

ТЕМА 4

ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ ТКАНИ
ПРОВЕДЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО
НЕРВНЫМ ПРОВОДНИКАМ

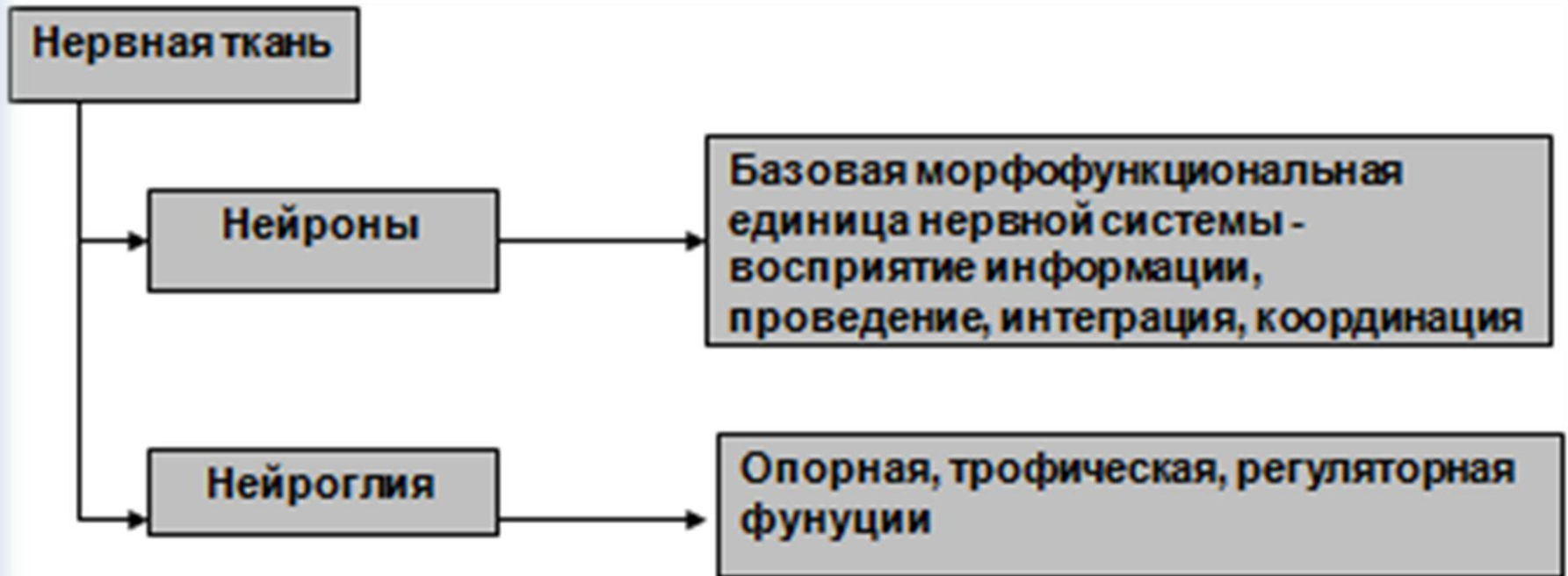
СИНАПСЫ

НЕРВНЫЕ ЦЕНТРЫ

КООРДИНАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

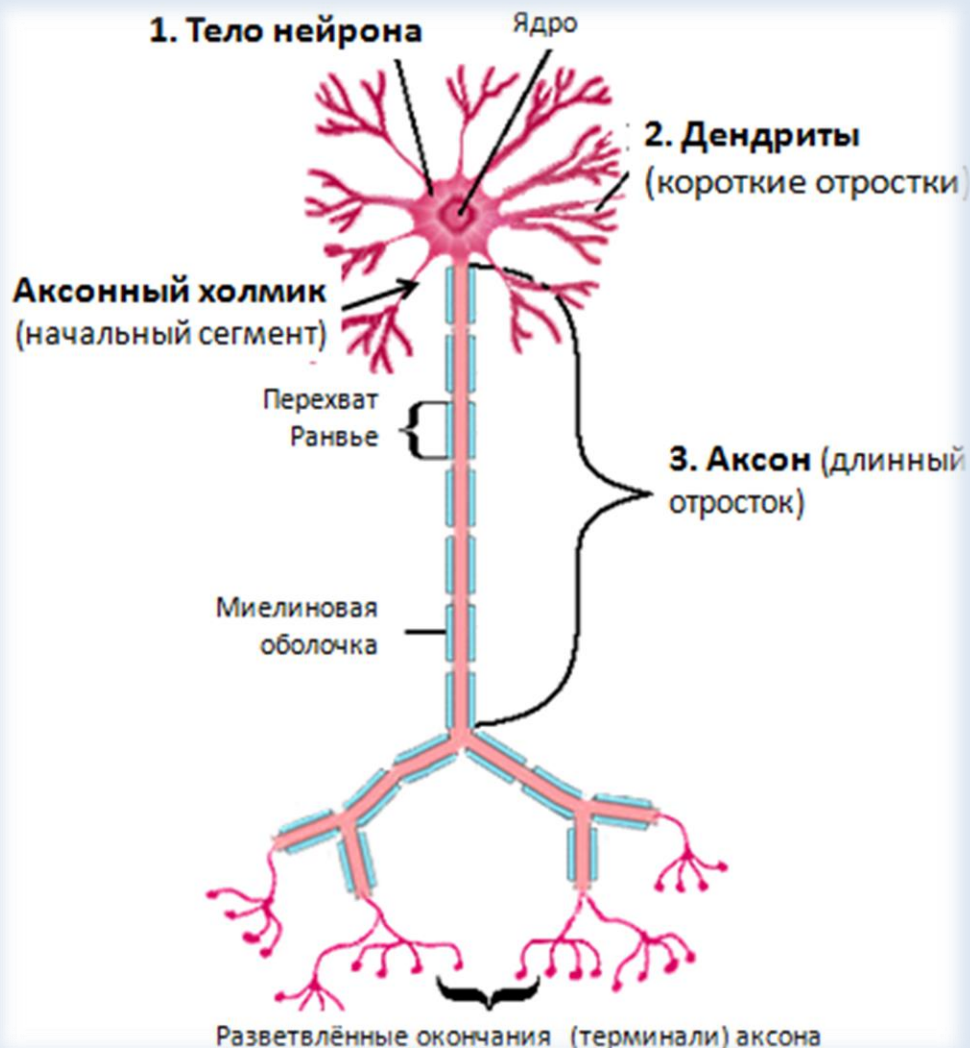
1. Морфо-функциональная организация нервной ткани. Клеточные элементы: нейроны и глиоциты

Клеточные компоненты нервной ткани



Нейрон – морфофункциональная единица нервной системы

Части типичного нейрона



Функциональная классификация нейронов

- **Афферентные** (сенсорные, чувствительные, рецепторные)
- **Вставочные** (ассоциативные, интернейроны)
Составляет 90% всех нейронов.
- **Эфферентные** (двигательные, моторные).

2. Общая физиология рецепторов. Классификация, строение и функции рецепторов. Механизм возбуждения рецепторов.

Сенсорный рецептор – специализированная структура, воспринимающая действие определённого раздражителя и преобразующая энергию раздражения в энергию нервного возбуждения.

Функциональные свойства

Высокая чувствительность (чувствительность) – способность воспринимать низкие интенсивности адекватного стимула.

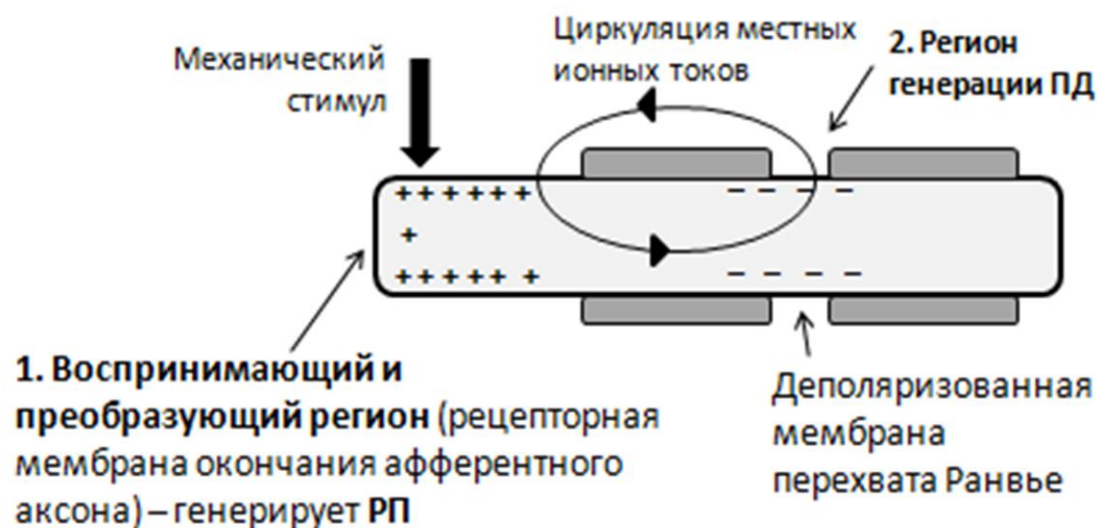
Специфичность – способность воспринимать только раздражители определённых модальностей.

Адаптация – способность уменьшать выраженность ответа при длительном действии раздражителя постоянной интенсивности.

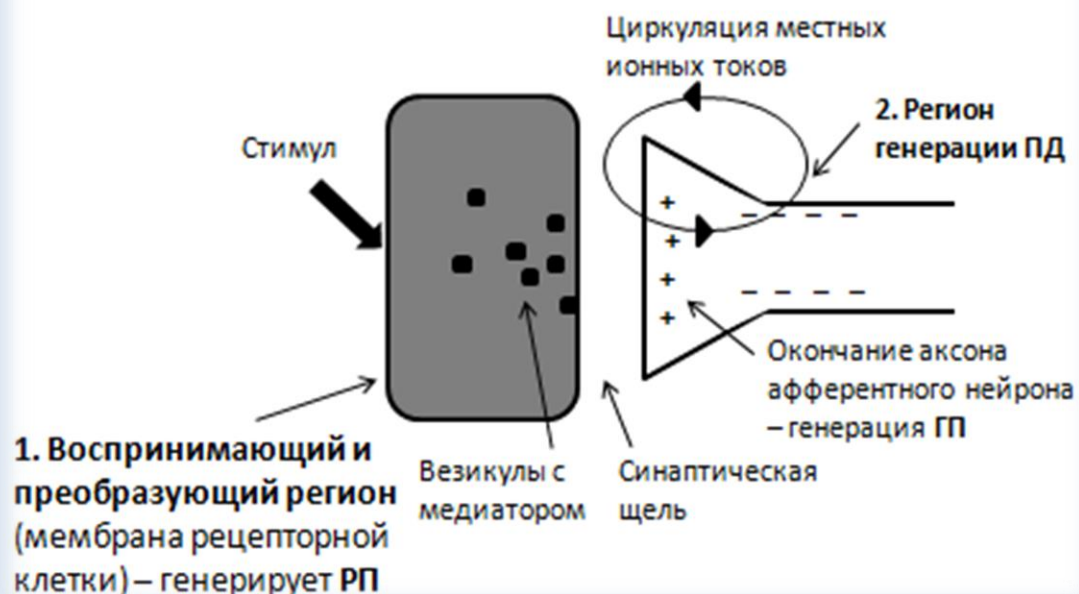
Классификация рецепторов

- **В зависимости от расположения в организме:**
 - **Экстерорецепторы** – расположены в коже, слизистых, органах чувств;
 - **Интерорецепторы** – расположены во внутренних органах. К висцерорецепторам относятся **проприорецепторы** – рецепторы опорно-двигательного аппарата.
- **В зависимости от морфофункциональных особенностей и механизма активации:**
 - **Первичные** – специализированные нервные окончания сенсорных нейронов.
 - **Вторичные** – специализированная рецепторная клетка или сенсорный орган.

Механизм возбуждения первичного рецептора (на примере тактильного рецептора)

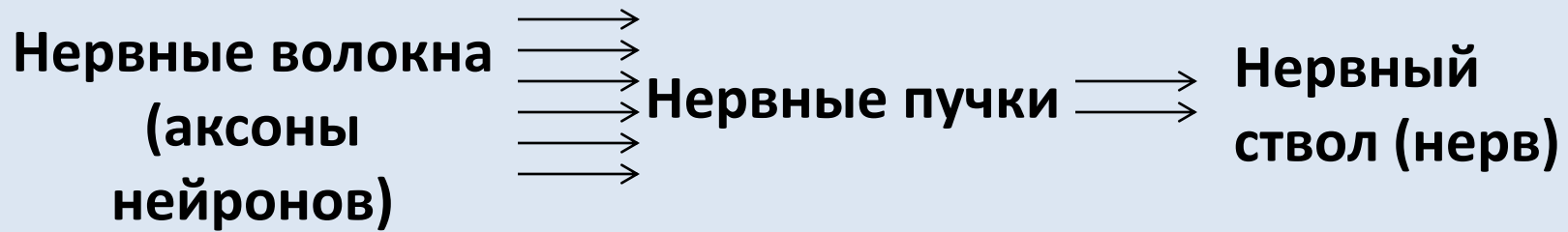


Механизм возбуждения вторичного рецептора



3. МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НЕРВНЫХ ПРОВОДНИКОВ

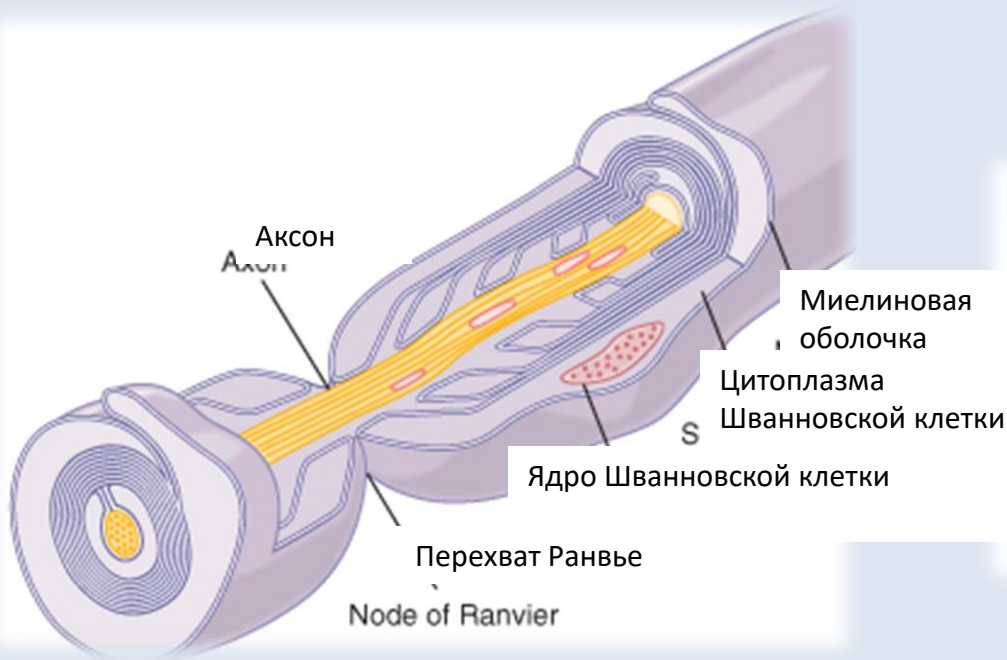
Нервные проводники



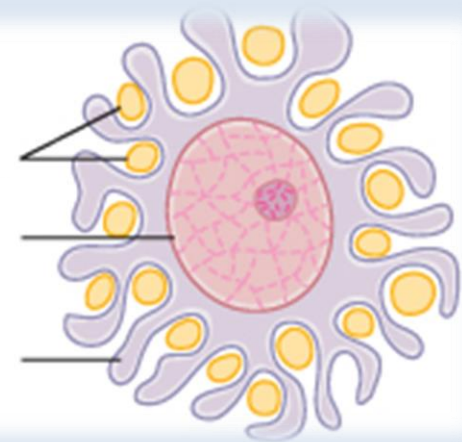
Типы нервных волокон

1. Миелинизированные (мякотные) – покрыты миелиновой оболочкой (протеин-липидный комплекс Шванновских клеток или олигодендроцитов)

2. Немиелинизированные (безмякотные) – не имеют миелиновой оболочки (окружены Шванновскими клетками)



Немиелинизированный аксон
Unmyelinated axon
Ядро Шванновской клетки
Nucleus of Schwann cell
Цитоплазма Шванновской клетки
Cytoplasm of Schwann cell



4. Проведение возбуждение в нервных волокнах

А. Проведение ПД в немиелинизированных нервных волокнах

Генерация ПД (деполяризация плазматической мембраны)



Возникновение **разности потенциалов** между деполяризованным и соседними поляризованными участками мембраны.



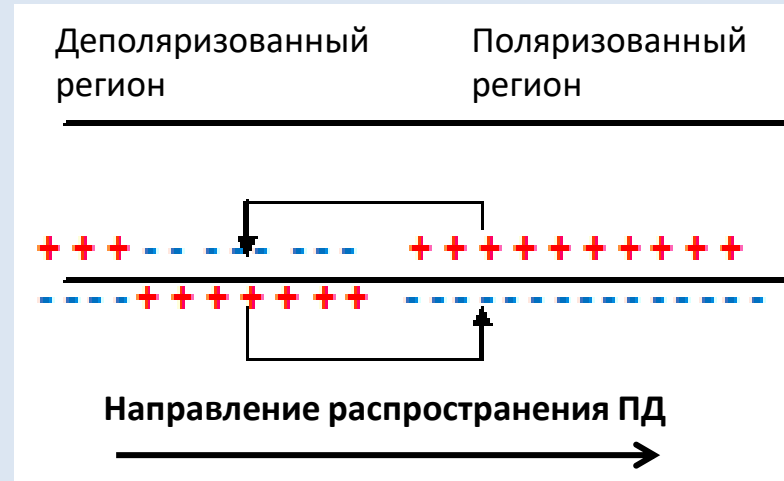
Локальный ионный ток (от "+" к "-")



Местная (начальная) электротоническая деполяризация плазматической мембраны, достигающая КУД → открытие потенциалзависимых натриевых каналов



Генерация ПД в соседнем регионе плазматической мембраны



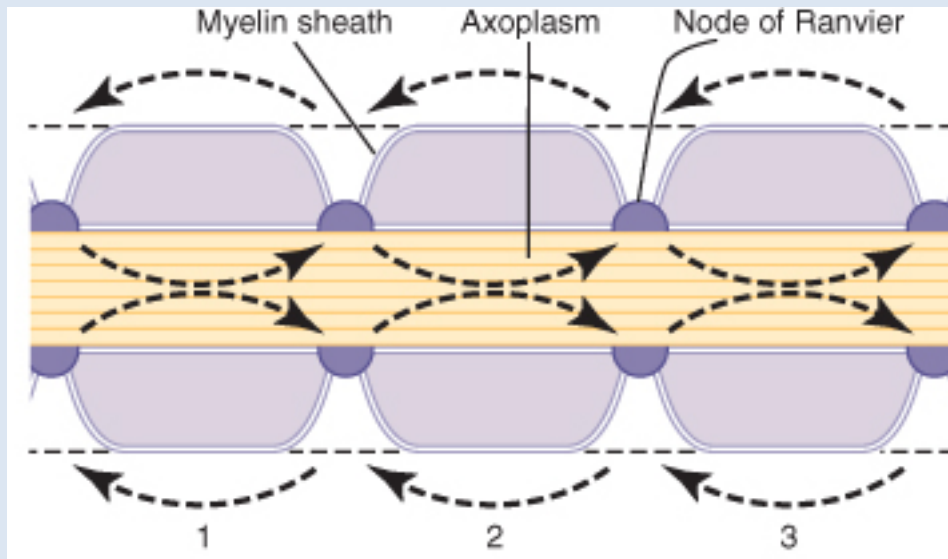
Суть распространения ПД - регенерация ПД (деполяризация) в каждом соседнем участке мембраны (эффект домино).

Эффект домино



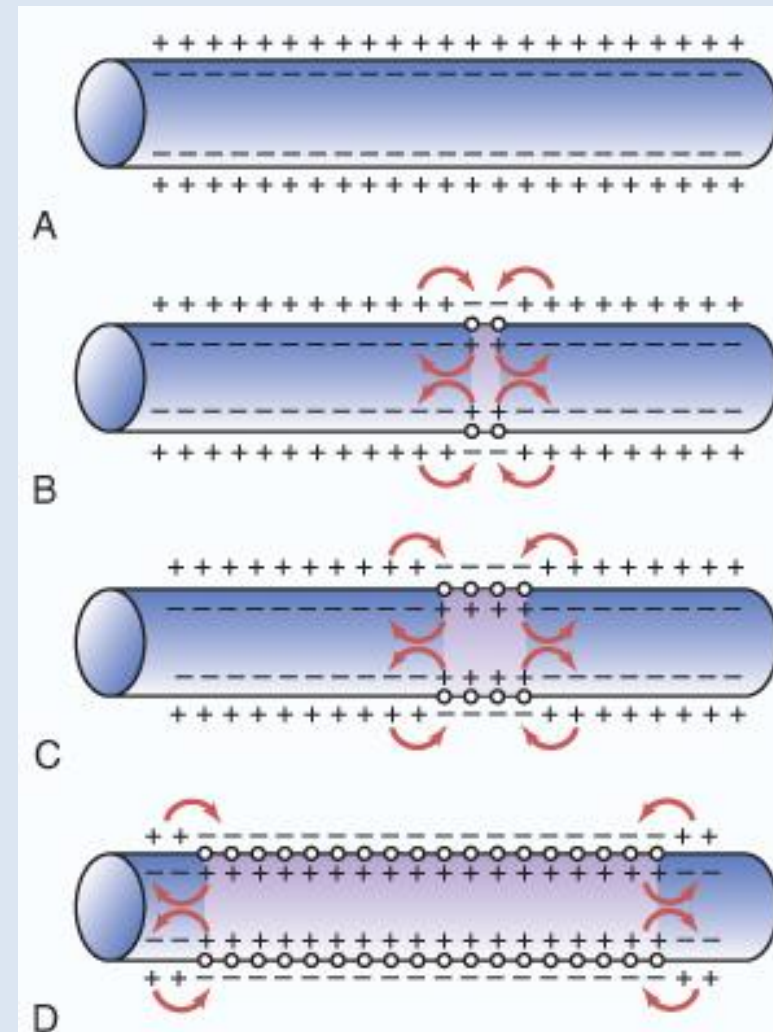
Б. Проведение ПД в миелинизированных нервных волокнах

Сальтаторный механизм: ПД распространяется по мембране путём перепрыгивание от одного перехвата Ранвье к другому.



Преимущества сальтаторного механизма:

- ↑ скорости проведения
- ↓ затрат энергии



Факторы, влияющие на скорость проведения ПД

1. Диаметр волокна

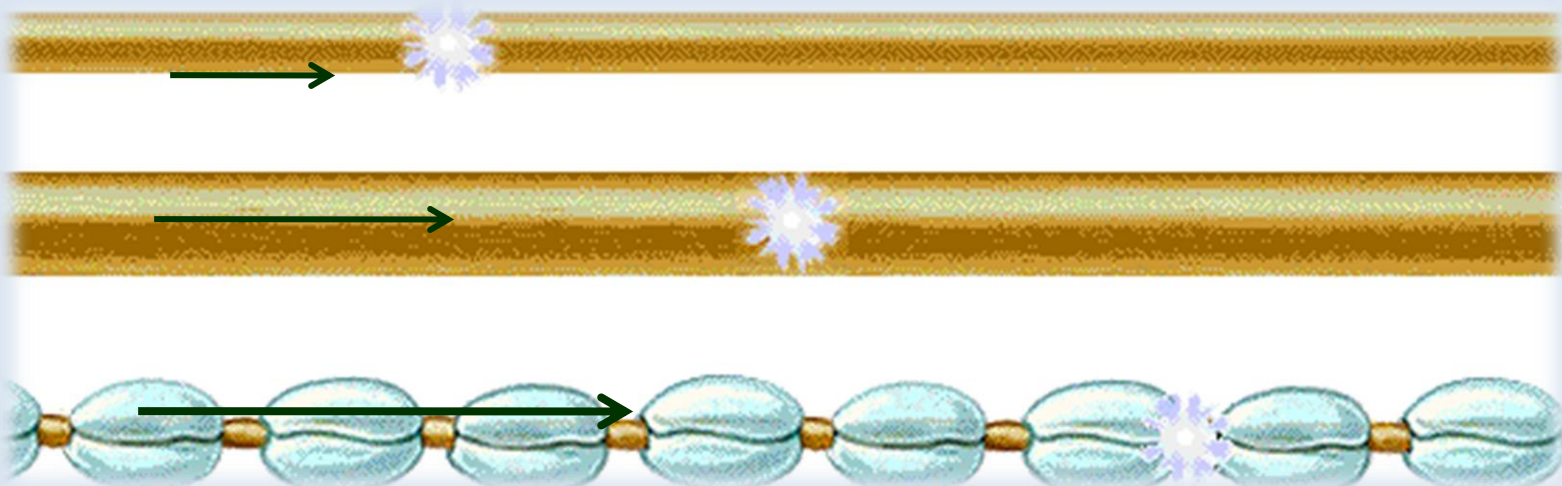
- ↑ диаметра увеличивает скорость проведения

Причина: сопротивление аксона обратно пропорционально его поперечнику:

$$A = 2 \pi r^2$$

2. Миелинизация

- ↑ скорость проведения



6. Межклеточные контакты. Понятие, строение и классификация синапсов

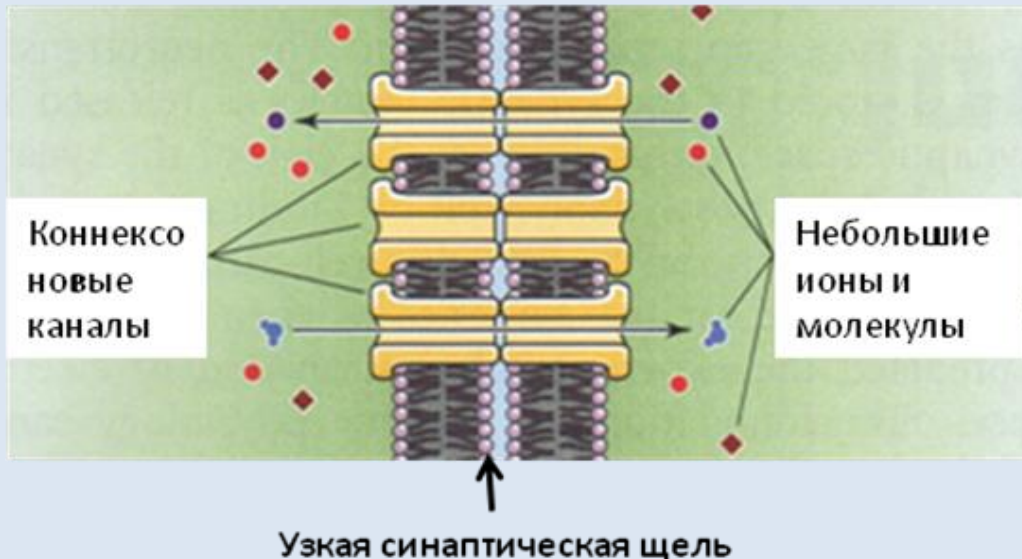
Классификация синапсов в зависимости от механизма проведения возбуждения

Электрические синапсы

Проводят возбуждение между клетками с помощью местных ионных токов без участия химических медиаторов.

Химические синапсы

Проведение возбуждения между клетками происходит с помощью химического медиатора (нейротрансммиттера).



Синапс –

специализированный контакт между двумя возбудимыми клетками, проводящее возбуждение с одной клетки на другую.

- **Классификация синапсов в зависимости от характера действия на постсинаптическую структуру:**

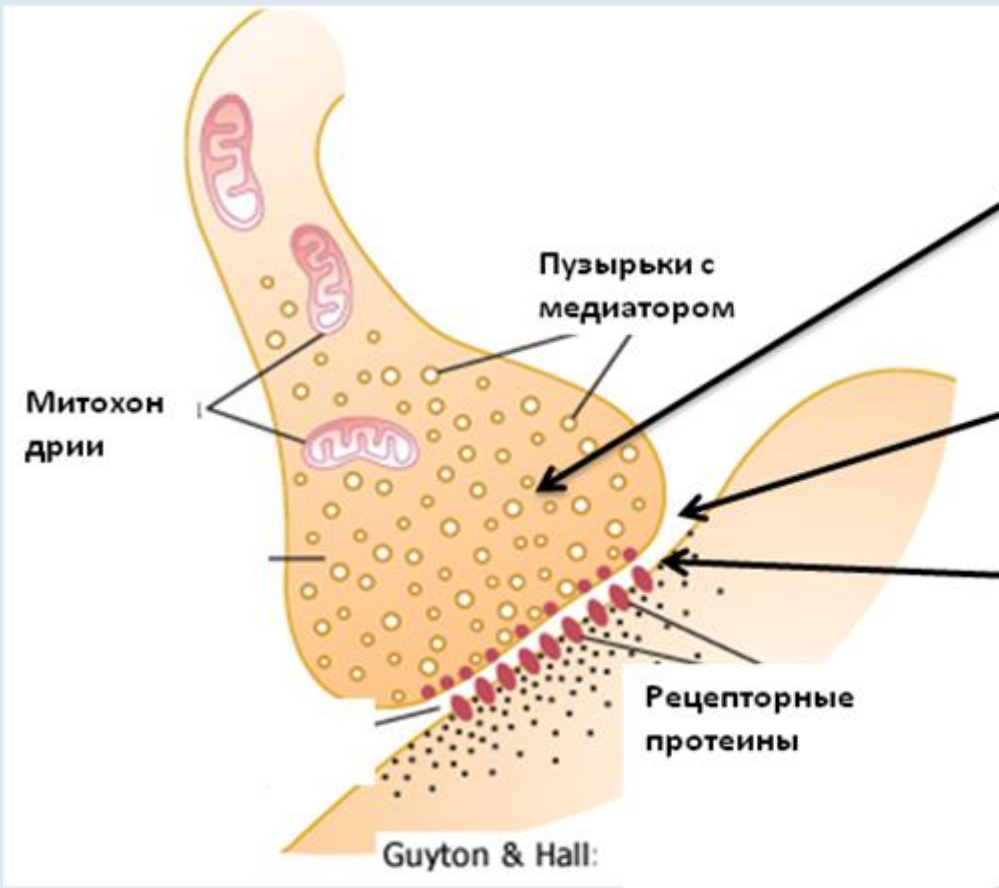
- **Возбуждающие**

- Проводят возбуждение и вызывают возбуждение постсинаптической клетки.
 - Выделяют нейротрансмиттеры (ацетилхолин, норадреналин, глутамат и др.), взаимодействующие с лигандзависимыми натриевыми каналами.

- **Тормозные**

- Проводят возбуждение, что приводит к торможению постсинаптической клетки.
 - Выделяют нейротрансмиттеры (глицин, допамин, серотонин, ГАВА), взаимодействующие с лигандзависимыми натриевыми каналами.

Структура типичного химического синапса



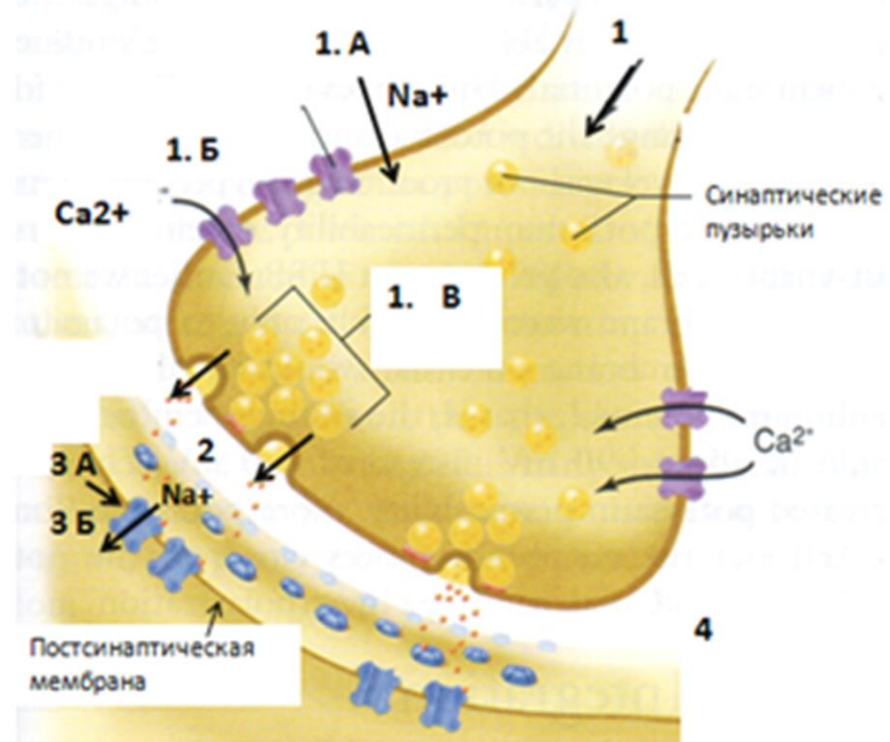
- 1. Пресинаптическая терминаль (окончание)** – расширенное окончание пресинаптического аксона, включающее пресинаптическую мембрану, синаптические пузырьки с медиатором, митохондрии.
- 2. Синаптическая щель** – разделяет пре- и постсинаптические мембраны.
- 3. Постсинаптическая мембрана** – специализированная часть плазматической мембраны постсинаптической клетки, имеющая рецепторы к определённому медиатору.

7. Проведение возбуждения в центральном химическом синапсе

1. Выделение медиатора из пресинаптического окончания

А. Деполяризация мембраны окончания распространяющимся по аксону ПД. →
Б. Активация потенциалзависимых кальциевых каналов мембраны окончания. →
В. Ток ионов Ca^{2+} в окончание стимулирует экзоцитоз пузырьков с нейромедиатором.

↓
2. Диффузия молекул нейромедиатора через синаптическую щель к постсинаптической мембране.



3. Взаимодействие медиатора с постсинаптическими рецепторами с возбуждением постсинаптического нейрона

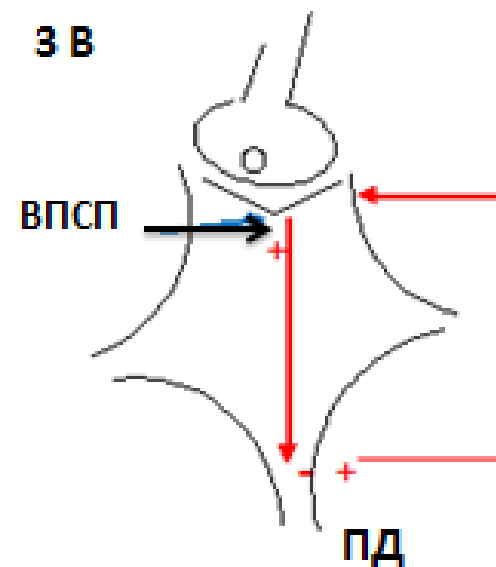
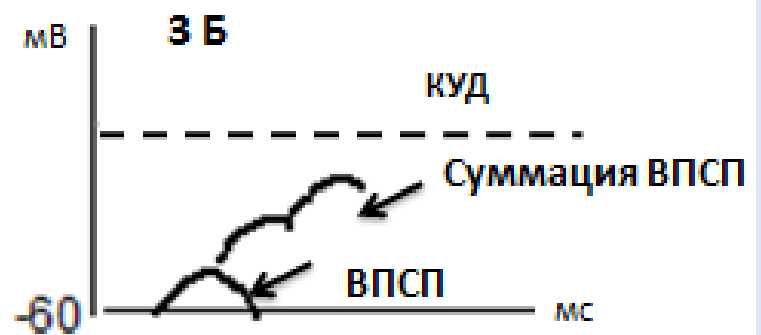
А. Нейромедиатор связывается со специфическим рецептором постсинаптической мембраны* →

Б. Активация лигандзависимых натриевых каналов → ток Na^+ через постсинаптическую мембрану в клетку → местная деполяризация постсинаптической мембраны (ЛО) – возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП) → суммация ВПСП (временная и пространственная) увеличивает амплитуду локальной деполяризации постсинаптической мембраны.

В. Циркуляция местных ионных токов между частично деполяризованной постсинаптической мембраной и поляризованной мембраной аксонного холмика вызывает генерацию ПД



4. Окончание действия нейромедиатора и его инактивация (удаление).



Свойства химического синапса

- **Замедленное проведение возбуждения – синаптическая задержка.**
- Низкая лабильность (но отсутствие рефрактерности).
- Высокая чувствительность к химическим веществам, недостатку кислорода;
- **Повышенная утомляемость**
- Проведение возбуждения в синапса модулируется различными факторами.

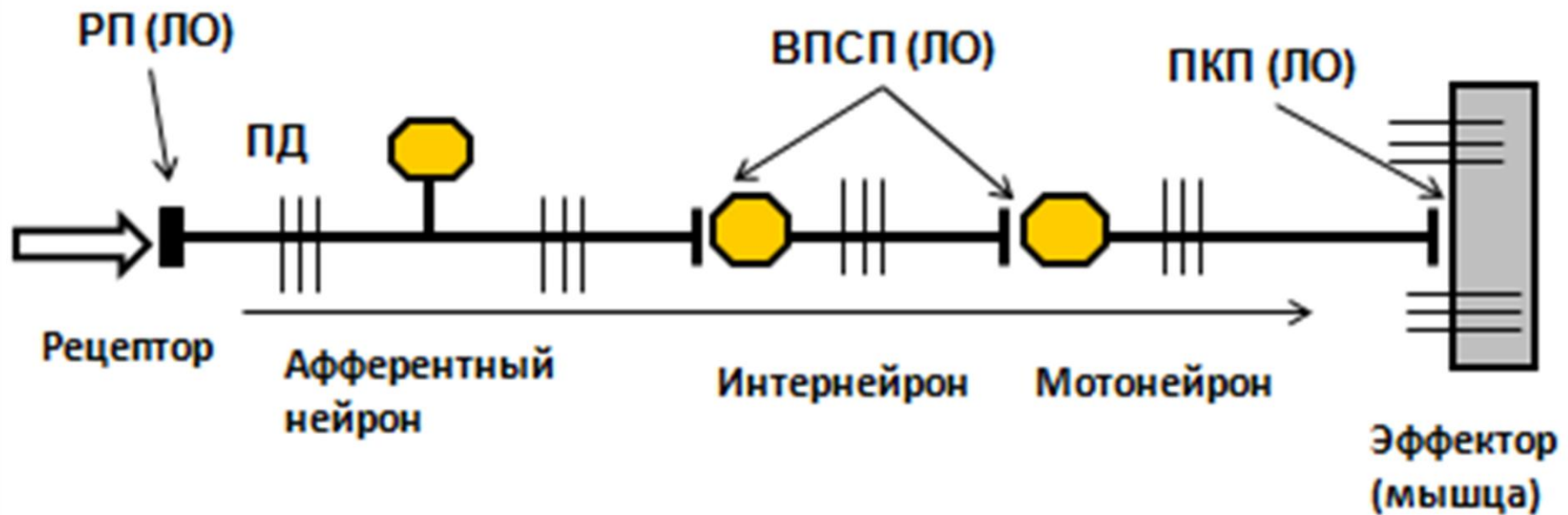
8. Нервно-мышечный (мионевральный) синапс



Синаптическая щель шире, чем в центральных синапсах.

Постсинаптическая мембрана имеет складчатое строение, что существенно увеличивает контактную площадь - **концевая пластинка**.

Проведение возбуждения по рефлекторной дуге : суммарные явления



9. Синаптическое торможение

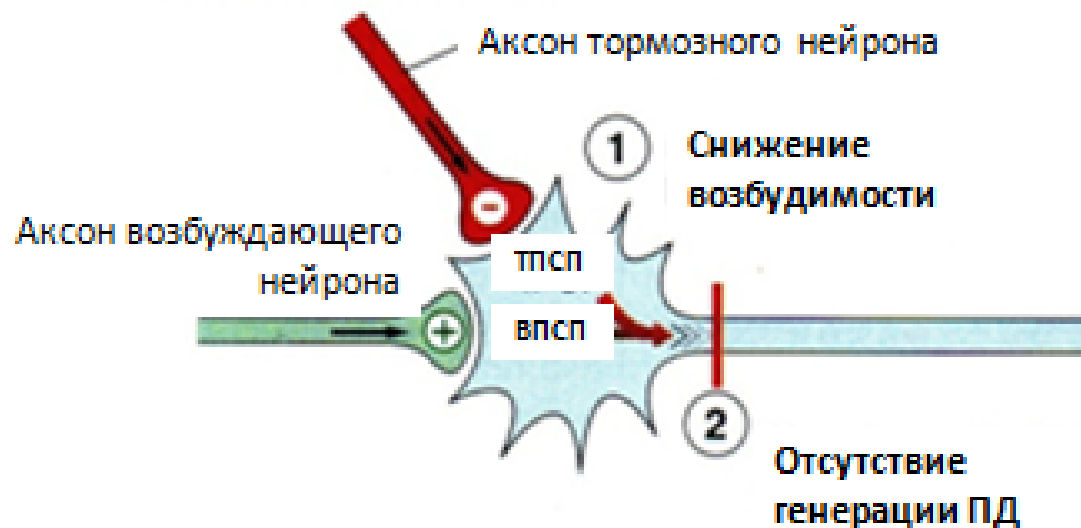
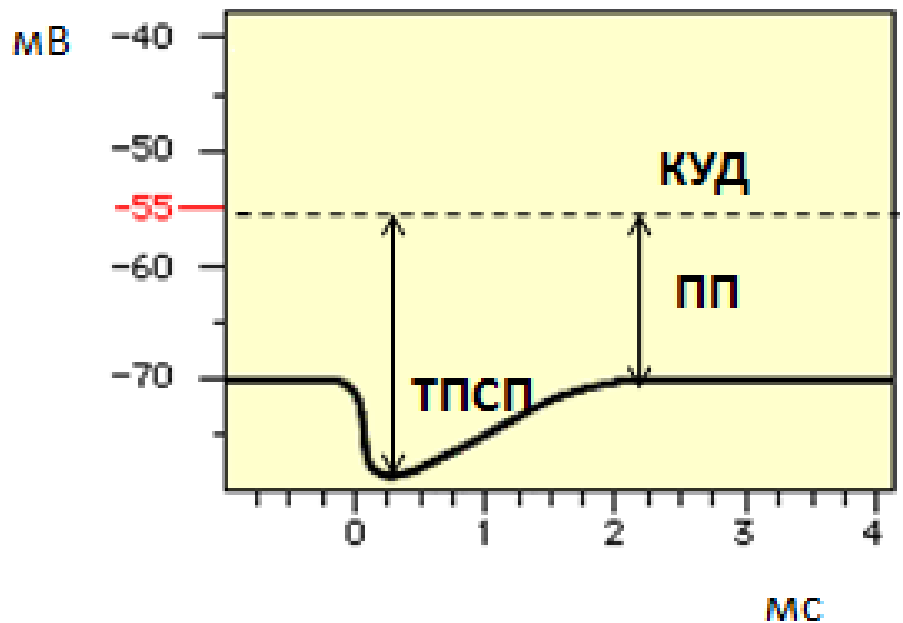
- **Торможение** – особый активный процесс, возникающий в результате возбуждения и проводящий к понижению возбудимости клетки, прекращению (или снижению частоты) генерации ПД, снижению или прекращению рефлекторной реакции.
- **Виды торможения в зависимости от вовлечения тормозных нейронов**
 - **Первичное** – необходимо участия специальных тормозных нейронов
 - Пре- и постсинаптическое торможение
 - **Вторичное** – происходит без участия тормозных нейронов, является следствием предшествующего возбуждения, развивается в ранее возбуждённом нейроне.
 - Пессимальное
 - Постактиваационное

Постсинаптическое торможение

1. Возбуждение тормозного нейрона и распространение ПД по аксону вызывает выделение тормозного нейротрансмиттера (механизм сходен с возбуждающим синапсом) и его диффузию через синаптическую щель.



2. Взаимодействие НТ с лигандзависимыми калиевыми (или хлорными) ионными каналами приводит к местной гиперполяризации постсинаптической мембраны – тормозной постсинаптический потенциал (ТПСП) → ↑ величину ПП со снижением возбудимости мембраны.



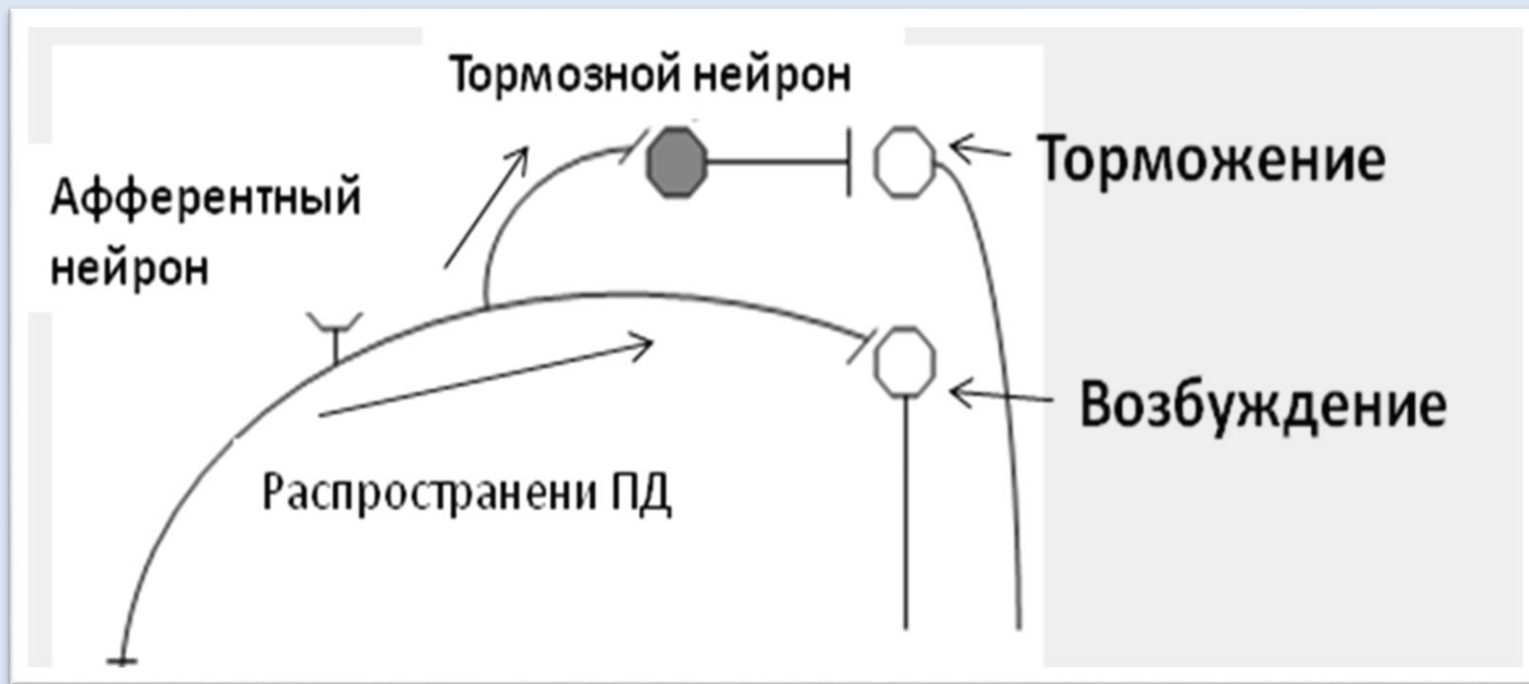
Пресинаптическое торможение

В результате выделения медиатора (**ГАМК**) в аксо-аксональном синапсе происходит увеличение проводимости постсинаптической мембраны для **ионов хлора**



Высокая избирательность – блокируются отдельные входы нейрона (постсинаптическое торможение блокирует весь нейрон).

Реципрокное (сопряжённое) торможение



10. Объединения нейронов

- **Нейрон** - простейшая морфофункциональная единица нервной системы.
- **Нейронные модули или ансамбли** - внутренне интегрированные объединения нейронов.
- **Нейронные цепи.**
- **Нейронные сети.**
- **Нервный центр** – функциональное объединение нейронов, расположенных в одном отделе ЦНС или на различных уровнях ЦНС, обеспечивающее осуществление определённой функции (например, дыхательный центр) или рефлекса.

11. Закономерности распространения в нейрональных объединениях.

Свойства нервных центров

1. Одностороннее распространение возбуждения.

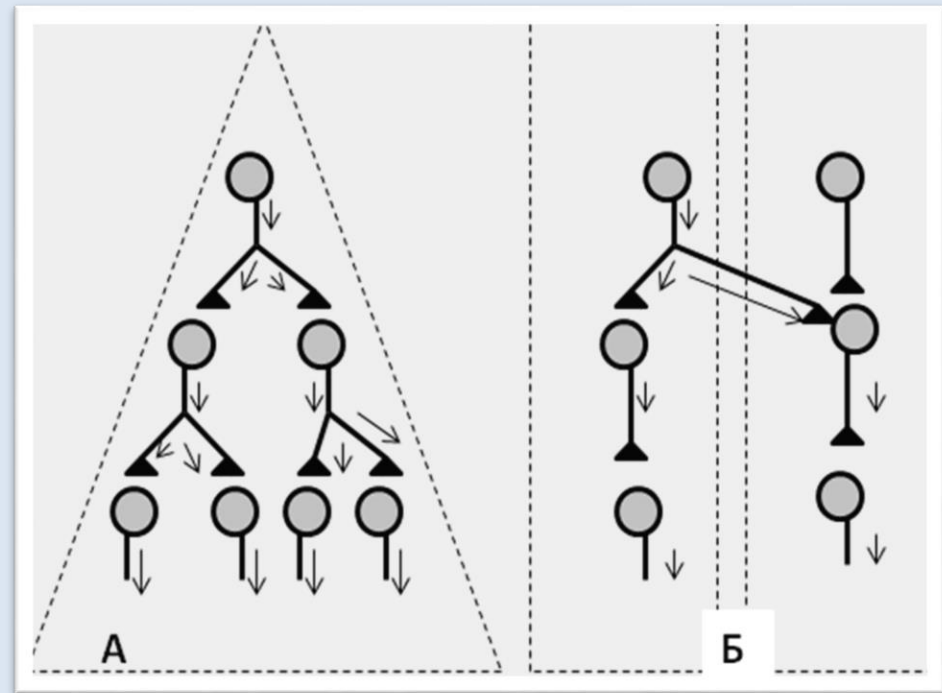
2. Замедленное распространение возбуждения (задержка) (по сравнению с нервными волокнами).

3. Дивергенция (иррадиация) – по мере распространения возбуждения количество возбуждённых нейронов прогрессивно увеличивается.

– 2 вида

А. Дивергенция в пределах одиночного тракта

Б. Дивергенция в различные тракты

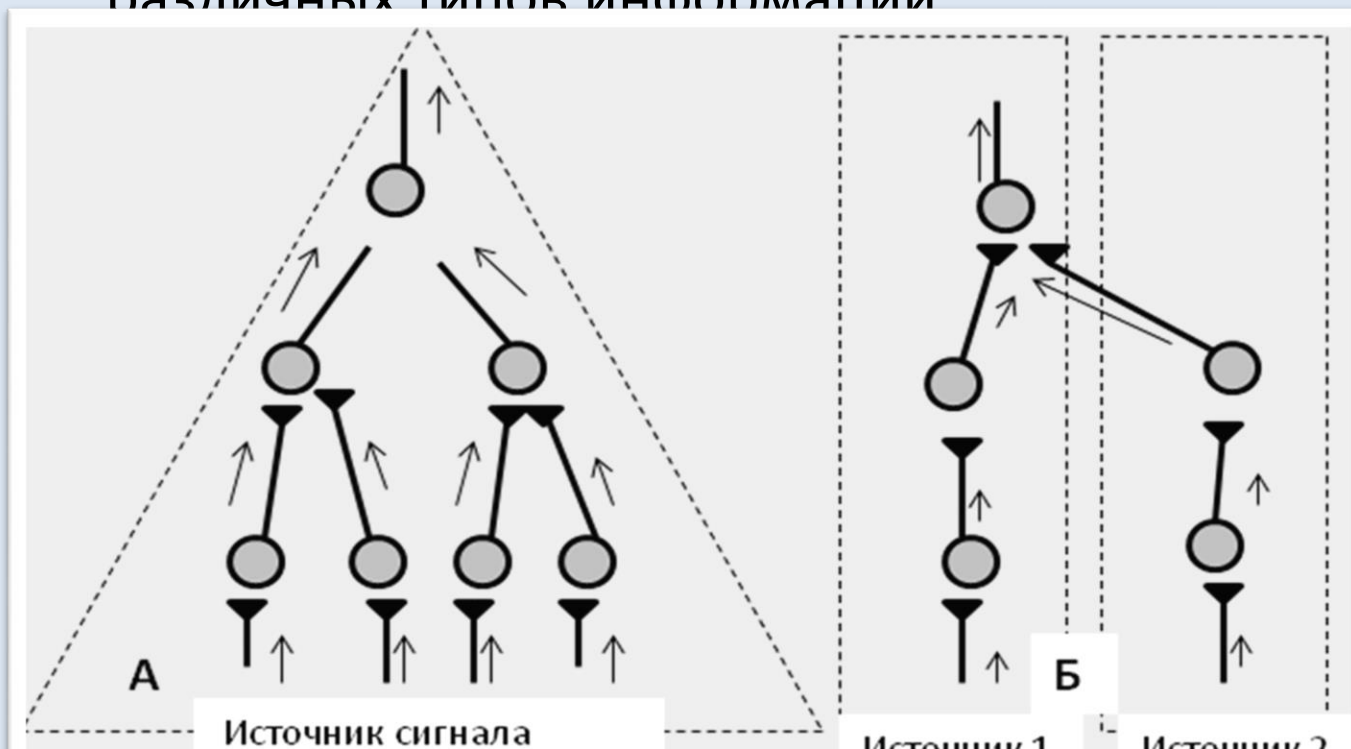


4. Конвергенция - схождение возбуждений от множества входов к одному нейрону.

• Виды:

А. Конвергенция из одного источника – схождение терминалей нервных волокон из одиночного тракта.

Б. Конвергенция сигналов (возбуждающих и тормозящих) из различных источников. Необходима для интеграции различных типов информации



5. Реверберация

- Циркуляция импульсов в замкнутых нейронных цепях



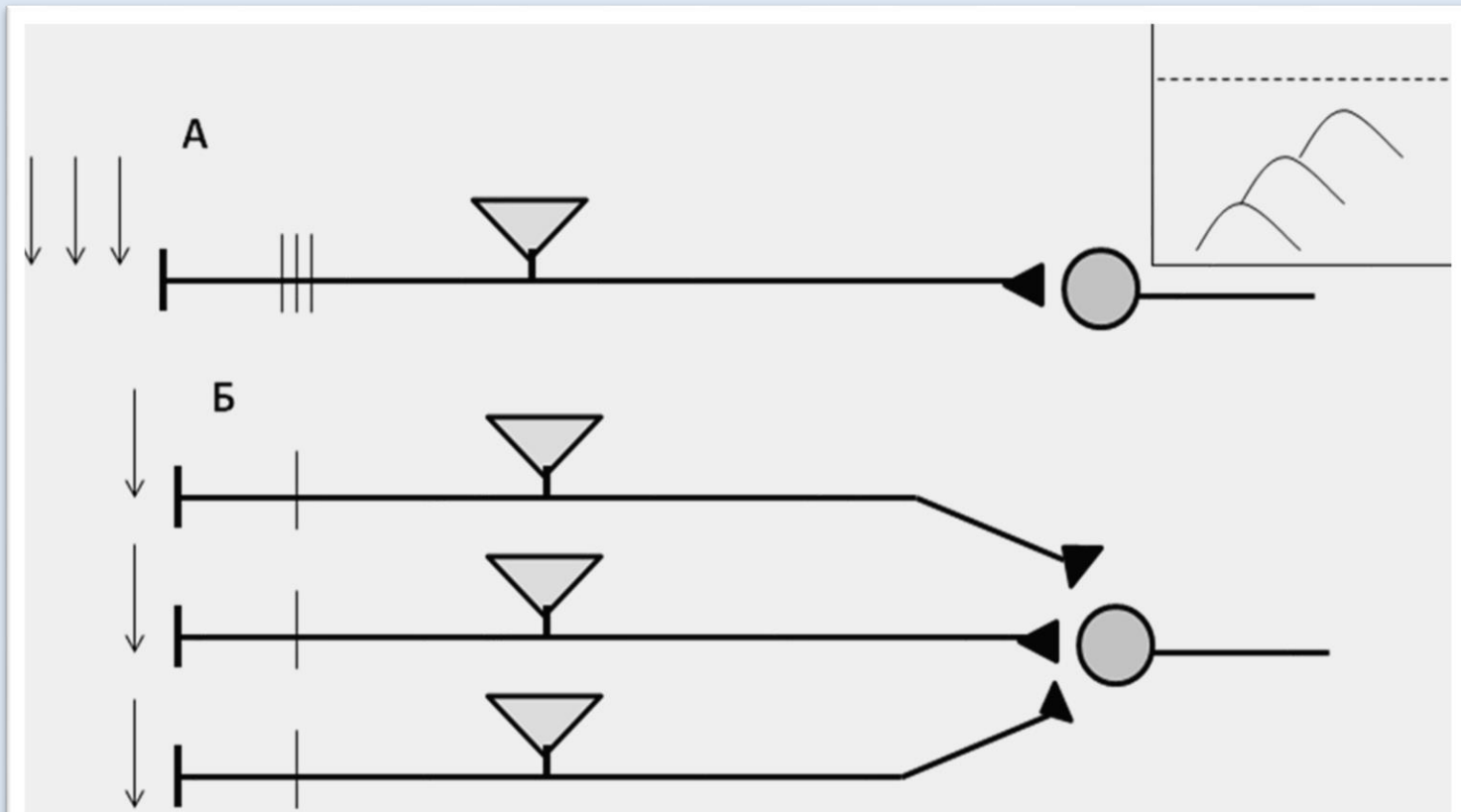
6. Суммация возбуждений

– Суммация – усиление рефлекторного ответа при увеличении интенсивности стимуляции.

– **Виды:**

А. Временная суммация.

Б. Пространственная суммация.

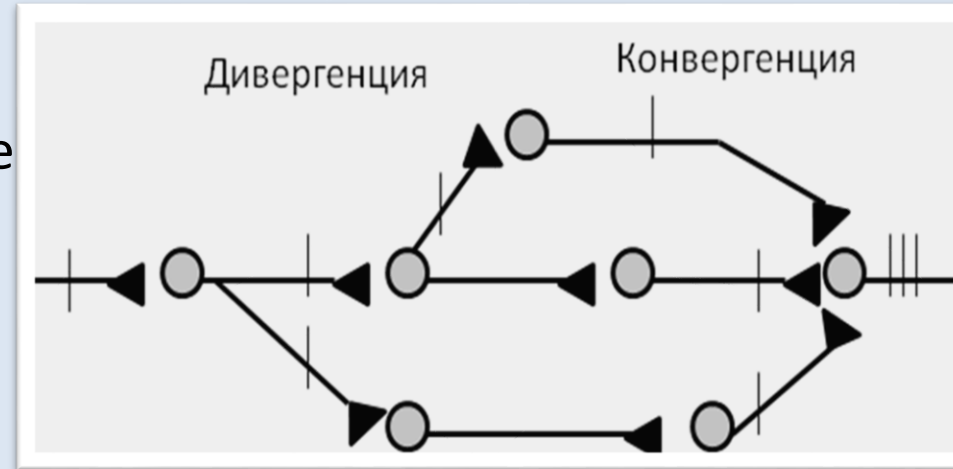


7. Последствие

- **Последствие** – продолжение разрядной деятельности нейрона (нейронального пула) и рефлекторной реакции после прекращения раздражения. Поддерживает тонус нервных центров.
- **Механизмы:**
 - **Кратковременный** - связан с длительностью ВПСП (особенно при выделении длительно действующих синаптических медиаторов) + явление синаптической суммации.
 - **Долговременный** – связан с реверберацией импульсов в замкнутых нейрональных цепях.
-

8. Трансформация и усвоение ритма

- Изменение частоты и ритма импульсов, при прохождении через НЦ. Например, **мультипликация** – увеличение частоты импульсации.
- Механизмы мультипликации
 - Последствие.
 - Дивергенция с последующей конвергенцией нейронов (рис).
- Механизмы урежения импульсации
 - Пре- и постсинаптическое торможение.
 - Избыточный поток афферентных импульсов.



Усвоение ритма возникает при ритмических раздражениях - активность нейрона может настроиться на ритм приходящих импульсов.

9. Высокая чувствительность к недостатку кислорода, химическим веществам; быстрая утомляемость и низкая лабильность.

10. Посттетаническая потенция

- Усиление рефлекторной реакции в результате длительного ритмического возбуждения нейронов центра.

11. Тоническая (фоновая) и ритмичная активность НЦ

• Тоническая (фоновая) активность – тонус

- Механизмы

- Самовозбуждение нейронов (спонтанная активность)
- Влияние гуморальных факторов.
- Постоянная импульсация от различных рефлексогенных зон.
- Реверберация возбуждения.

• Ритмичная активность

- Импульсная активность некоторых НЦ имеет ритмический характер.
- Механизм – реверберация; ритмичные сигналы.

12. Пластичность

- Функциональная изменчивость и приспособляемость нервных центров к новым условиям деятельности; включение в регуляцию различных функций; восстановление способности выполнять старые функции.
- Является основой компенсации функций.

12. Принципы (закономерности) координационной и интеграционной деятельности ЦНС

- **Координационная деятельность** – согласованная деятельность (морфофункциональное взаимодействие) различных отделов ЦНС (и НЦ), направленная на регуляцию определённой функции или осуществление рефлекторной реакции за счёт упорядоченного распространения возбуждения между ними.
- **Функциональная основа** координационной деятельности – взаимодействие процессов возбуждения и торможения.
- **Морфологическая основа** - структурно-функциональные связи между различными нервными структурами (процессы конвергенции, дивергенции, реверберации и др.).

Принципы

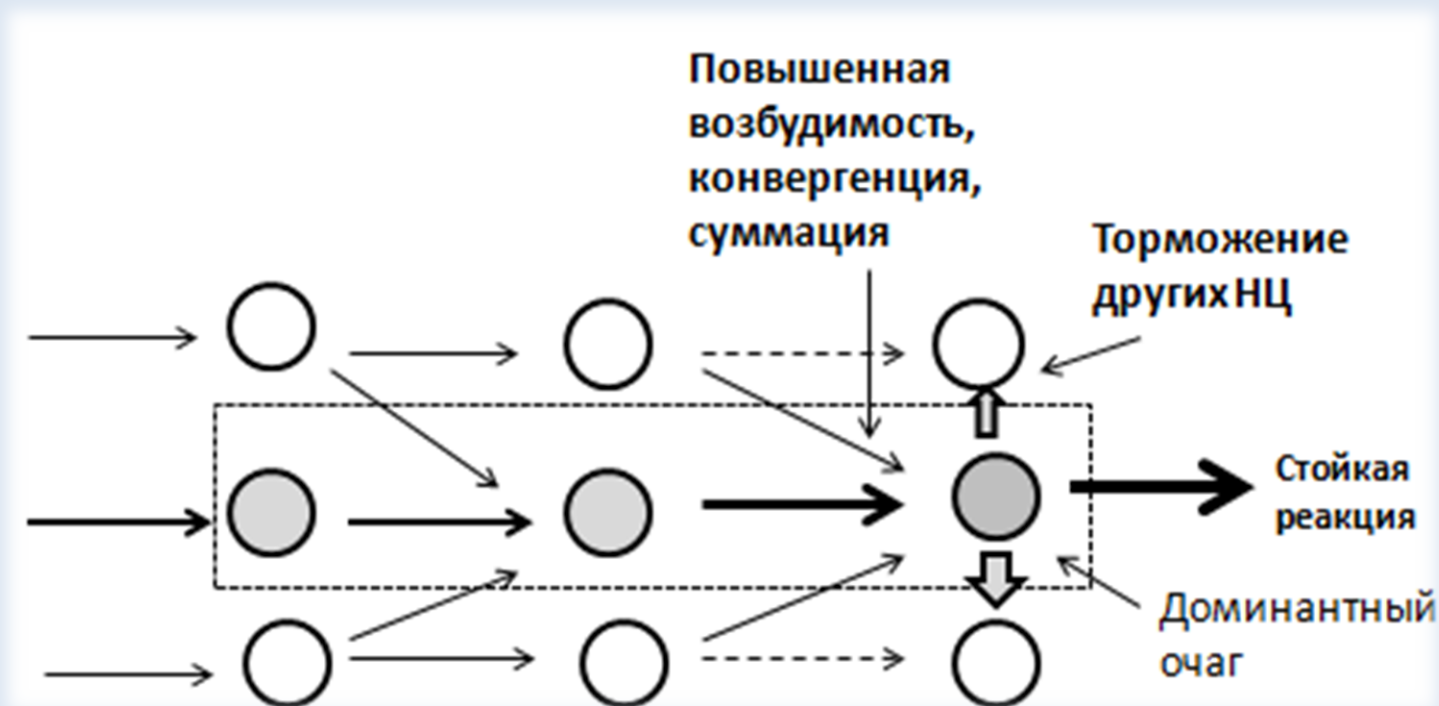
1. Иррадиация возбуждений

2. Принцип конвергенции возбуждений и общего конечного пути (воронки Шеррингтона)

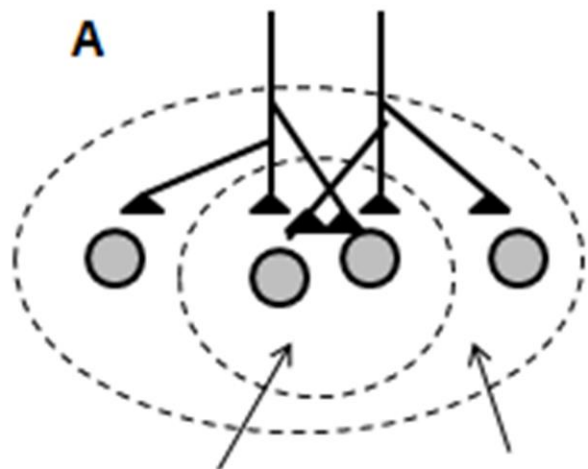
– Принцип общего конечного пути – конвергенция на уровне эфферентного звена рефлекторной дуги.

3. Принцип доминанты

- **Доминанта** – временно господствующий стойкий очаг возбуждения в ЦНС, подчиняющий себе деятельность других нервных центров.
- Характеристика **доминанты**:
 - Повышенная возбудимость
 - Способность «притягивать» возбуждение из других НЦ и суммировать приходящее возбуждение
 - Стойкость и инертность процессов возбуждения
 - Торможение деятельности других нервных центров



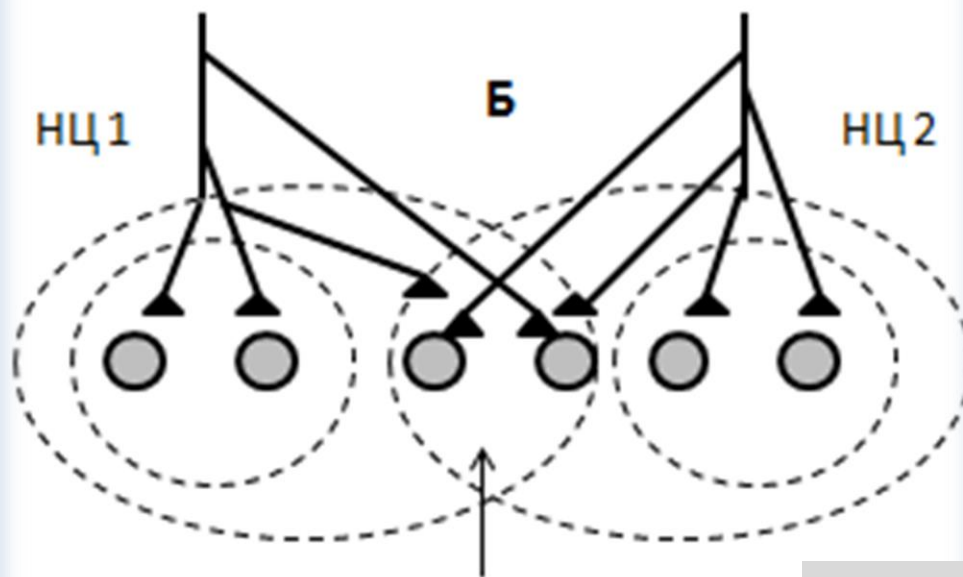
НЦ состоит из 2-х функциональных зон.



Центральная (возбуждаемая) зона НЦ

Периферическая (облегчаемая) зона НЦ

4. Облегчение – усиление суммарной реакции при одновременном действии нескольких раздражителей (раздражении рефлекторных зон нескольких рефлексов): суммарный эффект одновременно действующих раздражителей больше, чем сумма эффектов при раздельной стимуляции.

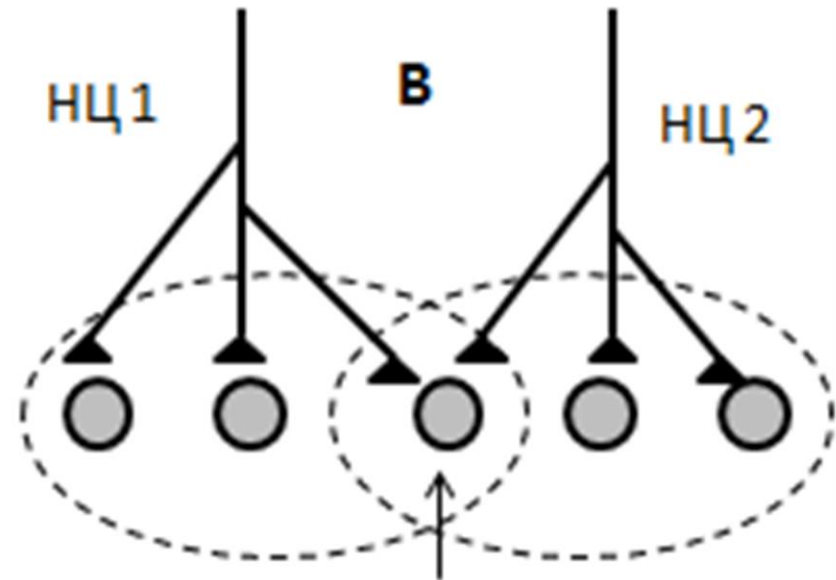


Область перекрытия периферических зон НЦ

Морфологическая основа облегчения

5. Окклюзия (закупорка)

- **Окклюзия** – ослабление суммарной реакции при одновременном действии нескольких раздражителей: суммарный эффект одновременно действующих раздражителей меньше, чем сумма эффектов при отдельной стимуляции.



Область перекрытия
центральных зон НЦ

Морфологическая основа
– «перекрытие» пороговых
зон 2 или более НЦ.

6. Принцип обратной связи и копий эфферентации

- Копии эфферентные команды из НЦ поступают не только к эффекторам, но и к другим нервным элементам.

7. Принцип реципрокности – при возбуждении одних НЦ, деятельность других затормаживается; проявляется в соотношении деятельности НЦ, осуществляющих противоположные функции.

8. Принцип субординации и субподчинения

- **Субординация** – подчинение нижележащих отделов ЦНС вышележащим.