

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

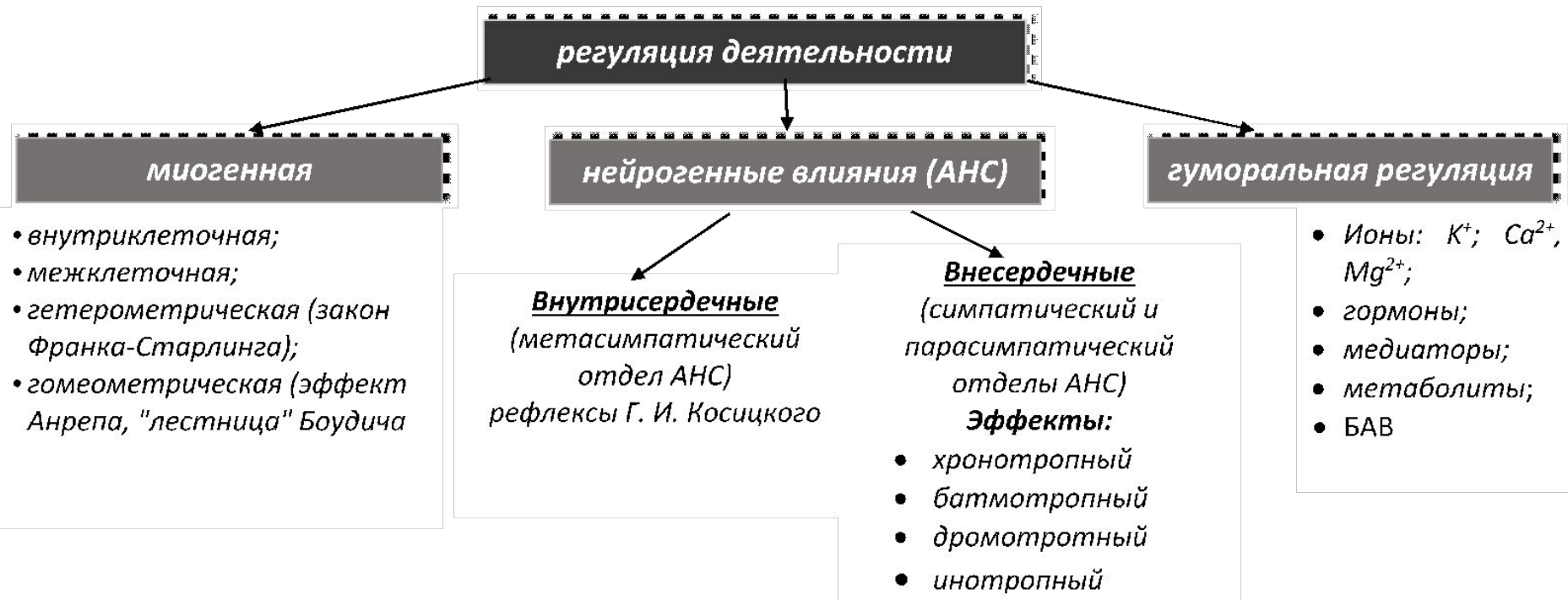
Цель лекции: рассмотреть основные механизмы регуляции деятельности сердца.

Значение регуляции

обеспечение равенства венозного
возврата сердечному выбросу, т. е.

**ВЕНОЗНЫЙ ВОЗВРАТ=СЕРДЕЧНЫЙ
ВЫБРОС**

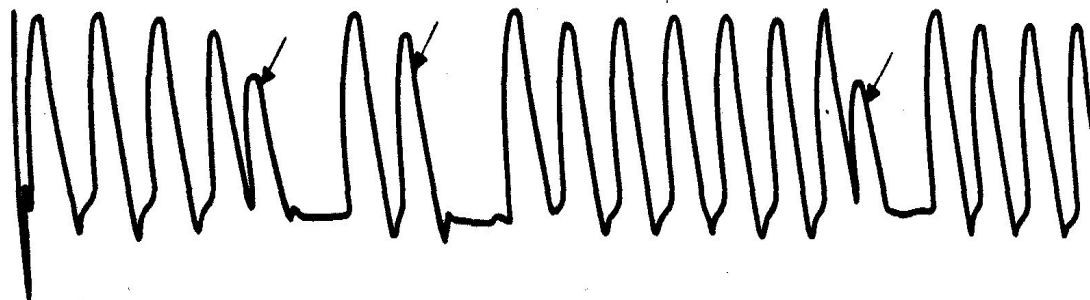
1. Уровни регуляции деятельности сердца.



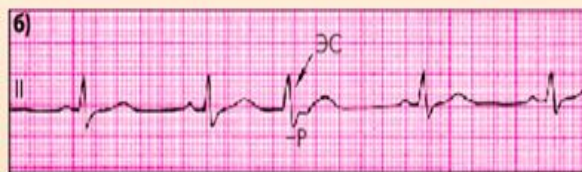
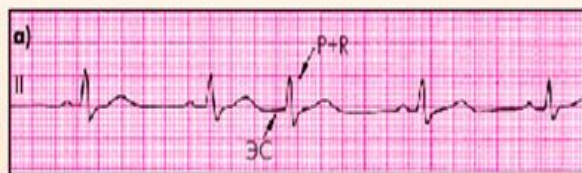
2. Ауторегуляторные механизмы регуляции

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

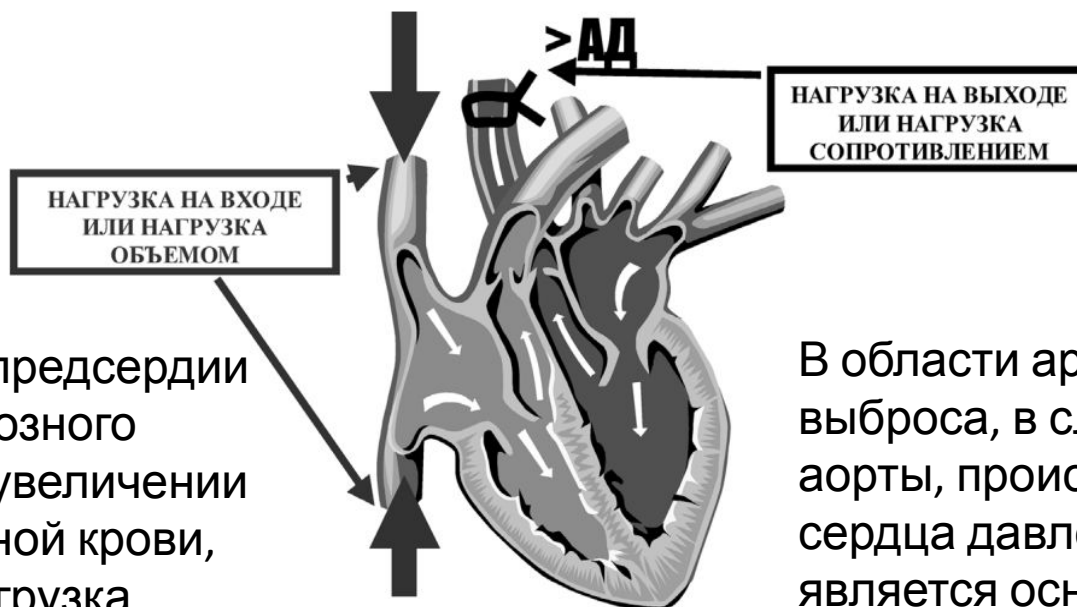
Экстрасистола – внеочередное сокращение



ЭКСТРАСИСТОЛЫ НА ЭКГ



Факторы, ведущие к миогенной ауторегуляции представлены на рисунке.



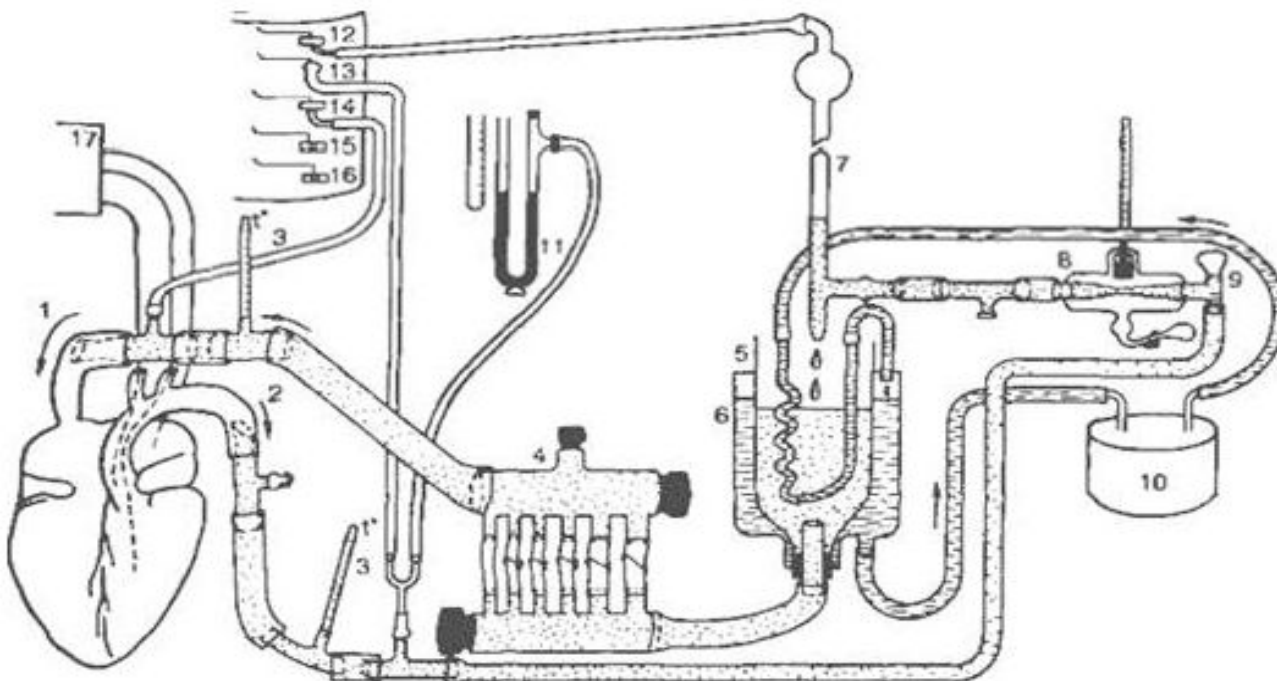
В правом предсердии (в области венозного возврата) при увеличении притока венозной крови, происходит нагрузка сердца объемом. Это ведет к избыточному растяжению сердечной мышцы, что является предпосылкой для реализации закона Франка-Старлинга - гетерометрическая саморегуляция.

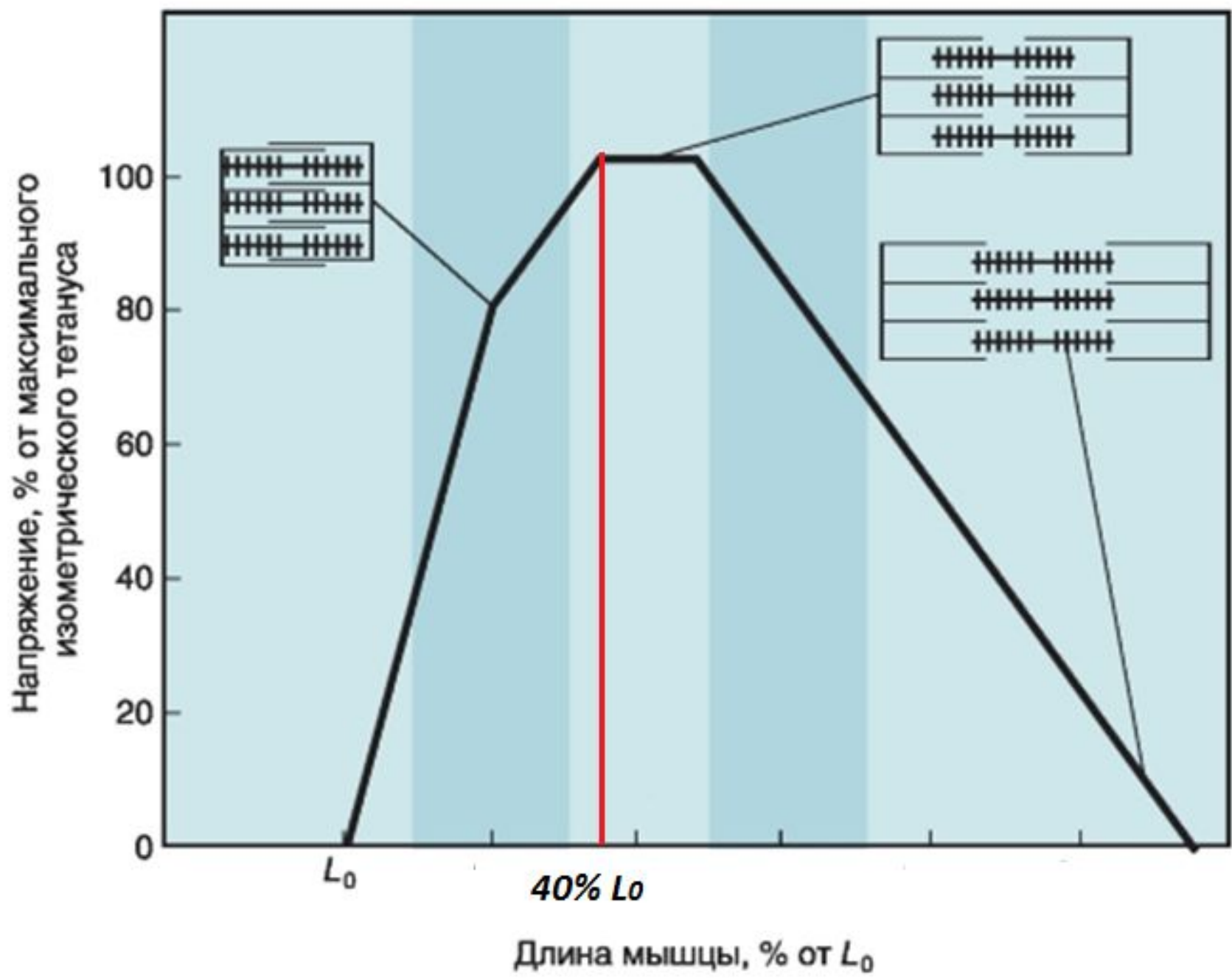
В области артериального выброса, в случае сужения аорты, происходит нагрузка сердца давлением, что является основой для развития феномена Г.Н. Анрепа, относящегося к группе гомеометрических механизмов саморегуляции

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.







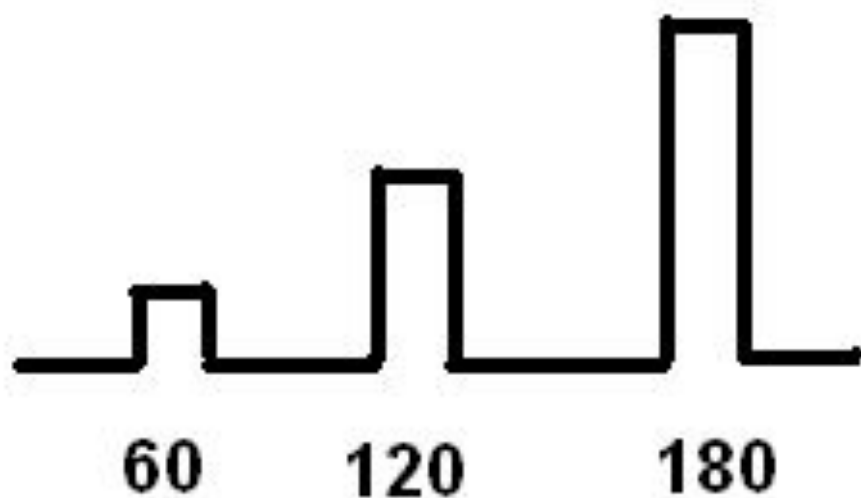
Гомеометрическая саморегуляция – повышение скорости и силы сердечных сокращений при неменяющейся исходной длине мышечного волокна.

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 (F_{cc}) происходит восстановление параметров УОК, КДО и КДД.

Феномен лестницы Боудича

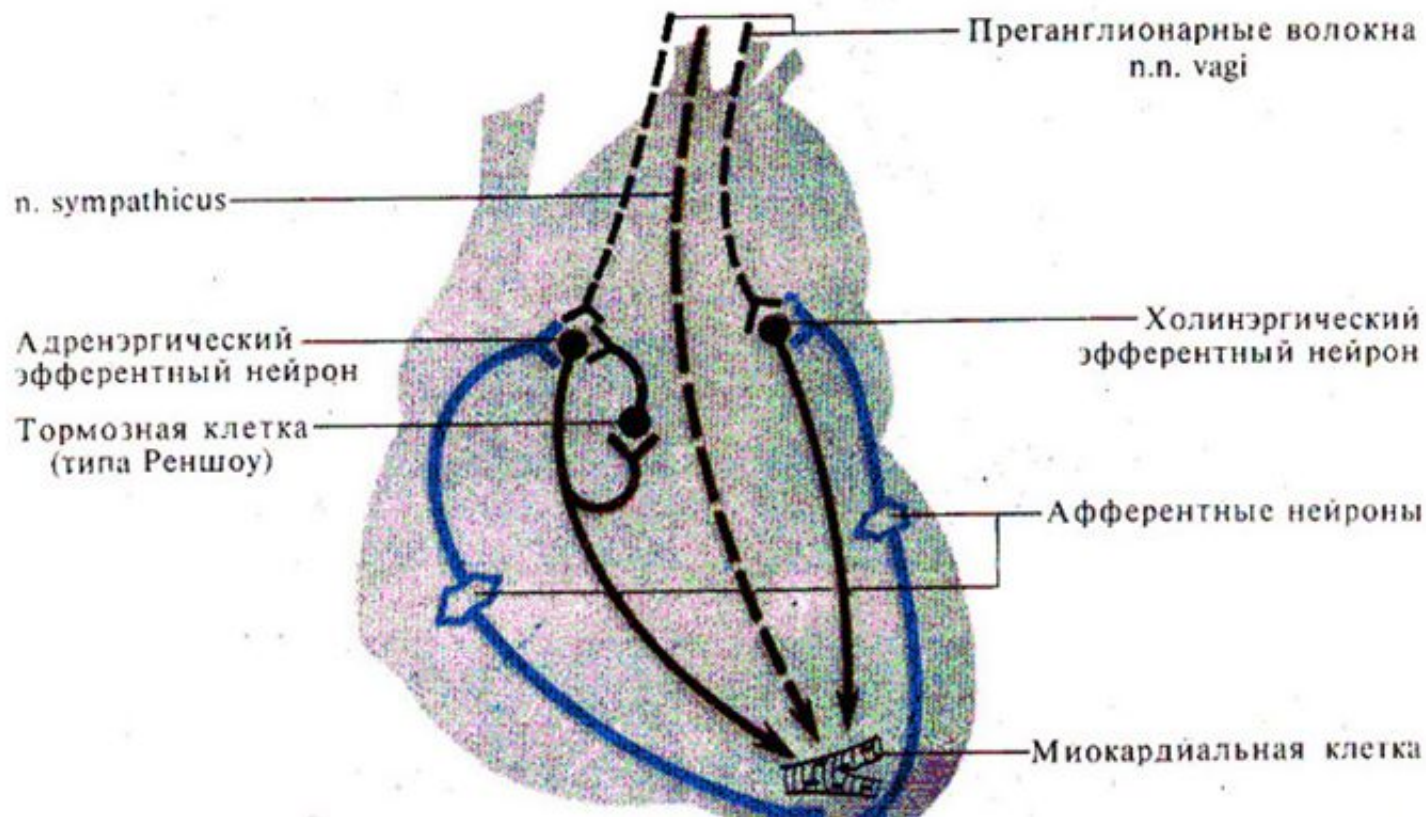
При увеличении частоты приложенного стимула, увеличивается ответная сила сердечных сокращений. Механизм – накопление $[Ca^{++}]_{in}$. Чем выше частота приложенного стимула, тем короче период отдыха и тем меньше снижается $[Ca^{++}]_{in}$.



Приложенный стимул

**сила сокращения
(ответ)**

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



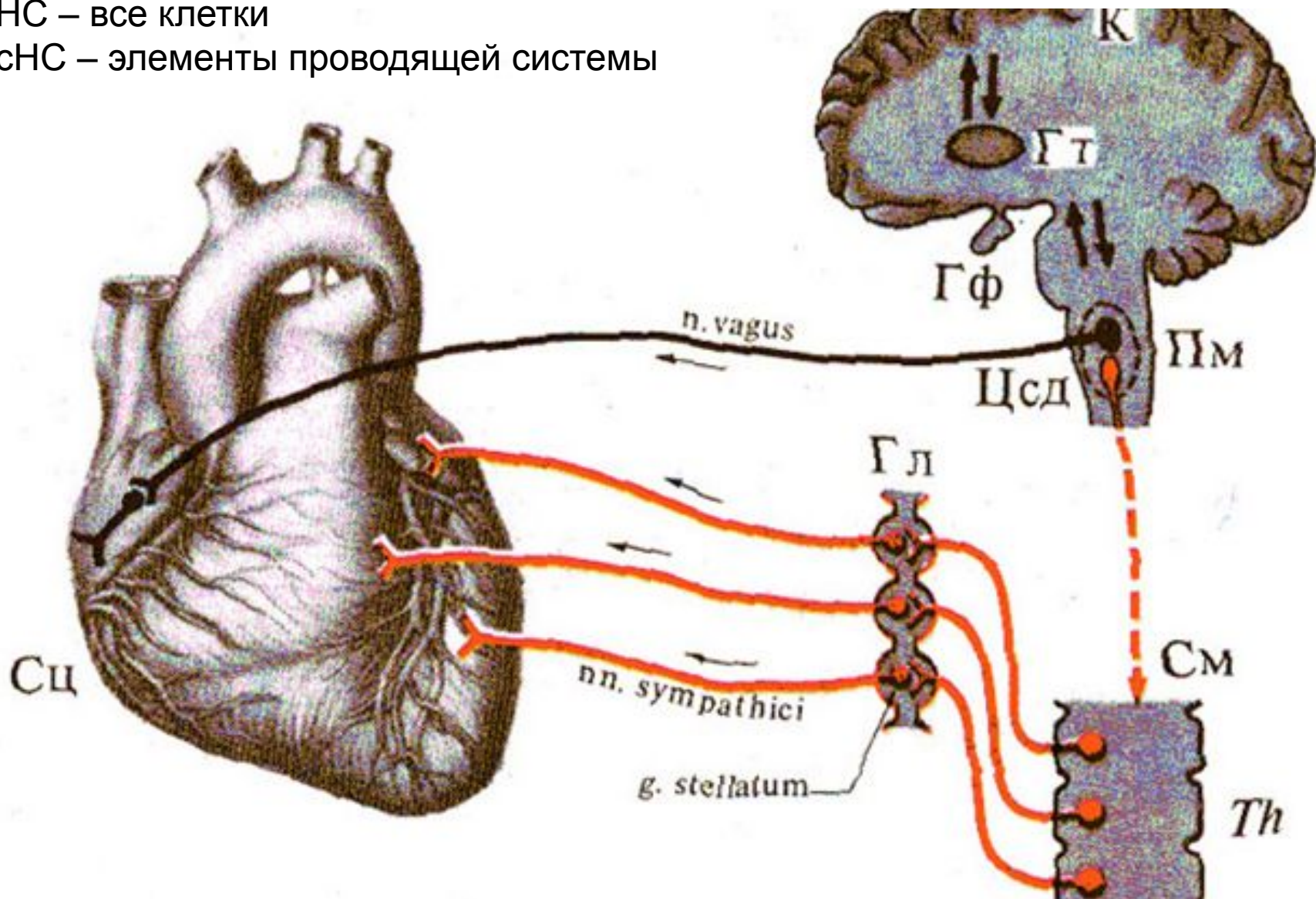
Рефлексы Косицкого – при увеличении объёма одной из камер сердца – увеличивается сила сокращений всех камер.

3. Нервные механизмы регуляции сердечной деятельности

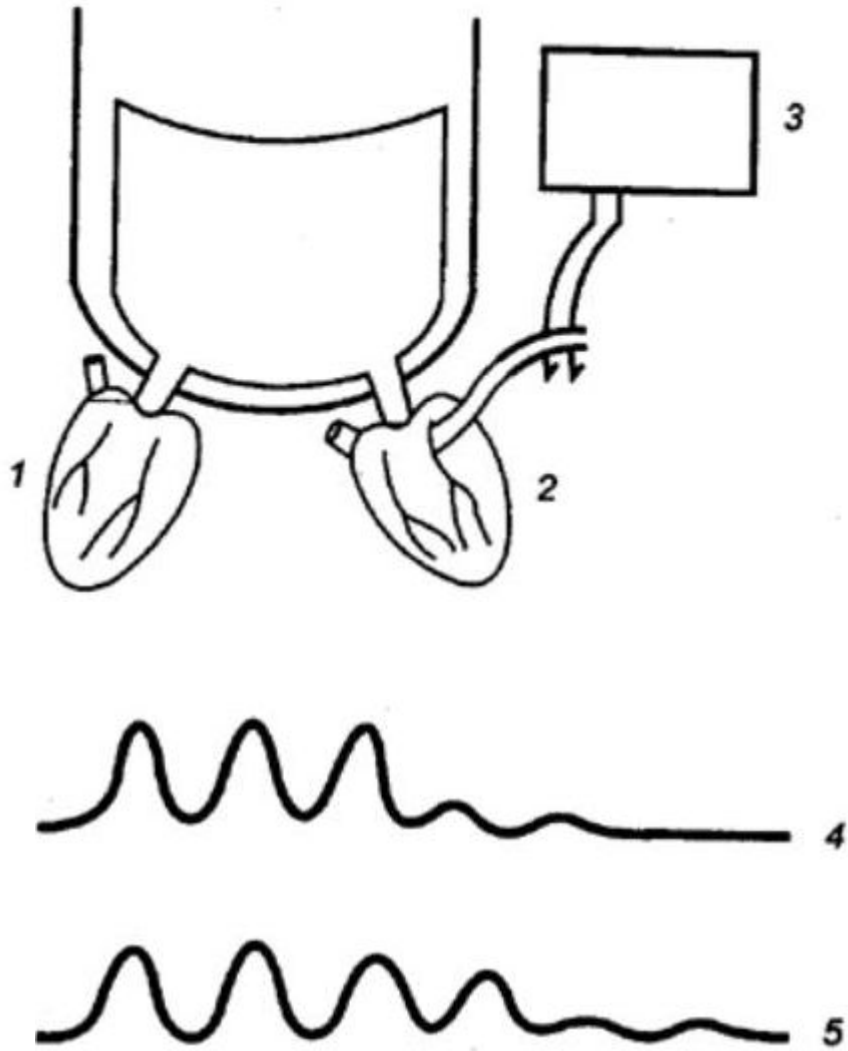
Иннервация сердца:

СНС – все клетки

ПсНС – элементы проводящей системы



Влияния парасимпатической нервной системы



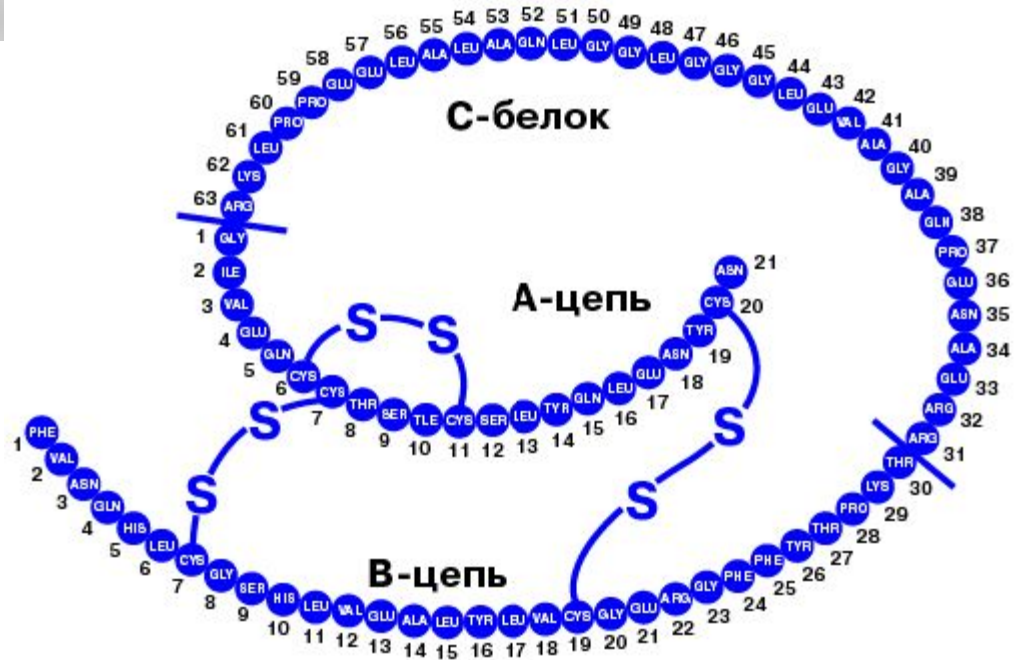


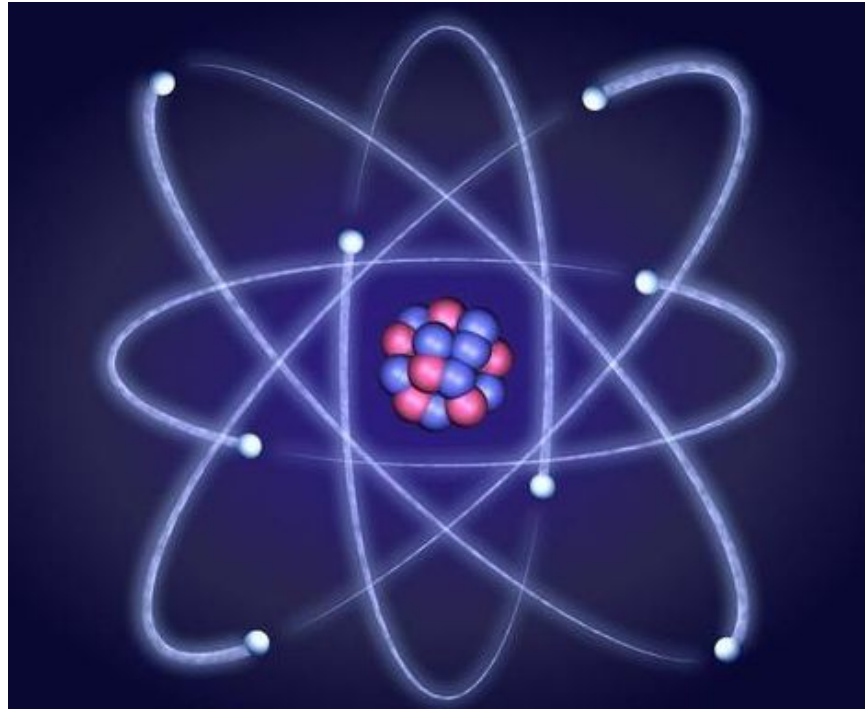
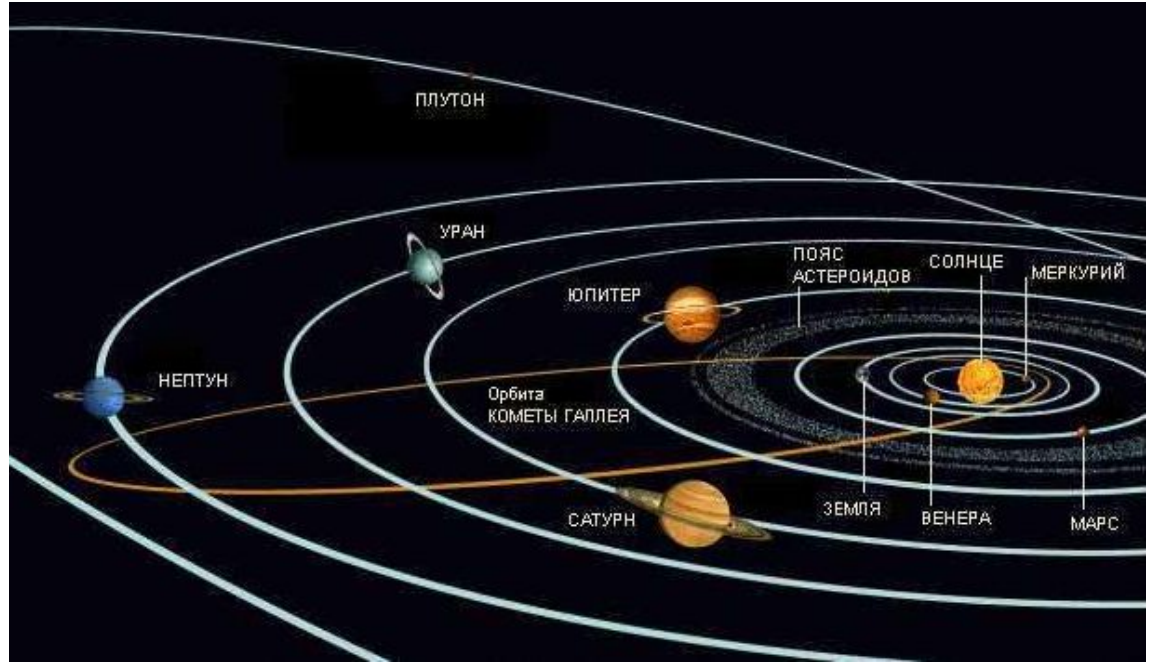


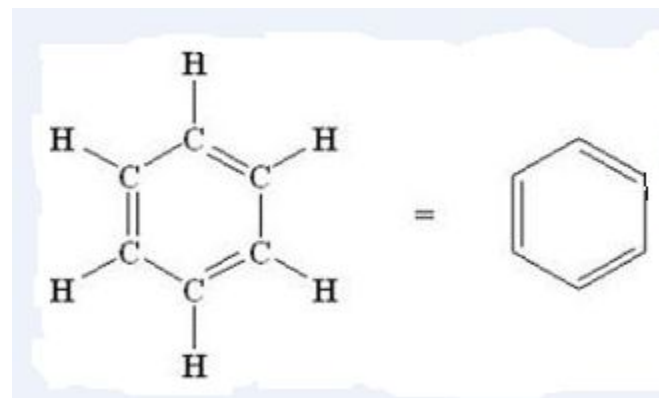
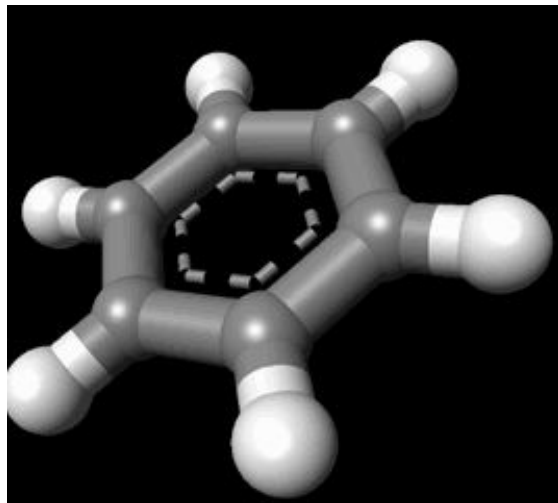
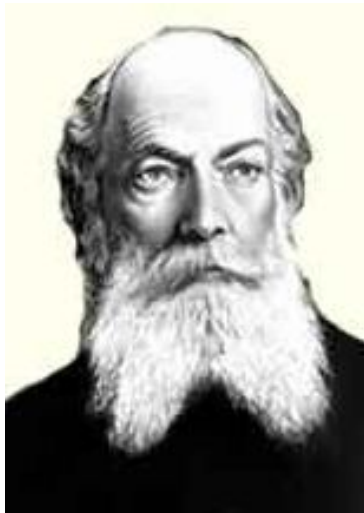








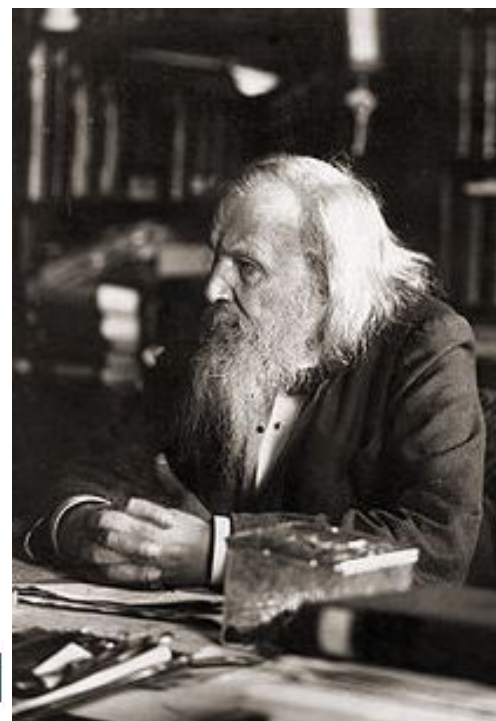




ПЕРИОД	РЯД	ГРУППА ЭЛЕМЕНТОВ								Обозначение элемента Атомный номер		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	I	(H)						1 Водород	2 Гелий			
2	II	Li Литий 1,710	Be Бериллий 1,000	B Бор 0,758		C Углерод 0,631	N Азот 0,803	O Кислород 1,000	F Фтор 1,208	Ne Неон 1,423		
3	III	Na Натрий 1,169	Mg Магний 1,000	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 1,023	Ga Галлий 0,964	Ge Германий 0,912		As Мышьяк 0,866	Se Селен 0,865	Br Бром 0,876	Kr Криптон 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 Гафний 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 Таллий 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		Th Торий 0,755	Pa Проспий 0,752	U Уран 0,751	Np Нептуний 0,751	Pu Плутоний 0,753	Am Америций 0,755	Cm Кюрий 0,755
	XI	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

U 92
Уран
0,715

Значение R-функции системы электронных подоболочек атома



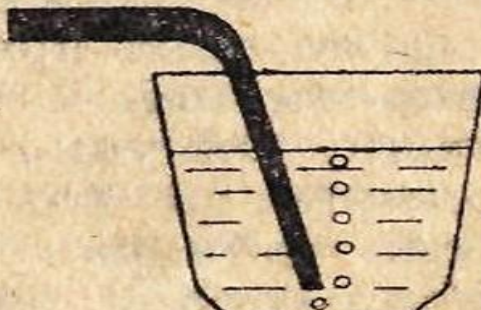
*** ЛАНТАНОИДЫ**

Ce Цезий 0,714	Pr Прометий 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 Диспрозий 0,771	Ho Гольмий 0,783	Er Эрбий 0,796	Tm Туллий 0,810	Yb Иттрий 0,824	Lu Лютеций 0,805
----------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------------	------------------------	------------------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------	------------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------

**** АКТИНОИДЫ**

Th Торий 0,730	Pa Протактиний 0,718	U Уран 0,715	Np Нептуний 0,715	Pu Плутоний 0,730	Am Америций 0,734	Cm Кюрий 0,723	Bk Берклий 0,727	Cf Калифорний 0,750	Es Эйнштейний 0,756	Fm Фермий 0,763	Md Менделеевский 0,770	No Нобелий 0,778	Lr Лоренсий 0,766
----------------------	----------------------------	--------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------	------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------	------------------------------	------------------------	-------------------------

Воздух для
перемешивания



Ванночка
с 2 канюлями

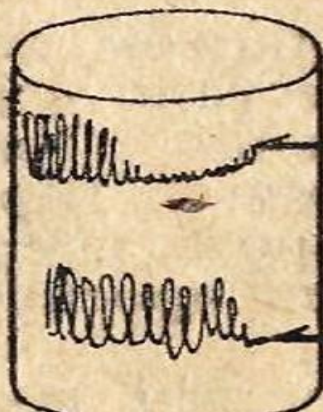
Вагусный нерв
(n. vagus)



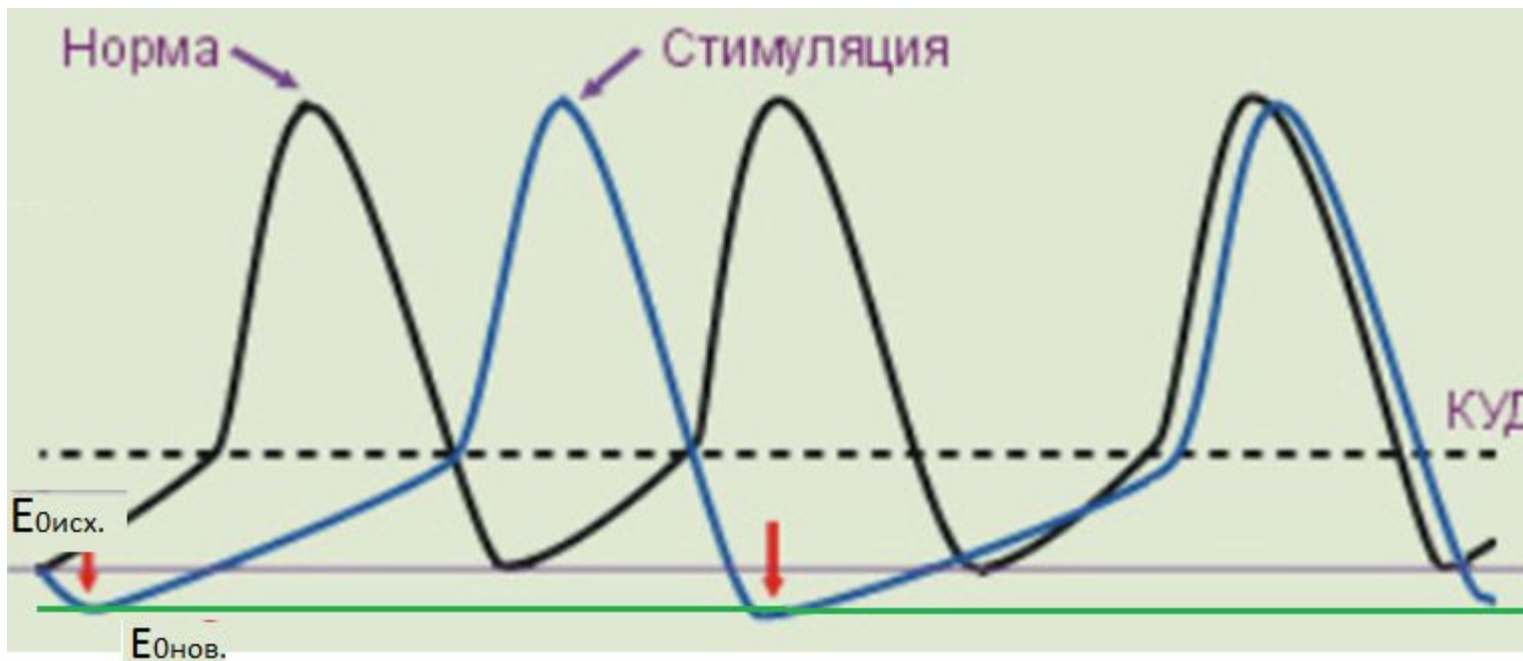
Сердце
лягушки



Источник
раздраже-
ния







Механизмы эффектов:

Медиатор – ацетилхолин, взаимодействует с холинорецепторами.

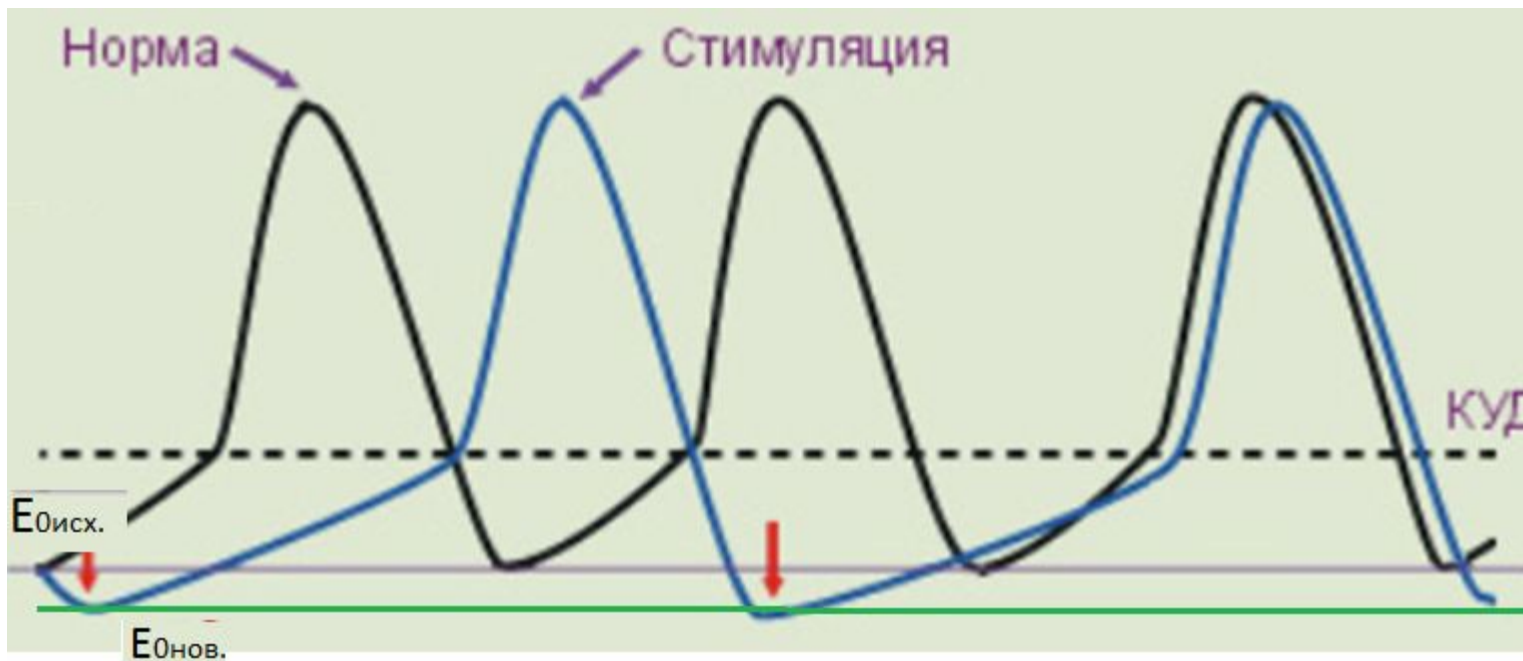
Эффекты:

- хронотропный:

Ацетилхолин взаимодействует с холинорецепторами мембран клеток, при этом увеличивается проводимость для K^+ (увеличивается выходящий ток гиперполяризующей 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:

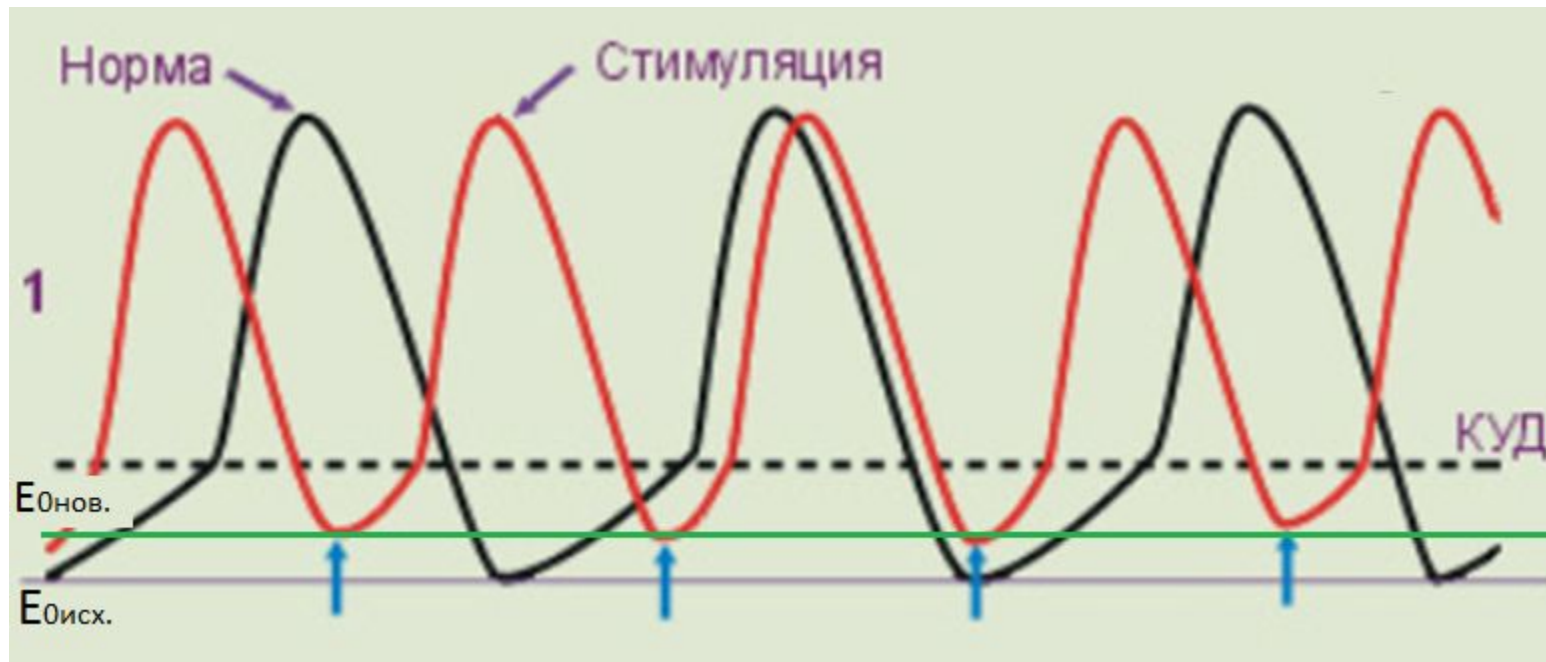
- ✓ сила сердечных сокращений (+инотропный эффект)**
 - ✓ частота сердечных сокращений (+хронотропный эффект)**
 - ✓ возбудимость (+батмотропный эффект)**
 - ✓ проводимость (+дромотропный эффект)**
 - ✓ тонус (+тонотропный эффект)**
- + открытие трофического нерва (И.П. Павлов)**

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.

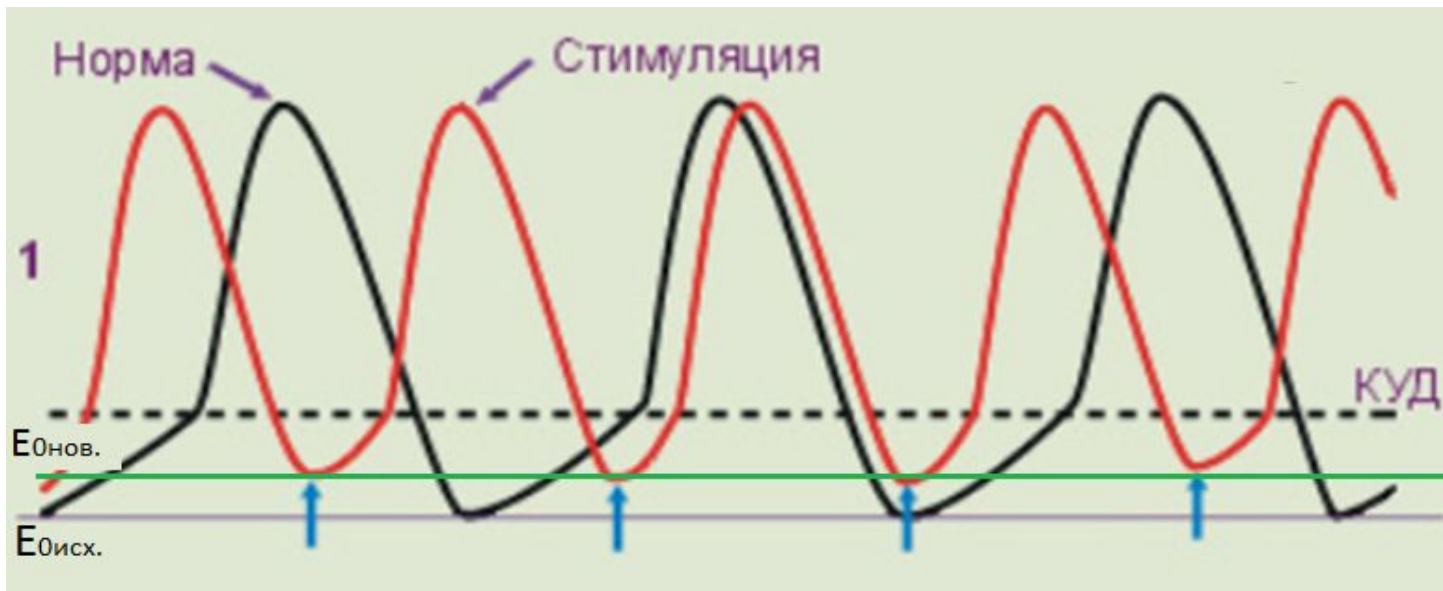
Эффекты:

+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:

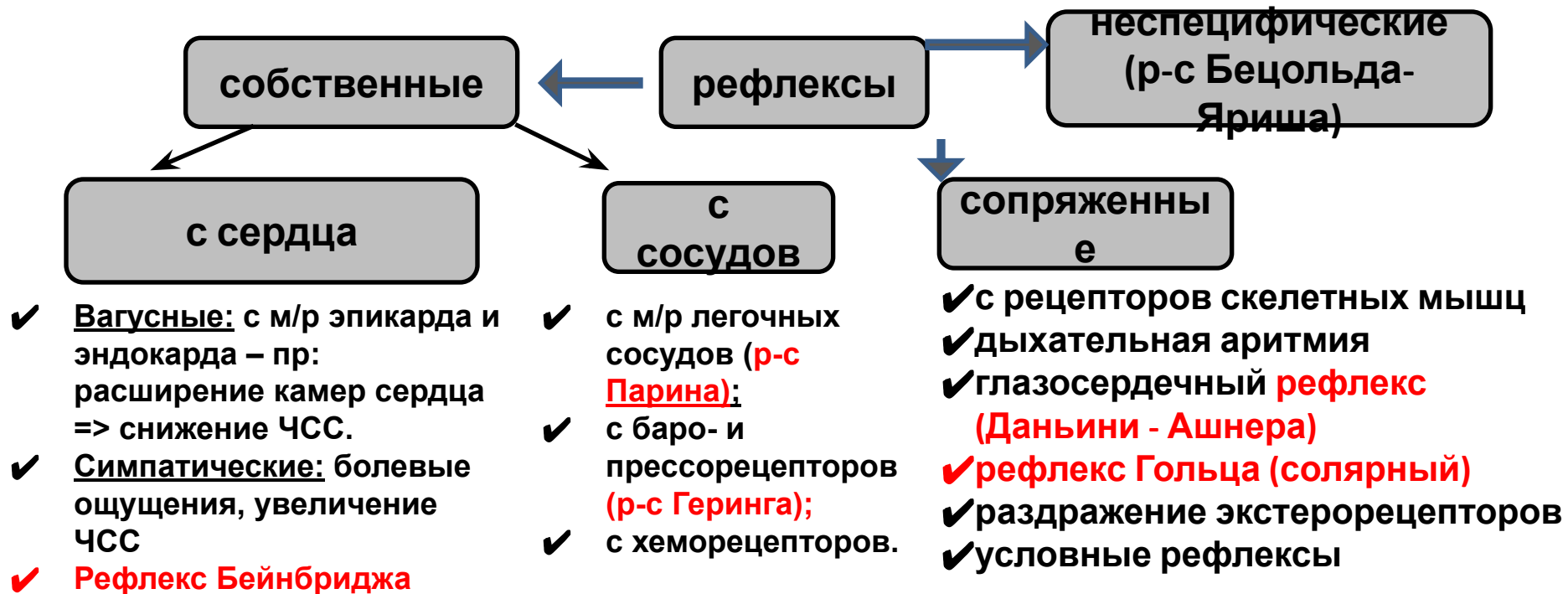
1. Внутрисердечные рефлексы (р-сы Косицкого)
2. Внутрисистемные рефлексы:
 - ✓ р-с Геринга
 - ✓ р-с Парина
 - ✓ р-с Бейнбриджа
3. Межсистемные рефлексы:
 - ✓ р-с Гольца
 - ✓ р-с Данини-Ашнера
 - ✓ р-с с капсулы печени и желчных путей
 - ✓ р-с с вентральной поверхности продолговатого мозга
 - ✓ болевые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

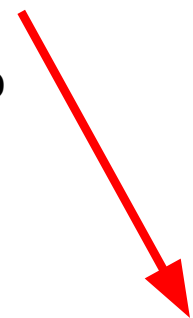
Рефлексогенная зона: механорецепторы ПП и полых вен.

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

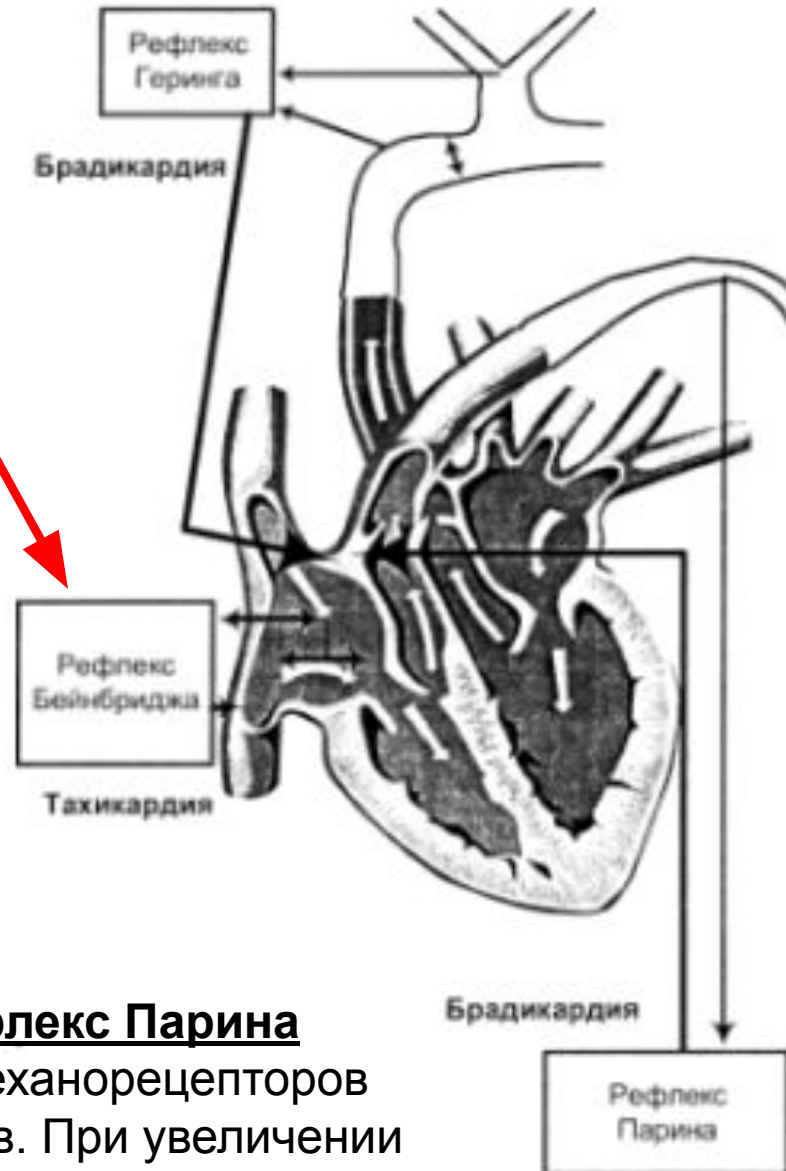
Значимость: при увеличении венозного притока увеличенный ЧСС направлен на соответствие венозного возврата систолическому выбросу

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.



ВНУТРИСИСТЕМНЫЕ РЕФЛЕКСЫ



Рефлекс Парина

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

Рефлекс Геринга

Рефлексогенная зона:

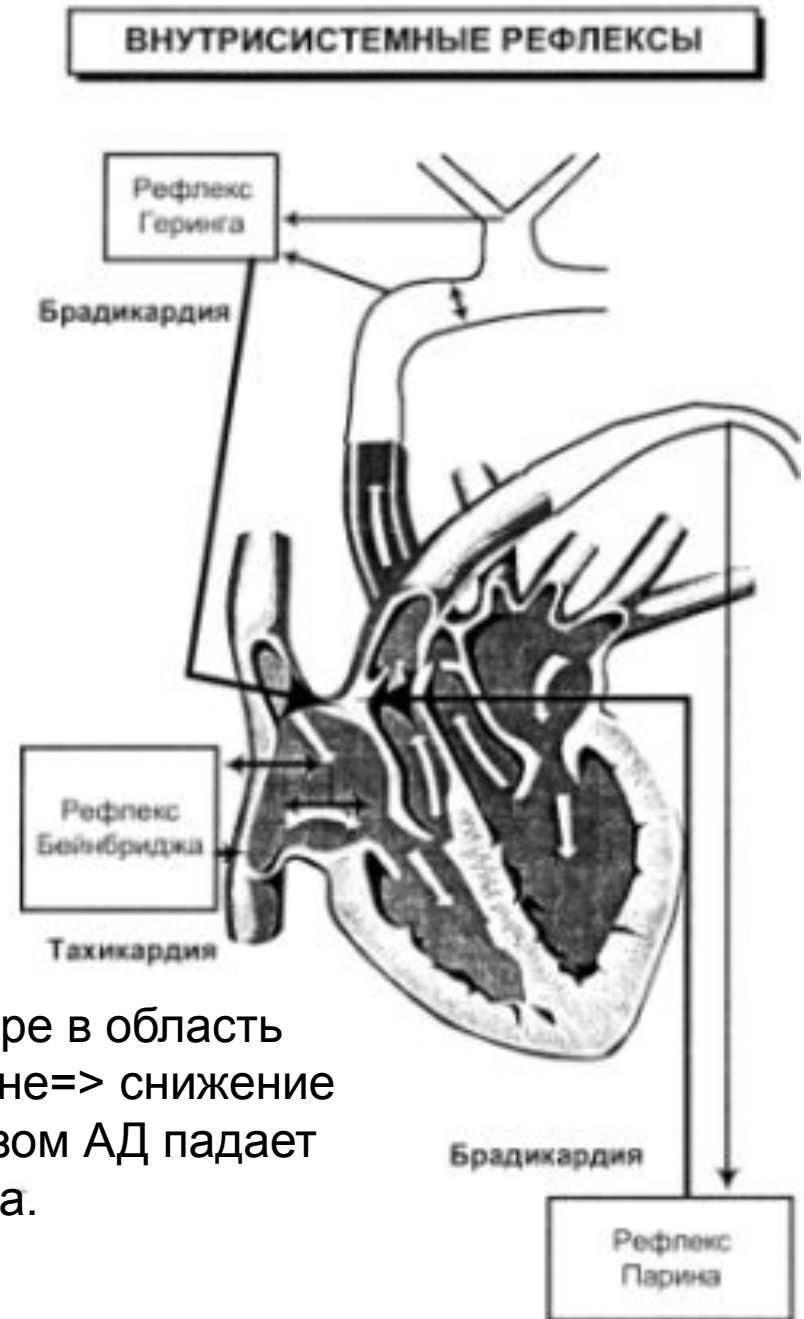
Баро- и прессорецепторы сосудов.

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:

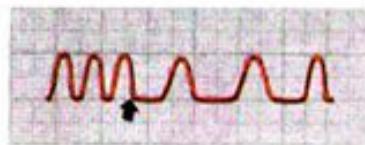
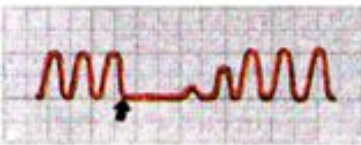
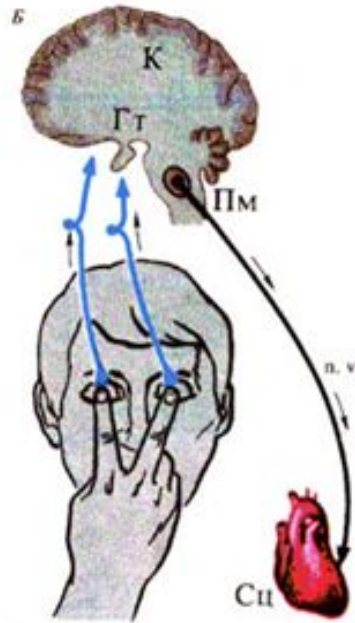
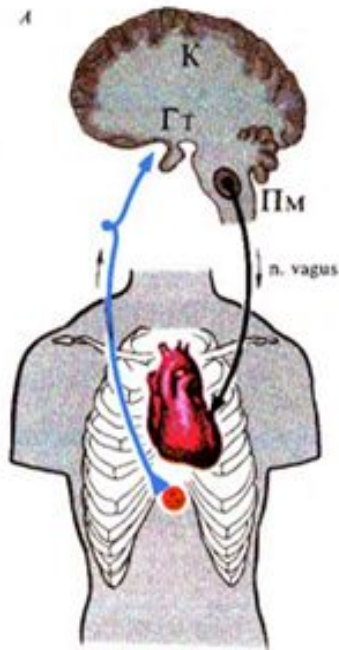
Хеморецепторы дуги аорты и синокаротидной зоны реагируют в большей степени на pO_2 . Обладают высокой чувствительностью. Находятся в постоянном тоническом возбуждении.

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

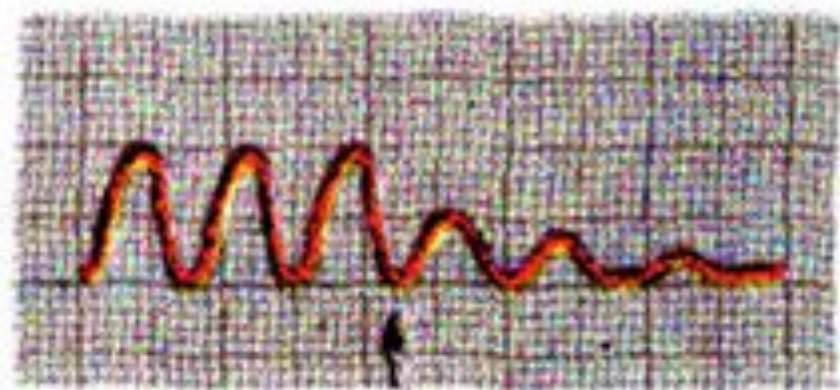
Неспецифические рефлесы (Бецольда-Яриша)

При внутрикоронарном введении:

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

триада симптомов:

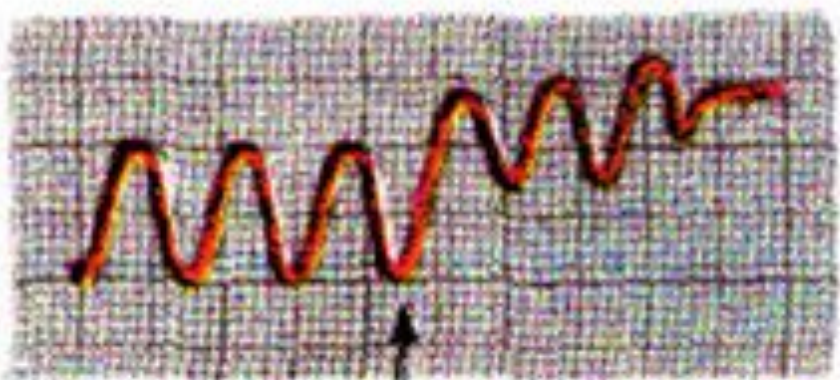
- ✓ брадикардия
- ✓ тахипноэ
- ✓ апноэ



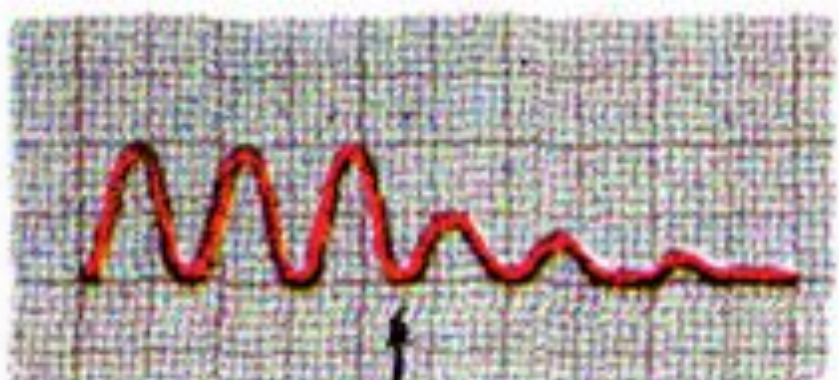
Ax



Aдр



Ca²⁺



K⁺

Благодарю за внимание!