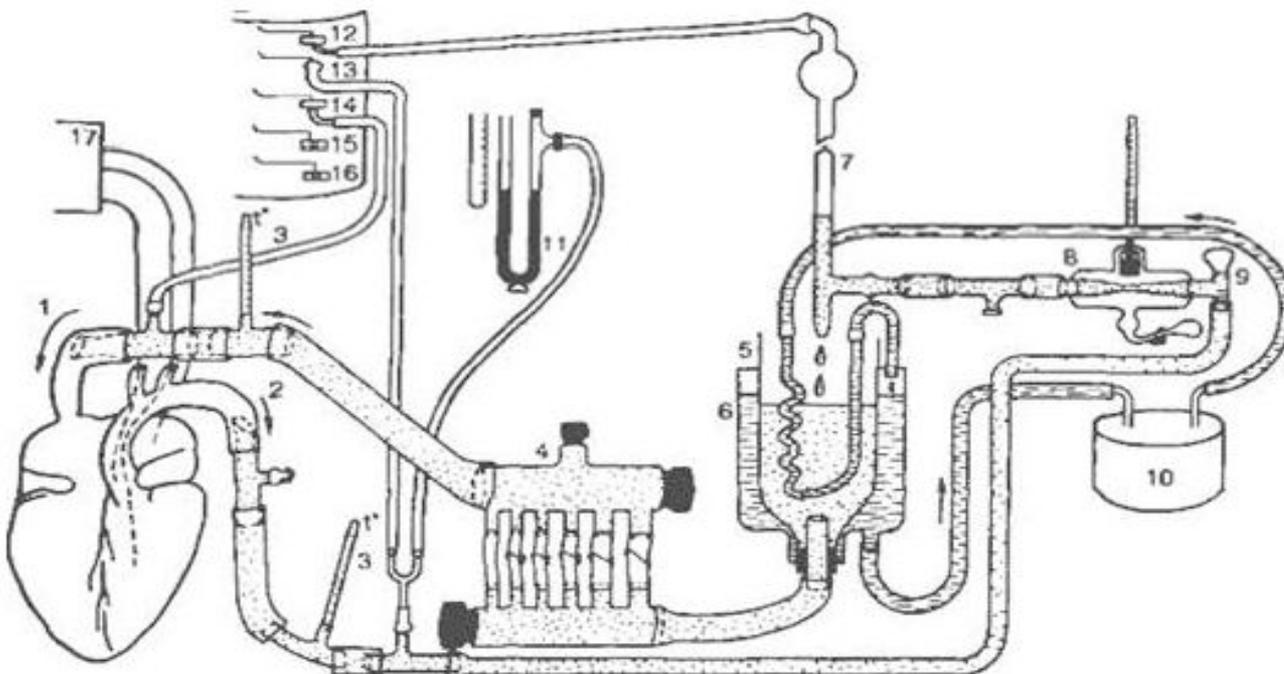
В правом предсердии (в области венозного возврата) при увеличении притока венозной крови, происходит нагрузка сердца объемом. Это ведет к избыточному растяжению сердечной мышцы, что является предпосылкой для реализации закона Франка-Старлинга - гетерометрическая саморегуляция.

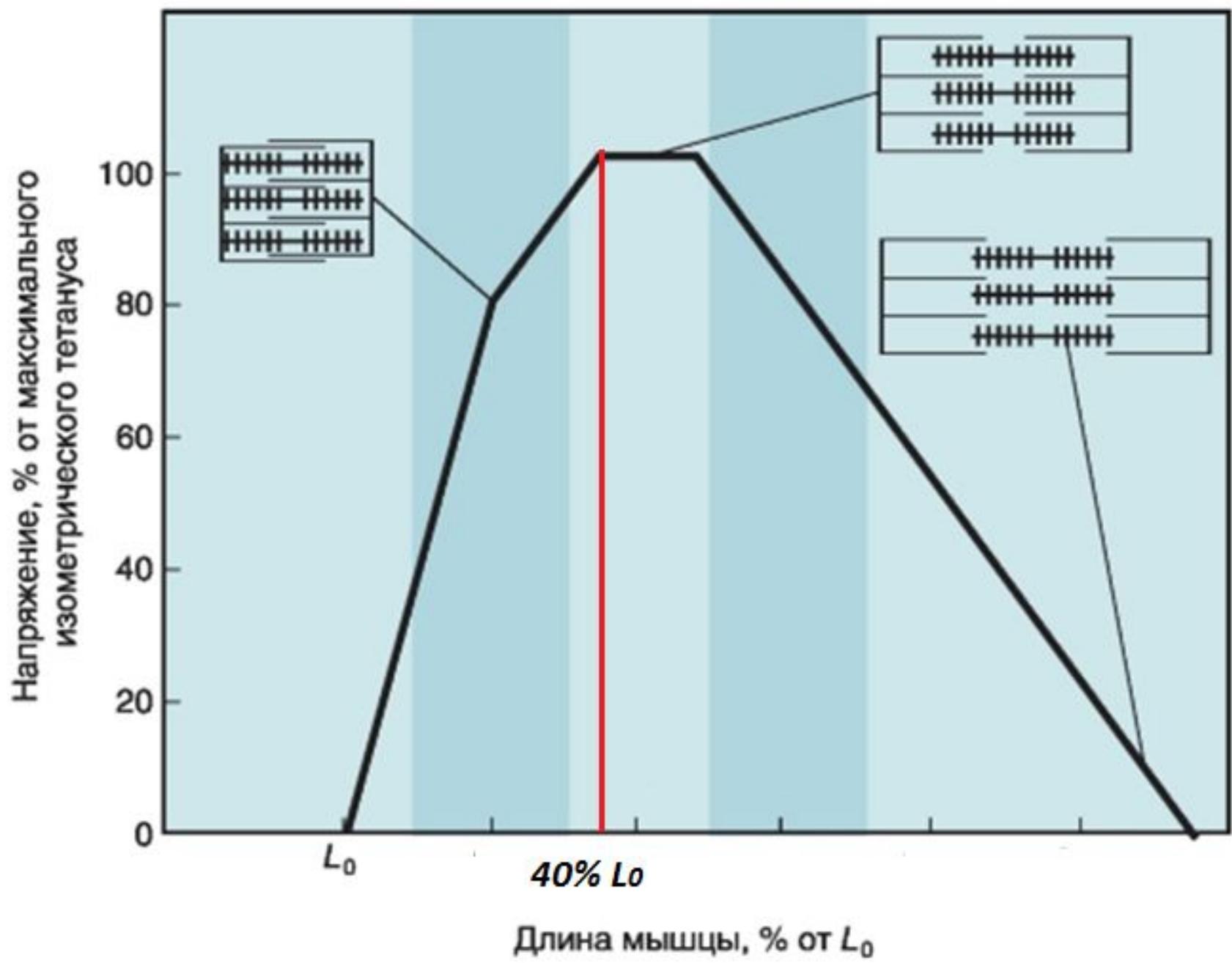
В области артериального выброса, в случае сужения аорты, происходит нагрузка сердца давлением, что является основой для развития феномена Г.Н. Анрепа, относящегося к группе гомеометрических механизмов саморегуляции

Гетерометрическая саморегуляция – повышение силы сердечных сокращений в ответ на увеличение исходной (диастолической) длины мышечного волокна.

Закон Франка-Старлинга:

1. Сила сокращения сердца в систолу пропорциональна его кровенаполнению в диастолу.
2. Сила сердечных сокращений – есть функция от конечной диастолической длины.
3. Чем сильнее сердце растянуть, тем сильнее оно сократится.







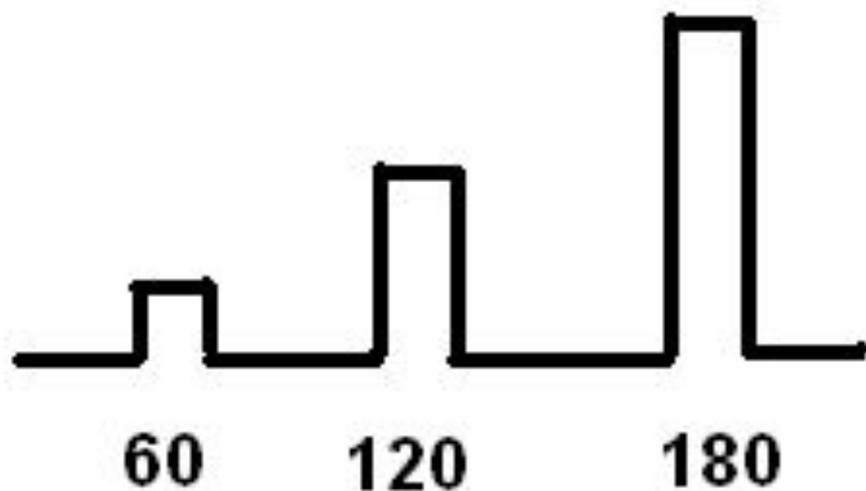
Гомеометрическая саморегуляция – повышение скорости и силы сердечных сокращений при неменяющейся исходной длине мышечного волокна.

Приспособление сердца к нагрузке давлением (постнагрузке) происходит поэтапно. Нагрузка: пережатие аорты. 2 этапа на примере 3-х циклов.

| | | |
|---------|----------|---|
| I этап | 1-й цикл | Ввиду суженного отверстия для оттока, кровь уходит в кровеносное русло не вся и часть ее остается в камере. Исходной силы миокарда не хватает, чтобы протолкнуть всю кровь в суженное отверстие. Правильным языком: снижение ударного камеры (УОК) приводит к росту конечного диастолического объёма (КДО) и конечной диастолической длины (КДД). |
| | 2-й цикл | На оставшийся от предыдущей систолы объём «падает» следующая порция крови, тем самым камера сердца дополнительно растягивается, что ведет к увеличению силы сердечных сокращений – реализации закона Франка-Старлинга. |
| II этап | 3-й цикл | На предыдущем этапе установилась повышенная сила сердечных сокращения и кровь уходит из камеры через суженное отверстие вся – ничего не остается. Культурным языком: за счет увеличенной силы сердечных сокращений (Fcc) происходит восстановление параметров УОК, КДО и КДД. |

Феномен лестницы Боудича

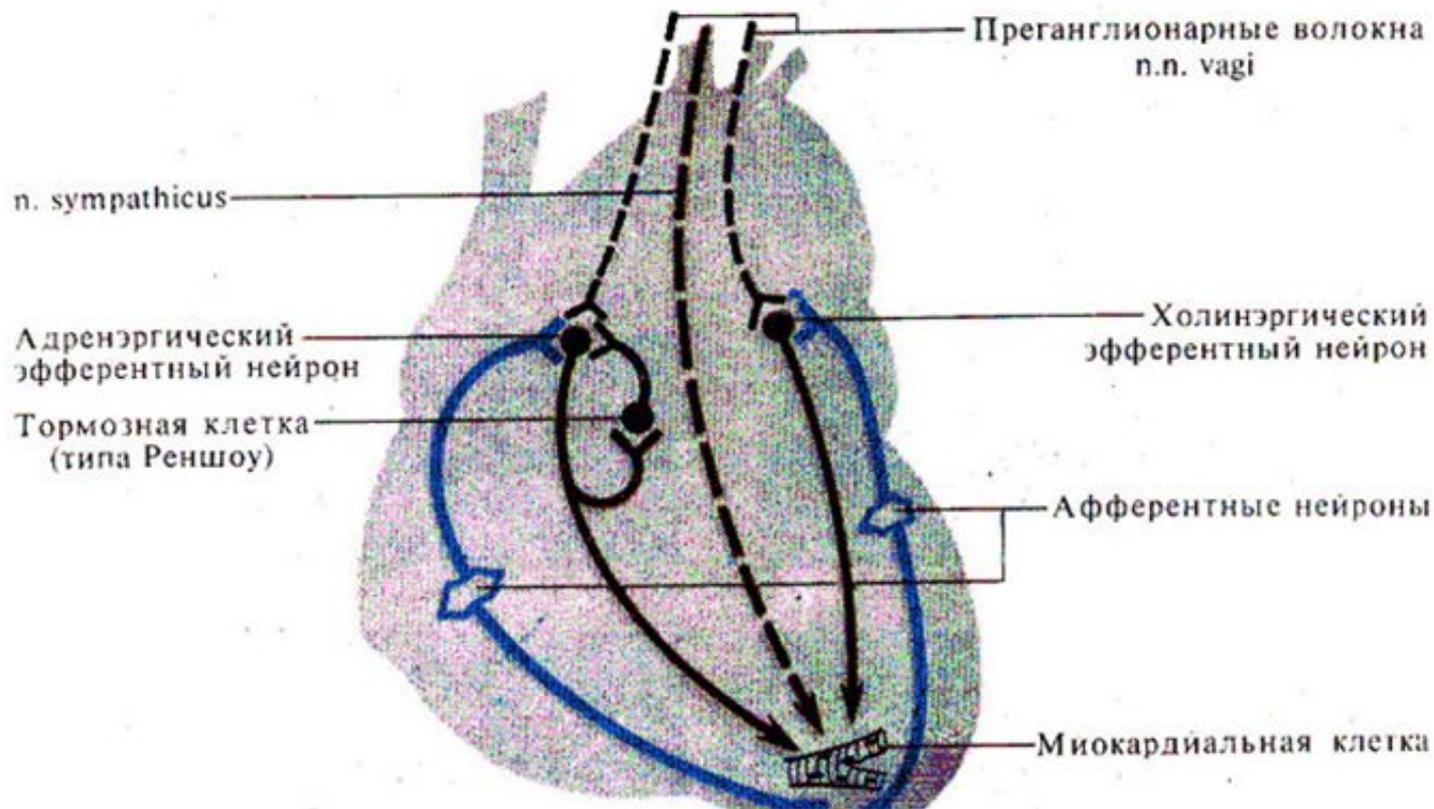
При увеличении частоты приложенного стимула, увеличивается ответная сила сердечных сокращений. Механизм – накопление $[Ca^{++}]_{in}$. Чем выше частота приложенного стимула, тем короче период отдыха и тем меньше снижается $[Ca^{++}]_{in}$.



Приложенный стимул

**сила сокращения
(ответ)**

**частота, имп/мин
сила раздражителя
одинакова**



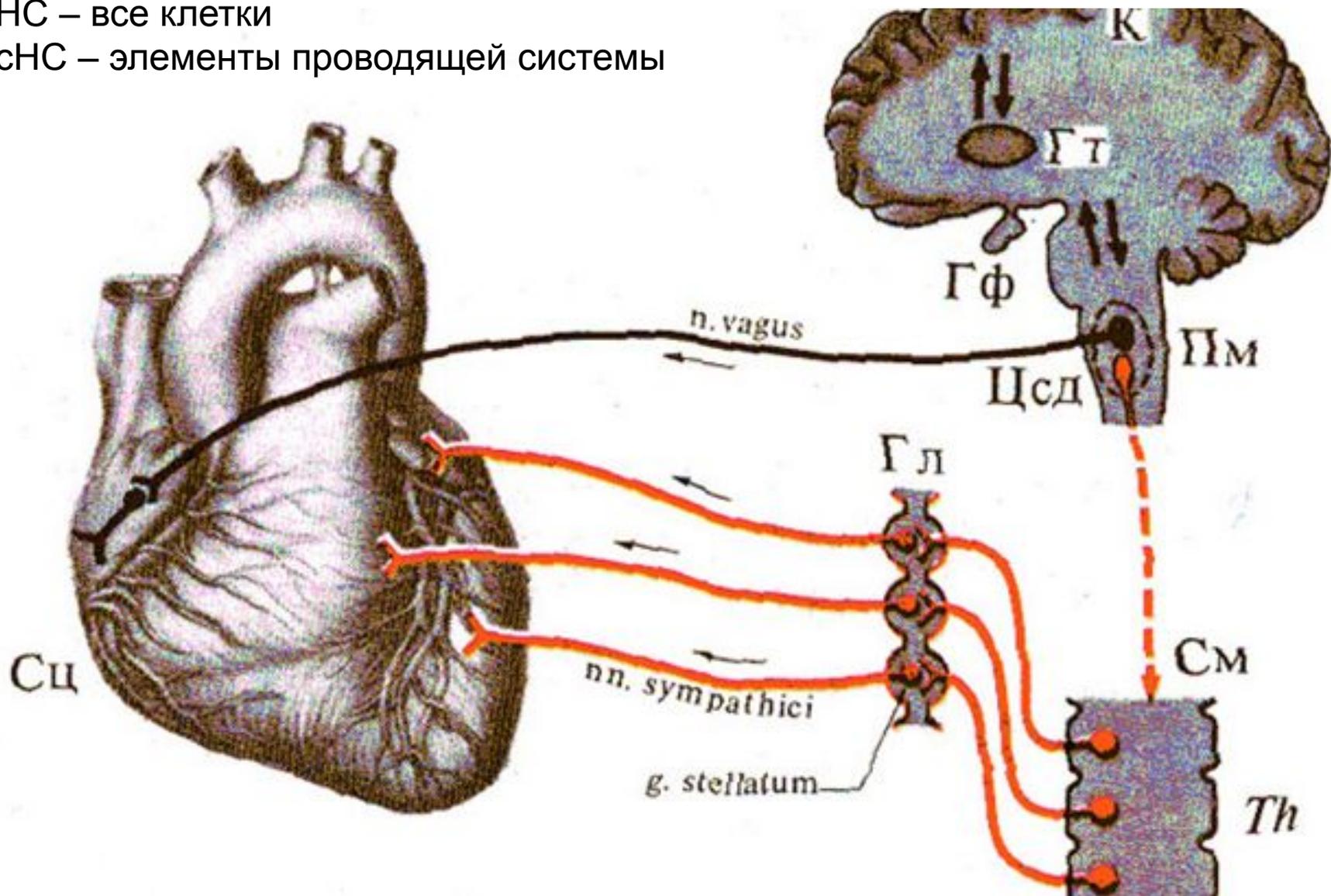
Рефлексы Косицкого – при увеличении объёма одной из камер сердца – увеличивается сила сокращений всех камер.

3. Нервные механизмы регуляции сердечной деятельности

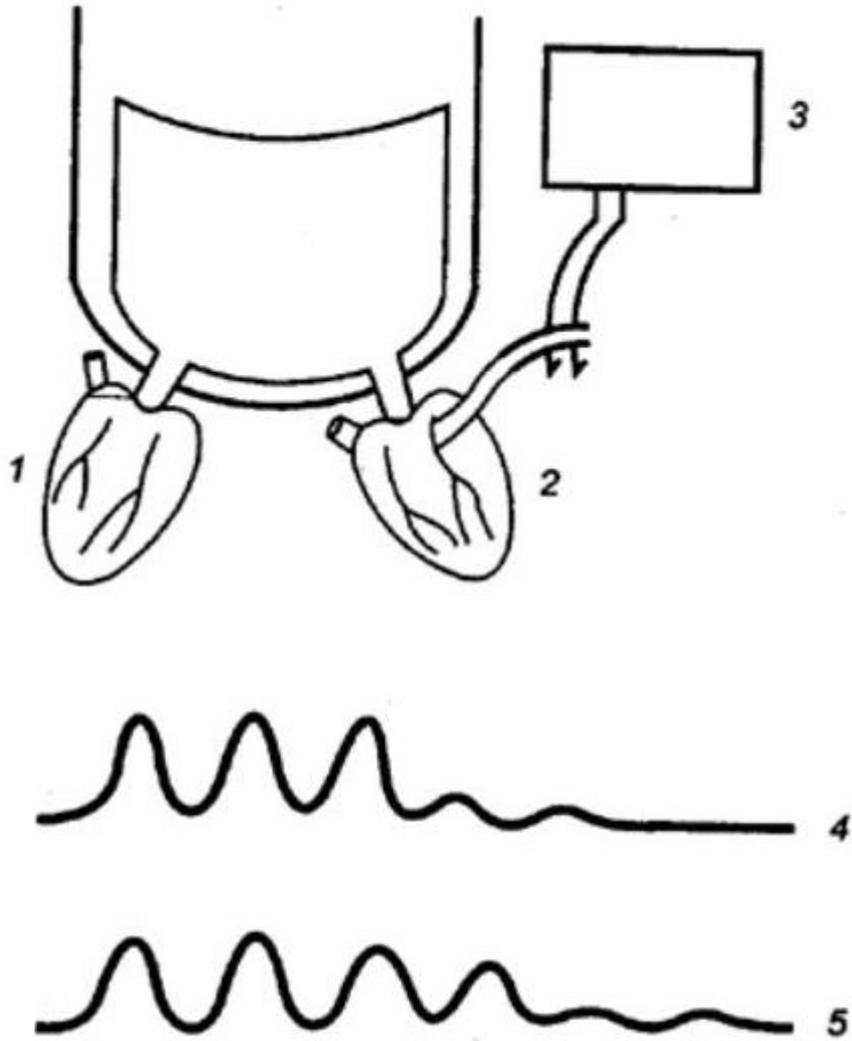
Иннервация сердца:

СНС – все клетки

ПсНС – элементы проводящей системы



Влияния парасимпатической нервной системы





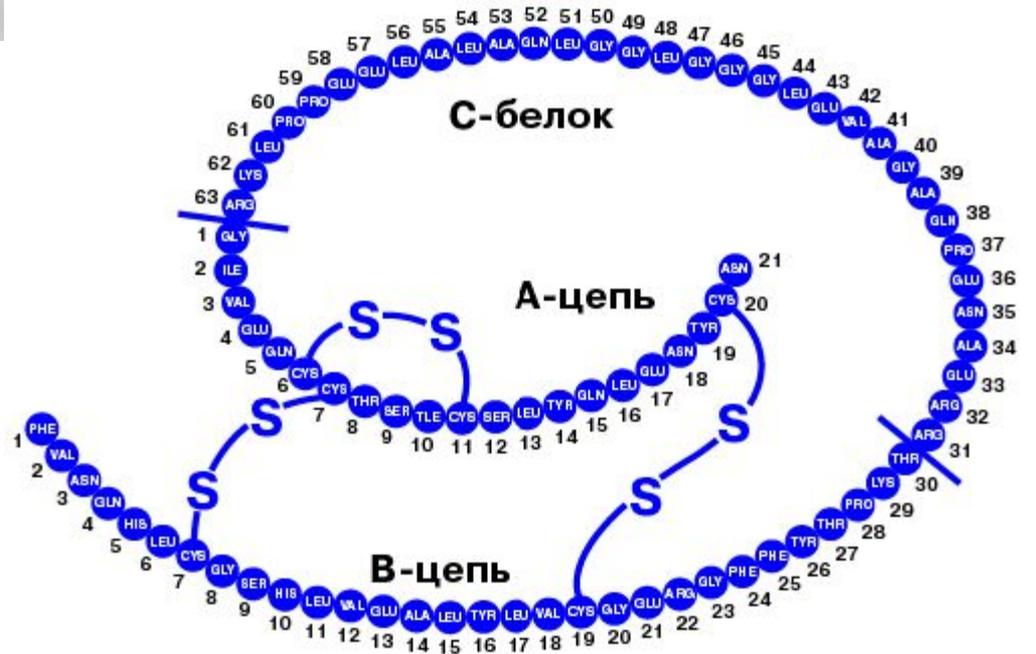
PROC.COM.UA

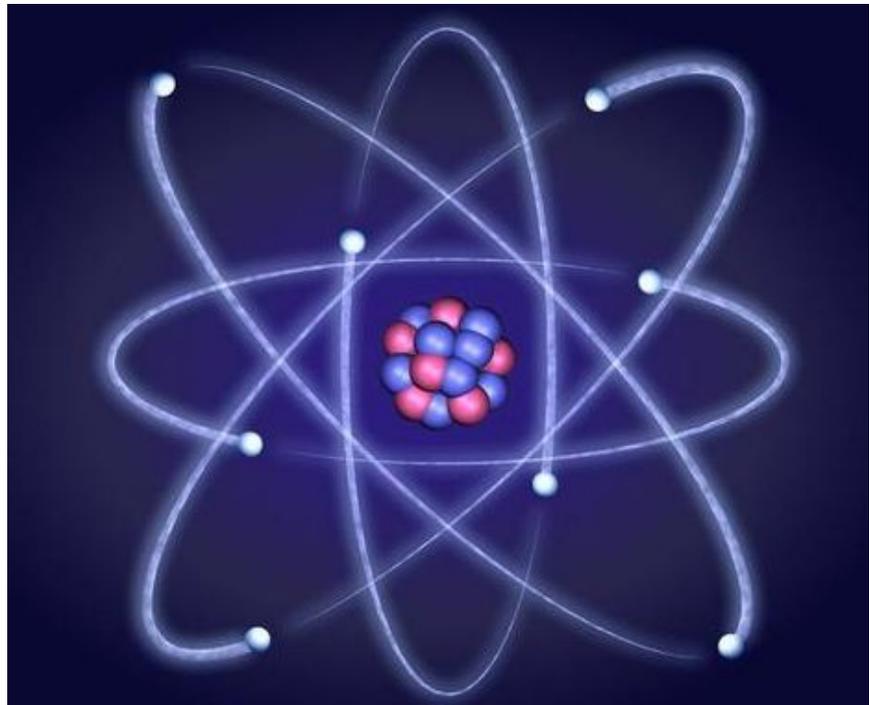
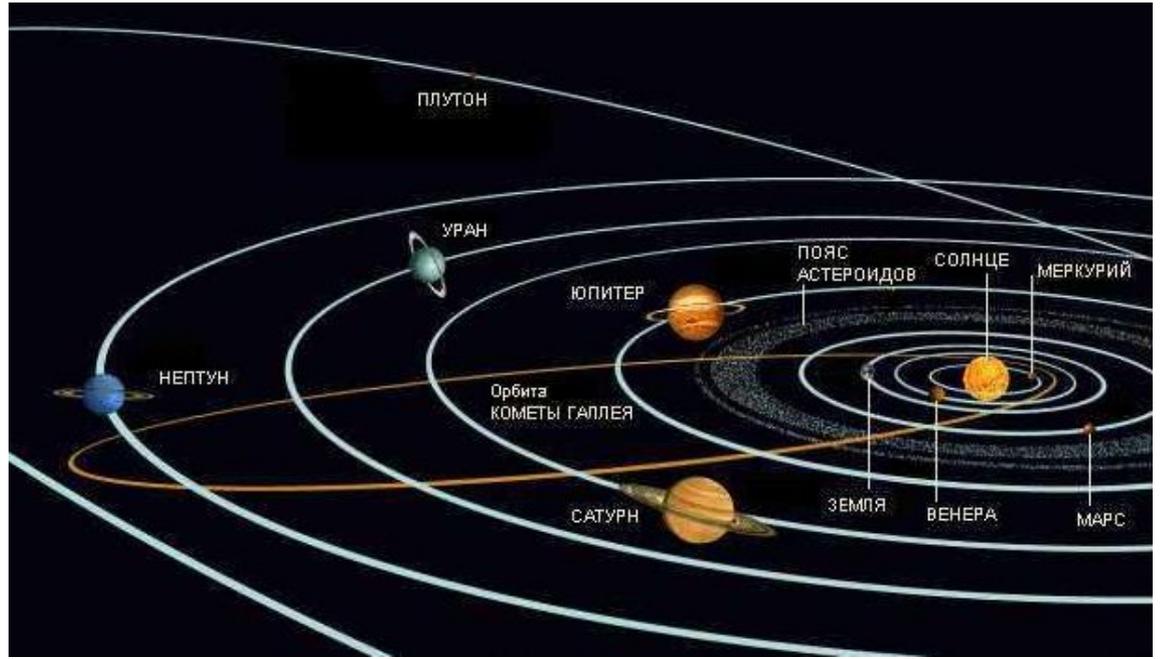


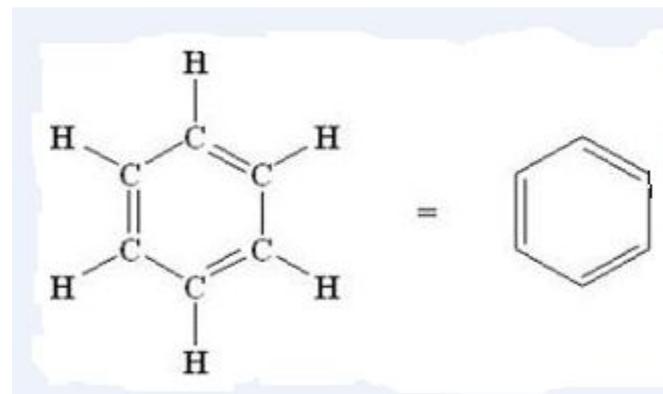
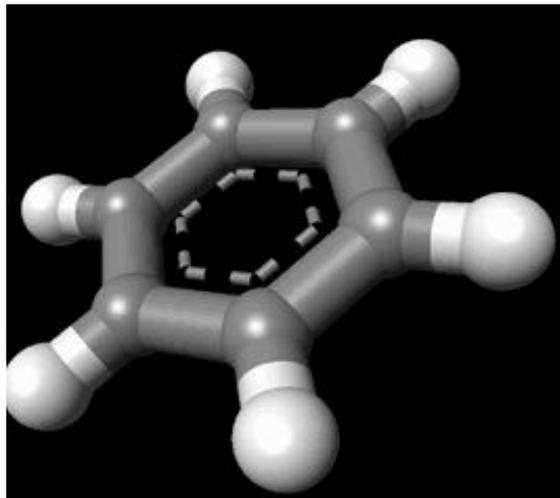
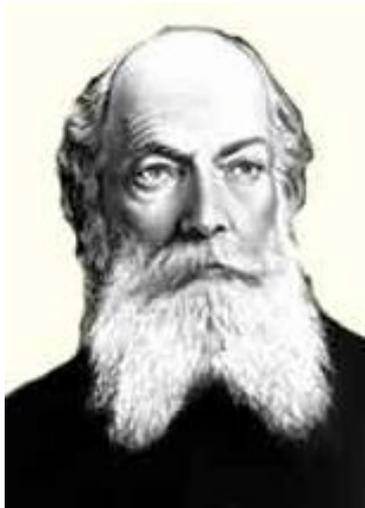










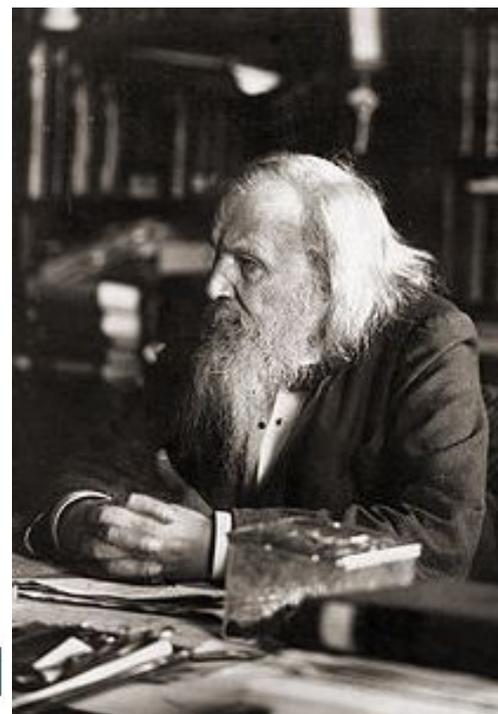


| ПЕРИОД | РЯД | ГРУППА ЭЛЕМЕНТОВ | | | | | | | | | | |
|--------|------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|----------------------|------------------|-------------------|----------------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | | |
| 1 | I | (H) | | | | | | 1 Водород | 2 Гелий | | | |
| 2 | II | Li Литий 1,710 | Be Бериллий 1,000 | B Бор 0,758 | C Углерод 0,631 | N Азот 0,803 | O Кислород 1,000 | F Фтор 1,208 | Ne Неон 1,423 | | | |
| 3 | III | Na Натрий 1,169 | Mg Магний 1,000 | Al Алюминий 0,879 | Si Кремний 0,789 | P Фосфор 0,812 | S Сера 0,856 | Cl Хлор 0,911 | Ar Аргон 0,973 | | | |
| 4 | IV | K Калий 0,891 | Ca Кальций 0,823 | Sc Скандий 0,766 | Ti Титан 0,719 | V Ванадий 0,726 | Cr Хром 0,746 | Mn Марганец 0,773 | Fe Железо 0,806 | Cu Кобальт 0,842 | Ni Никель 0,88 | |
| | V | Zn Цинк 0,873 | Ga Галлий 0,912 | Ge Германий 0,866 | As Мышьяк 0,861 | Se Селен 0,865 | Br Бром 0,876 | Kr Кrypton 0,892 | | | | |
| 5 | VI | Rb Рубидий 0,853 | Sr Стронций 0,818 | Y Иттрий 0,787 | Zr Цирконий 0,757 | Nb Ниобий 0,787 | Mo Молибден 0,796 | Tc Технеций 0,808 | Ru Рутений 0,822 | Rh Родий 0,839 | Pd Палладий 0,909 | |
| | VII | Ag Серебро 0,877 | Cd Кадмий 0,847 | In Индий 0,82 | Sn Олово 0,795 | Sb Сурьма 0,791 | Te Теллур 0,792 | I Йод 0,796 | Xe Ксенон 0,804 | | | |
| 6 | VIII | Cs Цезий 0,781 | Ba Барий 0,760 | La Лантан 0,741 | Hf Гольмий 0,788 | Ta Тантал 0,83 | W Вольфрам 0,783 | Re Рений 0,785 | Os Осмий 0,788 | Ir Иридий 0,793 | Pt Платина 0,823 | |
| | IX | Au Золото 0,831 | Hg Ртуть 0,814 | Tl Галлий 0,799 | Pb Свинец 0,783 | Bi Висмут 0,779 | Po Полоний 0,778 | At Астат 0,779 | Rn Радон 0,782 | | | |
| 7 | X | Fr Франций 0,768 | Ra Радий 0,755 | Ac Актиний 0,742 | Thорий 0,755 | Pa Протактиний 0,752 | Uраний 0,751 | Thорий 0,751 | Pa Протактиний 0,753 | Uраний 0,755 | Neptуний 0,755 | Plутоний 0,774 |
| | XI | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Обозначение элемента
Атомный номер

| | |
|-------|----|
| U | 92 |
| Уран | |
| 0,715 | |

Значение R-функции системы электронных подоболочек атома



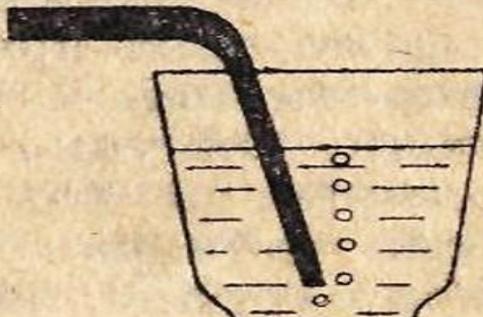
*** ЛАНТАНОИДЫ**

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Ce Цезий 0,714 | Pr Празмий 0,720 | Nd Неодим 0,721 | Pm Прометий 0,725 | Sm Самарий 0,732 | Eu Европий 0,740 | Gd Гадолиний 0,723 | Tb Тербий 0,748 | Dy Диборий 0,771 | Ho Гольмий 0,783 | Er Эрбий 0,796 | Tm Тимий 0,810 | Yb Итрий 0,824 | Lu Лутций 0,805 |
|----------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|

**** АКТИНОИДЫ**

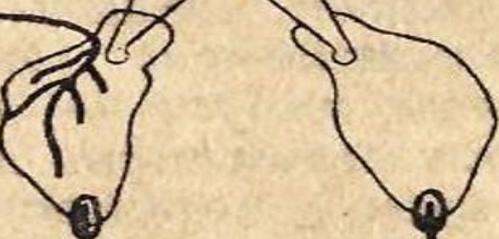
| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------|
| Th Торий 0,730 | Pa Празмий 0,718 | U Уран 0,715 | Np Неутроний 0,715 | Pu Плутоний 0,730 | Am Америций 0,734 | Cm Курций 0,723 | Bk Берклий 0,727 | Cf Калифорний 0,750 | Es Эйнштейний 0,756 | Fm Фермий 0,763 | Md Менделеев 0,770 | No Нобелий 0,778 | Lr Лоренций 0,766 |
|----------------|------------------|--------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------|

Воздух для
перемешивания



Ванночка
с 2 канюлями

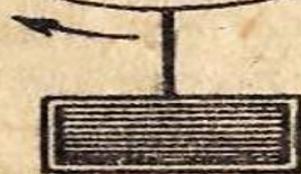
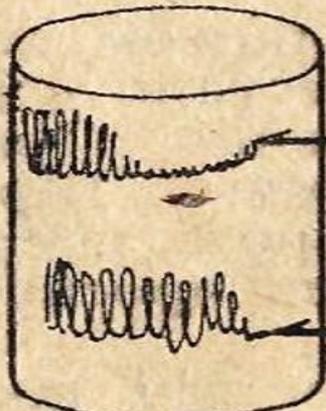
Вагусный нерв
(n. vagus)



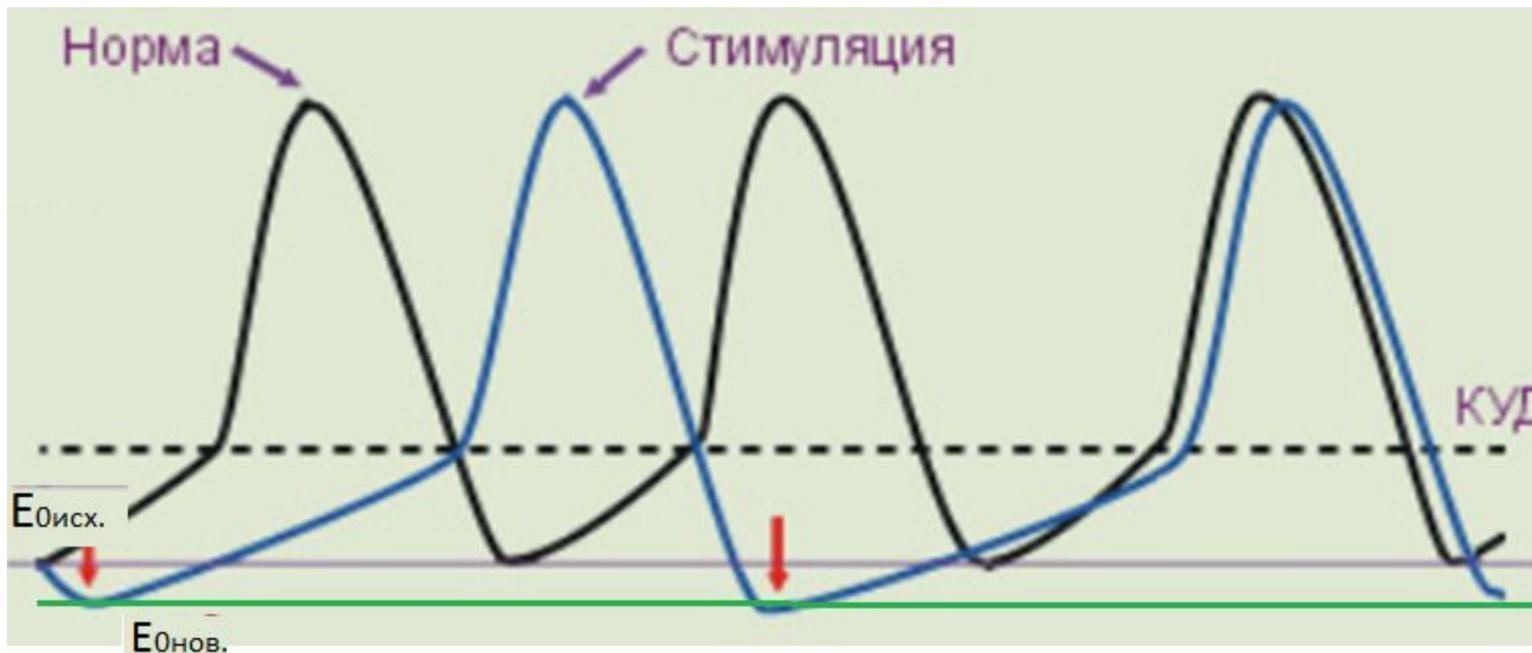
Сердце
лягушки



Источник
раздраже-
ния







Механизмы эффектов:

Медиатор – ацетилхолин, взаимодействует с холинорецепторами.

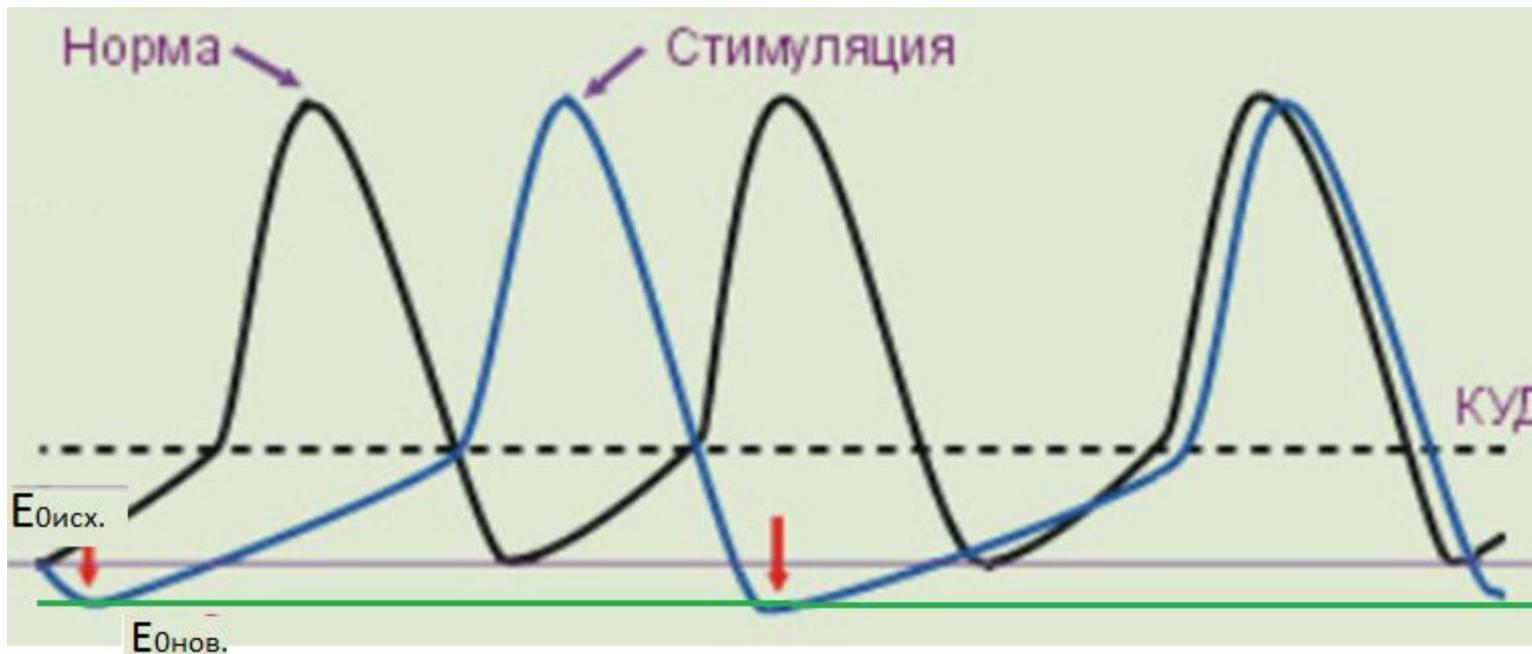
Эффекты:

- хронотропный:

Ацетилхолин взаимодействует с холинорецепторами мембран клеток, при этом увеличивается проводимость для K^+ (увеличивается выходящий ток гиперполяризирующей природы), что приводит к замедлению фазы МСДД пейсмекеров, при этом снижается ЧСС.

- батмотропный:

Увеличение порога приводит к снижению возбудимости .



Механизмы эффектов:

- инотропный эффект:

1. Снижается амплитуда ПД, что возбуждает меньшее число кардиомиоцитов
2. Снижается активность аденилатциклазы, что в конечном итоге снижает уровень обменных процессов.

- дромотропный эффект:

Увеличивается время атриовентрикулярной задержки, что ведет к замедлению проводимости через атриовентрикулярный узел.

Тонус n.vagus

Суть: сердце в покое находится под постоянным тормозным контролем блуждающего нерва.

Зачем нужно? Для больших резервных возможностей при адаптации к нагрузкам.

Доказательство:

1. Перерезка n.vagus => к увеличению ЧСС (у собаки в 2-2,5 раза).
2. Введение атропина (блокирует м-холинорецепторы) увеличивает у человека ЧСС до 150 уд./мин.

Причины тонуса n.vagus:

1. Импульсы от рецепторов дуги аорты
2. Импульсы от каротидного синуса

Детские особенности:

- ✓ У новорожденных тонус n.vagus выражен слабее, поэтому ЧСС выше.

Пример: при перерезке блуждающего нерва у щенков и введении детям атропина увеличения ЧСС не происходит.

Влияние химических факторов:

1. Увеличение концентрации адреналина увеличивает тонус ядра блуждающего нерва, предупреждает сердце от сверхчастотных раздражений.
2. При увеличении $[Ca^{++}]$ увеличивается тонус ядра блуждающего нерва

?Есть ли тонус симпатической нервной системы? Нет.

Доказательство:

Удаление звездчатых ганглиев (от них отходят симпатические нервы) не изменяет ЧСС значительно.

Влияния симпатической нервной системы

**Влияние симпатической нервной системы на деятельность сердца.
1866-1867 отеч. физиолог Цион.**

Обнаружил, что при раздражении симпатического нерва увеличивается частота сердечных сокращений.

Позже – И.П. Павлов (1882-1887) обнаружил, что при раздражении симпатического нерва увеличивается:

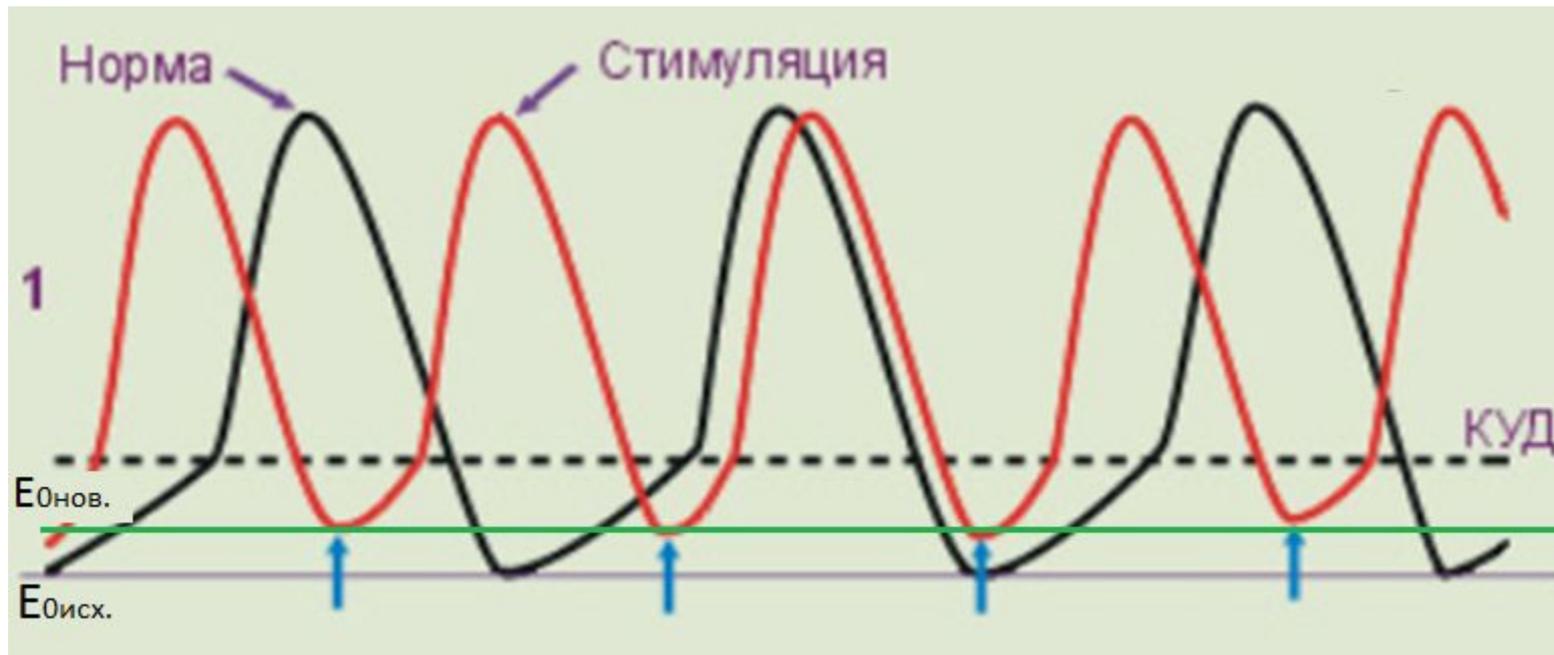
- ✓ сила сердечных сокращений (+инотропный эффект)**
 - ✓ частота сердечных сокращений (+хронотропный эффект)**
 - ✓ возбудимость (+батмотропный эффект)**
 - ✓ проводимость (+дромотропный эффект)**
 - ✓ тонус (+тонотропный эффект)**
- + открытие трофического нерва (И.П. Павлов)**

Суть: при раздражении одной из веточек симпатического нерва изолированно увеличивается только сила сердечных сокращений.

Причина: наличие трофического нерва (по И.П. Павлову).

При его раздражении:

- ✓ Усиливаются обменные процессы в миокарде**
- ✓ Увеличивается количество сократительных белков**
- ✓ Стимулируется синтез и распад АТФ**



Механизмы эффектов:

Медиатор – норадреналин, взаимодействует с β_1 адренорецепторами.

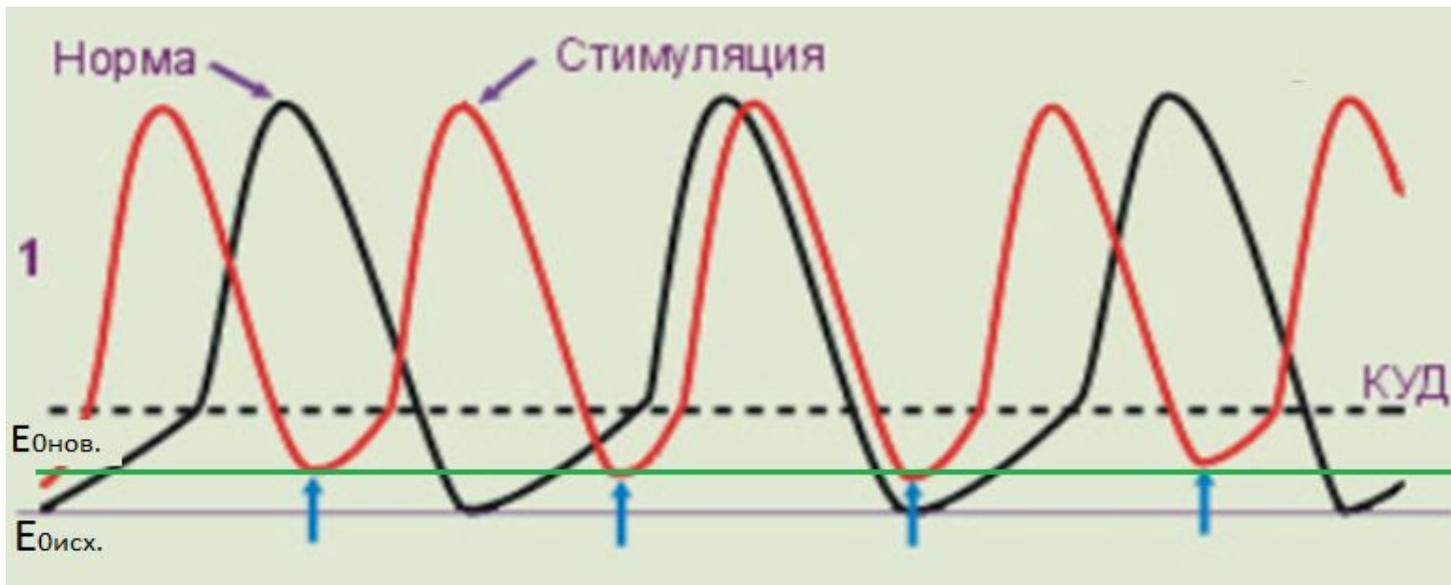
Эффекты:

+хронотропный:

Норадреналин взаимодействует с β_1 адренорецепторами мембран клеток, при этом увеличивается проводимость для Na^+ и Ca^{++} , что приводит к ускорению фазы МСДД пейсмекеров, при этом увеличивается ЧСС.

+батмотропный:

Снижение порога приводит к увеличению возбудимости



Механизмы эффектов:

+инотропный эффект:

1. Увеличивается амплитуда ПД, что возбуждает большее число кардиомиоцитов
2. Через β_1 адренорецепторы рабочих кардиомиоцитов увеличивается активность аденилатциклазы, что в конечном итоге увеличивает уровень обменных процессов.
3. Увеличение проницаемости для кальция приводит к увеличению его входа в типичные кардиомиоциты.

+дромотропный эффект:

Снижается время атриовентрикулярной задержки, что ведет к ускорению проводимости через атриовентрикулярный узел

Особенности нервной регуляции.

1. Длительность эффектов.
2. Одновременность действия
3. Взаимодействие интра- и экстракардиальных влияний.

4. Длительность эффектов.

Суть: После окончания раздражения n.vagus происходит быстрое восстановление частоты и силы сердечных сокращений. После прекращения раздражения симпатического нерва.

Причина:

1. Ацетилхолин быстро расщепляется ферментом ацетилхолинэстеразой.
2. Норадреналин медленно расщепляется моноаминоксидазой.
3. Обычно при повышении тонуса симпатического отдела из мозгового слоя надпочечников выбрасывается смесь катехоламинов, содержащая в своем составе адреналин, который вызывает те же эффекты, что и норадреналин, но способен фиксироваться в миокарде и обеспечивать более пролонгированные эффекты, а также более длительно утилизируется моноаминоксидазой.

2. Одновременность действия

При одновременной стимуляции блуждающего и симпатического нерва первыми преобладают парасимпатические (вагусные) эффекты, затем развивается действие симпатической нервной системы.

3. Взаимодействие интра- и экстракардиальных влияний.

Интракардиальные эфферентные нейроны это конечное звено не только для внутрисердечных рефлекторных дуг, но и для постганглионарных волокон парасимпатической нервной системы.

За счет этого внутриорганные нейроны являются связующим звеном между интра- и экстракардиальными влияниями.

Характер конечной реакции сердца зависит от взаимодействия импульсов интра- и экстракардиального происхождения.

Среди этих нейронов выделяют:

- ✓ адренергические
- ✓ холинергические

Исходя из вышесказанного, импульсы, идущие по блуждающему нерву могут в конечном счете переходить либо на адрен-, либо на холинергические нейроны.

Адренергические эфферентные нейроны обладают большей возбудимостью, чем холинергические.

При слабой стимуляции возбуждаются адренергические нейроны, что приводит к увеличению ЧСС и Fcc.

При сильной стимуляции происходит торможение адренергических и возбуждение холинергических эфферентных нейронов, что приводит к снижению ЧСС и FСС.

Рефлекторная регуляция деятельности сердца

Являются вспомогательными. Регулируют деятельность сердца в соответствии с запросами сердечно-сосудистой системы и организма в целом.

Существует несколько классификаций

По В.Б. Брину:

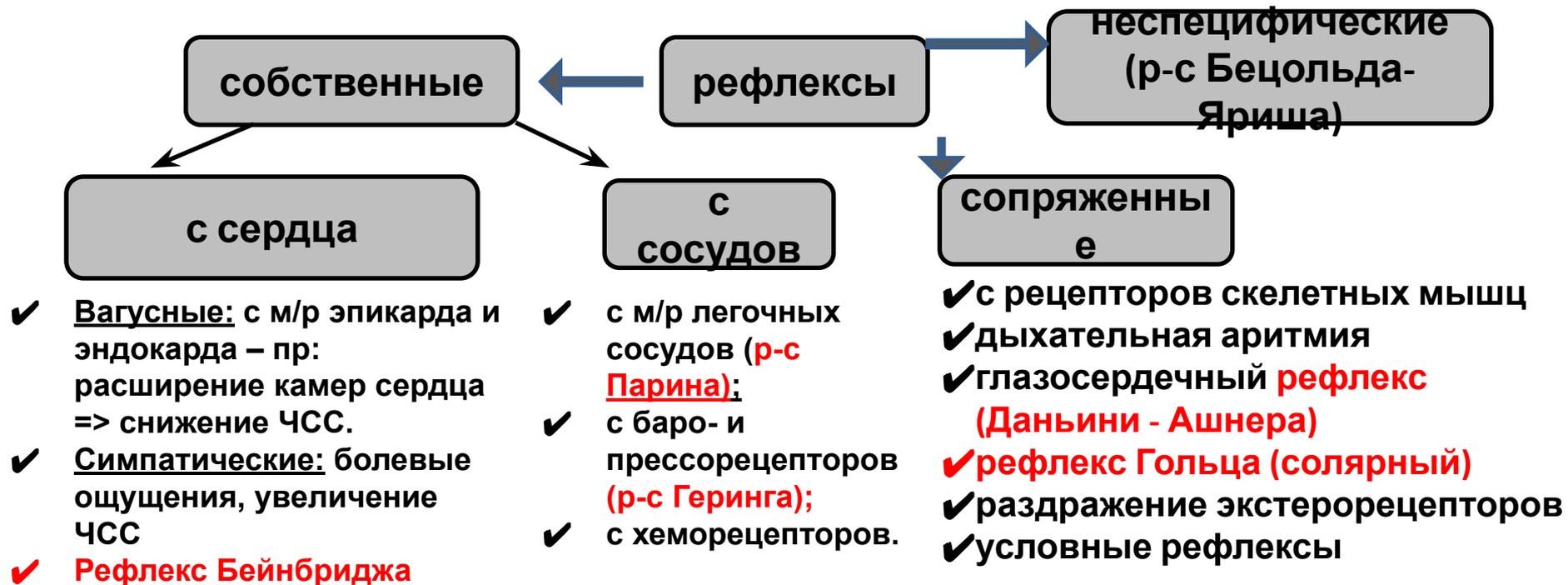
1. Внутрисердечные рефлексы (р-сы Косицкого)
2. Внутрисистемные рефлексы:
 - ✓ р-с Геринга
 - ✓ р-с Парина
 - ✓ р-с Бейнбриджа
3. Межсистемные рефлексы:
 - ✓ р-с Гольца
 - ✓ р-с Данини-Ашнера
 - ✓ р-с с капсулы печени и желчных путей
 - ✓ р-с с вентральной поверхности продолговатого мозга
 - ✓ болевые рефлексы
 - ✓ дыхательно-сердечные рефлексы
 - ✓ условные рефлексы

Классификация по В.Н. Черниговскому:

I. Собственные рефлексы (вызываются раздражением рецепторов сердечно-сосудистой системы, имеют наибольшее физиологическое значение).

II. Сопряженные (обусловлены активностью любых других рефлексогенных зон).

III. Неспецифические (реализуются в условиях физиологического эксперимента или патологии)



Рефлекс Бейнбриджа

1875 г. Артур Бейнбридж

Суть: при введении дополнительного объёма жидкости в кровеносное русло (в оригинале – вливании крови) увеличивается ОЦК и ЧСС.

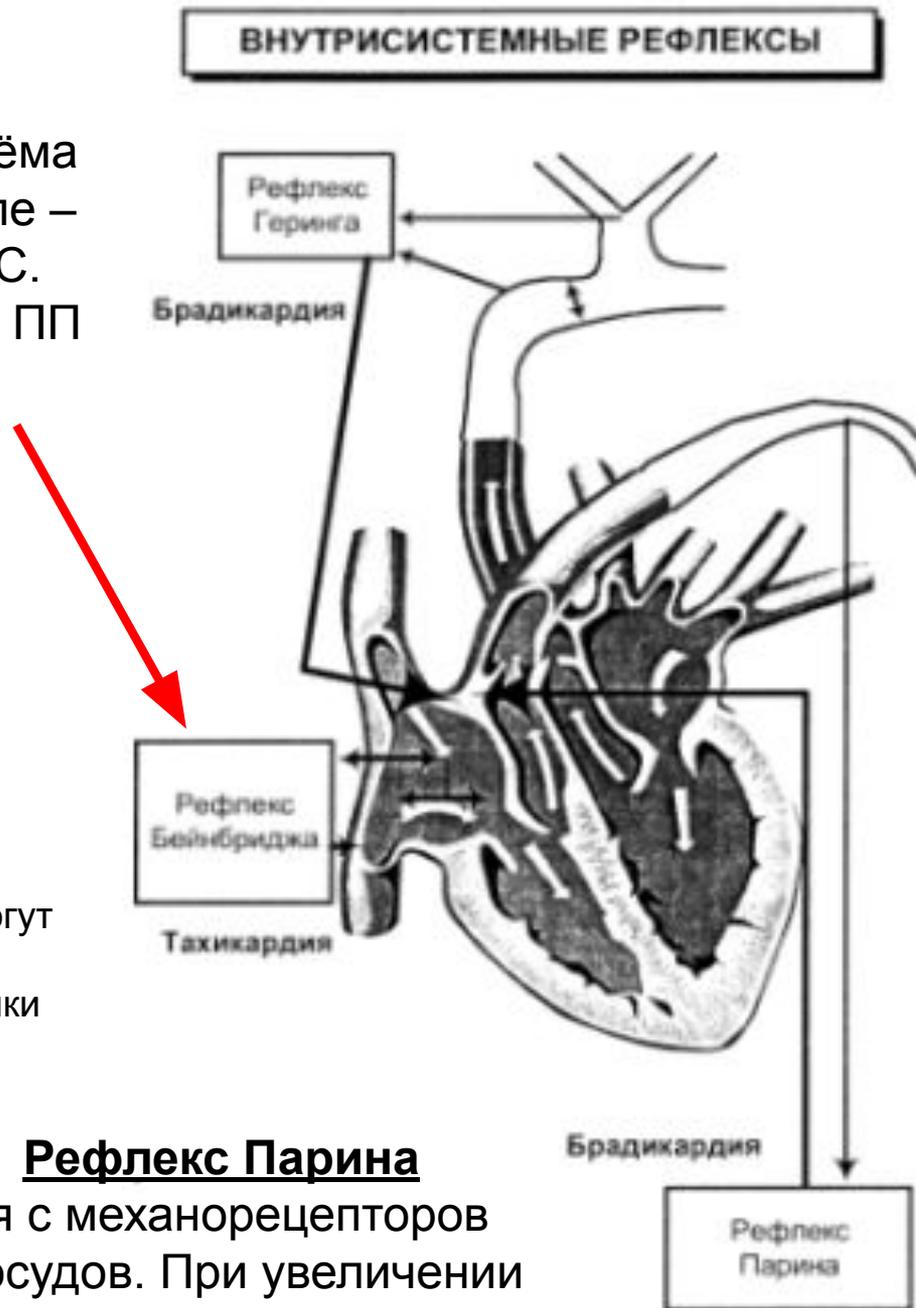
Рефлексогенная зона: механорецепторы ПП и полых вен.

Реализация рефлекса: раздражение м/р=>снижение тонуса ядер блуждающего нерва=>преобладание тонуса симп. НС =>тахикардия

Значимость: при увеличении венозного притока увеличенный ЧСС направлен на соответствие венозного возврата систолическому выбросу

Примечание: при раздражении рецепторов сердца могут изменяться функции висцеральных органов.

Пример: рефлекс Генри-Гауэра – при растяжении стенки левого предсердия увеличивается диурез (кардиоренальный рефлекс) причина – задержка выделения АДГ.



Рефлекс Парина

Реализуется с механорецепторов легочных сосудов. При увеличении давления в легочной артерии развивается брадикардия.

Рефлекс Геринга

Рефлексогенная зона:

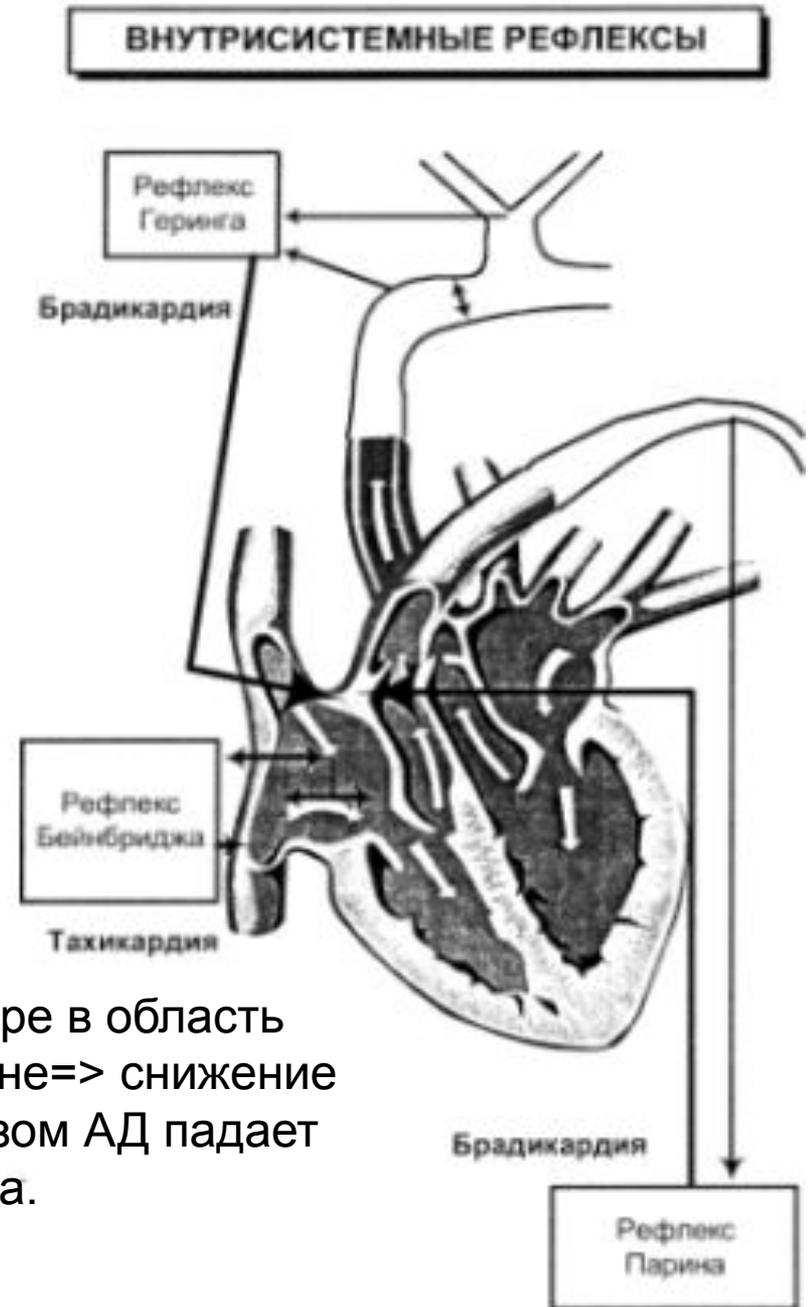
Баро- и прессорецепторы сосудов.

Локализация: есть везде, но больше всего в дуге аорты (иннерв. – левый депрессорный нерв) и синокаротидной зоне (языкоглоточный нерв)

Особенность: афферентная импульсация постоянная, обеспечивает тонус блуждающего нерва и его тормозное влияние на *сog*

Реализация рефлекса: р-ры реагируют на растяжение стенки сосудов или увеличении давления=>увеличение импульсации в системе *n.vagus*=> снижение ЧСС. С восстановлением через 4-6 с. Причем первый начинает работать АВ, затем СА узел.

Примечание: рефлекс реализуется при ударе в область синокаротидной зоны или сдавлении ее извне=> снижение ЧСС и АД. У пожилых людей с атеросклерозом АД падает резко=> потеря сознания и остановка сердца.



Рефлексы с хеморецепторов сосудов

Рефлексогенная зона:

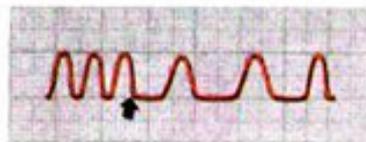
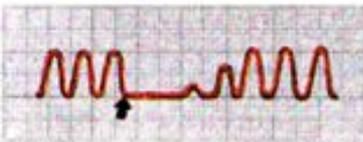
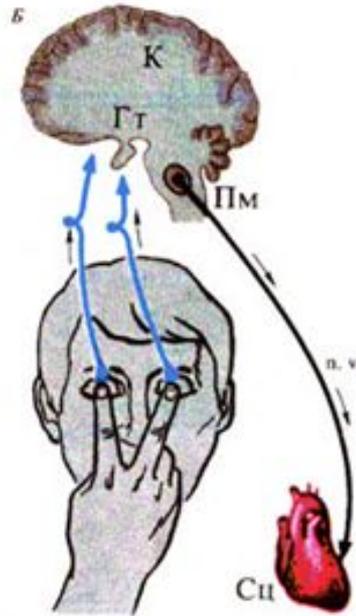
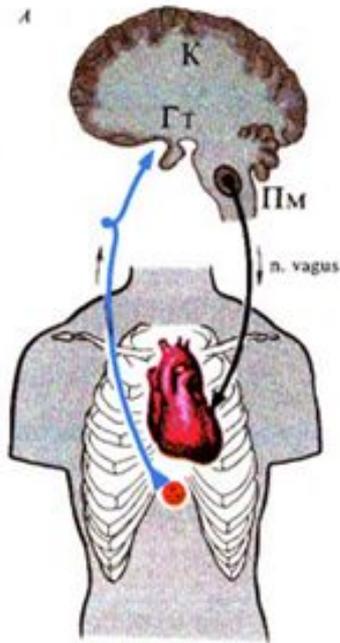
Хеморецепторы дуги аорты и синокаротидной зоны реагируют в большей степени на pO_2 . Обладают высокой чувствительностью. Находятся в постоянном тоническом возбуждении.

Реализация рефлекса:

Гипоксемия=>рефлекторная тахикардия

Дыхание чистым кислородом=>брадикардия.

Сопряженные рефлексы (менее специфичны)



✓ с рецепторов скелетных МЫШЦ.

Мышечная работа=> увеличение ЧСС.
Причина: иррадиация возбуждения с моторных зон коры на высшие вегетативные центры

✓ ДЫХАТЕЛЬНАЯ АРИТМИЯ

Вдох=>увеличение ЧСС
Раздражение рецепторов
ВДП=>снижение ЧСС

✓ глазосердечный рефлекс (Даньини - Ашнера)

✓ рефлекс Гольца (соляренный)

✓ раздражение

экстерорецепторов

Резкое охлаждение кожи в области живота и лица=> снижение ЧСС

✓ условные рефлексы

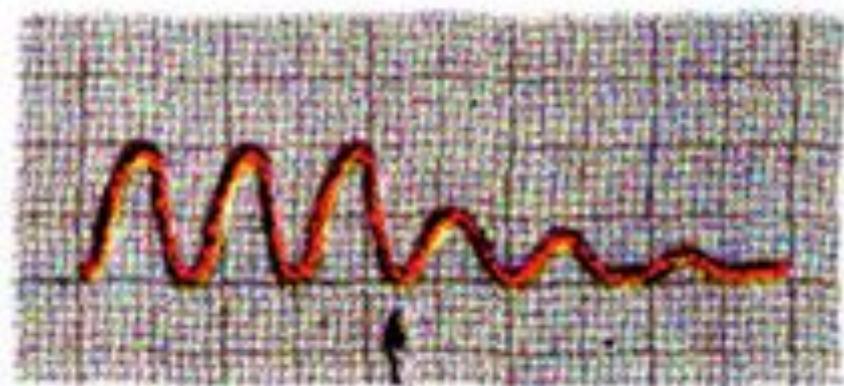
Неспецифические рефлесы (Бецольда-Яриша)

При внутрикоронарном введении:

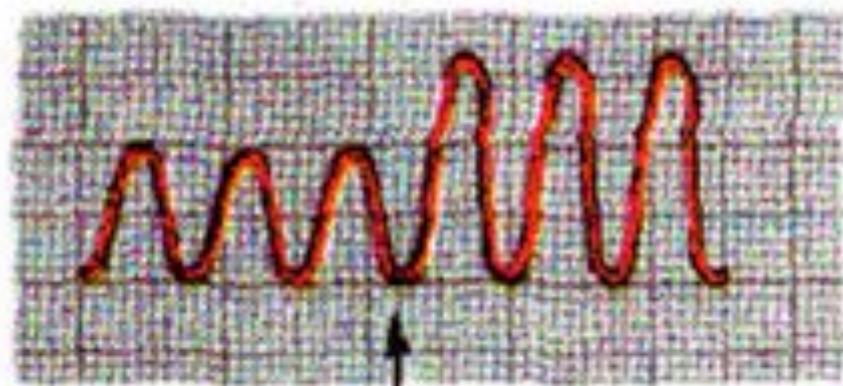
- ✓ никотина
- ✓ алкоголя
- ✓ растительных алкалоидов, развивается

триада симптомов:

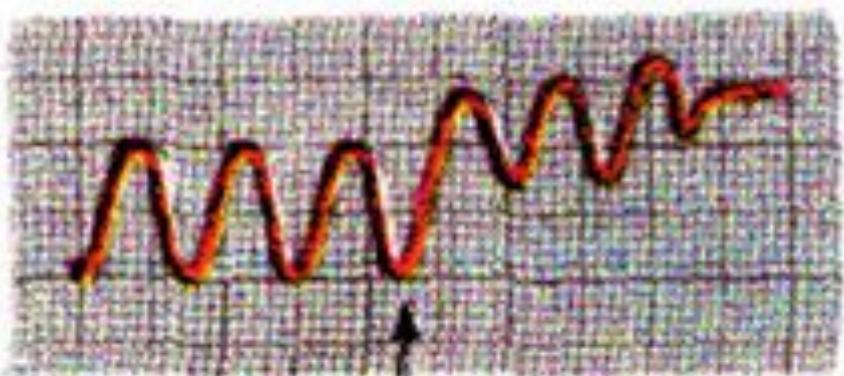
- ✓ брадикардия
- ✓ тахипноэ
- ✓ апноэ



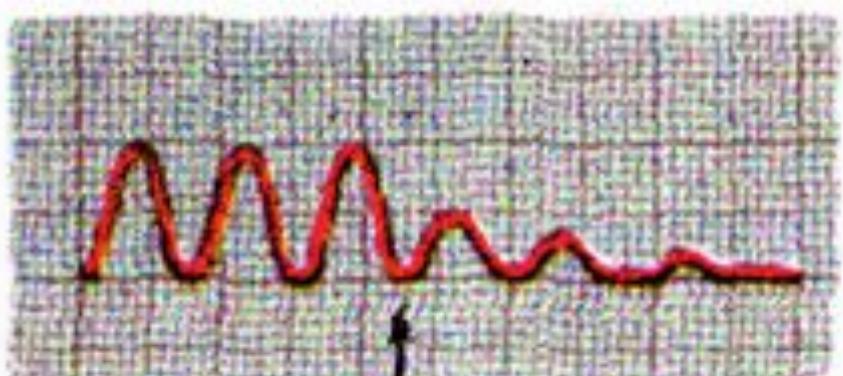
Ax



Aдр



Ca²⁺



K⁺

Благодарю за внимание!