

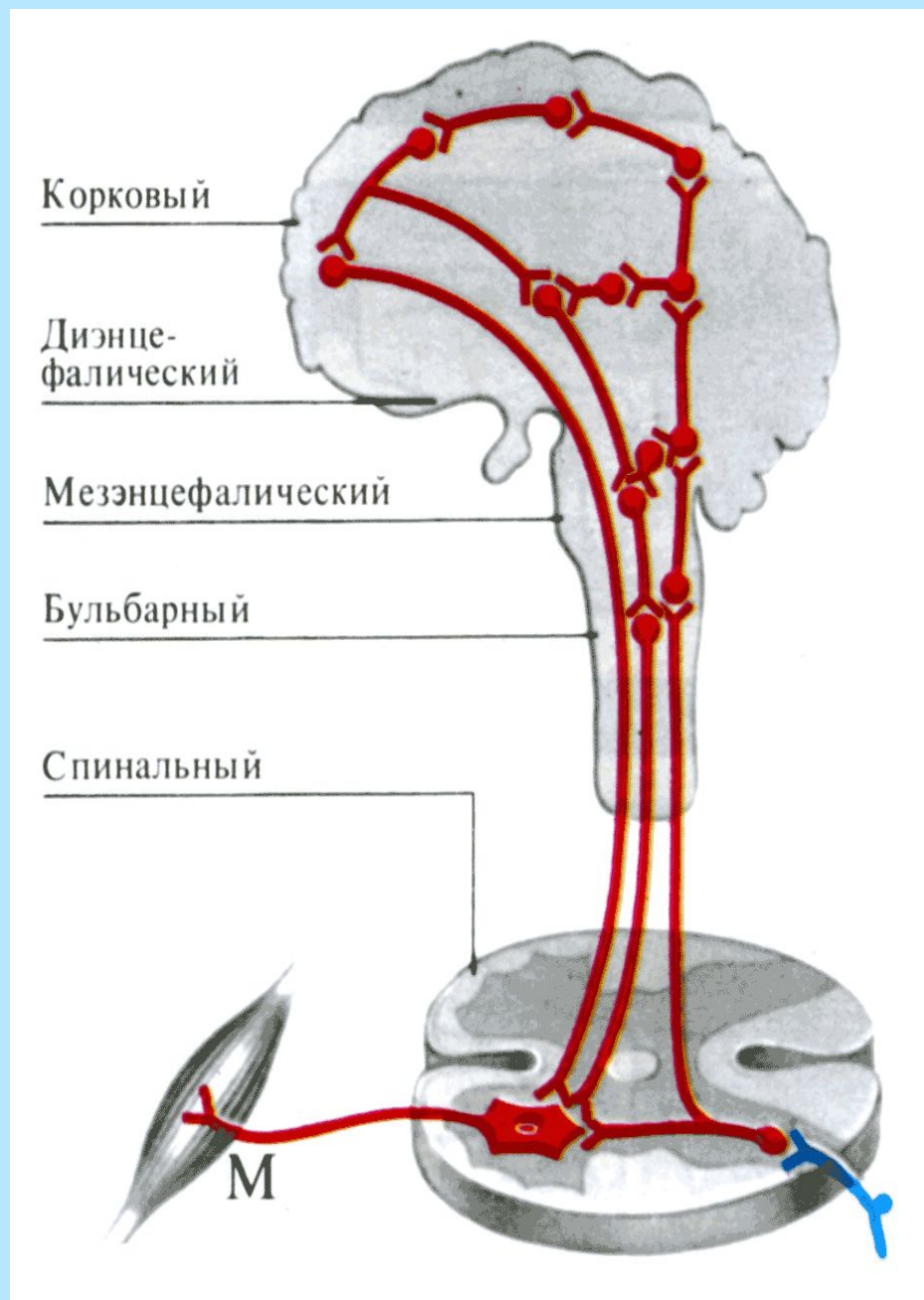
# ЛЕКЦИЯ

## Тема:

«Нервная система – система управления (регуляции) функций в организме.

## Нервные центры.

## Возрастные особенности»



# *План*

1. Понятие о нервных центрах.  
Классификация н.ц.
2. Возбуждение в ЦНС.
3. Торможение в ЦНС.
4. Координация рефлексов. Основные принципы.
5. Возрастные особенности.

- *Рефлекторный принцип регуляции функций (рефлекторная теория)*



И. М. Сеченов

Узловой момент развития рефлекторной теории – классический труд И.М. Сеченова (1863) «Рефлексы головного мозга».

**Основной тезис:** *Все виды сознательной и бессознательной жизни человека представляют собой рефлекторные реакции.*

## • *Рефлекс, рефлекторная дуга, рецептивное поле*

- **Рефлекс** - универсальная форма взаимодействия организма и среды, реакция организма, возникающая на раздражение рецепторов и осуществляемая с участием нервной системы.

В естественных условиях рефлекторная реакция происходит при пороговом, надпороговом раздражении входа рефлекторной дуги – рецептивного поля данного рефлекса.

- **Рецептивное поле** – определенный участок воспринимающей чувствительной поверхности организма с расположенными здесь рецепторными клетками, раздражение которых инициирует, запускает рефлекторную реакцию.
- Рецептивные поля разных рефлексов имеют разную локализацию.
- Рецепторы специализированы для оптимального восприятия адекватных раздражителей.
- Структурная основа рефлекса – **рефлекторная дуга.**

*Рефлекс (<лат. reflexus отраженный). Термин ввел И. Прохаска. Идея отраженного функционирования принадлежит Р. Декарту.*

# •Рефлекторная дуга

## Рефлекторная дуга –

последовательно соединенная цепочка нейронов, обеспечивающая осуществление реакции (ответа) на раздражение.

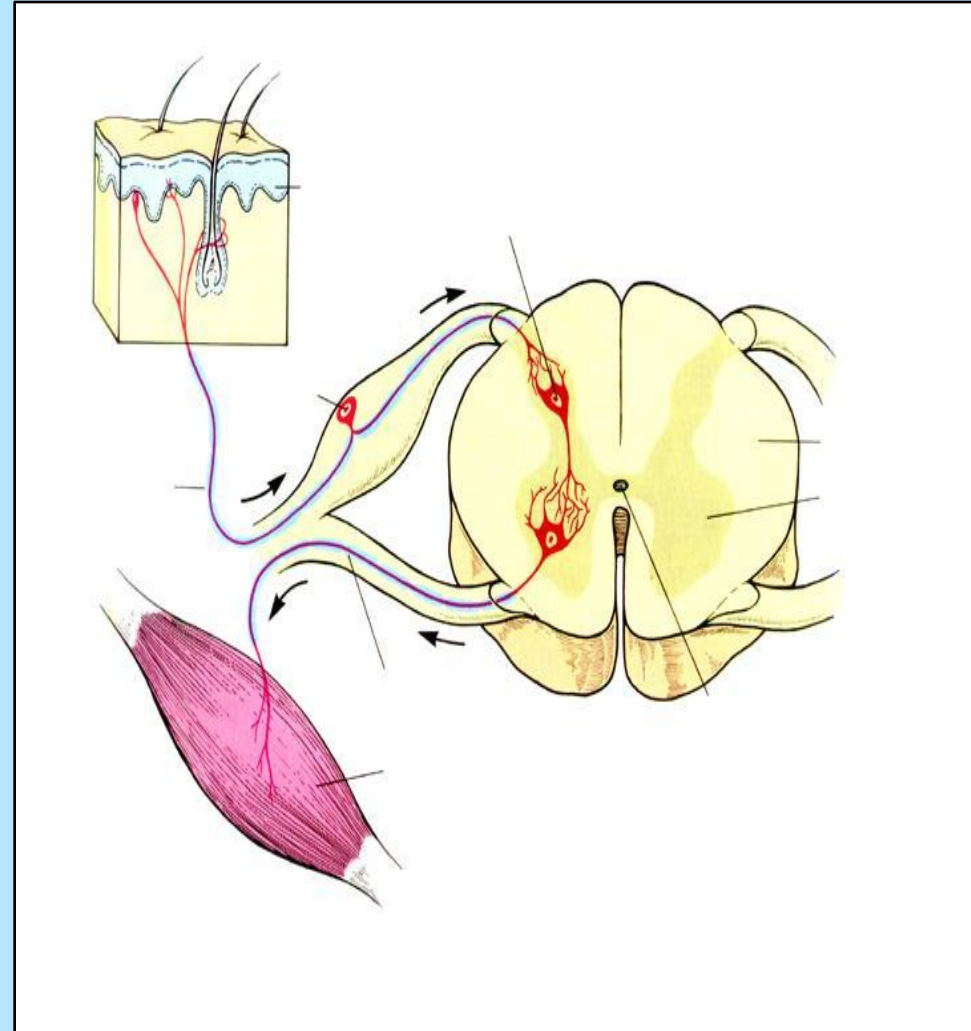
Рефлекторная дуга состоит из:

- *Афферентного (А);*
- *Центрального (Ц,В);*
- *Эфферентного (Э) звеньев.*

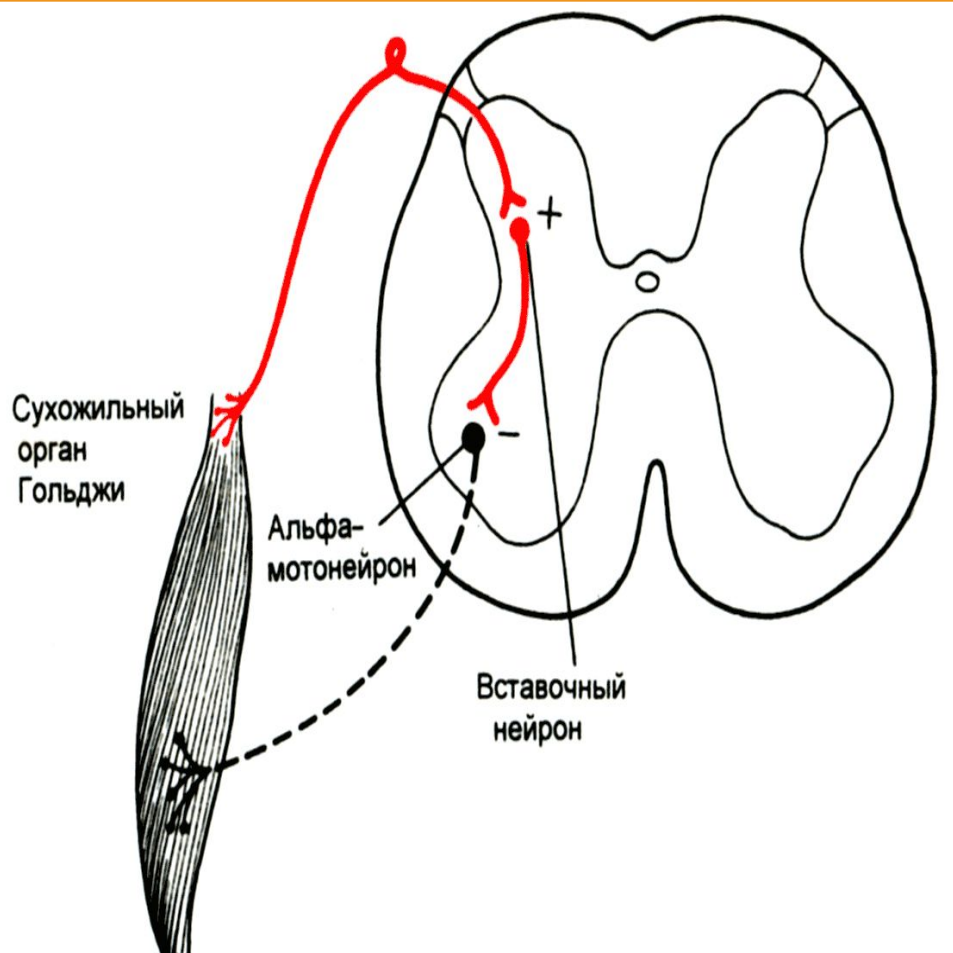
Звенья связаны синапсами (с).

В зависимости от сложности структуры рефлекторной дуги различают рефлексы:

- *Моносинаптические (А→с |Э);*
- *Полисинаптические (А→с |В→с |Э).*



## • Рефлекторное кольцо



- Обратная связь (обратная афферентация) – структурная основа рефлекторного кольца: воздействие работающего органа на состояние своего центра.
- Петля обратной связи – информация о реализованном результате рефлекторной реакции в нервный центр, выдающий исполнительные команды.

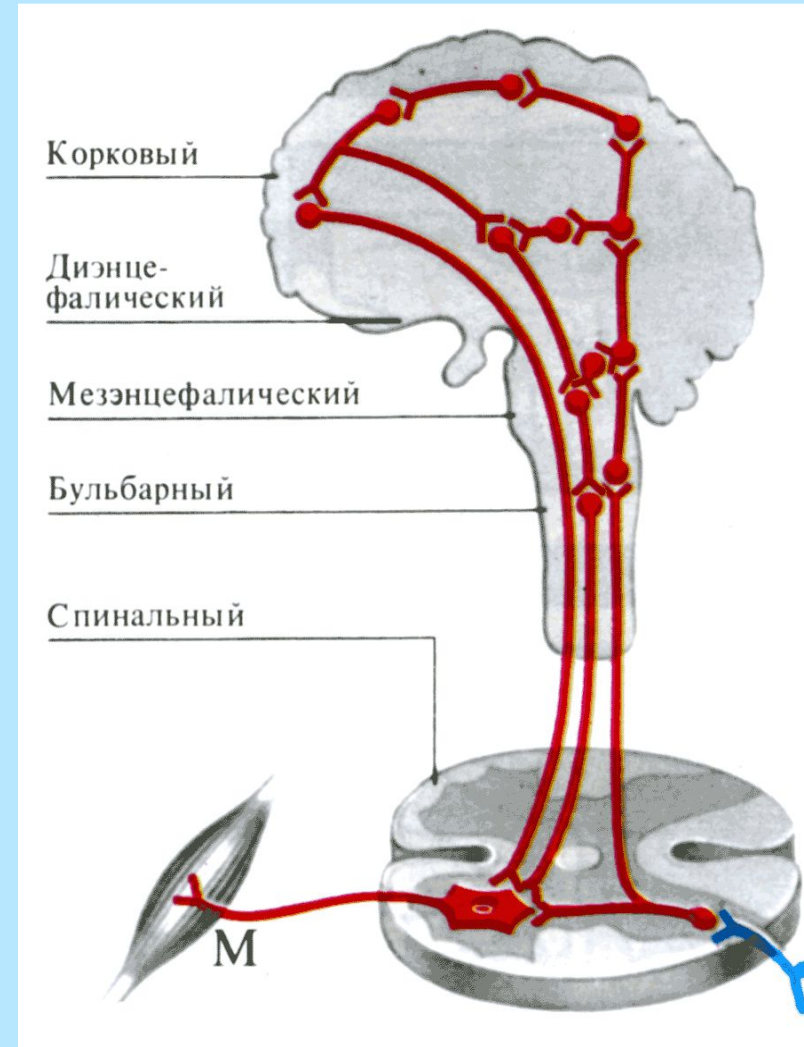
### Значение:

- Вносит постоянные поправки в рефлекторный акт.



# •Классификация рефлексов

- *Безусловные и условные* (по способу образования рефлекторной дуги: генетически запрограммирована или сформирована в онтогенезе);
- *Спинальные, бульбарные, мезэнцефальные, кортикальные* (по расположению основных нейронов, без которых рефлекс не реализуется);
- *Интерорецептивные, экстерорецептивные* (по локализации рецепторов);
- *Защитные, пищевые, половые* (по биологическому значению рефлексов);
- *Соматические, вегетативные* (по участию отдела нервной системы). Если эффекторами являются внутренние органы, говорят о *вегетативных рефлексах*, если скелетные мышцы – о *соматических рефлексах* );
- *Сердечные, сосудистые, слюноотделительные* (по конечному результату).



# • *Нервный центр: определение*

- ❖ Рефлекторная деятельность организма во многом определяется общими свойствами нервных центров.

**Нервный центр** – *«ансамбль» нейронов, согласованно включающихся в регуляцию определенной функции или в осуществление рефлекторного акта.*

- ❖ Нейроны ЦНС (нервных центров):
  - Преимущественно, *вставочные* (интернейроны);
  - *Мультиполярные* (дендритное дерево ! шипики);
  - Разнообразные по химизму : разные нейроны секретируют различные медиаторы (АХ, ГАМК, глицин, эндорфины, дофамин, серотонин, нейропептиды и др.)



# •Классификация нервных центров

- 1. Морфологический** критерий (локализация в отделах ЦНС):
- Спинальные центры (в спинном мозге);
  - Бульбарные (в продолговатом мозге);
  - Мезэнцефальные (в среднем мозге);
  - Диэнцефальные (в промежуточном мозге);
  - Таламические (в зрительных буграх);
  - Кортиковые и подкорковые.

- 2. Функциональный** критерий:

**A. Органы регуляции:**

- Сосудодвигательный центр;
- Дыхательный;
- Сердечный и др.

**B. Афферентный приток:**

- Зрительный;
- Слуховой и т.п.

**C. Мотивационное состояние:**

- Центр голода;
- Жажды и т.п.

**D. Целостные:**

- Половые центры и т.д.

# • *Нервные центры*

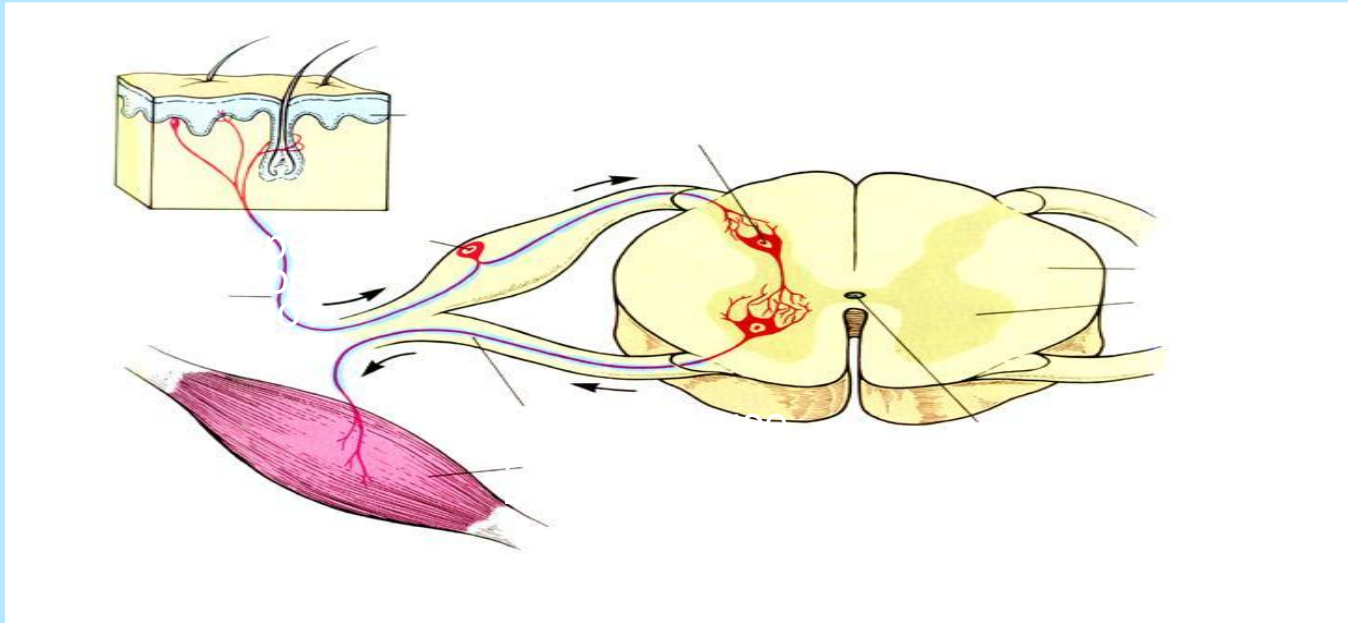
В основе нервной деятельности лежат *активные и противоположные* по своим функциональным свойствам процессы:

- Возбуждение;
- Торможение.

Функциональное значение *торможения*:

- Координирует функции, т.е. *направляет возбуждение* по определенным путям, к определенным нервным центрам, *выключая* те пути и нейроны, активность которых в данный момент *не нужна* для конкретного приспособительного результата.
- Выполняет *охранительную* (защитную) функцию, предохраняя нейроны от перевозбуждения и истощения при действии сверхсильных и длительных раздражителей.

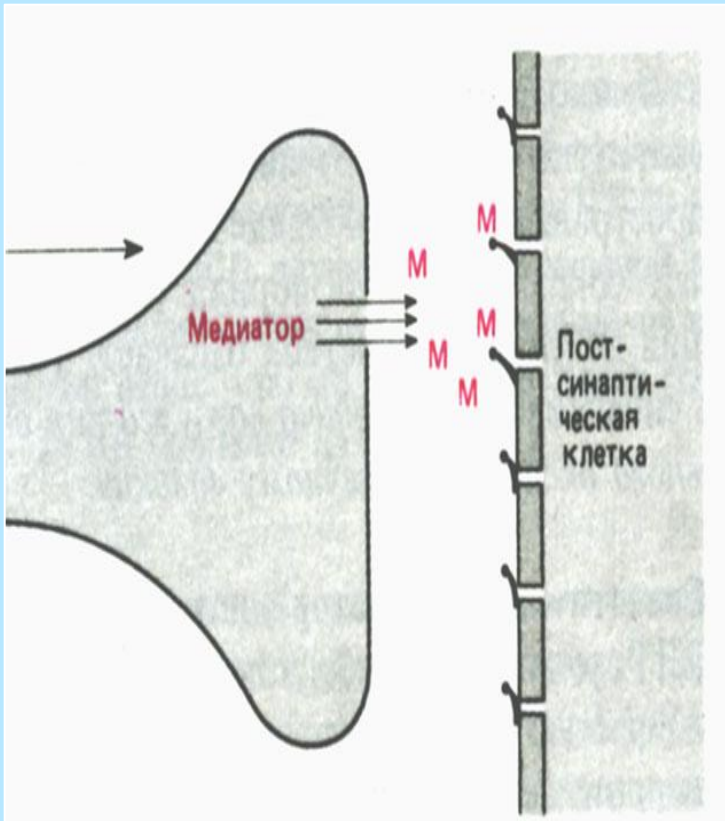
- Особенности распространения возбуждения в ЦНС: **односторонность**



В ЦНС, внутри рефлекторной дуги и нейронных цепей возбуждение идет, как правило, в одном направлении: от *афферентного нейрона к эфферентному*.

Это обусловлено особенностями структуры химического синапса: медиатор выделяется *только* пресинаптической частью.

• **Особенности распространения возбуждения в ЦНС: замедленное проведение**



Известно, что возбуждение по нервным волокнам (периферия) проводится быстро, а в ЦНС – относительно медленно (синапсы!).

- Время, в течение которого возбуждение проводится в ЦНС с афферентного на эфферентный путь – *центральное время рефлекса* (3 мс).
- Чем *сложнее* рефлекторная реакция, тем *больше* время ее рефлекса.
- У детей время центральной задержки больше,
  - оно увеличивается также при различных воздействиях на организм человека.
- При утомлении водителя оно может превышать 1000 мс, что приводит в опасных ситуациях к замедленным реакциям и дорожным авариям.

# • Особенности распространения возбуждения в ЦНС: **суммация**

Это свойство впервые описал И.М. Сеченов (1863):

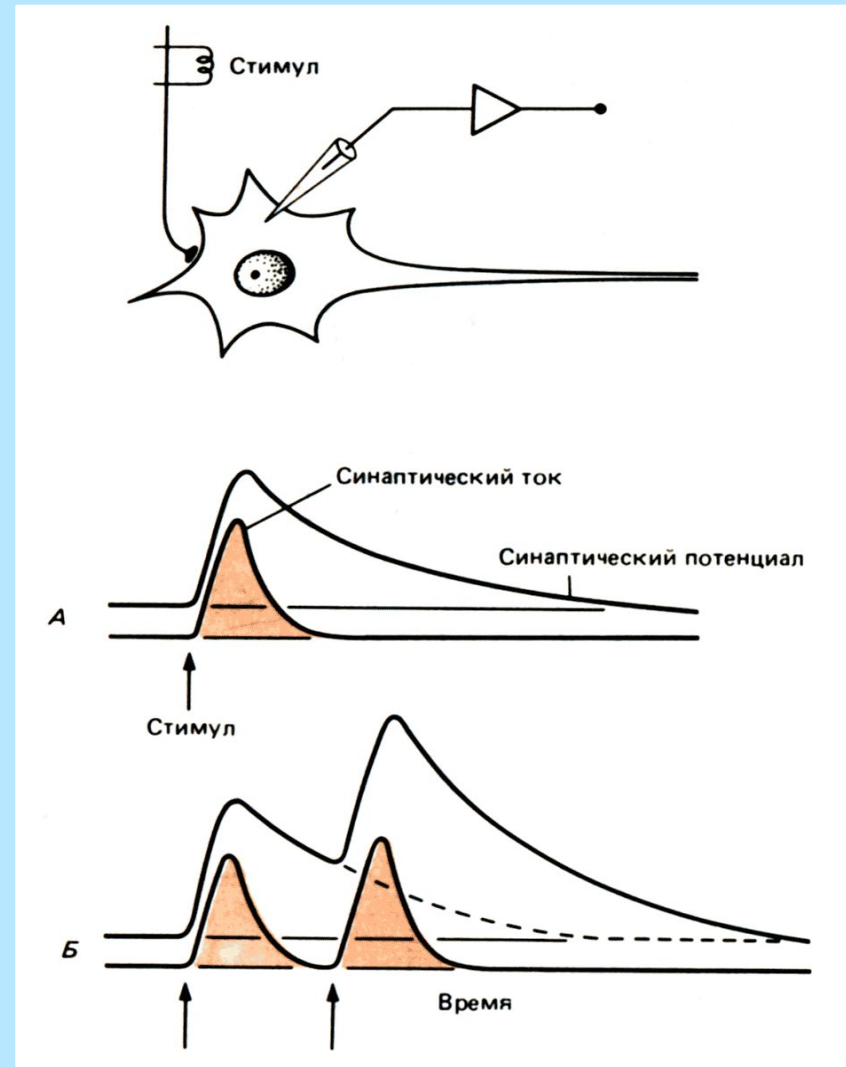
- При действии ряда подпороговых стимулов на рецептор или афферентный путь возникает ответная реакция.

Виды суммации:

1. Последовательная (временная);
  2. Пространственная.
- Один подпороговый афферентный стимул не вызывает ответной реакции, а создает в ЦНС местное возбуждение (локальный ответ) –недостаточное для ПД количество медиатора).

# • Особенности распространения возбуждения в ЦНС: временная суммация

- А. В ответ на одиночный раздражитель возникает синаптический ток (затененная область) и синаптический потенциал,
- Б. Если вскоре после одного постсинаптического потенциала возникает другой, то он складывается с ним.
- Это явление называется **временной суммацией**.
- Чем короче при этом будет интервал между двумя последовательными синаптическими потенциалами, тем выше будет амплитуда суммарного потенциала.

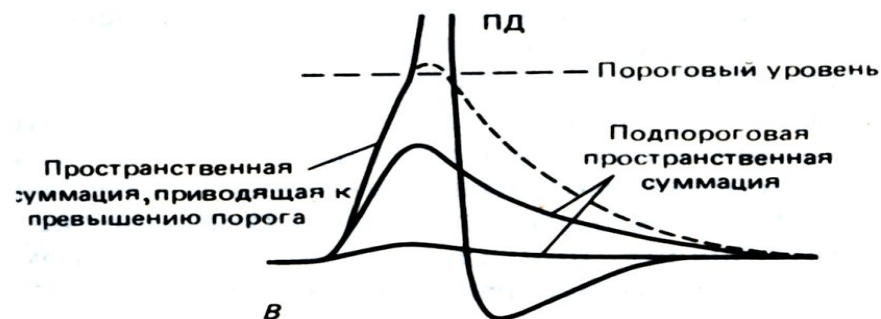
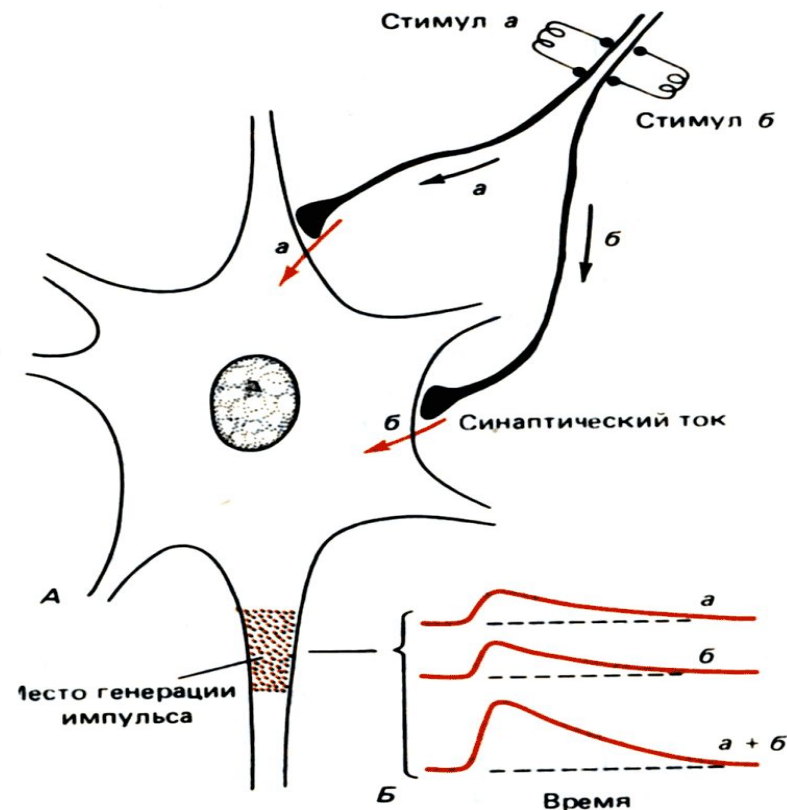




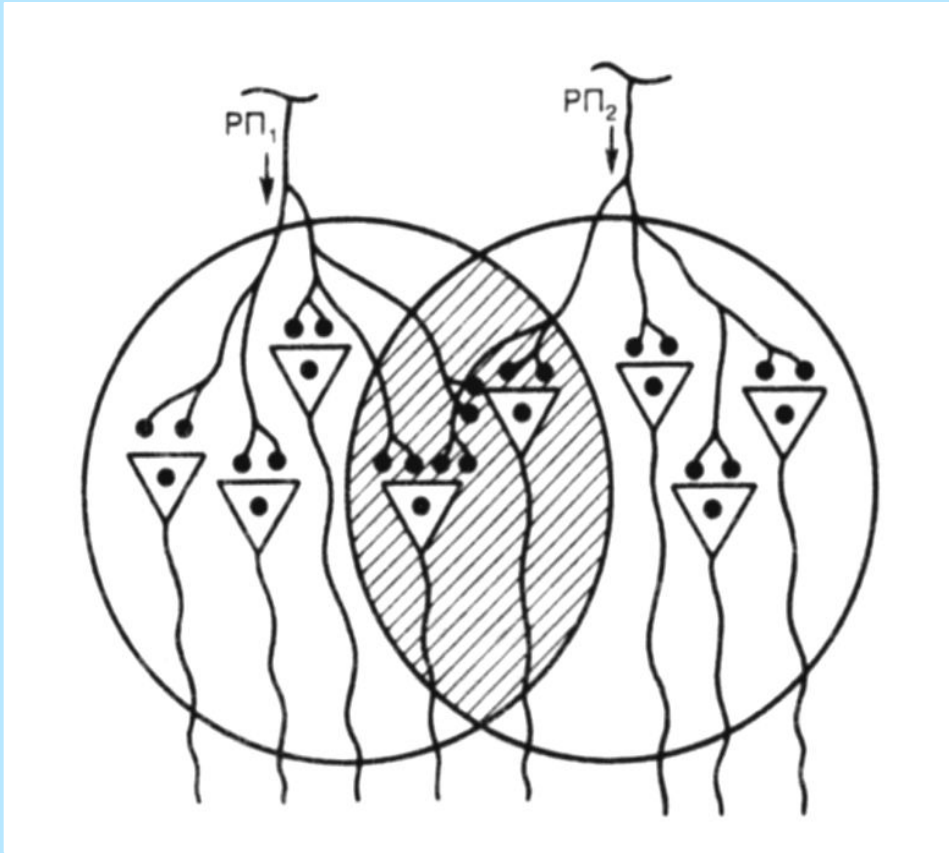
# • Особенности распространения возбуждения в ЦНС: пространственная суммация

❖ **Пространственная суммация:** два или несколько подпороговых импульсов приходят в ЦНС по *разным* афферентным путям и вызывают ответную рефлекторную реакцию.

• Для возникновения импульса в нейроне необходимо, чтобы *начальный сегмент аксона*, обладающий низким порогом возбуждения, был деполяризован до **критического уровня**



# • Особенности распространения возбуждения в ЦНС: окклюзия



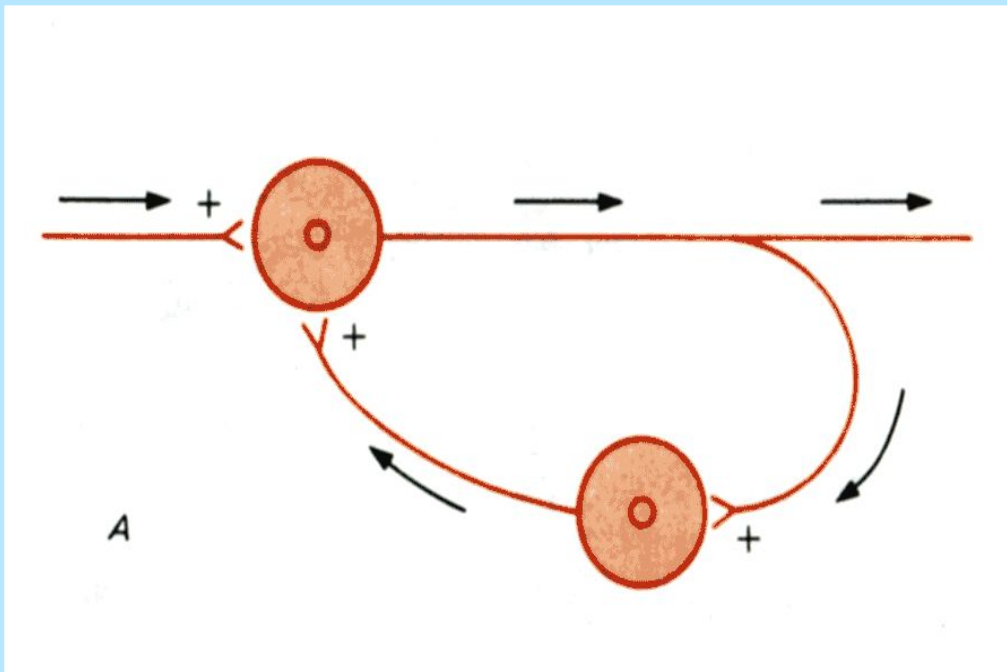
Феномен окклюзии (по Шеррингтону).  
 $RP_1$ ,  $RP_2$  – рецептивные поля.

Феномен **окклюзии** (<лат osclusus запертый) – уменьшение (ослабление) ответной реакции при совместном раздражении двух рецептивных полей по сравнению с арифметической суммой реакций при изолированном (раздельном) раздражении каждого из рецептивных полей.

Причина феномена – *перекрывание путей* на вставочных или эфферентных нейронах благодаря конвергенции.

# • Особенности распространения возбуждения в ЦНС: **последствие**

**Последствие** означает, что *после прекращения* раздражения к рабочему органу от ЦНС *продолжают* поступать импульсы – рефлекторная реакция *не прекращается сразу* после выключения раздражения



Причина:  
Длительное  
последствие  
связано с наличием в  
ЦНС *кольцевых*  
*связей* между  
нейронами

Структурная основа для  
*последствия* – *нейронная*  
*ловушка* (по Лоренто де Но);

- **Особенности распространения возбуждения в ЦНС: проторение (постактивационное облегчение)**

### **Проторение (постактивационное облегчение):**

- После возбуждения, вызванного ритмической стимуляцией, последующий стимул вызывает *большой* эффект;
- Для поддержания *прежнего* уровня ответной реакции требуется *меньшая* сила последующего раздражения.

Объяснение: Структурно-функциональные изменения в синаптическом контакте:

- Накопление у пресинаптической мембраны везикул с медиатором;

## • *Свойства нервных центров:* **высокая утомляемость**

Длительное повторное раздражение рецептивного поля рефлекса → ослабление рефлекторной реакции вплоть до полного исчезновения – *утомление*.

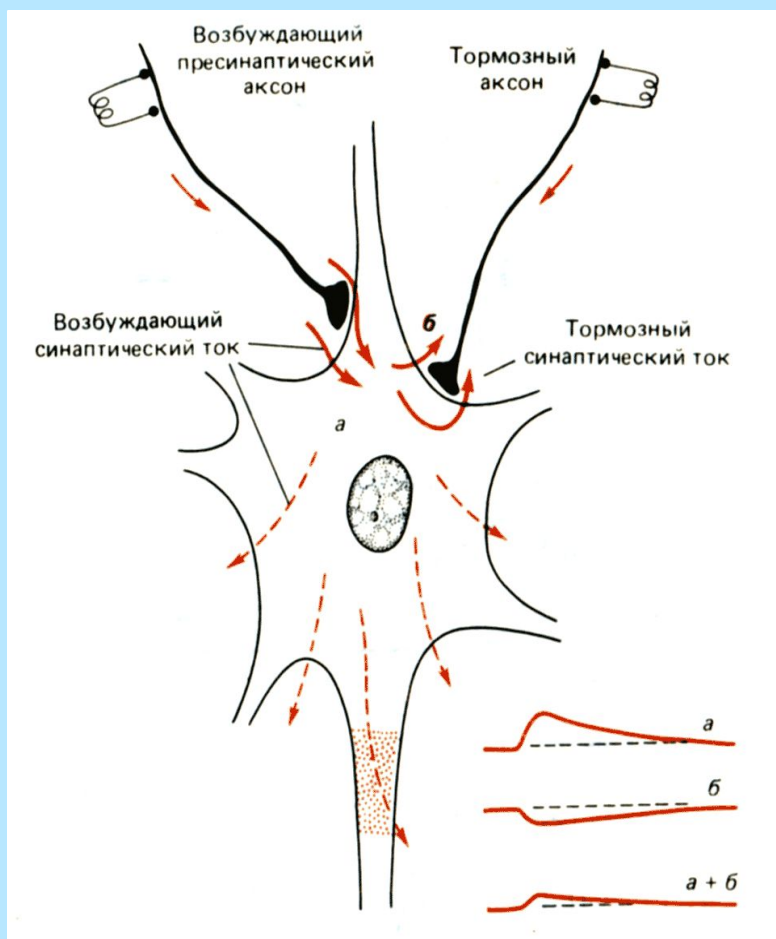
Объяснение:

**В синапсах:**

- истощается запас медиатора,
- уменьшаются энергетические ресурсы,
- происходит адаптация постсинаптических рецепторов к медиатору;

Малая *лабильность* центра → нервный центр функционирует с максимальной нагрузкой, так как получает стимулы от высоколабильного нервного волокна, превышающие лабильность нерва → утомление.

# •Свойства нервных центров: *трансформация ритма возбуждения*



На нейронах в ЦНС сходятся синаптические влияния разного функционального значения. Это приводит к *трансформации* ритма поступающих импульсов: ЦНС к рабочему органу посылает импульсы с частотой, относительно независимой от частоты раздражений (по афферентам) → как в сторону *увеличения*, так и *уменьшения*.



## • **Свойства нервных центров: повышенная чувствительность к недостатку кислорода**

*Обусловлена высокой интенсивностью обменных процессов:*

- ❑ 100 г нервной ткани (головной мозг собаки) использует  $O_2$  в 22 раза больше, чем 100 г мышечной ткани.
- ❑ Мозг человека поглощает 40 – 50 мл  $O_2$  в минуту: 1/6 – 1/8 часть всего  $O_2$ , потребляемого телом в состоянии покоя.
- ❑ *Чувствительность нейронов разных отделов мозга:*
  - Смерть нейронов коры больших полушарий - через 5 – 6 мин. после полного прекращения кровоснабжения;
  - Восстановление функций нейронов ствола мозга возможна после 15 – 20 мин полного прекращения кровоснабжения;
  - Функции нейронов спинного мозга сохраняется и после 30 минутного отсутствия кровообращения.

# • *Свойства нервных центров: пластичность и тонус*

- ❖ Пластичность – *функциональная подвижность* нервного центра: возможность его включения в регуляцию различных функций.
- ❖ Тонус – *наличие определенной фоновой активности.*

Объяснение: определенное количество нейронов мозга в покое (в отсутствие специальных внешних раздражителей) находится в состоянии постоянного возбуждения – генерирует фоновые импульсные потоки.

Обнаружено наличие в высших отделах мозга «сторожевых нейронов» даже в состоянии физиологического сна

# • Торможение в ЦНС



И. М. Сеченов

**Торможение** - активный процесс, который ослабляет существующую деятельность или препятствует ее возникновению.

Впервые экспериментально процесс торможения в ЦНС наблюдал в 1862 г. И. М. Сеченов в опыте, который и получил название «опыт торможения Сеченова».

«Коперник второй Вселенной».

## • *Виды торможения*

- Первичное и вторичное (наличие или отсутствие специального морфологического образования - тормозного синапса);
- Пресинаптическое и постсинаптическое (место возникновения – зона межнейронального контакта);
- А также
  - Возвратное;
  - Реципрокное;
  - Латеральное.

## • *Вторичное торможение*



**Николай Евгеньевич  
Введенский**

Осуществляется без участия специальных тормозных структур и развивается в возбуждающих синапсах.

Было изучено Н.Е.

Введенским и названо ***пессимальным***.

- Н.Е. Введенский показал, что возбуждение может сменяться ***торможением*** в любом участке, обладающем низкой лабильностью.
- В ЦНС наименьшей лабильностью обладают ***синапсы***.

# *Первичное торможение в ЦНС*

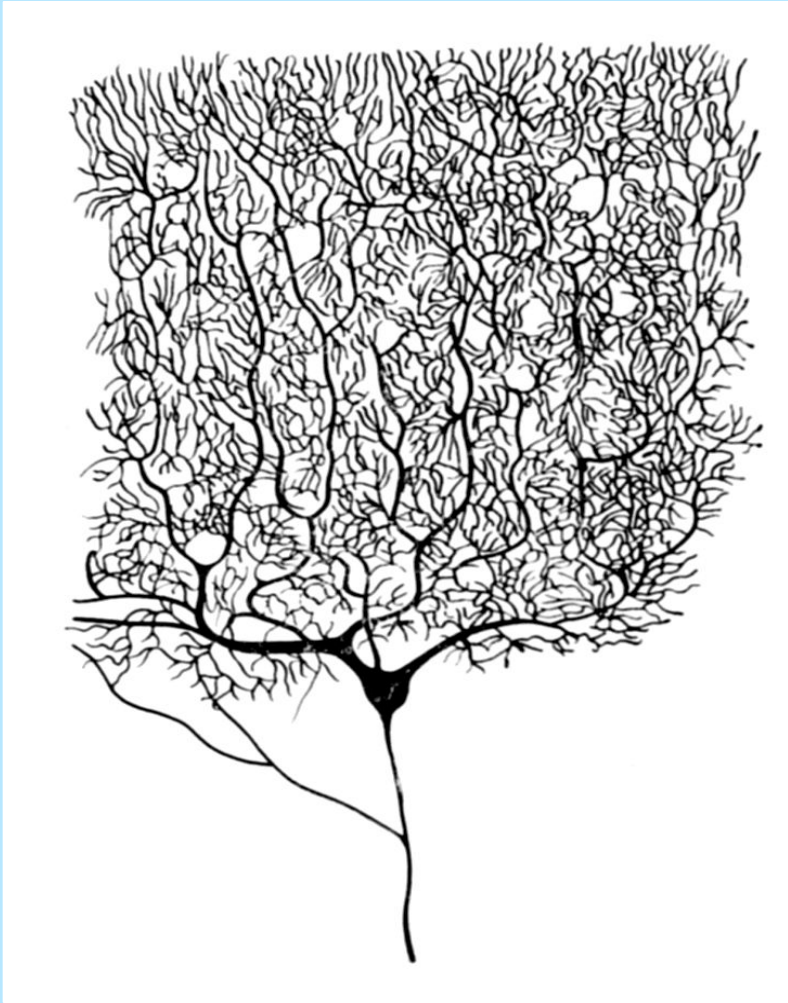
- Первичное торможение связывают с наличием в ЦНС специального морфологического субстрата – тормозного синапса (нейрона).
- **Тормозные нейроны** – тип интернейронов, аксоны которых образуют на телах и дендритах возбуждающих нейронов *тормозные синапсы*.

Примеры тормозных нейронов:

1. грушевидные клетки (клетки *Пуркинье*) коры мозжечка и
2. клетки *Реншоу* в спинном мозге.



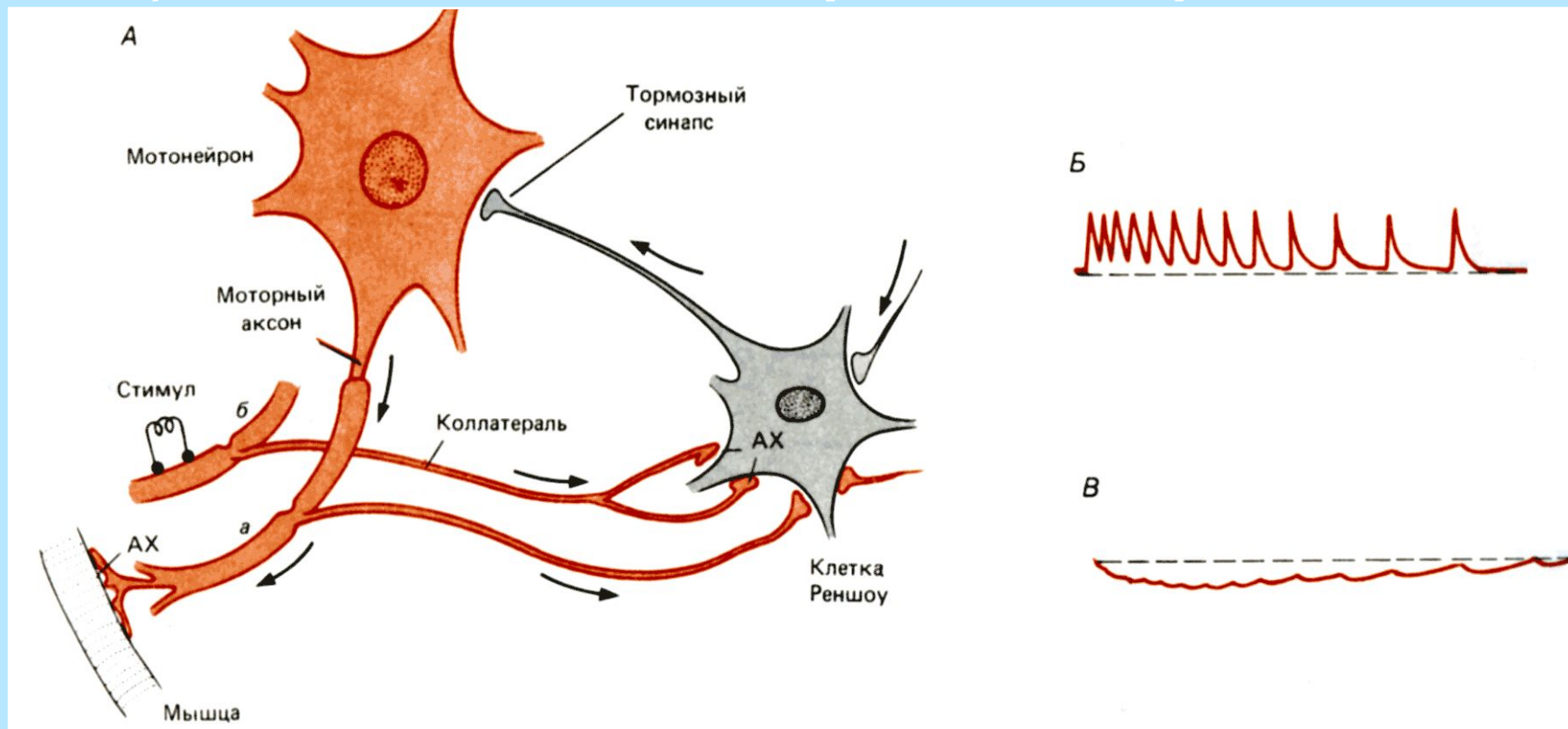
# • Тормозные нейроны



Клетки Пуркинье коры мозжечка.  
Медиатор синаптических влияний -  
гамма-аминомасляная кислота

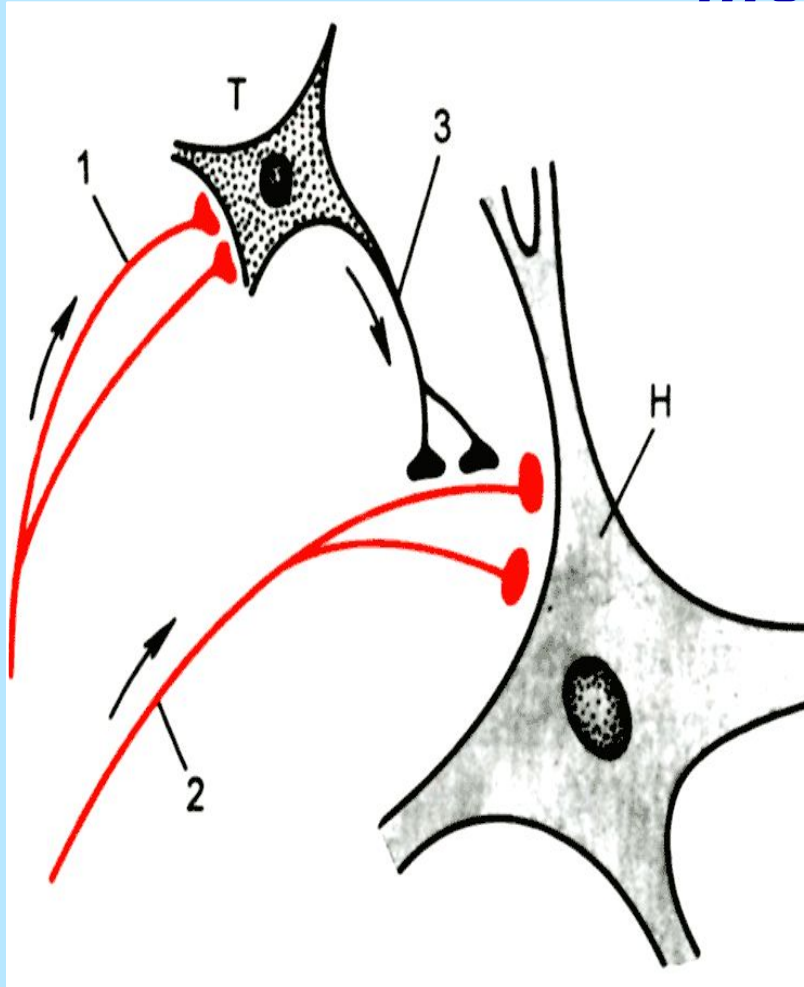
- Медиаторы передачи тормозящих влияний в ЦНС аминокислоты:
- **ГАМК** →
  - **Глицин** → Блокаторы глициновых рецепторов: стрихнин, столбнячный токсин.

## • Торможение в ЦНС: возвратное торможение



- Мотонейрон → по возвратным коллатералям аксона → возбуждение клетки Реншоу (Б) → ТПСР мотонейрона (В,). Импульсная активность мотонейрона прекращается. Медиатор тормозного синапса **глицин**.
- *Первичное, гиперполяризационное, постсинаптическое торможение.* Значение: защитное (охранительное). Обратная отрицательная связь: мотонейрон – клетка Реншоу, подавлять его избыточную активность

## • Торможение в ЦНС: пресинаптическое торможение



**Механизм:** возбуждение T → **деполяризация** мембраны афферента → **уменьшение** амплитуды ПД в афферентах → **уменьшение** количества выделяемого медиатора из **пресинаптической области** синапса → **уменьшение** амплитуды ВПСР на мембране мотонейрона → **уменьшение** активности мотонейрона.

Медиатор тормозного синапса - ГАМК.

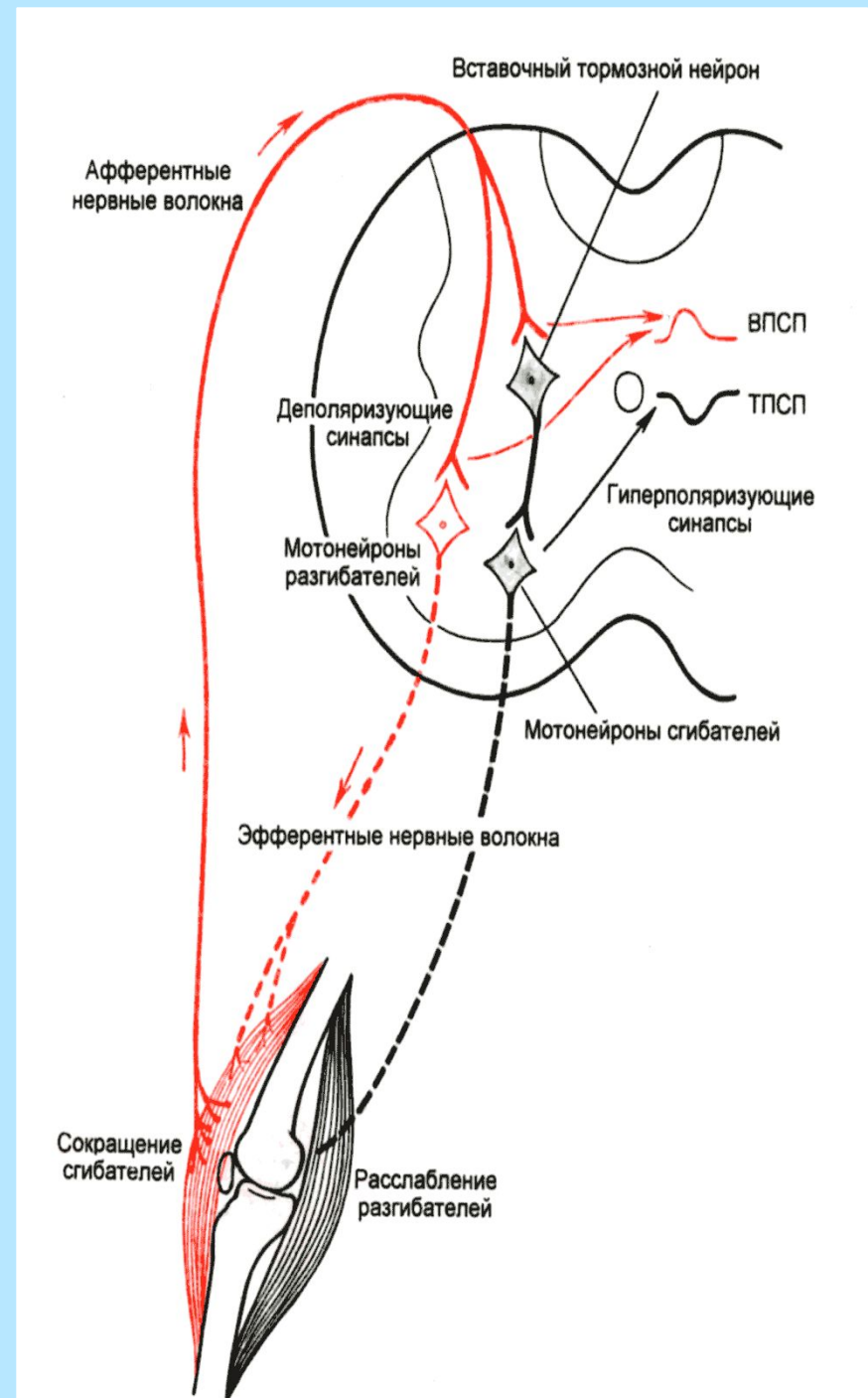
**Значение:** **координирующее.** Обеспечивает тонкую регуляцию.

Вставочные (тормозные - T) нейроны формируют **аксо-аксональные** синапсы (3) на афферентных терминалях (2) – **пресинаптических** по отношению к мотонейрону.

# • Торможение в ЦНС: реципрое торможение

Пример реципроего  
(сопряженного) торможения –  
взаимное торможение  
центров **мышц-антагонистов**.

Механизм: **возбуждение**  
проприорецепторов  
(рецепторы растяжения)  
**мышц- сгибателей** →  
**активация** мотонейронов  
**данных** мышц и вставочных  
**тормозных** нейронов  
→ постсинаптическое  
**торможение** мотонейронов  
**мышц-разгибателей**.



# • *Принципы координации нервных центров*

- ❑ **Координация** (лат. со - вместе+ ordinatio – расположение в порядке) – согласование деятельности различных нейронов (групп нейронов) для достижения полезного результата.
- ❑ Координация способствует реализации всех функций ЦНС.
- ❑ *Принципы, лежащих в основе координационной деятельности ЦНС:*
  - общего конечного пути;
  - доминанты;
  - иерархии и субординации (соподчинения);
  - иррадиации;
  - индукции;
  - обратной связи.

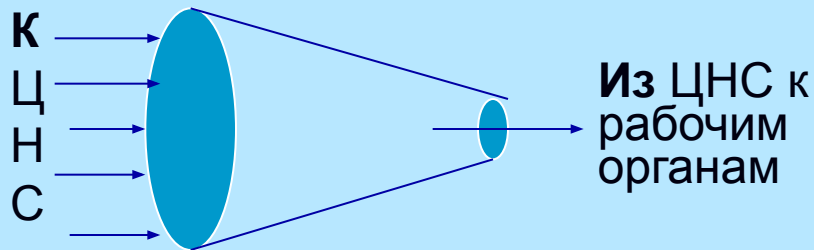


# • Принципы координации нервных центров: «общий конечный путь» (конвергенция)

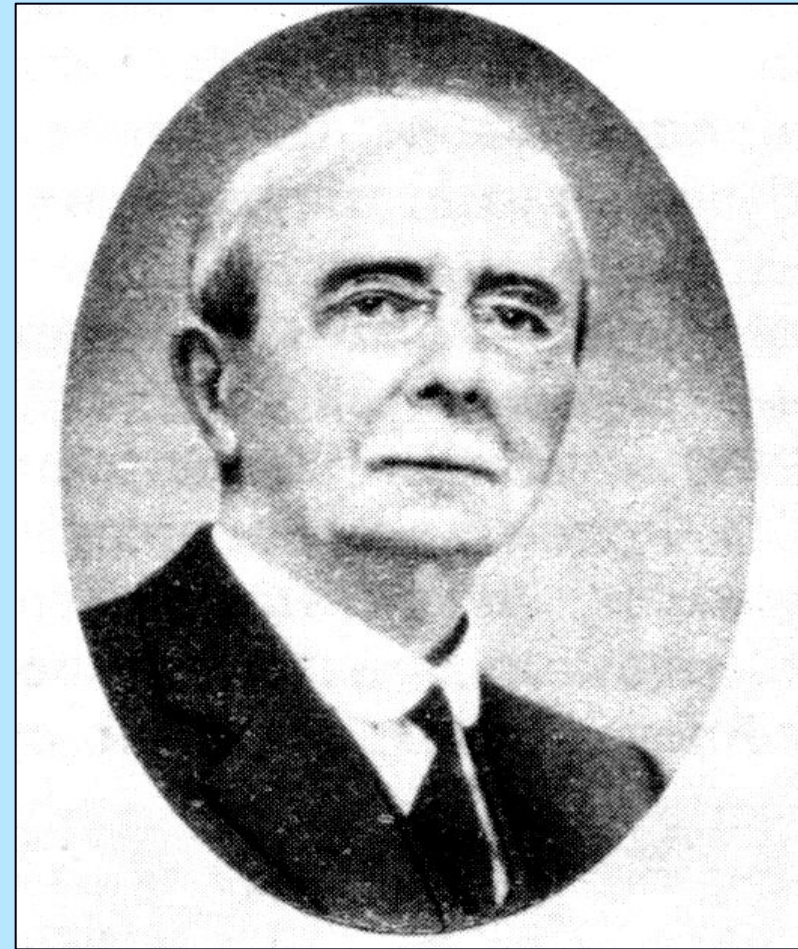
Выдвинут Ч.С. Шеррингтоном в 1906 г.

**Конвергенция** – морфологическая основа координации, – исходит из анатомического соотношения между афферентными и эфферентными нейронами (5:1).

Такое соотношение Шеррингтон схематически представил в виде воронки:



Воронка Шеррингтона



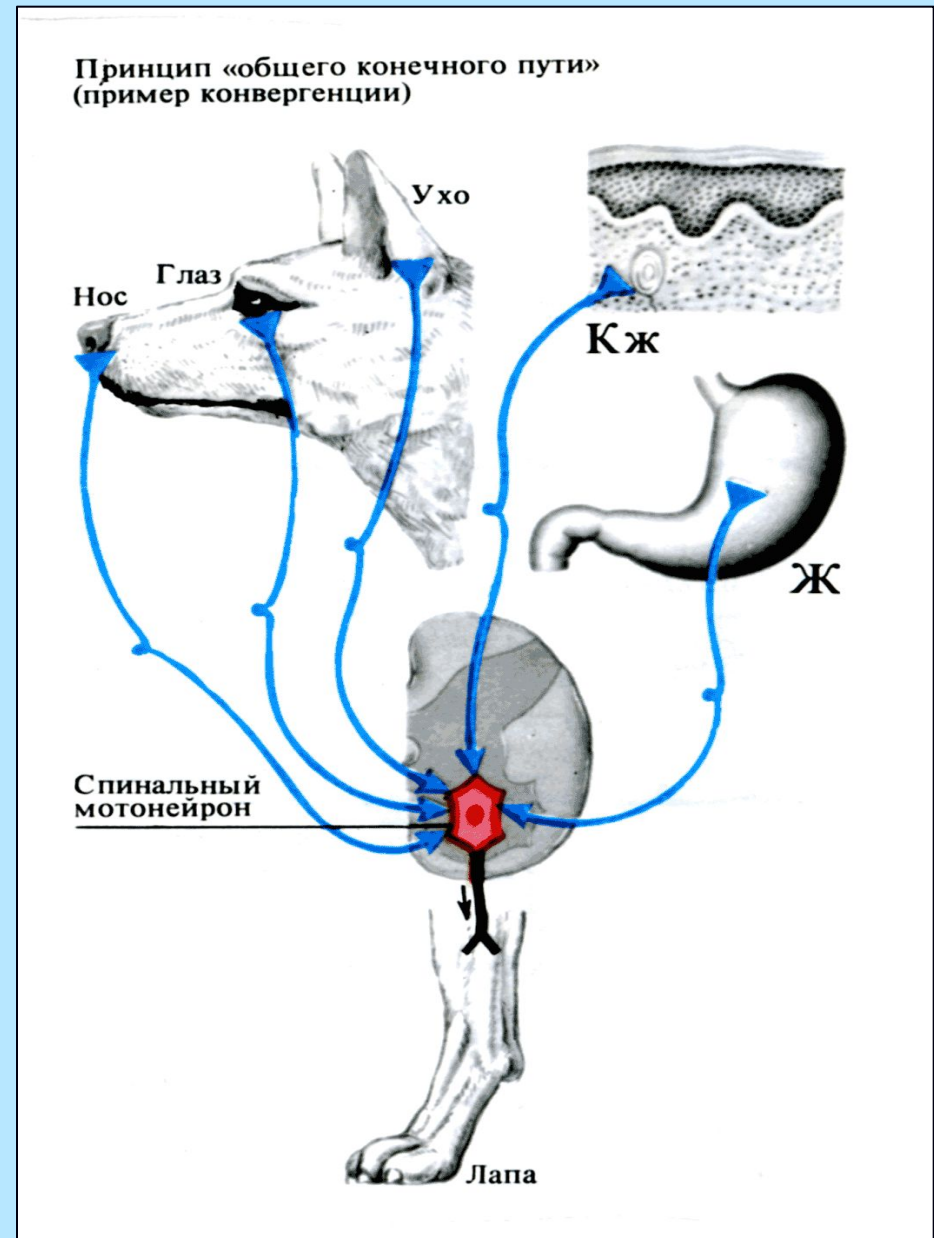


# • Принципы координации нервных центров: «общий конечный путь»

Согласно этому принципу к одному мотонейрону приходит множество импульсов от различных рефлексогенных зон, но только некоторые из них приобретают рабочее значение.

Самые разнообразные стимулы могут стать причиной одной и той же рефлекторной реакции, т.е. происходит борьба за «общий конечный путь».

Функциональные особенности нервных центров определяют какой из импульсов, сталкивающихся на пути к мотонейрону, окажется победителем и завладеет общим конечным путем.



# • Принципы координации нервных центров: **доминанта**

Принцип доминанты (лат. dominare господствовать) – установлен А. А. Ухтомским (1923).

По Ухтомскому: **доминанта** – господствующий очаг возбуждения, предопределяющий характер текущих реакций нервных центров в данный момент.

Доминантный центр (очаг) может возникнуть в различных этажах ЦНС при длительном действии гуморальных или рефлекторных раздражителей.

«...Внешним выражением доминанты является стационарно поддерживаемая работа или рабочая поза организма...». (А.А. Ухтомский. Т.1. С. 165. 1950)



**Алексей Алексеевич  
Ухтомский**

## •Доминанта

### **Свойства доминантного очага:**

1. Повышенная возбудимость;
2. Инерционность;
3. Способность к суммации;
4. Способность к торможению центров, функционально несовместимых с деятельностью центров доминантного очага.

*Доминанта определяет вероятность возникновения той или иной рефлекторной реакции в ответ на текущие раздражители.*

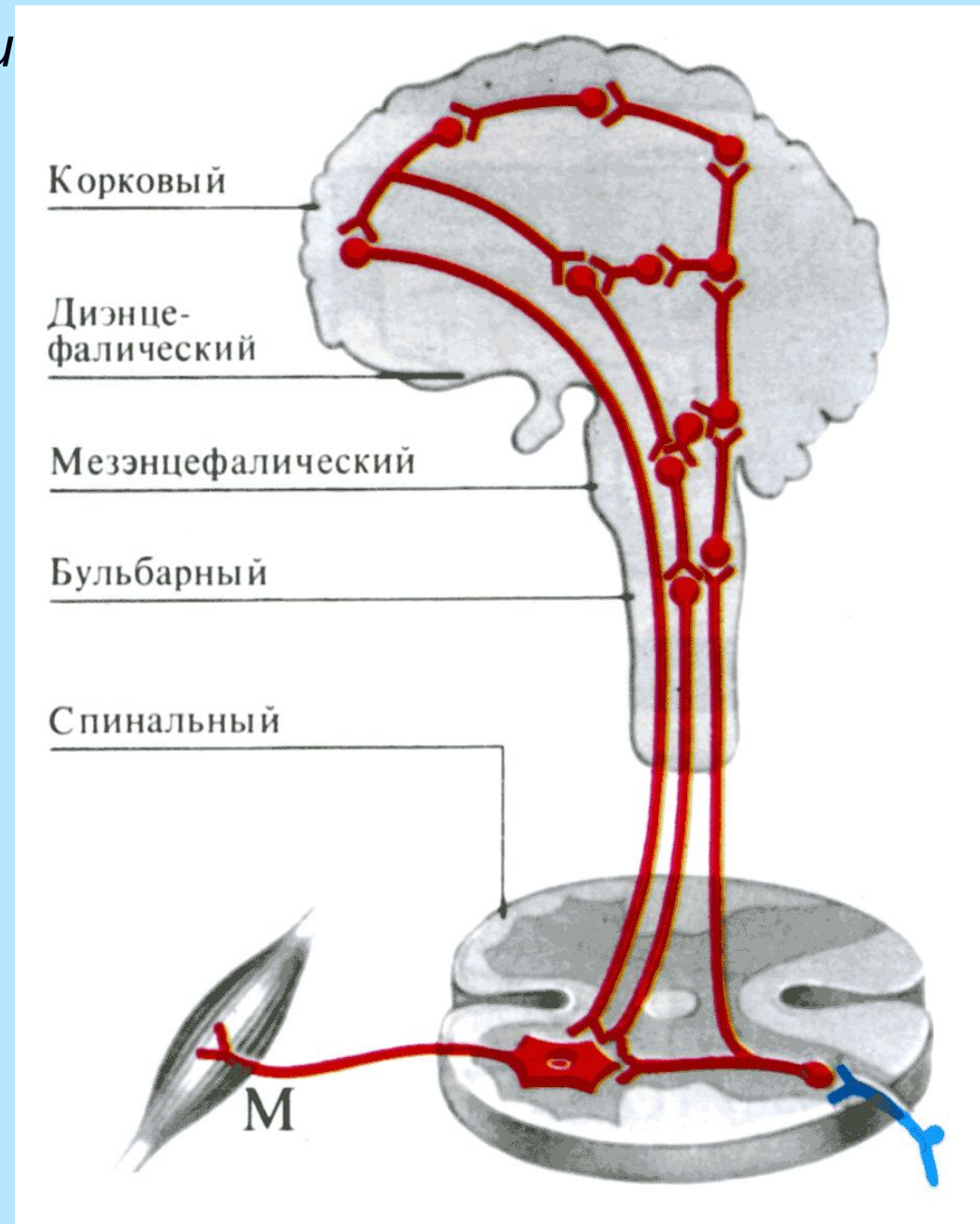
## *Доминанта*

- А.А. Ухтомский о (+) и (–) доминанты:  
«... *Доминанта*, как общая формула, ещё ничего не обещает. Как общая формула, *доминанта* говорит лишь то, что из самых умных вещей глупец извлечет повод для продолжения глупостей, а из самых неблагоприятных условий умный извлечет умное.»

• *Принципы координации нервных центров:*  
**иерархия и субординация**

В ЦНС имеют место:

- *Иерархические* взаимоотношения (греч. *hierarchia* < *hieros* – священный + *arche* – власть) – высшие отделы мозга контролируют нижележащие;
- *Субординация* (соподчинение) – нижележащий отдел подчиняется вышележащим отделам.





# • Принципы координации нервных центров: **иррадиация**

- ❑ **Иррадиация** (лат. irradio освещать, озарять) – распространение процессов возбуждения (торможения).
- ❑ Иррадиация тем шире, чем сильнее и длительнее афферентное раздражение.
- ❑ В основе иррадиации – многочисленные связи аксонов афферентных нейронов с дендритами и телами вставочных нейронов, объединяющих нервные центры.
- ❑ Иррадиация лежит в основе формирования временной (условно-рефлекторной) связи.
- ❑ Иррадиация (как возбуждения, так и торможения) имеет свои пределы: → концентрация (формирование доминанты, исключение хаотичности).

## • *Принципы координации нервных центров:* ***индукция***

Индукция («*наведение*») – один из важных принципов координации:

- при возникновении возбуждения в одном из участков ЦНС по индукции в сопряженных центрах возникает противоположный процесс – *торможение*.

И наоборот:

- при возникновении торможения в одних центрах в одном из участков ЦНС по индукции в сопряженных центрах возникает *возбуждение*.
- Пример: центры мышц-сгибателей правой и левой конечностей



# *Возрастные особенности свойств нервных центров*

- Для организма ребенка характерна более *высокая утомляемость* нервных центров по сравнению со взрослыми, связанная с меньшими запасами медиаторов в синапсах и их быстрым истощением в результате ритмических раздражений.
- Нервные центры детей *более чувствительны к недостатку кислорода и глюкозы* вследствие высокого уровня обмена веществ.
- На ранних стадиях развития нервные центры обладают *большей компенсаторной способностью и пластичностью*.

# Возрастные особенности координации нервных процессов

- Ребенок рождается с несовершенной координацией рефлекторных реакций.
- Ответная реакция у новорожденного всегда связана с обилием ненужных движений и широкими неэкономичными вегетативными сдвигами.
- В основе рассматриваемых явлений лежит более высокая степень *иррадиации* нервных процессов, которая
  1. во многом связана с плохой «изоляцией» нервных волокон (отсутствием у многих периферических и центральных нервных волокон миелиновой оболочки) → процесс возбуждения с одного нерва легко переходит на соседний.
  2. на первых этапах постнатального развития ведущее значение в регуляции рефлекторной деятельности имеет не кора, а *подкорковые структуры* головного мозга.

# *Возрастные особенности координации нервных процессов*

Дети, в сравнении со взрослыми, имеют:

- меньшую специализацию нервных центров,
- более распространенные явления конвергенции и
- более выраженные явления индукции нервных процессов.
- Доминантный очаг у ребенка возникает быстрее и легче (неустойчивость внимания детей). Новые раздражители легко вызывают и новую доминанту в мозге ребенка.
- Своего совершенства координационные процессы достигают только к 18 – 20 годам.