

# **ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ (ЦНС): *ТОРМОЖЕНИЕ***

*Проф. Мухина И.В.*

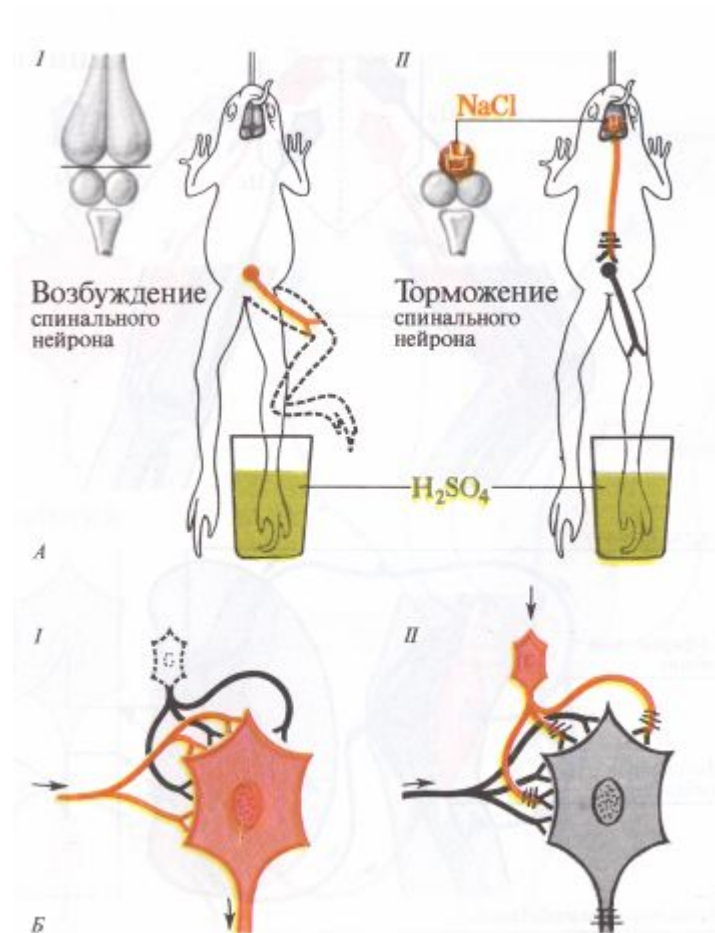
Лекция №9

Лечебный факультет

- **Торможение – самостоятельный нервный процесс, который вызывается возбуждением и проявляется в подавлении другого возбуждения.**

# История открытия

- 1862 - открытие И.М. Сеченовым эффекта центрального торможения (химическое раздражение зрительных бугров лягушки тормозит простые спинномозговые безусловные рефлексы);
- Начало 20-го века - Экклс, Реншоу показали существование специальных вставочных тормозных нейронов, имеющих синаптические контакты с двигательными нейронами.



# Механизмы центрального торможения

- В зависимости от нейронного механизма, различают первичное торможение, осуществляемое с помощью тормозных нейронов и вторичное торможение, осуществляемое без помощи тормозных нейронов.

## Первичное торможение:

1. Постсинаптическое;
2. Пресинаптическое.

## Вторичное торможение

1. Пессимальное;
2. Постактивационное.

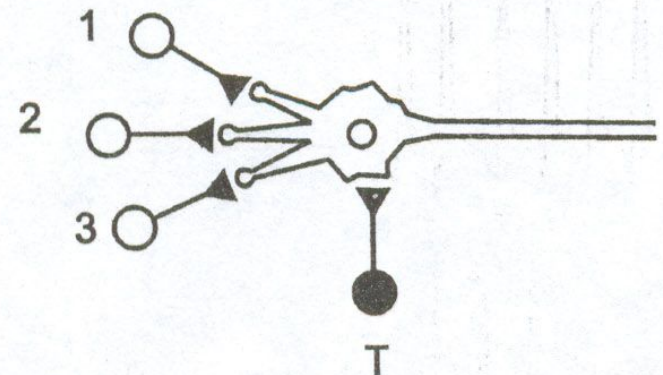
# Постсинаптическое торможение

- основной вид торможения, развивающийся в постсинаптической мембране аксосоматических и аксодендрических синапсов под влиянием активации *тормозных нейронов*, из пресинаптических окончаний которых освобождается и поступает в синаптическую щель *тормозной медиатор* (глицин, ГАМК).

Тормозной медиатор вызывает в постсинаптической мембране увеличение проницаемости для  $K^+$  и  $Cl^-$ , что приводит к гиперполяризации в виде тормозных постсинаптических потенциалов (**ТПСП**), пространственно-временная суммация которых повышает уровень мембранного потенциала, уменьшая возбудимость мембраны постсинаптической клетки. Это приводит к прекращению генерации распространяющихся ПД в аксональном холмике.

Таким образом, постсинаптическое торможение связано со *снижением возбудимости постсинаптической мембраны*.

А. Постсинаптическое торможение

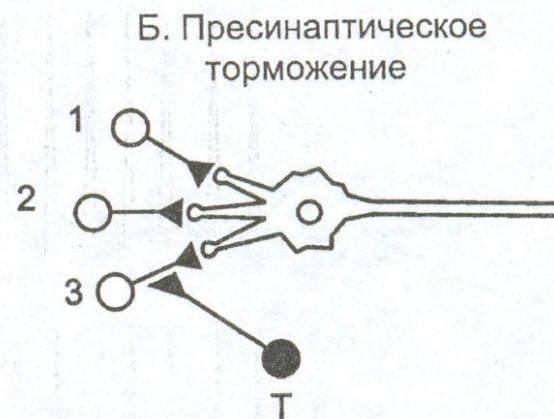


# Пресинаптическое торможение

Развивается в аксоаксональных синапсах, блокируя распространение возбуждения по аксону. Часто встречается в стволовых структурах, в спинном мозге, в сенсорных системах.

Импульсы в пресинаптическом окончании аксоаксонального синапса высвобождают медиатор (ГАМК), который вызывает длительную деполяризацию постсинаптической области за счет увеличения проницаемости их мембраны для  $Cl^-$ .

- Деполяризация постсинаптической области вызывает уменьшение амплитуды ПД, приходящего в пресинаптическое окончание возбуждающего нейрона (механизм «шлагбаума»). Предполагают, что в основе снижения возбудимости возбуждающего аксона при длительной деполяризации лежат процессы катодической депрессии (изменяется критический уровень деполяризации за счет инактивации  $Na^+$  каналов, что ведет к увеличению порога деполяризации и снижению возбудимости аксона на пресинаптическом уровне).
- Уменьшение амплитуды пресинаптического потенциала ведет к снижению количества высвобождаемого медиатора вплоть до полного прекращения его выделения. В результате импульс не передается на постсинаптическую мембрану нейрона.
- Преимущество пресинаптического торможения состоит в его избирательности: при этом происходит торможение отдельных входов к нервной клетке, в то время как при постсинаптическом торможении снижается возбудимость всего нейрона в целом.



# Пессимальное торможение

- Представляет собой вид торможения центральных нейронов.
- Наступает при высокой частоте раздражения. Не требует специальных структур. Предполагают, что в основе лежит механизм инактивации Na-каналов при длительной деполяризации и изменение свойств мембраны аналогично катодической депрессии. (Пример - лягушка, перевернутая на спину – мощная афферентация от вестибулярных рецепторов – явление оцепенения, гипноза).



# Постактивационное торможение

Не требует специальных структур. Торможение обусловлено выраженной следовой гиперполяризацией постсинаптической мембраны в аксональном холмике после длительного возбуждения.

В зависимости от строения нейронных сетей различают три вида торможения:

- Возвратное;
- Реципрокное (сопряженное);
- Латеральное.



# Возвратное торможение

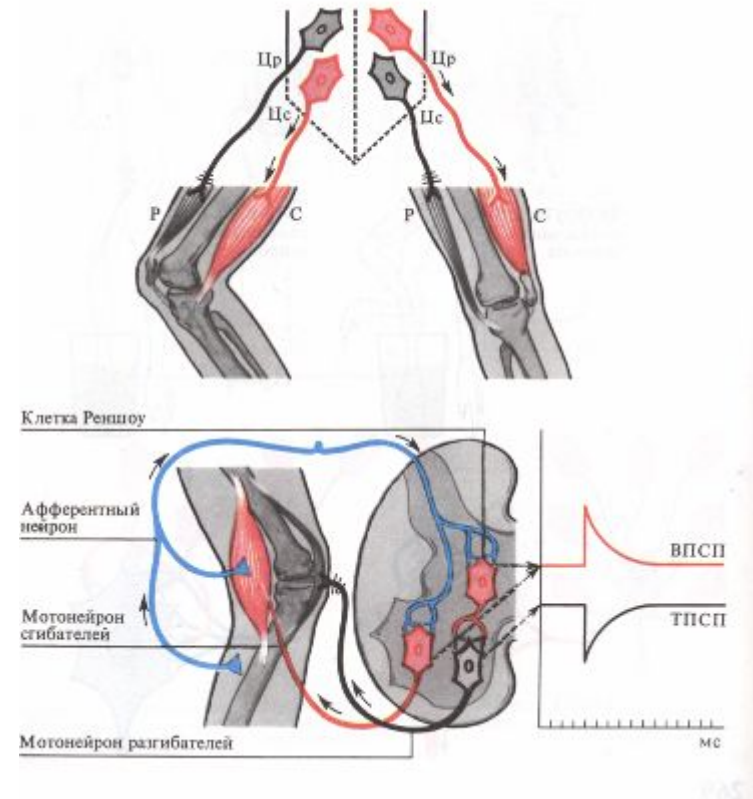
Угнетение активности нейрона, вызываемое возвратной коллатералью аксона нервной клетки с участием тормозного вставочного нейрона.

Например, мотонейрон переднего рога спинного мозга дает боковую коллатераль, которая возвращается назад и заканчивается на тормозных нейронах – клетках Реншоу. Аксон клетки Реншоу заканчивается на том же мотонейроне, оказывая на него тормозное действие (**принцип обратной связи**).



# Реципрокное (сопряженное) торможение

- Координированная работа антагонистических нервных центров обеспечивается формированием реципрокных отношений между нервными центрами благодаря наличию специальных тормозных нейронов – клеток Реншоу.
- Известно, что сгибание и разгибание конечностей осуществляется благодаря согласованной работе двух функционально антагонистических мышц: сгибателей и разгибателей. Сигнал от афферентного звена через промежуточный нейрон вызывает возбуждение мотонейрона, иннервирующего мышцу-сгибатель, а через клетку Реншоу тормозит мотонейрон, иннервирующий мышцу-разгибатель (и наоборот).



# Латеральное торможение

- При латеральном торможении возбуждение, передаваемое через коллатерали аксона возбужденной нервной клетки, активирует вставочные тормозные нейроны, которые тормозят активность соседних нейронов, в которых возбуждение отсутствует или является более слабым.
- В результате в этих соседних клетках развивается очень глубокое торможение. Образующаяся зона торможения находится сбоку по отношению к возбужденному нейрону.
- Латеральное торможение по нейронному механизму действия может иметь форму как постсинаптического, так и пресинаптического торможения. Играет важную роль при выделении признака в сенсорных системах, коре больших полушарий.

# Значение торможения

1. **Координация рефлекторных актов.** Направляет возбуждение к определенным нервным центрам или по определенному пути, выключая те нейроны и пути, деятельность которых в данный момент является несущественной. Результатом такой координации является определенная приспособительная реакция.
2. **Ограничение иррадиации.**
3. **Охранительное.** Предохраняет нервные клетки от перевозбуждения и истощения. Особенно при действии сверхсильных и длительно действующих раздражителей.

# Координация

- В реализации информационно-управляющей функции ЦНС значительная роль принадлежит процессам координации деятельности отдельных нервных клеток и нервных центров.
- Координация – морфофункциональное взаимодействие нервных центров, направленное на осуществление определенного рефлекса или регуляции функции.
- Морфологическая основа координации: *связь между нервными центрами (конвергенция, дивергенция, циркуляция).*
- Функциональная основа: *возбуждение и торможение.*

# Основные принципы координационного взаимодействия

1. **Сопряженное (реципрокное) торможение.**
2. **Обратная связь.** *Положительная* – сигналы, поступающие на вход системы по цепи обратной связи, действуют в том же направлении, что и основные сигналы, что ведет к усилению рассогласования в системе. *Отрицательная* – сигналы, поступающие на вход системы по цепи обратной связи, действуют в противоположном направлении и направлены на ликвидацию рассогласования, т.е. отклонений параметров от заданной программы (П.К. Анохин).
3. **Общий конечный путь** (принцип «воронки» Шеррингтона). Конвергенция нервных сигналов на уровне эфферентного звена рефлекторной дуги определяет физиологический механизм принципа «общего конечного пути».
4. **Облегчение.** Это интегративное взаимодействие нервных центров, при котором суммарная реакция при одновременном раздражении рецептивных полей двух рефлексов выше суммы реакций при изолированном раздражении этих рецептивных полей.
5. **Окклюзия.** Это интегративное взаимодействие нервных центров, при котором суммарная реакция при одновременном раздражении рецептивных полей двух рефлексов меньше, чем сумма реакций при изолированном раздражении каждого из рецептивных полей.
6. **Доминанта.** *Доминантным* называется временно господствующий в нервных центрах очаг (или доминантный центр) повышенной возбудимости в ЦНС. По А.А. Ухтомскому, доминантный очаг характеризуется:
  - повышенной возбудимостью,
  - стойкостью и инертностью возбуждения,
  - повышенной суммацией возбуждения.Доминирующее значение такого очага определяет его угнетающее влияние на другие соседние очаги возбуждения. Принцип доминанты определяет формирование главенствующего возбужденного нервного центра в тесном соответствии с ведущими мотивами, потребностями организма в конкретный момент времени.
7. **Субординация.** Восходящие влияния преимущественно носят возбуждающий стимулирующий характер, нисходящие носят угнетающий тормозной характер. Эта схема согласуется с представлениями о росте в процессе эволюции роли и значении тормозных процессов в осуществлении сложных интегративных рефлекторных реакций. Имеет регулирующий характер.

# Вопросы студентам

- 1. Назовите основные тормозные медиаторы;
- 2. Какой тип синапса участвует в пресинаптическом торможении?;
- 3. Какова роль торможения в координационной деятельности ЦНС?
- 4. Перечислите свойства доминантного очага в ЦНС.