

# **Физиология кровообращения**

Регуляция тонуса сосудов

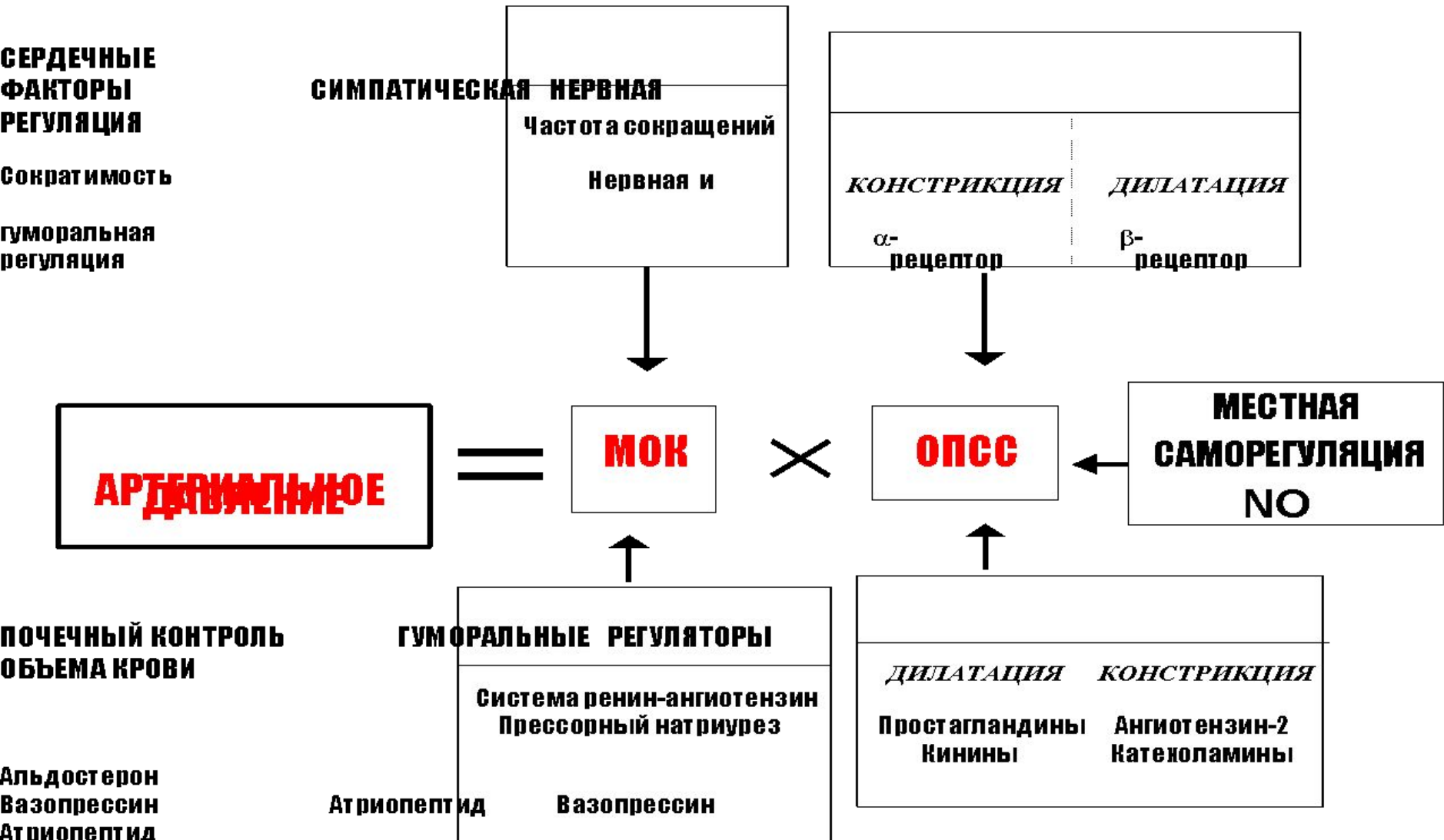


# план

---

- Компоненты сосудистого тонуса
- Организация сосудодвигательного центра
- Эфферентные влияния  
сосудодвигательного центра
- Гуморальная регуляция тонуса сосудов
- Срочные механизмы поддержания АД
- Механизмы промежуточного и длительного действия
- Особенности регионального кровообращения

# ПРИНЦИПЫ РЕГУЛЯЦИИ АД



# Регуляция сосудистого тонуса



---

- **Сосудистый тонус** – некоторое постоянное напряжение сосудистой стенки
- **Компоненты сосудистого тонуса:**
  - 1-базальный (миогенный и эластический);
  - 2-регуляторный (нервный и гуморальный)



# Нервная регуляция тонуса сосудов

---

Осуществляется сосудодвигательным центром (СДЦ) – это совокупность структур разных уровней ЦНС, обеспечивающих регуляцию кровообращения

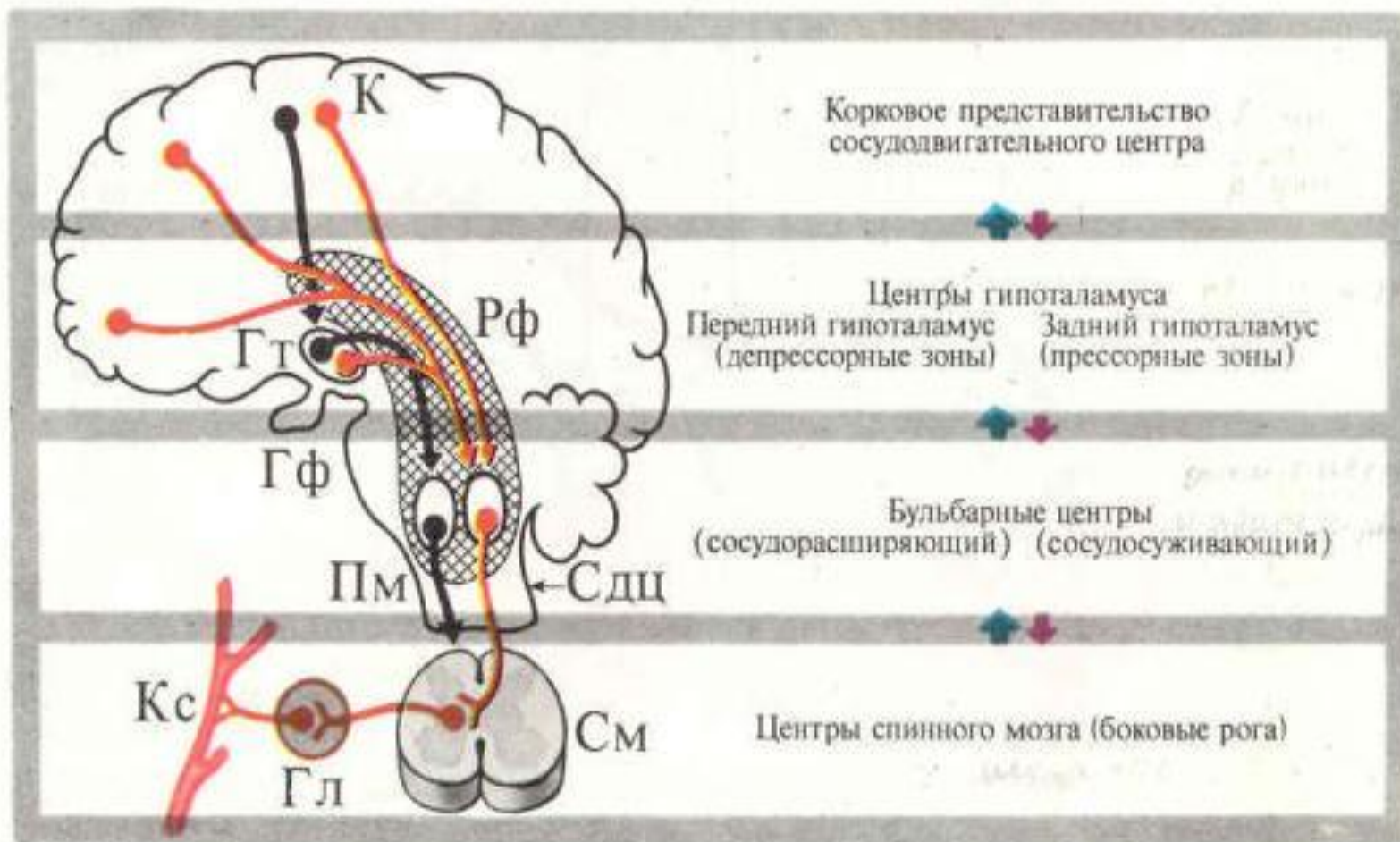


# Исторические факты

---

- **Вальтер (1842) - сужение сосудов на плавательной перепонке лягушки**
- **Клод Бернар (1852) - симпатические вазоконстрикторы на ухе кролика**
- **Ф.В.Овсянников (1871) - сосудодвигательный центр продолговатого мозга**
- **Бейлис (1923) - прессорный и депрессорный отделы центра**

# Компоненты сосудодвигательного центра





# Сосудодвигательный центр

---

*Бульбарный отдел* – главное представительство СДЦ, включает прессорный и депрессорный отделы. Обеспечивает автоматическую саморегуляцию тонуса по рефлекторному принципу





# Сосудодвигательный центр

---

- *Спинальный уровень* – центры симпатической иннервации сосудов. Находится под контролем вышележащих отделов
- *Гипоталамус* (ГПТ) контролирует деятельность прессорного (задний ГПТ) и депрессорного (передний ГПТ) отделов СДЦ при взаимодействии с окружающей средой и межсистемной регуляции
- *Кора больших полушарий* (КБП) обеспечивает условнорефлекторное изменение тонуса сосудов (предстартовое и предрбочее повышение АД)



# Эфферентные влияния СДЦ

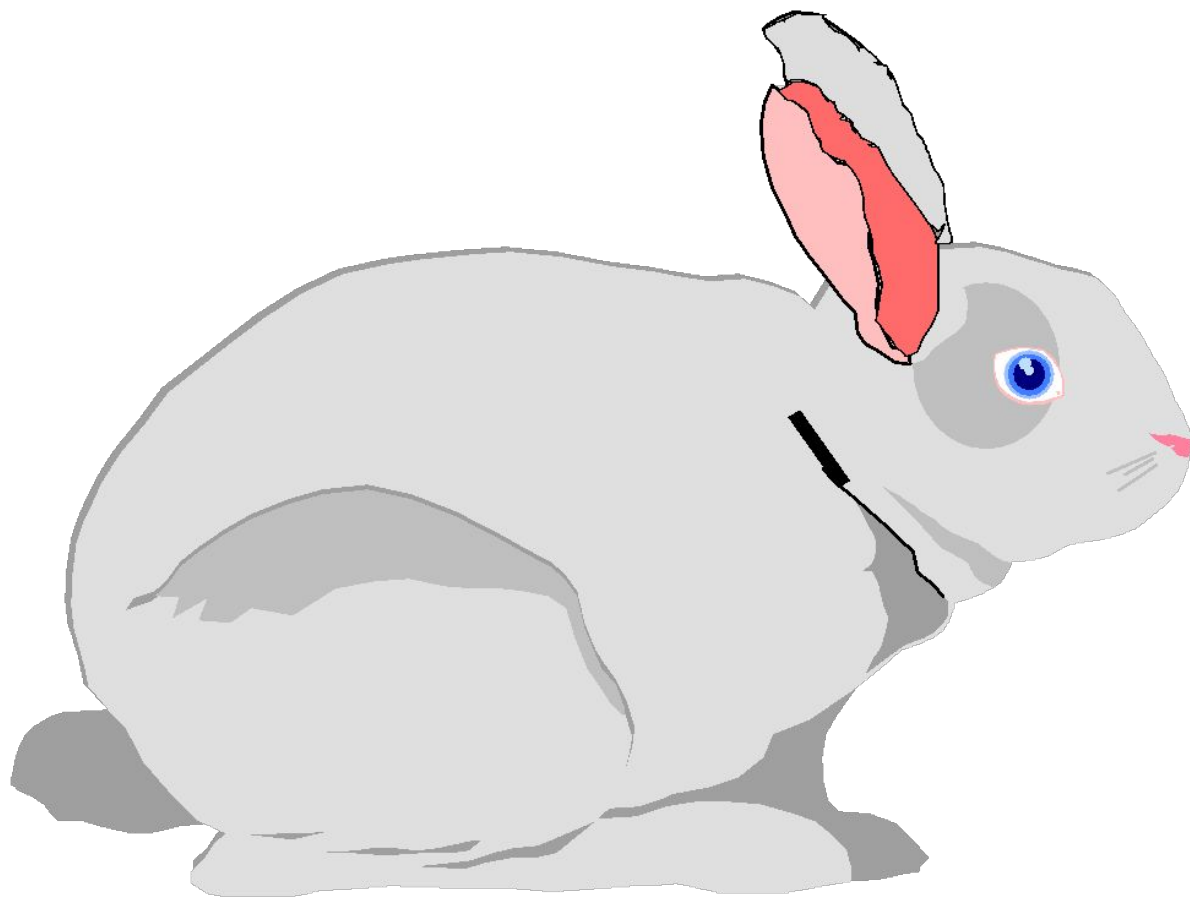
---

- **Вазоконстрикторы** – сосудосуживающие нервы. Это симпатические нервы, иннервирующие все отделы сосудистой системы, кроме капилляров. Медиатор *норадреналин при взаимодействии с альфа-адренорецепторами* миоцитов сосудов вызывает сужение сосудов
- **Вазодилататоры**- сосудорасширяющие нервы. Механизмы вазодилатации различны

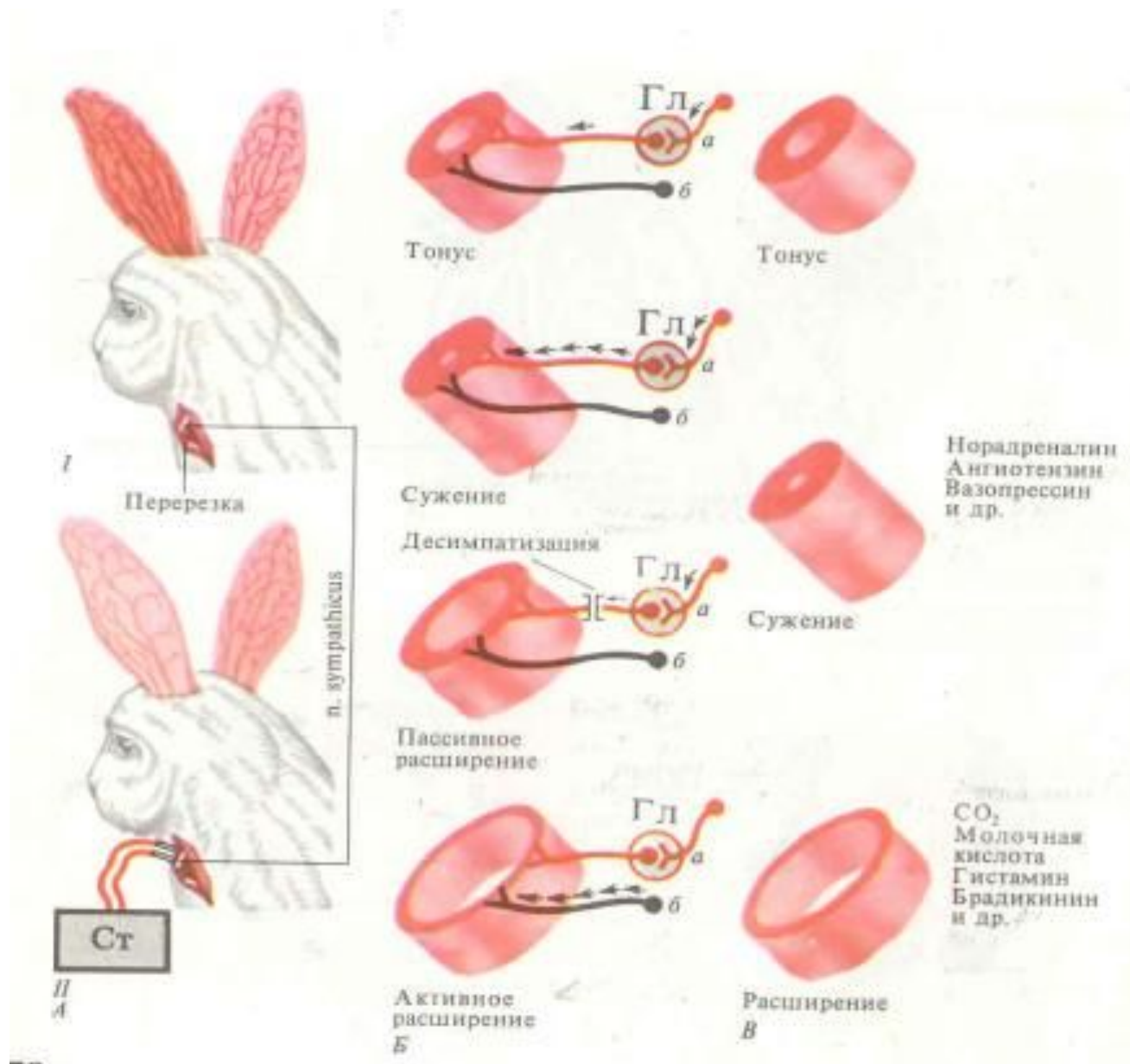
# СОСУДОДВИГАТЕЛЬНЫЕ НЕРВЫ

- Симпатические нервы, через:
  - $\alpha$  - адренорецепторы - констрикция и тонус
  - $\beta$  - адренорецепторы - дилатация
  - m - холинорецепторы - дилатация
- Парасимпатические нервы, через:
  - ацетилхолин - m-холинорецепторы - NO - дилатация сосудов мозга, в подчелюстной железе (хорда тимпани) и органах малого таза (n.pelvic),
  - брадикинин и гистамин - дилатация сосудов кожи, желудочно-кишечного тракта

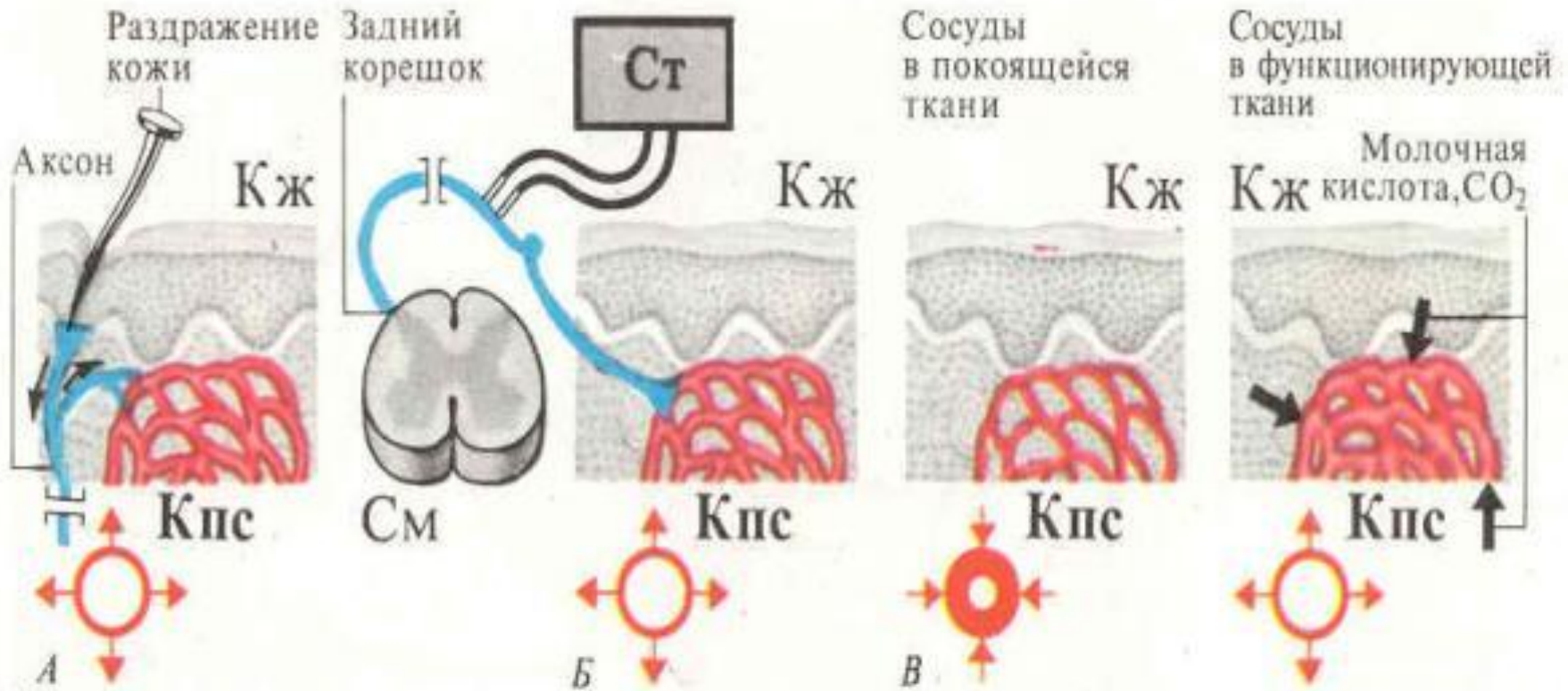
# Опыт Клода Бернара



# Механизм сосудодвигательных реакций



# Некоторые механизмы расширения сосудов





# Механизмы вазодилатации:

---

- Уменьшение тонуса симпатических сосудосуживающих нервов
- Взаимодействие медиатора норадреналина с бета-адренорецепторами сосудистых миоцитов
- Симпатические холинергические нервные волокна (в сосудах некоторых органов - скелетных мышцах и др.)
- Парасимпатические нервные волокна (ограниченное влияние – всего 4 нерва)
- Расширение микрососудов – при закрытии артериовенозных анастомозов
- При раздражении периферических отрезков задних корешков спинного мозга (аксон-рефлекс)



# Гуморальная регуляция тонуса сосудов

---

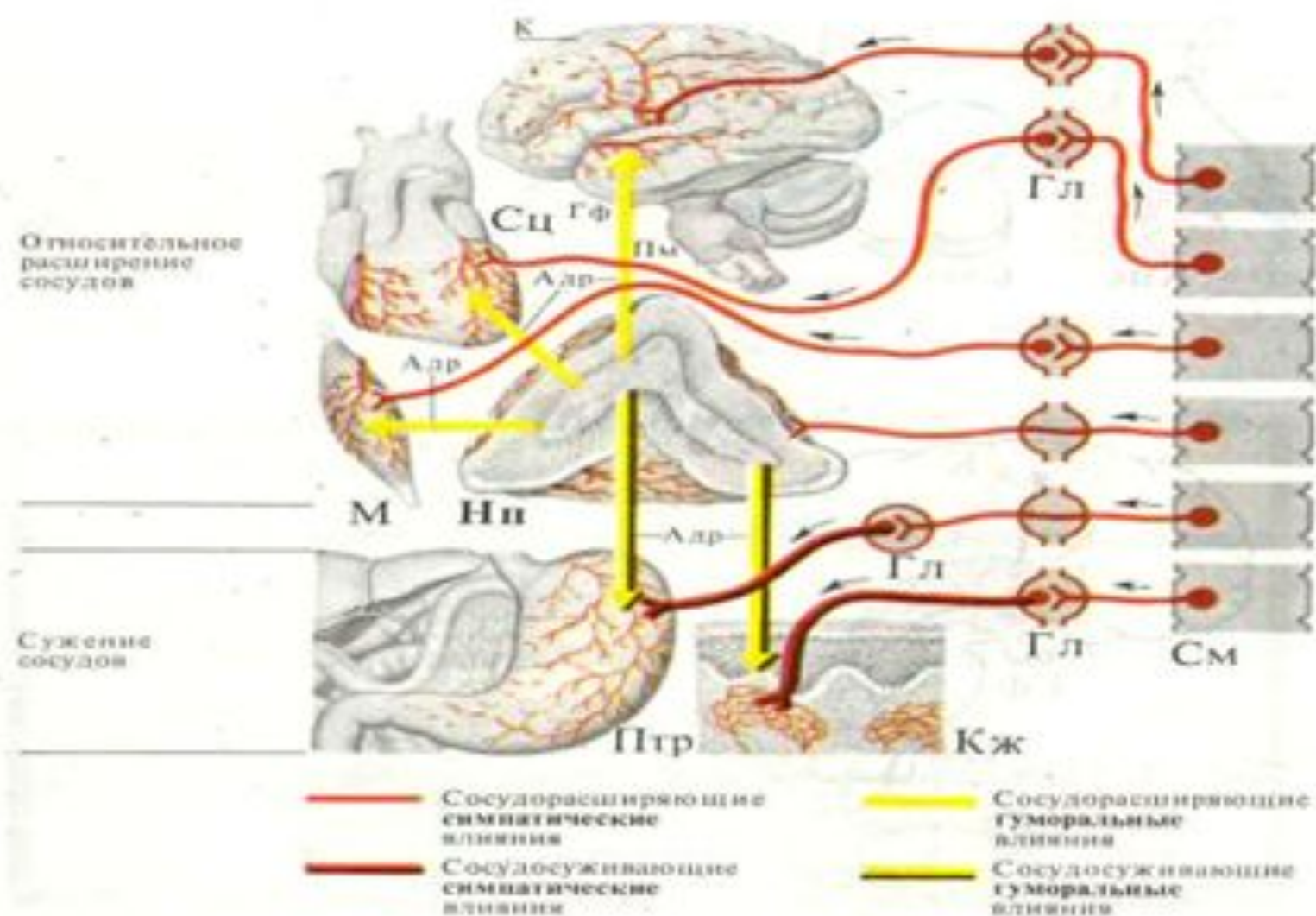
- *Истинные гормоны* – преимущественно сосудосуживающий эффект (катехоламины, вазопрессин, ренин-ангиотензинная система, альдостерон)
- *Местные (тканевые) гормоны* – вызывают преимущественно местное расширение сосудов (гистамин, кинины, простагландины, оксид азота)
- *Продукты обмена* (метаболиты - углекислый газ, молочная кислота, аденозин и др.) – расширение сосудов в работающем органе
- *Вещества с двойным действием*: адреналин, серотонин, эндотелин



# НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ 1998 ГОДА ПО ФИЗИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

- Роберт Фурчготт (*Университет штата Нью-Йорк*)
- Луис Игнарро (*Калифорнийской университет*)
- Ферид Мурад (*Медицинская школа Техасского унив-та*)
- **NO (оксид азота) образуется и выделяется клетками эндотелия, расслабляет гладкие мышцы артериальных сосудов, определяет уровень артериального давления. Ацетилхолин, нитроглицерин и др. вазодилататоры вызывают эффект через синтез оксида азота.**
- Сальвадор Монкада - Университетский колледж в Лондоне

## Избирательное влияние симпатoadреналовой системы на сосуды разных органов



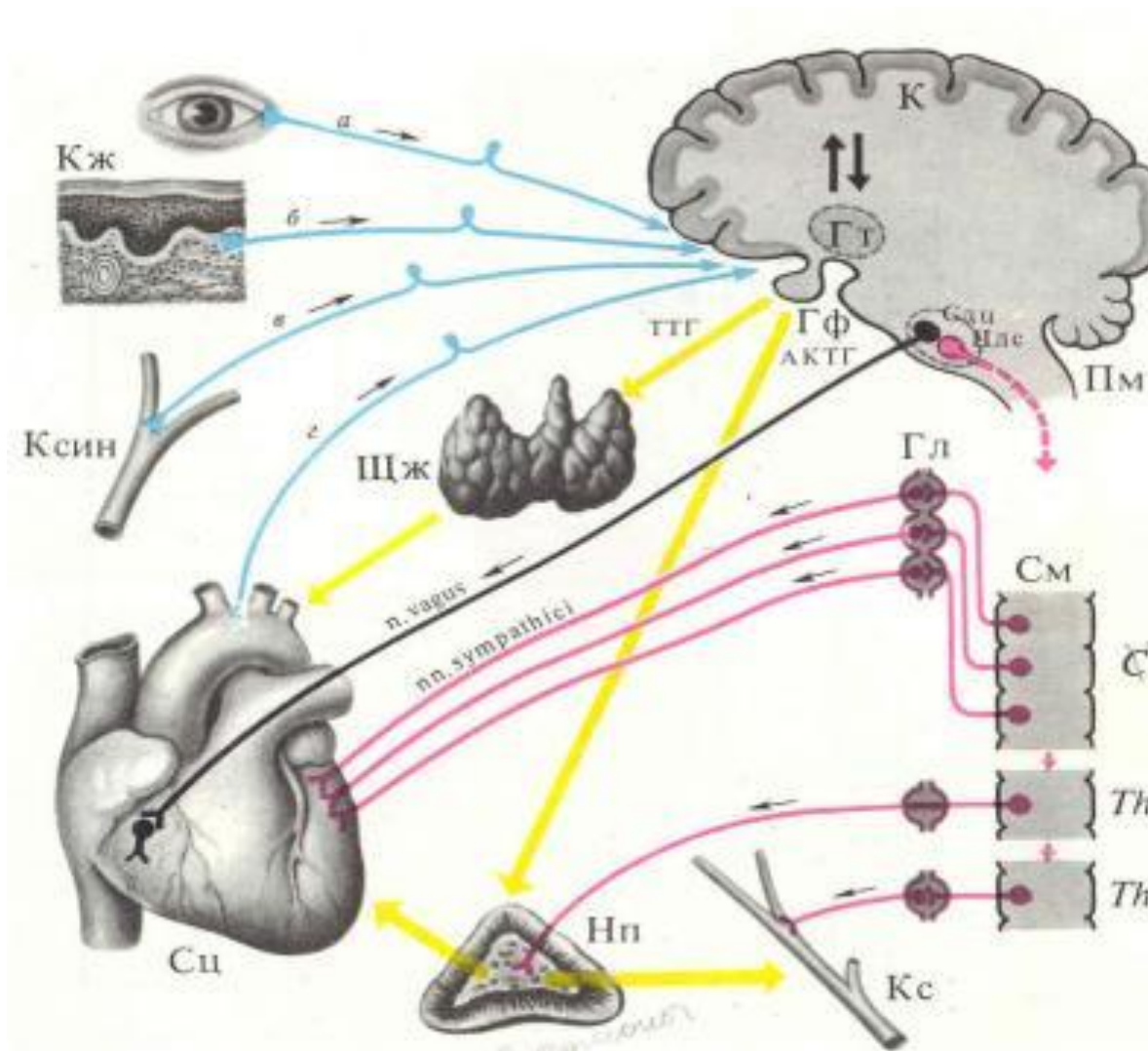


# Механизмы саморегуляции артериального давления:

---

- **Срочные механизмы** кратковременного действия (рефлекторный и ишемический)
- **Механизмы промежуточного** действия: изменение объема депонированной крови; изменение транскапиллярного обмена жидкости; изменение миогенного тонуса (релаксация сосудов), ренин-ангиотензинная система
- **Механизмы длительного действия** : почечная контролирующая система (изменение диуреза); вазопрессиновый и натрийуретический механизмы; альдостероновый механизм

# Нервная регуляция кровообращения



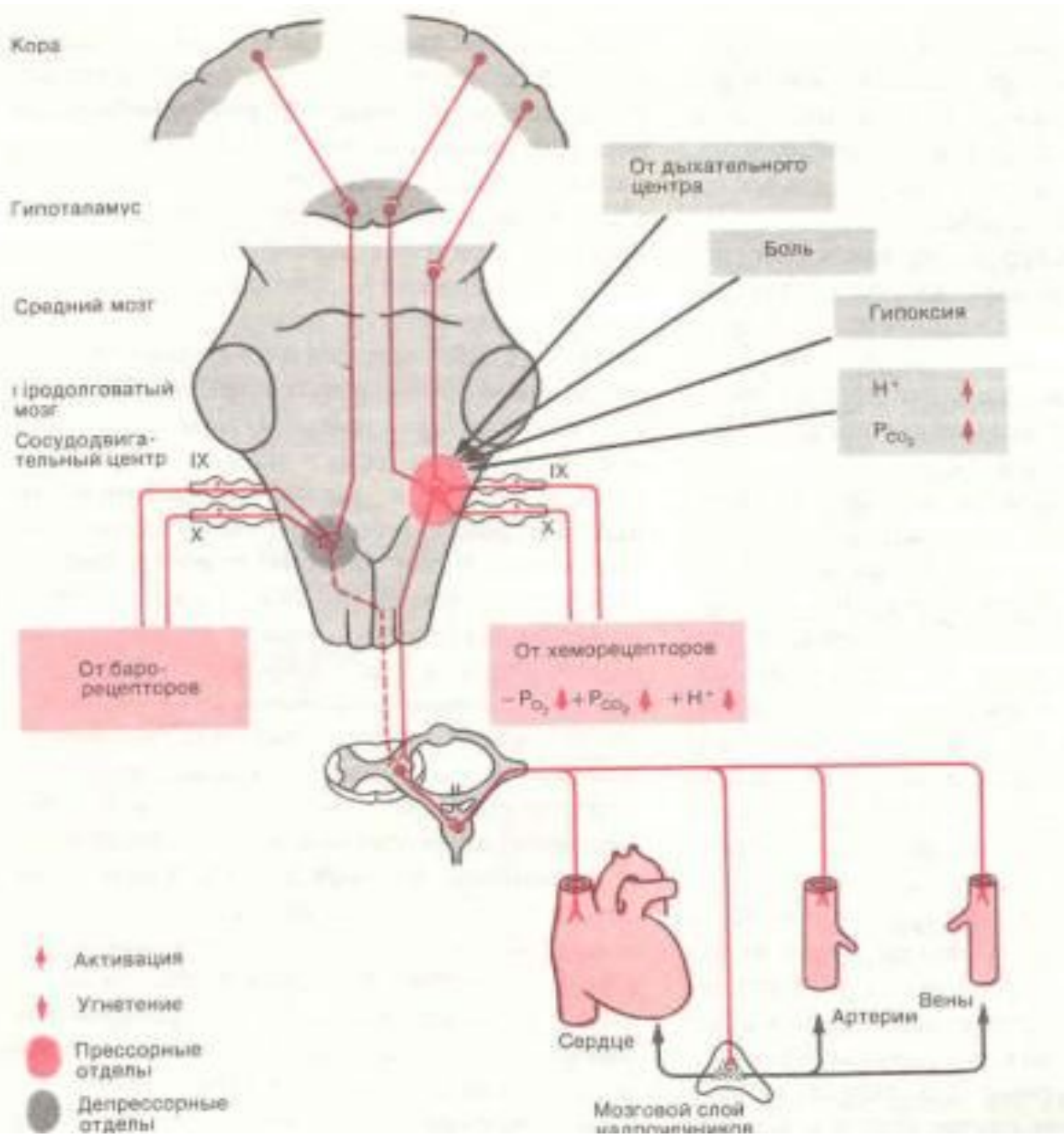


Схема  
ВХОДОВ И  
ВЫХОДОВ  
СОСУДОДВИГА-  
ТЕЛЬНЫХ  
ЦЕНТРОВ  
ПРОДОЛГОВА-  
ТОГО МОЗГА

# **СОСУДИСТЫЕ РЕФЛЕКСЫ**

## **по В.Н.Черниговскому**

- **Собственные сосудистые рефлексy или рефлексy с сосудистых рефлексогенных зон**
- **Сопряженные сосудистые рефлексy (боль, холод, растяжение желудка и др)**
- **Условные рефлексy**

# Собственные рефлексы ССС



- **Барорецепторный рефлекс** – с барорецепторов дуги аорты (р-с Циона-Людвига) и каротидного синуса (р-с Геринга - Иванова) возникает при повышении давления в большом круге кровообращения, приводит к снижению АД (торможение сердечной деятельности и расширение сосудов). При повышении давления в малом круге – с механорецепторов легочного ствола (р-с Парина) – депрессорный эффект (препятствует переполнению малого круга); с механорецепторов левого предсердия (р-с Китаева) – прессорный эффект на легочной ствол (способствует сбросу крови в большой круг)
- **Хеморецепторный рефлекс** – с хеморецепторов дуги аорты и каротидного синуса- возникает при снижении кислорода или повышении углекислого газа в крови, ведет к усилению кровотока, повышению АД (прессорный эффект и усиление работы сердца)

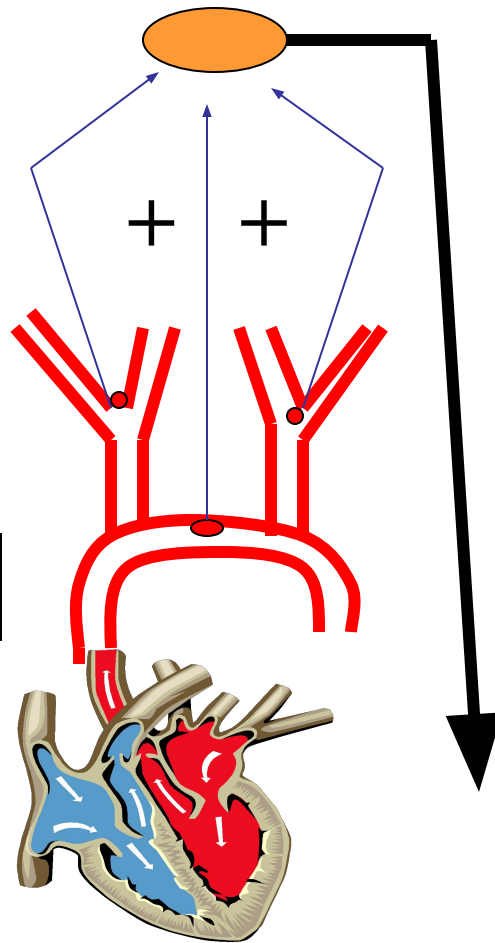
# СОСУДИСТЫЕ РЕФЛЕКСОГЕННЫЕ ЗОНЫ

**n. tractus solitarii**

**Синусный нерв**

**Каротидный синус**

**Дуга аорты**

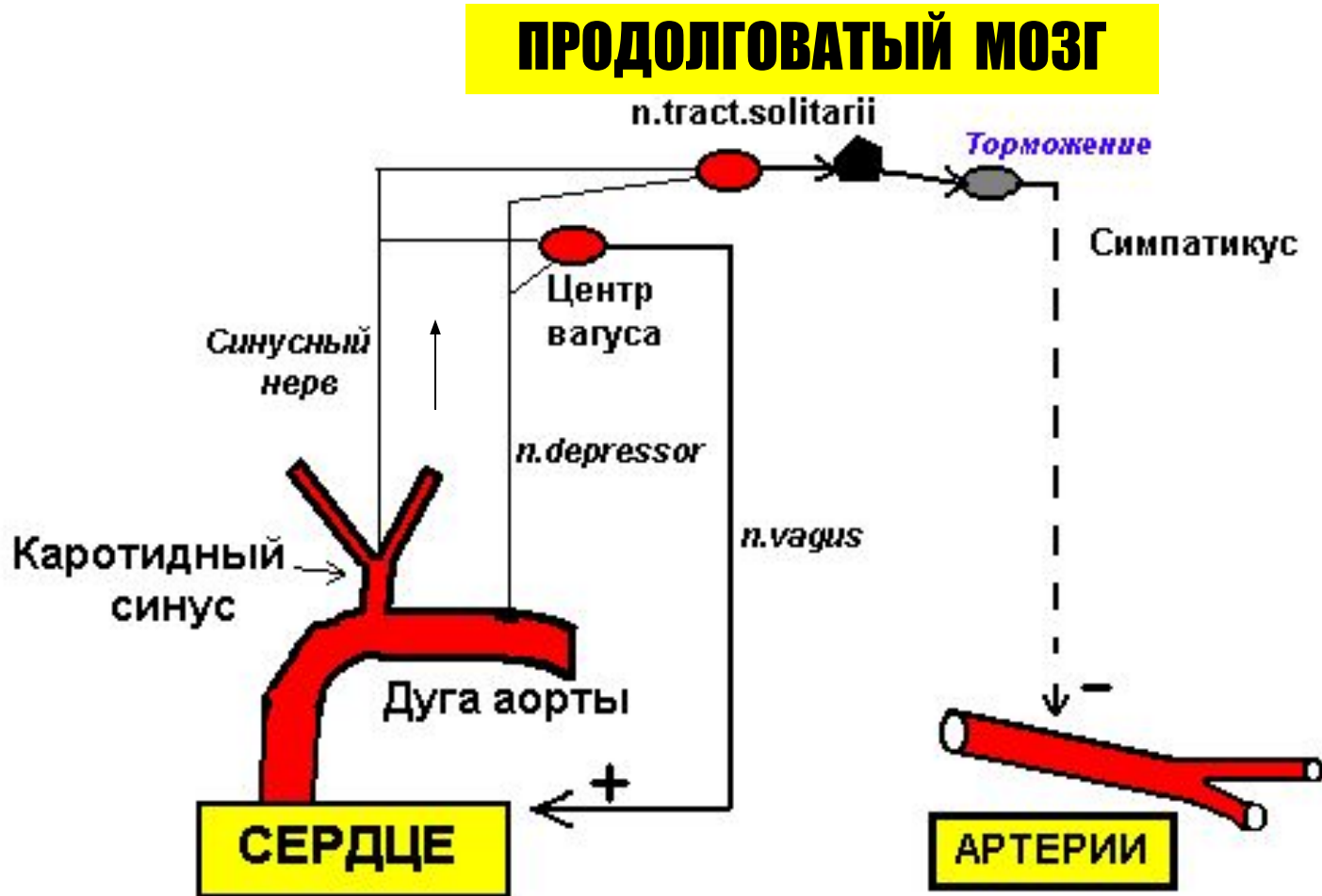


**n. depressor**

**< СИМПАТИЧЕСКОЙ  
АКТИВНОСТИ**



# НЕЙРОГЕННЫЙ МЕХАНИЗМ РЕГУЛЯЦИИ С РЕФЛЕКСОГЕННЫХ ЗОН



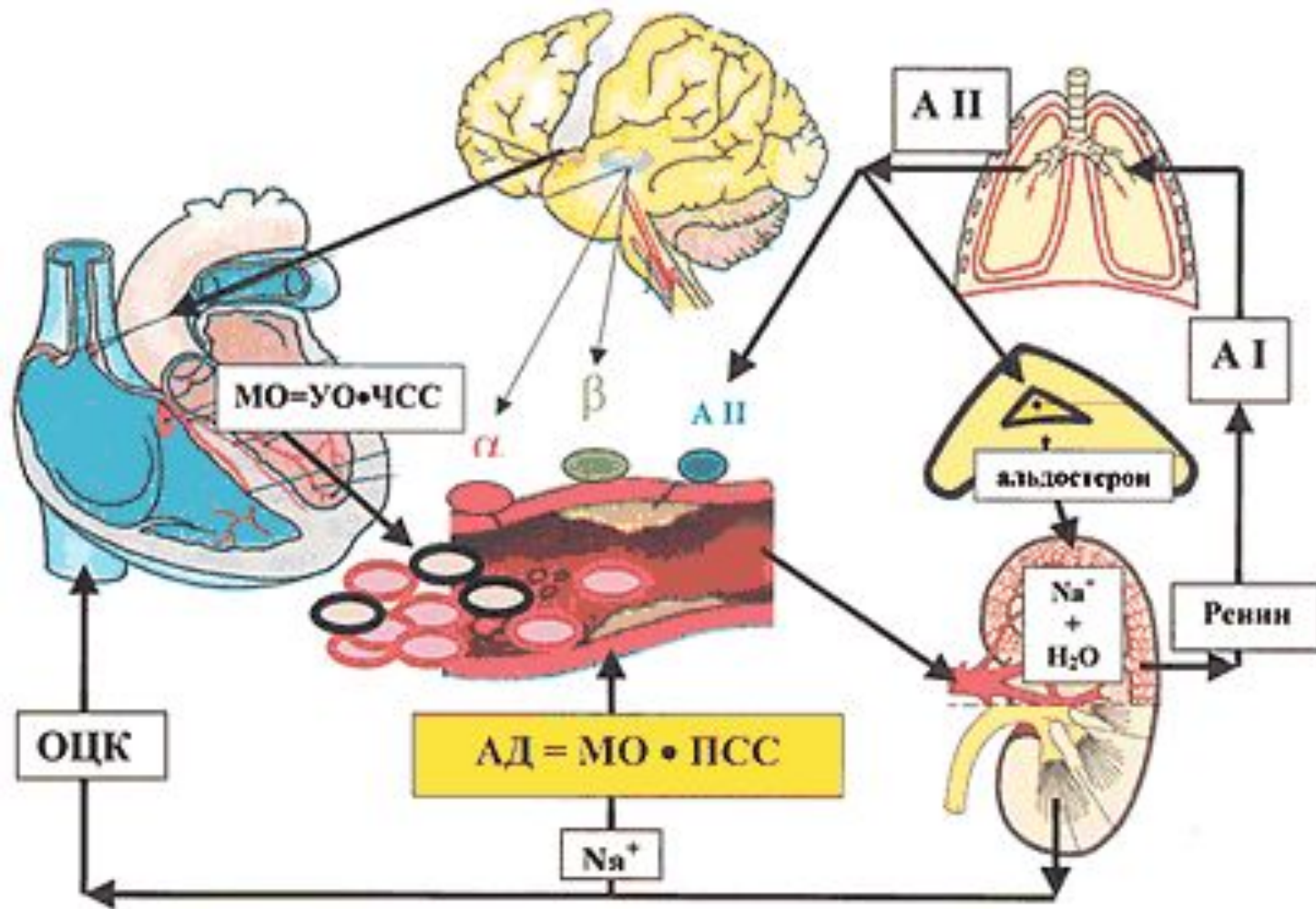


# Ишемический механизм

---

Функционирует при снижении среднего давления  $< 60$  мм.рт.ст. , при этом страдает местный кровоток – ишемия головного мозга – возбуждение прессорного отдела СДЦ – кратковременное повышение АД до 220 мм.рт.ст

# Регуляция АД



# Механизмы промежуточного действия



---

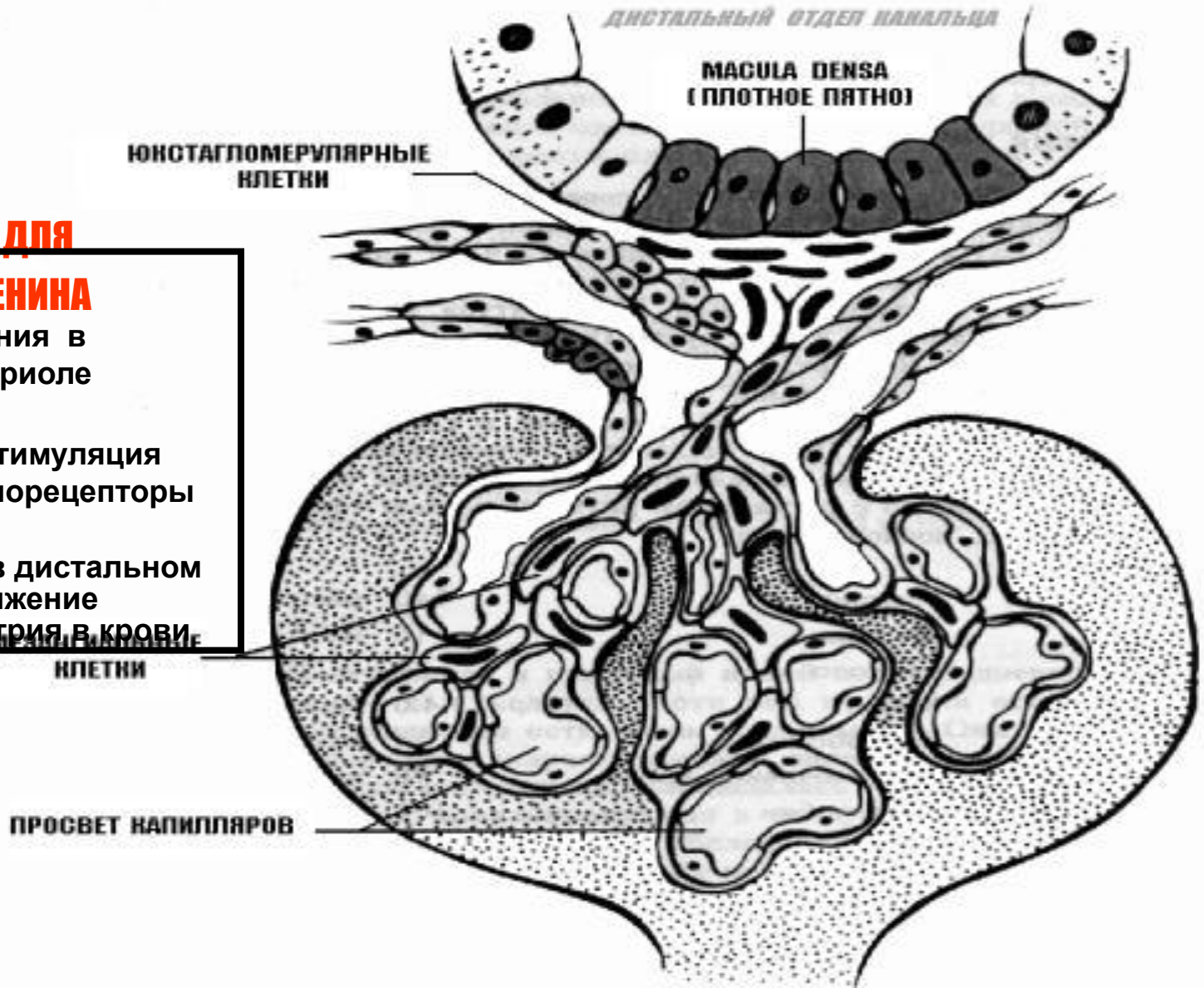
- Изменение транскапиллярного обмена (фильтрация жидкости, отеки)
- Релаксация периферических сосудов – гиперемия – перераспределение крови – изменение ОЦК
- Ренин-ангиотензиновый механизм

# СХЕМА ЮГА

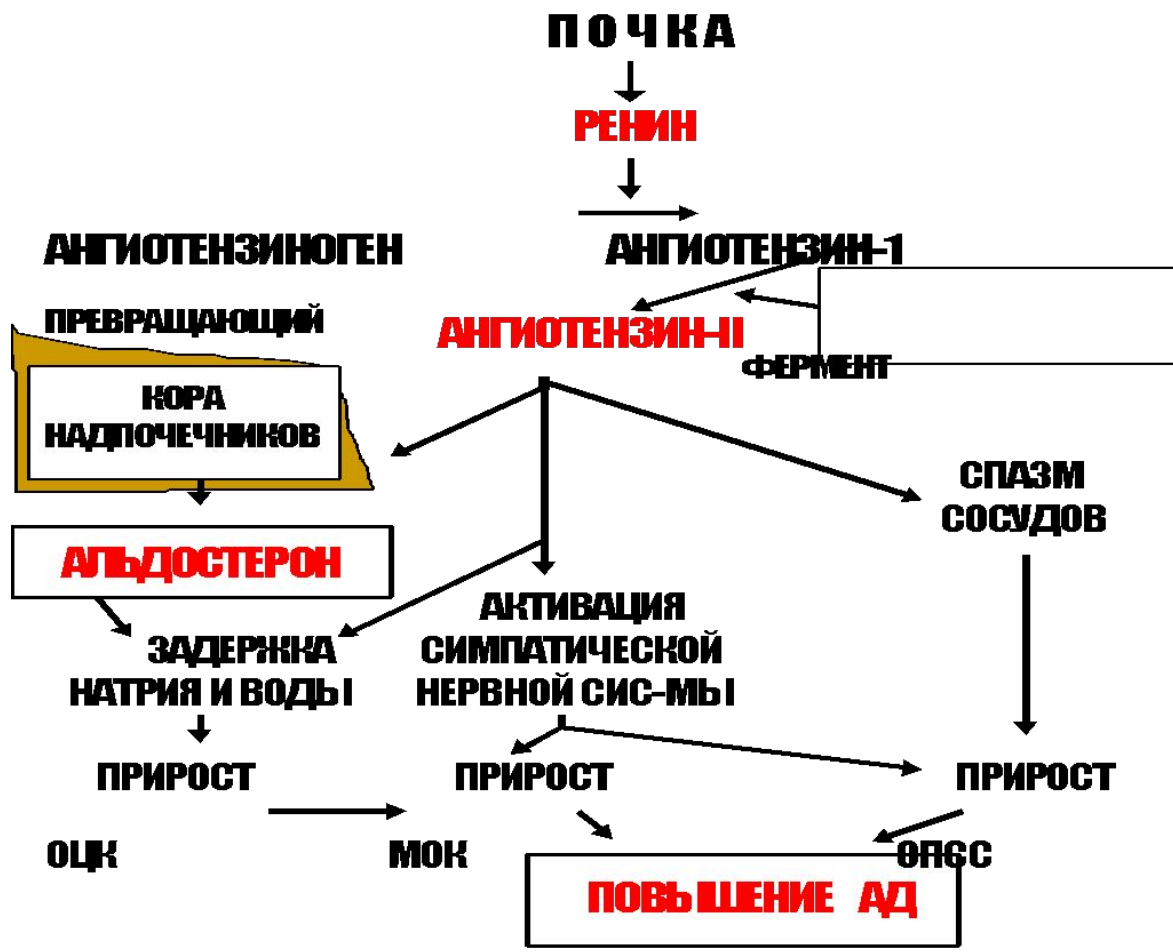
## СТИМУЛЫ ДЛЯ

### СЕКРЕЦИИ РЕНИНА

- Снижение давления в приносящей артериоле клубочка
- Симпатическая стимуляция через бета-адренорецепторы ЮГК
- Избыток натрия в дистальном канальце или снижение концентрации натрия в крови



# СИСТЕМА РЕНИН-АНГИОТЕНЗИН-АЛЬДОСТЕРОН



# Механизмы длительного действия

- Почечная контролирующая система : изменение диуреза за счет изменения фильтрации – изменение ОЦК и МОК
- Вазопрессиновый (АДГ) механизм : изменение ОЦК за счет реабсорбции воды
- Альдостероновый механизм: изменение ОЦК за счет реабсорбции натрия и воды, влияние на базальный тонус
- Натрийуретический (атриопептид) механизм



# **Механизмы повышения АД при гипернатриемии**

---

- **Накопление натрия в крови ведет к увеличению ее объема**
- **Накопление натрия в эндотелии ведет к его набуханию и сужению просвета артериол**
- **Избыток натрия в гладкомышечных клетках сосудов повышает их возбудимость**



# Натрийуретический гормон

вырабатывается миоцитами правого предсердия

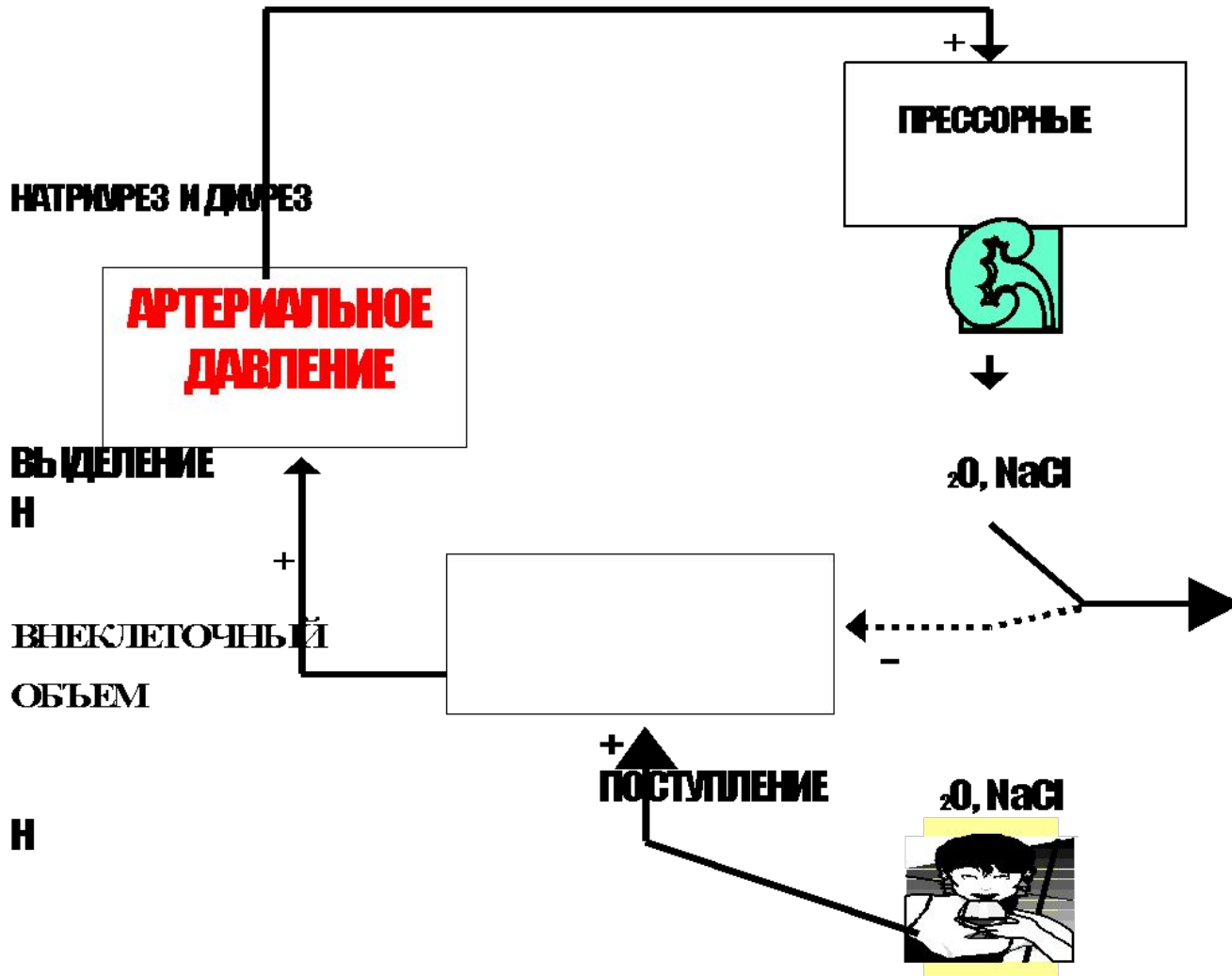
- ↑ экскрецию Na, Cl
- ↑ реабсорбции воды в канальцах
- ↓ подавляет секрецию ренина
- ингибирует эффекты ангиотензина II и альдостерона
- расслабляет гладкие мышечные клетки мелких сосудов и АД

**Факторы способствующие выделению гормона:**

1. ↓ объема циркулирующей крови
2. ↑ воды в организме



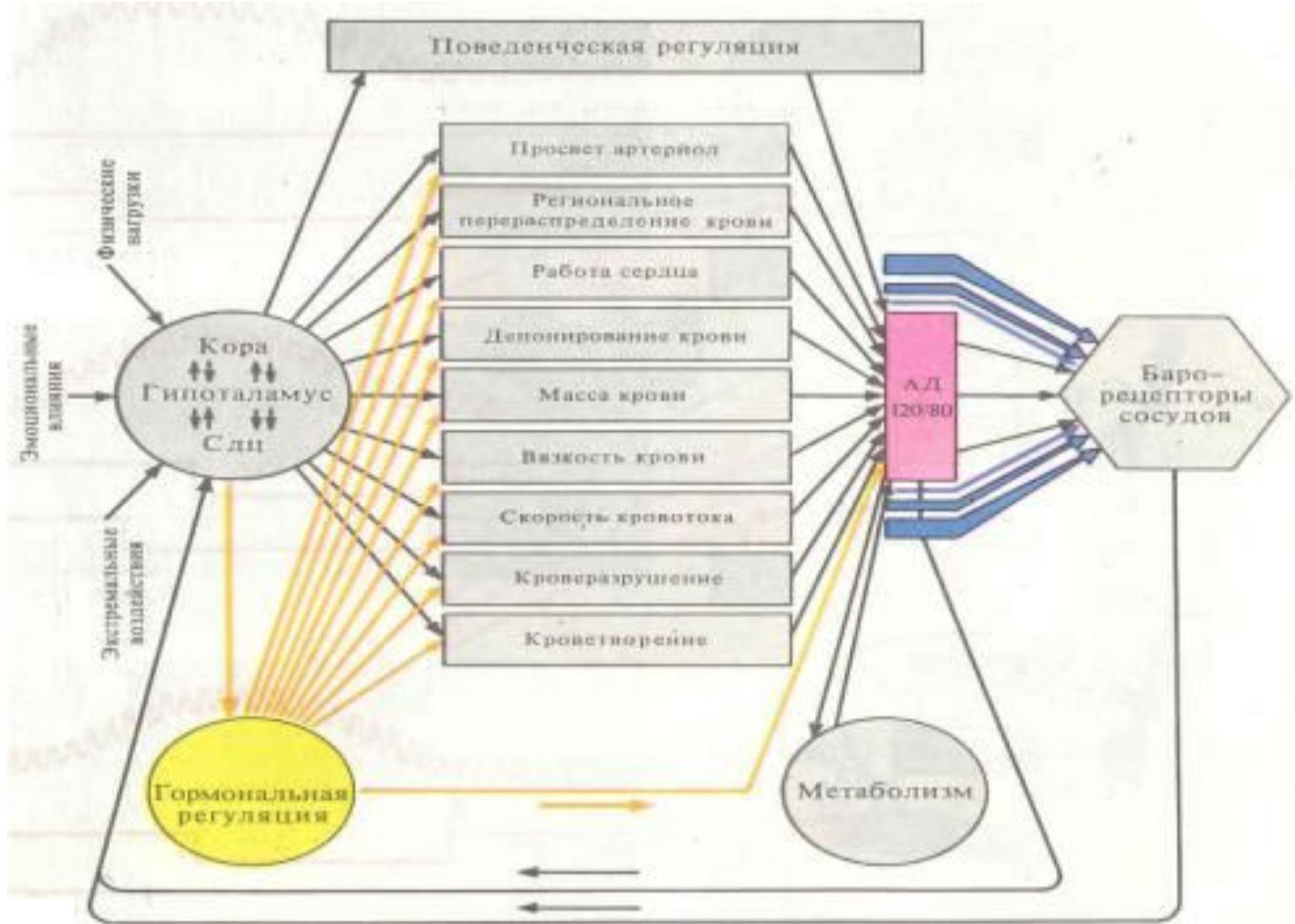
# МЕХАНИЗМ «ДАВЛЕНИЕ - НАТРИУРЕЗ - ДИУРЕЗ»



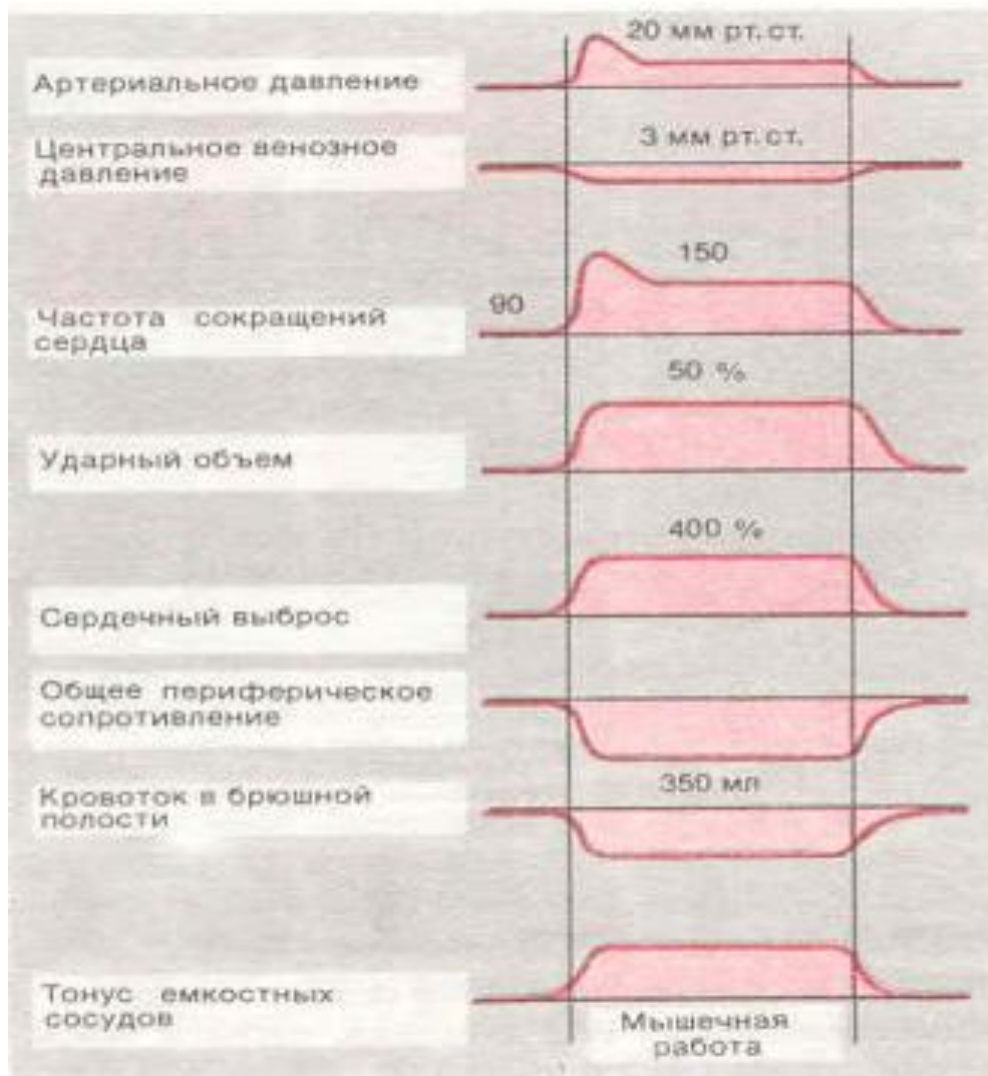
# **ДВЕ ГРУППЫ РЕГУЛЯТОРНЫХ ВЛИЯНИЙ И ДВА МЕХАНИЗМА АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ**

- **ВАЗОКОНСТРИКТОРНЫЕ ФОРМЫ**  
(нейрогенные, ренин-зависимые, дефицитные по NO и др.)
- **ОБЪЕМЗАВИСИМЫЕ ФОРМЫ**  
(низкорениновые, натрийзависимые, гиперальдостеронизм, почечная задержка натрия и воды и др.)

# Функциональная система поддержания артериального давления (ФСАД)



# Изменения гемодинамических показателей при выполнении мышечной работы в вертикальном положении





# Задача регионального кровотока

---

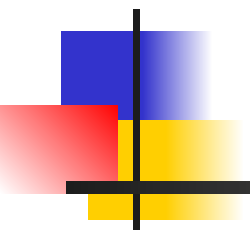
- Обеспечение кровью данного региона в интересах этого региона; при этом в определенной степени игнорируются интересы или запросы организма в целом



# Механизмы быстрой (срочной) регуляции регионального кровообращения

- Местные (ведущая роль в обеспечении регионального кровотока)
- Гуморальные
- Нервные

# Местная регуляция

- 
- 
- Метаболическая ауторегуляция
  - Миогенная ауторегуляция





# Долговременная регуляция

---

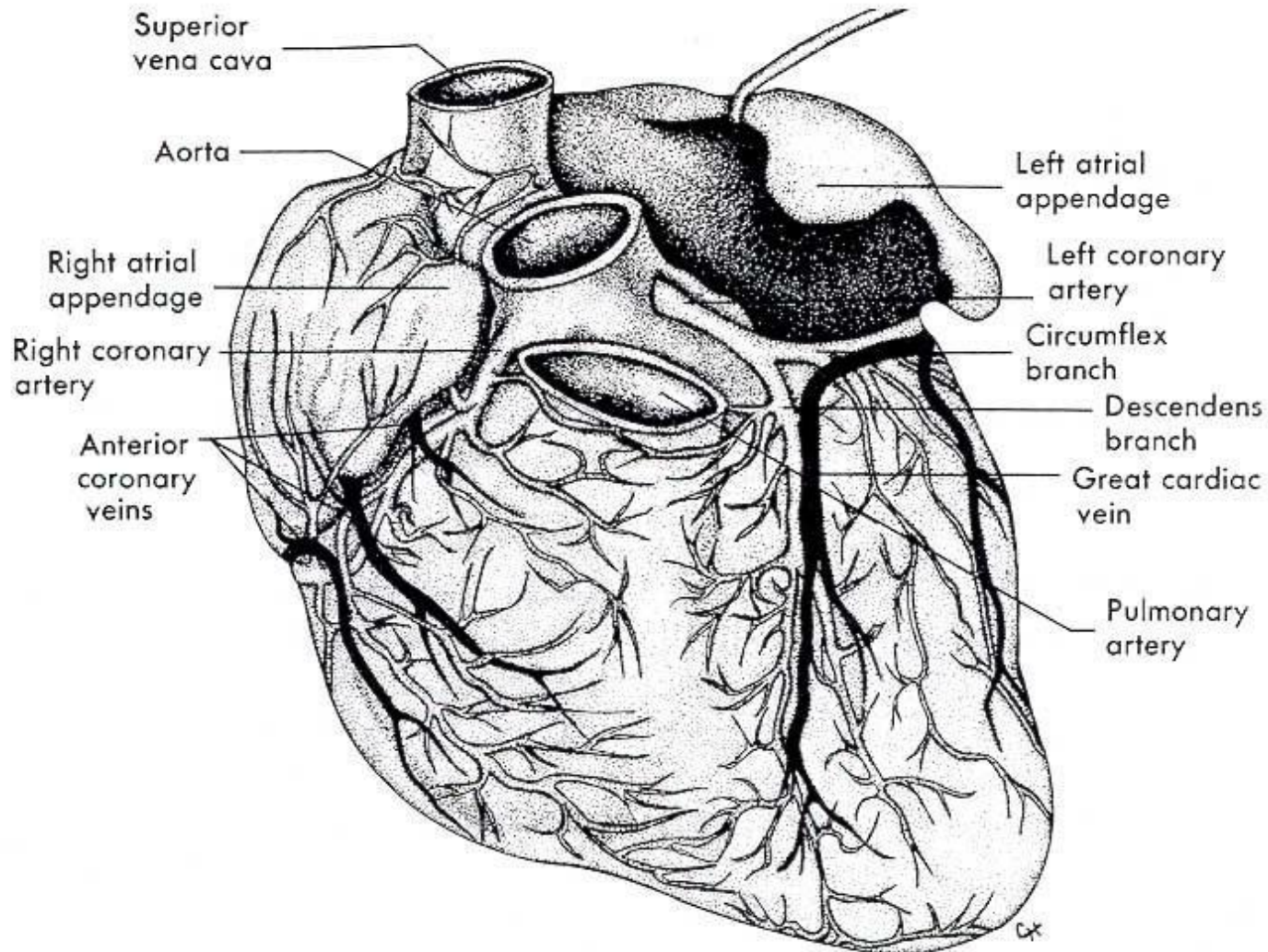
- Возникает, когда срочная регуляция не создает оптимальных условий для кровообращения
- Ведущий фактор- недостаток кислорода в тканях, вызывающий продукцию фактора ангиогенеза (увеличение числа капилляров)



# Общие сведения о коронарных артериях :

- Осуществляют кровоснабжение сердца.
- Отходят от луковицы аорты.
- 85% крови протекает через левую коронарную артерию.
- Левая коронарная артерия кровоснабжает преимущественно левые предсердие и переднюю и леволатеральную стенку желудочка, а также перегородку.
- Правая коронарная артерия кровоснабжает преимущественно правые предсердие и желудочек, а так же заднюю часть стенки левого желудочка.
- 95% венозной крови поступает через коронарный синус в правое предсердие, 5% - через сосуды Тибезия.

# Кровоснабжение сердца



- 50% - правовенечное
- 20% - левовенечное
- 30% - среднее

**Коронарный кровоток в покое**

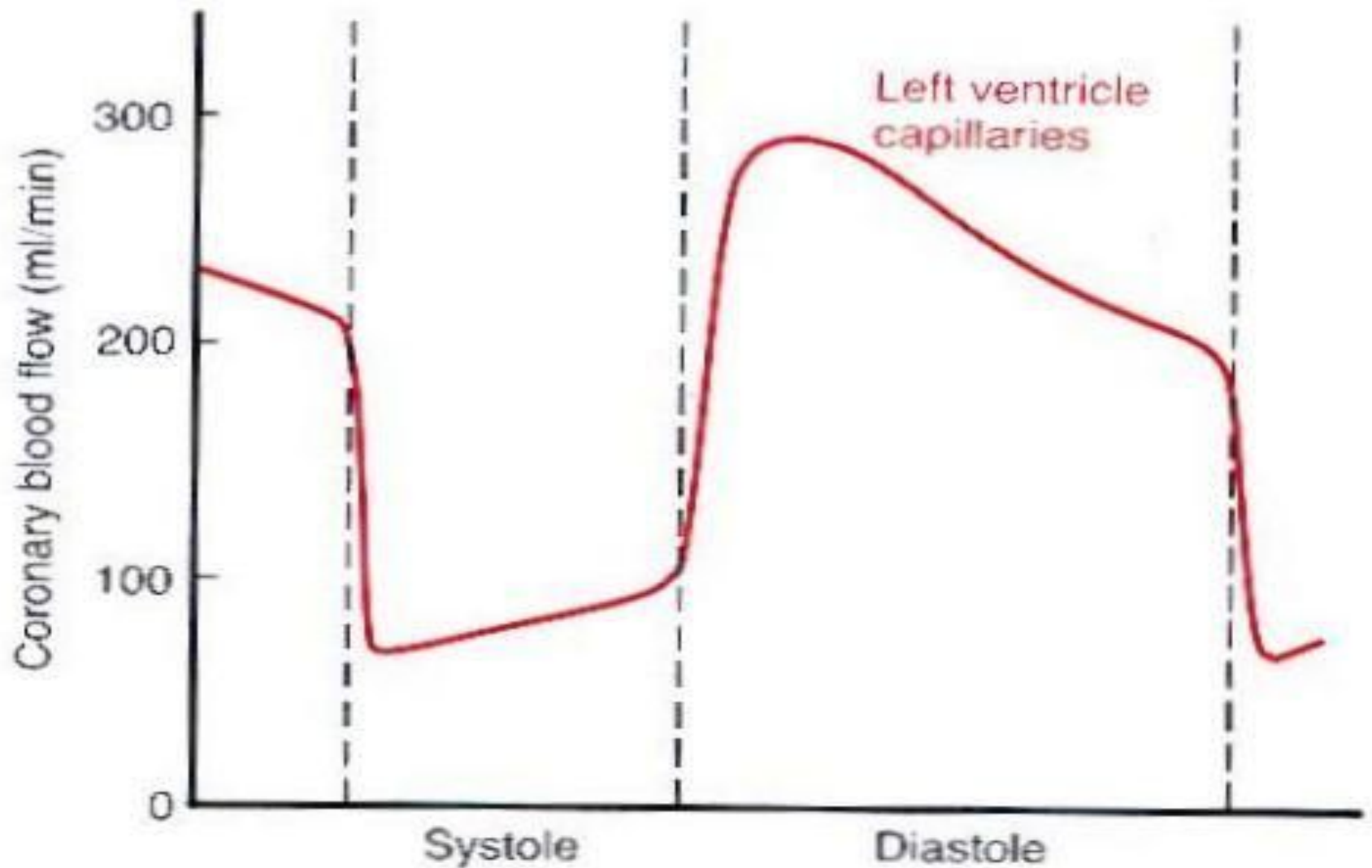
**70–80** мл/мин на 100г

**225мл/мин – 4–5%сердечного  
выброса**

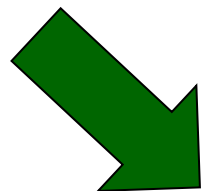
**Коронарный кровоток при  
максимальной нагрузке**

**300–400** мл/мин на 100г

# Изменение кровотока по коронарным артериям в связи с сердечным циклом



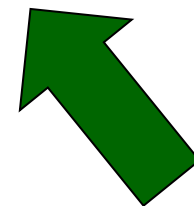
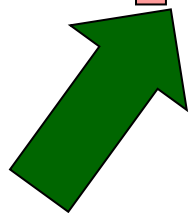
метаболическая



нервная



коронарный кровоток



механическая

гуморальная

# Нервная регуляция

```
graph TD; A[Нервная регуляция] --> B[прямое влияние]; A --> C[непрямое влияние]; B --> D[Симпатическая]; B --> E[Парасимпатическая]; D --> F[NE, EN]; E --> G[ACh]; C --> H[в связи с изменением активности сердца];
```

**прямое влияние**

NE, EN, ACh на  
коронарные сосуды

**Симпатическая**

NE, EN

**непрямое влияние**

в связи с изменением  
активности сердца

**Парасимпатическая**

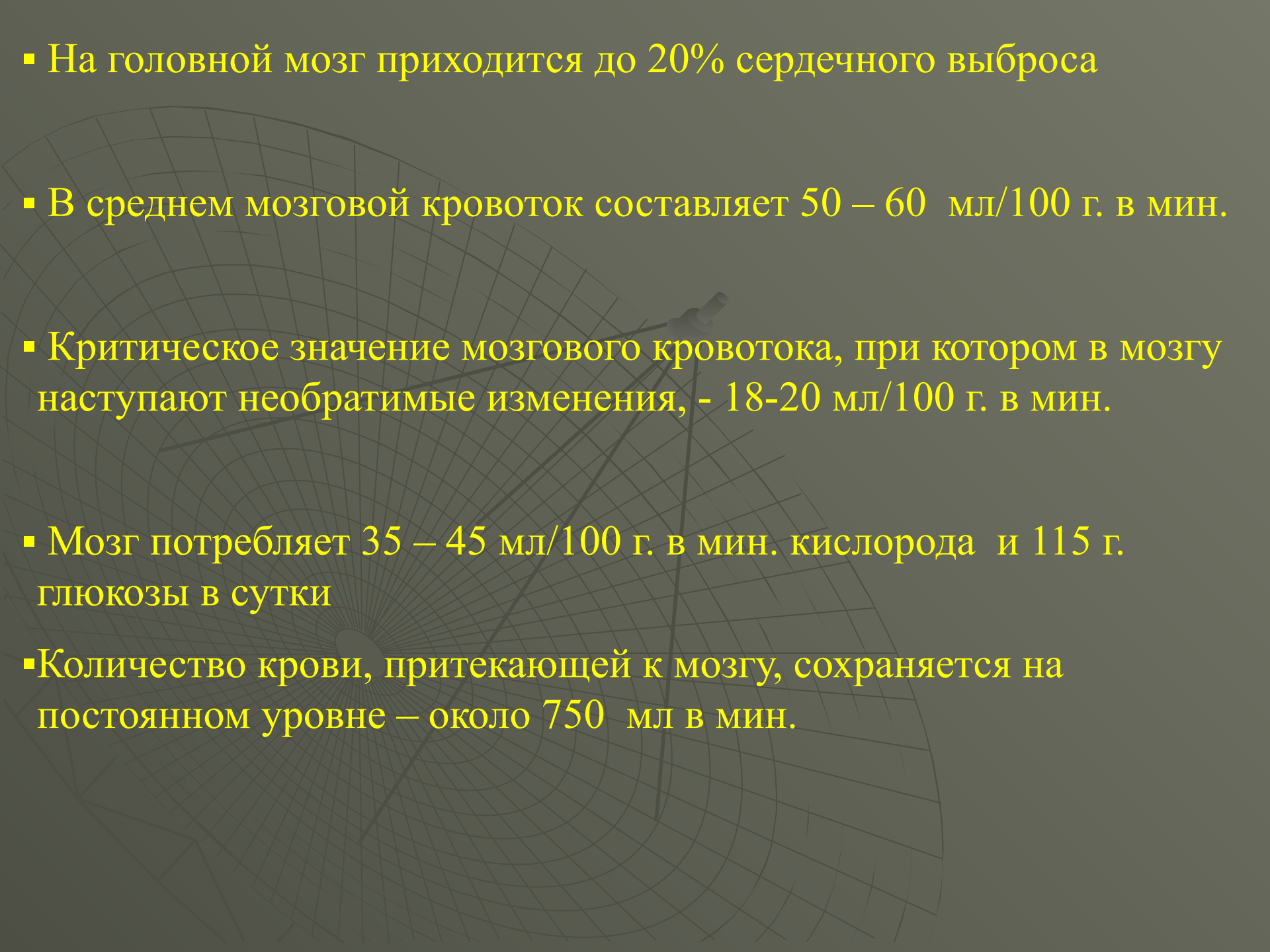
ACh



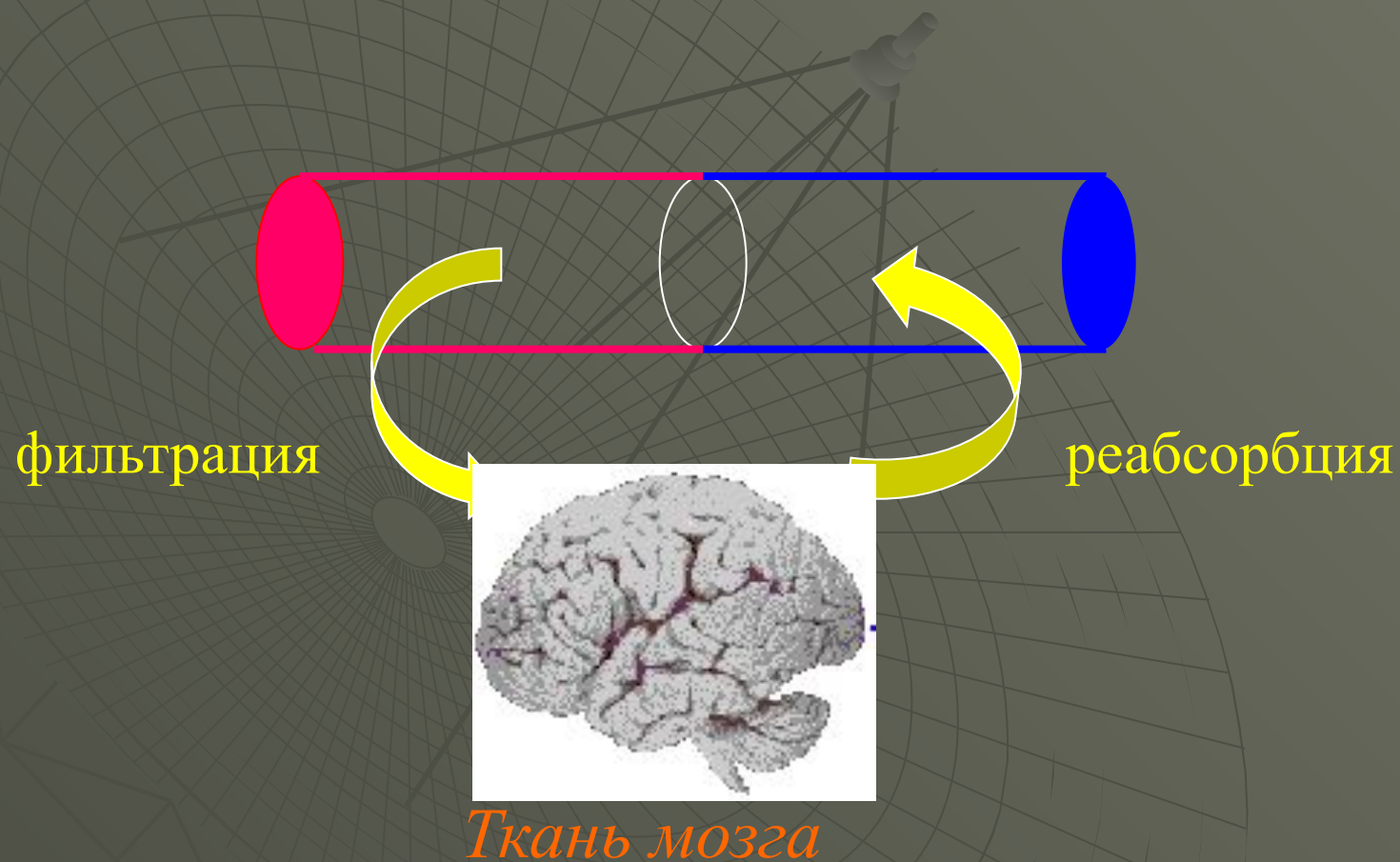
# Гуморальная регуляция.

<b>Вещество</b>	<b>Действие на коронарные артерии</b>
<b>Инсулин</b>	<b>вазодилатация</b>
<b>Адреналин Тироксин</b>	<b>Действие вторично, через усиление метаболизма миокарда</b>
<b>Гистамин, NO</b>	<b>Мощная вазодилатация</b>
<b>Ангиотензин</b>	<b>Вазоконстрикция</b>
<b>Вазопрессин</b>	<b>Вазоконстрикция</b>

***функциональные  
особенности мозгового  
кровообращения***

- 
- На головной мозг приходится до 20% сердечного выброса
  - В среднем мозговой кровоток составляет 50 – 60 мл/100 г. в мин.
  - Критическое значение мозгового кровотока, при котором в мозгу наступают необратимые изменения, - 18-20 мл/100 г. в мин.
  - Мозг потребляет 35 – 45 мл/100 г. в мин. кислорода и 115 г. глюкозы в сутки
  - Количество крови, притекающей к мозгу, сохраняется на постоянном уровне – около 750 мл в мин.

*Определенный объем воды непрерывно фильтруется из крови в артериальном отрезке капилляра и тут же в венозном его отрезке абсорбируется обратно.*

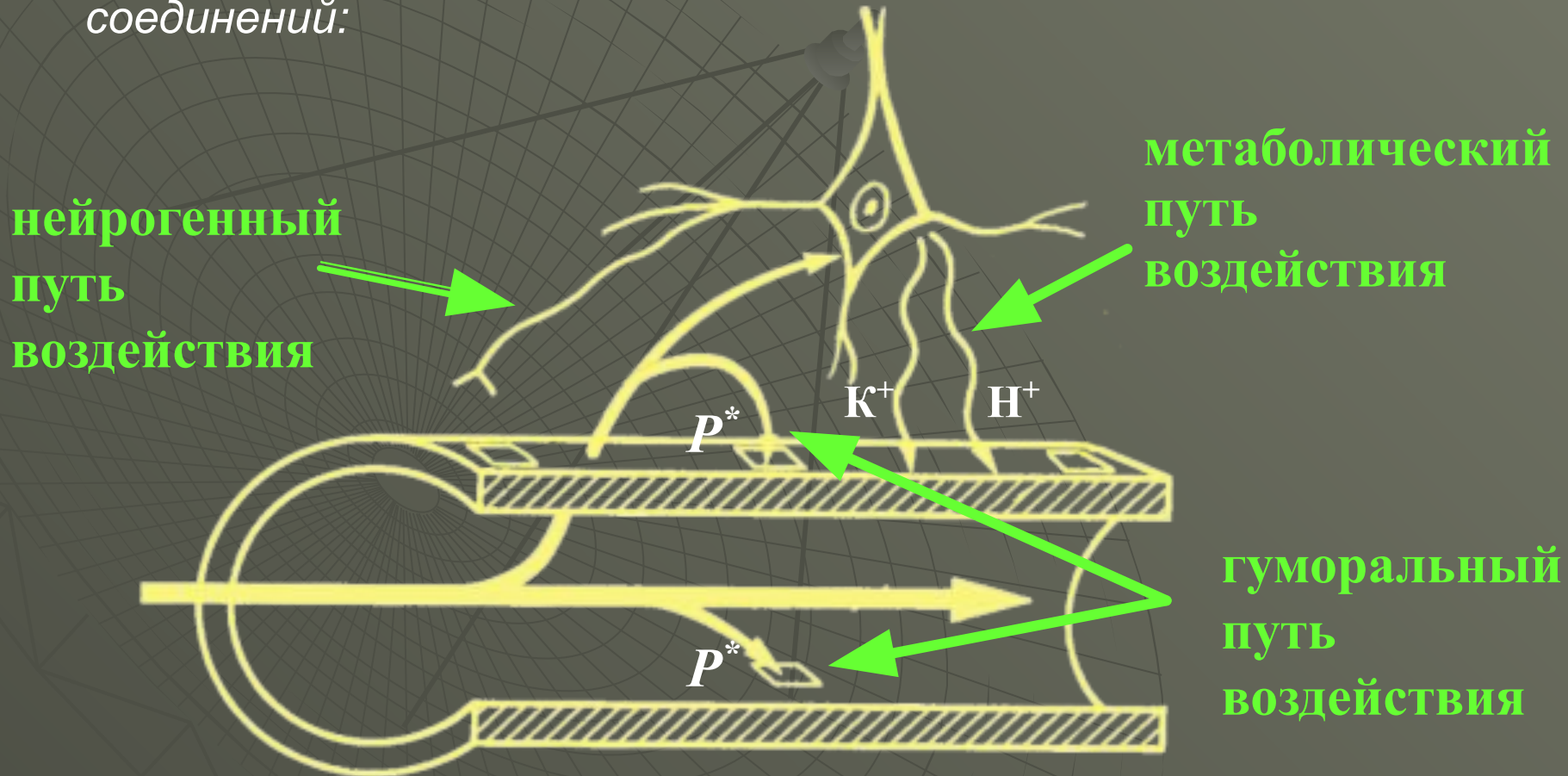


В основе управления мозговым кровообращением лежат

## РЕГУЛЯТОРНЫЕ КОНТУРЫ:

нейрогенный, гуморальный, метаболический, миогенный

*Взаимодействие контуров при введении вазоактивных соединений:*



\* $P$ - рецептор

# Функциональная гиперемия



*Перемещение происходит на фоне стабильного или, реже, несколько увеличенного кровотока в мозге в целом.*

*В зависимости от уровня функциональной активности нервной ткани ее кровоснабжение может изменяться в пределах от 30 до 180 мл/100г. в мин.*

## Резюме:

Особенностями мозгового кровообращения являются:

- высокая интенсивность в связи с высокой потребностью мозга в кислороде
- относительная независимость от изменений общей гемодинамики
- различие степени кровоснабжения областей мозга в зависимости от их активности