

Дагестанский государственный медицинский университет

Кафедра нормальной физиологии

РАЗДЕЛ: ФИЗИОЛОГИЯ ЦНС



Тема лекции:

ВОЗБУЖДЕНИЕ И  
ТОРМОЖЕНИЕ В ЦНС.

СВОЙСТВА НЕРВНЫХ  
ЦЕНТРОВ.

ПРИНЦИПЫ КООРДИ-  
НАЦИИ  
РЕФЛЕКТОРНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ЦНС.

Доц. А.Х. Измайлова

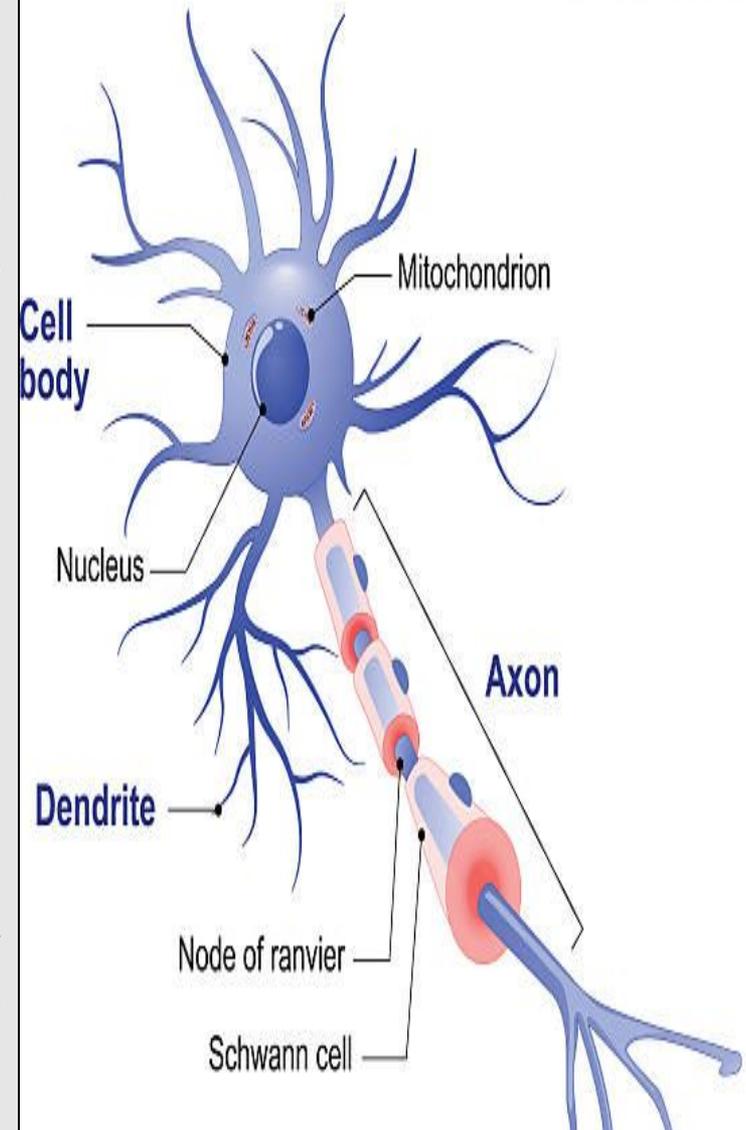
# Основные функции ЦНС

- **Центральная нервная система** представлена совокупностью нервных структур спинного и головного мозга, которые координируют деятельность всех органов и систем, обеспечивают приспособление организма к изменениям внутренней и внешней среды, формируют целенаправленное поведение.
- **Основными функциями ЦНС являются:**
  - 1) Интегративная функция, обеспечивающая координацию деятельности всех тканей, органов и систем. Эта функция является важнейшим фактором формирования целостности организма.
  - 2) Регуляторная - регуляция деятельности отдельного органа или системы организма.
  - 3) Адаптационная - приспособление организма к изменяющимся условиям среды.
  - 4) Трофическая - регуляция роста, дифференцировки и обмена веществ организма, его клеток, тканей и органов.
  - 5) Организация психических процессов (мышления, памяти, речи и др.).
  - 6) Сенсорная - формирование ощущений при действии факторов среды.
  - 7) Моторная - регуляция двигательной активности и формирование целенаправленного поведения.

# Структурно-функциональная единица ЦНС

## NEURON

- **Структурно-функциональной** единицей ЦНС является нервная клетка (нейрон), состоящая из сомы (тела) и отростков (дендриты и аксон).
- **Дендриты** - это чувствительные отростки, воспринимающие импульсы от рецепторов или других нервных клеток (как правило, они короткие и множественно ветвятся).
- **Сома** нейрона осуществляет обработку возбуждающих и тормозных влияний; синтез белков и клеточного материала, распределение их по отросткам, обеспечивая их трофику.
- **Аксон** - исполнительный (центробежный) отросток, проводящий импульсы к др. нейрону или эффекторной клетке; он всегда один. Переход сомы в аксон - аксонный холмик имеет низкий порог возбуждения и высокую плотность натриевых каналов. Именно в нем формируется ПД нейрона.



# Классификация нейронов

- **Функции нейрона** - восприятие, переработка и хранение информации; передача сигнала другим нервным клеткам; регуляция функции эффекторных клеток органов и тканей.

## Классификация нейронов

- **По количеству отростков** - униполярные (один отросток; у человека таких нет), псевдоуниполярные (разновидность биполярных - аксон и дендрит отходят от одного полюса сомы), биполярные (два отростка - дендрит и аксон), мультиполярные (один аксон и несколько дендритов).
- **По функциям** - афферентные, вставочные, эфферентные.
- **По влиянию** - возбуждающие и тормозящие.
- **По виду медиатора** - холинергические, адренергические, серотонинергические и др.
- **По принадлежности** к отделам ЦНС - соматические и вегетативные.
- **По специфичности** воспринимаемой сенсорной информации - моно-, би- и полимодальные.
- **По активности** - фоновно-активные и молчащие (возбуждаются только в ответ на раздражение).

# Классификации нейронов

## Морфологическая (количество отростков)

Униполярные

Не встречаются

Биполярные

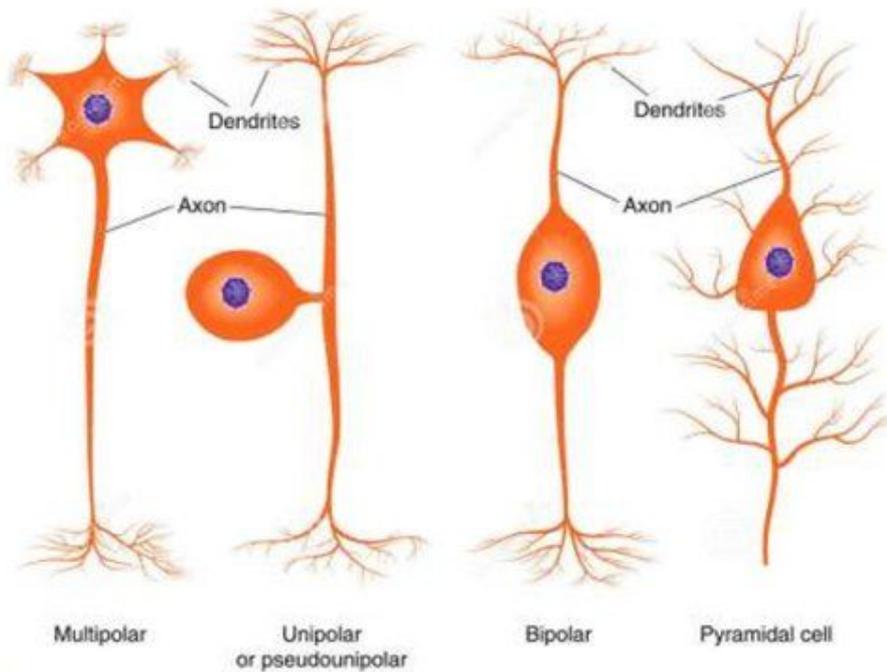
В сетчатке

Мультиполярные

Наиболее распространённые

Псевдоуниполярные

В спинальных и краниальных ганглиях



## Функциональная (по функции)

Чувствительные,  
афферентные

Двигательные,  
эфферентные

Вставочные,  
ассоциативные

## Биохимическая (по нейромедиатору)

Холинергические

Адренергические

Дофаминергические

ГАМК-ергические

Пуринергические

Пептидергические

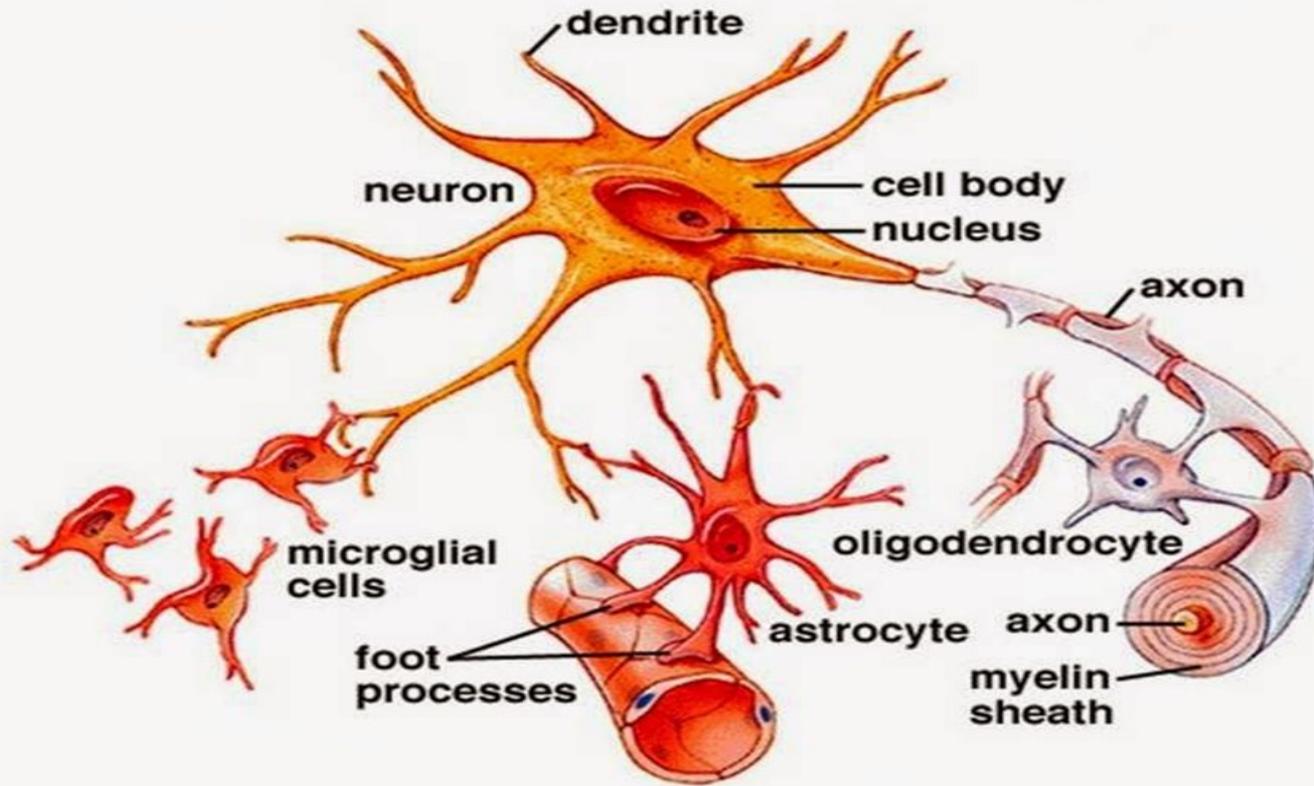
# Клетки нейроглии

- ✓ Пространство между нервными клетками и их отростками заполнено специализированными клетками - **нейроглией**.
- ✓ Нейроглиальных клеток примерно в 5-10 раз больше, чем нейронов и в отличие от нейронов они могут делиться.

## Функции нейроглиальных клеток:

- Нейроглия выполняет в ЦНС вспомогательные функции, обеспечивает поддержку, питание и защиту нейронов.
- **Астроциты** (их большинство) служат опорой нейронов, изолируют нервное волокно и обеспечивают его репарацию при повреждении. Они также участвуют в метаболизме нейронов, регулируя кровоток и обеспечивая глюкозой и кислородом, в первую очередь, более активные участки; очищают внеклеточные пространства от избытка медиаторов и ионов, тем самым устраняя химические «помехи» для взаимодействия с другими клетками.
- **Олигодендроциты** формируют миелиновую оболочку аксонов, им также присущи барьерная и трофическая функции.
- **Клетки микроглии** выполняют в ЦНС роль иммунной системы. Микроглия способна к миграции и фагоцитозу.

# Neurons and neuroglia



نورونگی

# Синапсы в ЦНС

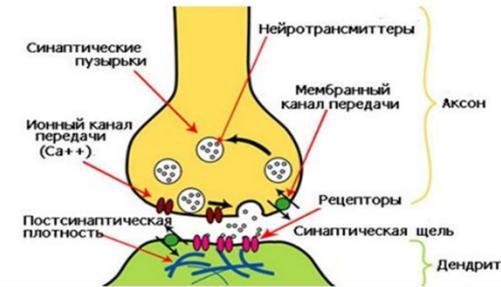
- **Синапс** - специализированная структура, обеспечивающая передачу сигнала с одного нейрона на другой или с нейрона на другую возбудимую клетку.

## Классификация синапсов:

- 1) В зависимости от места контакта клеток - аксосоматические, аксодендритные, аксоаксонные, дендросоматические, денродендритные.
- 2) По эффекту - возбуждающие и тормозящие.
- 3) По способу передачи сигналов - химические (наиболее распространены в ЦНС), электрические, смешанные (электрохимические).

## Строение химического синапса

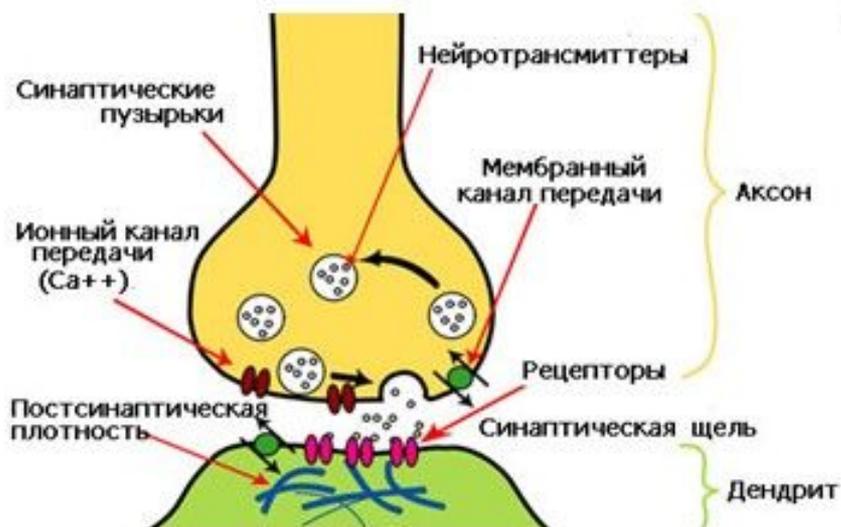
- Пресинаптическая мембрана
- Синаптическая щель (размер до 50 нм)
- Постсинаптическая мембрана



## Медиаторы ЦНС (50)

- ✓ **Амины:** моноамины — ацетилхолин, серотонин, гистамин; катехоламины — норадреналин, дофамин
- ✓ **Аминокислоты:** нейтральные — глутамат, аспартат; **КИСЛЫЕ** — глицин, ГАМК
- ✓ **Нейропептиды:** вещество P, нейротензин, соматостатин и др.
- ✓ **Пурины:** АТФ, аденозин

# Строение химического синапса



Нейромедиатор взаимодействует со специфическим рецептором постсинаптической мембраны, что вызывает изменение ионной проницаемости.

Повышение проницаемости для ионов натрия вызывает деполяризацию постсинаптической мембраны - **генерация возбуждающего постсинаптического потенциала (ВПСП)**.

Увеличения проницаемости для ионов калия и хлора - гиперполяризацию постсинаптической мембраны - **генерация тормозного постсинаптического потенциала (ТПСП)**.

# Рефлекторный принцип нервной регуляции

- Деятельность нервной системы строится по определенным принципам, основной из которых - рефлекторный.
- Впервые в 17 веке Рене Декарт (1595-1650 гг.) ввел понятие «отражение» («рефлексование») для определения деятельности организма на раздражение.
- Сам термин «рефлекс», как отражательный механизм нервной системы, был введен чешским физиологом Г. Прохазка в 1784 г.
- Современные представления о строении рефлекторной дуги, принципах координации рефлексов и их участии в деятельности ЦНС были сформулированы уже в XIX веке.
- В своем знаменитом труде "Рефлексы головного мозга" (1863) И.М. Сеченов распространил рефлекторный принцип на всю деятельность головного мозга и, тем самым, - на всю психическую деятельность человека. Он показал, что "все акты сознательной и бессознательной жизни по способу своего происхождения суть рефлексы".
- Но в то время не существовало методов объективной оценки деятельности мозга, которые могли бы подтвердить это предположение.
- Такой метод был разработан И.П. Павловым — метод условных рефлексов, с помощью которого он расширил рефлекторную теорию, показав, что наиболее сложные и совершенные формы поведения осуществляются на основе условнорефлекторной деятельности.

# Принципы рефлекторной теории И.П. Павлова

**1. Принцип структуры.** Согласно этому принципу, для осуществления рефлекса необходима морфологическая структура - рефлекторная дуга.

Для коры головного мозга свойственна функция образования временных нервных связей - условных рефлексов.

**2. Принцип детерминизма,** т.е. причинная обусловленность каждого явления. Для проявления любого рефлекса необходим повод, толчок, воздействие из внешнего мира или внутренней среды организма.

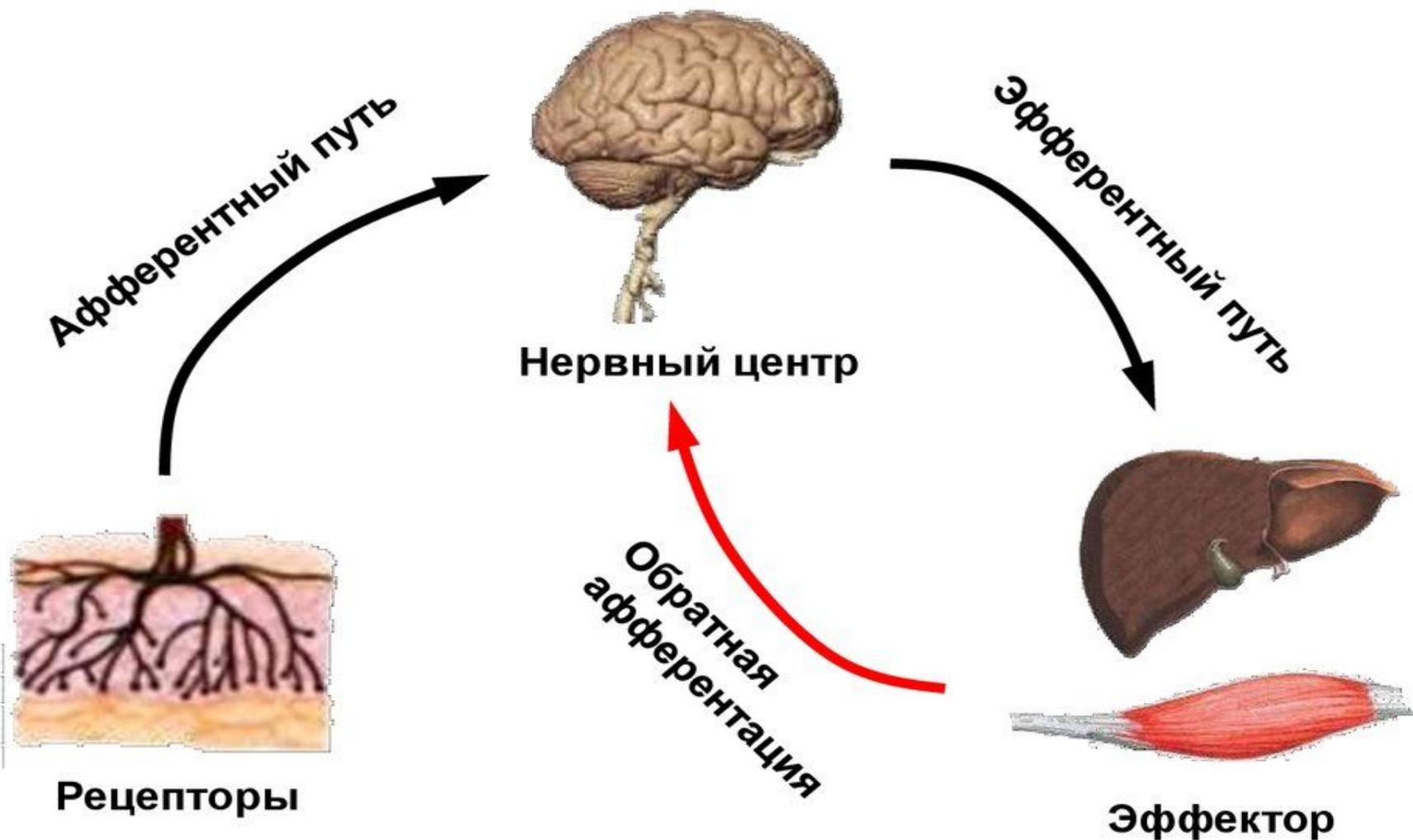
**3. Принцип анализа и синтеза:**

- осуществляется за счет сложных взаимоотношений процессов возбуждения и торможения;
- за счет аналитической деятельности коры головного мозга человек может расчленять сложные явления и предметы на более простые и изучать их в отдельности;
- синтетическая деятельность коры головного мозга дает возможность понять сущность предметов и явлений в целом. Основой является образование условных рефлексов.

# Рефлекс, структура рефлекса

- **Рефлекс** - это ответная реакция организма на раздражение сенсорных рецепторов, осуществляемая с участием ЦНС.
- Структурой рефлекса является рефлекторная дуга, состоящая из пяти звеньев:
  - 1) **Рецептор** - воспринимает сигналы внешней или внутренней среды;
  - 2) **Афферентный нейрон** - передает сигнал от рецептора в ЦНС;
  - 3) **Вставочный нейрон** (нервный центр рефлекса) - обеспечивает переработку полученных сигналов и передачу импульсов к эффекторному нейрону;
  - 4) **Эффекторный нейрон** - формирует ответ в виде нервных импульсов, посылаемых к эффектору (рабочему органу);
  - 5) **Эффектор** - рабочий орган (мышца, железа и др.), деятельность которого изменяется в результате рефлекса.
- Обязательным компонентом рефлекторной реакции является **обратная связь** - нервный путь, по которому сигнал об успешном завершении или не завершении рефлекса передается от эффектора в ЦНС. Благодаря принципу обратной связи ЦНС может вносить дальнейшие коррективы до успешного завершения рефлекса. Таким образом, правильно говорить о «рефлекторном кольце» (а не дуге).

# Рефлекторное кольцо

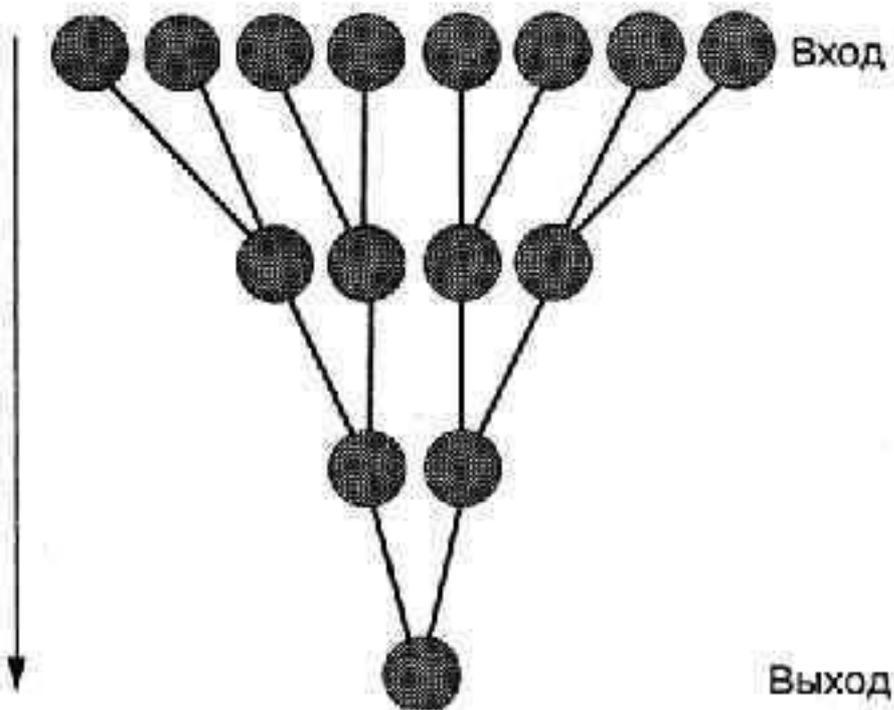


# Классификация рефлексов

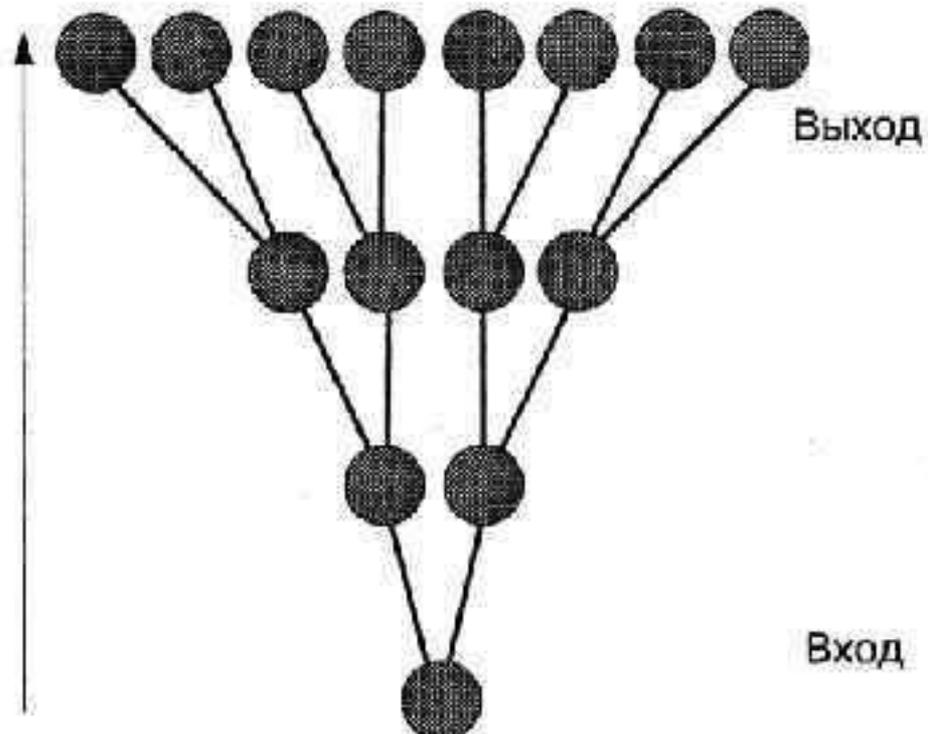
- По срокам появления рефлексов - врожденные (безусловные) и приобретенные (условные).
- В зависимости от числа синапсов в центральной части рефлекторной дуги: моно- и полисинаптические рефлексы.
- По биологическому значению - пищевые, половые, защитные (оборонительные), исследовательские, родительские.
- По рецепторам, раздражение которых вызывает ответную реакцию, различают экстероцептивные, интероцептивные и проприоцептивные.
- По локализации рефлекторной дуги различают - центральные рефлексы (дуга которых проходит через ЦНС) и периферические рефлексы, дуга которых замыкается вне ЦНС.
- В зависимости от отдела нервной системы выделяют соматические и вегетативные рефлексы.

# Особенности распространения возбуждения в ЦНС

- Все особенности проведения возбуждения в ЦНС связаны с наличием химических синапсов, ветвлением аксонов, наличием замкнутых нейронных путей. Среди этих особенностей:
  - 1) **Одностороннее проведение** возбуждения в нейронах рефлекторной дуги: от афферентного к эфферентному, через вставочный нейрон. Это связано со свойствами химических синапсов, которые проводят возбуждение только в одном направлении.
  - 2) **Замедленное проведение** возбуждения в ЦНС по сравнению с нервным волокном также объясняется наличием передачи импульсов в ЦНС от нейрона к нейрону через химические синапсы (синаптическая задержка возбуждения).
  - 3) **Иррадиация возбуждения** - широкое распространение возбуждения в ЦНС на фоне действия сильных раздражителей. В основе этого свойства - лежит принцип дивергенции, расхождение возбуждения от одного нейрона к нескольким.
  - 4) **Конвергенция возбуждения** - схождение возбуждения от нескольких нейронов к одному (принцип общего конечного пути).
  - 5) **Циркуляция возбуждения по замкнутым нейронным цепям** - наиболее вероятный механизм кратковременной памяти.
  - 6) Распространение возбуждения в ЦНС легко блокируется **фармакологическими препаратами**. Это широко применяется в клинической практике.



Конвергенция



Дивергенция

# Нервный центр и его свойства

- **Нервный центр** - это функциональное объединение нейронов, обеспечивающее осуществление какого-либо рефлекса или регуляцию какой-либо определенной функции.
- **Нейроны**, входящие в нервный центр, обычно находятся в одном отделе ЦНС, но могут располагаться и в нескольких. Например, в акте дыхания участвует не только центр дыхания в продолговатом мозге, но и нервные клетки варолиева моста, коры головного мозга и мотонейроны спинного мозга.

## Свойства нервных центров

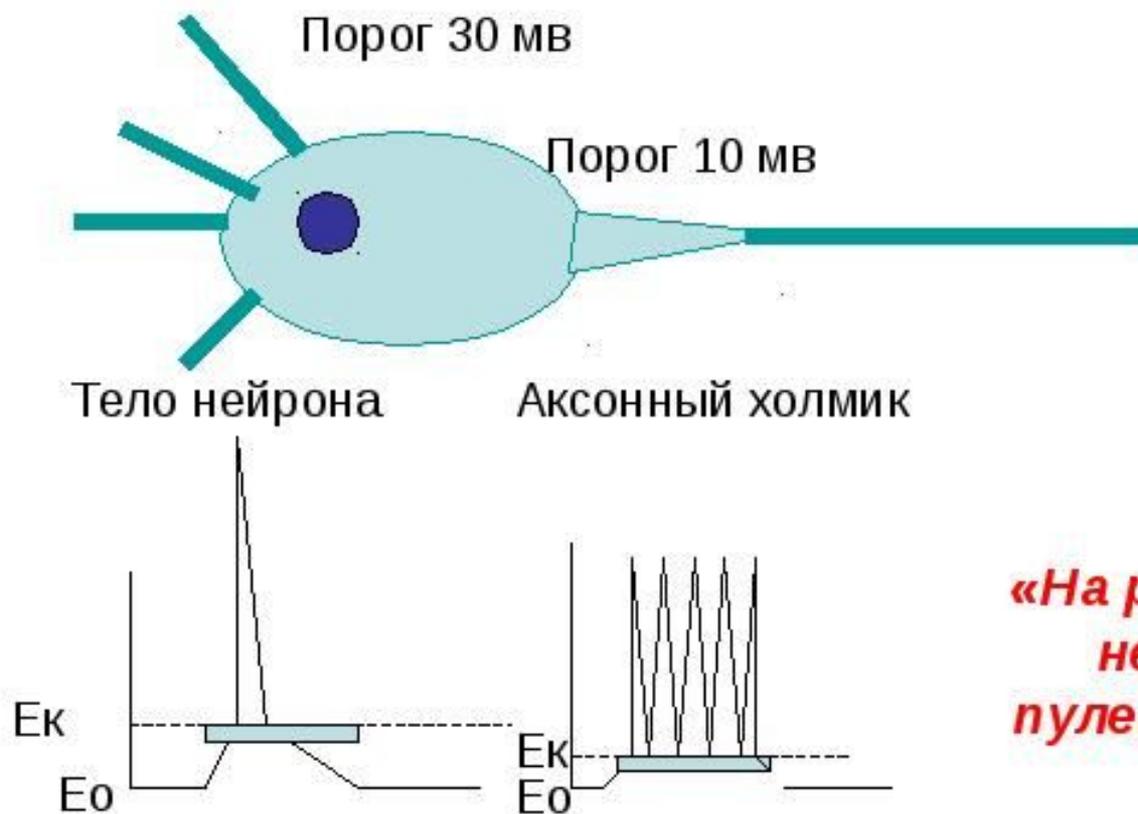
- 1) **Суммация возбуждений** (или торможения). Нервные центры могут суммировать афферентные импульсы, что проявляется в усилении рефлекса при увеличении частоты раздражений или числа раздражаемых рецепторов. Различают два вида суммации: временная суммация - если импульсы приходят к нейрону по одному и тому же пути через один синапс с коротким интервалом, то происходит суммирование ВПСП на постсинаптической мембране и она деполяризуется до уровня, достаточного для генерации ПД; пространственная суммация связана с суммированием ВПСП, возникающих одновременно в разных синапсах одного нейрона. Оба вида суммации происходят в области аксонного холмика, где и генерируется ПД.

# Нервный центр и его свойства

- **Рефлекторное последствие.** Продолжительность рефлекса всегда больше, чем время действия раздражения, так как возбуждение в нервных центрах сохраняется в течение некоторого времени после прекращения действия раздражителя. Это объясняется тем, что вставочные нейроны в центре образуют замкнутые цепи («нейронные ловушки»), по которым ПД могут длительно циркулировать.
- **Высокая чувствительность к изменениям внутренней среды** (содержанию в крови глюкозы, кислорода) и к химическим веществам. Чувствительность к химическим веществам объясняется большим числом синапсов. На одном нейроне могут располагаться синапсы, обладающие чувствительностью к различным химическим веществам. Подбирая фармакологические препараты, которые избирательно блокируют одни синапсы, оставляя другие в рабочем состоянии, можно корректировать реакции организма.
- **Трансформация ритма** возбуждений. Если сопоставить частоту импульсов в задних (чувствительных) и передних (двигательных) корешках спинного мозга при раздражении рецепторов, то обычно их ритм не совпадает. Центры способны как снижать, так и повышать ритмы возбуждений, поступающих от рецепторов.

# Трансформация ритма

## Триггерные свойства аксонного холмика



**«На ружейный выстрел  
нейрон отвечает  
пулеметной очередью»**

# Нервный центр и его свойства

- **Низкая функциональная подвижность** (лабильность) и высокая утомляемость. Нервные центры, как и синапсы, обладают низкой функциональной подвижностью и быстрой утомляемостью в отличие от нервных волокон, которые считаются практически неутомляемыми и имеют высокую лабильность.
- **Тонус нервных центров.** Регистрация биоэлектрической активности ЦНС даже при отсутствии раздражений показывает, что многие нервные центры постоянно генерируют импульсы, которые поступают к рабочим органам - это свидетельствует о существовании некоторого постоянного тонического возбуждения нервных центров.
- **Пластичность.** Нервные центры обладают способностью изменять собственное функциональное назначение и расширять свои функциональные возможности, т.е. существенно модифицировать картину осуществляемых рефлекторных реакций. Пластичность нервных центров тесно связана с изменением эффективности или направленности связей между нейронами.

# Торможение в ЦНС

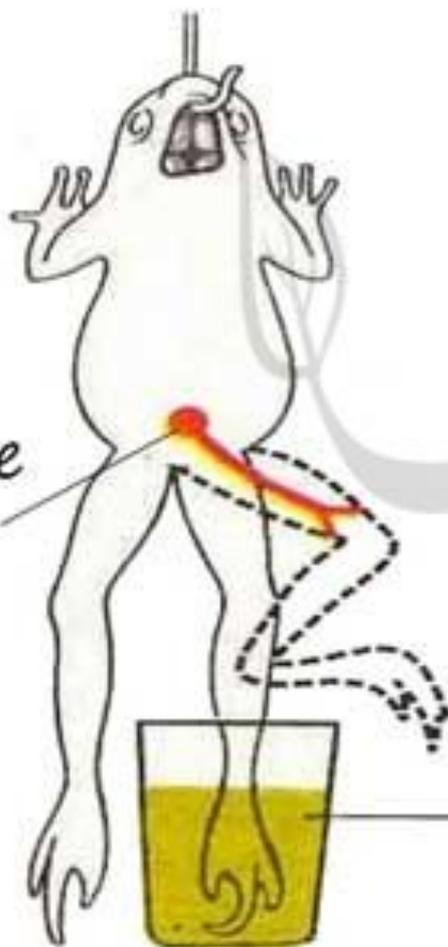
- Нормальная деятельность нервных центров и ЦНС в целом может осуществляться лишь при обязательном участии тормозных процессов.
- **Торможение** - это активный нервный процесс, результатом которого является прекращение или ослабление возбуждения.
- Открыл торможение в ЦНС **И.М. Сеченов** (1863). В опыте на таламической лягушке он определял латентное время сгибательного рефлекса, погружая её заднюю лапку в слабый раствор серной кислоты. Было показано, что время рефлекса заметно увеличивается, если на зрительный бугор (таламус) предварительно положить кристалл поваренной соли (NaCl). То есть, происходит торможение спинального центра, регулирующего рефлекс сгибания лапки.
- Это открытие послужило толчком для дальнейших исследований торможения в ЦНС.
- Так, Ф.Гольц (1870) обнаружил торможение у спинальной лягушки, а Х.Мегун (1944) выявил наличие тормозных структур в продолговатом мозге.
- Изучение тормозных процессов в ЦНС позволило выделить две разновидности торможения: 1) постсинаптическое и 2) пресинаптическое.

# Торможение в ЦНС (опыт И.М. Сеченова)

Нет  
раздражителя



Возбуждение  
двигательного  
нейрона



Есть  
раздражитель!  
NaCl



Торможение  
двигательного  
нейрона



$H_2SO_4$

# Виды торможения

- **Постсинаптическое** торможение открыл Д. Экклс (1952). Это основной вид торможения, который происходит с участием тормозных структур - тормозных: нейронов, медиаторов и синапсов.
- В нервных окончаниях тормозящего нейрона под влиянием приходящего по аксону импульса выделяется тормозный медиатор (ГАМК, глицин), который вызывает гиперполяризацию постсинаптической мембраны возбуждающего нейрона, повышая проницаемость для калия ( $K^+$ ) и хлора ( $Cl^-$ ).
- Согласно концентрационному градиенту  $Cl^-$  входит в клетку, а  $K^+$  выходит, увеличивая разность зарядов на постсинаптической мембране, при этом увеличивается пороговый потенциал. Возникает тормозный постсинаптический потенциал (ТПСП).
- **Пресинаптическое торможение** локализуется в пресинаптических окончаниях, т. е. в разветвлениях (терминалях) возбуждающего нейрона. На этих терминалях располагаются окончания аксона тормозящего нейрона (аксоаксонный синапс). При его возбуждении тормозный медиатор частично или полностью блокирует проведение возбуждения возбуждающего нейрона, и его влияние не передается на другой нейрон.

# Разновидности постсинаптического торможения

## • Возвратное торможение

• Осуществляется вставочными тормозными клетками (клетками Реншоу). Аксоны мотонейронов часто дают коллатерали (ответвления), оканчивающиеся на тормозных клетках Реншоу. Аксоны клеток Реншоу оканчиваются на теле или дендритах этого мотонейрона, образуя тормозные синапсы. Возбуждение, возникающее в мотонейроне, распространяется по прямому пути к скелетной мускулатуре, а также по коллатералиям к тормозящему нейрону, который посылает импульсы к мотонейронам и тормозит их. Чем сильнее возбуждение мотонейрона, тем сильнее возбуждаются клетки Реншоу и тем более интенсивно они оказывают свое тормозящее действие. Это предохраняет нервные клетки от перевозбуждения.

## • Латеральное торможение

Является разновидностью возвратного торможения. Вставочные клетки могут формировать тормозные синапсы на соседних нейронах, блокируя боковые пути распространения возбуждения. В таких случаях возбуждение направляется по строго определенному пути. Особенно важную роль этот вид торможения играет в афферентных системах.

## • Реципрокное (сопряженное) торможение.

• Этот вид торможения обеспечивает согласованную работу мышц-антагонистов, например, сгибателей и разгибателей конечностей. При сгибании ног в коленном суставе развивается возбуждение в спинномозговом центре мышц-сгибателей и одновременно развивается торможение в нервном центре мышц-разгибателей и наоборот.

А

Реципрокное торможение

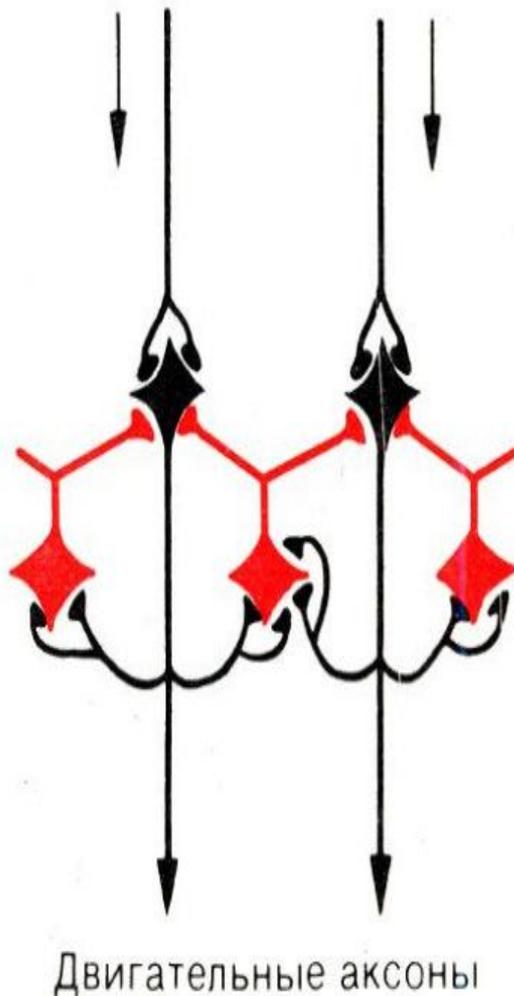
Флексор                      Экстензор



Б

Возвратное торможение

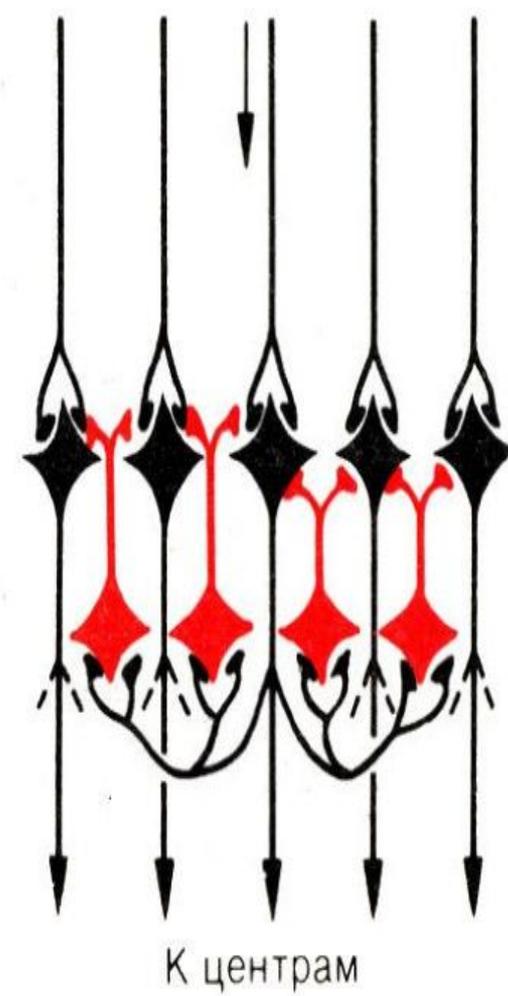
Торможение Реншоу



В

Латеральное торможение

пресинаптическое                      постсинаптическое

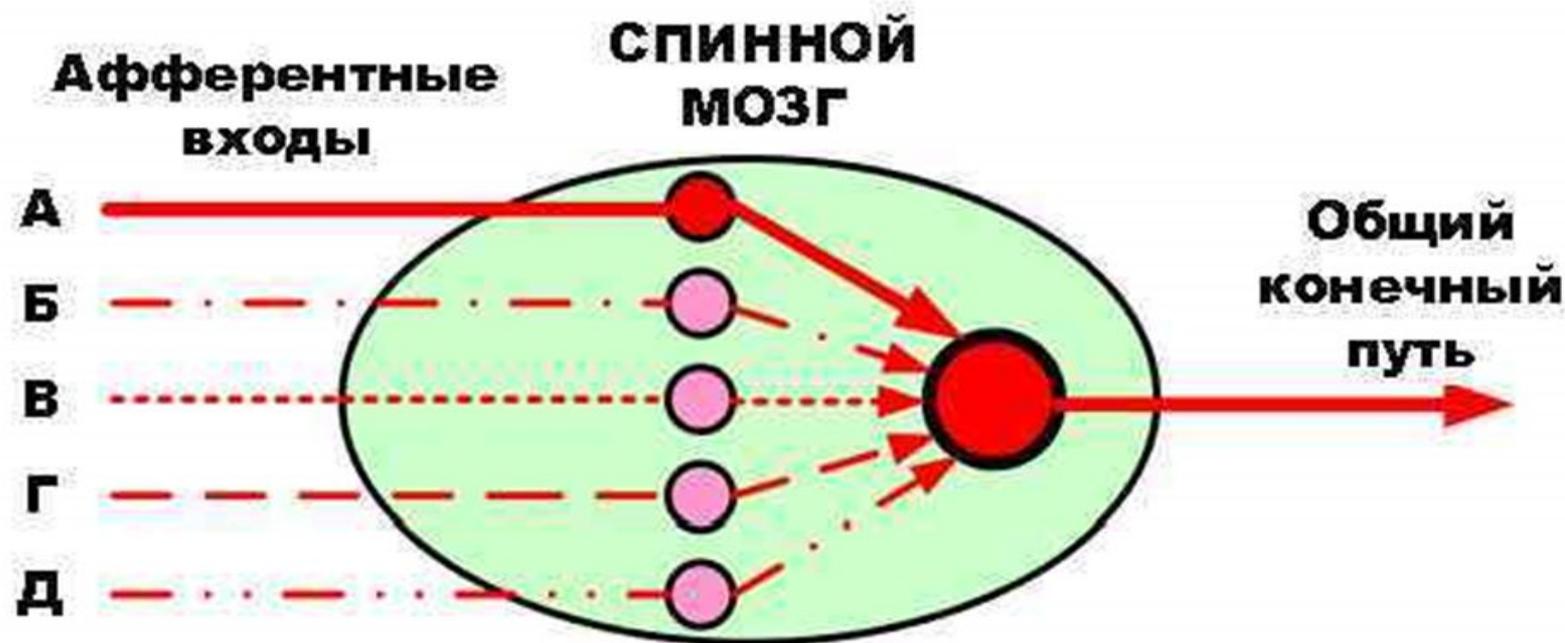


# Принципы координационной деятельности ЦНС

- Для осуществления сложных реакций организма необходима согласованная (координационная) деятельность нервных центров. Основой этой деятельности ЦНС является взаимодействие процессов возбуждения и торможения.
- Существуют следующие принципы, обеспечивающие согласованную работу нервных центров.

А) **Принцип общего конечного пути.** Импульсы, приходящие в ЦНС по разным афферентным волокнам, могут сходиться (конвергировать) к одним и тем же вставочным, или эфферентным, нейронам. Шеррингтон назвал это явление «принципом общего конечного пути». Один и тот же мотонейрон может возбуждаться импульсами, приходящими от различных рецепторов (зрительных, слуховых, тактильных), т. е. участвовать во многих рефлекторных реакциях (включаться в различные рефлекторные дуги).

## V. ПРИНЦИП ОБЩЕГО КОНЕЧНОГО ПУТИ (ОКП) ФАКТОР СИЛЫ В БОРЬБЕ ЗА ОКП



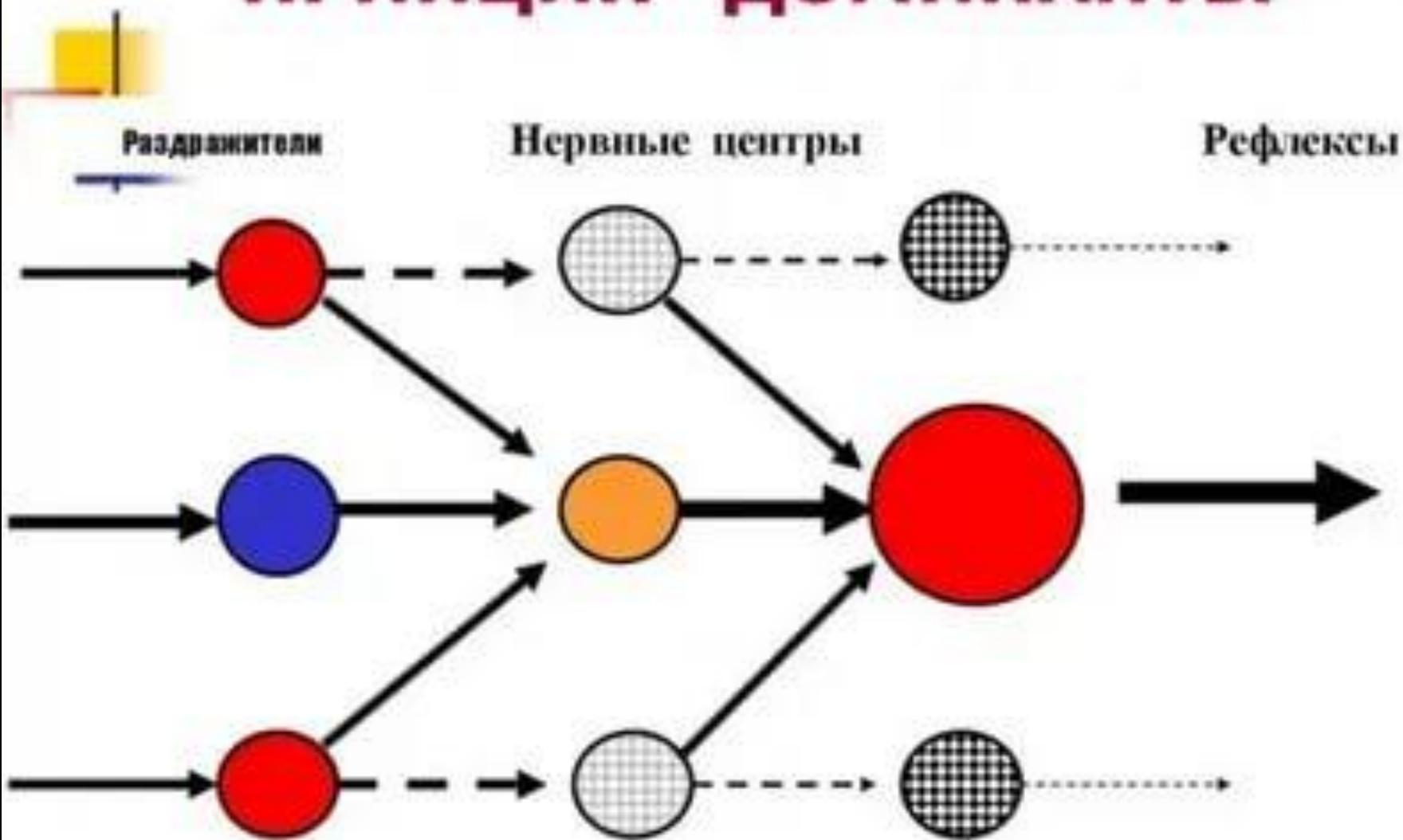
- **Конвергенция импульсов от разных афферентных входов к одной и той же группе эфферентных нейронов.**
- **Сильнейший раздражитель (вход А) захватывает общий конечный путь**

# Принципы координационной деятельности ЦНС

Б) **Принцип доминанты**, открыт А.А. Ухтомским, который считал, что в каждый данный момент жизни возникает определяющий (доминантный) очаг возбуждения, подчиняющий себе деятельность всей нервной системы и определяющий характер приспособительной реакции. К доминантному очагу конвергируют возбуждения из различных областей ЦНС, а способность других центров реагировать на сигналы, приходящие к ним, затормаживается.

Благодаря этому создаются условия для формирования определенной реакции организма на раздражитель, имеющий наибольшее биологическое значение, т.е. удовлетворяющий жизненно важную потребность. В естественных условиях существования доминирующее возбуждение может охватывать целые системы рефлексов, в результате возникает пищевая, оборонительная, половая и другие формы деятельности.

# ПРИНЦИП ДОМИНАНТЫ



# Принципы координационной деятельности ЦНС

В) **Принцип обратной связи** - это основа саморегуляции функций. При выполнении любого рефлекса возбуждаются рецепторы, которые посылают сигналы в ЦНС: «Как и настолько эффективно произошел рефлекс?».

Обратный поток афферентных импульсов, возникающих в организме в результате деятельности органов и тканей, получили название вторичных афферентных импульсов. Различают 2 вида обратной связи: положительные и отрицательные.

Положительными обратными связями называются те связи, при которых импульсы, приходящие в ЦНС, усиливают ту рефлекторную реакцию, благодаря которой они возникли.

Отрицательные обратные связи — это те связи, при которых вторичные афферентные импульсы угнетают рефлекторную реакцию.

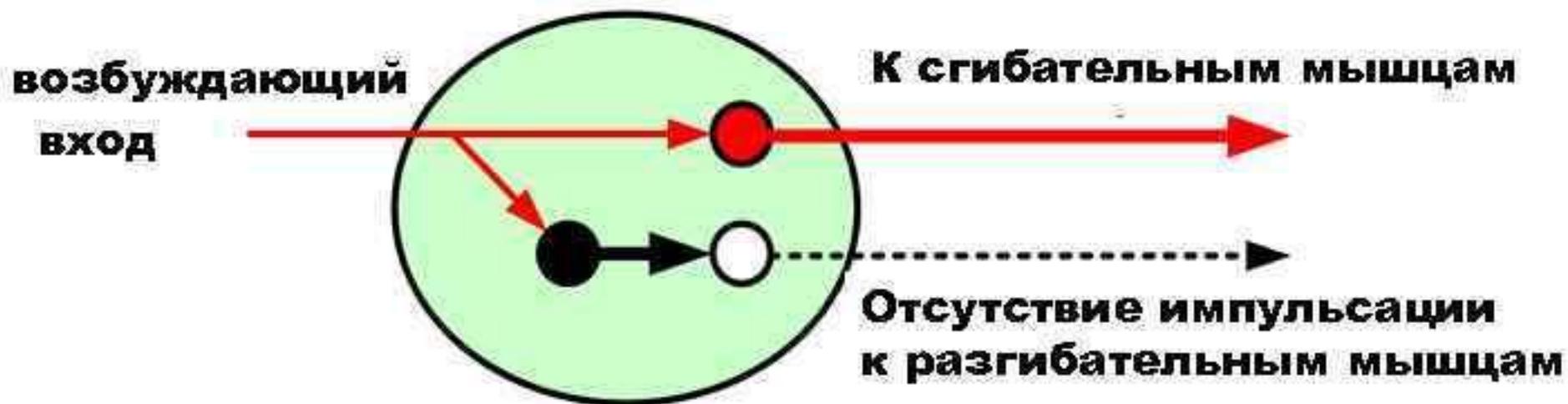
# Принципы координационной деятельности ЦНС

Г) **Принцип субординации** (соподчинения) - подчинение нижележащих отделов ЦНС вышележащим. В процессе эволюции увеличивается роль вышележащих отделов головного мозга в обеспечении координационной деятельности ЦНС, происходит цефализация функций нервной системы. В ЦНС имеются иерархические взаимоотношения - высшим центром регуляции является кора больших полушарий, подкорковые отделы ЦНС подчиняются ее командам.

Д) **Принцип реципрокности** - отражает характер отношений между центрами, ответственными за осуществление противоположных функций (вдоха и выдоха, сгибания и разгибания конечностей), и заключается в том, что нейроны одного центра, возбуждаясь, тормозят нейроны другого и наоборот.

## IV. ПРИНЦИП РЕЦИПРОКНОЙ ИННЕРВАЦИИ

СПИННОЙ МОЗГ



**Иннервация антагонистических групп  
мышц (с использованием реципрокного  
постсинаптического торможения)**

# Дорогие студенты!

- Вы сейчас в том самом возрасте, когда жизнь, с её блестящими перспективами на лучшее будущее для вас только-только начинается...
- Используйте «студенческий период» жизни рационально, не ленитесь: чем больше вы загружаете свой мозг новой полезной информацией, тем большего успеха вы достигнете!
- Известный профессор, «гуру нейрофизиологии», Наталья Бехтерева, прожившая 83 года, перед уходом в вечность написала книгу «Умные живут долго».
- Ей принадлежат слова: «Принято считать, что у нас задействованы только 5—7 % мозговых клеток. Лично я на основе своих исследований склонна полагать, что у творчески мыслящего умного человек работают почти все 100 % — но не разом, а как огоньки елочной гирлянды — по очереди, группами, узорами»...
- Это означает, что те, кто поддерживает мозг в работоспособном состоянии как можно дольше - живут долго, поскольку они нужны своей профессии и этому миру.

**Успехов вам и здоровья!**





As the world's most popular dog food brand, Cesar is proud to be the #1 choice for pet parents who love their dogs as much as we do. Cesar is the only dog food that's made with real meat and no artificial preservatives.