

**ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России  
Кафедра нормальной физиологии с  
курсом психофизиологии**

**ОСНОВНЫЕ  
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА ВОЗБУДИМЫХ  
ТКАНЕЙ**

**Авторы-составители: д.м.н., профессор М.М.  
Папкин**

# План лекции:

- Основные физиологические свойства тканей. Понятие о возбудимых тканях. Особенности структурно-функциональной организации биологических мембран возбудимых клеток;
- Возбудимость тканей, мера возбудимости;
- Изменение возбудимости при возбуждении;
- Лабильность тканей, мера лабильности;
- Состояния возбудимых тканей: функциональный покой, деятельное состояние, утомление

# Основные физиологические свойства тканей.

## Понятие о возбудимых тканях

- Под свойством мы понимаем устойчивую характеристику физиологически свойствам тканей относят такие, как возбудимость, лабильность, раздражимость, способность к секреции и проводимость.
- **Раздражимость** – это способность ткани изменять свой обмен веществ и энергии под действием раздражителей. Раздражимость это свойство характерное для всех тканей организма.
- **Возбудимость**  
По мере специализации у ряда тканей возникло новое свойство – возбудимость. Свойство возбудимости характерно только для трех видов тканей – **нервной, мышечной и железистой.**

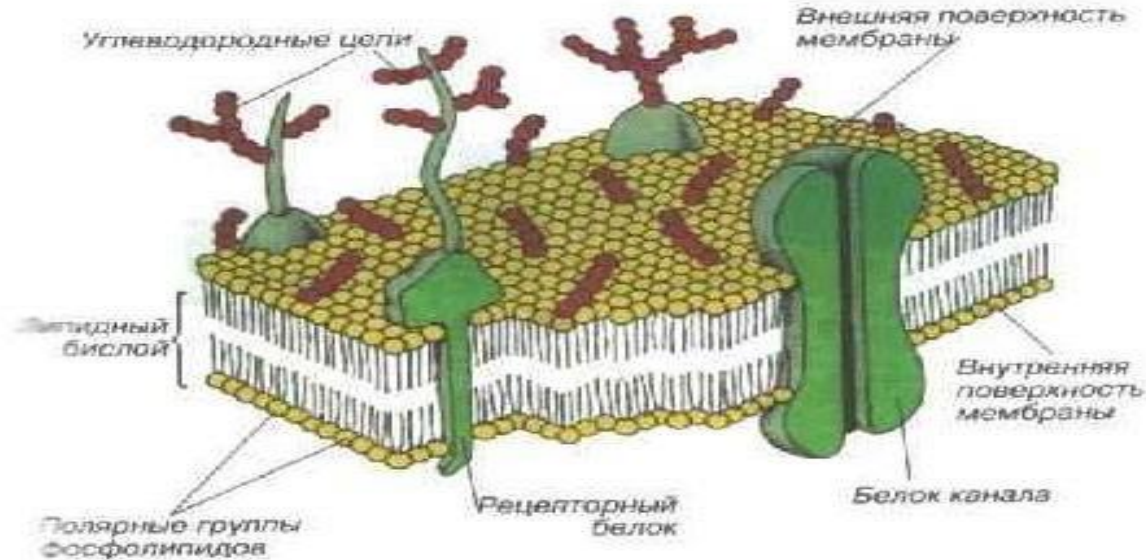
# Особенности строения биологических мембран возбудимых клеток

Решающую роль в функционировании возбудимых клеток играет биологическая мембрана. Это эластичная структура толщиной от 7 до 11 нм. Согласно жидкостно-мозаичной модели Сингера-Николсона матрикс мембраны образуют липиды (гликолипиды, холестерол и фосфолипиды). Липиды имеют гидрофильную головку и гидрофобный хвост, поэтому в жидкой среде они располагаются в два ряда. Двухслойная пленка липидов непроницаема для большинства веществ. Главными функциональными элементами мембраны являются белки (25-75% по массе). Они пронизывают мембрану или закреплены в одном слое. Молекулы белка образуют:

- белки-каналы или белки-переносчики (осуществляют избирательную диффузию веществ через мембрану);
- белки-насосы (осуществляют активный транспорт веществ через мембрану);
- структурные белки (обеспечивают соединение клеток в ткани и органы);
- ферменты (облегчают или замедляют биохимические реакции);
- рецепторы («узнают» то или иное биологически активное вещество) (см. следующий слайд).

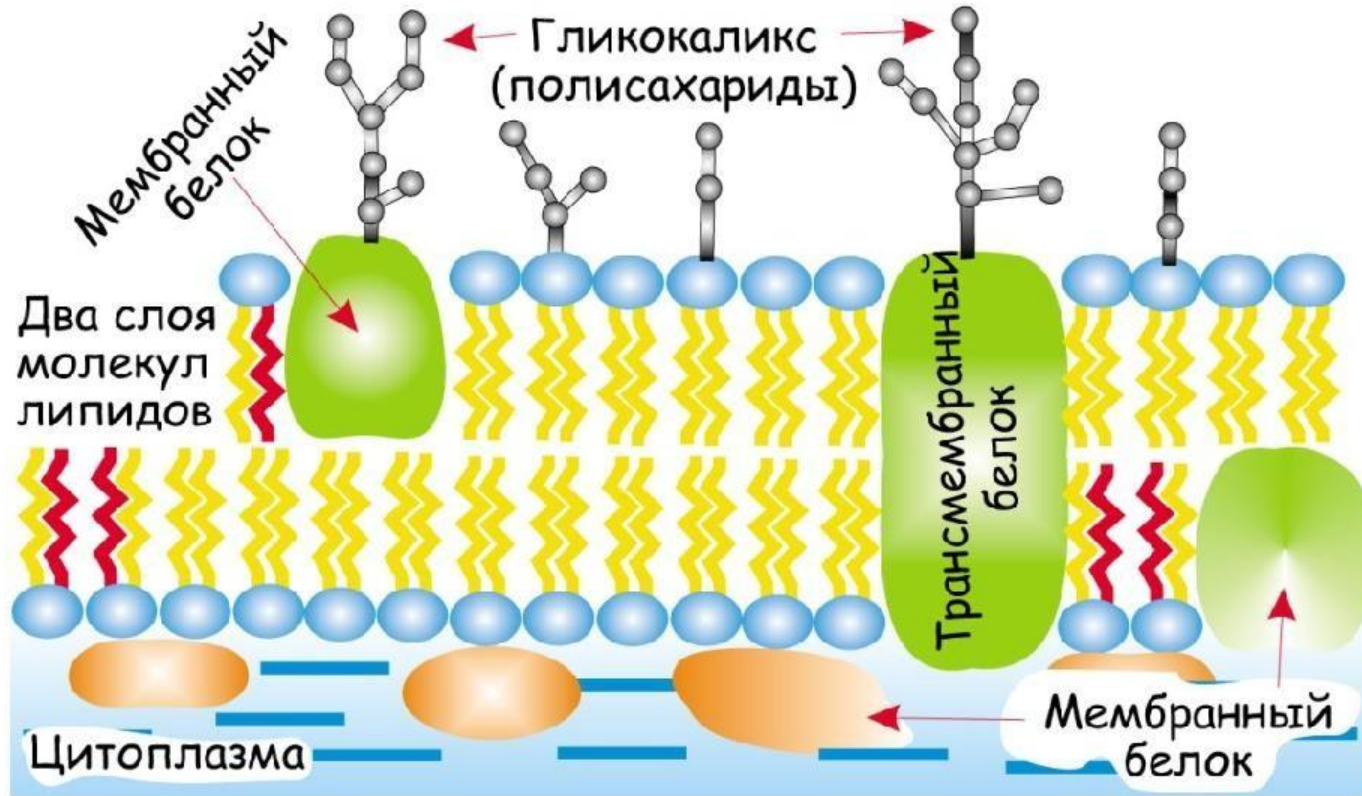
# Особенности строения биологических мембран возбудимых клеток

## Структура мембраны возбудимых клеток



Рассмотрим структурно-функциональную организацию биологической мембраны возбудимых клеток более подробно (см. следующие слайды)

**Клеточная мембрана** - трехслойная липопротеиновая оболочка, отделяющая клетку от соседних клеток и окружающей среды. Для строения мембран характерна жидкостно-мозаичная модель.



# Принцип строения

## биомембран

- двойной слой амфифильных липидов или липидный бислой
- мембранный липид = гидрофильная «головка» + 2 гидрофобных «хвоста»
  - гидрофобные части ориентированы друг к другу
  - гидрофильные части ориентированы к воде
- белки мембран: интегральные и периферические
- углеводы мембран: гликолипиды и гликопротеины

# Белки

## мембран; Структурные белки

- **придают клетке и органеллам определенную форму**
- **придают мембране механические свойства**
- **обеспечивают связь мембраны с цитоскелетом**



# Белки

## мембран: 2) Транспортные белки

- **создают устойчивые транспортные потоки определенных веществ**
- **транспорт ионов приводит к возникновению трансмембранного потенциала**

# Белки

## мембран:

### 3) Белки межклеточного взаимодействия

- **адгезивные белки связывают клетки друг с другом или с неклеточными структурами**
- **участвуют в образовании специализированных межклеточных контактов**

# Перенос веществ через

## мембрану

=

трансмембранный  
транспорт 2 вида:

### пассивный

без затрат энергии

по градиенту концентрации

### активный

требует затрат энергии

против градиента концентрации

# Пассивный

## транспорт

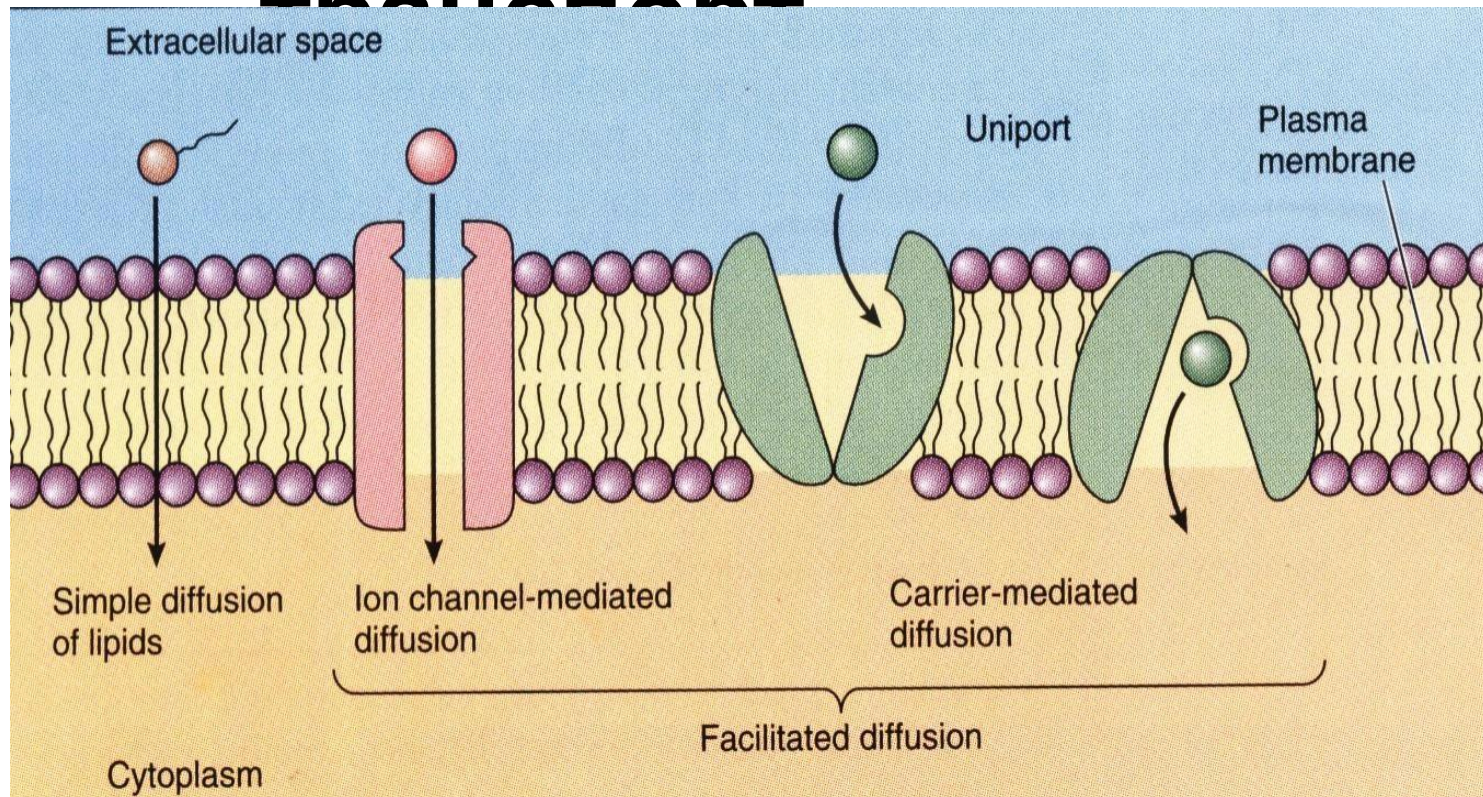
простая диффузия – без посредства других агентов

- низкомолекулярные гидрофобные соединения (жирные кислоты, мочевины)
- небольшие нейтральные молекулы (вода, углекислый газ, кислород)

облегченная диффузия – при участии специальных интегральных белков – транслоказ:

- ионные каналы
- белки-переносчики

# Пассивный



# Активный

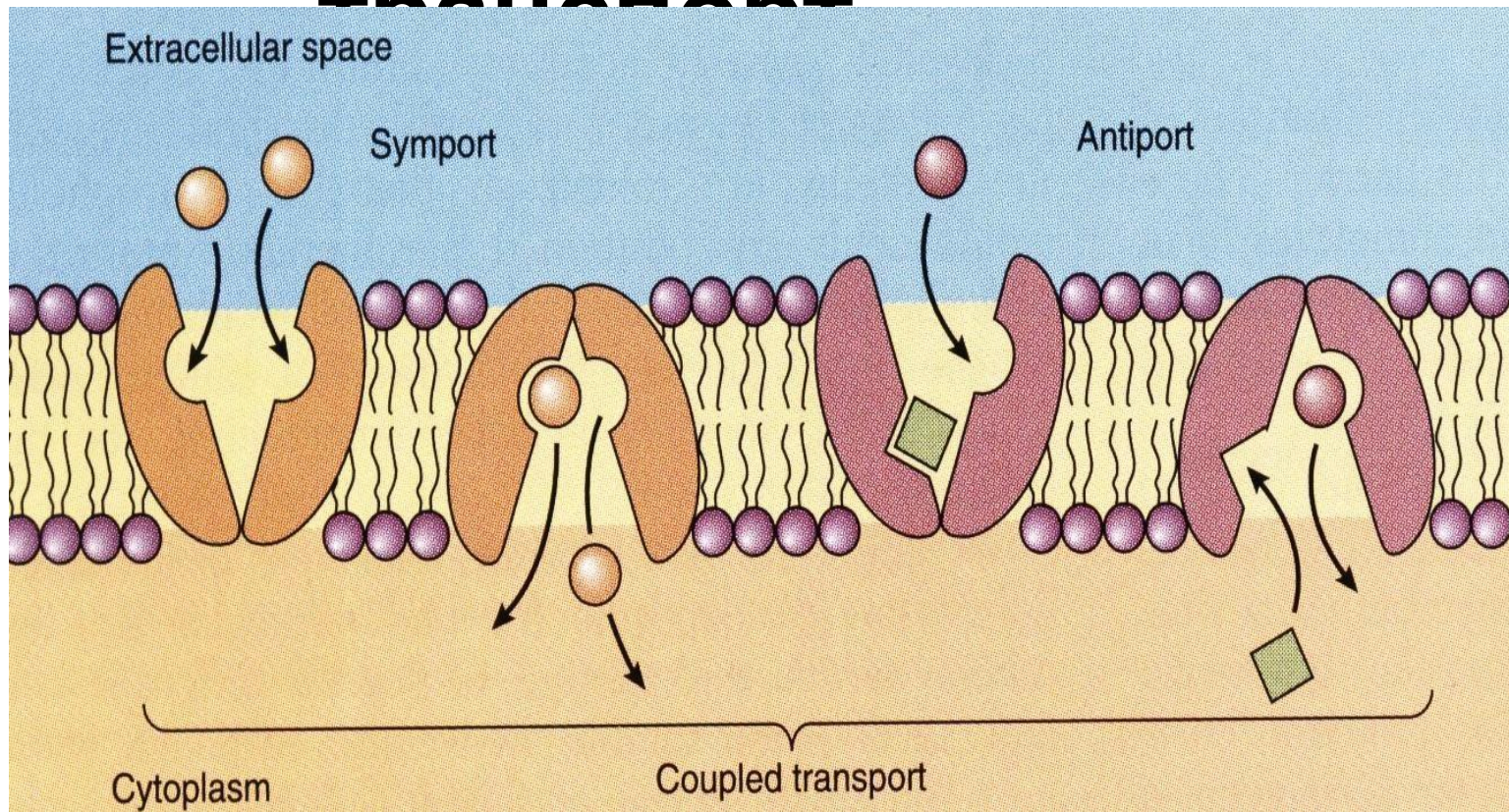
# транспорт

не требует затраты энергии

- идет против градиента концентраций
- происходит только при участии белков-переносчиков
  - унипорт – перенос одного вещества
- симпорт – перенос двух веществ в одном направлении
- антипорт – перенос двух веществ в противоположных направлениях

# АКТИВНЫЙ

## ТРАНСПОРТ



# Транспорт частиц и крупных

- молекул и твердых частиц цитолеммы

выделяют:

по направлению транспорта:

- эндоцитоз – перенос веществ в клетку
- экзоцитоз – перенос веществ из клетки

по характеру переносимых веществ:

- пиноцитоз – перенос жидкости и растворенных в ней веществ
- фагоцитоз – перенос твердых частиц

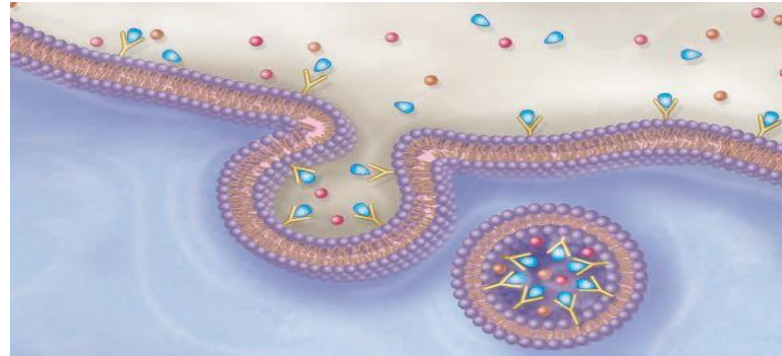
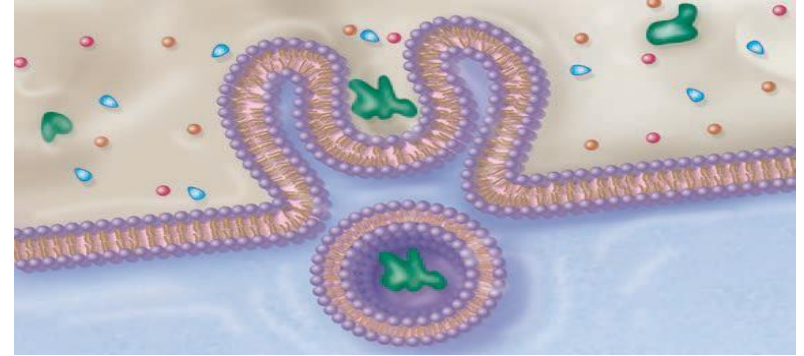
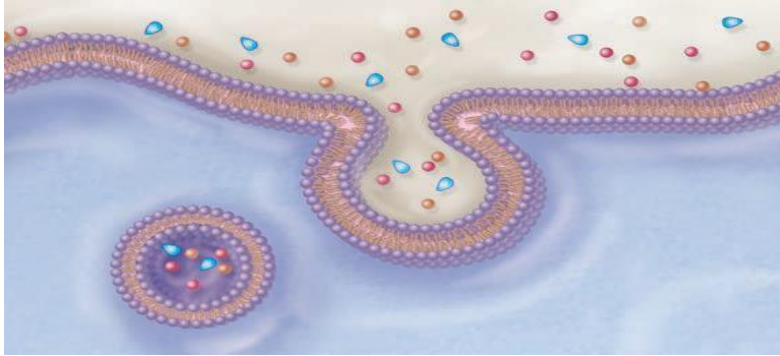
по специфичности транспорта:

- неселективный
- селективный = опосредованный рецепторами

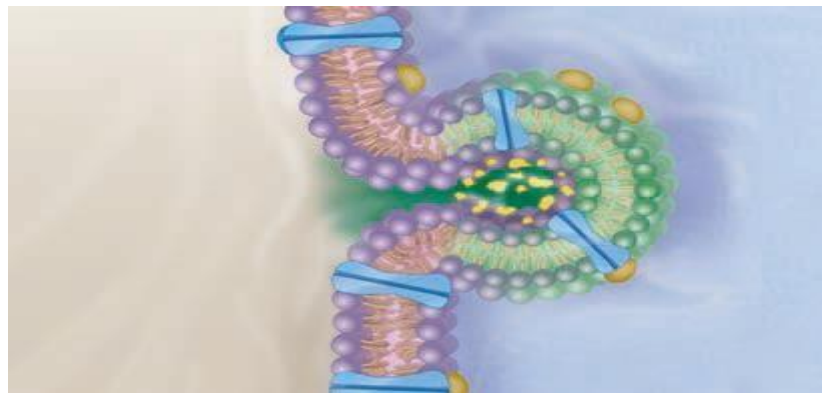
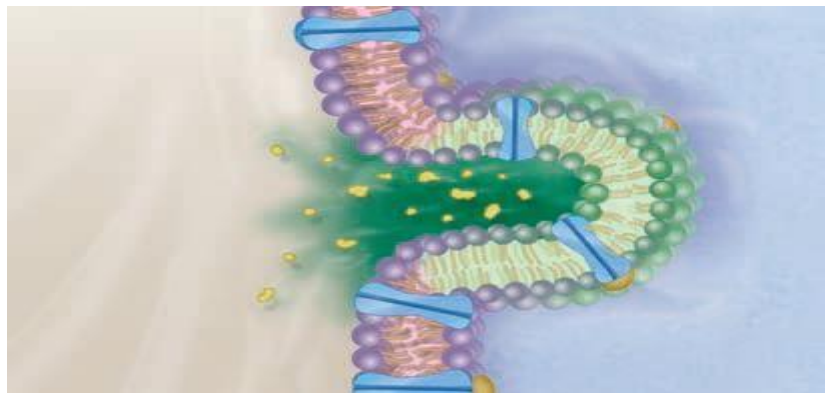
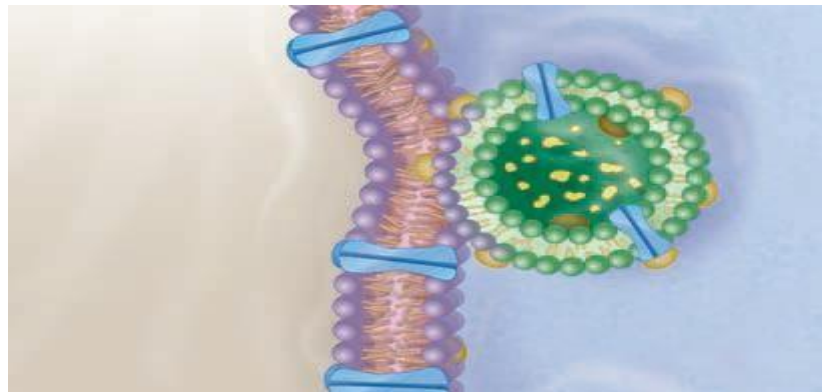
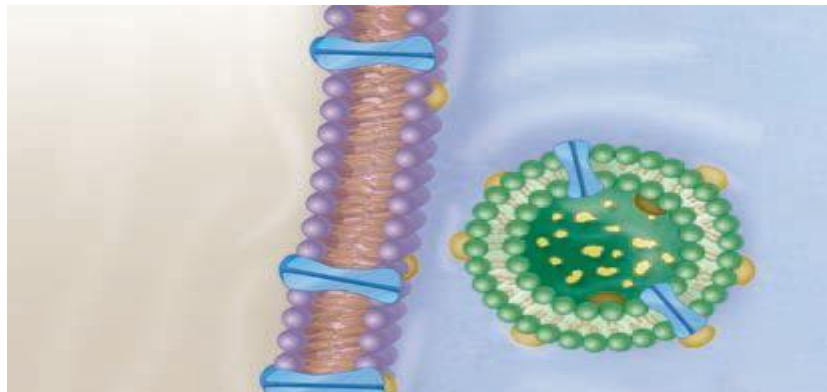


# ЭНДОЦИТ

03



# Экзоцит



# Функции клеточной мембраны

- барьерная
- транспортная
- механическая
- энергетическая
- рецепторная
- ферментативная
- генерация и проведение биопотенциалов
- маркировка клетки

# Типы ионных каналов

## каналов

### 1. Потенциалчувствительные

- изменяют проницаемость в ответ на изменение электрического поля

### 2. Хемочувствительные (рецепторуправляемые, лигандзависимые)

- изменяют проницаемость в ответ на образование лиганд-рецепторного комплекса
- изменяют проницаемость в ответ на образование лиганд-рецепторного комплекса

# Модель ионоселективного канала

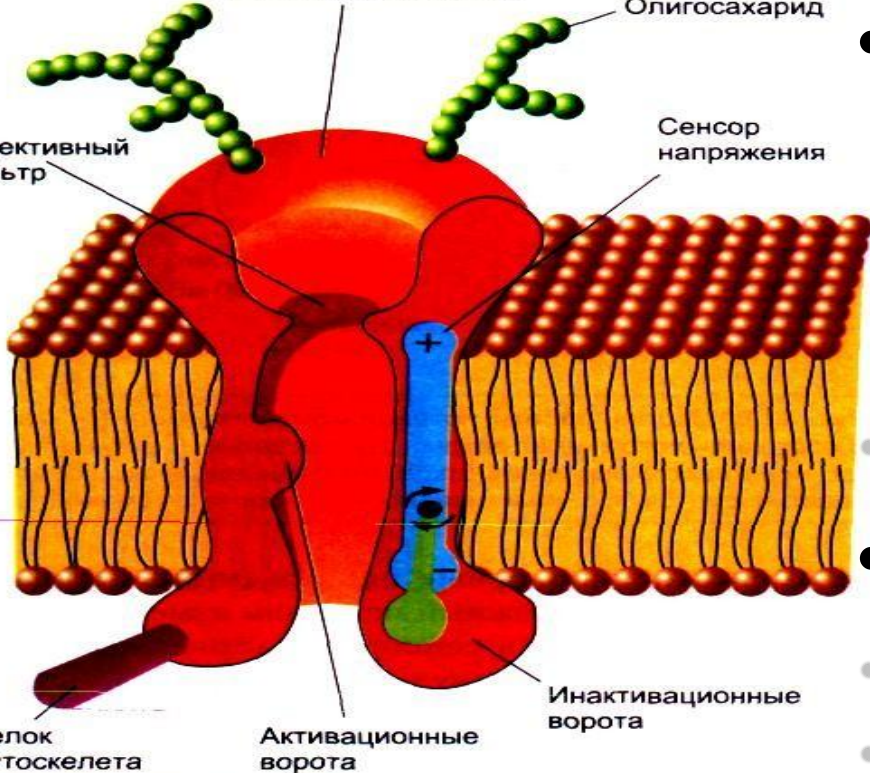
Внеклеточная жидкость

Трансмембранный интегральный белок, формирующий канал

Олигосахарид

Селективный фильтр

Сенсор напряжения



Белок цитоскелета

Активационные ворота

Инактивационные ворота

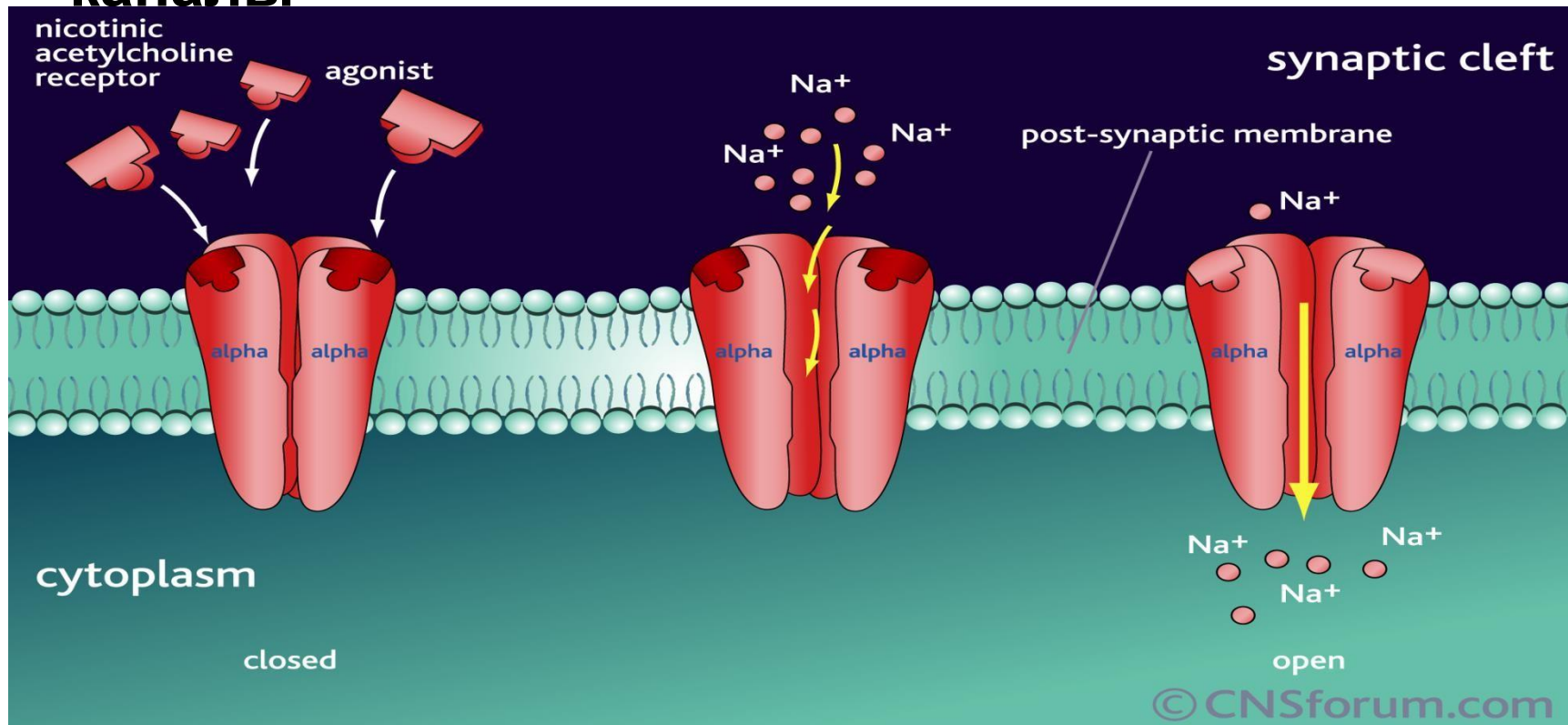
Внутриклеточная жидкость

## Ионоселективные каналы

- транспортные системы – натриевые, калиевые, кальциевые, каналы для хлора и т. д.

- Ионный канал состоит из сенсора (индикатора) напряжения ионов в самой мембране и селективного фильтра.
- воротного механизма, мембране и

# Хемочувствительные (хемо/лигандуправляемые) каналы



# Ионные насосы (Na/K – АТФ-аза)

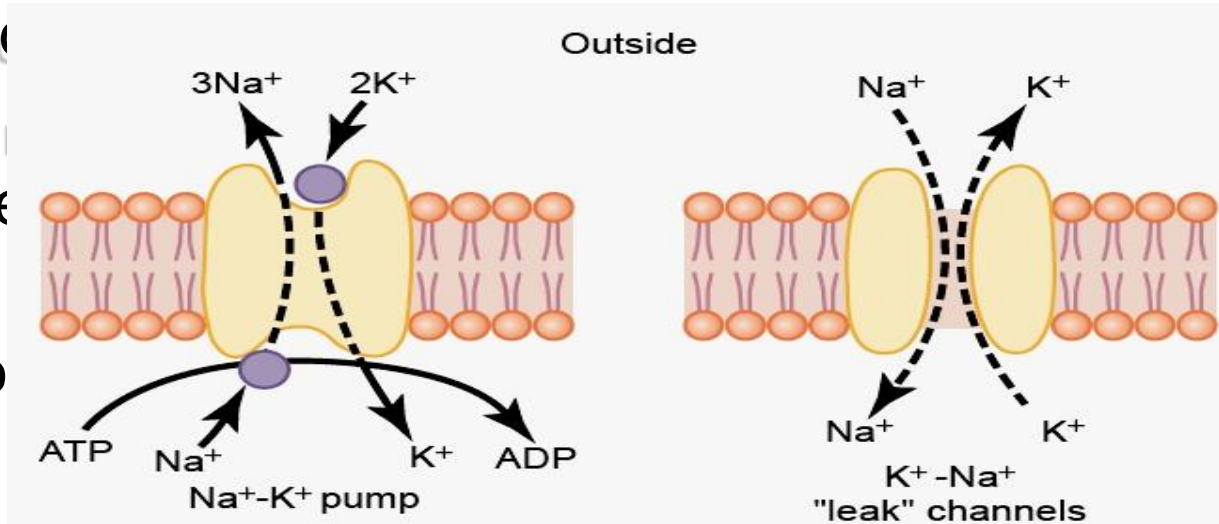
1) поддерживают неравновесное распределение  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$

- расщепление 1 АТФ - перенос 3  $\text{Na}^+$  (из клетки) и 2  $\text{K}^+$  (в клетку) - электрогенность транспорта, т. е. – цитоплазма клетки заряжена отрицательно по отношению к внеклеточному пространству.

2) движение ионов

2) движение

– поддержание концентрации



# Основные физиологические свойства тканей.

## Понятие о возбудимых тканях

**Возбудимость** – это способность возбудимых тканей на действие раздражителя отвечать возбуждением, которое проявляется в виде биоэлектрического процесса и специфической ответной реакции. Мерой возбудимости служат два основных показателя – латентный период и порог возбуждения.

**Латентный период** - это отрезок времени, измеряемый от начала действия раздражителя до появления первых признаков возбуждения. Чем меньше латентный период, тем больше возбудимость.

**Порог возбуждения** – это минимальная сила раздражителя достаточная для того, чтобы вызвать в возбудимых тканях процесс возбуждения. Чем меньше порог возбуждения, тем выше возбудимость, т.е. порог возбуждения и возбудимость находятся в



# Изменение возбудимости при

возбуждении в возбудимых тканях меняется в ходе цикла возбуждения в

соответствии с определенной закономерностью (см. рис. 1)

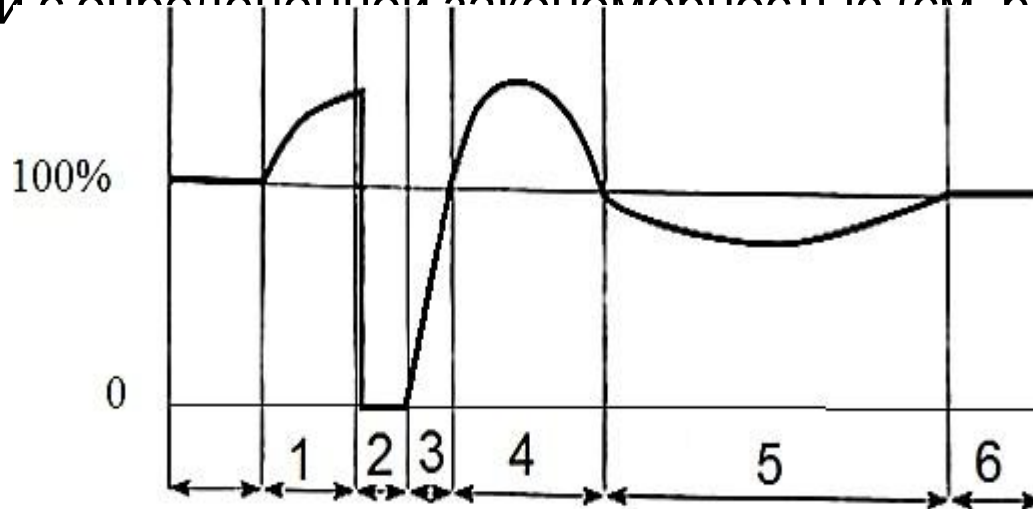


Рис.1 Кривая изменения возбудимости в ходе одного цикла возбуждения.

**Обозначения:** 1. Период латентного дополнения; 2 – фаза абсолютной рефрактерности (абсолютной невозбудимости); 3 – фаза относительной рефрактерности; 4 – супернормальный период; 5 субнормальный период.

# Изменение возбудимости при

## возбуждения

- В течение **периода латентного дополнения** уровень возбудимости в возбудимых тканях повышается, что отражается в снижении порогов возбуждения на этом этапе изменения возбудимости.
- В течение **фазы абсолютной рефрактерности** возбудимость уменьшается до 0. Это означает что на этом отрезке времени возбудимая ткань не может отвечать дополнительным возбуждением, при действии любых по силе раздражителей.
- В течение **фазы относительной рефрактерности** возбудимость начинает постепенно повышаться, однако достигает начального уровня лишь на заключительном этапе развития возбуждения. В течение данного отрезка времени в возбудимой ткани можно дополнительно вызвать возбуждение. Однако, для этого необходимо использовать раздражители, превышающие по силе порог возбуждения.
- В **супернормальный период** возбудимость повышена, что отражается в уменьшении порогов возбуждения на этом отрезке времени.
- Наконец, в течение **субнормального периода** возбудимость несколько снижается.

## Проводимость как свойство возбудимых тканей

**Проводимость** возбудимых тканей – способность ткани к проведению (распространения) возбуждения. Весьма высокой проводимостью обладает нервная ткань, в меньшей – мышечная и железистая. Проводимость измеряется в метрах/секунду. Например, проводимость скелетной мышечной ткани – от 3 до 5 метров в секунду; проводимость гладкомышечной ткани 0,02 – 0,1 м/сек., нервной ткани – от 0,5 до 120 м/сек., в зависимости от типа нервных волокон. Проводимость оценивают при помощи методов раздражения и регистрации электрофизиологических проявлений возбуждения.

# Лабильность тканей, мера

**Лабильность** – термин, происходящий от латинского корня *labilis* – подвижный. **Лабильность** – это свойство, обладающее возбудимую ткань. Данное понятие предложено известным Российским учеником И.М. Сеченова, Введенским. По определению Н.М. Введенского лабильность – это скорость действия элементарной реакции, парата цикла. Мера лабильности является числом элементарных циклов возбуждения, воспроизводимая ткань в единицу времени в соответствии с введенного раздражителя. Если частота раздражителя превысит меру лабильности возбудимой ткани, в последней возникнет феномен торможения. Торможение в этом случае будет выполнять охранительно-восстановительную функцию (см. следующий слайд).

# Зависимость амплитуды тетанического мышечного сокращения от частоты раздражителя



В ситуации, когда частоты раздражителя превышает меру лабильности мышцы, вместо ожидаемого повышения амплитуды сокращения отмечается его снижение. Этот феномен Н.Е. Введенский назвал пессимальным (вторичным) торможением.

# Состояния возбудимых тканей: функциональный покой, деятельное состояние, утомление

**Относительный физиологический покой** – это минимальный уровень жизнедеятельности ткани в условиях отсутствия действия на нее раздражителей. Относительный физиологический покой характеризуется минимальными колебаниями физиологической активности. На организменном уровне этому понятию соответствует понятие **основного обмена**.

**Деятельное состояние** проявляется в различных соотношениях двух основных физиологических процессов – возбуждения и торможения.

**Возбуждение** – сложная совокупность физиологических биохимических и биофизических процессов, приводящих к активации клеток и тканей. Возбуждение проявляется в двух формах – местного, не распространяющегося и распространяющегося процессов.

**Торможение** – форма деятельного состояния, приводящая к ослаблению или прекращению текущего возбуждения. Торможение может выполнять две функции: охранительно-восстановительную и координационную. Выделяют первичное и вторичное торможение.

# Утомление, как функциональное состояние

**Утомление** по внешним признакам напоминает торможение. Оно может проявляться в снижении амплитудных характеристик процессов, увеличении их временных параметров. Вместе с тем, сущность процесса утомления отличается от процесса торможения.

**Утомление** - это временное снижение работоспособности возбудимых клеток и тканей, возникающее в результате их длительной или интенсивной деятельности и связанной с истощением пластических и энергетических ресурсов, накоплением в них различных метаболитов. Для устранения утомления требуется восстановительный период необходимый для удаления метаболитов и восстановления энергетических и пластических ресурсов клеток и тканей.

Для **устранения торможения** восстановительного процесса не требуется, поскольку при торможении ресурсы возбудимых клеток сохраняются.

# Литература, рекомендуемая для изучения данного раздела

- Физиология человека: учебник / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько, 2015.- 656 с.
- Физиология: учебник для студентов лечебного и педиатрического факультетов / Под редакцией В.М. Смирнова, Д.С. Свешникова, А. Е. Умрюхина- 6 изд., испр. и доп.- Москва: МИА, 2019.-520 с.
- Избранные лекции по нормальной физиологии=Selected lectures on Normal Physiology: учебное пособие на русском и английском языках / М.М. Лапкин, Е.А. Трутнева.- М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. - 544 с.
- <https://studopedia.ru/>