

Возбудимые ткани

Дисциплина - психофизиология

Возбудимые ткани – в ответ на действие раздражителя развивается процесс возбуждения (нервная, мышечная, секреторная)

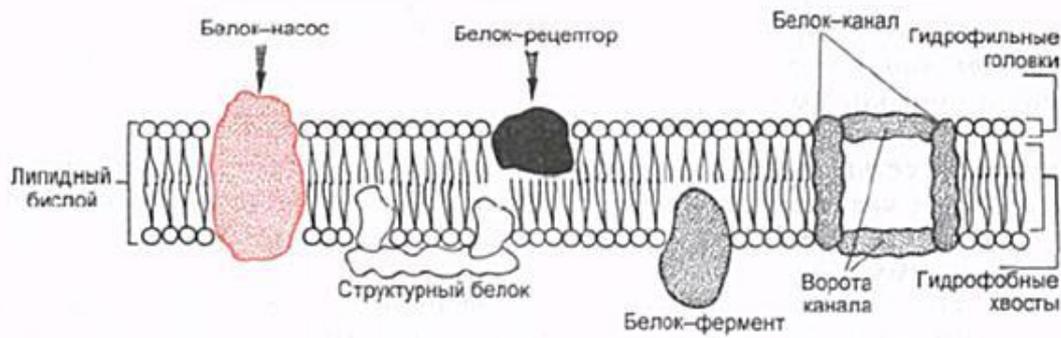
Возбуждение - это процесс, характеризующийся изменением заряда мембраны при действии определённой силы раздражения. Электрографическим отображением возбуждения является потенциал действия

Возбудимость - это свойство возбудимой ткани возбуждаться при действии раздражения.

Мерой возбудимости является порог раздражения.

Порог раздражения - это минимальная сила раздражения, которая вызывает распространяющееся возбуждение, характеризующееся потенциалом действия.

Возбудимость и порог раздражения находятся в обратно пропорциональной зависимости. Чем больше порог, тем меньше возбудимость, и наоборот.



Белково-липидные компоненты мембраны.

Мембрана клеток состоит из двойного слоя фосфолипидов, в который включены мембранные белки

Мембранные белки

- структурные
- рецепторы
- ферменты

-транспортные

- ионные каналы – транспорт ионов по концентрационным и электрохимическим градиентам, без затраты энергии
- белки-насосы (АТФазы) – против градиентов, с затратой энергии АТФ

Натрий-калиевая АТФаза переносит в клетку ионы калия и выводит из клетки ионы натрия

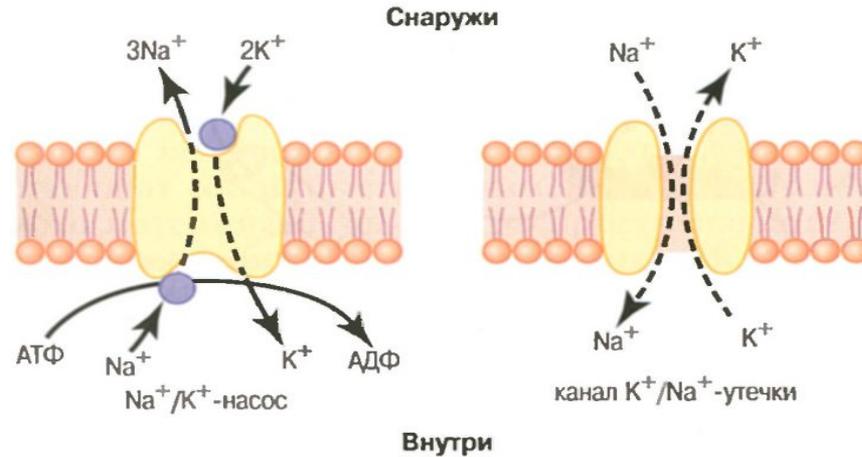


Рис. 5-4

Функциональные характеристики Na^+/K^+ -насоса и канала K^+/Na^+ -утечки

Ионные каналы:

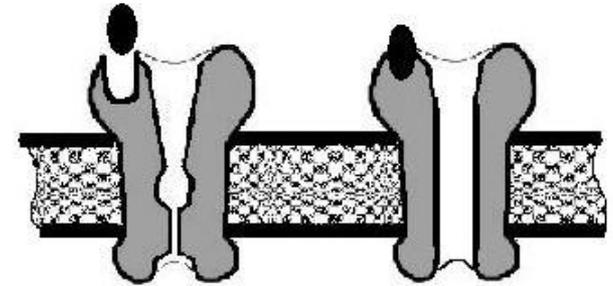
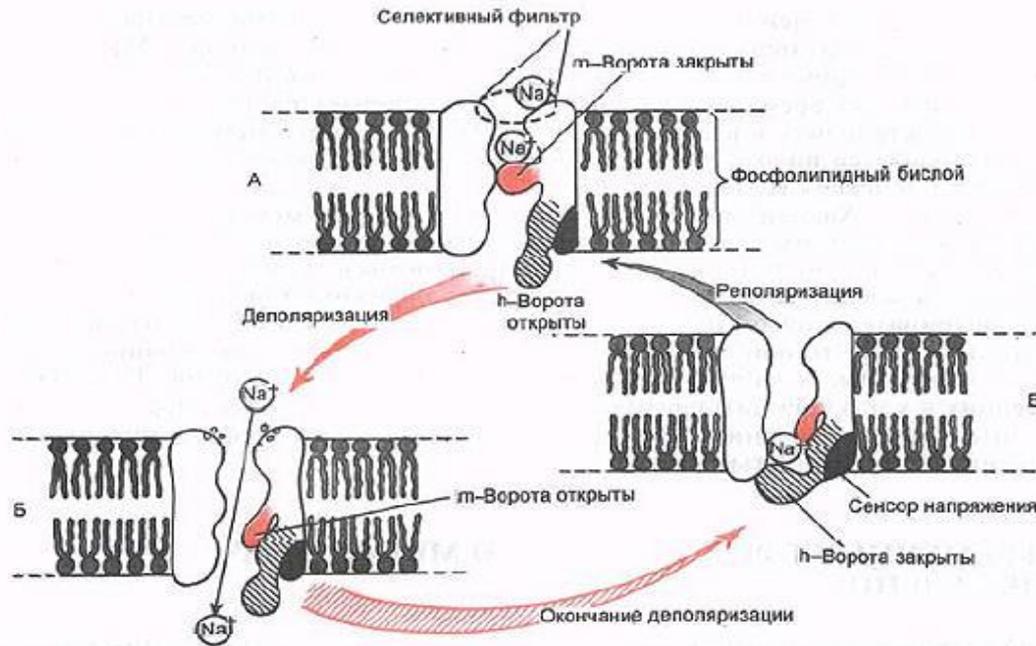
-хемозависимые

-потенциалзависимые

-механозависимые

Канал образован макромолекулой белка. Компоненты канала:

- Пора
- Селективный фильтр обеспечивает избирательную проницаемость канала для определенных ионов.
- Сенсор напряжения (в потенциалзависимых каналах) или рецептор (в хемозависимых каналах)
- Воротный механизм (может отсутствовать)



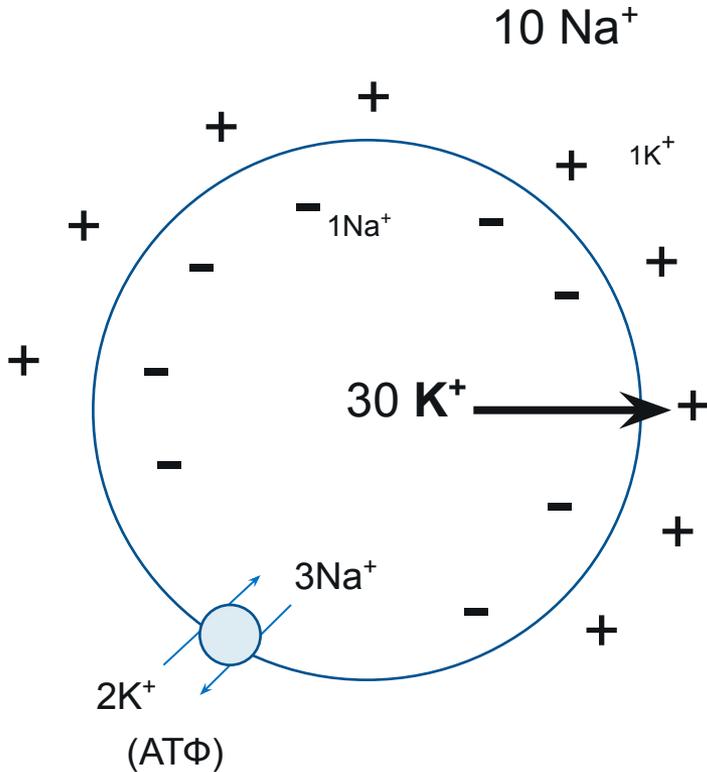
Хемозависимый канал

Ворота канала **управляются хеморецептором**. При связывании сигнальной молекулы с рецептором ворота открываются, обеспечивая возможность перехода ионов через клеточную мембрану

Схема ионоселективного потенциалзависимого натриевого канала плазматической мембраны возбудимой клетки в закрытом (А, В) и открытом (Б) состоянии.

Открытие и закрытие ворот канала управляется разностью потенциалов между наружной и внутренней поверхностями мембраны возбудимой клетки с помощью сенсора напряжения..

Потенциал покоя

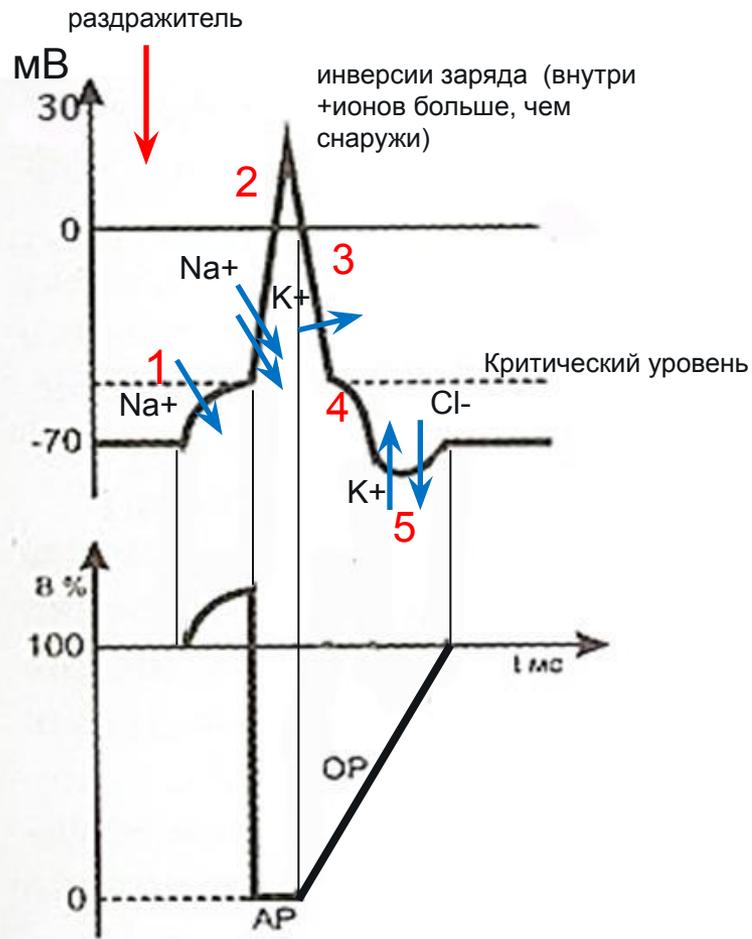


В покое мембрана возбудимых клеток поляризована:

- градиент концентрации ионов натрия и калия (ионов калия внутри больше, чем ионов калия снаружи, а ионов натрия снаружи больше, чем ионов натрия внутри)
- каналы для калия открыты (каналы утечки)
- калий выходит по градиенту концентрации и создает избыток положительных зарядов на наружной поверхности мембраны
- анионы, оставшиеся в клетке «удерживают» ионы калия около мембраны
- для натрия мембрана в покое практически непроницаема
- натрий-калиевая АТФаза поддерживает градиент концентрации ионов

Величина потенциала покоя в разных тканях может составлять от -50 до -90 мВ
Непосредственной причиной поляризации мембраны являются калиевые токи покоя.

Потенциал действия



1 – предспайк

2, 3 – спайк

могут наблюдаться:

4 – отрицательный следовой потенциал

5 – положительный следовой потенциал

Действует раздражитель

Частично открываются натриевые каналы и натрий начинает поступать в клетку, разность потенциалов уменьшается (медленная деполяризация)

При достижении критического уровня деполяризации полностью открываются натриевые каналы, натрий поступает в клетку «лавинообразно» (быстрая деполяризация)

При определенной степени инверсии заряда натриевые каналы закрываются и открываются потенциалзависимые калиевые каналы, происходит реполяризация

В некоторых тканях может наблюдаться медленная реполяризация и следовая гиперполяризация. Гиперполяризация связана с тем, что еще открыты калиевые каналы и открываются каналы для хлора.

Состояние мембраны:

1 – медленная деполяризация

2 – быстрая деполяризация

3 – реполяризация

В некоторых тканях могут наблюдаться:

4 – медленная реполяризация

5 – гиперполяризация

Изменение возбудимости при возбуждении

СП – супернормальная (повышенная, состояние мембраны приближено к критическому уровню)

АР – абсолютно рефрактерный период (натриевые каналы открыты полностью)

ОР – относительно рефрактерный период

Следовые потенциалы в разных тканях имеют разную выраженность

Обычно спайк длится более короткое время, чем следовые потенциалы, длительность и наличие которых в разных тканях различны. Форма и длительность потенциалов действия существенно различаются в различных возбудимых структурах: нейронах, миоцитах скелетных и гладких мышц, кардиомиоцитах.

Закон «Все или ничего»: при подпороговом раздражении потенциал действия (или распространяющееся возбуждение) не возникает, а при пороговом и надпороговых раздражениях потенциал действия возникает максимальной амплитуды.

Закону "Всё или ничего" подчиняются нейроны, отдельные нервные волокна, отдельные мышечные волокна, гладкие мышцы и сердечная мышца.

Не подчиняются этому закону нервы и целая скелетная мышца. Это обусловлено различным порогом раздражения нервных волокон, входящих в состав нерва, и мышечных волокон, образующих скелетную мышцу.

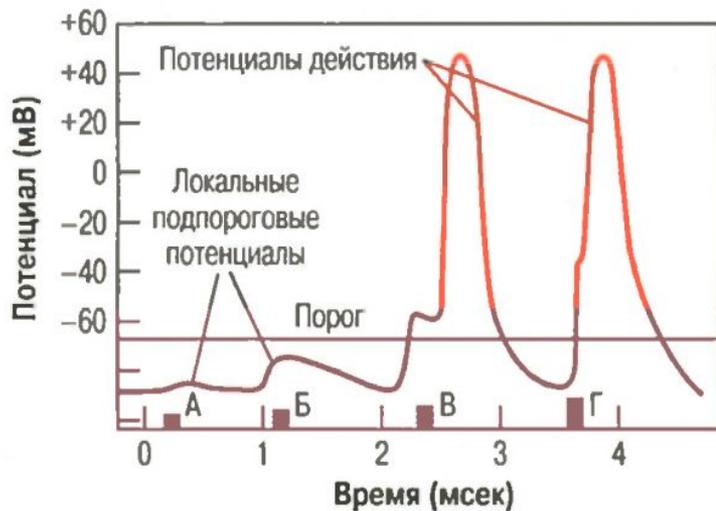


Рис. 5-18

Значение увеличения силы стимула для возникновения потенциала действия. Развитие локальных подпороговых потенциалов в ответ на стимулы, сила которых ниже порогового значения, необходимого для появления потенциала действия

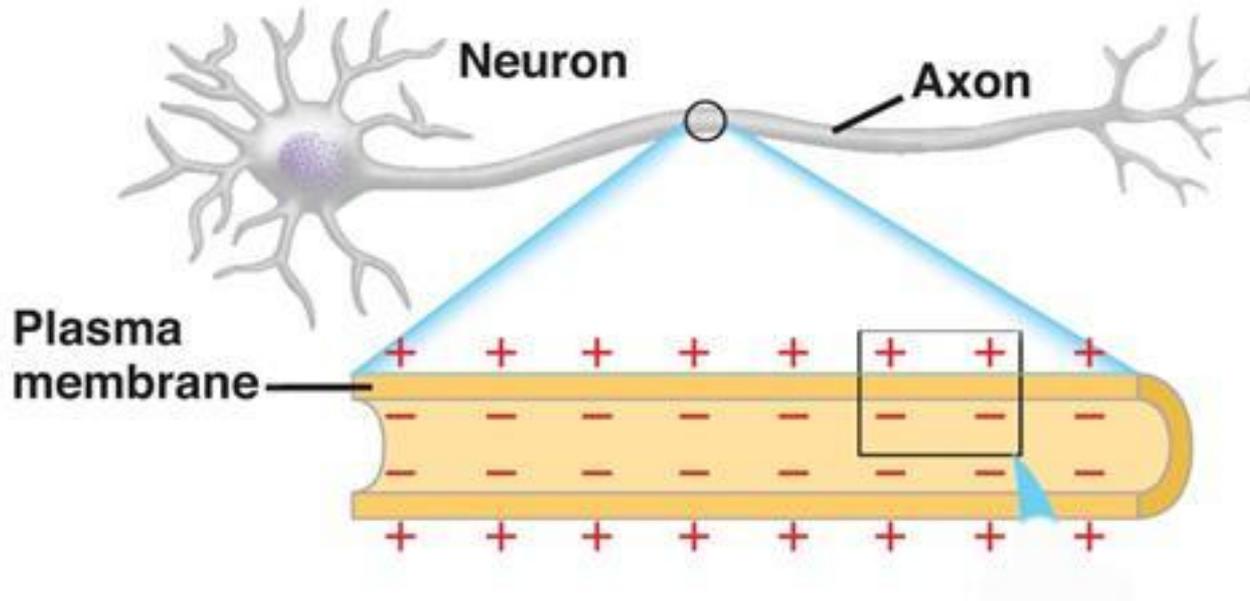
Местное возбуждение

- возникает при действии подпороговых стимулов
- проявляется локально в зоне действия стимула
- способно к суммации и может перейти в распространяющееся возбуждение
- характеризуется местным потенциалом или локальным ответом, при котором повышается возбудимость клеточной мембраны.
- локальный ответ градуален, не подчиняется закону «Все или ничего»

Распространяющееся возбуждение (ПД)

- возникает при действии пороговых и надпороговых раздражений или в результате суммации местных возбуждений.
- на клеточной мембране возникает потенциал действия.
- потенциал действия распространяется на значительное расстояние от места возникновения без уменьшения исходной амплитуды.
- потенциал действия не способен к суммации
- подчиняется закону «Все или ничего».
- при распространяющемся возбуждении возбудимость изменяется в соответствии с фазами ПД (то увеличиваясь, то уменьшаясь)

Проведение возбуждения по нервным волокнам



Нервные волокна

A – толстые миелиновые (альфа, бета, гамма, дельта)
(напр., соматические нервы)

B – тонкие миелиновые (напр., преганглионарные)

C – тонкие безмиелиновые (напр., постганглионарные)

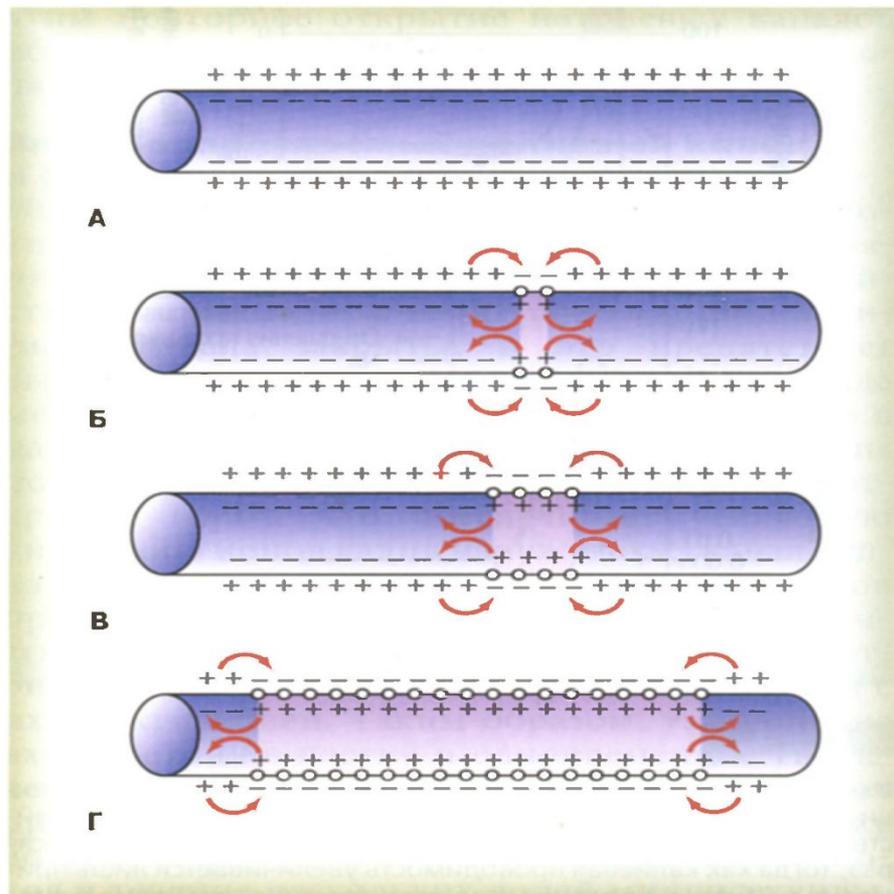


Рис. 5-11

Распространение потенциалов действия в обоих направлениях вдоль проводящего волокна

По безмиелиновым волокнам возбуждение распространяется путем деполяризации всей мембраны с помощью местных ионных токов

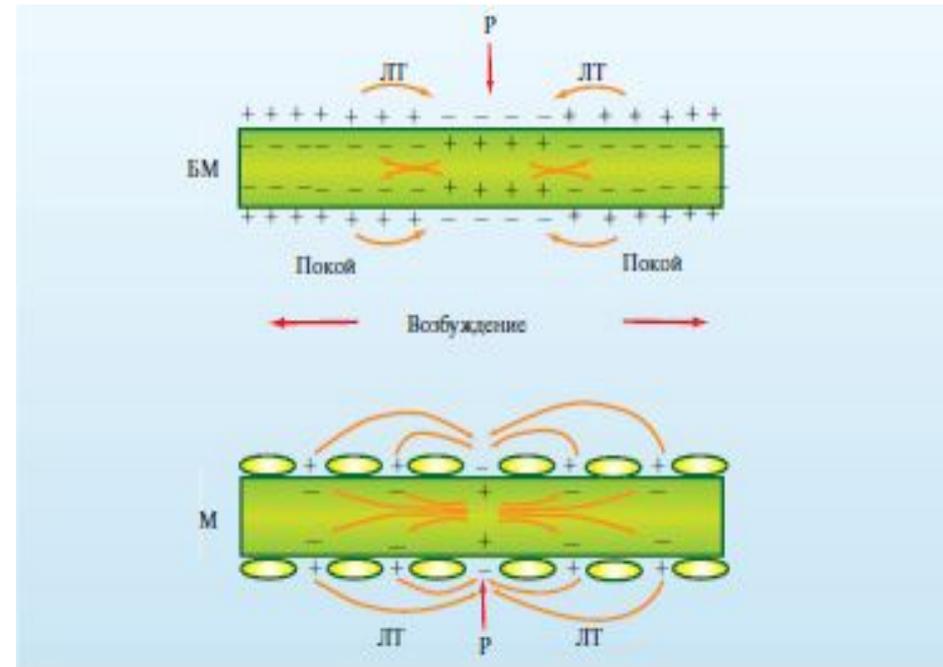
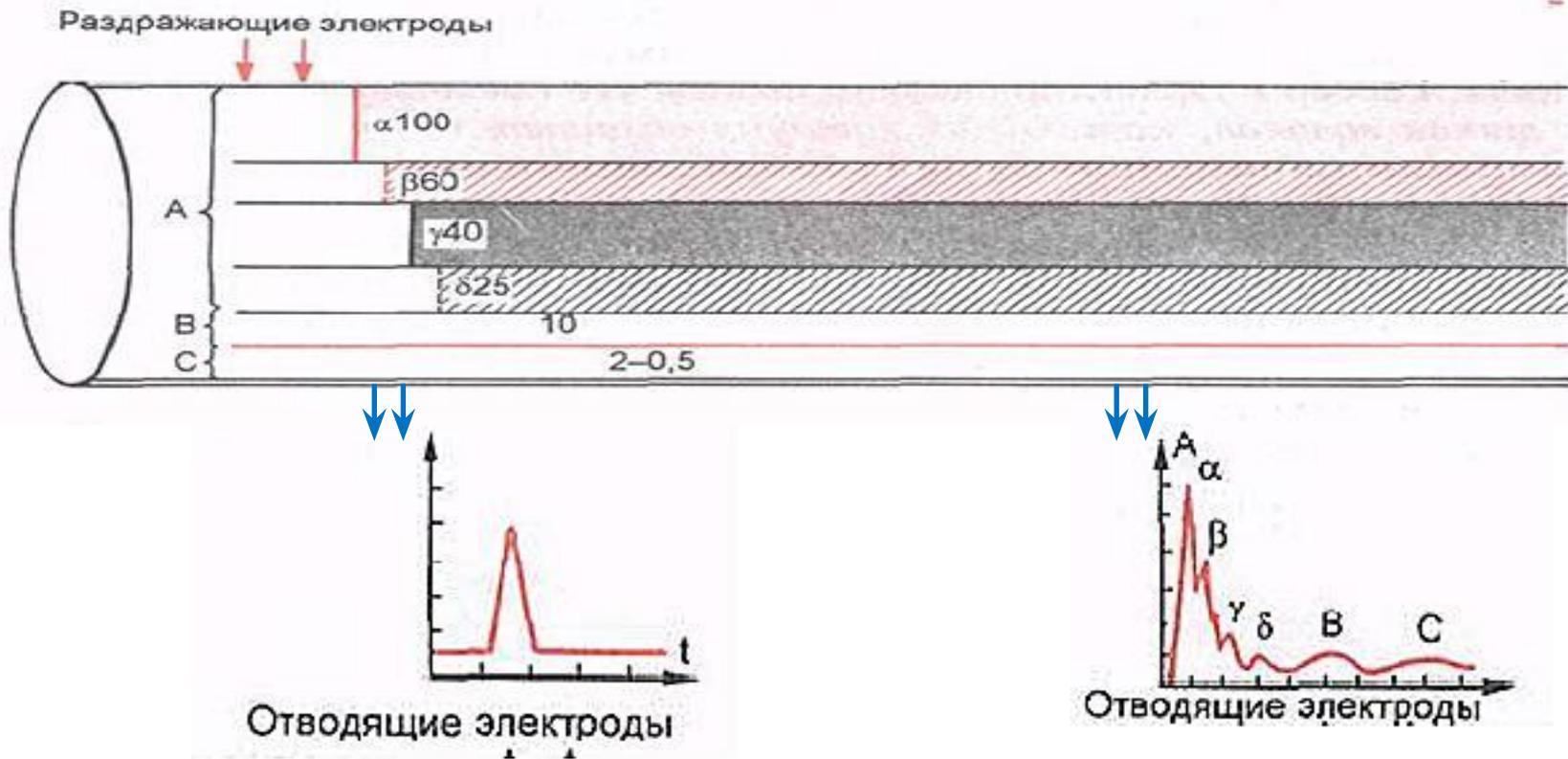


Рис. 1.7. Двустороннее проведение возбуждения в нервных волокнах (М — миелиновое нервное волокно; БМ — безмиелиновое нервное волокно; Р — раздражение; ЛГ — локальный ток)

По миелиновым волокнам возбуждение распространяется скачкообразно (сальтаторно) путем деполяризации перехватов Ранвье с помощью местных ионных токов

Опыт Гассера-Эрлангера

Скорость указана в м/с



Изменение формы суммарного потенциала действия нерва за счет разной скорости проведения возбуждения по разным группам нервных волокон: A α , A β , A γ , A δ , B, C - группы нервных волокон.

Миелиновые волокна проводят возбуждение быстрее, чем безмиелиновые, и толстые быстрее, чем тонкие.

Суммарный потенциал действия нерва имеет синусоидальную форму вблизи места раздражения и сложную форму вдали от места раздражения. Это связано с неодновременным приходом возбуждения в точку отведения потенциалов по различным нервным волокнам.

Законы проведения возбуждения

- Анатомической и физиологической целостности (наличие потенциала покоя)
- Двустороннего проведения возбуждения
- Изолированного проведения возбуждения

Свойства нервных волокон

Относительная неутомляемость

ПД распространяется не затухая (без декремента)

Высокая лабильность (до 1000 Гц)

Лабильность – это функциональная подвижность.

Мера лабильности – максимальная частота импульсов, которую структура может воспроизводить без трансформации ритма.

Синапс - это контакт между нервной клеткой и другой возбудимой клеткой:

Электрические и химические

Эфапсы или электрические синапсы — это щелевые контакты между клетками. Ширина щели в электрических синапсах в 10 раз меньше, чем в химических. В них возбуждение проводится электрическим способом за счет местных ионных токов.

В химических синапсах проведение возбуждения осуществляется между двумя клетками с помощью химических веществ, называемых медиаторами.

Морфологическая классификация

-Нейро-нейрональные

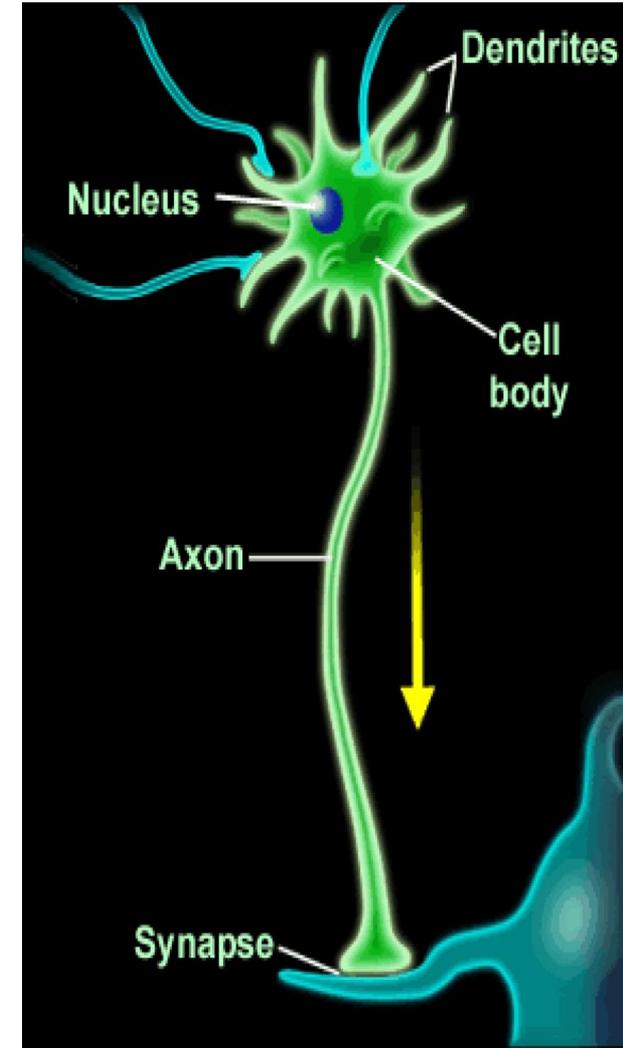
(аксо-аксональные, аксо-соматические, аксо-дендритические, дендро-дендритические);

-Нейро-мышечные

-Нейро-секреторные

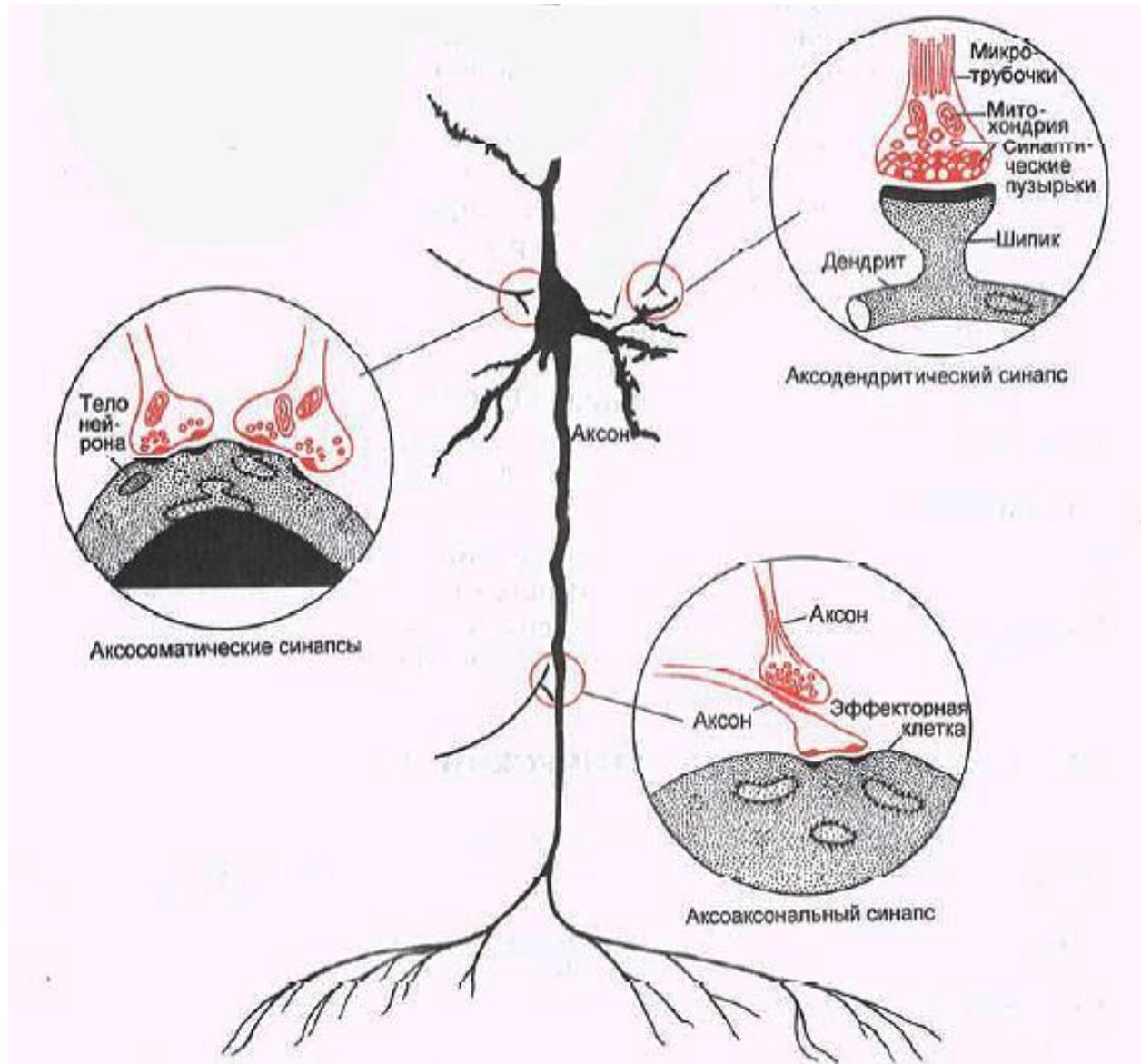
По медиаторам (норадренергические, холинергические, серотонинергические и т.д.)

Возбуждающие и тормозные



-Нейро-нейрональные

(аксо-аксональные, аксо-соматические, аксо-дендритические, дендро-дендритические);



Пресинаптическое окончание аксона



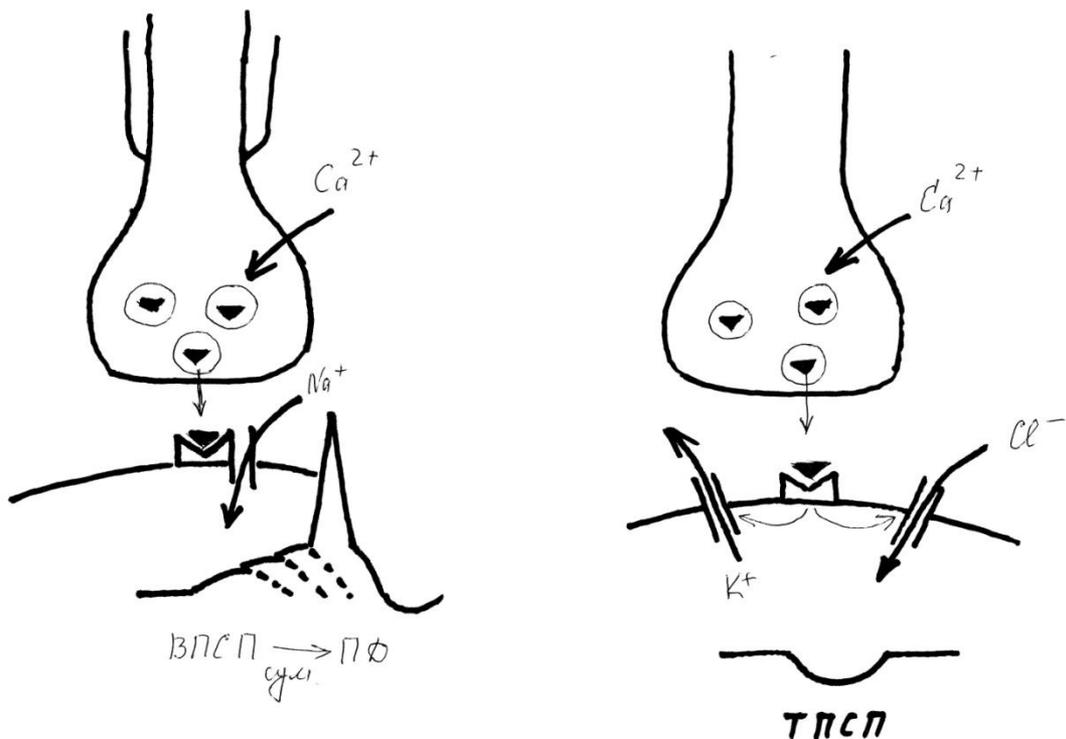
Рис. 45–6

Физиологическая анатомия синапса

Синапс (возбуждающий и тормозной)

Возбуждающий химический синапс

1. При возбуждении и деполяризации мембраны пресинаптического окончания открываются Ca^{2+} - каналы и ионы Ca^{2+} поступают в пресинаптическое окончание
2. Ионы Ca^{2+} способствуют выходу медиатора в синаптическую щель
3. Медиатор взаимодействует с рецепторами на постсинаптической мембране
4. Открываются Na^{2+} - каналы и ионы Na^{2+} поступают в постсинаптическую клетку
5. Деполяризация постсинаптической мембраны - возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП)
6. В результате суммации ВПСП возникает потенциал действия
7. Инактивация медиатора



Тормозный синапс

- 1-3 – как в возбуждающих синапсах
4. Открываются каналы для ионов Cl^{-} , которые поступает в клетку, или для ионов K^{+} , которые выходят из клетки
5. Гиперполяризация постсинаптической мембраны – тормозный постсинаптический потенциал - ТПСР
6. Инактивация медиатора

Инактивация медиатора

Ферментативное расщепление

Обратный захват

Диффузия

Пример: ацетилхолин (АХ) –инактивируется (разрушается) ацетилхолинэстеразой

Свойства синапсов

1.Одностороннее проведение возбуждения (от пресинаптических структур к постсинаптическим)

2.Синаптическая задержка

3.Низкая лабильность

4.Способность к трансформации (изменению) ритма

5.Быстрая утомляемость (истощение запаса медиатора)

6.Чувствительность к химическим веществам (есть рецепторы)

7.Амбивалентность медиатора (медиатор может быть и возбуждающим, и тормозным в зависимости от типа рецепторов)

Пример: АХ – никотиновые (Н)-холинорецепторы) – деполяризация (нервно-мышечные синапсы скелетных мышц)

АХ – мускариновые (М)-холинорецепторы (миокард) – активация калиевых каналов – гиперполяризация мембраны атипичных кардиомиоцитов - торможение сердечной деятельности

8.Пластичность синапсов (изменение уровня функционирования, например облегчение проведения из-за накопления ионов кальция)