

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Сибирский федеральный университет
кафедра медицинской биологии

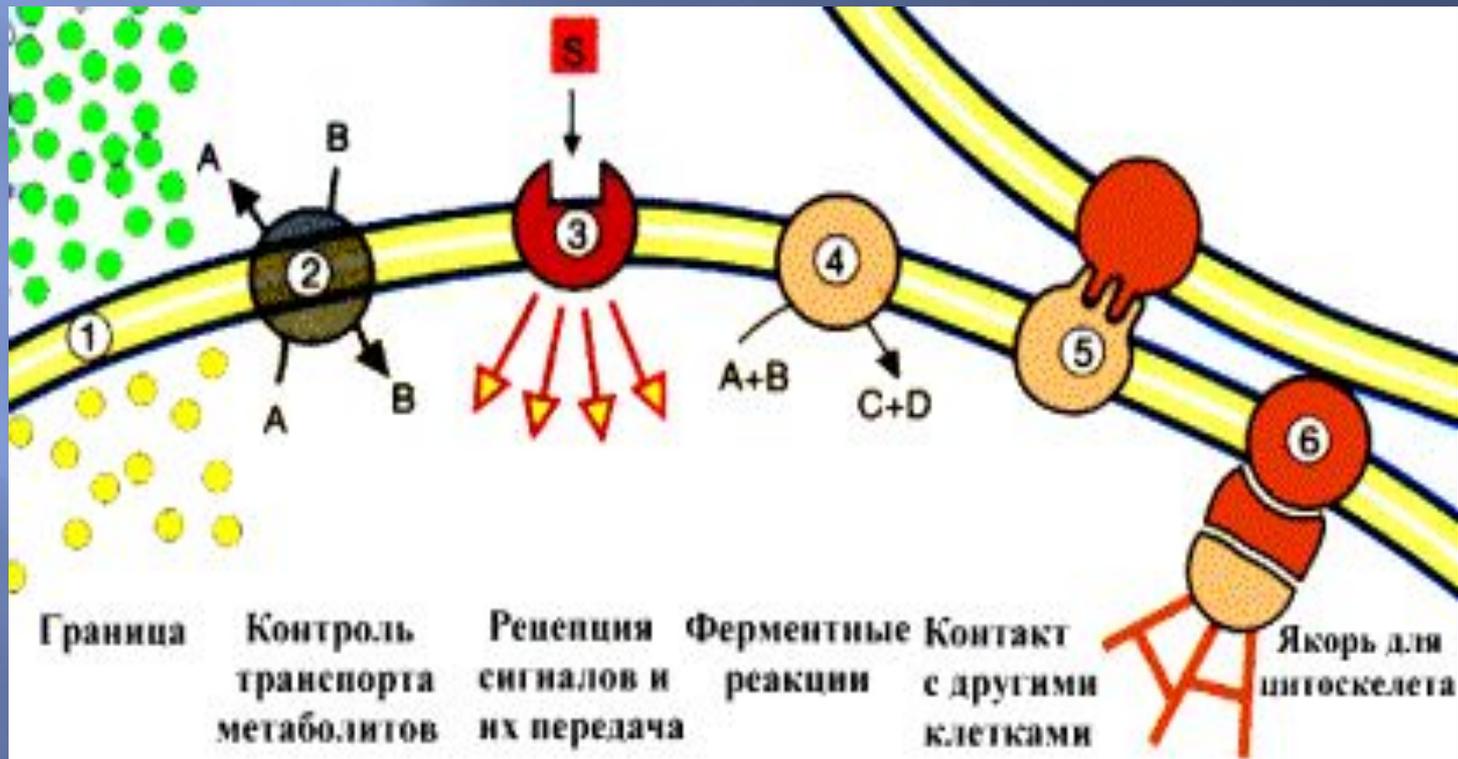
Общая физиология возбудимых тканей

Красноярск 2015

Содержание

- ✓ **Современные представления о строении и функциях мембран**
- ✓ **Транспорт веществ через биологические мембраны**
- ✓ **Возбудимые ткани и их общие свойства**
- ✓ **Электрические явления в возбудимых тканях. Природа и механизм поддержания мембранного потенциала покоя. Потенциал действия**
- ✓ **Рефрактерные периоды**
- ✓ **Особенности потенциала действия мышечной клетки сердца**
- ✓ **Законы раздражения возбудимых тканей**
- ✓ **Распространение возбуждения в нервном волокне**

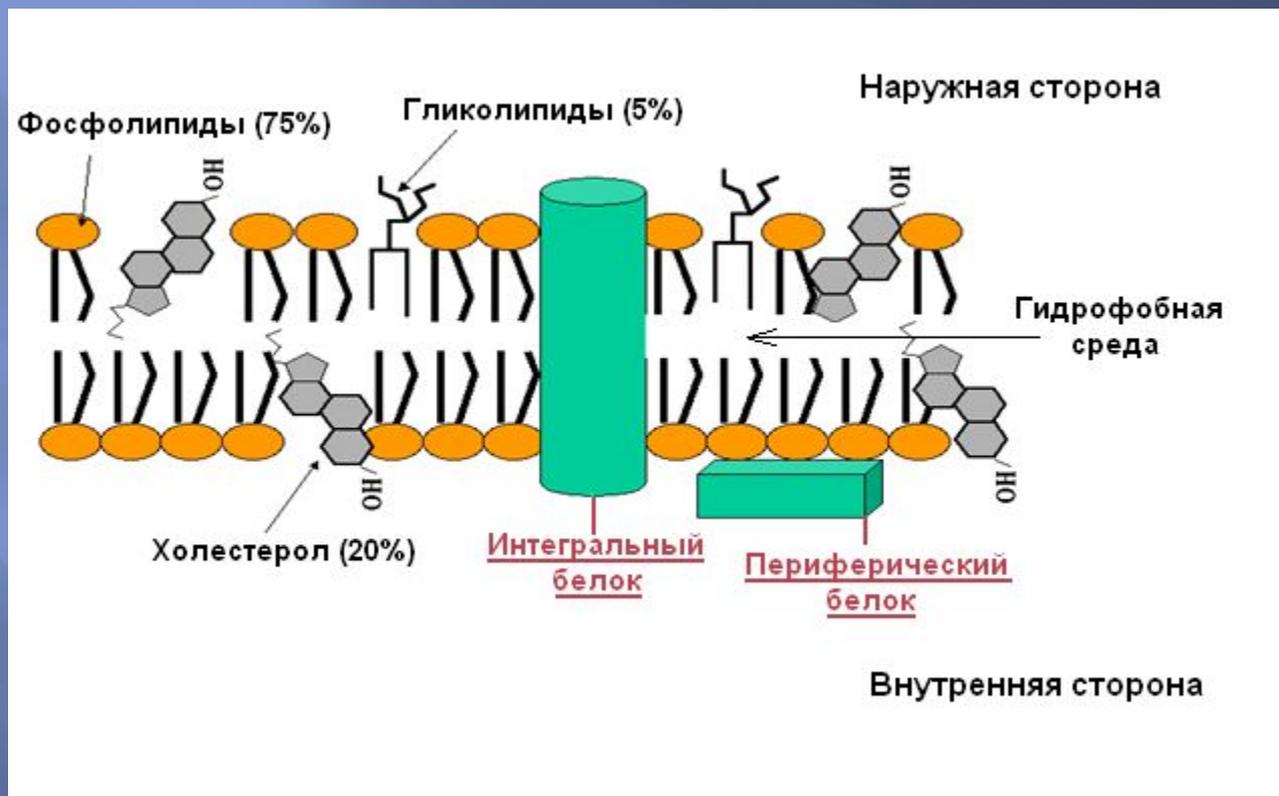
Функции мембран



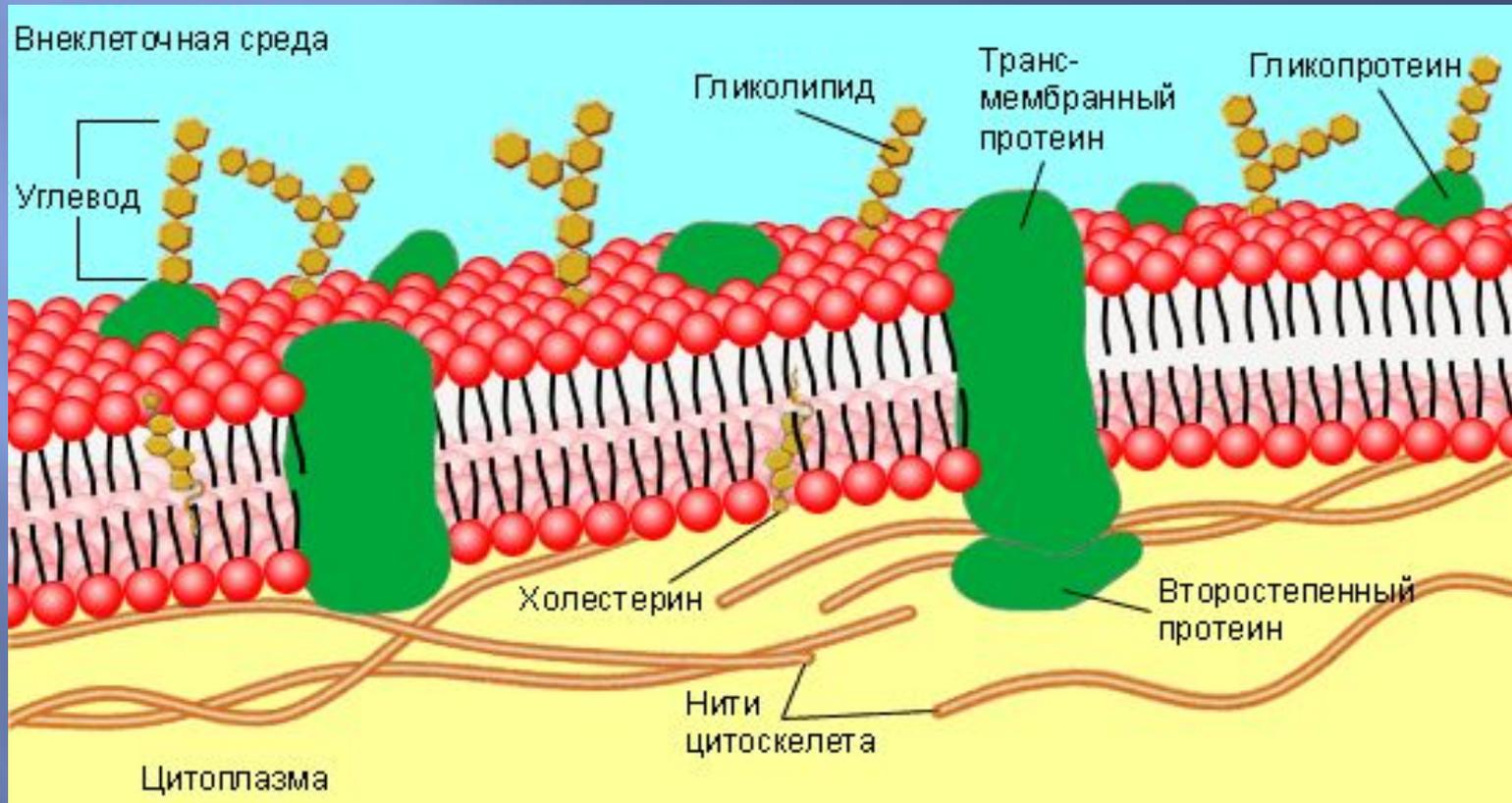
Функции мембраны

- ▣ отделяет содержимое клетки от окружающей клетку среды, осуществляет ограничение внутриклеточных органелл,
- ▣ осуществляет регуляцию обмена веществ и энергии между клеткой и окружающей средой,
- ▣ избирательный транспорт веществ внутрь клетки и из клетки,
- ▣ связывание гормонов и других регуляторных молекул,
- ▣ протекание ферментативных реакций,
- ▣ передачу нервных импульсов,
- ▣ объединение клеток в ткани,
- ▣ является якорем для цитоскелета.

Структура клеточной мембраны



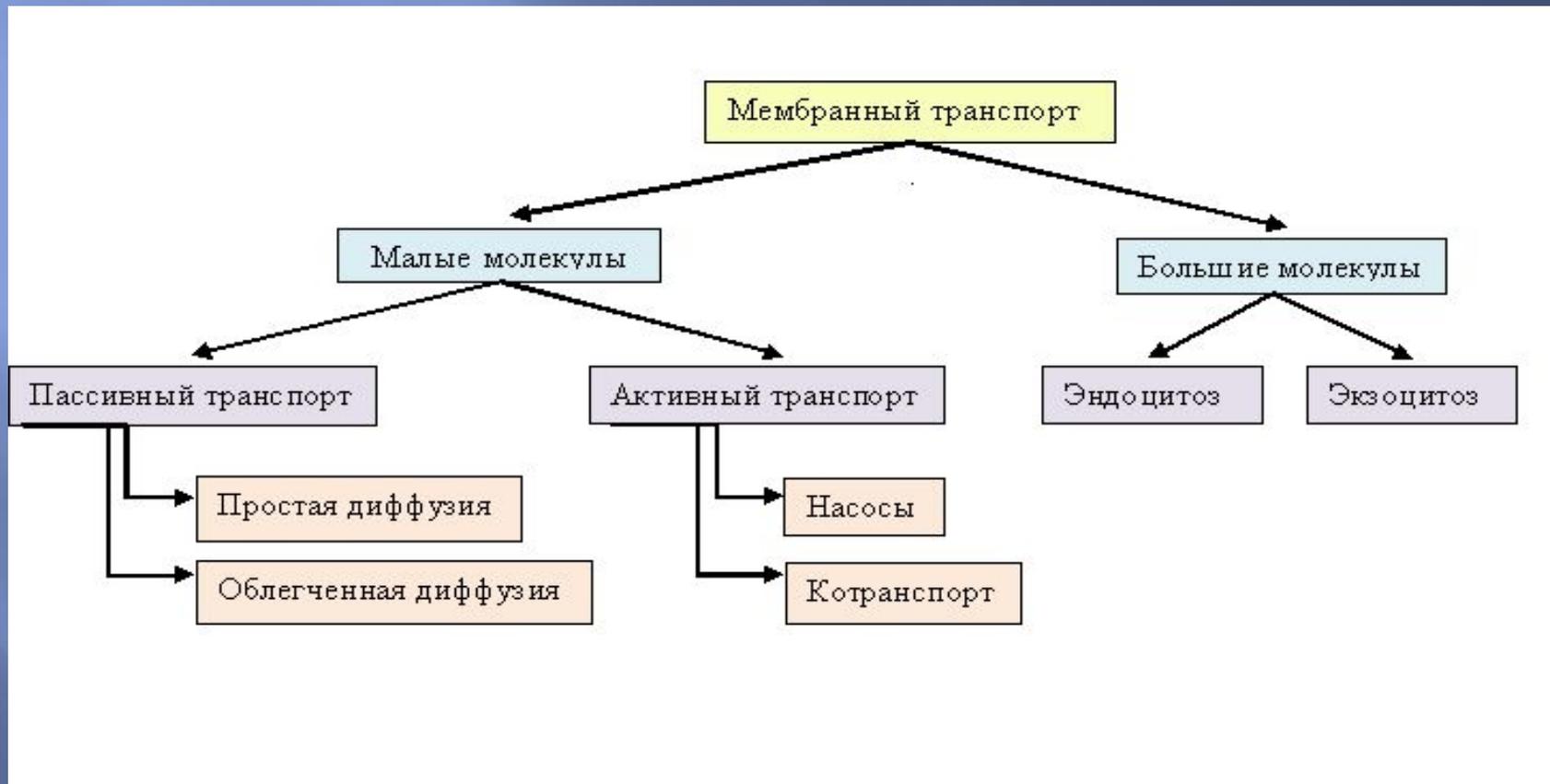
Строение мембраны



Строение мембраны

- Липиды :
 - Фосфолипиды (75%) - (фосфатидилхолин, фосфатидилсерин, фосфатидилэтаноламин, сфингомиелин, фосфатидилинозитол);
 - холестерин, в незначительных количествах триглицериды (триацилглицеролы).
- Белки (0,25 – 0,75%).
- Липиды (0,5 – 10%) - гликопротеины, гликолипиды.

Мембранный транспорт



Мембранный транспорт

- ▣ Градиент концентрации
- ▣ Электрохимический градиент

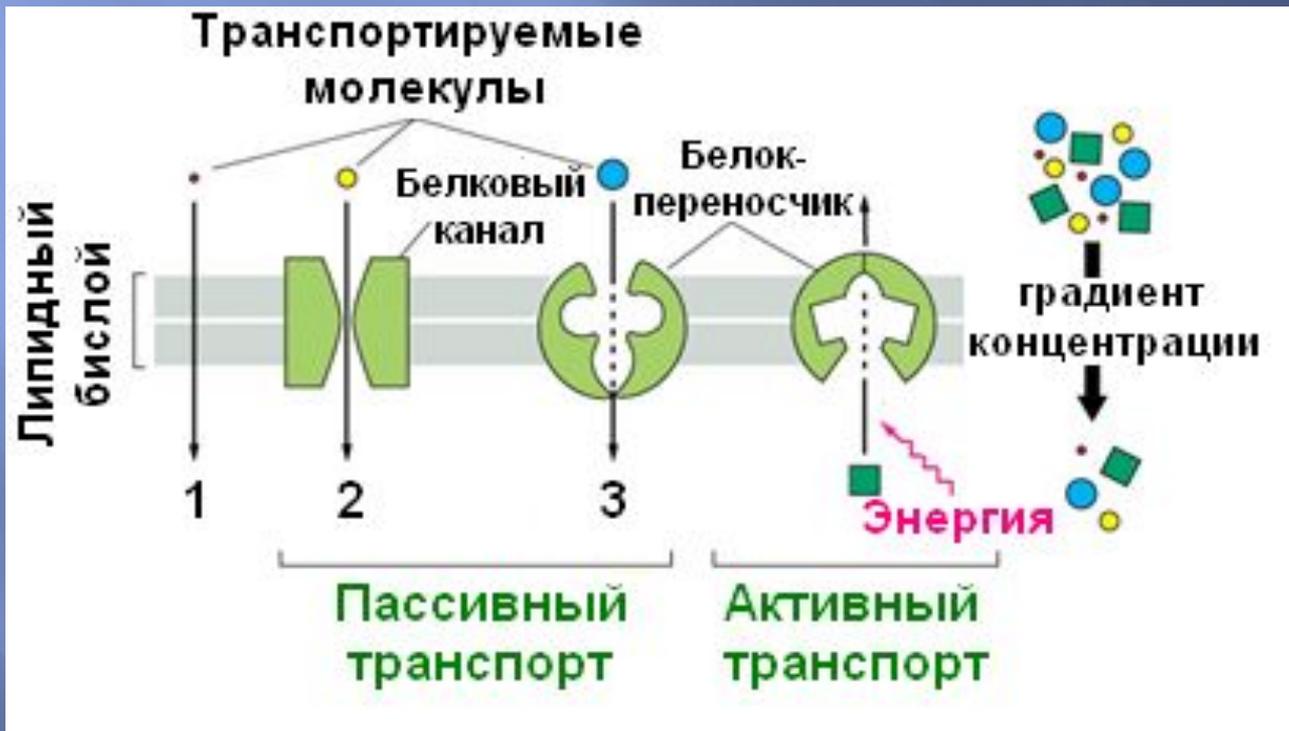
Пассивный транспорт

- ▣ – свободная (простая) диффузия: вода, газы (O_2 , CO_2), неполярные (жирорастворимые) вещества;

- ▣ – облегченная диффузия – ионы, сахара, аминокислоты, нуклеотиды:
 - 1) канальные белки (диаметр канала 1 нм);
 - специфичность каналов,
 - ворота каналов,
 - потенциал-активируемые каналы,
 - лиганд-активируемые каналы;

 - 2) с помощью транспортных белков.

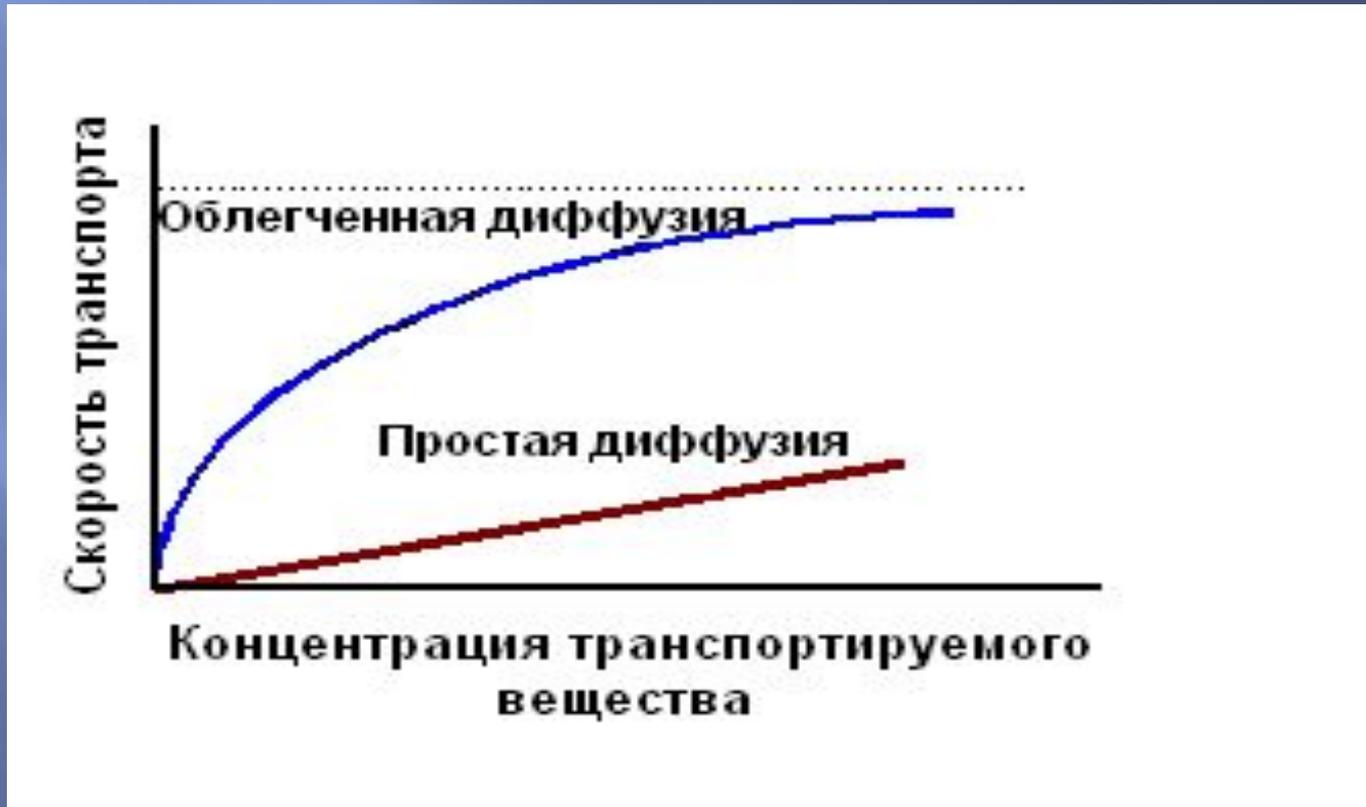
Механизмы транспорта веществ через мембрану



- 1 – простая диффузия;
- 2 – диффузия через канал;
- 3 – диффузия с помощью белка-переносчика

Современные представления о строении и функциях мембран

Скорость транспорта веществ через клеточную мембрану посредством простой и облегченной диффузии



Общая физиология возбудимых тканей

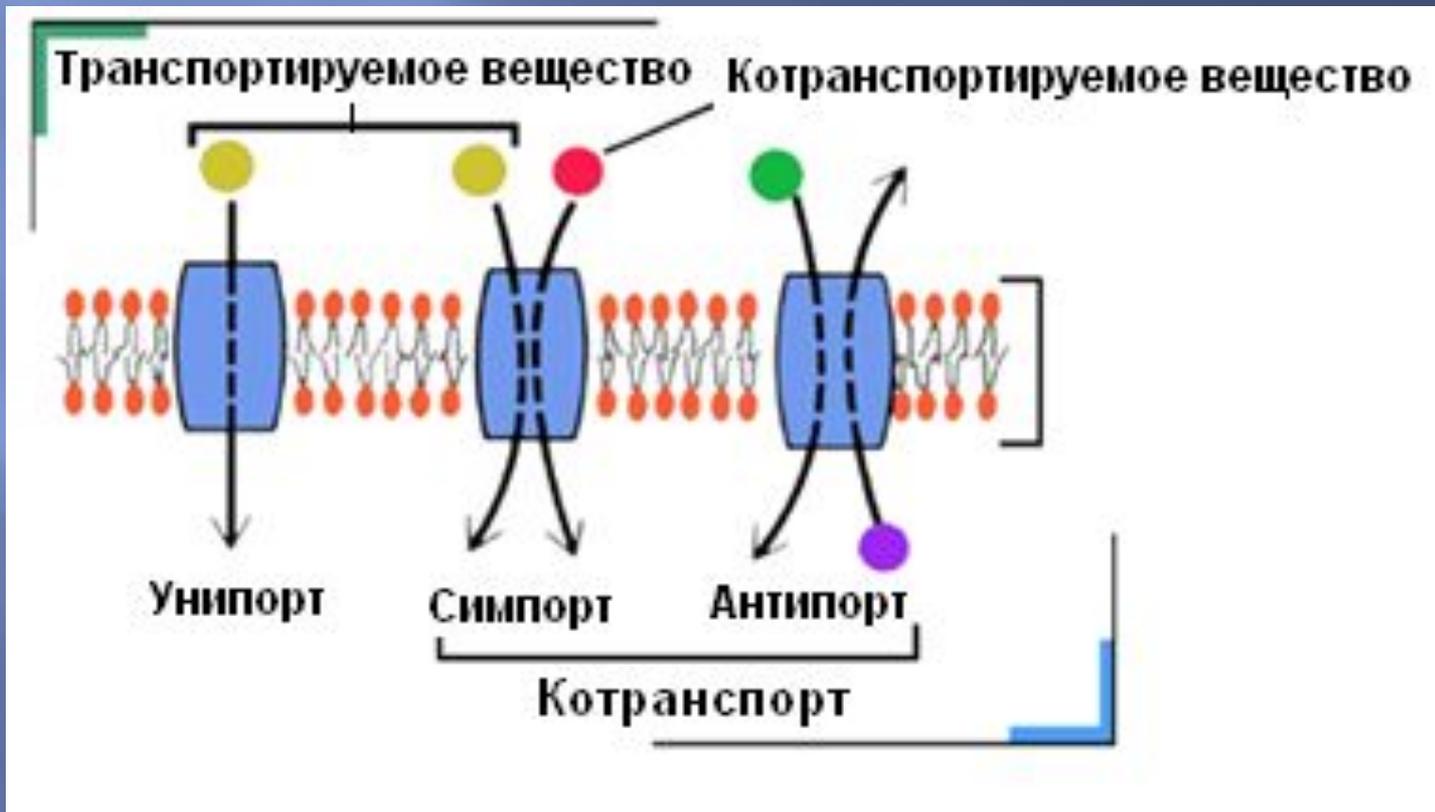
Активный транспорт

- ▣ Насосы (АТФазы)
- ▣ Котранспорт

- ▣ Первично-активный транспорт веществ
- ▣ Вторично-активный транспорт веществ

Современные представления о строении и функциях мембран

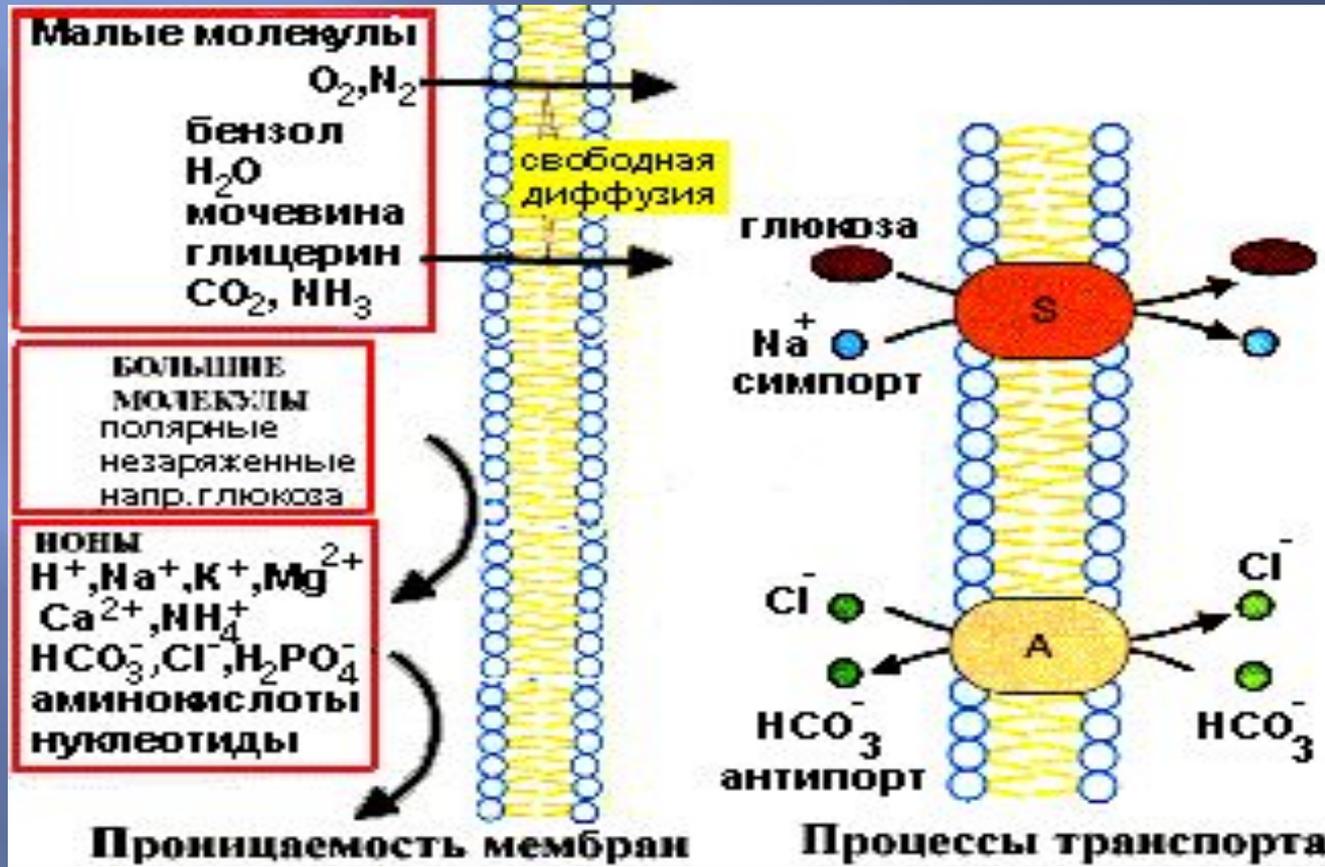
Схема транспортных белков, функционирующих по принципу унипорта, симпорта и антипорта



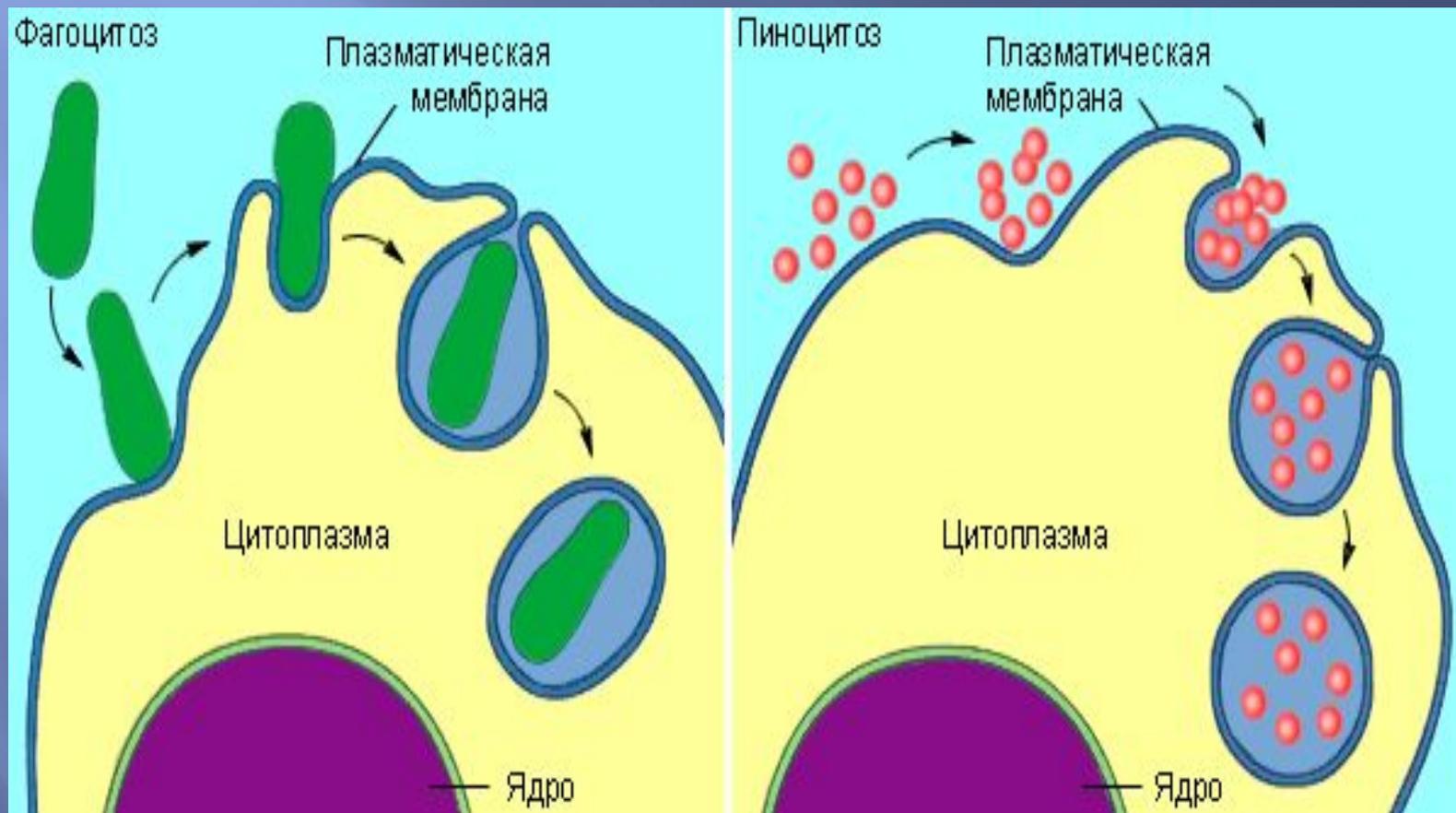
Общая физиология возбудимых тканей

Транспорт веществ через биологические мембраны

Проницаемость мембран для различных веществ и процессы транспорта

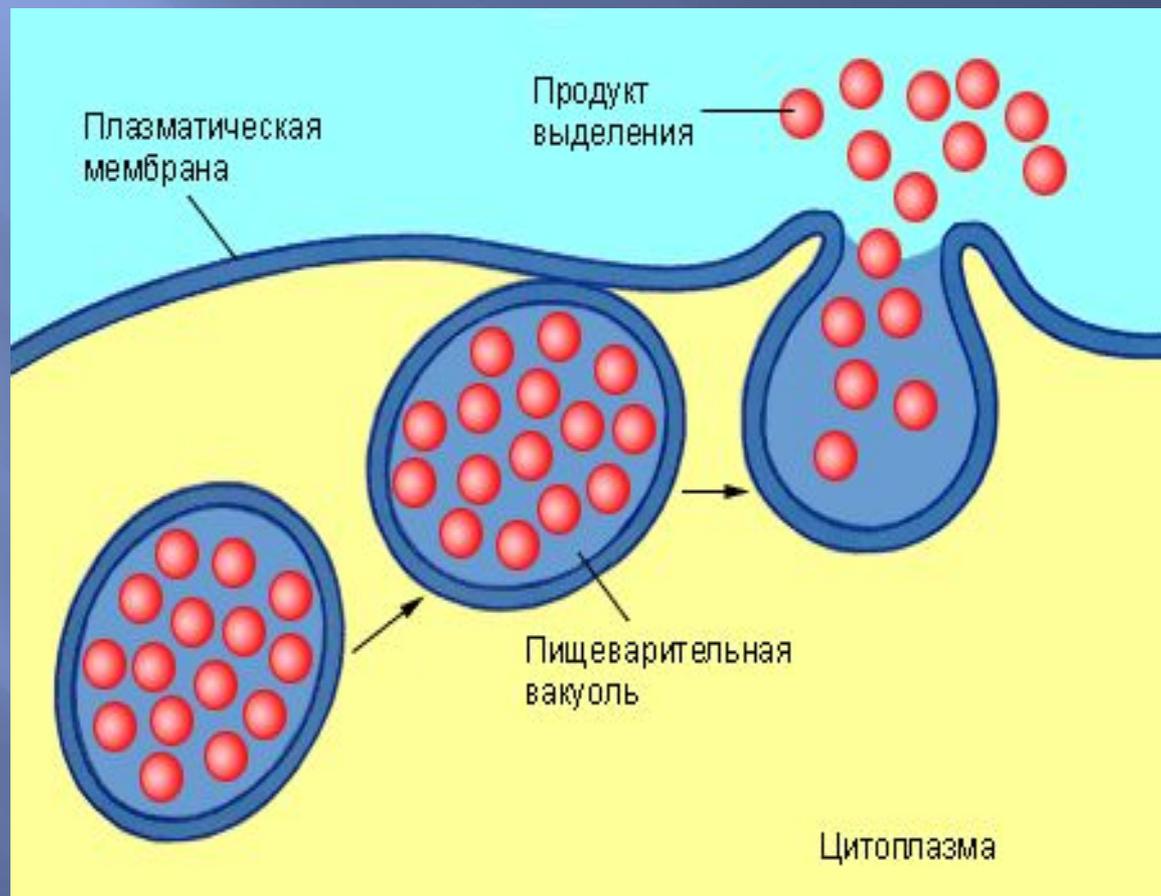


Эндоцитоз



Транспорт веществ через биологические мембраны

Экзоцитоз



Возбудимые ткани

- Впервые к выводу о существовании «животного электричества» пришел Л. Гальвани (XVIII в.) в результате опытов на нервно-мышечном препарате задних лапок лягушки.
- Доказал наличие «животного электричества» К. Маттеучи (XVIII – XIX в.в.), зарегистрировав ток покоя.
- Современная мембранная теория возбуждения была сформулирована английскими физиологами А. Ходжкиным, А. Хаксли и Б. Катцем в результате изучения ионной проницаемости мембраны гигантских нервных волокон кальмара (1947 – 1952 г.г.).

Возбудимые ткани

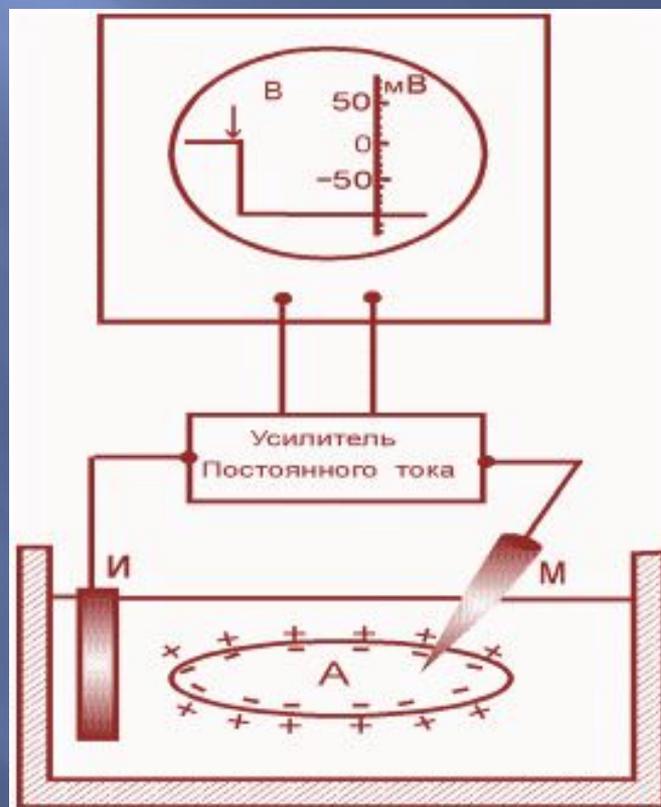
- ▣ **Раздражение**
- ▣ **Возбуждение**
- ▣ **Общие свойства возбудимых тканей :**
 - 1) раздражимость;
 - 2) возбудимость;
 - 3) проводимость (по скелетной мышечной ткани возбуждение проводится скоростью – 6 – 13 м/с, по нервной ткани – со скоростью до 120 м/с);
 - 4) лабильность (нервные волокна проводят 500 – 1000 импульсов в секунду, мышечная ткань – 200 – 250 импульсов в секунду).

Возбудимые ткани

- ▣ Понятия «возбуждение», «возбудимые ткани» были введены в физиологию Э. Дюбуа-Рэймоном (XIX в.).
- ▣ В качестве единицы измерения потенциала используется «вольт» (в честь А. Вольта (XVIII – XIX в.в.)).

Электрические явления в возбудимых тканях. Природа и механизм поддержания мембранного потенциала покоя. Потенциал действия

Измерение потенциала покоя мышечного волокна (А) с помощью внутриклеточного микроэлектрода (М) (прибор – осциллограф)



Общая физиология возбудимых тканей

Возбудимые ткани

- ▣ Потенциал покоя
- ▣ Потенциал действия

Электрические явления в возбудимых тканях. Природа и механизм поддержания мембранного потенциала покоя. Потенциал действия

Внутри - и внеклеточные концентрации ионов мышечной клетки теплокровного животного, ммоль/л
(по Дж. Дудел)

Ионы	Внутриклеточная концентрация	Внеклеточная концентрация
Na^+	12	145
K^+	155	4
Cl^-	4	120
HCO_3^-	8	27
Анионы органических соединений	155	-

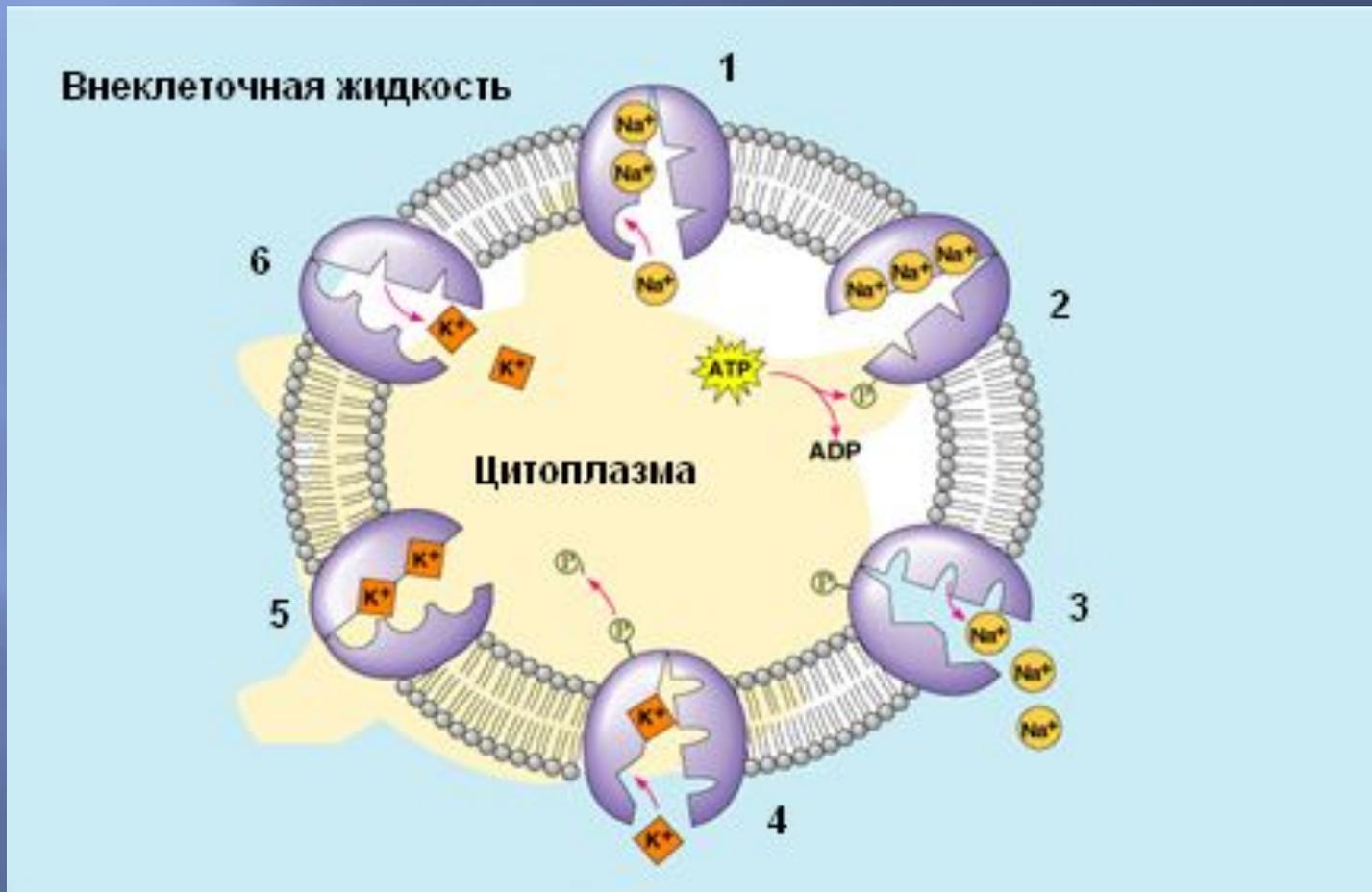
Уравнение Нернста

$$V = \frac{RT}{zF} \ln \frac{c_o}{c_i} = \frac{RT}{zF} * 2.31 \lg \frac{c_o}{c_i}$$

где: V – разность потенциалов между наружной и внутренней сторонами мембраны; R – газовая постоянная, T – абсолютная температура, F – постоянная Фарадея; z – валентность иона; c_i и c_o – внутренняя и наружная концентрации иона.

Электрические явления в возбудимых тканях. Природа и механизм поддержания мембранного потенциала покоя. Потенциал действия

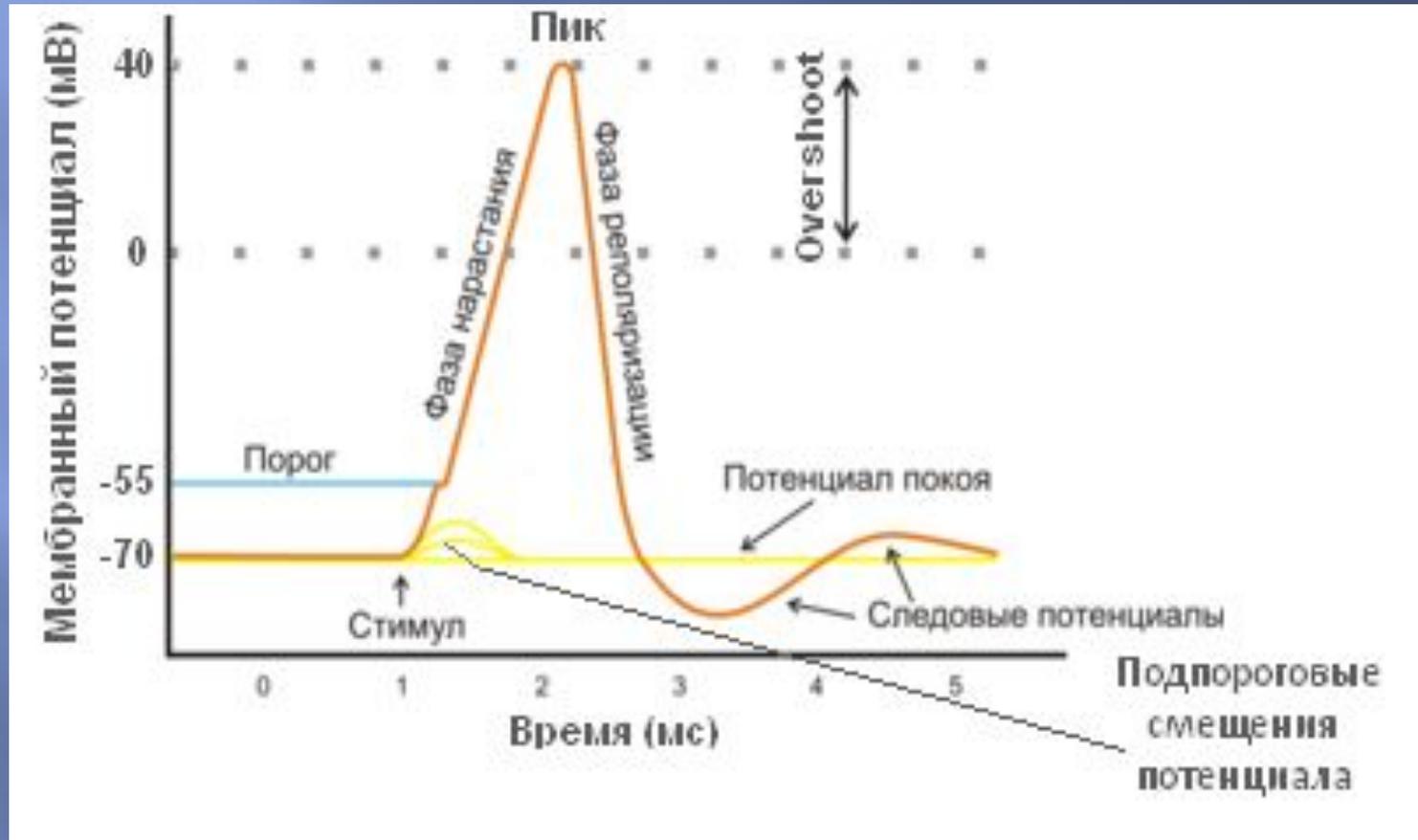
Механизм работы Na^+/K^+ -АТФазы



Общая физиология возбудимых тканей

Электрические явления в возбудимых тканях. Природа и механизм поддержания мембранного потенциала покоя. Потенциал действия

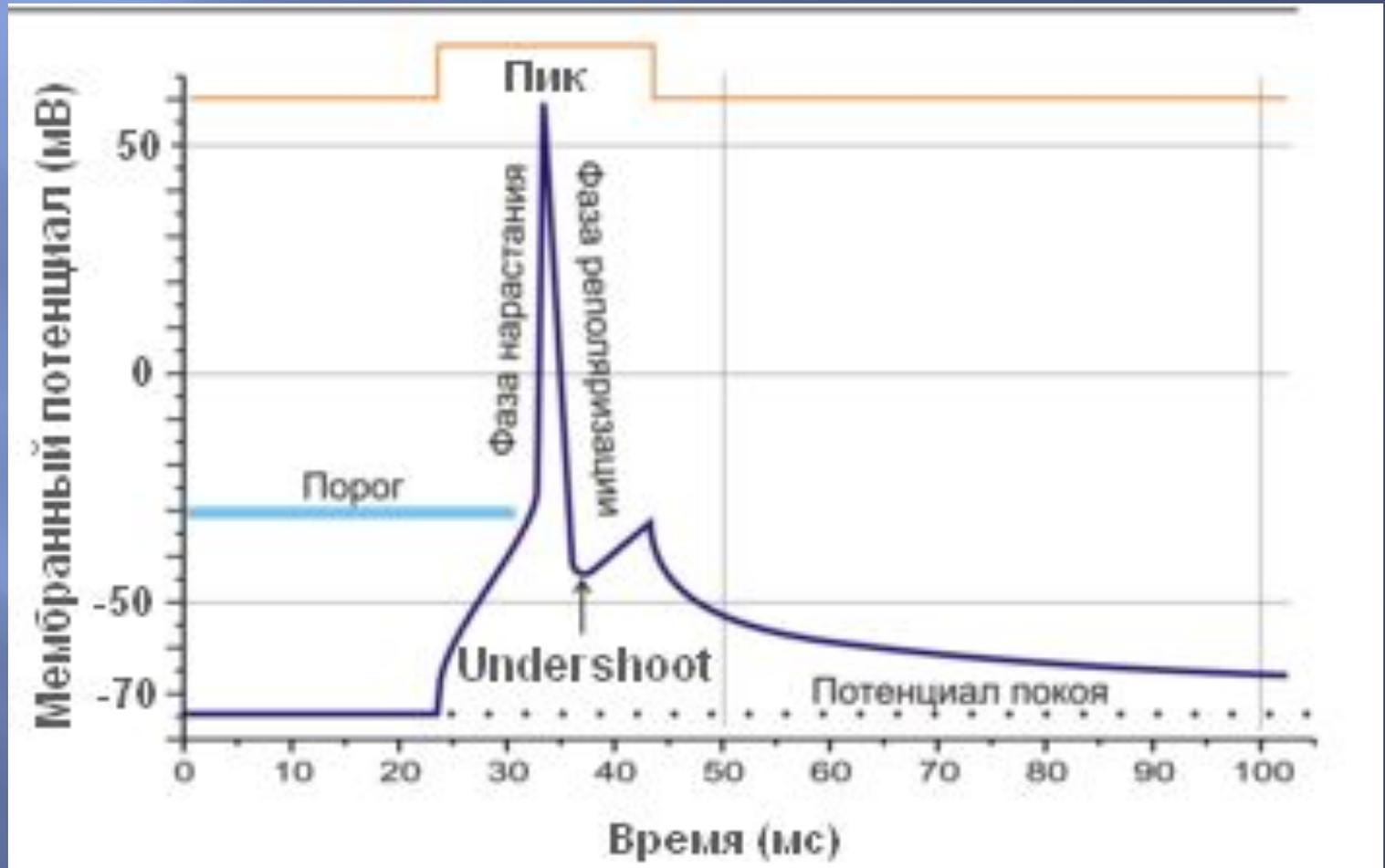
Идеализированный потенциал действия



Общая физиология возбудимых тканей

Электрические явления в возбудимых тканях. Природа и механизм поддержания мембранного потенциала покоя. Потенциал действия

Реальный потенциал действия



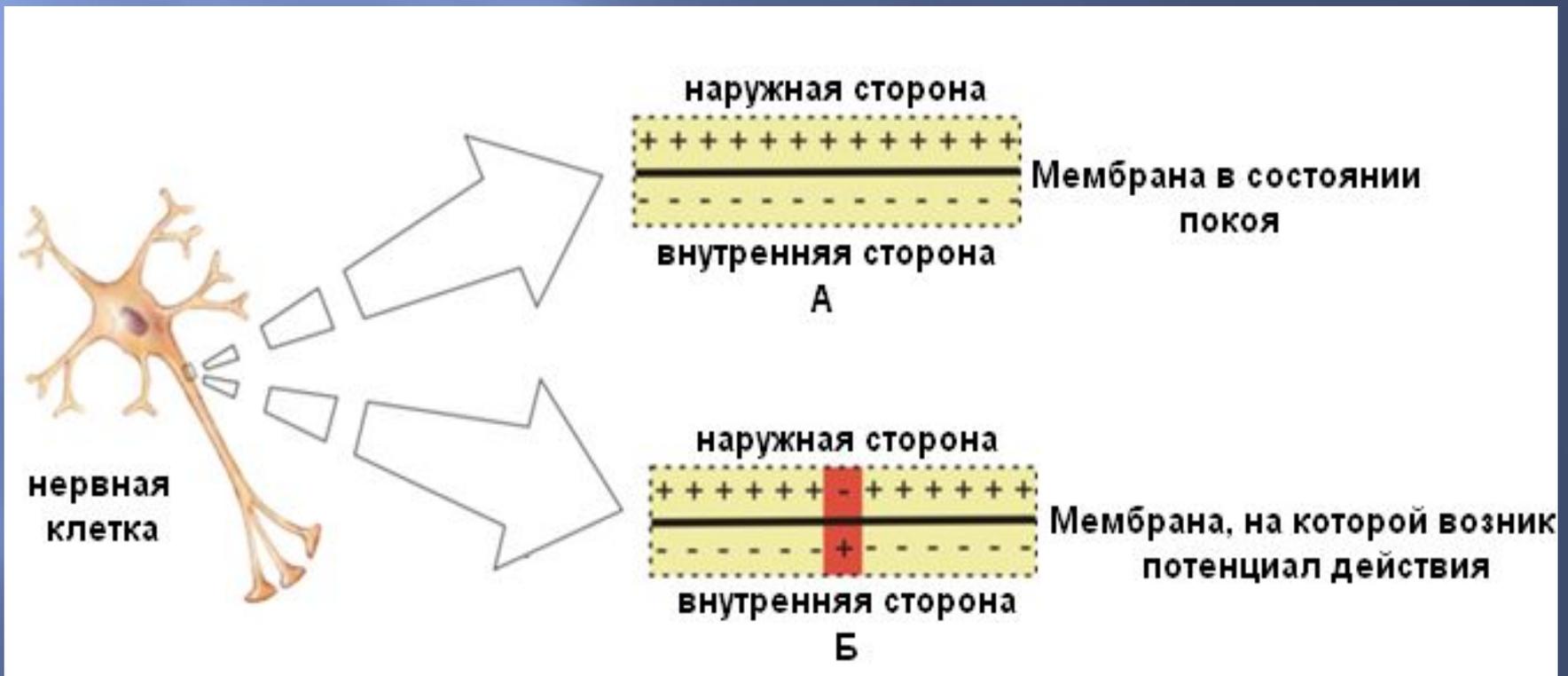
Общая физиология возбудимых тканей

Потенциал действия

- ▣ Длительность потенциала действия в нервных волокнах составляет 1 мс, в скелетной мышце — 10 мс, в миокарде — 200 мс.
- ▣ Рефрактерные периоды.

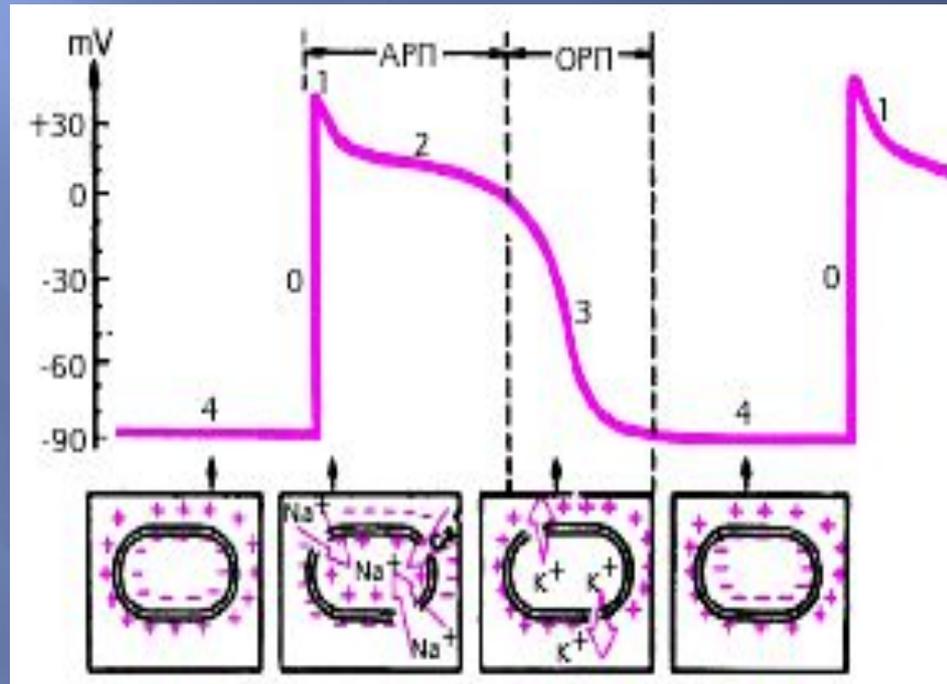
Электрические явления в возбудимых тканях. Природа и механизм поддержания мембранного потенциала покоя. Потенциал действия

Схема распределения зарядов по разные стороны мембраны возбудимой клетки в спокойном состоянии (А) и при возникновении потенциала действия (В)



Особенности потенциала действия мышечной клетки сердца

Потенциал действия клетки миокарда



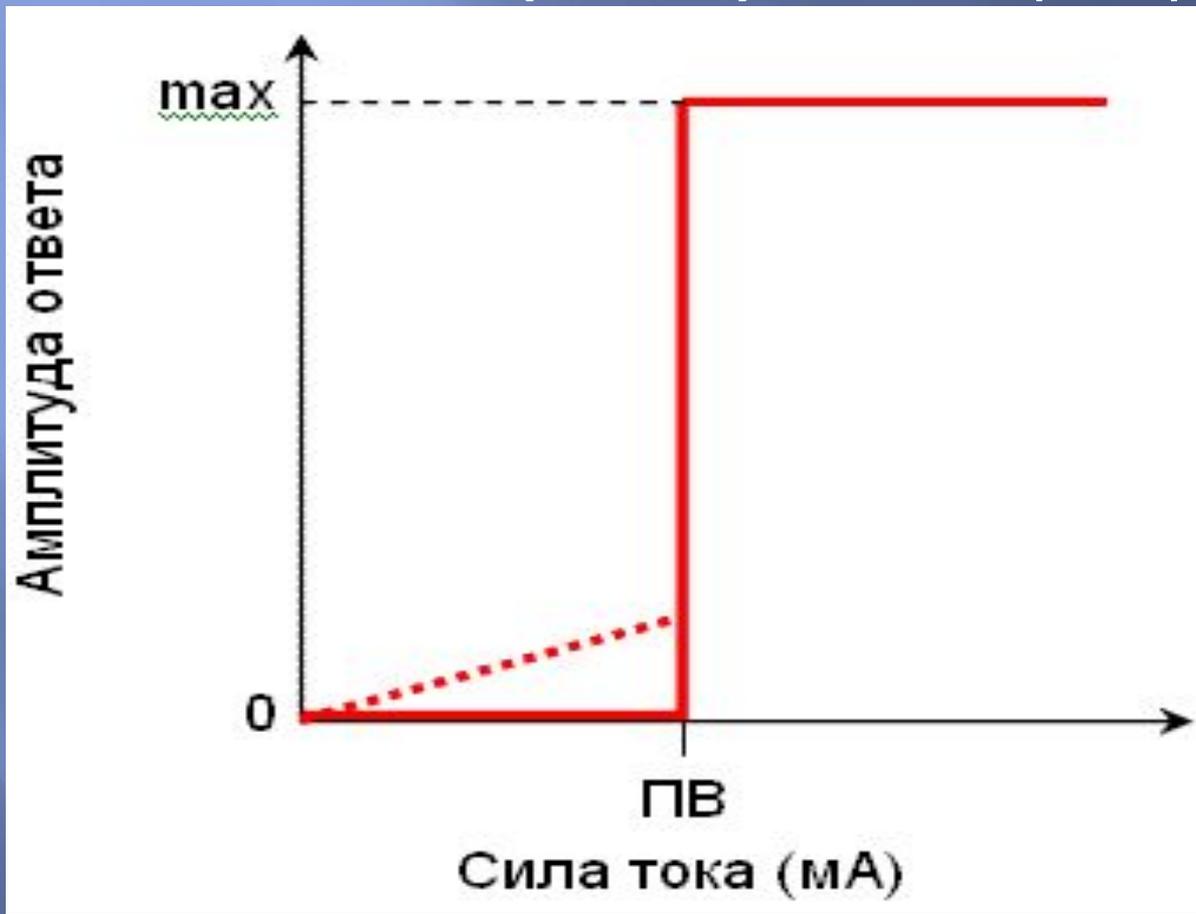
АРП – абсолютный рефрактерный период

ОРП – относительный рефрактерный период

Общая физиология возбудимых тканей

Законы раздражения возбудимых тканей

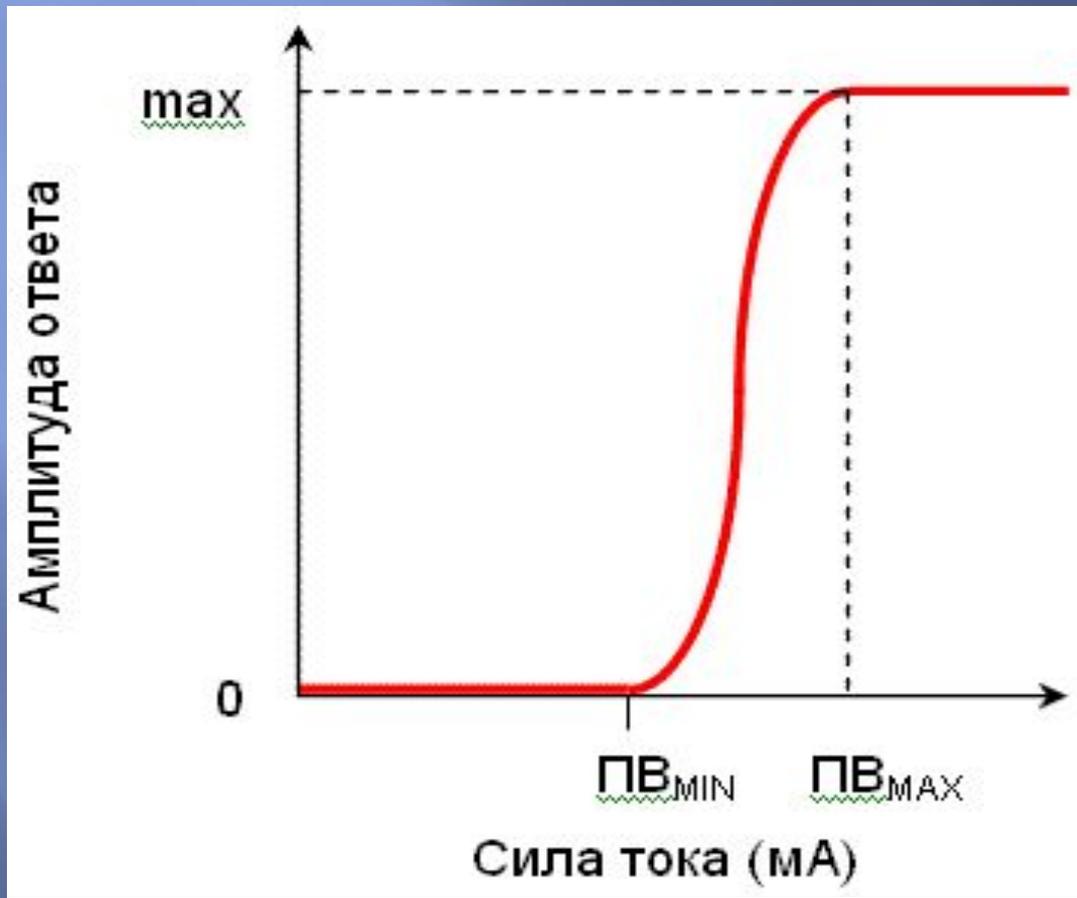
Зависимость силы реакции простой возбудимой системы (клетки) от силы раздражителя



ПВ – порог
возбуждения

Законы раздражения возбудимых тканей

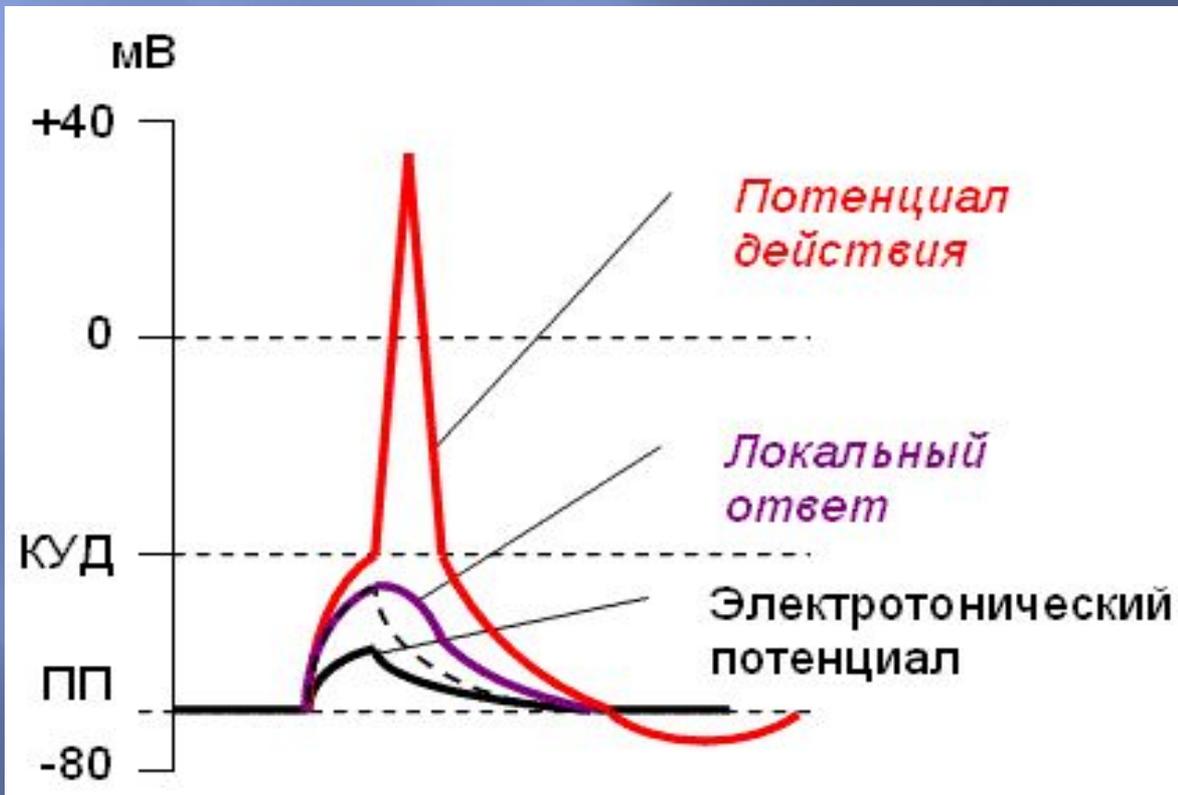
Зависимость силы реакции сложной возбудимой системы (нерв, мышца) от силы раздражителя



ПВ – порог
возбуждения

Законы раздражения возбудимых тканей

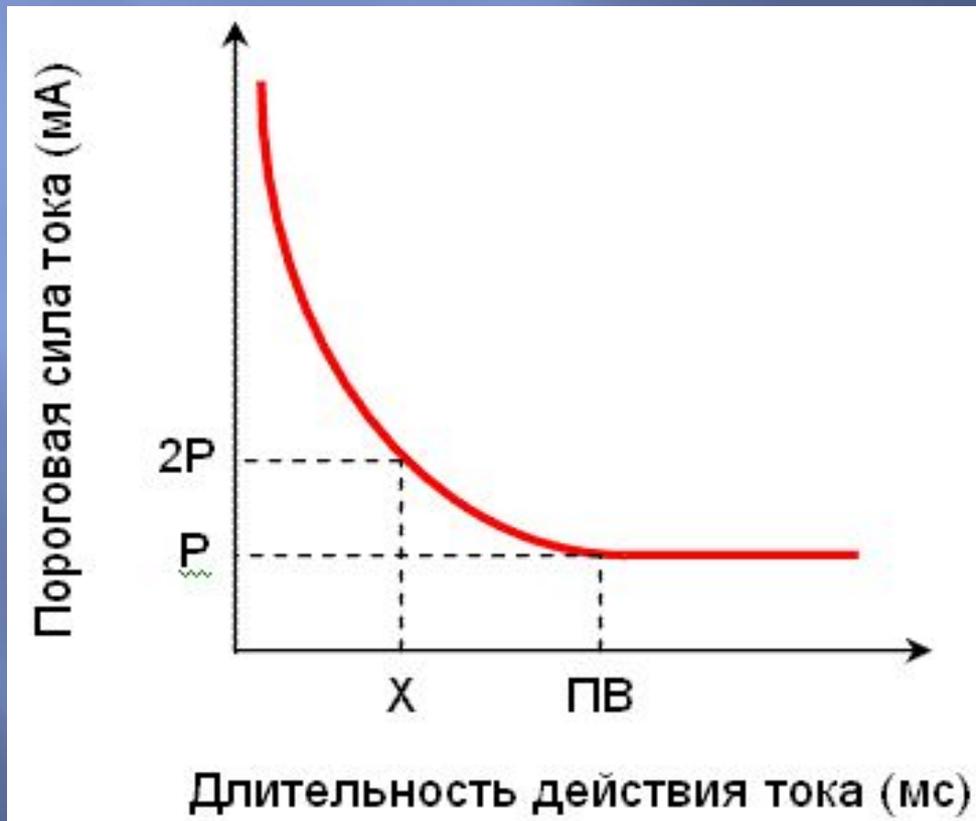
Изменение мембранного потенциала клетки при действии электрического тока различной силы (закон «Все или ничего»)



ПП – потенциал покоя,
КУД – критический уровень деполяризации

Законы раздражения возбудимых тканей

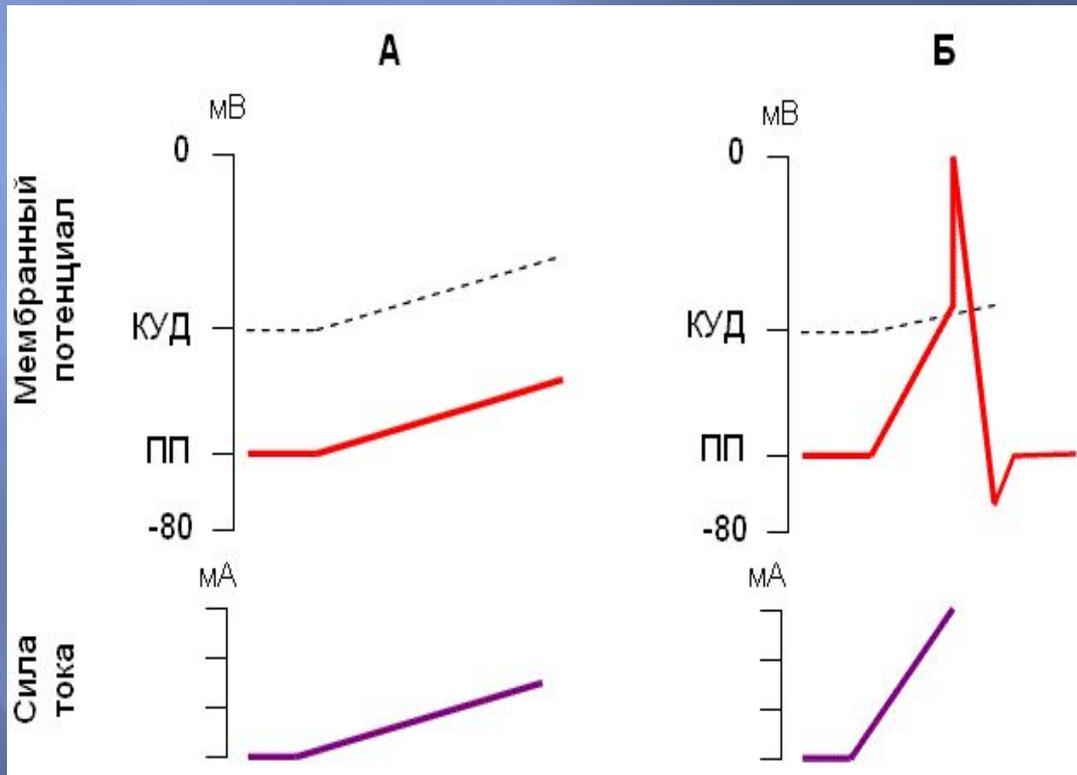
Зависимость пороговой силы раздражителя от времени его действия (закон силы – длительности, кривая Гооверга-Вейса-Лапика)



P – реобаза,
 $ПВ$ – полезное
время,
 X – хронаксия

Законы раздражения возбудимых тканей

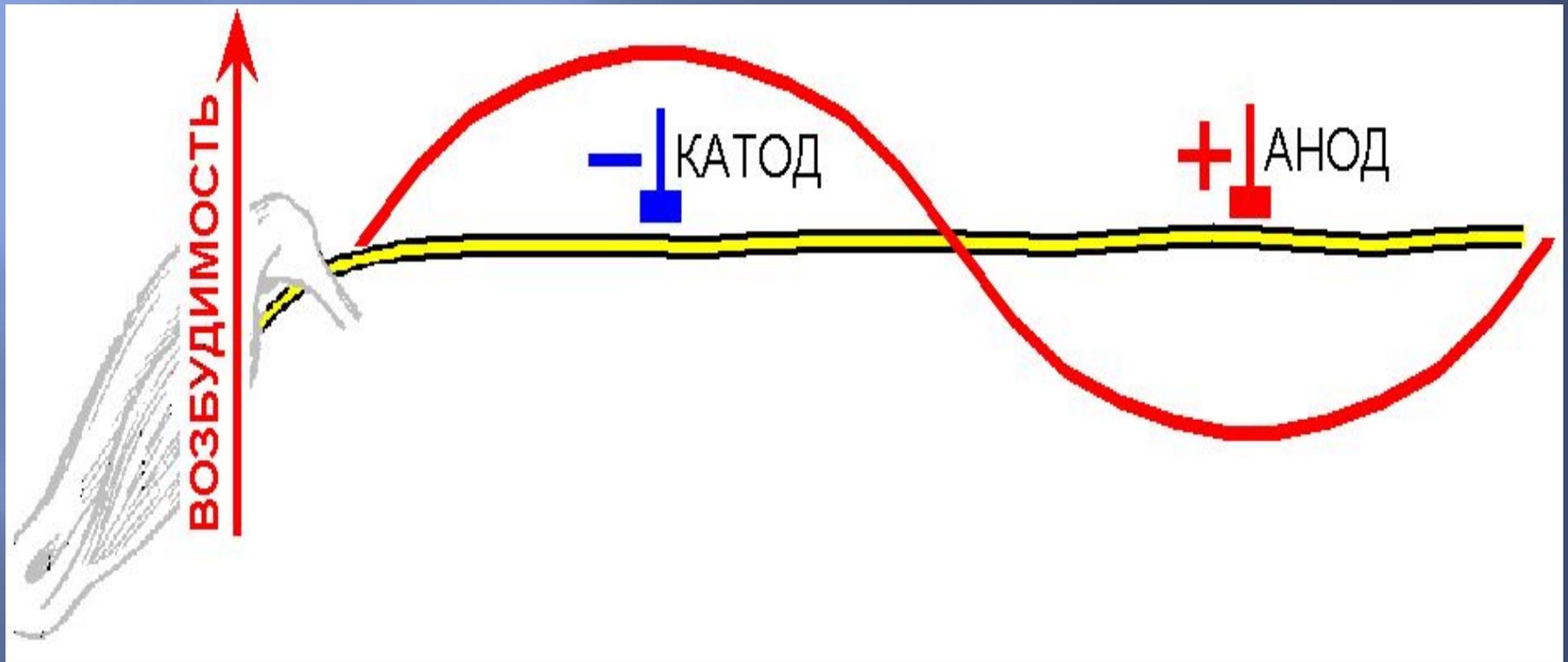
Изменение мембранного потенциала и критического уровня деполяризации при медленном (А) и быстром (Б) нарастании силы раздражающего тока



КУД – критический уровень деполяризации,

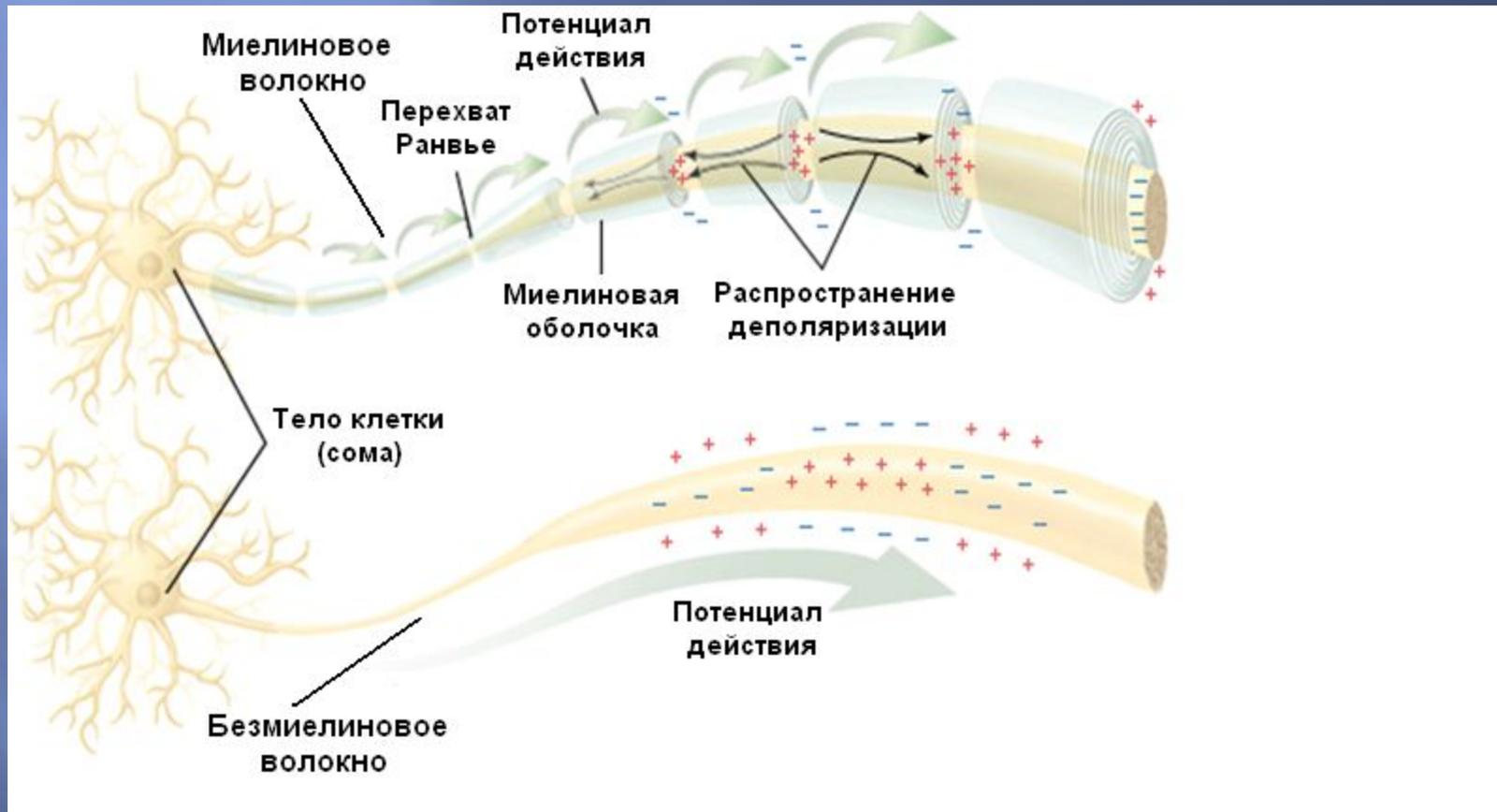
ПП – потенциал покоя

Закон полярного действия постоянного тока (Пфлюгер, 1859)



Распространение возбуждения в нервном волокне

Распространение возбуждения по миелиновому и безмиелиновому нервному волокну



Распространение возбуждения в нервном волокне

Распространение возбуждения по нервным волокнам

- *A (миелиновые):*
 - *A α* – диаметр 12 – 20 мкм, скорость проведения возбуждения – 70 – 120 м/с;
 - *A β* – диаметр 8 – 12 мкм, скорость проведения возбуждения – 40 – 70 м/с;
 - *A γ* – диаметр 4 – 8 мкм, скорость проведения возбуждения – 15 – 40 м/с;
 - *A δ* – диаметр 1 – 4 мкм, скорость проведения возбуждения – 5 – 15 м/с;
- *B (смешанные (миелиновые и безмиелиновые))* – диаметр 1 – 3 мкм, скорость проведения возбуждения – 3 – 15 м/с;
- *C (безмиелиновые)* – диаметр – 0,3 – 1,3 мкм, скорость проведения возбуждения – 0,5 – 2,0 м/с.

Распространение возбуждения по нервным волокнам

Волокна типа $A\alpha$ проводят возбуждение от мотонейронов спинного мозга к скелетным мышцам и от определенных рецепторов мышц к соответствующим нервным центрам; волокна типов $A\beta$, $A\gamma$ и $A\delta$ в основном проводят возбуждение от тактильных, температурных, болевых рецепторов, рецепторов внутренних органов в ЦНС, среди них есть также волокна ($A\gamma$), проводящие импульсы от спинного мозга к мышцам.

Волокна типа В являются смешанными (миелиновые и безмиелиновые) – это преганглионарные волокна вегетативной нервной системы.

Волокнам типа С – безмиелиновые. В основном волокна типа С – это постганглионарные волокна симпатического отдела вегетативной нервной системы, однако к данному типу относятся также волокна, проводящие возбуждение от болевых рецепторов, некоторых терморепцепторов и рецепторов давления.

Синапс

– специализированное место контакта между двумя возбудимыми клетками

Классификация синапсов

I. По месту контакта:

- 1)нейро-нейрональные (аксо-аксональные, аксо-соматические, аксо-дендритные и т.д.),
- 2)нейро-мышечные ,
- 3)нейро-железистые.

II. По механизму действия:

- 1)химические,
- 2)электрические.

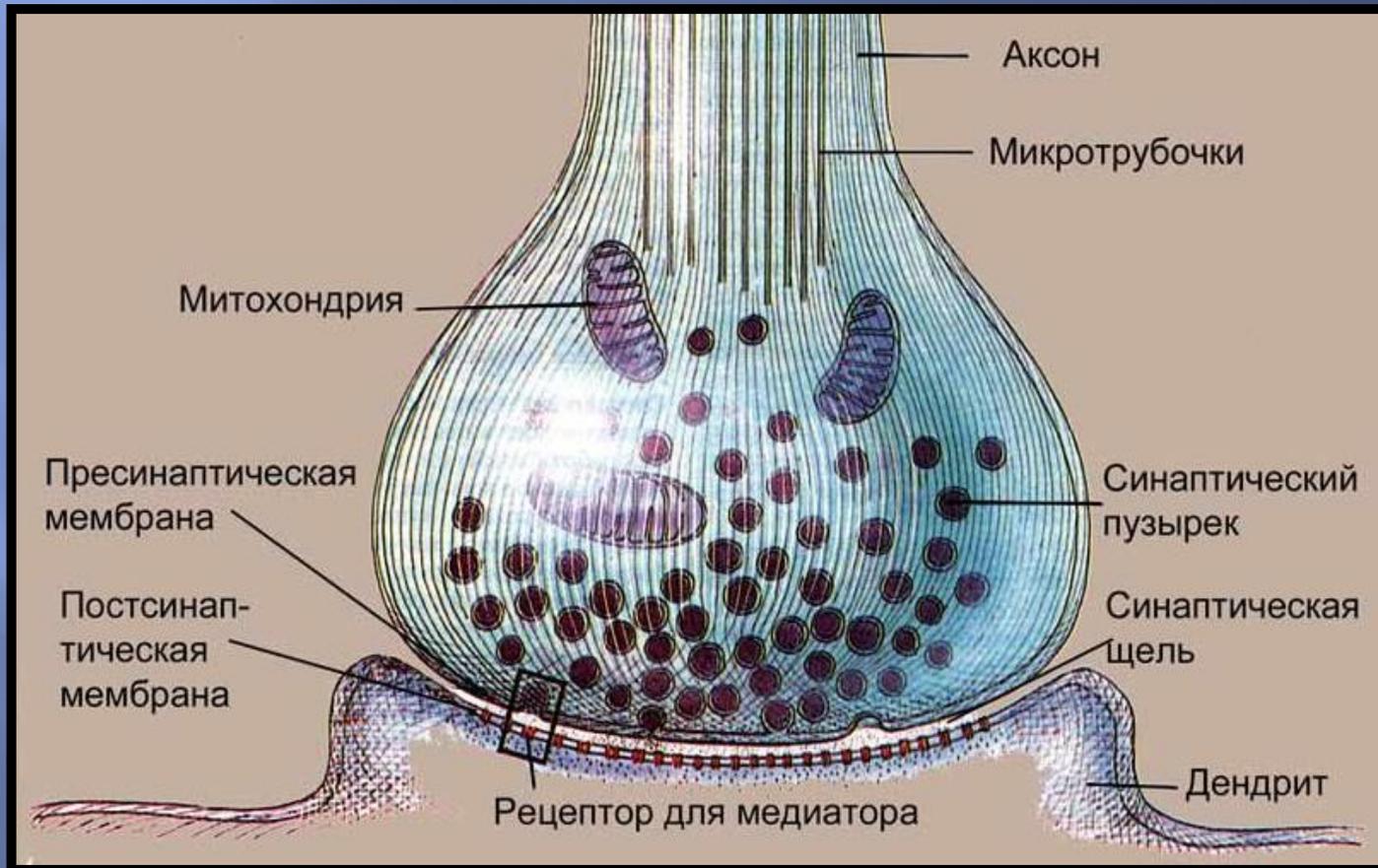
III. По результату действия:

- 1)возбуждающие,
- 2)тормозящие.

В структуре химического синапса различают

- 1) **пресинаптическую мембрану**, образованную утолщением мембраны окончания аксона,
- 2) **синаптическую щель** величиной около 50 нм,
- 3) **постсинаптическую мембрану** – утолщение мембраны клетки, с которой контактирует нейрон.

Схема строения химического синапса



Строение электрического синапса

1. **Электрический способ** передачи сигналов в нервной системе происходит между плотно прилегающими друг к другу клетками, образующими щель размером всего около 2 нм.
2. Плотный контакт обеспечивает возможность быстрой передачи электрического импульса через ионные мостики-каналы.

Особенности (законы) проведения возбуждения через химические синапсы:

- 1) одностороннее проведение нервных импульсов;
- 2) наличие синаптической задержки (около 0,3 мс) – время, которое тратится на секрецию медиатора и развитие постсинаптического потенциала (ВПСП или ТПСР);
- 3) пространственная и временная суммация возбуждения. Пространственная суммация происходит в случае одновременного поступления нескольких импульсов к одному и тому же нейрону по разным пресинаптическим волокнам. Временная суммация имеет место при активации одного и того же афферентного пути серией последовательных импульсов;
- 4) **трансформация ритма** – способность нейрона изменять частоту передающихся импульсов.

Особенности проведения возбуждения через химические синапсы:

- 5) **усвоение ритма** – способность нейрона настраивать свою активность на ритм приходящих импульсов;
- 6) **антидромный эффект** – явление отрицательной обратной связи ввиду того, что выделяемый в синаптическую щель медиатор, воздействует на соответствующие рецепторы пресинаптической мембраны и тормозит выделение следующей порции медиатора;

Особенности проведения возбуждения через химические синапсы:

7) изменение эффективности синаптической передачи в зависимости от интервала следования сигналов:

– явление **«облегчения» (посттетаническая потенция)** – увеличение амплитуды постсинаптических потенциалов (улучшение проведения возбуждения) в результате поступления частых импульсов.;

– стойкая деполяризация – **катодическая депрессия** – снижение эффективности синаптической передачи, если частота следования импульсов слишком большая и медиатор не успевает разрушиться или удалиться из синаптической щели;

– **десенситизация** – утрата чувствительности, если через синапс проходит много сигналов, постсинаптическая мембрана может уменьшить ответ на очередную порцию медиатора;

Особенности проведения возбуждения через химические синапсы:

- 8) последствие – явление сохранения возбуждения после прекращения поступления импульсов (причины: 1) суммация следовой деполяризации, 2) реверберация импульсов по замкнутым нервным цепям);
- 9) окклюзия (закупорка) –при одновременном раздражении двух афферентных нейронов; суммарный эффект (суммарное возбуждение двух нейронов) меньше, чем арифметическая сумма их отдельных эффектов (потенциалов действия).

Особенности (законы) проведения возбуждения через электрические синапсы:

- 1) двусторонне проведение возбуждение,
- 2) практически отсутствие синаптической задержки (0,1 мс),
- 3) электрические синапсы являются возбуждающими.

Возбуждающие и тормозящие синапсы

- 1) ВПСП и ТПСП,
- 2) АХ, НА, серотонин и др. (деполяризация),
- 3) глицин и ГАМК (гиперполяризация).

Ссылки на использованные источники

Слайды 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 26 – информация с сайта <http://www.images.google.ru>

Слайд 10 – информация с сайта <http://www.library.thinkquest.org>

Слайды 14, 15 – информация с сайта <http://www.fns.nspu.ru>

Слайд 20 – информация с сайта <http://medbook.medicina.ru>

Слайды 21, 22, 24, 25 – информация с сайта <http://www.bio.bsu.by>

Слайд 23 – информация с сайта <http://www.nova.rambler.ru>