

**Волгоградский государственный  
медицинский университет  
Кафедра нормальной физиологии**

# **Регуляция сердечной деятельности**

**Кудрин Р.А.**

# План

1. Регуляция сердечной деятельности.
2. Интракардиальная регуляция.
3. Внутриклеточные механизмы регуляции.
4. Регуляция межклеточных взаимодействий.
5. Внутрисердечные периферические рефлексy.
6. Иннервация сердца.
7. Сердечно-сосудистый центр.
8. Экстракардиальная регуляция.
9. Гуморальная регуляция сердечной деятельности.

# 1. Регуляция сердечной деятельности

Приспособительная деятельность сердца определяется потребностями организма в крови согласно метаболической активности и осуществляется при помощи ряда регуляторных механизмов.

Часть из них находится в самом сердце – **внутрисердечные механизмы** (интракардиальная регуляция).

Часть имеют внесердечное расположение – **внесердечные механизмы** (экстракардиальная регуляция).

## 2. Интракардиальная регуляция

К **внутрисердечным** регуляторным механизмам относятся:

- 1) **внутриклеточные механизмы** регуляции;
- 2) регуляция **межклеточных взаимодействий**;
- 3) **нервная регуляция**, которая предусматривает **внутрисердечные периферические рефлексy**.

# 3. Внутриклеточные механизмы регуляции

## Внутриклеточные механизмы регуляции

### 1. Физиологическая или рабочая гипертрофия миокарда (у спортсменов).

При увеличении нагрузки на сердце (регулярная мышечная деятельность) возникает усиление синтеза сократительных белков миокарда и структур, обеспечивающих их деятельность.

### 3. Внутриклеточные механизмы регуляции

2. **Основной закон сердца (закон Франка-Старлинга)**. Интенсивность деятельности миокарда соответствует количеству притекающей к сердцу крови. При этом сила сокращения миокарда пропорциональна степени исходной длины его мышечных волокон. Более сильное растяжение миокарда во время диастолы (длина саркомера 1,9-2,2 мкм) соответствует усиленному притоку крови к сердцу.

Чем больше растянута каждая клетка миокарда во время диастолы (до известного предела), тем больше она сможет укоротиться во время систолы.

### 3. Внутриклеточные механизмы регуляции

Поэтому сердце перекачивает в артериальную систему то количество крови, которое притекает к нему из вен.

**Современная формулировка** основного закона сердца (закона Франка-Старлинга):

**чем больше до известного предела конечно-диастолический объём сердца, тем больше систолический объём.**

## 4. Регуляция межклеточных взаимодействий

### Регуляция межклеточных взаимодействий

основана на различной структуре и функциях вставочных дисков, соединяющих клетки миокарда.

Одни их участки, соединяя миофибриллы, выполняют механическую функцию.

Другие участки обеспечивают транспорт через мембрану миоцита необходимых ему веществ.



## 4. Регуляция межклеточных взаимодействий

Третьи участки вставочных дисков (нексусы, или тесные контакты) проводят возбуждение с клетки на клетку, объединяя клетки миокарда в функциональный синцитий.

Это позволяет сердцу работать по **закону «всё или ничего»**.

Кроме того, соединительно-тканые клетки миокарда представляют не только механическую опорную структуру, но и поставляют для сократительного миокарда ряд сложных высокомолекулярных продуктов, необходимых для поддержания функции сократительных белков.

## 4. Регуляция межклеточных взаимодействий

Такой тип взаимодействий получил название креаторных связей. Нарушение межклеточных взаимодействий приводит к асинхронному возбуждению клеток миокарда и появлению сердечных аритмий.

## 5. Внутрисердечные периферические рефлексy

**Внутрисердечные периферические рефлексy** характеризуются тем, что их рефлекторная дуга замыкается не в ЦНС, а в интрамуральных ганглиях миокарда.

Примером является рефлекс, когда усиливаются сокращения не только того отдела сердца, миокард которого непосредственно растягивается притекающей кровью (правое предсердие), но и других отделов (левый желудочек), чтобы «освободить место» притекающей крови и ускорить её выброс в артериальную систему.

## 5. Внутрисердечные периферические рефлексy

Однако подобные реакции наблюдаются только на фоне низкого исходного кровенаполнения и незначительной величины давления крови в аорте и коронарных сосудах.

Если камеры сердца переполнены кровью и давление в аорте и коронарных сосудах высокое, то растяжение венозных приёмников в сердце угнетает сократительную активность миокарда.

При этом в аорту выбрасывается меньше крови, а приток крови из вен затрудняется.

Подобные реакции обеспечивают стабильность кровенаполнения артериальной системы.

## 6. Иннервация сердца

Иннервация различных отделов сердца осуществляется нервными волокнами вегетативной нервной системы (симпатическими и парасимпатическими).

**Тела первых нейронов парасимпатического отдела** расположены в ядрах блуждающего нерва продолговатого мозга.

Отростки от них идут в составе блуждающего нерва, входят в грудную полость, и отдают веточки, образующие верхний средний и нижний сердечные нервы.

## 6. Иннервация сердца

Войдя в сердце, они оканчиваются на нейронах, которые образуют парасимпатические ганглии (здесь заложены **тела вторых нейронов**).

От них отходят короткие постганглионарные парасимпатические волокна, которые иннервируют элементы проводящей системы и мышечные волокна.

Правый блуждающий нерв посылает свои главные ветви к сино-атриальному узлу, а левый – атрио-вентрикулярному.

## 6. Иннервация сердца

**Тела первых нейронов симпатического отдела** расположены в боковых рогах пяти верхних грудных сегментах спинного мозга (Th1-Th5).

Аксоны этих нейронов заканчиваются в шейных и верхних грудных симпатических ганглиях (здесь расположены **тела вторых нейронов**).

Их отростки образуют постганглионарные нервные волокна.

Входя в веточки сердечных нервов, они вступают в сердце и оканчиваются на разных структурах миокарда.

## 6. Иннервация сердца

Несмотря на то, что формирование импульсов в сино-атриальном узле является автоматическим процессом, он находится под постоянным регулирующим контролем центральной и вегетативной нервной системы.

**Сино-атриальный и атрио-вентрикулярный узлы** находятся под влиянием **блуждающего нерва** и в меньшей степени – **симпатического нерва**.

**Желудочки** контролируются только **симпатическим нервом**.



## 6. Иннервация сердца

В 1845 году братья Вебер установили, что достаточно **сильное** раздражение **блуждающего нерва** вызывают остановку сердца, а более **слабое** – **замедление сердечных сокращений** (**отрицательный хронотропный эффект**).

Одновременно **уменьшается сила сердечных сокращений** (**отрицательный инотропный эффект**).

При этом **понижается возбудимость** сердечной мышцы (**отрицательный батмотропный эффект**) и **замедляется проводимость** (**отрицательный дромотропный эффект**).

## 6. Иннервация сердца

При продолжительном раздражении блуждающего нерва, прекратившиеся вначале сокращения восстанавливаются, но в более редком ритме. Это явление называют **«ускользание сердца» из-под влияния блуждающего нерва.**

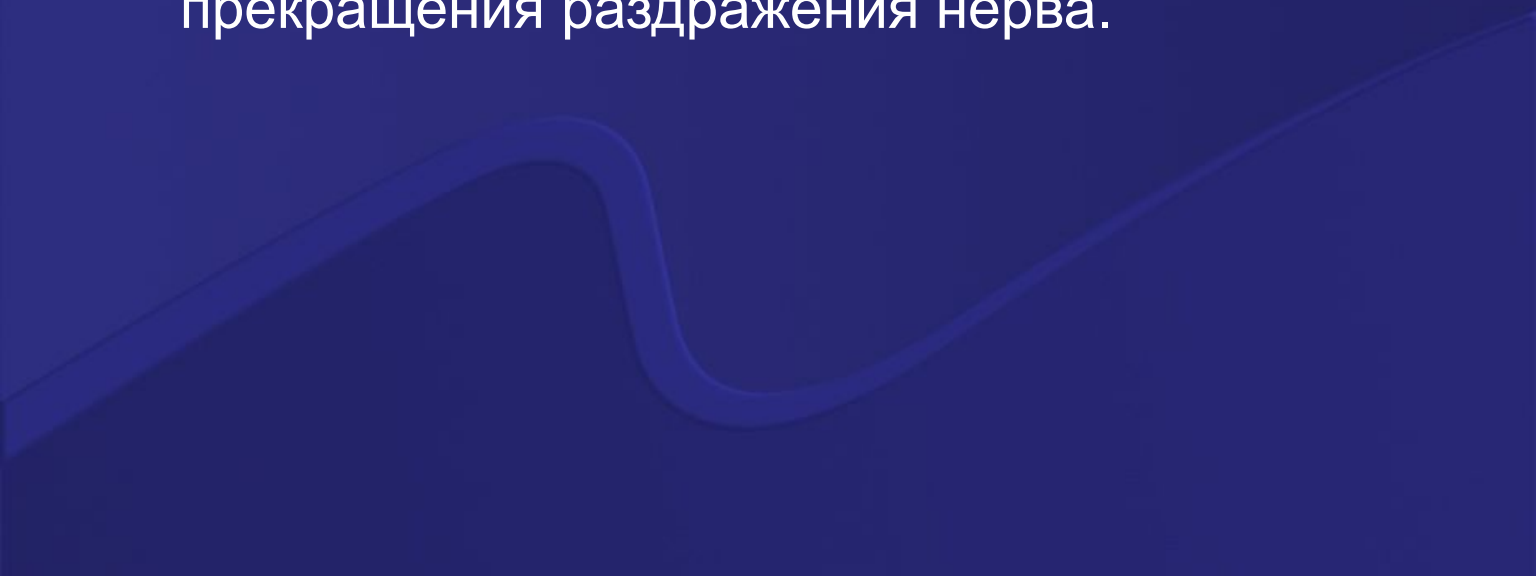
## 6. Иннервация сердца

Возбуждение **симпатических нервов** вызывает обратные эффекты:

- 1) **увеличение частоты сокращений** (положительный хронотропный эффект);
- 2) **увеличение силы сокращений** (положительный инотропный эффект);
- 3) **повышение возбудимости** (положительный батмотропный эффект);
- 4) **повышение проводимости** (положительный дромотропный эффект).

## 6. Иннервация сердца

Особенность симпатических влияний заключается в том, что симпатические эффекты наблюдаются после относительно большого **скрытого** или **латентного периода** и продолжаются **длительное время** после прекращения раздражения нерва.



## 6. Иннервация сердца

Особенности вегетативных влияний объясняются тем, что их нервные окончания выделяют различные химические вещества (медиаторы), которые, воздействуя на сердце, вызывают определённые эффекты.

При возбуждении **блуждающего нерва** выделяется **ацетилхолин**.

Он быстро разрушается **холинэстеразой**, находящейся в клетках тканей, межклеточной жидкости и крови.

## 6. Иннервация сердца

Поэтому ацетилхолин оказывает только местное действие, а парасимпатические эффекты непродолжительны.

При возбуждении **симпатического нерва** выделяется **норадреналин**.

Он разрушается **моноаминооксидазой**, но более медленно.

Поэтому его действие длительнее и распространённее.

## 7. Сердечно-сосудистый центр

Вегетативная нервная система находится под влиянием ЦНС и служит связующим звеном между сердечно-сосудистой системой и нервным центром.

В продолговатом мозге находится вагусное ядро, в котором расположен **парасимпатический центр, замедляющий сердечную деятельность.**

Проксимальнее его, в ретикулярной формации продолговатого мозга находится **симпатический центр, ускоряющий сердечную деятельность.**

Третий подобный центр также находится в ретикулярной формации.

## 7. Сердечно-сосудистый центр

Он отвечает за тонус сосудов и артериальное давление.

Это **симпатический сосудосуживающий центр**.

Все три центра составляют единую регулирующую систему, которые объединены общим названием **сердечно-сосудистый центр**.

В обычных условиях эти центры находятся в состоянии постоянного возбуждения, которое поддерживается афферентными импульсами, идущими с периферии.

Состояние непрерывного возбуждения нервного центра носит название **центрального тонуса**.



## 7. Сердечно-сосудистый центр

Благодаря **тонической активности** нейронов ядра блуждающего нерва, к сердцу поступают постоянные тормозящие влияния.

Поэтому перерезка обоих блуждающих нервов приводит к увеличению частоты сердечных сокращений.

Прекращение поступления импульсов по симпатическим нервам не приводит к стойкому замедлению ритма, так как тоническая активность симпатических центров выражена слабо.

## 7. Сердечно-сосудистый центр

Центры продолговатого мозга находятся под контролем коры головного мозга, которой также подчиняются высшие вегетативные центры гипоталамуса.

На роль коры указывают изменения сердечной деятельности при эмоциональных состояниях и условно-рефлекторные влияния на сердце.

От многочисленных экстерорецепторов (зрительных, слуховых, болевых), а также от интерорецепторов в соответствующие центры поступают возбуждающие их импульсы.

## 7. Сердечно-сосудистый центр

Из центров по эфферентным волокнам импульсы идут к сердцу и изменяют его деятельность в зависимости от необходимости приспособления сердечной деятельности к конкретным условиям существования.

**Например:**

при воздействии холода или болевых раздражений повышается тонус парасимпатических центров. В результате сила и ритм сердечных сокращений уменьшаются. При воздействии тепла повышается тонус симпатических центров, и ритм сердечных сокращений увеличивается.

## 7. Сердечно-сосудистый центр

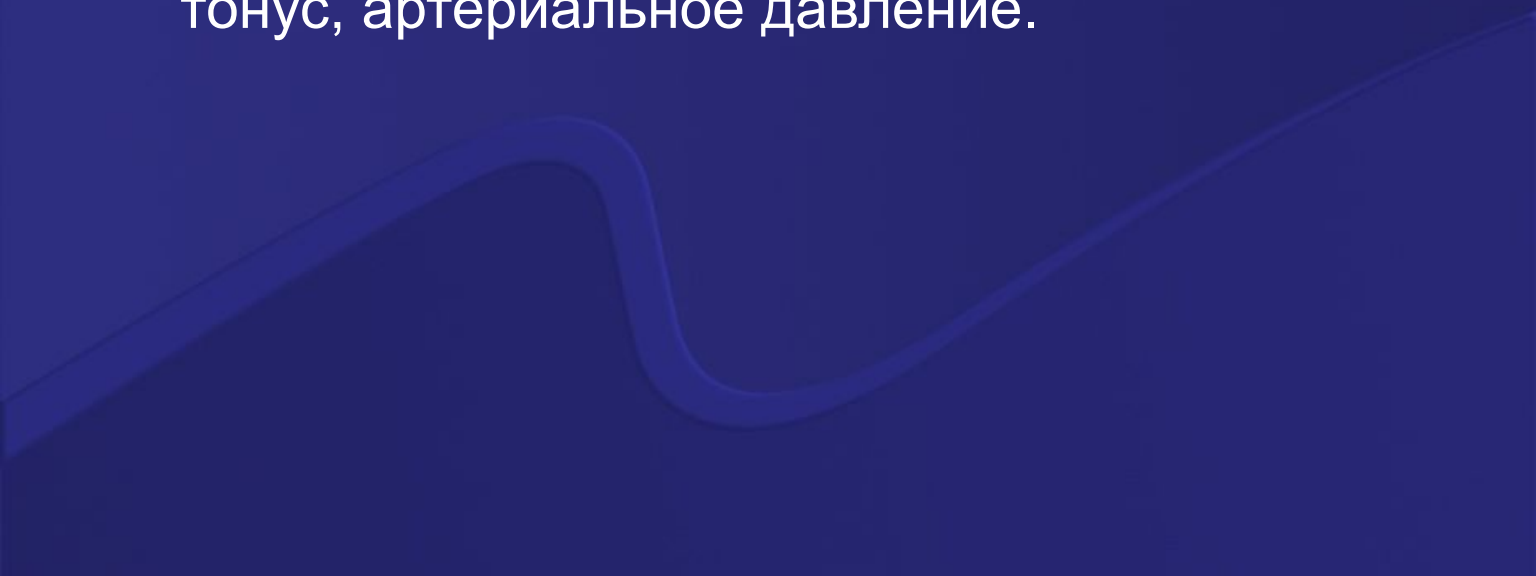
Существенное влияние на работу сердца оказывает раздражение интерорецепторов сосудов, расположенных в рефлексогенных зонах.

Наибольшее значение имеют баро- и хеморецепторы дуги аорты, каротидного синуса, лёгочной артерии и лёгочных вен.

Все афферентные импульсы конвергируют (сходятся) на нейронах сердечного и сосудодвигательного центров спинного и продолговатого мозга.

## 7. Сердечно-сосудистый центр

Следствием является изменение симпатических и парасимпатических влияний, в результате чего поддерживаются на нормальном уровне важные показатели кровообращения, такие как минутный объём кровообращения, сосудистый тонус, артериальное давление.



## 8. Экстракардиальная регуляция

Экстракардиальная регуляция включает в себя **внесердечные механизмы** и предусматривает участие в них ЦНС.

К внесердечным механизмам относятся:

- 1) **сердечно-сосудистые рефлексy;**
- 2) **сопряжённые рефлексy.**

## 8. Экстракардиальная регуляция

### Сердечно-сосудистые рефлексy.

**1. Прессорецепторный рефлекс.** При повышении артериального давления раздражаются барорецепторы дуги аорты и каротидного синуса.

Импульсы от них поступают в вагусный центр, угнетающий деятельность сердца и одновременно сосудосуживающий центр.

Следствием является брадикардия и расширение сосудов.

При снижении артериального давления реакция имеет противоположную направленность.

## 8. Экстракардиальная регуляция

- 2. Рефлекс Парина.** При повышении давления в малом круге кровообращения раздражаются рецепторы лёгочной артерии. Это приводит к замедлению работы сердца.
- 3. Рефлекс Бейнбриджа.** При повышении давления в полых венах и правом предсердии рефлекторно повышается тонус симпатического нерва, что стимулирует деятельность сердца.



## 8. Экстракардиальная регуляция

4. **Рефлекс Геринга-Брейера** заключается влиянием фаз дыхания на сердечную деятельность.

Так, **вдох** вызывает угнетение блуждающего нерва и стимулирует сердечную деятельность – **увеличивает частоту сердечных сокращений**.

А **выдох** вызывает обратную реакцию – **уменьшает частоту сердечных сокращений**.

## 8. Экстракардиальная регуляция

### Сопряжённые рефлексy.

1. **Рефлекс Гольца** – раздражение рецепторов органов брюшной полости приводит к активации вагуса, ядер блуждающего нерва и, как следствие, возникает вагусное торможение сердечной деятельности.
2. **Глазо-сердечный рефлекс Данини-Ашнера** – надавливание на глазные яблоки через тройничный нерв приводит к активации ядер блуждающего нерва и угнетению сердечной деятельности.

## 8. Экстракардиальная регуляция

- 3. Рефлексы с проприорецепторов скелетных мышц и суставов** – при повышении физической нагрузки происходит усиление сердечной деятельности.
- 4. Рефлексы раздражения ноцицепторов** (рецепторов боли) сопровождаются болевой афферентацией через спиноталамический и спиноретиккулярный тракты, возбуждением ретикулярной формации продолговатого мозга, сосудодвигательного центра, активацией симпатических центров и увеличением частоты сердечных сокращений.

## 8. Экстракардиальная регуляция

При чрезмерных болевых воздействиях может наступить перевозбуждение сосудодвигательного центра и угнетение сердечной деятельности.

5. **Рефлексы раздражения ирритантных рецепторов дыхательных путей** едкими газами сопровождаются активацией ядер блуждающего нерва через вагус и проявляются торможением деятельности сердца.

6. **Рефлексы раздражения механо- и хеморецепторов верхних дыхательных путей** (в частности, слизистой носовых ходов).

## 8. Экстракардиальная регуляция

Через тройничный нерв (языкоглоточный, верхнегортанный) активируется ретикулярная формация ствола мозга.

Следствием является возбуждение сосудодвигательного центра, активация симпатических центров и активация деятельности сердца.

Следующими ступенями иерархии нервных центров, регулирующих работу сердца, являются центры гипоталамуса, лимбической системы и коры больших полушарий головного мозга.

## 9. Гуморальная регуляция сердечной деятельности

Изменение сердечной деятельности осуществляется не только при помощи нервных, но и за счёт гуморальных влияний.

1. Ряд веществ, поступающих в кровь из желез внутренней секреции (**гормоны**).

Например, гормон адреналин поступает в кровь из надпочечников и действует на сердце так же, как возбуждение симпатической нервной системы (стимулирует сердечную деятельность). Однако, вследствие гипертензии адреналин одновременно может повышать тонус центра блуждающего нерва.

## 9. Гуморальная регуляция сердечной деятельности

Поэтому при введении адреналина в кровь часто возникает урежение сокращений сердца.

При действии глюкагона (гормона поджелудочной железы) возникает положительный инотропный эффект.

Гормоны коры надпочечников, ангиотензин и серотонин также увеличивают силу сокращений миокарда. Гормон щитовидной железы тироксин увеличивает ЧСС.

2. Некоторые **электролиты**. Так изменение концентрации солей  $K^+$  и  $Ca^{2+}$  оказывают влияние на автоматию, возбудимость и сократимость сердечной мышцы.

## 9. Гуморальная регуляция сердечной деятельности

Увеличение калия в крови угнетает деятельность сердца. Избыток кальция увеличивает силу сердечных сокращений.

3. **Напряжение  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}^+$  ионов в крови** через хеморецепторы дуги аорты и каротидного синуса.

Так, повышение  $p\text{CO}_2$  и снижение  $p\text{H}$  крови, с одной стороны, прямо влияя на сердечно-сосудистый центр, вызывает симпатические эффекты на ритм и проводимость, а с другой стороны, активирует хеморецепторы дуги аорты и каротидного синуса.



## 9. Гуморальная регуляция сердечной деятельности

Их возбуждение через сосудо-двигательный центр продолговатого мозга вызывает симпатические эффекты на ритм и проводимость.

**Спасибо за внимание!**

