

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ В ОРГАНИЗМЕ

Вопросы для обсуждения:

1. Понятие раздражимости и возбудимости
2. Мембранный ПП и ПД
3. Физиология синапсов
4. Нервные центры и законы их функционирования
5. Торможение и его виды
6. Физиологические механизмы регуляции

Литература

- **1. Солодков А.С., Сологуб Е.Б.** Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. – М.: Советский спорт, 2010.
- **2. Тхоревский В.И.** Физиология человека: Учебник для вузов физ.культуры. – М.: Физкультура, образование и наука, 2001. – 492с.
- **3. Караулова Л.К.** Физиология: учеб.пособие для студ.высш.учеб.заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 384с.

1. ПОНЯТИЕ РАЗДРАЖИМОСТИ И ВОЗБУДИМОСТИ

Особенности живых клеток:

- Рост
- Размножение
- Метаболизм
- Раздражимость
- Возбудимость

**Раздражимость – способность
под влиянием внешних
воздействий изменять обмен
веществ и энергии**

- *Внешние воздействия* – механические, химические, звуковые, световые раздражители

Раздражители

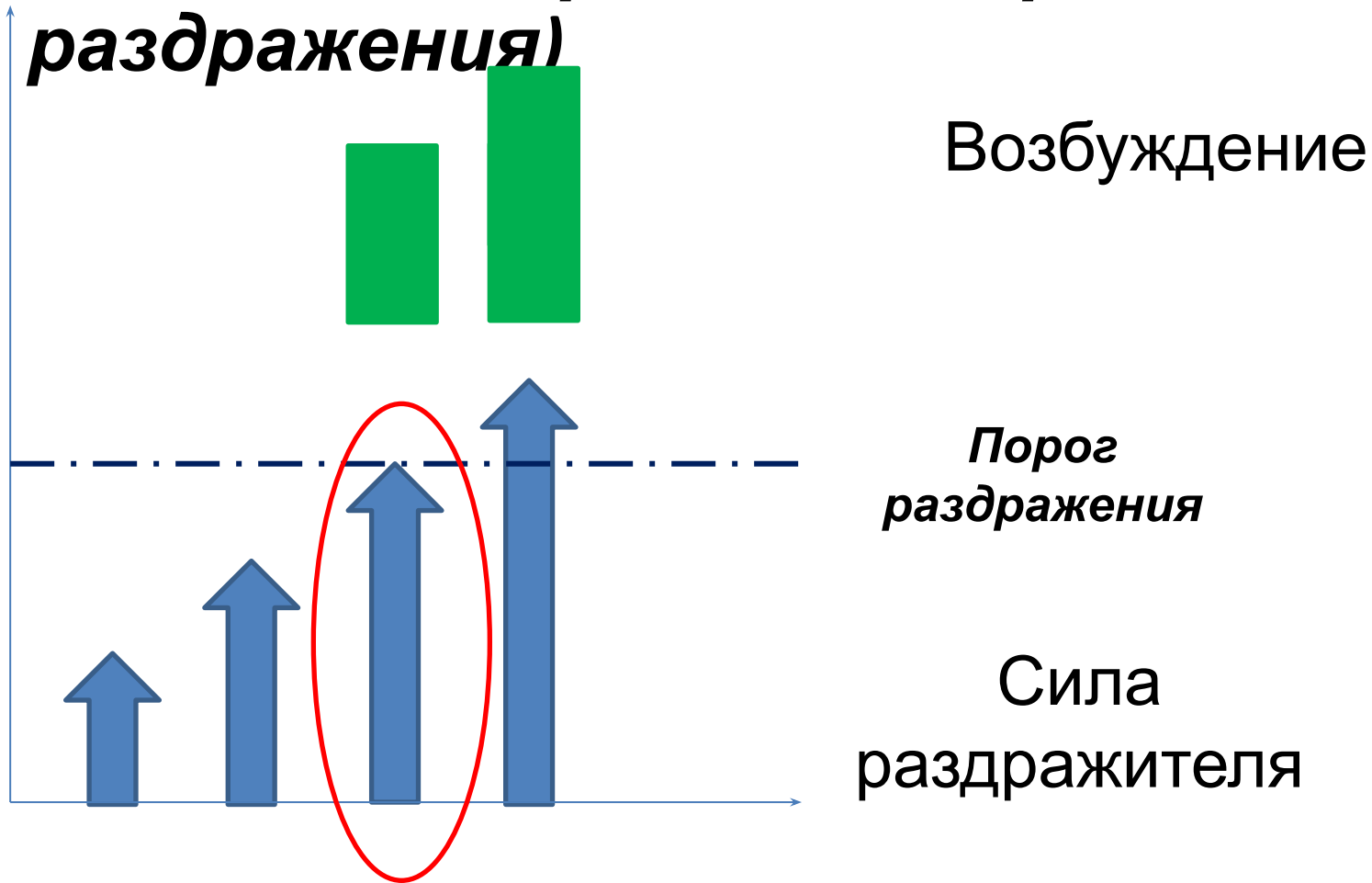
Адекватные

- Соответствуют данному виду клеток, поэтому вызывают возбуждение даже при очень малом воздействии

Неадекватные

- Все остальные

Минимальная сила раздражителя, необходимая для возбуждения, называется **пороговой (порог раздражения)**



Раздражитель пороговой силы

Возбудимые ткани – нервная, мышечная и железистая

Основные функциональные характеристики возбудимых тканей – *возбудимость и лабильность*

Возбудимость – способность клетки отвечать на раздражение специфическим процессом возбуждения

Измеряется порогом раздражения
Возбудимость обратно пропорциональна величине порога.

Лабильность – скорость протекания процесса возбуждения в нервной и мышечной ткани

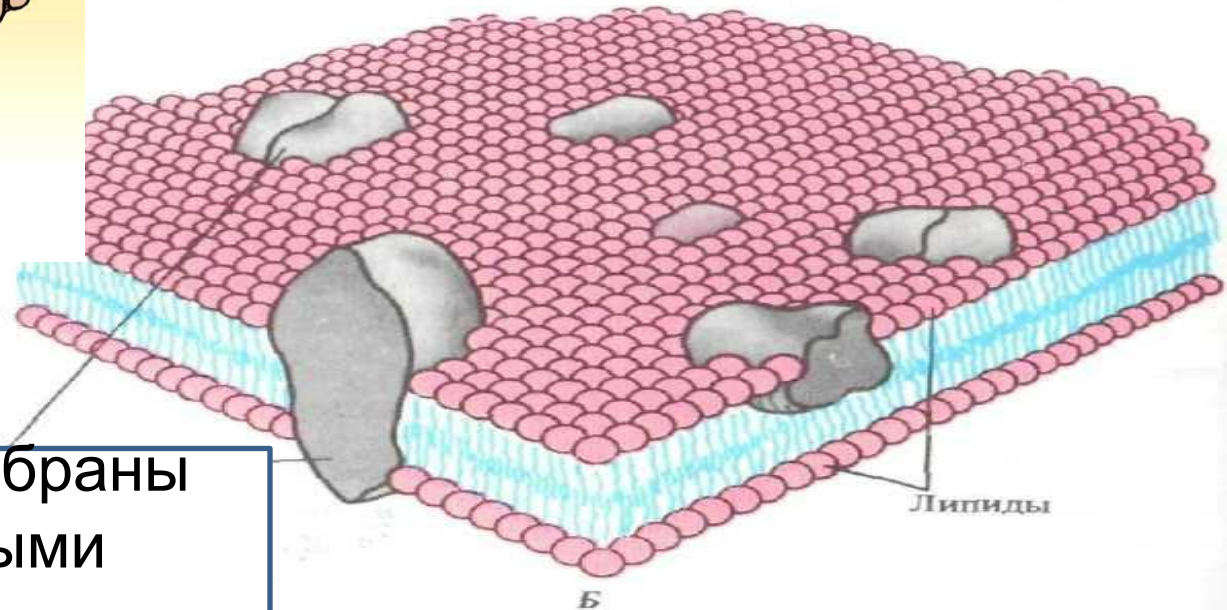
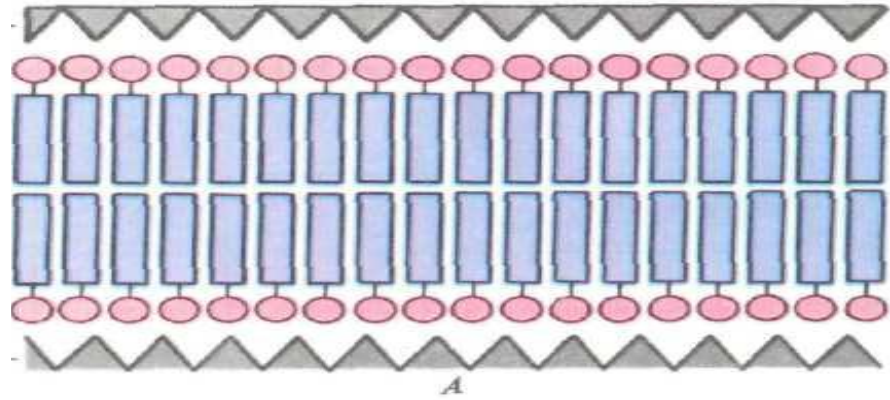
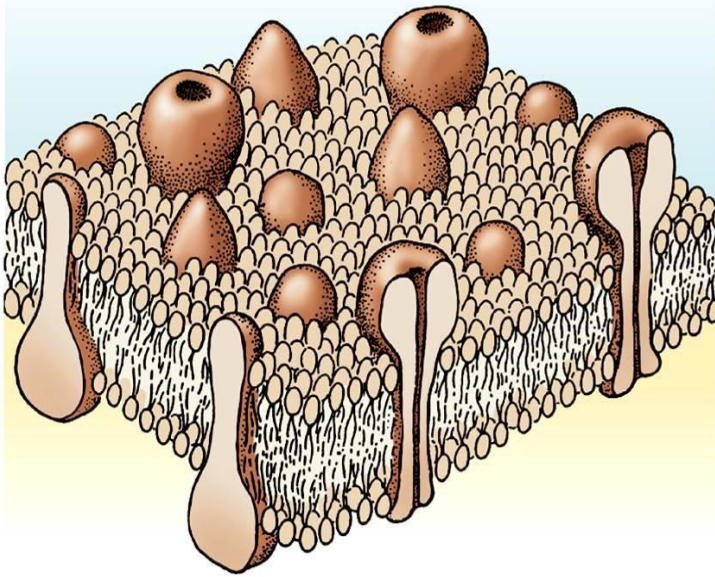
Повышается под влиянием тренировки

2. Биолоэлектрические явления в клетке.

Мембранный ПП и ПД

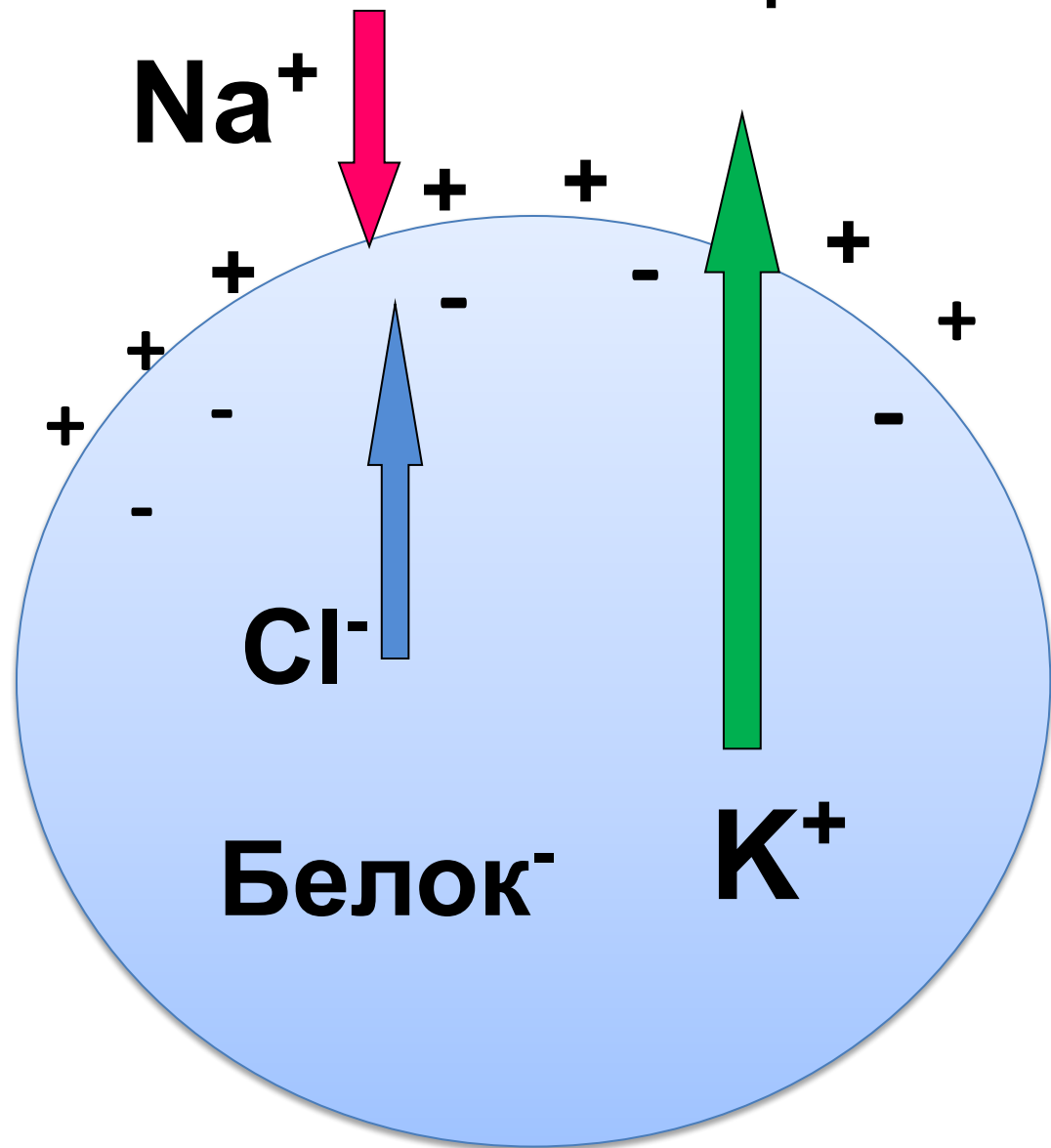
Мембранный потенциал покоя

/ПП/



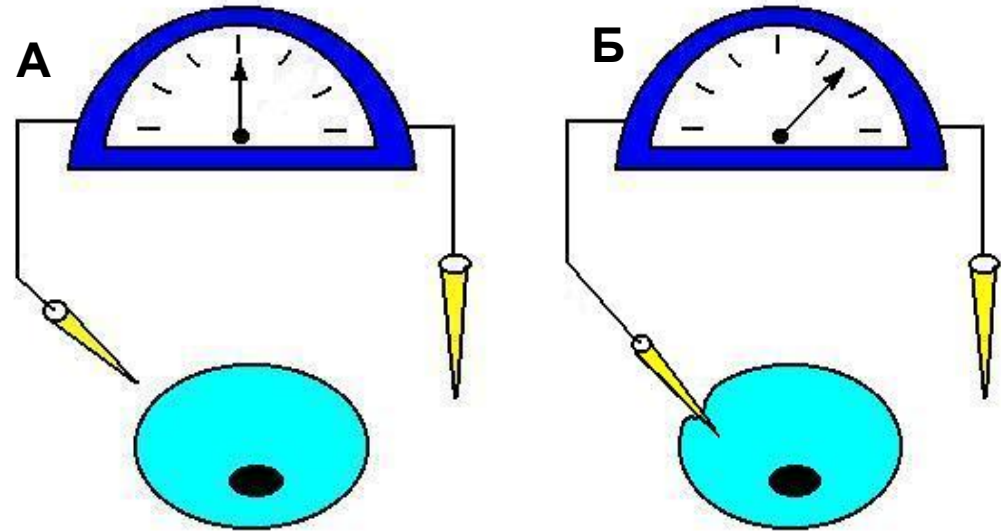
Проницаемость мембраны
обеспечена ионными
каналами

Образование мембранного ПП

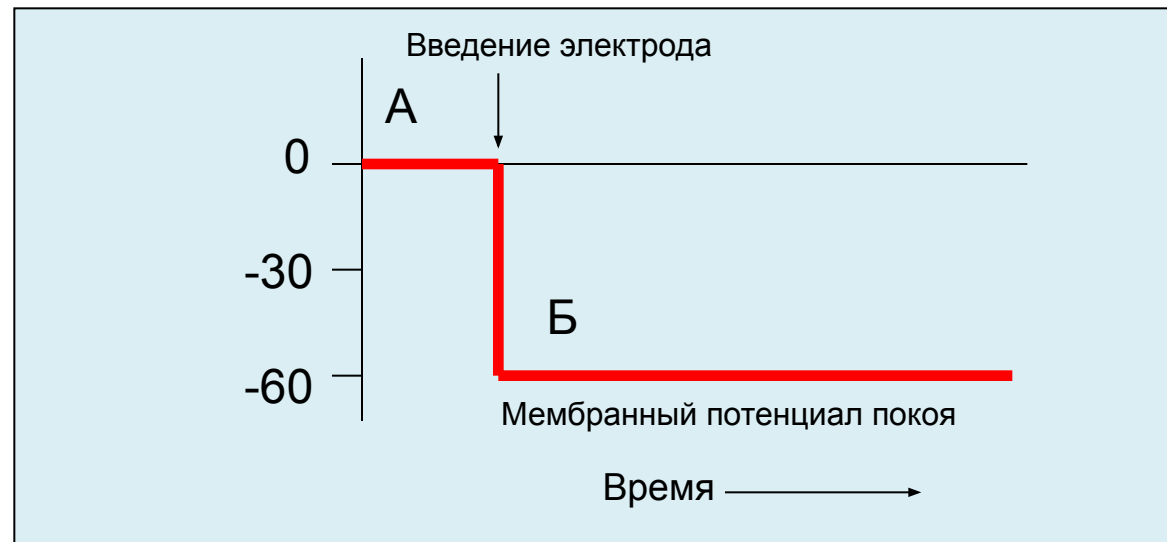


Внутриклеточная регистрация мембранного потенциала покоя

Внутриклеточная микроэлектродная регистрация



- Величина МПП в возбудимых клетках — от -60 до -90 мВ



Мембранный ПП – заряд мембраны
клетки в состоянии покоя
Образован разностью концентраций
ионов по обе стороны мембраны

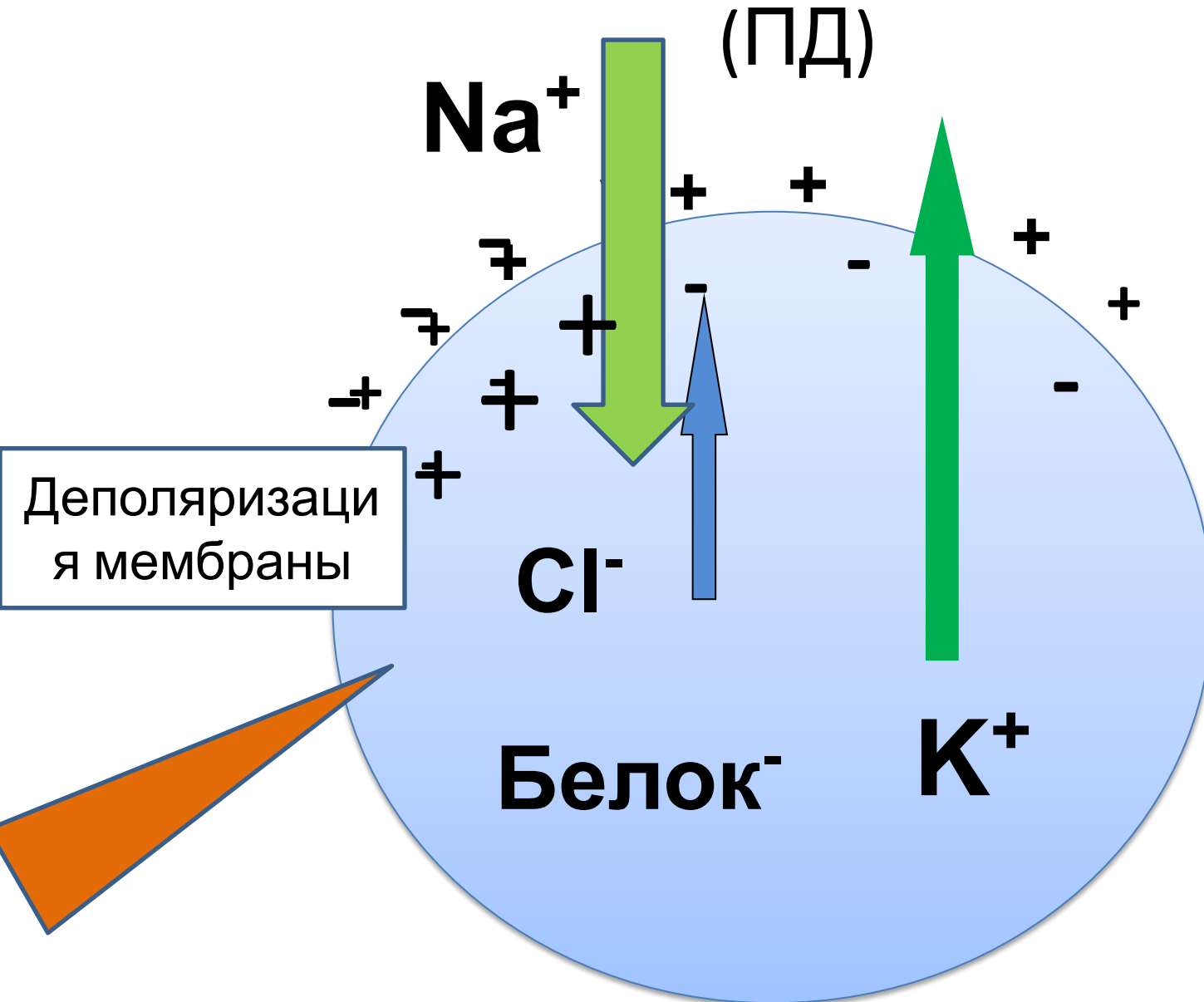
Величина МПП в возбудимых клетках –
от -60 до -90 мВ

Расчет заряда на мембране

- Равновесный потенциал для какого-либо иона X можно рассчитать из уравнения, полученного в 1888 году немецким физическим химиком Walter Nernst на основании принципов термодинамики.
- Где
R – газовая постоянная,
T – температура (по Кельвину),
z – валентность иона,
F – константа Фарадея,
[X]_o и [X]_i – концентрации ионов по разные стороны мембраны.
- Уравнение Нернста можно использовать для расчета **равновесного потенциала** любого иона по обе стороны мембраны, проницаемой для данного иона.

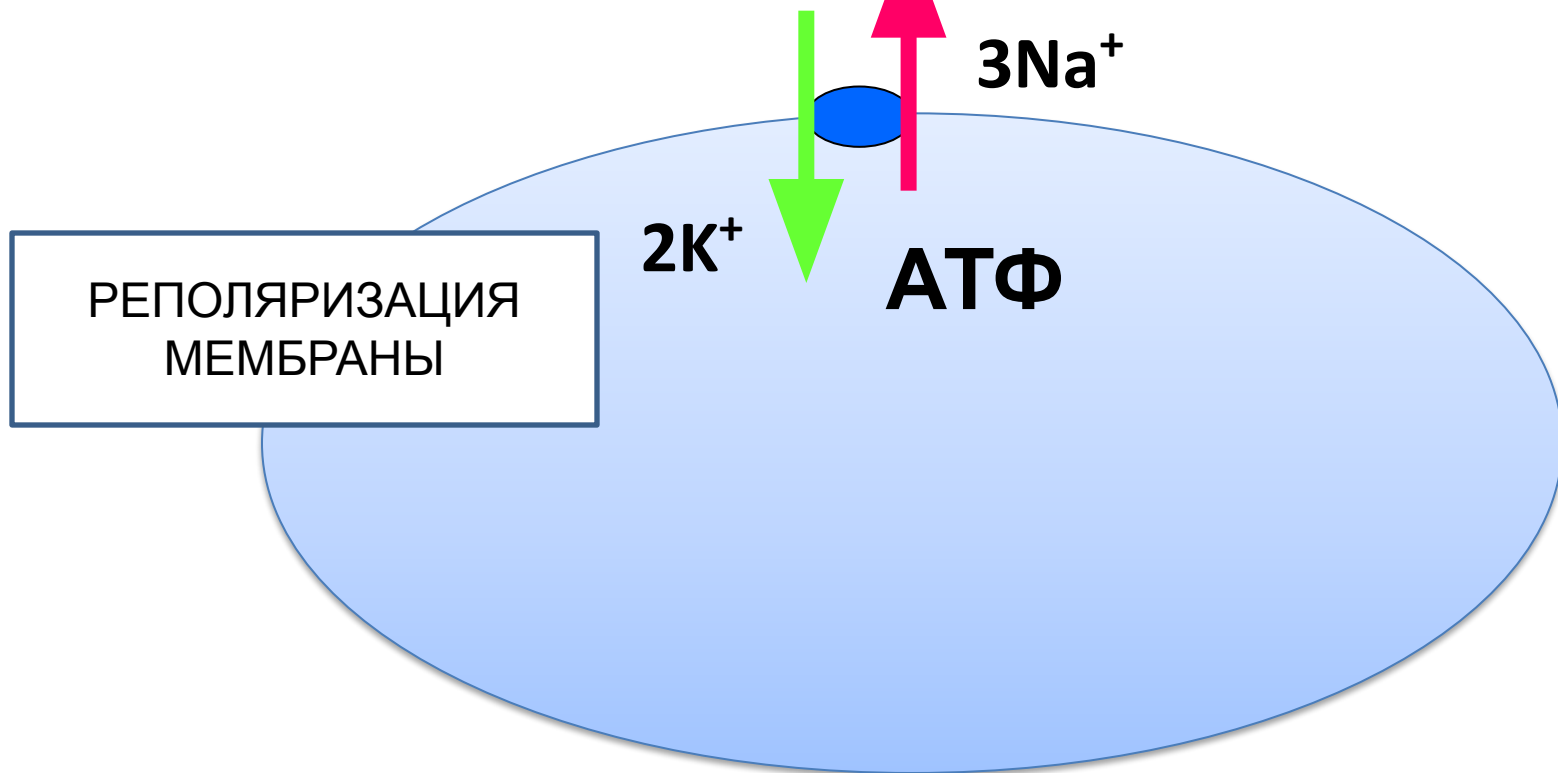
$$E_K = -85 \text{ мВ при } K^+ \text{ соотношении } 1/30$$

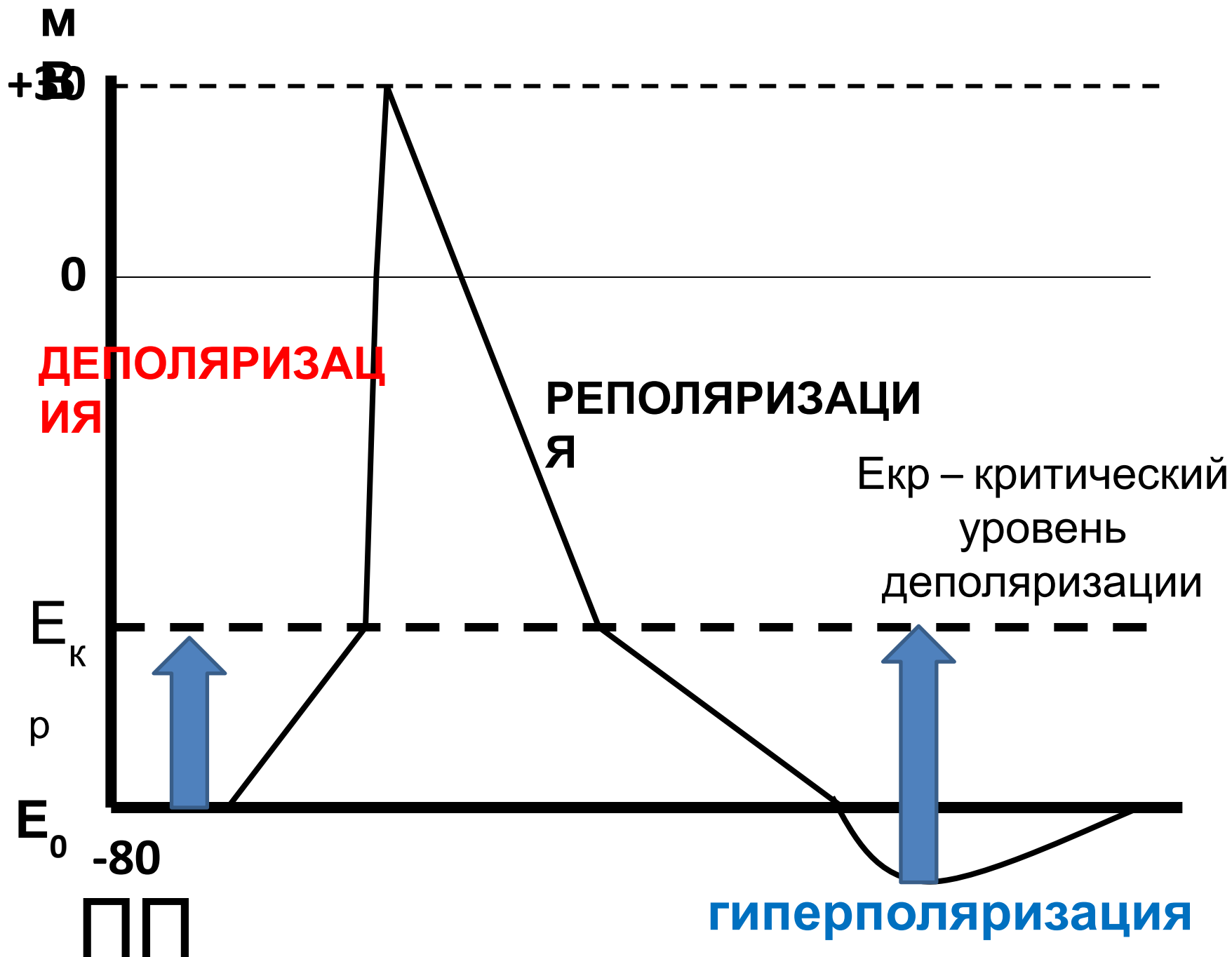
Образование потенциала действия (ПД)



НАТРИЙ – КАЛИЕВЫЙ НАСОС

активный транспорт ионов натрия и калия против концентрационного градиента с затратой энергии АТФ.





Потенциал действия (ПД)

Это разность потенциалов между возбужденным и невозбужденным участками мембраны, которая возникает в результате быстрой деполяризации мембраны с последующей ее перезарядкой

Депполяризация

Возникает при открытии натриевых каналов

Натрий входит в клетку:

- уменьшает отрицательный заряд на внутренней поверхности мембраны
- уменьшает электрическое поле вокруг мембраны

Степень депполяризации зависит от количества открытых каналов для натрия

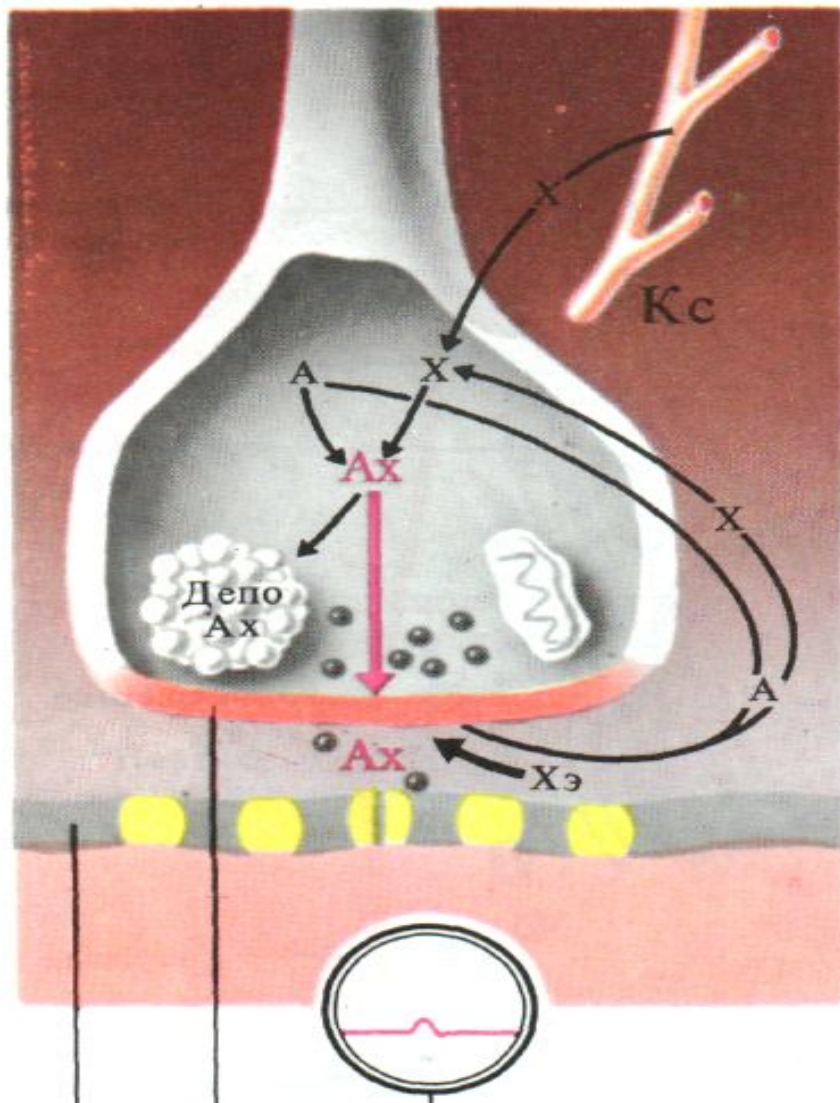
Закон «все или ничего»

- Подпороговый раздражитель вызывает местную деполяризацию («**ничего**»)
- Пороговый раздражитель вызывает максимально возможный ответ («**Все**»)
- Сверхпороговый раздражитель вызывает такой же ответ, что и пороговый

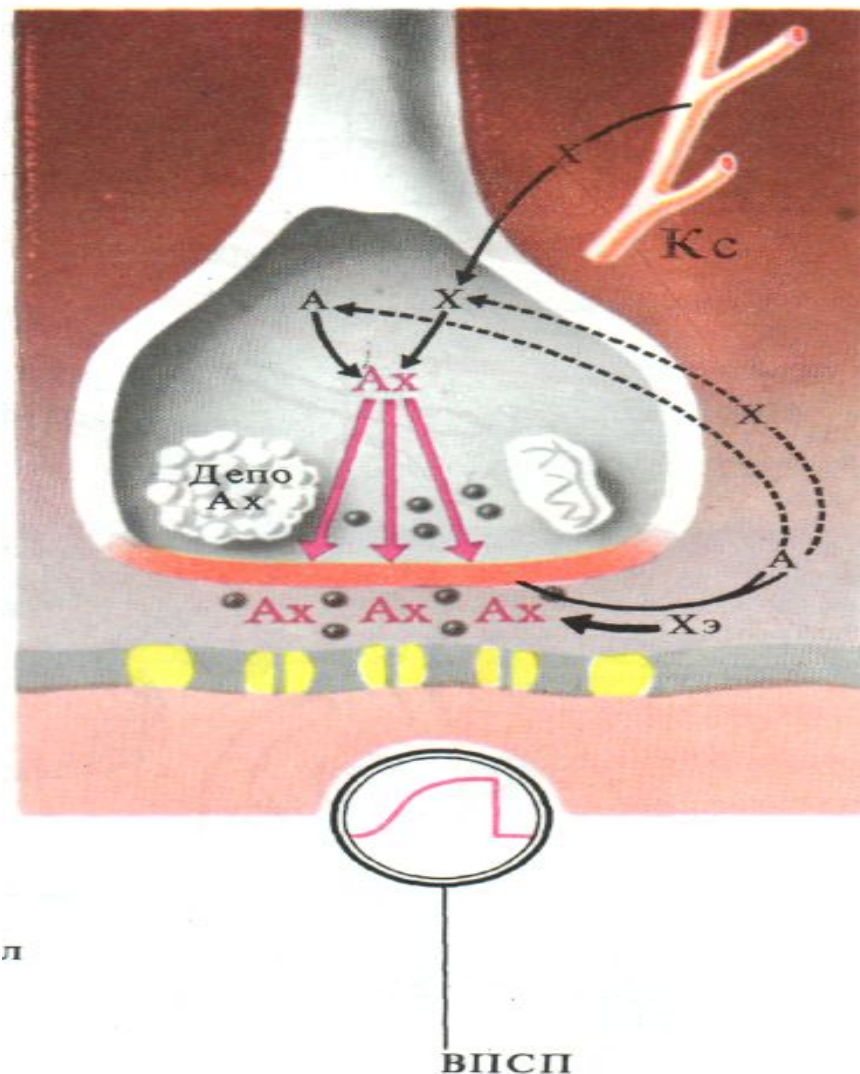
3. Физиология синапсов

СИНАПС - место контакта между двумя нейронами или между нейроном и возбудимой клеткой. Служит для передачи нервного импульса между двумя клетками

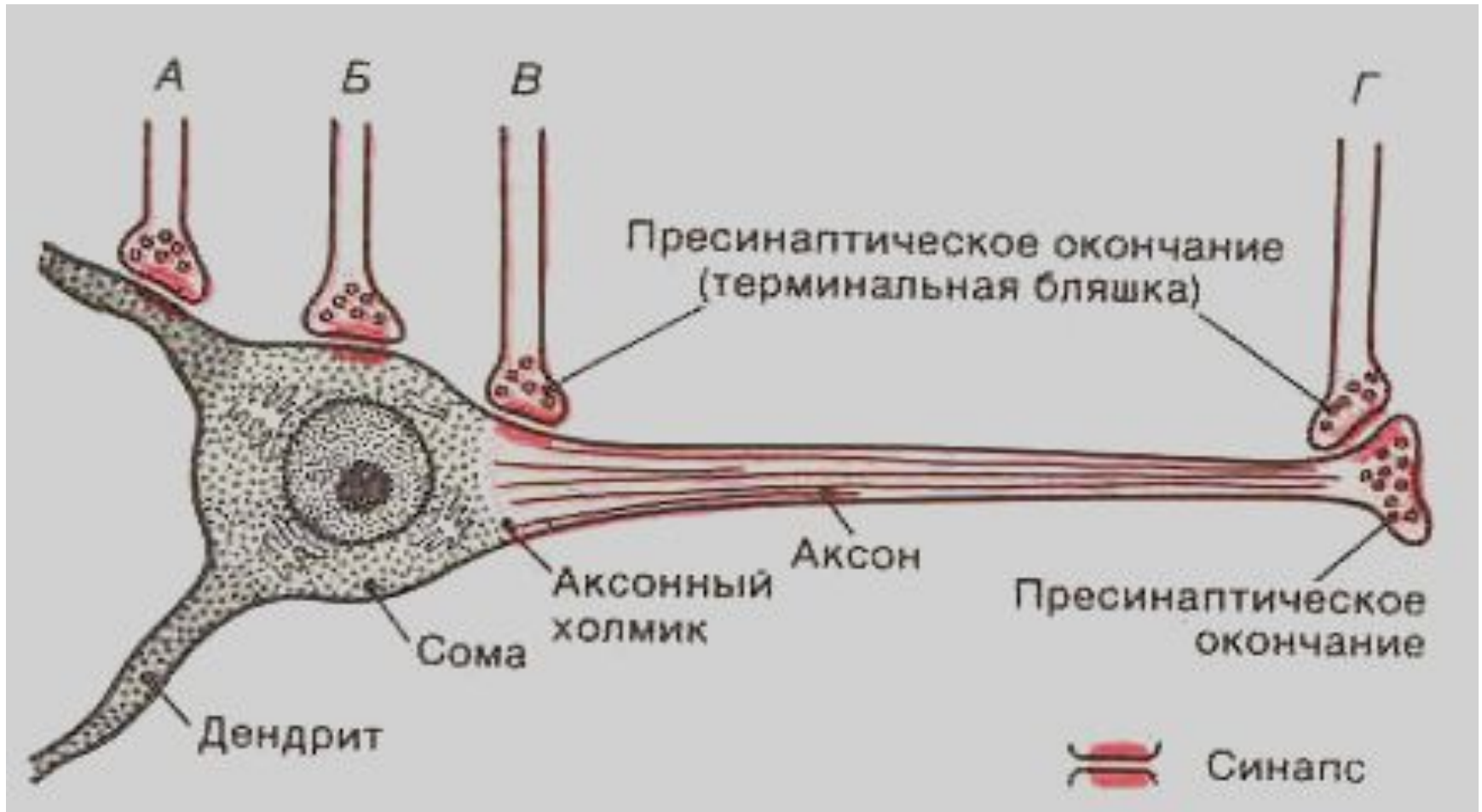
Покой



Возбуждение



Синапсы на нейроне



Классификация синапсов

1. *По местоположению:* нервно-мышечные, нейро-нейрональные
2. *По знаку действия:* возбуждающие и тормозные
3. *По способу передачи сигналов:* электрические и химические

Синапсы

по характеру воздействия на последующую нервную клетку:

Возбуждающие

- Возникает ВПСП, **деполяризация** мембраны
- Медиатор – ацетилхолин (АХ)

Тормозные

- Возникает ТПСП, **гиперполяризация** мембраны
- Медиатор – гамма-аминомасляная кислота (ГАМК)

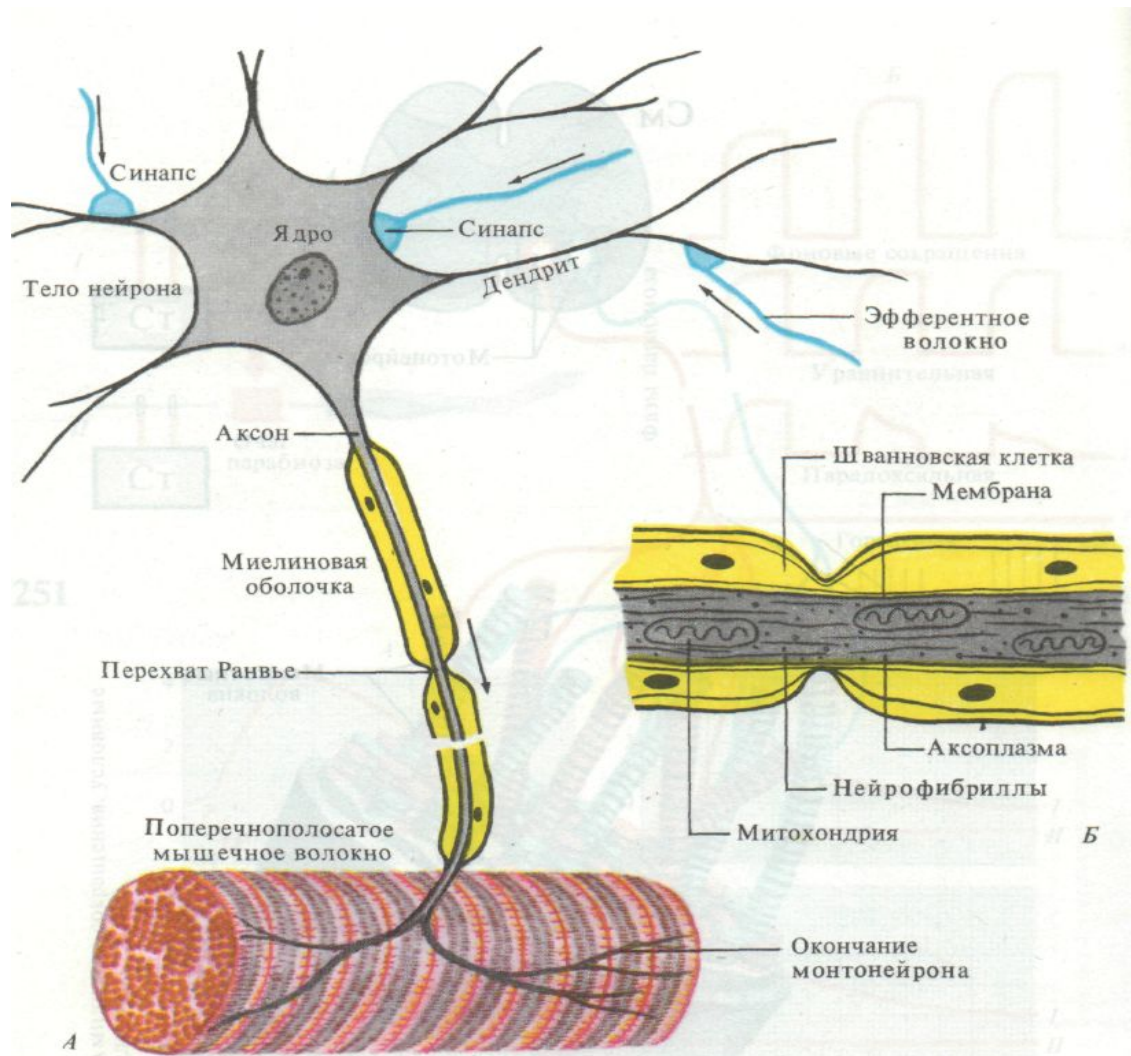
*Особенности
синаптической
передачи:*

1. Одностороннее проведение
возбуждения

2. Замедленное проведение
(синаптическая задержка) (1,5 – 2
мс)

4. Нервные центры и законы их функционирования

Функциональная организация нейрона



Функции нейронов:

- Восприятие внешних раздражений от рецепторов
- Переработка – интеграция
- Передача возбуждения на рабочие органы

Значение нейронов:

1. передача информации от одного участка нервной системы к другому

2. обмен информацией между нервной системой и различными участками тела

3. процесс обработки информации

4. формирование ответной реакции организма на внешние и внутренние раздражители

Нервный центр – совокупность нервных клеток, расположенных в определенном отделе ЦНС и осуществляющих какую-либо функцию.

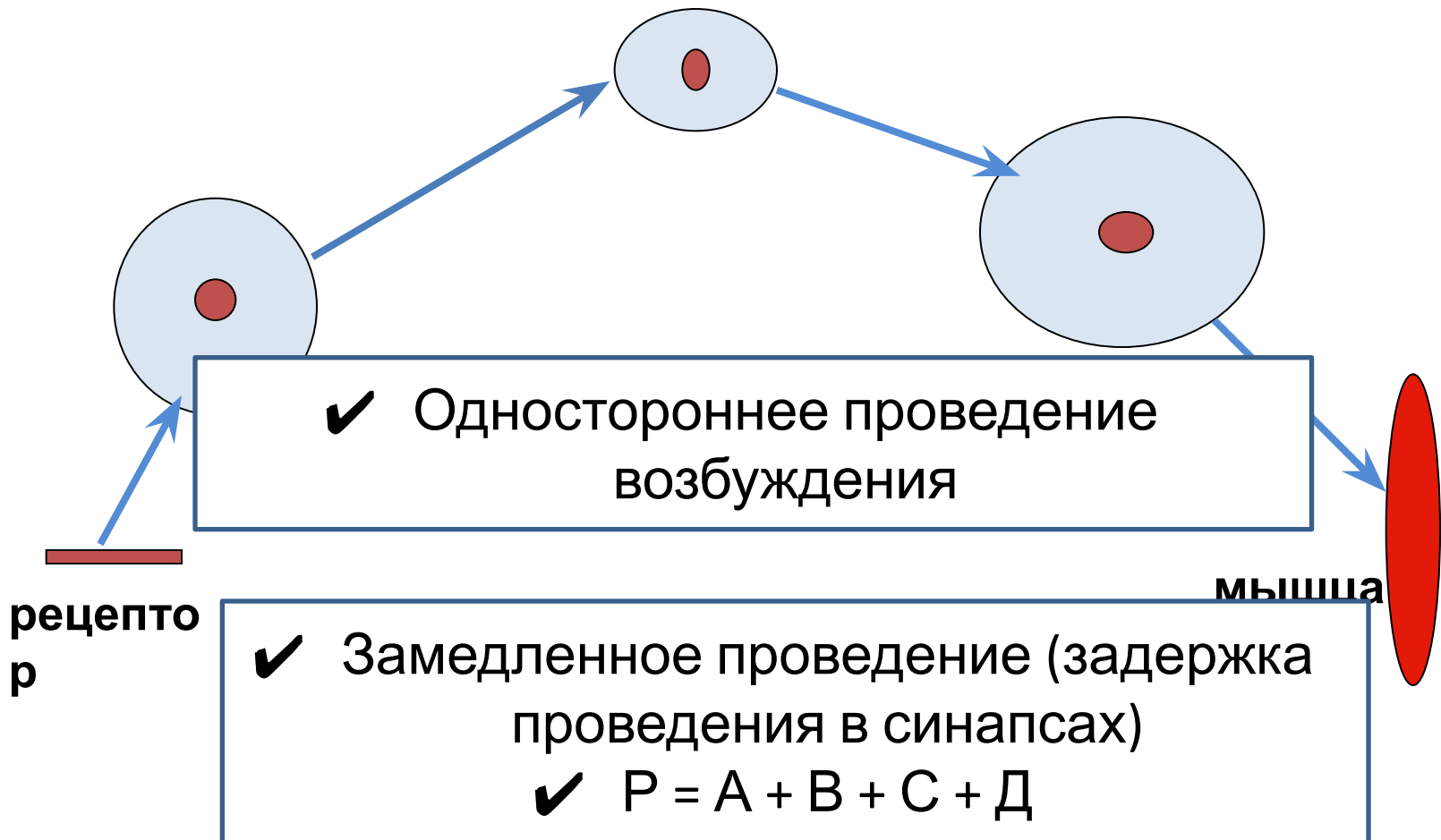
Свойства НЦ:

1. Проведение возбуждения

2. Суммация возбуждения

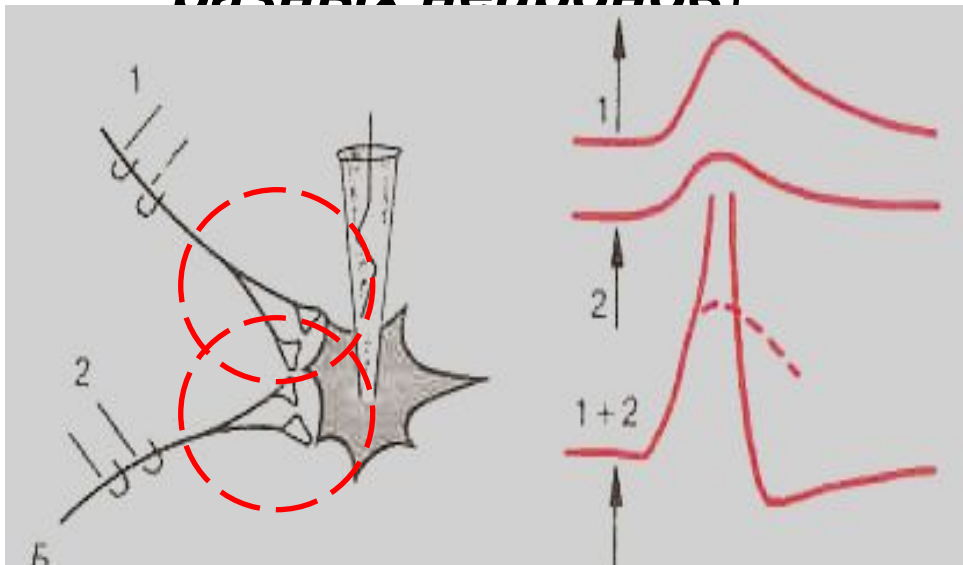
3. Трансформация и усвоение ритма

1. Проведение возбуждения через Н.Ц.

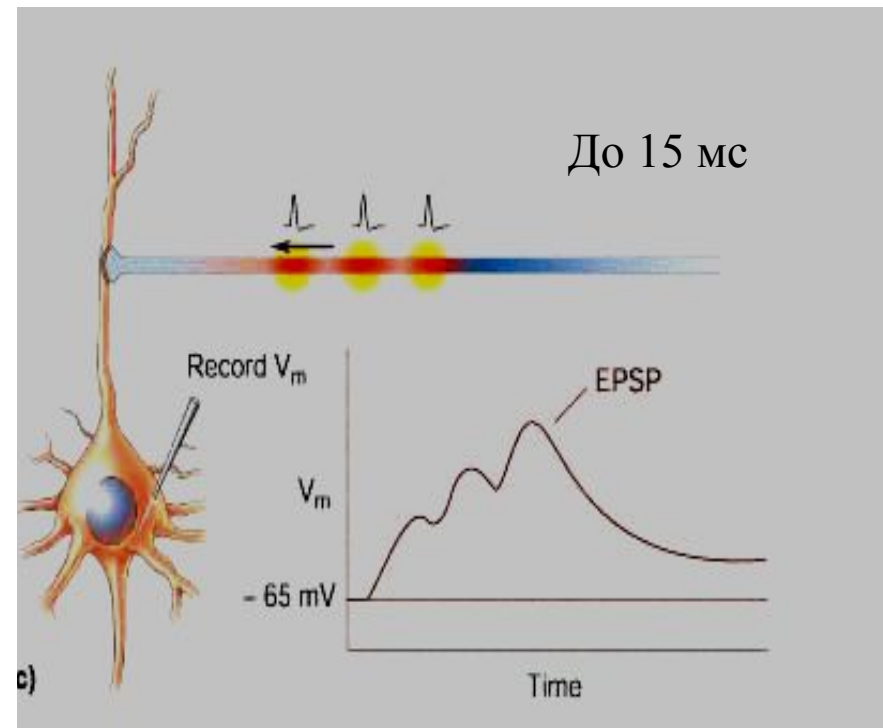


2. Суммация возбуждения:

- **Пространственная** – одновременно поступает несколько импульсов на один нейрон по разным пресинаптическим волокнам (вход с *разных нейронов*)

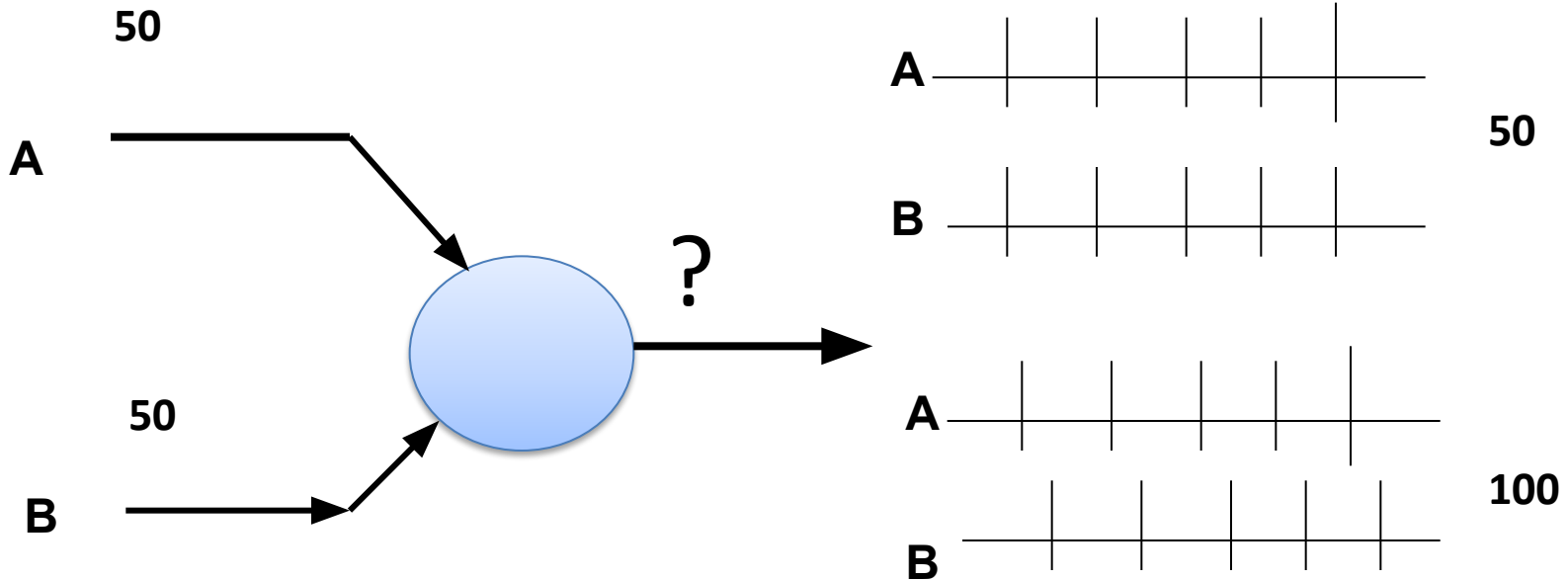


- **Временная** – активация одного и того же нейрона серией последовательных высокочастотных раздражений



3. Трансформация и усвоение ритма

При передаче через синапсы может происходить трансформация *(изменение частоты и ритма импульсов)*.



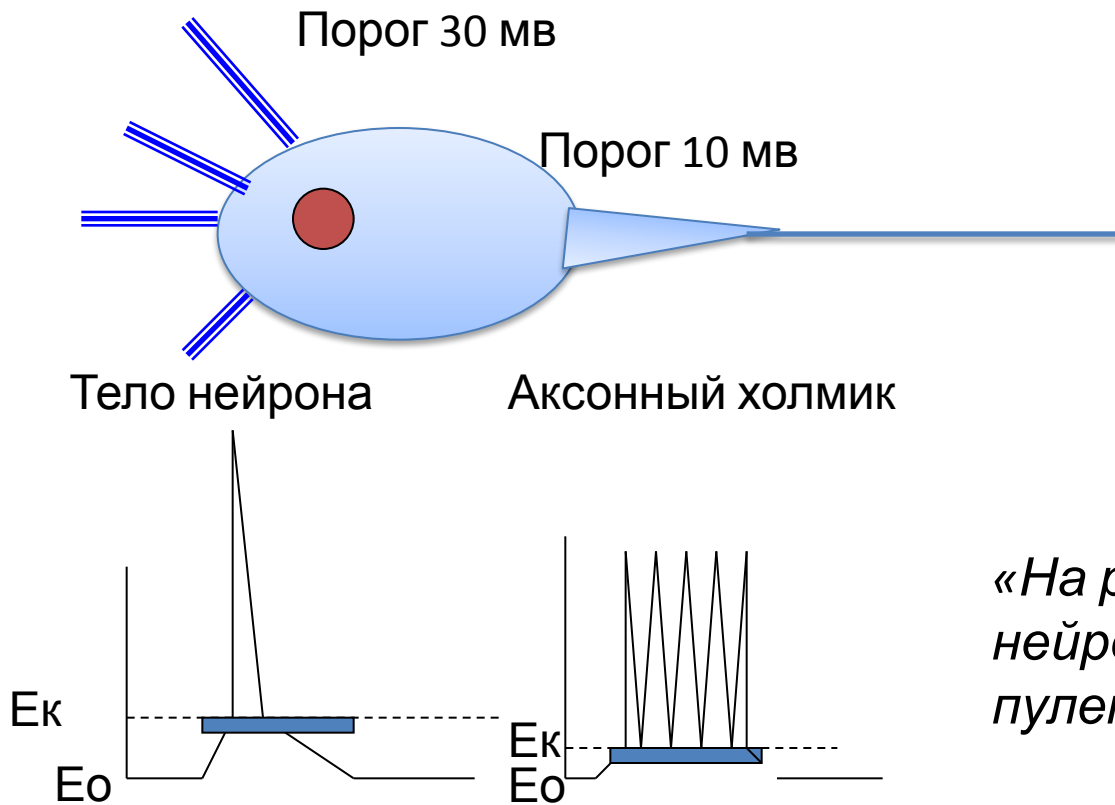
*Фазовые соотношения
входящих импульсов*

(следующие
попадают в
рефрактерность
предыдущего)

При ритмических раздражениях активность нейрона настраивается на ритм
приходящих импульсов (происходит усвоение ритма), при этом
обеспечивается сонстройка многих н.ц. при управлении сложными
двигательными актами

Трансформация ритма

*Триггерные свойства
аксонного холмика*



*«На ружейный выстрел
нейрон отвечает
пулеметной очередью»*

Особенности
НЦ:

Легкоутомляемы

Чувствительны к гипоксии

Находятся в тонусе

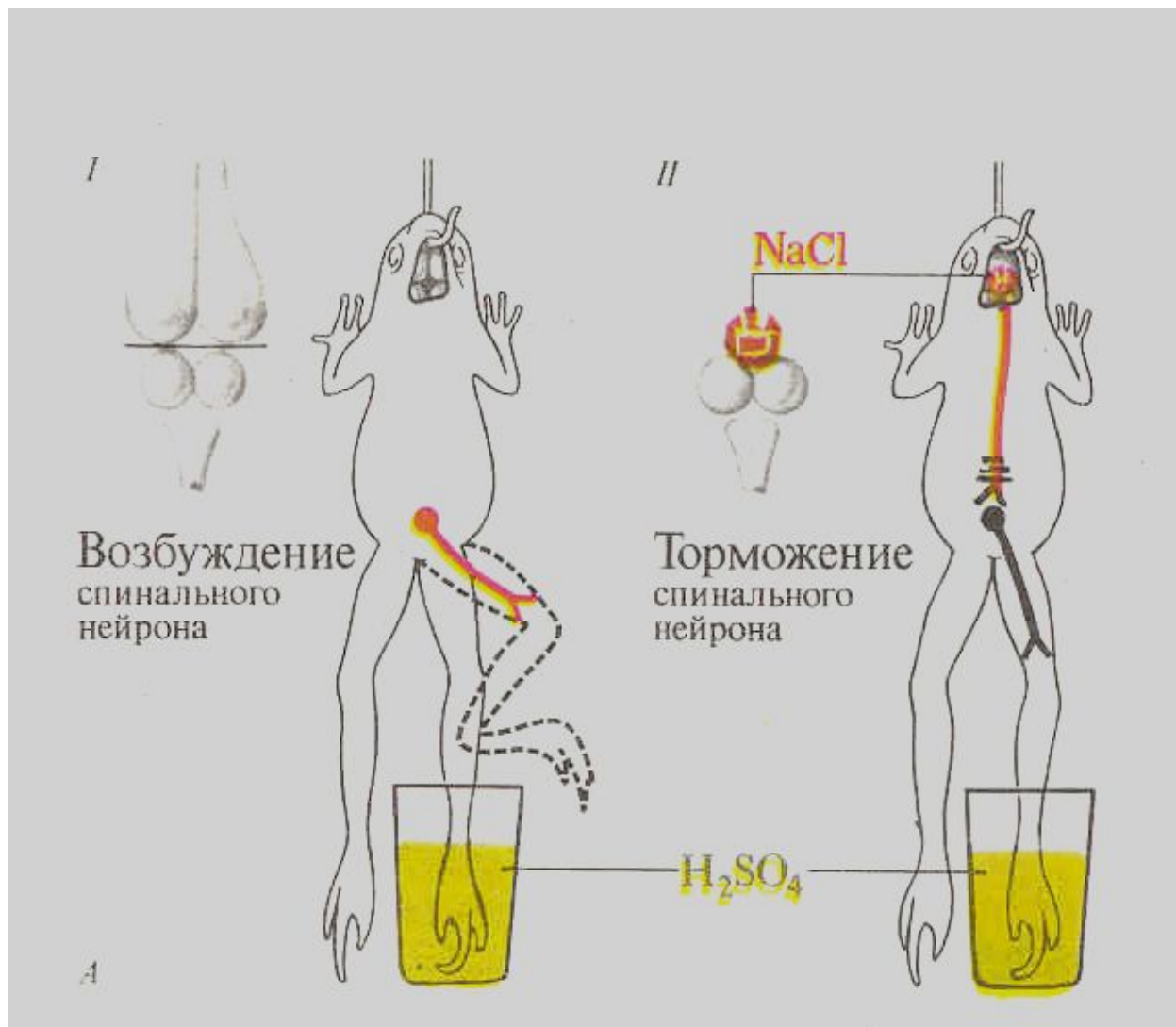
Избирательно чувствительны к
химическим веществам

5.Торможение и его ВИДЫ

Торможение - процесс, при котором раздражитель вызывает в клетке не возбуждение (повышение активности), а снижение возбудимости, обмена веществ, уменьшение роста.

Торможение – **активный нервный процесс**, который предупреждает или угнетает возбуждение

Торможение в ЦНС (опыт И.М. Сеченова)



Значение торможения:

Ограничивает распространение возбуждения на соседние н.ц., способствуя его концентрации в необходимых участках нервной системы

предохраняет н.ц. от чрезмерного перенапряжения (**охранительное торможение**)

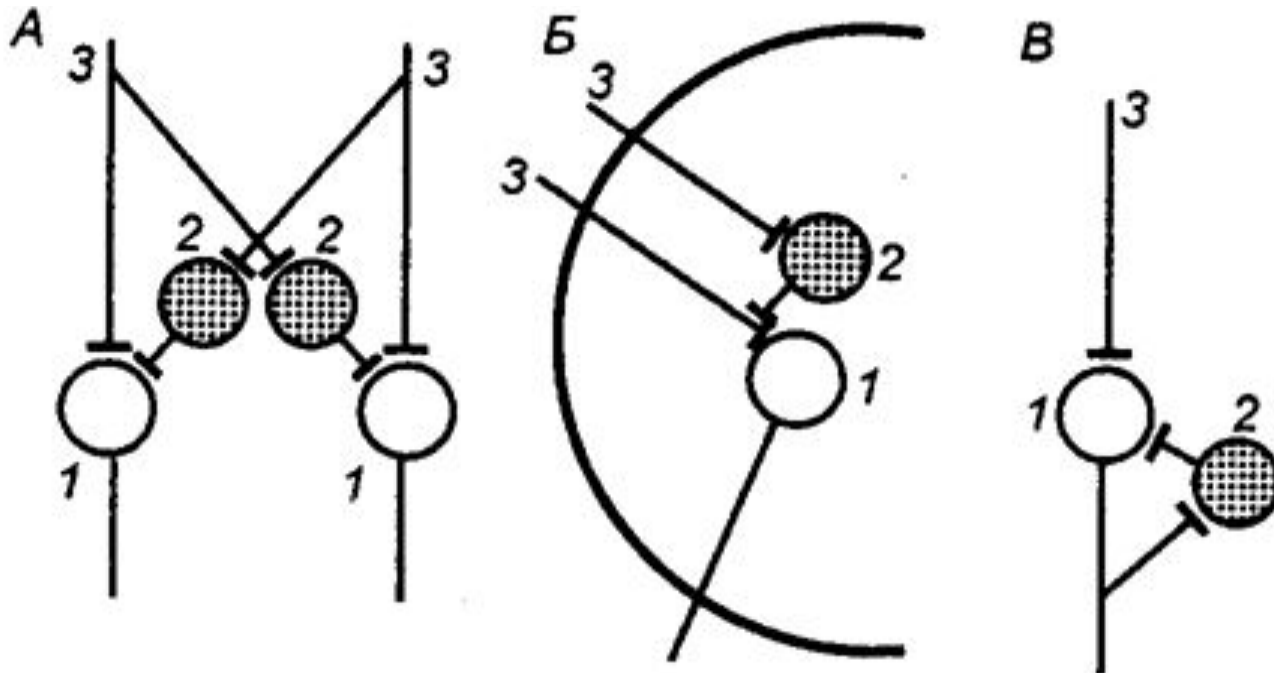
выключает деятельность ненужных в данный момент органов (при возникновении возбуждения в нескольких н.ц.)

Особенности торможения:

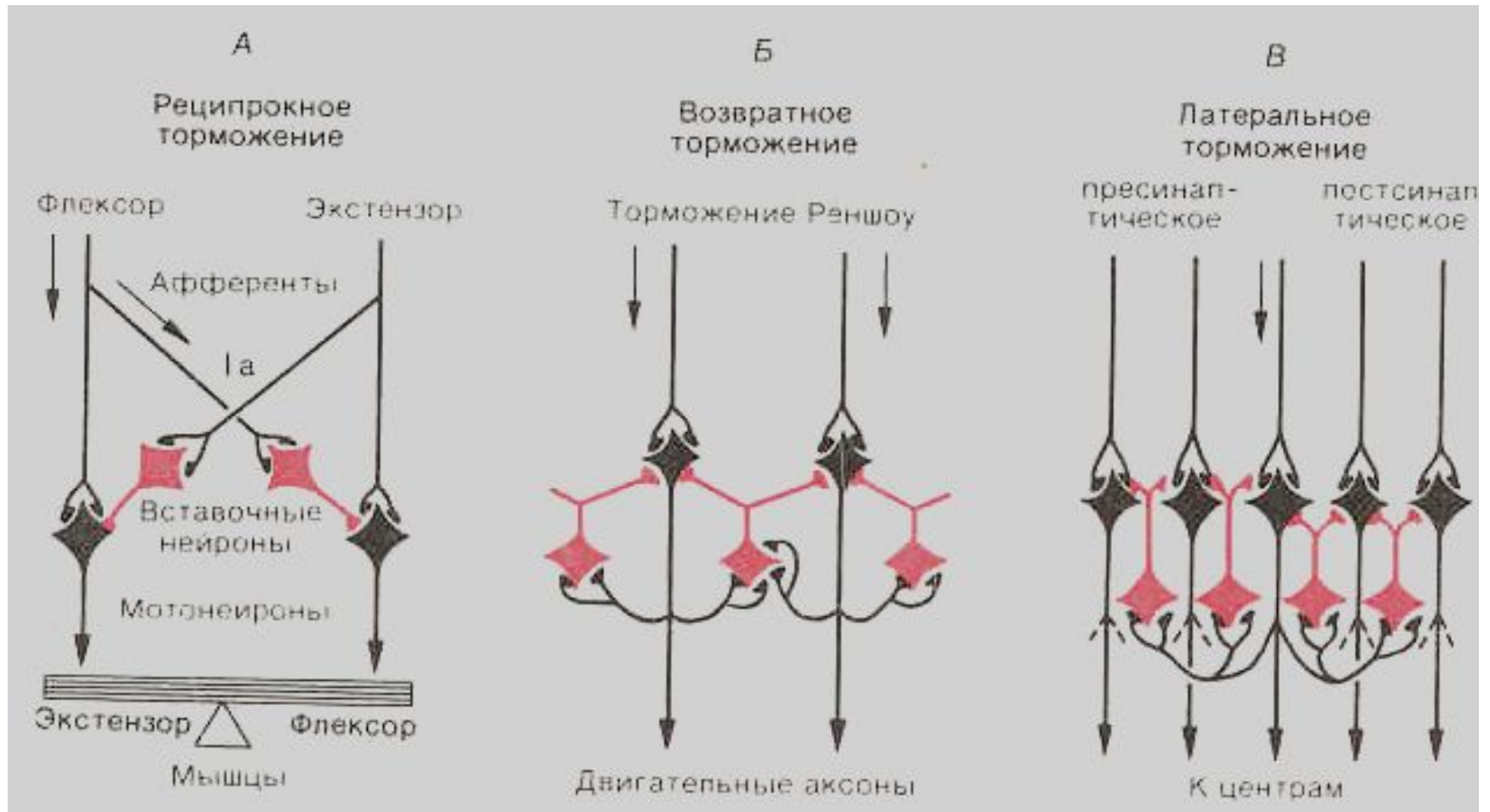
- Не распространяется по нервному волокну
- Это местный процесс в области синаптических контактов
- Тормозные процессы возникают либо в пресинаптической, либо в постсинаптической мембране клетки
- Чаще всего осуществляется тормозными нейронами (вставочные нейроны с ГАМК) – клетки Реншоу, Пуркинье, корзинчатые
- Тормозные клетки, возбуждаясь, блокируют возбуждение нейронов

Виды торможения:

- Реципрокное
- Возвратное
- Латеральное
- Прямое взаимное



Виды (способы) торможения

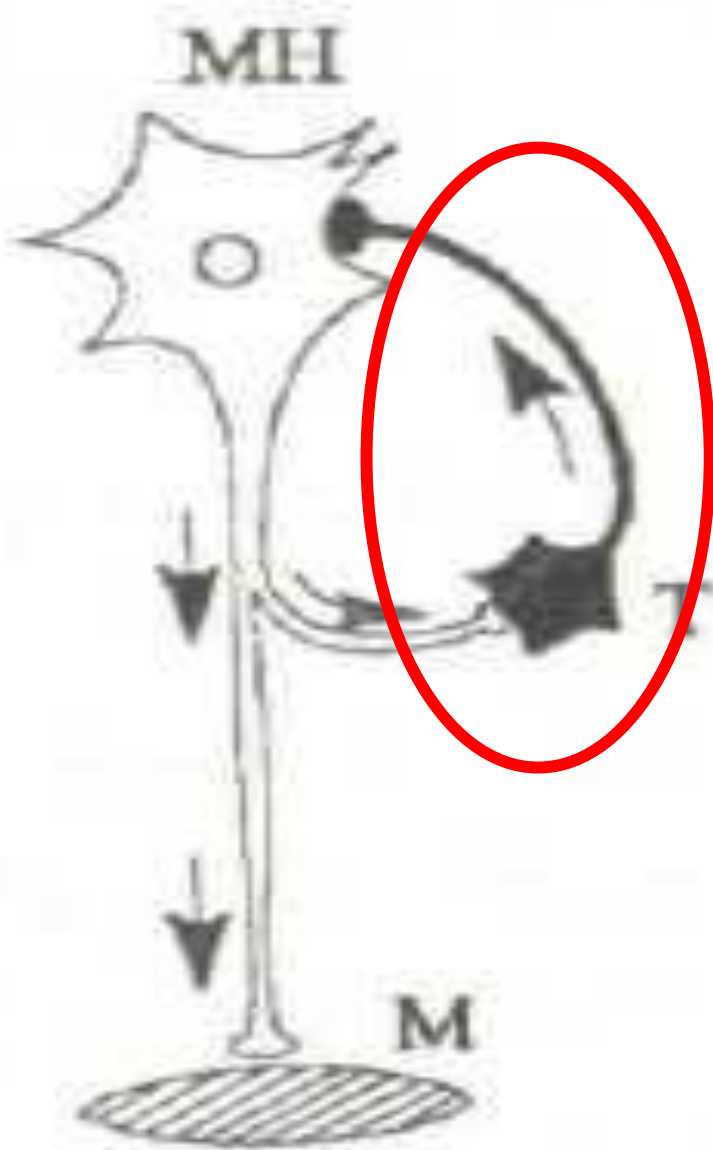




Реципрокное торможение

Взаимное (сопряженное) торможение центров антагонистических рефлексов, обеспечивающее координацию. Осуществляется с помощью специальных вставочных тормозных нейронов – **клеток Реншоу**

Возвратное торможение



- Торможение нейронов собственными импульсами, поступающими по возвратным коллатералям к тормозной клетке. Обеспечивается ограничение ритма мотонейронов, необходимого для нормальной работы двигательного аппарата

пресинап-
тическое

постсинап-
тическое

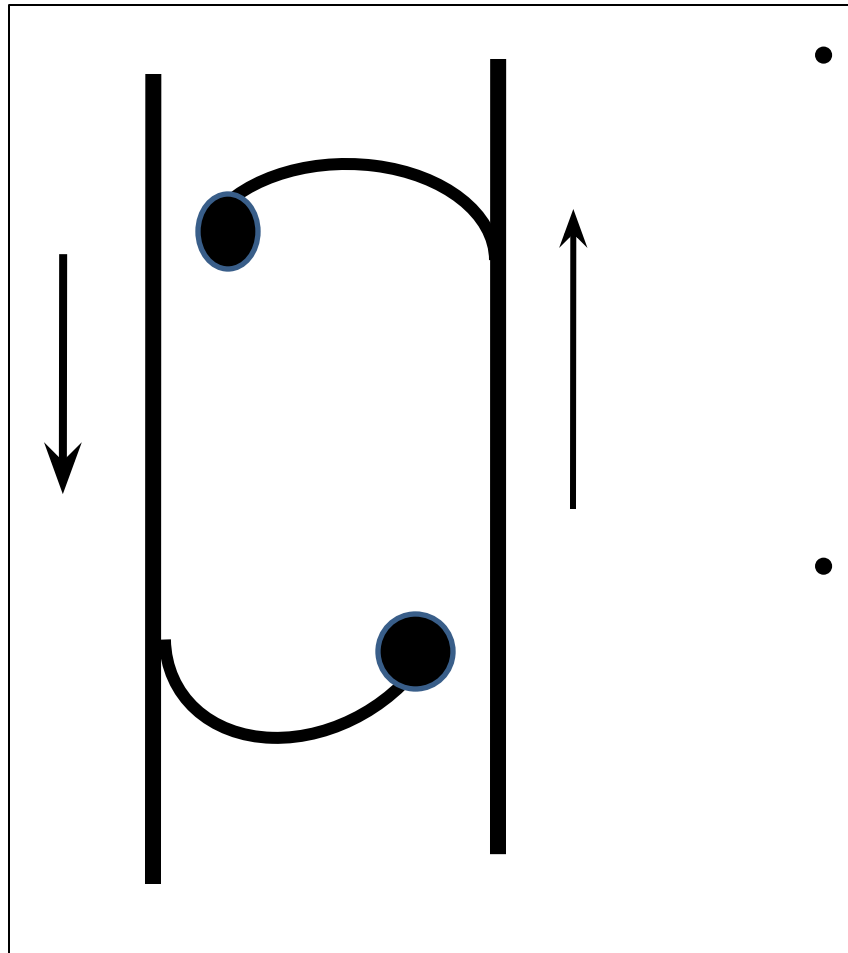


К центрам

Латеральное торможение

- Торможение элементов соседних нервных цепочек в конкурирующих сенсорных каналах связи
- Обеспечивает контраст, выделение существенных сигналов из общего фона

Прямое взаимное торможение



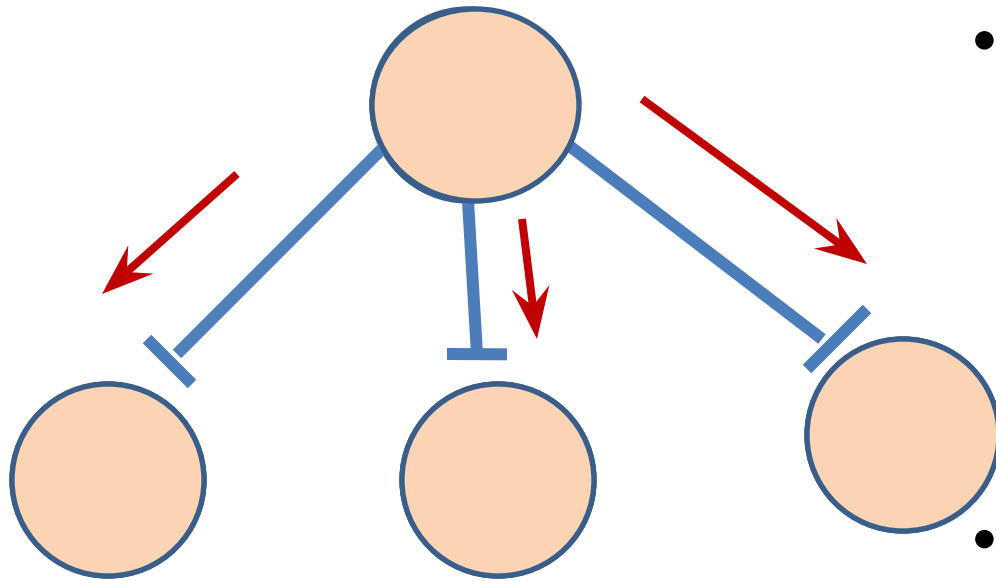
- Тормозное взаимодействие двух или более командных нейронов, осуществляемое без вставочных нейронов
- Активная клетка прямо тормозит конкурента, чем освобождает себя от торможения с его стороны (принцип доминанты)

ПРИНЦИПЫ КООРДИНАЦИИ РЕФЛЕКТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

координация основана на
возбуждении и торможении

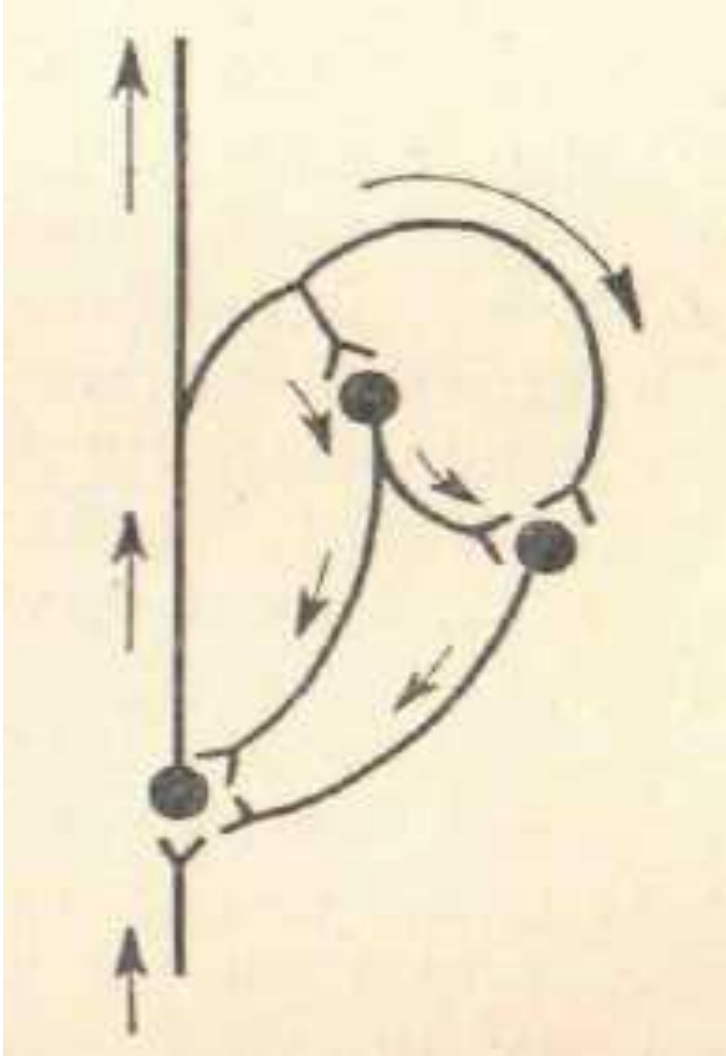
1. РЕЦИПРОКНОСТИ
2. ДОМИНАНТЫ
3. ОБЩЕГО КОНЕЧНОГО ПУТИ
(по Шеррингтону)
4. СУБОРДИНАЦИИ НЕРВНЫХ ЦЕНТРОВ
5. ОБРАТНОЙ АФФЕРЕНТАЦИИ

Иррадиация возбуждения



- Иррадиация – распространение возбуждения на другие нервные центры, протекает в форме **дивергенции**
- Значение – формирование новых реакций организма (начало формирования двигательного навыка)

Самовозбуждающиеся нервные цепи



- возбуждение возникает в ответ на внешний сигнал и циркулирует до тех пор, пока внешний тормоз не выключит одно из звеньев цепи
- механизм кратковременной памяти

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОМИНАНТЫ

(ПО А.А. Ухтомскому 1921)

Доминанта - временный рефлекс или поведение, трансформируется и направляется для данного времени при прочих равных условиях работа прочих дуг, рефлекторного аппарата в целом

Повышенная возбудимость доминантного центра

Стойкость возбуждения в доминантном центре

Признаки:

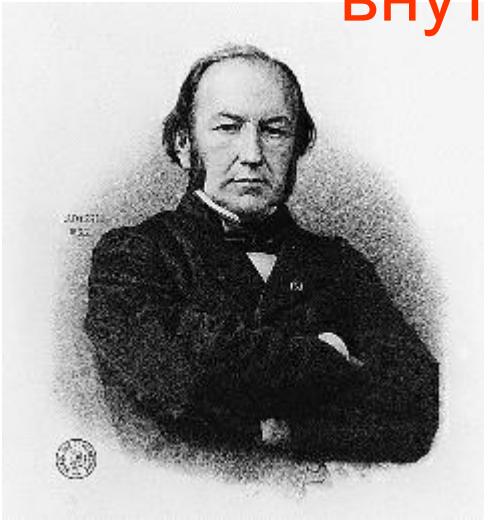
Способность суммировать возбуждения, тем самым подкрепляя свое возбуждение посторонними импульсами

Способность тормозить другие текущие рефлексы на общем конечном пути

Инертность доминантного центра

6. Физиологические механизмы регуляции

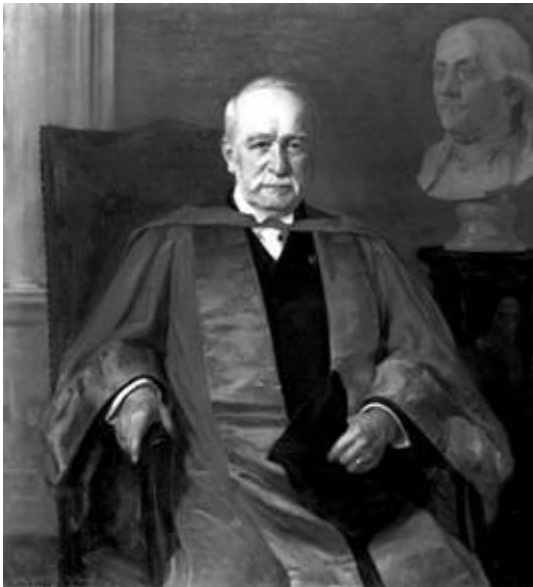
ГОМЕОСТАЗ - поддержание постоянства внутренней среды организма



Клод Бернар (Claude Bernard) (1813-1878)

“Постоянство внутренней среды есть условие свободной, независимой жизни.”

Внутренняя среда организма:
кровь, тканевая жидкость,
лимфа.



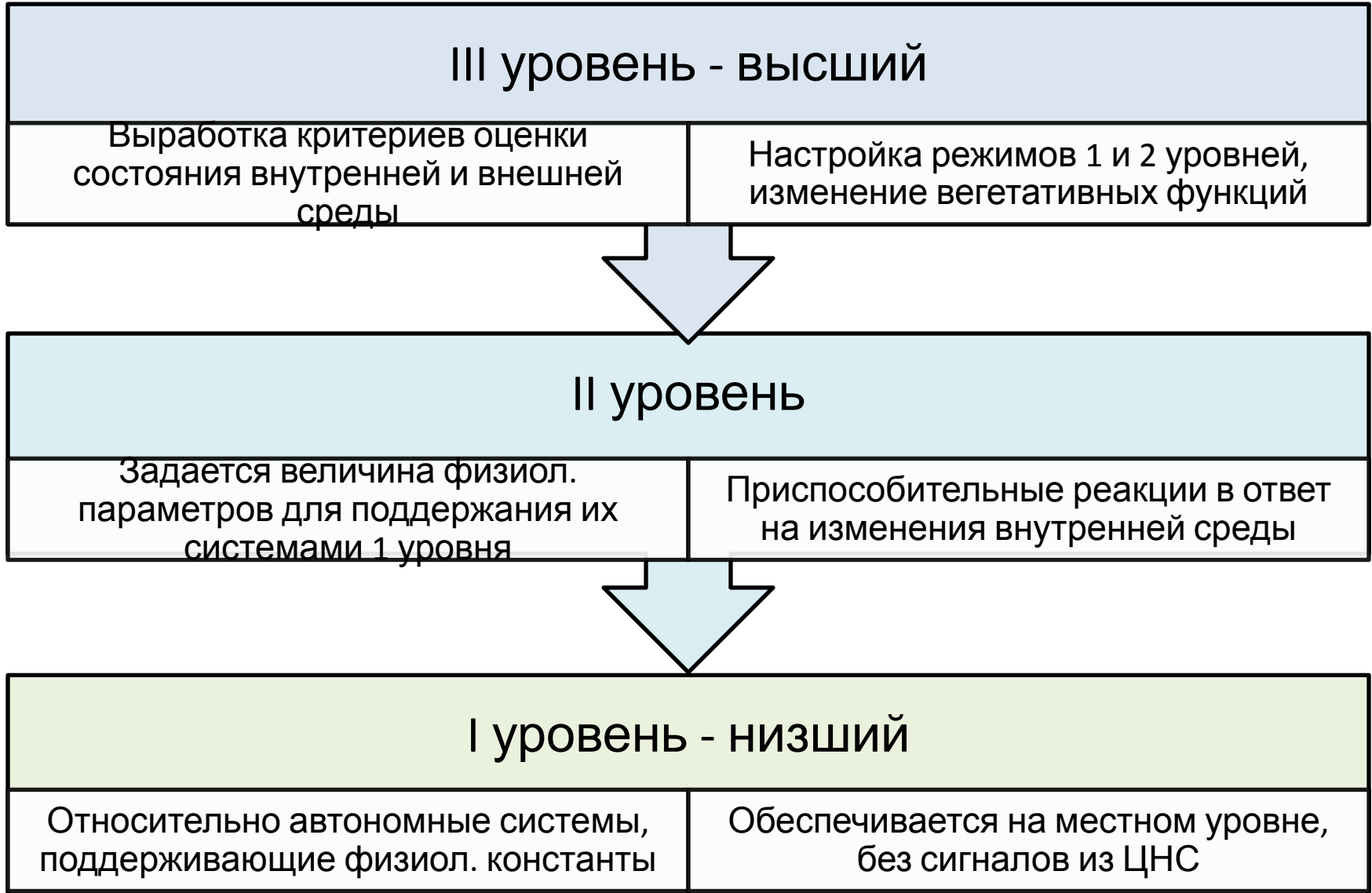
Уолтер Кэннон

(Walter Bradford Cannon) (1871-1945)

Гомеостаз - поддержание относительного постоянства внутренней среды организма
(*homeo* – такой же, сходный; *stasis* – стабильность, равновесие).

- В основе физиологической регуляции лежит передача и переработка информации
- Материальный носитель информации – сигнал (физический, химический, электрический)
- Переработка информации осуществляется системой регуляции

Система регуляции:



Типы регуляции:

- **По возмущению** – (саморегуляция **по входу**) системы.
Возможна только для систем, имеющих связь с внешней средой.
- Включается, если на организм оказывает воздействие внешний фактор, меняющий условия его существования
- *Пример – физическая нагрузка*
- **По отклонению** – (саморегуляция **по выходу**).
- Сравнение параметров, определение рассогласования между ними, включение исполнительных механизмов для устранения рассогласования.
- Необходима **обратная связь** (положительная или отрицательная)
- *Пример – повышение уровня глюкозы крови, CO₂*

Обратная связь

Положительная – выходной сигнал системы регуляции усиливает входной сигнал: активация функции вызывает усиление механизмов регуляции, еще больше ее активизирующих



Дестабилизирующий эффект



Не приводит к гомеостазу, используется для перехода к новому состоянию физиологической функции

Пример – поступление пищи в желудок усиливает выработку желудочного сока, а продукты гидролиза стимулируют сокоотделение
Свертывание крови, роды

Отрицательная – выходной сигнал уменьшает входной, а активация функции подавляет механизмы регуляции, усиливающие эту функцию



Устойчивое состояние системы



Поддержание гомеостаза

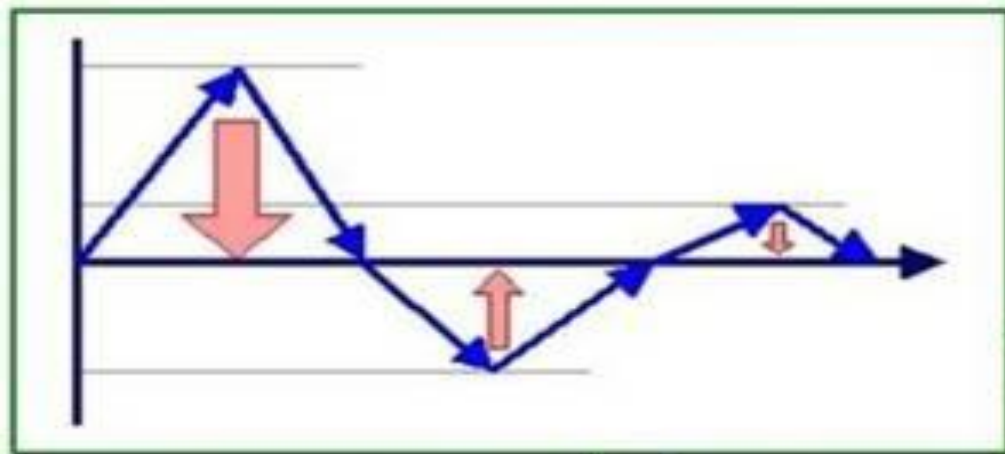
Пример – гормональный баланс в организме, барорефлекс



Главный принцип гомеостаза – принцип отрицательной обратной связи

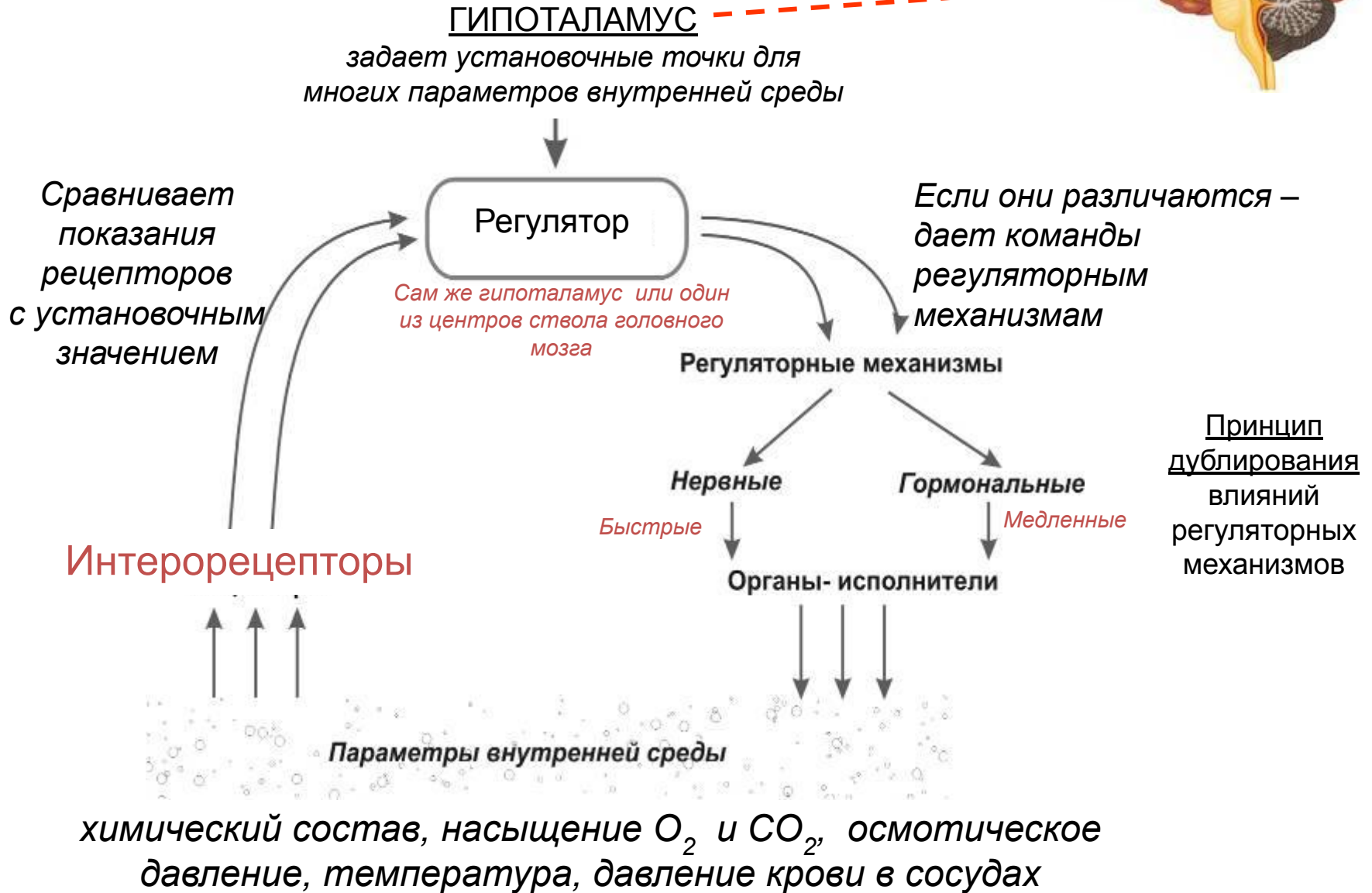
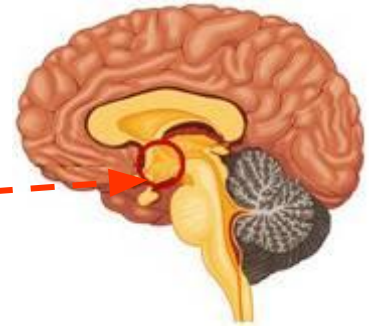


Сравнение реальной величины с установочной точкой



Уменьшение отклонений параметра от заданной величины

Регуляция по принципу отрицательной обратной связи в нашем организме



Механизмы регуляции жизнедеятельности

Нервный

- Используется для передачи и переработки информации
- Участвуют структуры нервной системы (нейроны, нервные волокна)
- Обеспечивает быструю и направленную передачу импульсов (сигналов)
- Основной механизм регуляции - рефлекс

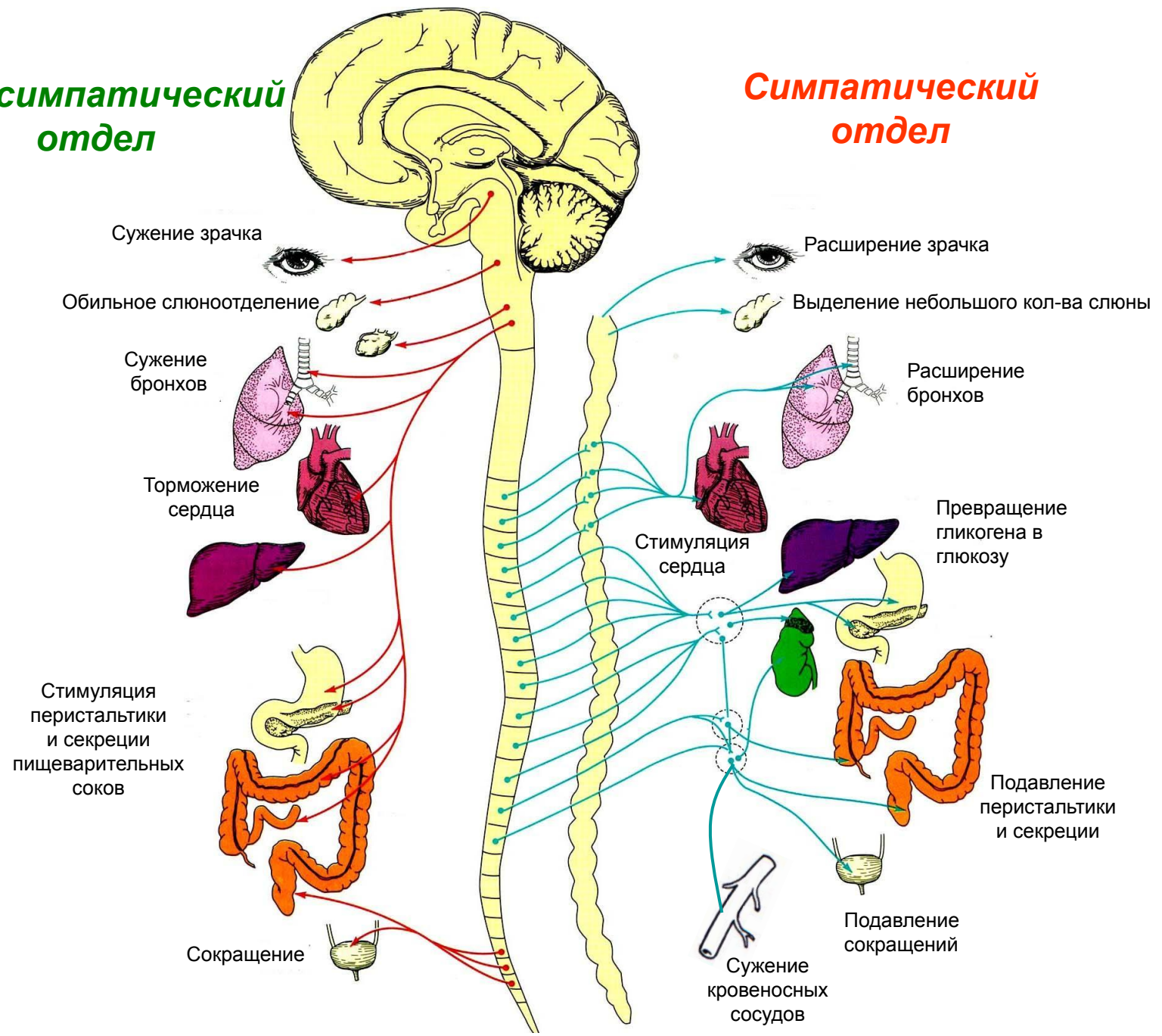
Гуморальный

- Используется внутренняя среда и химические вещества – гормоны
- Осуществляется эндокринной системой
- Гормоны: вырабатываются в специальных железах
- Выводятся в жидкости
- Оказывают действие на клетки-мишени, активны в низких концентрациях
- Механизм регуляции: гипоталамус – гипофиз — железа внутренней секреции

Нервный механизм
регуляции.
Автономная
(вегетативная) нервная
система

Парасимпатический отдел

Симпатический отдел



Преобладает симпатическая регуляция



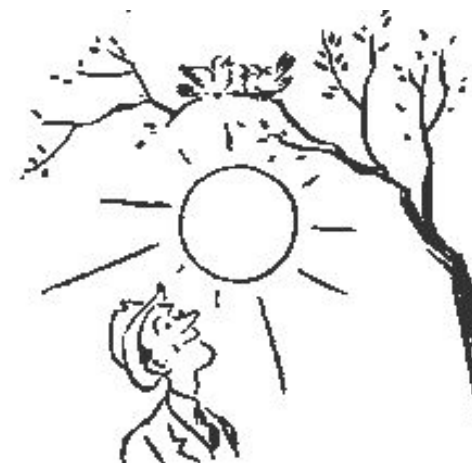
*Борьба или
бегство*



Преобладает парасимпатическая регуляция



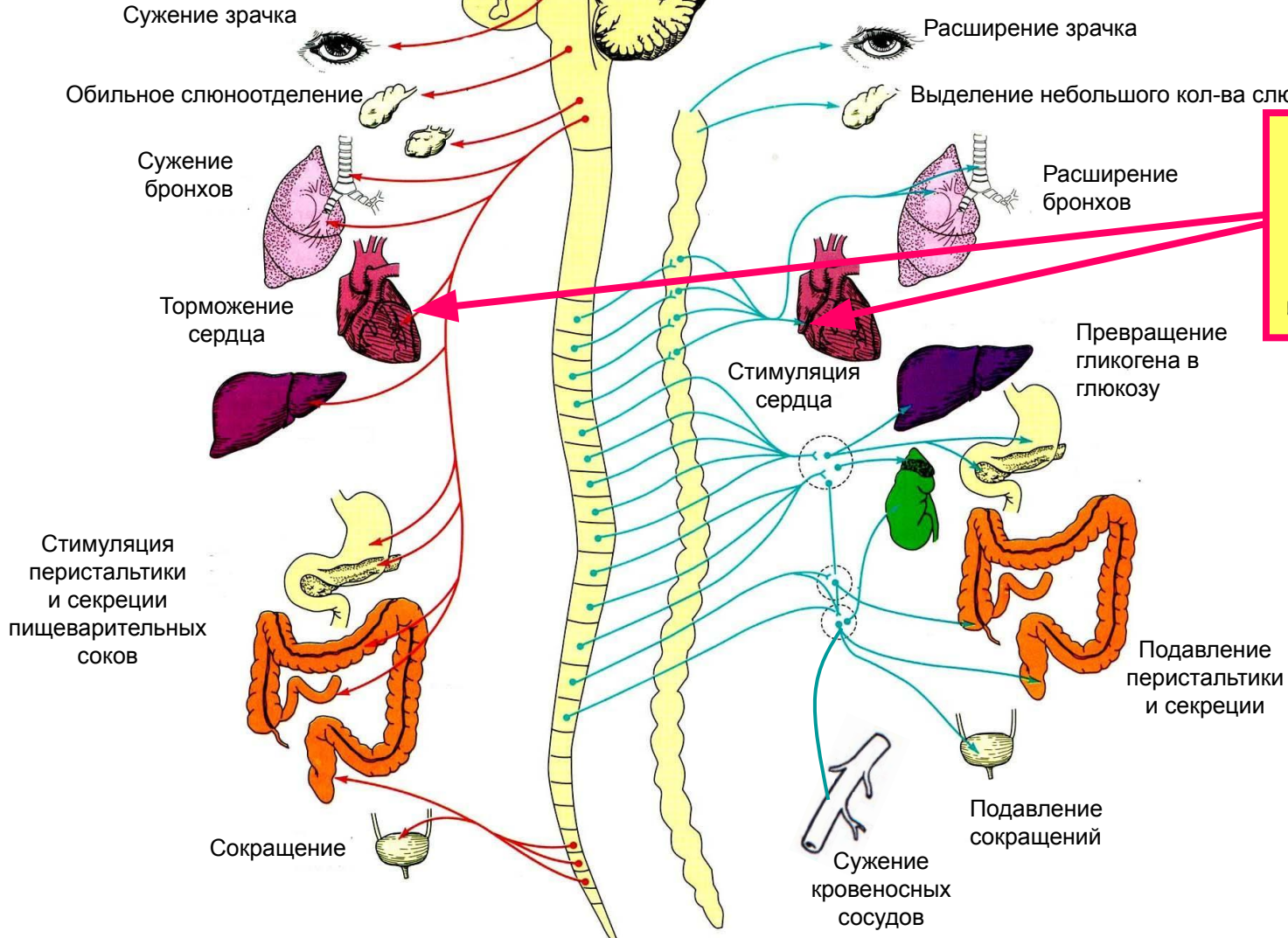
*Покой и
возобновление
ресурсов организма*



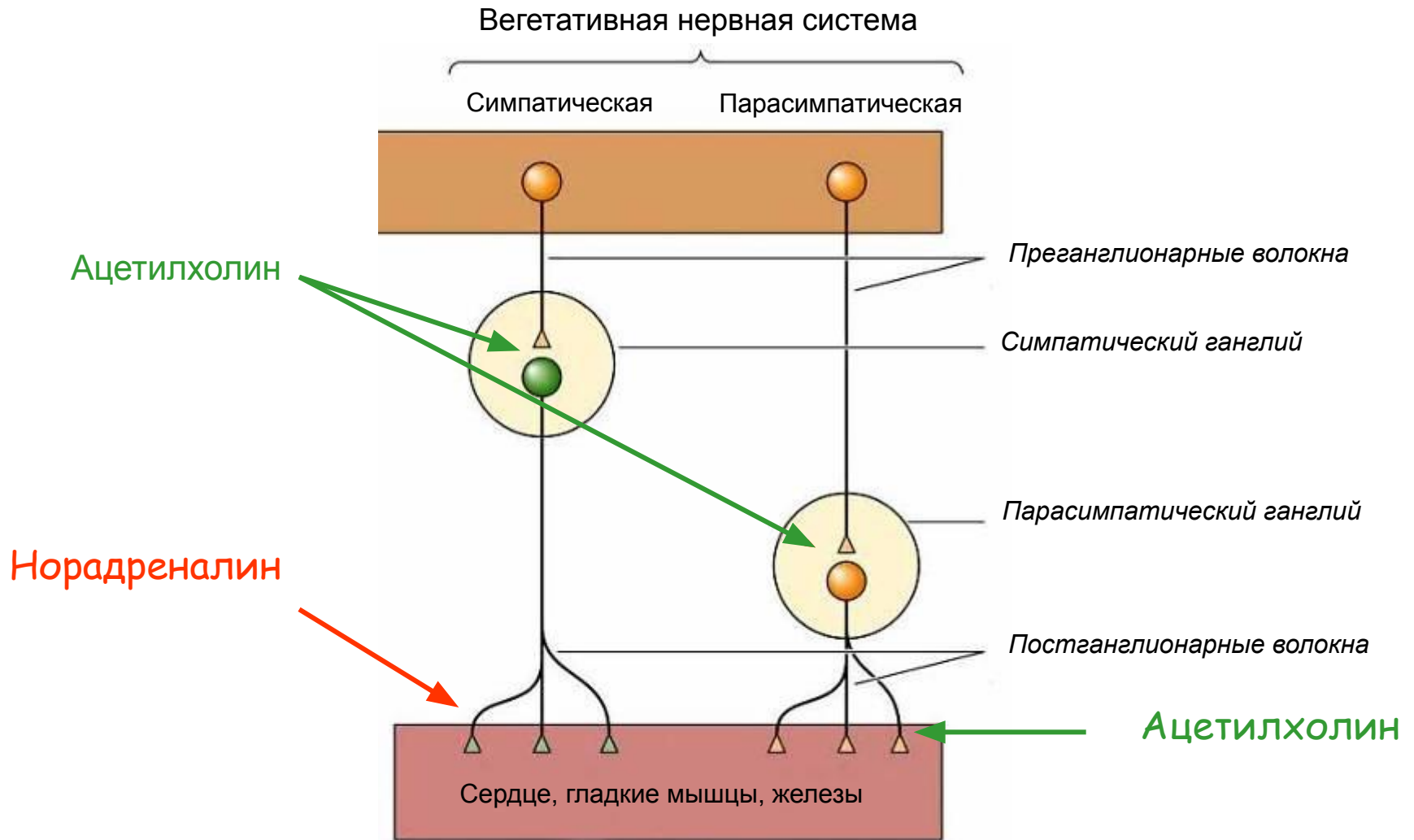
Почему эфффекты так сильно различаются?

Парасимпатический отдел

Симпатический отдел



Медиаторы вегетативной нервной системы



Влияние ВНС на деятельность эффекторных органов

- Многие внутренние органы имеют двойную или тройную иннервацию
- Отделы СНС и ПНС часто синэргичны
- Волокна С и ПС находятся в состоянии непрерывного возбуждения (тонуса).
- При преобладании симпатического тонуса – **симпатикотония**
- Преобладание парасимпатического тонуса - **ваготония**

Влияние СНС на органы

- Возрастает работоспособность мышцы
- Активизируется деятельность ЦНС
- Повышаются иммунные процессы
- Повышается свертывание крови
- Учащается ЧСС, повышается АД
- Расслабляется мускулатура бронхов
- Снижается перистальтика кишечника
- Сокращение сфинктеров
- **СНС мобилизует все ресурсы организма, приводит к расходованию Е.**

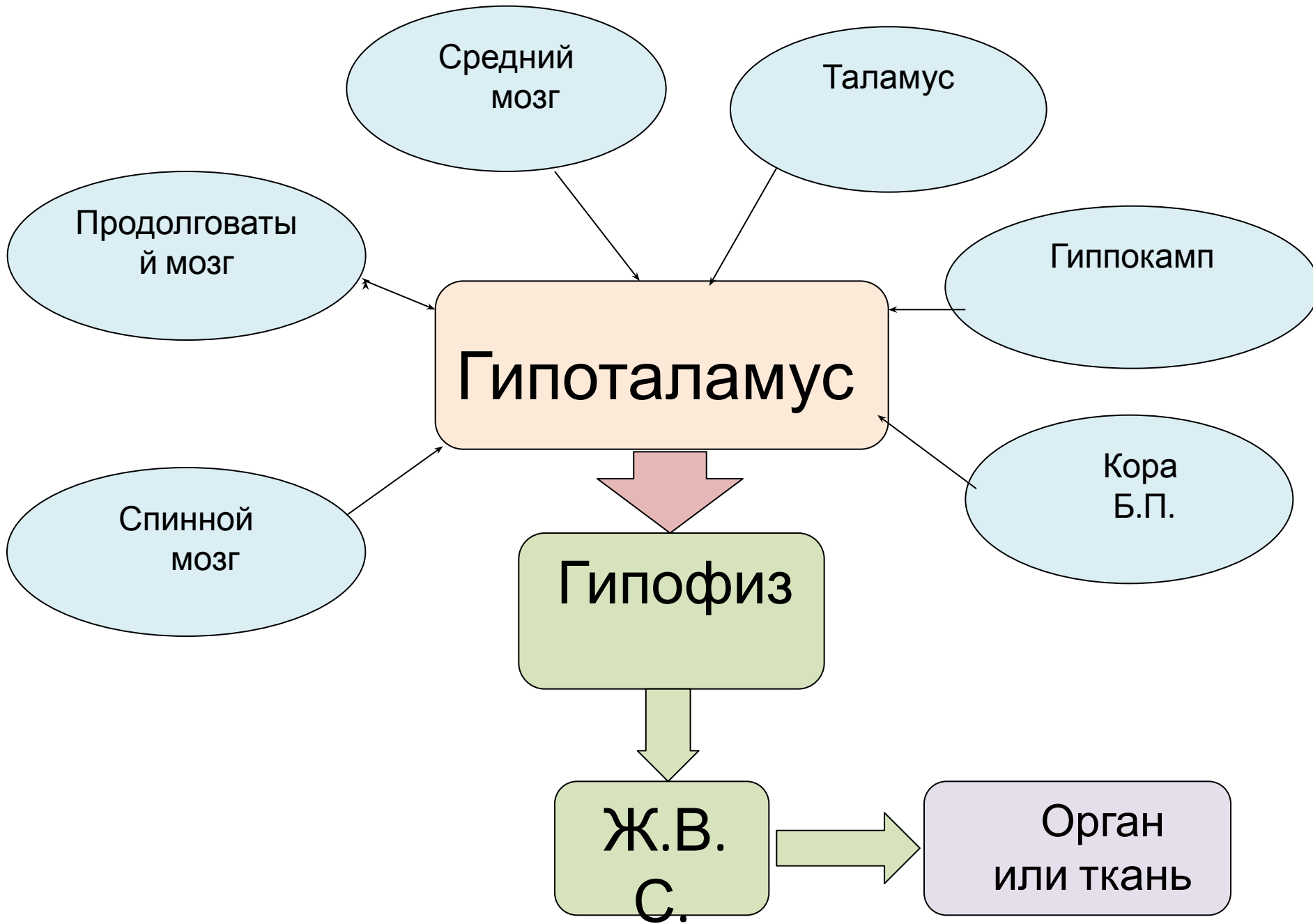
Влияние ПС на органы

- Снижается ЧСС, сила сердечных сокращений
- Усиливается моторика кишечника
- Расслабляются сфинктеры
- Сокращается желчный пузырь
- **ПС вызывает накопление E, стабилизацию внутренней среды**

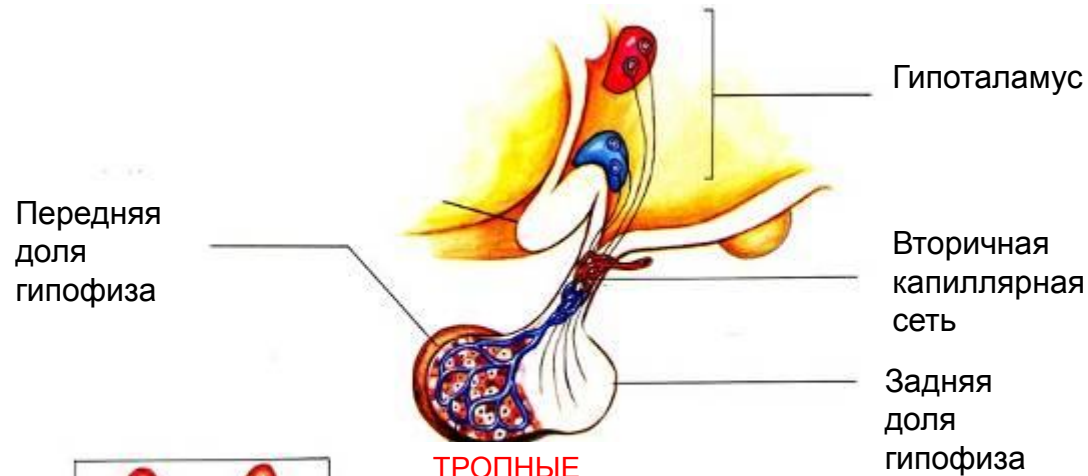
Адаптационно-трофическая функция симпатической н.с. (по Л.Орбели)

- При стимуляции симпатических н. волокон возрастает работоспособность мышцы, изменяется возбудимость рецепторов
- СНС активизирует деятельность Н.С. в целом, усиливая иммунные процессы, свертывание крови, процессы терморегуляции
- Возбуждение СНС – неременное условие всех стрессорных состояний, оно служит первым звеном запуска цепи гормональных реакций.

Гипоталамо-гипофизарная система



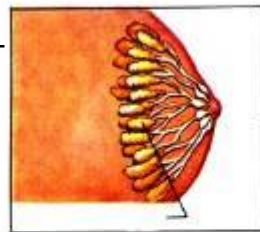
Гипоталамус и гипофиз: регуляция других желез внутренней секреции



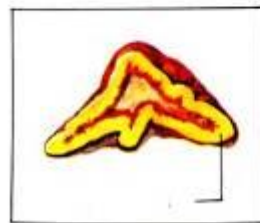
ТРОПНЫЕ
ГОРМОНЫ



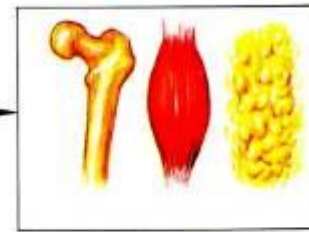
Тиреотропный гормон
(стимуляция работы щитовидной железы)



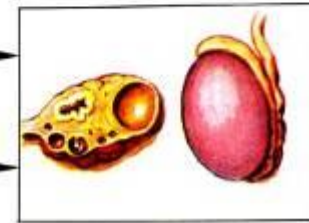
Прولاктин (стимулирует продукцию молока и инстинкты ухода за потомством)



Кортикотропный гормон
(стимулирует продукцию гормонов коры надпочечников)



Гормон роста (соматотропный гормон)
стимулирует рост скелета и мышц, а также расщепление жира)



Гонадотропные гормоны
(стимулируют продукцию половых гормонов)

Симпатоадреналовая
система (САС) и ее роль в процессах адаптации

Катехоламины образуются в мозговом веществе надпочечников и в симпатических нервных окончаниях

- *Адреналин (80%) и норадреналин* усиливают расщепление гликогена, суживает артериолы кожи, брюшных органов, угнетает деятельность кишечника, мускулатура бронхов расширяется, повышается работоспособность мышц