

# ФИЗИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ (ЦНС):

Нервный центр. Свойства нервных центров и особенности проведения возбуждения по нервным центрам. Торможение. Механизмы торможения. Значение торможения

- **Нервный центр** – это динамическая совокупность нейронов, координированная деятельность которых обеспечивает регуляцию отдельных функций организма или определенный рефлекторный акт.

Нервные центры имеют ряд общих свойств, определяемых наличием синаптических образований и структурой нейронных сетей, образующих эти центры:

- **Низкая лабильность** (50-100 имп/с). Обусловлена скоростью развития синаптической передачи импульса в химическом синапсе.
- **Высокая утомляемость**. Утомление – временное снижение работоспособности в результате проведенной работы, которое исчезает после отдыха. Причины: а) истощение и несвоевременный синтез медиатора; б) адаптация постсинаптического рецептора к медиатору; в) инактивация рецепторов в результате длительной деполяризации постсинаптической мембраны.
- **Высокая чувствительность к недостатку кислорода**. Мозг в 22 раза больше потребляет кислорода, чем мышечная ткань. Необратимые изменения наступают в коре через 4-5 мин, в стволовых клетках – через 15-20 мин.

### **Высокая чувствительность к ацидозу и алкалозу.**

Снижение рН до 7.0 может вызвать развитие коматозного состояния (диабетическая кома). Повышение рН до 7.8-8.0 повышает возбудимость нейронов (эпилепсия).

### **Высокая чувствительность к фармакологическим веществам**

(блокаторам нервно-мышечной передачи, психомиметическим средствам), ядам:

### **Пластичность**

способность нервных элементов к перестройке функциональных свойств. Основа: изменение структуры и функции синапсов.

Пластичность обуславливает такие функции ЦНС как **научение и память**,

Свойство пластичности лежит в основе **компенсации функции** при нарушении за счет формирования новых нейронных связей, синтеза специфических белков.

## Закономерности проведения возбуждения по рефлекторной дуге

1. Одностороннее проведение;
2. Замедленное проведение;
3. Суммация подпороговых возбуждений;
4. Трансформация ритма возбуждения;
5. Рефлекторное последствие;
6. Посттетаническая потенция.

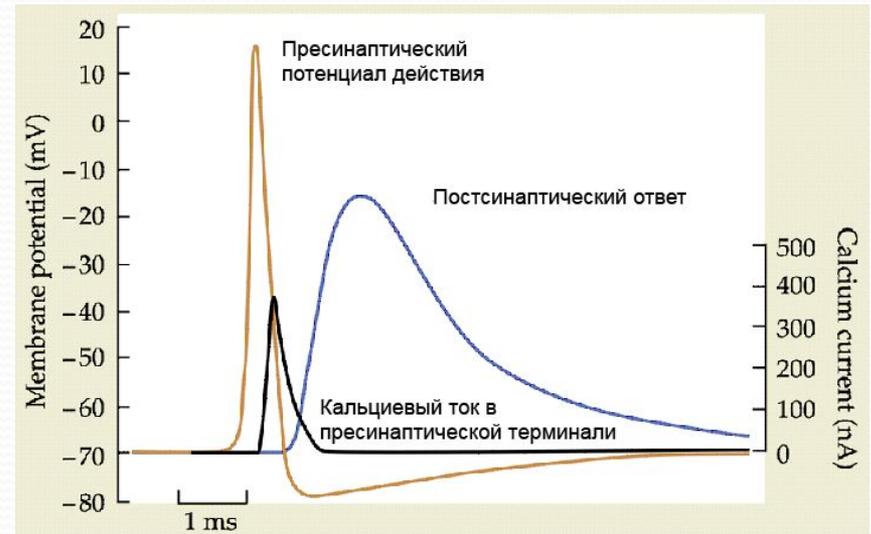
● **Одностороннее проведение.** Обусловлено особенностями проведения возбуждения по химическому синапсу. Медиаторы, к которым рецепторы находятся в постсинаптической мембране, выделяются только в пресинаптическом окончании.

● **Замедленное проведение,** обусловленное синаптической задержкой в центральной части рефлекторной дуги. Составляет 0.2-0.5 мс и определяет время рефлекса (от начала раздражения до начала ответной реакции).

**Синаптическая задержка – время между началом пресинаптической деполяризации и началом постсинаптического потенциала.**

**Обусловлена:**

1. Временем, необходимым для деполяризации нервного окончания;
2. Временем открывания кальциевых каналов;
3. Временем увеличения внутриклеточной концентрации кальция, который запускает процесс экзоцитоза



**Синаптическая задержка**

**Суммация** – это явление возникновения рефлекторного ответа при действии множественных подпороговых раздражений

- Два типа:

#### Суммация временная (последовательная)

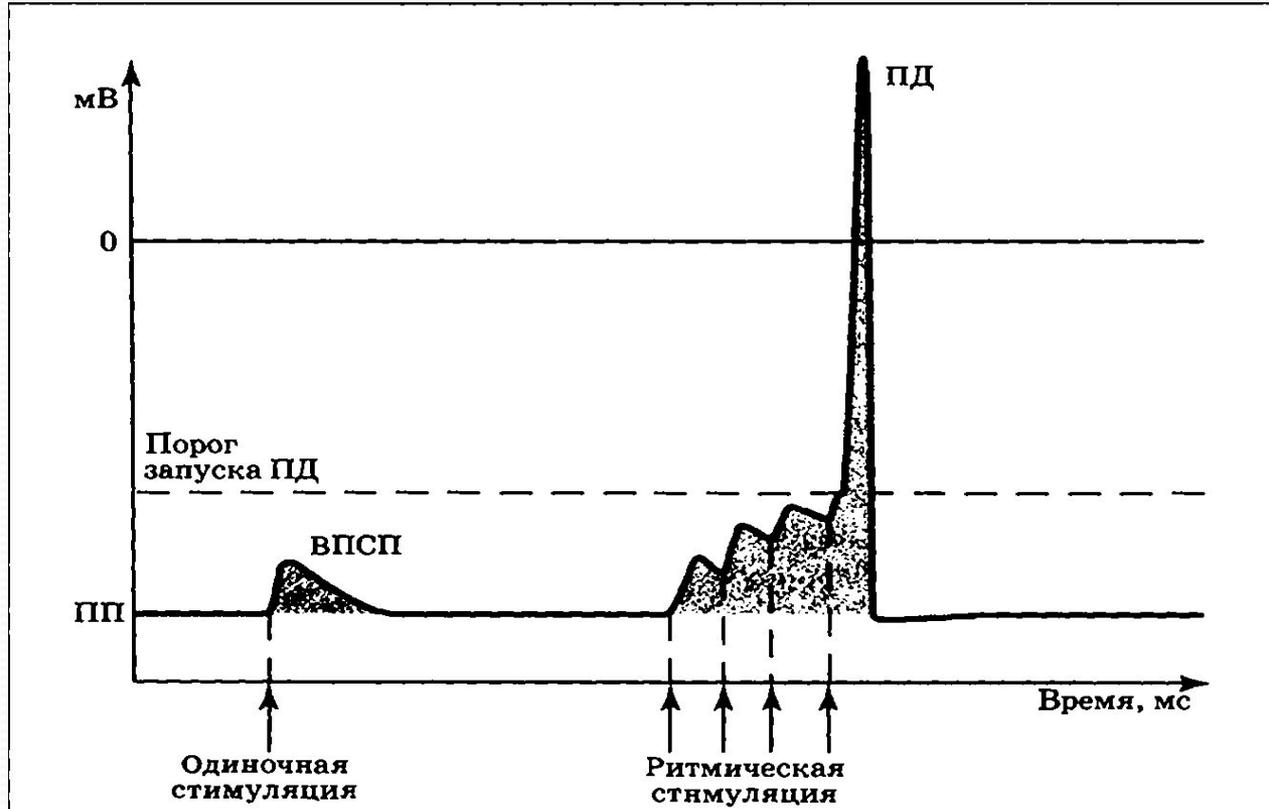
- П/п раздражение наносится на одну и ту же точку рецептивного поля. ВПСП быстро следуют друг за другом и суммируются благодаря своему относительно медленному временному ходу ( $\approx 15$  мс), достигая в конце концов подпорогового уровня (Екр.) в области аксона. Временная суммация ответа обусловлена тем, что ВПСП продолжается дольше, чем рефрактерный период аксона.

#### Суммация пространственная (одновременная)

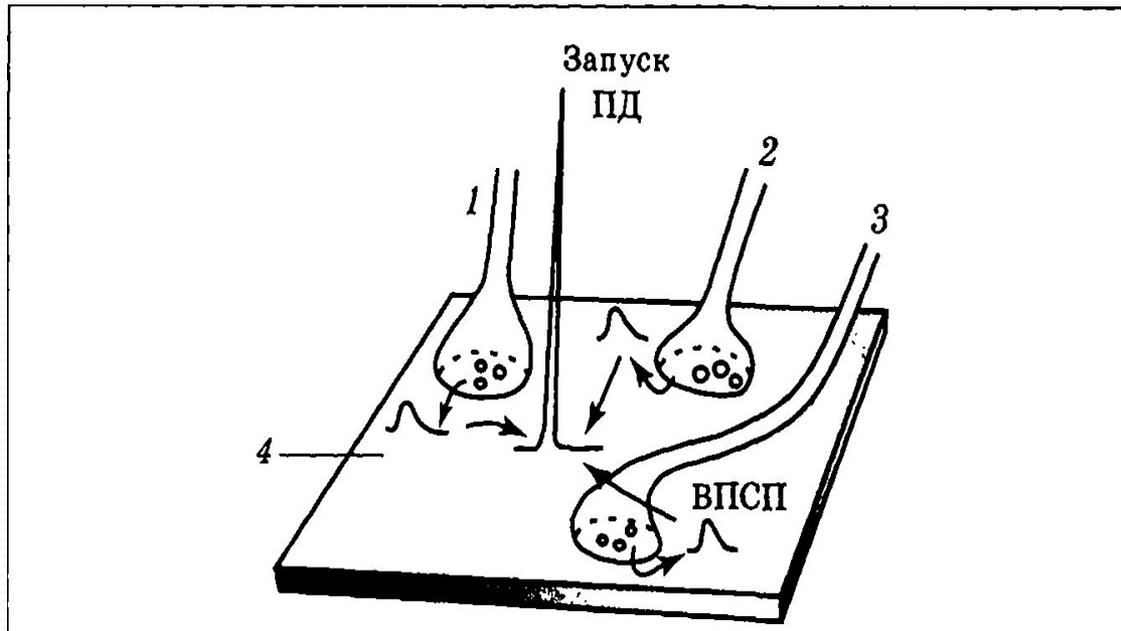
- П/п раздражения наносятся одновременно на несколько точек рецептивного поля, в результате конвергенции нейронных входов происходит суммация локальных ответов.

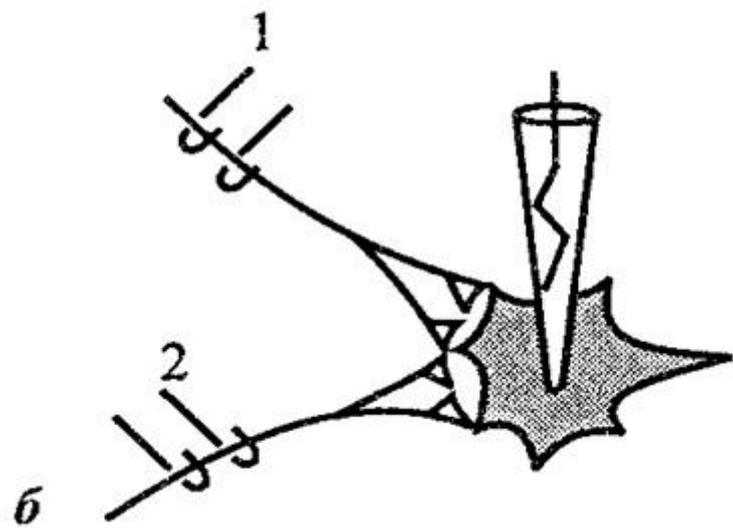
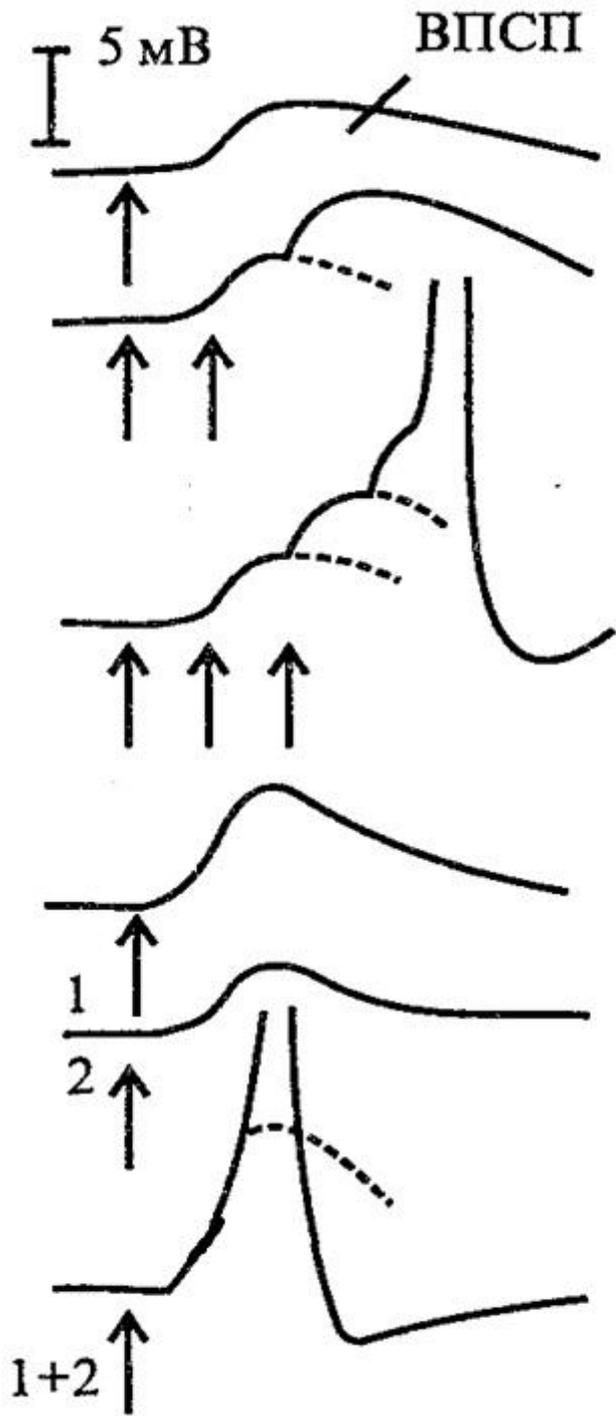
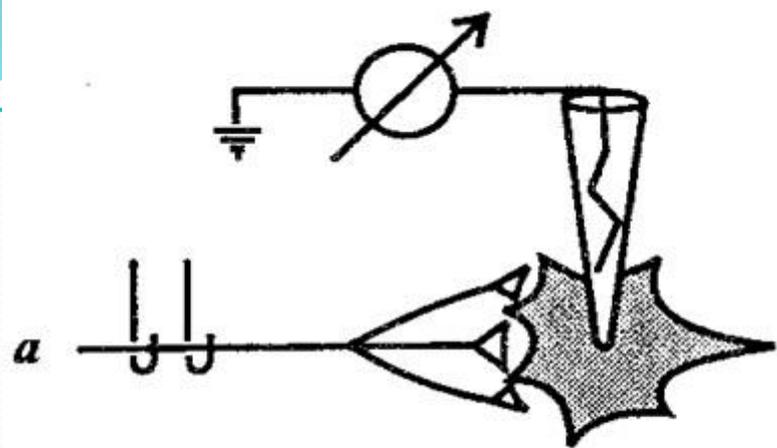


● Временная суммация (последовательная)



## Суммация пространственная (одновременная)





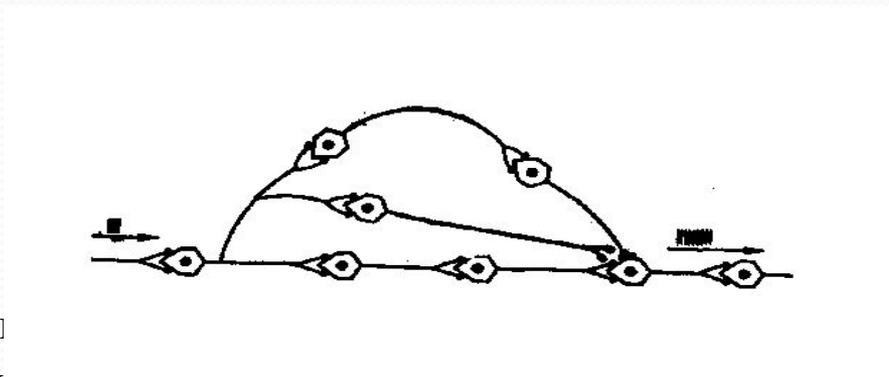
## Трансформация ритма возбуждения.

- При ритмическом возбуждении нервный центр перестраивает ритм как понижая, так и повышая частоту следования импульсов.

Понижающая трансформация связана с низкой лабильностью синапса (максимально – 100 имп/с).

Повышающая трансформация обусловлена:

1. возникновением повторных разрядов на фоне длительной следовой деполяризации;
2. наличием полисинаптических нервных цепей;

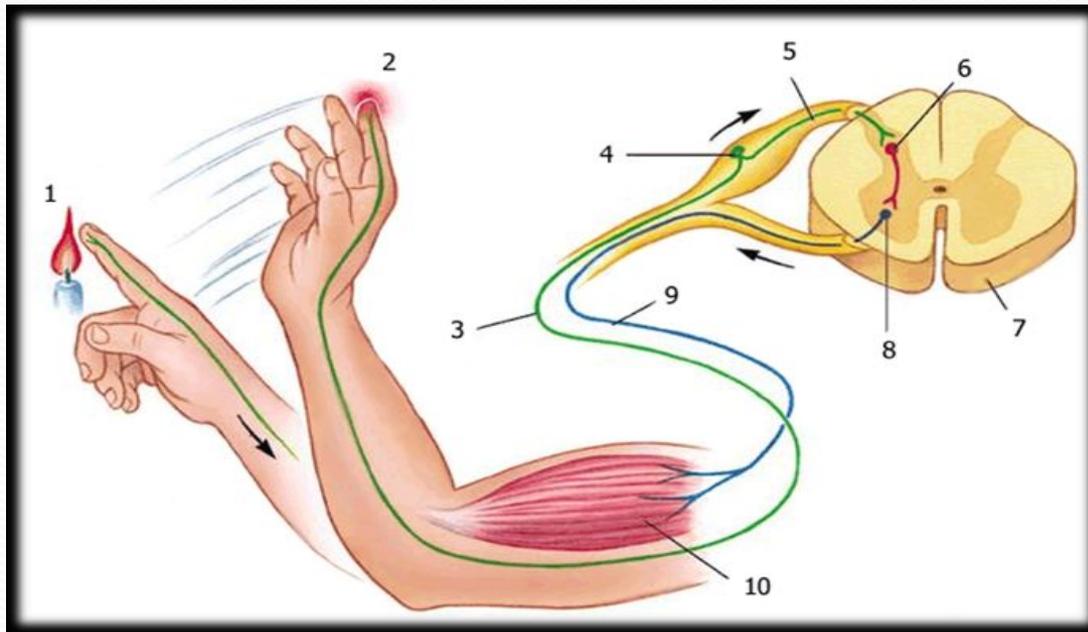


3. ]  
Нейронных цепей.



- **Рефлекторное последствие** – продолжение рефлекторной реакции после окончания действия раздражителя.

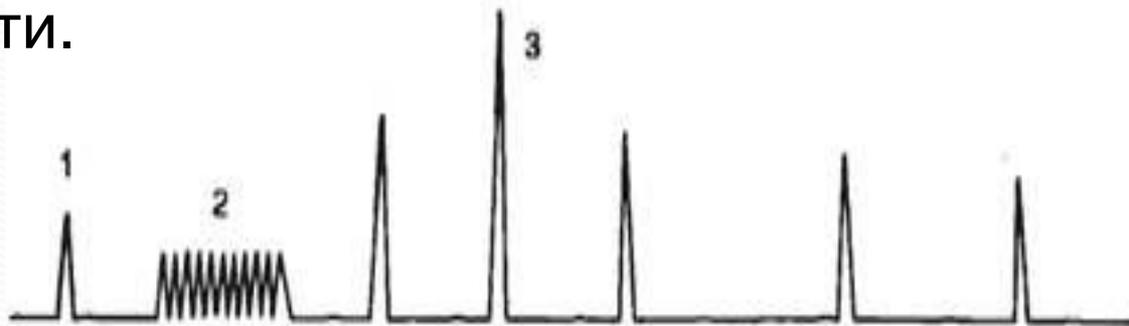
## **Рефлекторное последствие**



- Механизмы те же, что и механизмы повышающей трансформации

## Посттетаническая потенция - это усиление рефлекторного ответа после тетанических раздражений

Длительность посттетанической потенции может составлять от нескольких минут до нескольких часов. С функциональной точки зрения посттетаническая потенция представляет собой процесс облегчения в ЦНС, связанный с приобретением опыта, т.е. **процесс научения, памяти.**



Феномен посттетанической потенции.

1 — тестовый ответ; 2 — тетаническая стимуляция;  
3 — потенцированный ответ нервной клетки.

# Физиология ЦНС

## Торможение

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

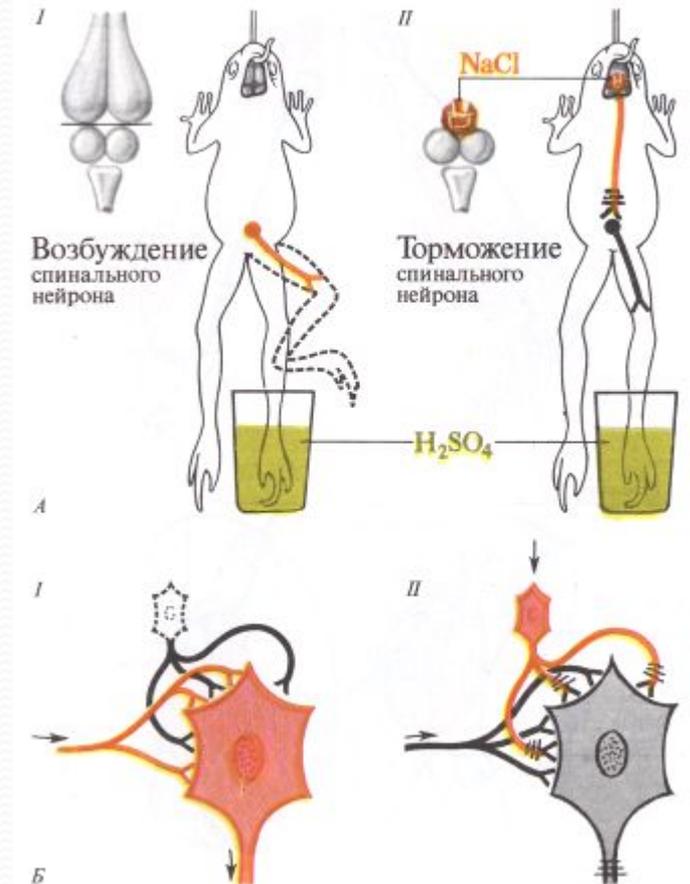
**Торможение** - процесс обратимый

# История открытия

1862 - открытие И.М. Сеченовым эффекта центрального торможения (химическое раздражение зрительных бугров лягушки тормозит простые спинномозговые безусловные рефлексы);

Гольц «торможение рефлекса рефлексом»

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

# Механизмы торможения в ЦНС

## Первичное торможение:

1. **Постсинаптическое;**
2. **Пресинаптическое.**

## Вторичное торможение:

1. **Пессимальное;**
2. **«Торможение вслед за возбуждением»  
(Постактивационное)**

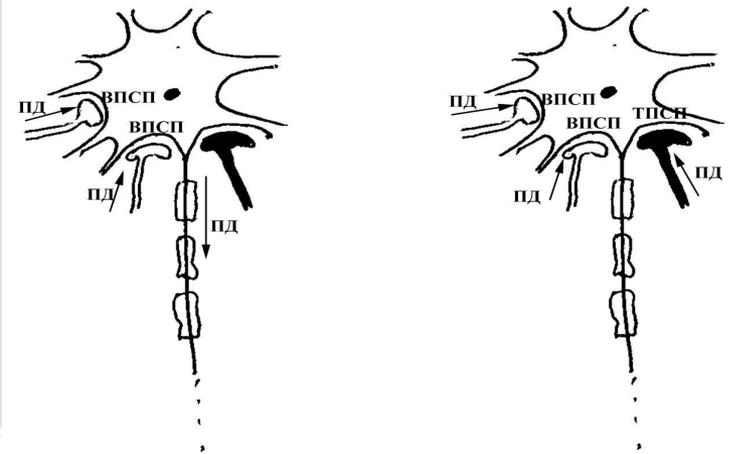
# Постсинаптическое торможение

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

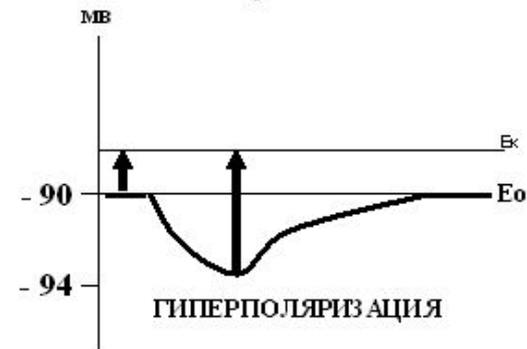
Тормозной медиатор (глицин) вызывает в постсинаптической мембране увеличение проницаемости для  $K^+$  и  $Cl^-$ , что приводит к гиперполяризации в виде тормозных постсинаптических потенциалов (**ТПСП**)

Таким образом постсинаптическое торможение связано с *снижением возбудимости постсинаптической мембраны.*

#### А. Постсинаптическое торможение

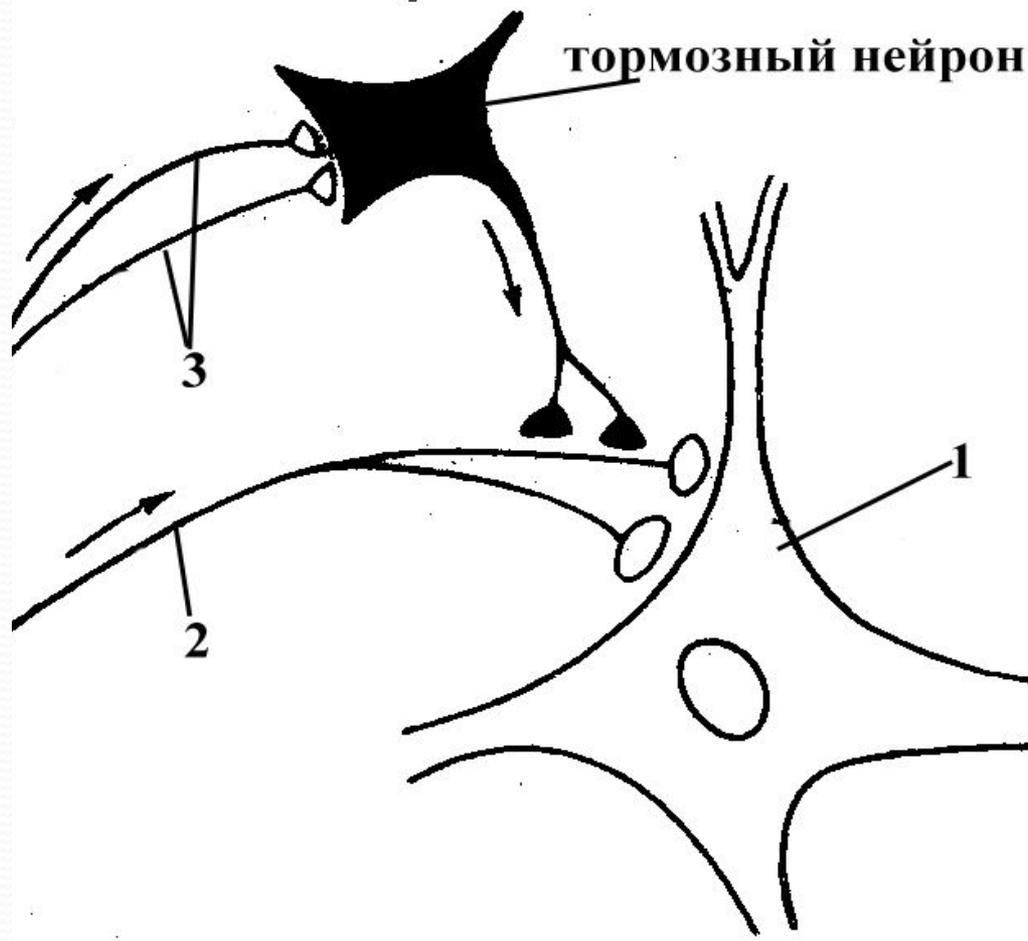


Постсинаптическое торможение  
Тормозной постсинаптический потенциал (ТПСП)



# 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  $Cl^-$ .

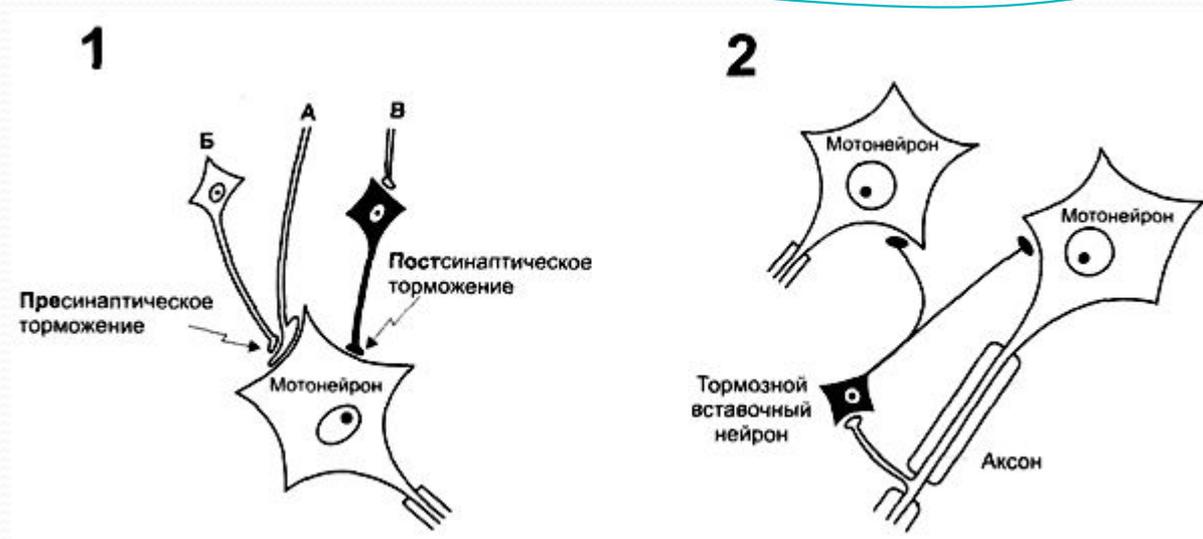


- 1 – возбуждающий нейрон
- 2 – входящий аксон к возбуждающему нейрону
- 3 - входящий аксон к тормозному нейрону

# Механизм пресинаптического торможения

- 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 лежит **инактивация  $\text{Na}^+$ 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.*



Характерное отличие 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.

Оба вида торможения могут быть заблокированы: постсинаптическое – **стрихнином и столбнячным токсином**; пресинаптическое торможение блокируется - **бикукулином и пикротоксином**.

# 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 что и снижает возбудимость мембраны нейрона.

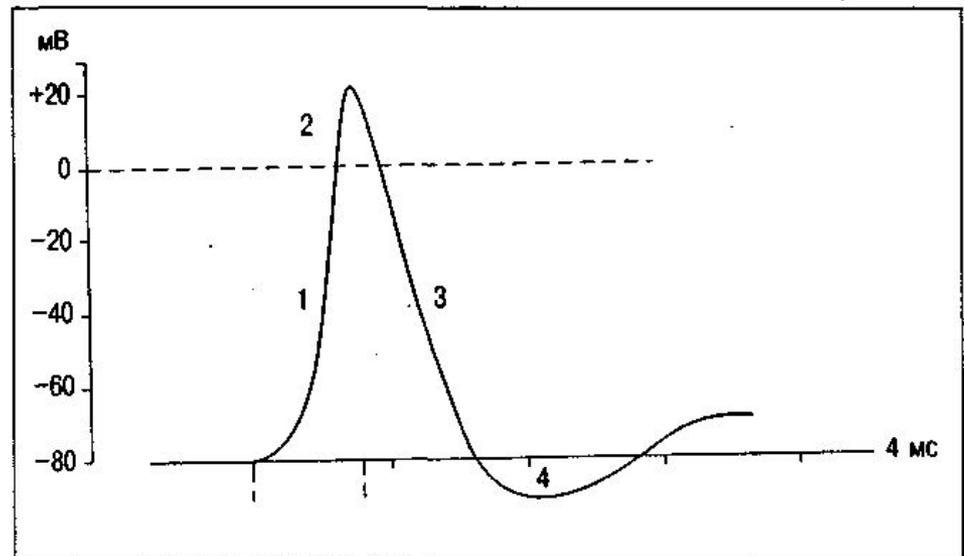
(Пример - лягушка, перевернутая на спину – мощная афферентация от вестибулярных рецепторов – явление оцепенения, гипноза).



Торможение по типу пессимума Н.Е. Введенского

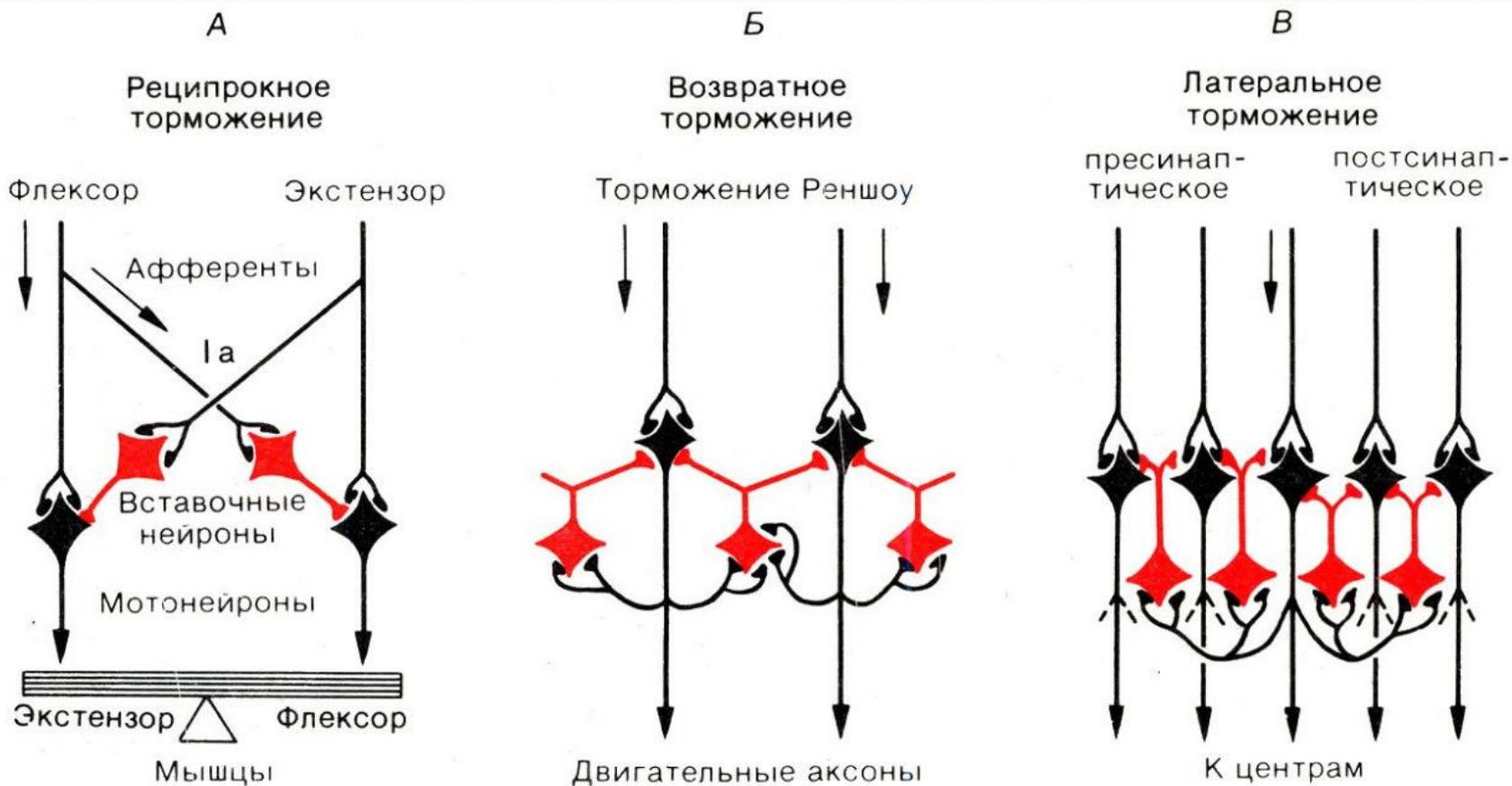
# Торможение «вслед за возбуждением» (постактивационное)

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

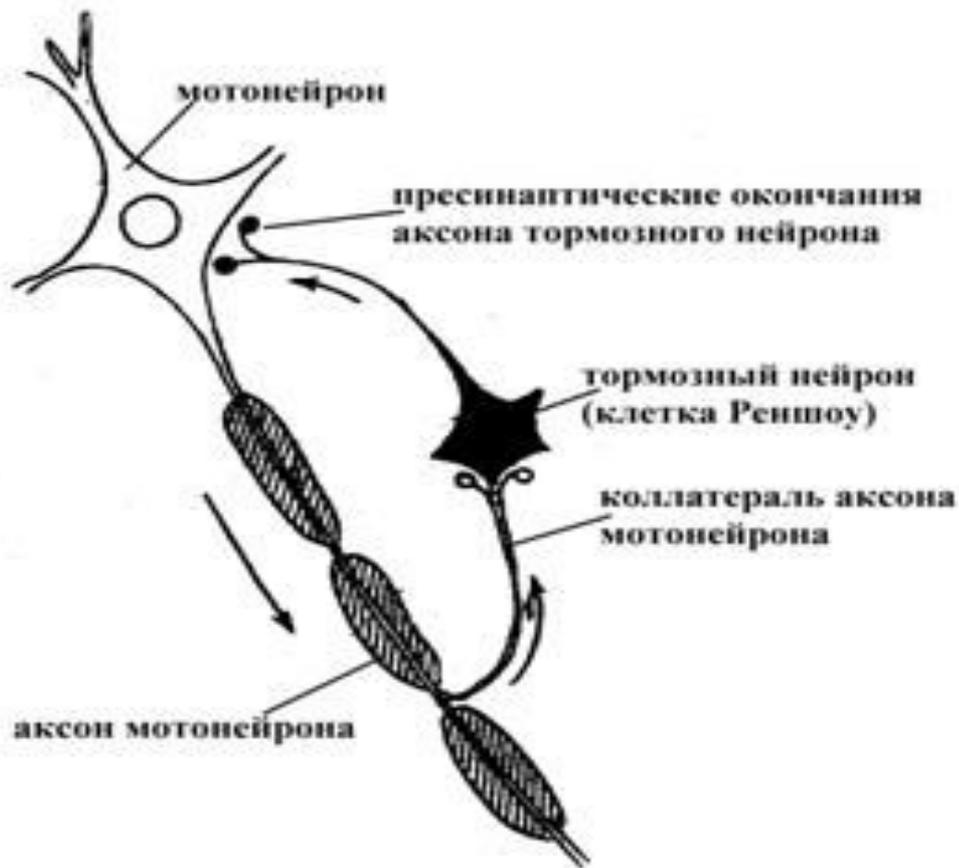


**Рис. 1.3.** Фазы потенциала действия:  
1 – деполяризация, 2 – инверсия (овершут), 3 – реполяризация,  
4 – следовая гиперполяризация

# В зависимости от строения нейронных сетей различают три вида торможения:



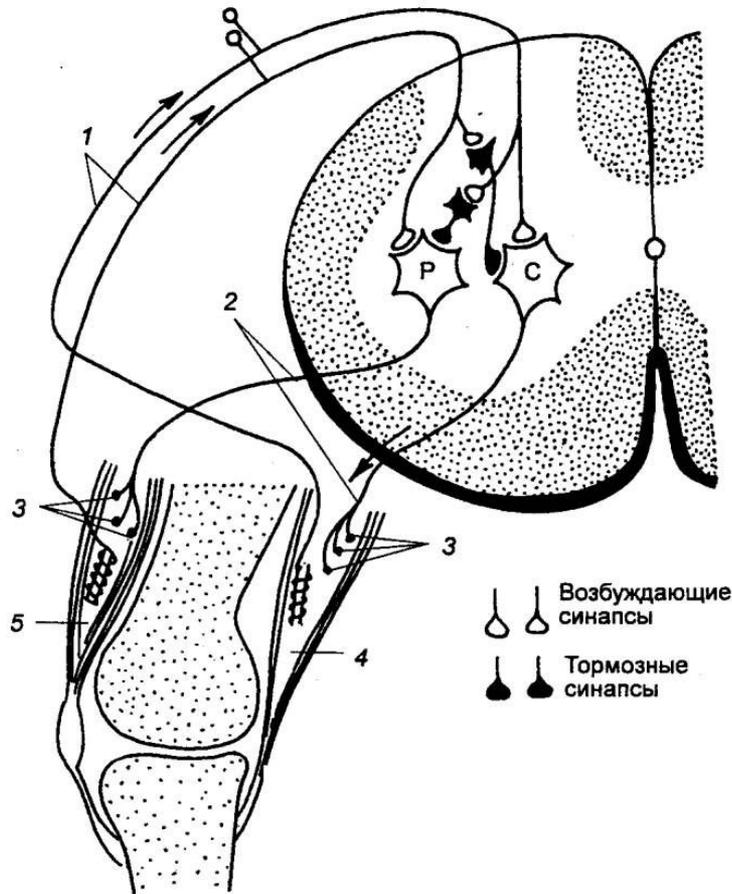
# Возвратное торможение



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

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

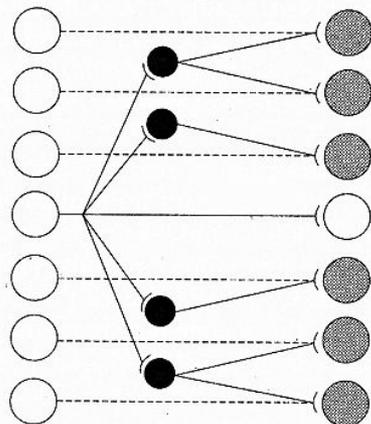
# Реципрокное (сопряженное) торможение



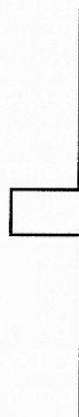
- Координированная работа антагонистических нервных центров обеспечивается формированием **реципрокных отношений** между нервными центрами благодаря наличию специальных тормозных нейронов – **клеток Реншоу**.
- Известно, что сгибание и разгибание конечностей осуществляется благодаря согласованной работе 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

Сигнал (яркость изображения),  
поступающий на вход  
группы нейронов



Сигнал  
после обработки



- 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 - Ограничивают иррадиацию возбуждения и концентрируют его в определенных отделах ЦНС;
- 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.
- Координационная деятельность ЦНС – это согласованная деятельность различных отделов ЦНС с помощью упорядочения распространения возбуждения между ними.
- Основой координационной деятельности является взаимодействие процессов возбуждения и торможения.
- Морфологическая основа координации: связь между нервными центрами (*конвергенция, дивергенция, циркуляция*).

# Основные принципы координационного взаимодействия

- 1. Принцип реципрокности.** Примером координационного взаимодействия рефлексов является реципрокная иннервация мышц-антагонистов.
- 2. Иррадиация** означает способность к распространению нервного процесса (например, болевых ощущений) с места своего возникновения на другие участки центральной нервной системы. Она лежит в основе адаптации.
- 3. Общий конечный путь** (принцип «воронки» Шеррингтона). **Конвергенция** нервных сигналов на уровне эфферентного звена рефлекторной дуги определяет физиологический механизм принципа «общего конечного пути».

**4. 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).

**5. 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.

**6. 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.

**7. Доминанта.** Доминантным называется временно господствующий в нервных центрах очаг (или доминантный центр) повышенной возбудимости в ЦНС. По А.А. Ухтомскому, доминантный очаг характеризуется:

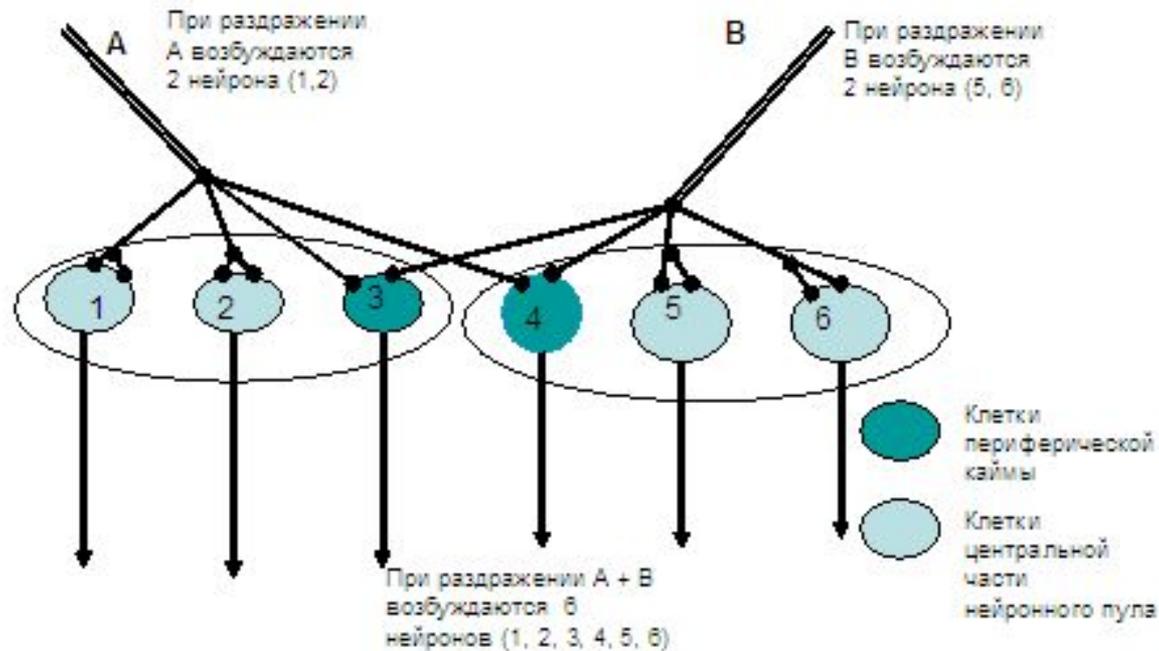
- повышенной возбудимостью,
- стойкостью и инертностью возбуждения,
- способность к суммации возбуждений.
- тормозит другие очаги возбуждения

Принцип доминанты определяет формирование главенствующего возбужденного нервного центра в тесном соответствии с ведущими мотивами, потребностями организма в конкретный момент времени.

*Доминанта есть общий принцип работы центральной нервной системы, она определяет освобождение организма от побочной деятельности во имя достижения наиболее важных для организма целей.*

**8. 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.

Центральное **облегчение** – это эффект когда сила рефлекторной реакции суммарного раздражения нескольких "входов" в центр оказывается больше арифметической суммы отдельных раздражений.



Центральная **окклюзия (закупорка)**. Может наблюдаться в деятельности нервного центра и обратный эффект, когда одновременное раздражение двух афферентных нейронов вызывает не суммацию возбуждения, а задержку, уменьшение силы раздражения. В этом случае суммарная реакция меньше арифметической суммы отдельных эффектов.

