

Оренбургский государственный медицинский университет

Кафедра Биологии

Дисциплина Биология

Лекция № 2.

**Современные представления о строении и
функциях мембран.**

Способы проникновения веществ в клетку.

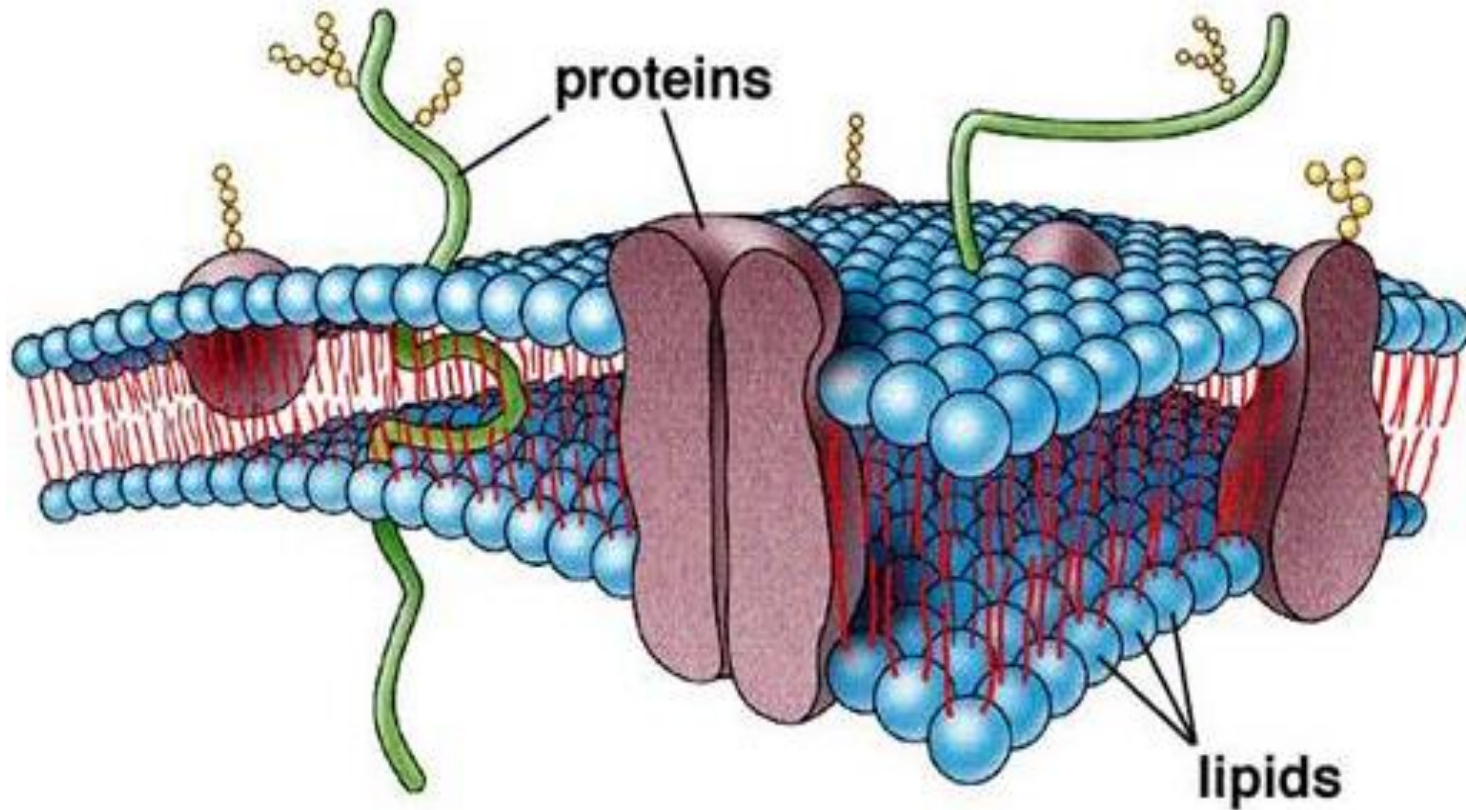
**Доцент кафедры биологии, к.б.н.
Тихомирова Галина Михайловна**

Основные структурные компоненты эукариотических клеток.



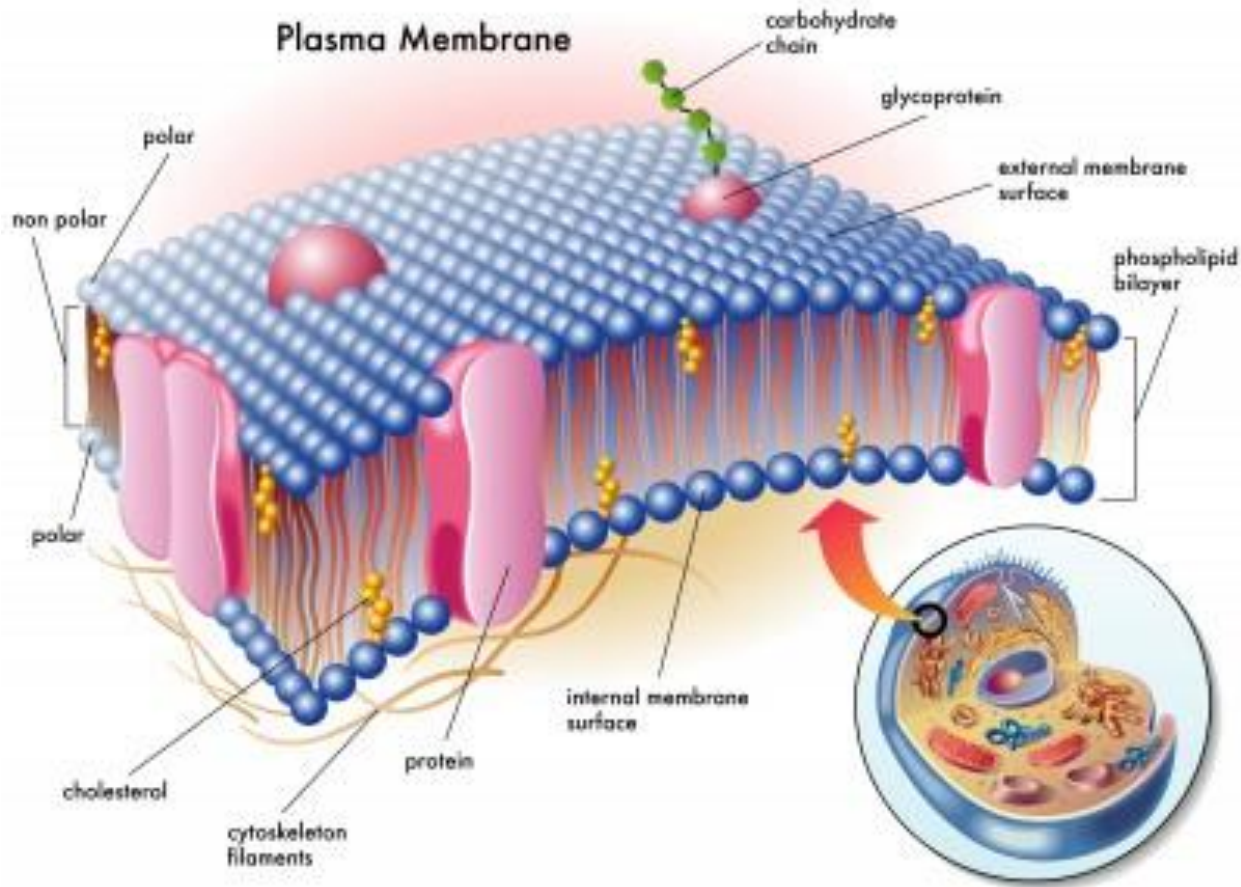
Ядро	Цитоплазма	Цитоплазматическая мембрана (Плазмолемма)
Кариолема	Гиалоплазма	Гликокаликс (надмембранный комплекс)
Кариоплазма	Органеллы	Элементарная биологическая мембрана
Ядрышко	Включения	Подмембранный комплекс
Хроматин		

Плазматическая мембрана



Цитоплазматическая мембрана, это - внешний слой, который покрывает все клетки и определенные органоиды клетки.

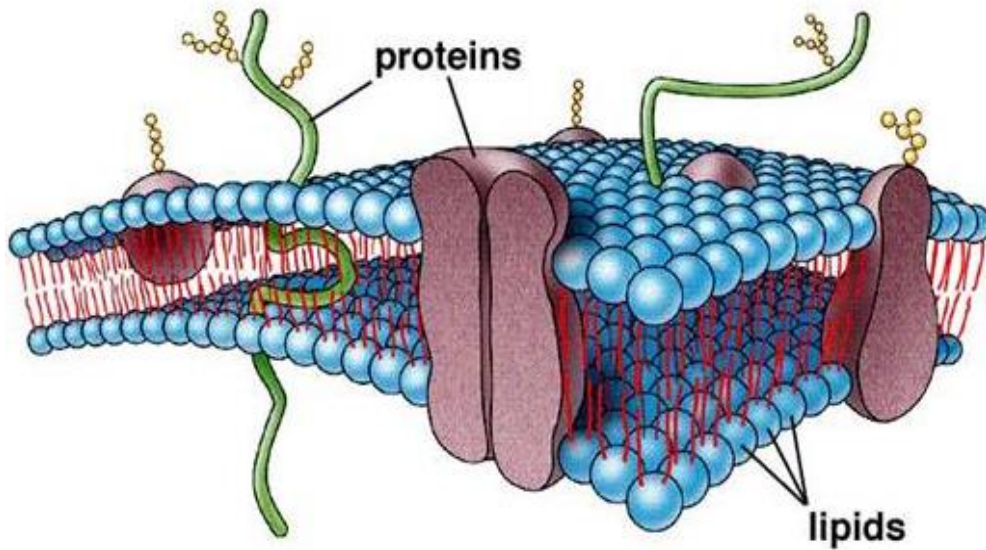
Жидкостно-мозаичная модель



В 1972 г. Сингер и Николсон предложили **«жидкостно-мозаичную модель»** строения мембраны: «белковые молекулы плавают в жидком бислое липидов, образуя в нем как бы своеобразную мозаику».

Химический состав мембраны

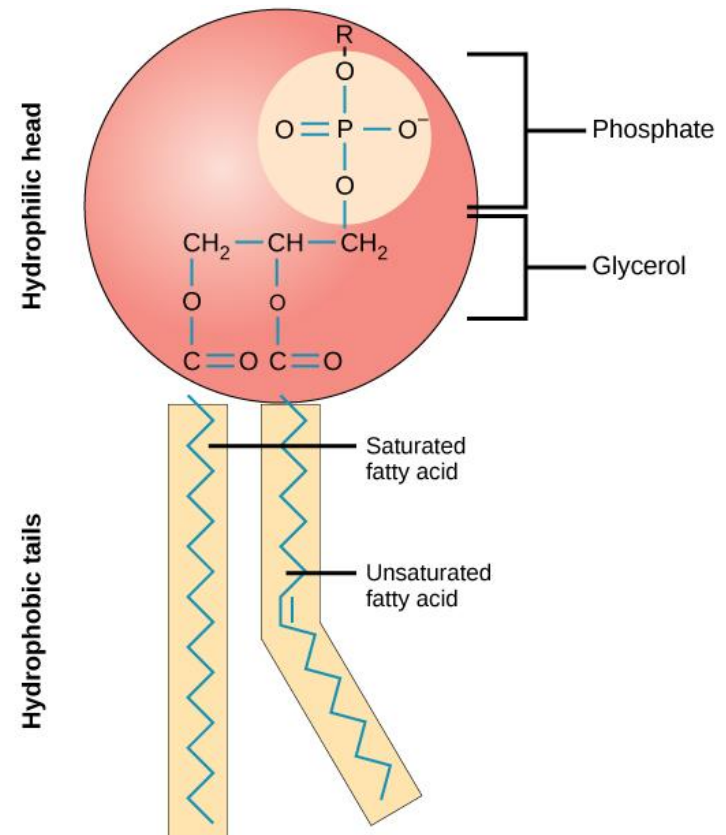
- Липиды (фосфолипиды и холестерол)
- Белки
- Углеводы, связанные с белками и липидами.



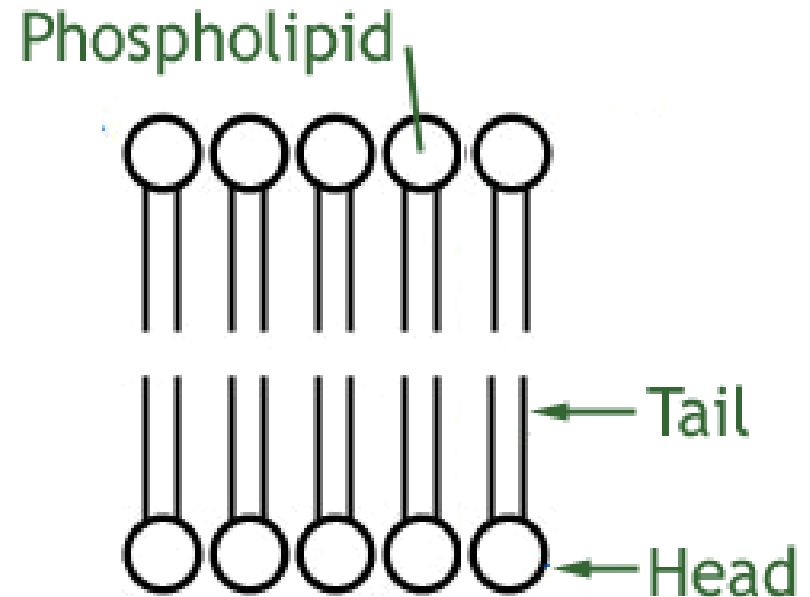
Химический состав мембраны - Липиды

Состав липидов, входящих в мембраны клетки, очень разнообразен. Характерными представителями липидов, встречающихся в клеточных мембранах, являются фосфолипиды (глицерофосфатиды), сфингомиелины и из стероидных липидов – холестерин

Молекулы холестерина полностью неполярны и в этом его отличие от фосфолипидов и гликолипидов. Холестерин в определенных пределах регулирует жидкое состояние мембраны.



Строение фосфолипидов

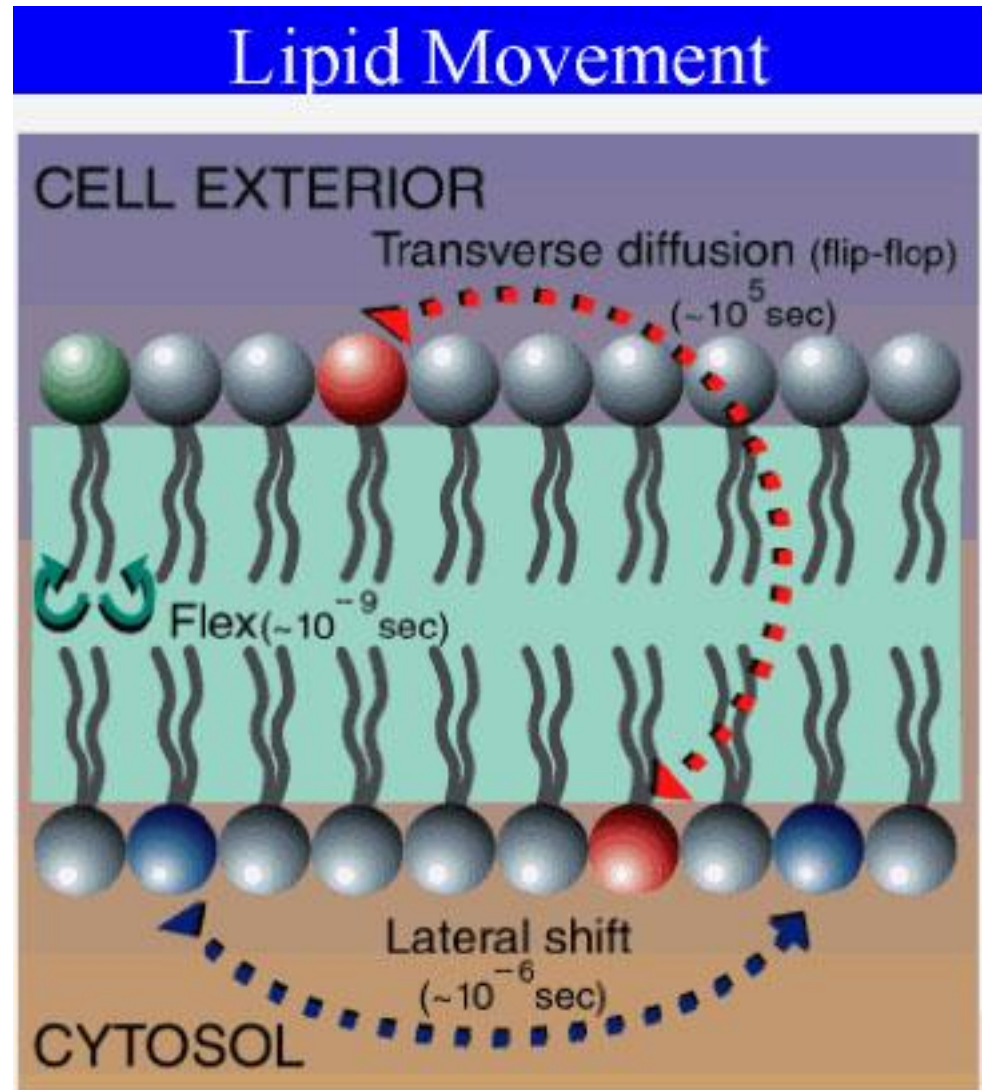


- **головки** - полярной (заряженной) гидрофильной (растворимой в воде),
- **хвоста** - неполярного (незаряженного) гидрофобного (нерастворимого в воде).

В биологической мембране молекулы липидов двух параллельных слоев обращены друг к другу неполярными концами, а их полярные полюса остаются снаружи, образуя гидрофильные поверхности.

Движение фосфолипидов

Липиды в липидном бислое не являются стационарными. Они часто перемещаются в стороны (из стороны в сторону, примерно 10^{-7} раз в секунду!), могут перемещаться в поперечном направлении (переворачивание «флип-флоп», только примерно раз в месяц).



Динамичная мембрана

Химический состав мембраны - Белки

Молекулы белка по положению относительно бислоя липидов

- Интегральные (погруженные, трансмембранные, сквозные)
- Полуинтегральные (полупогруженные)
- Поверхностные (периферические, скользящие (внутренние и наружные))

Молекулы белков по выполняемой функции

1. Белковые каналы
2. Белки -переносчики
3. Рецепторные белки
4. Белки распознавания клеток
5. Белки-ферменты

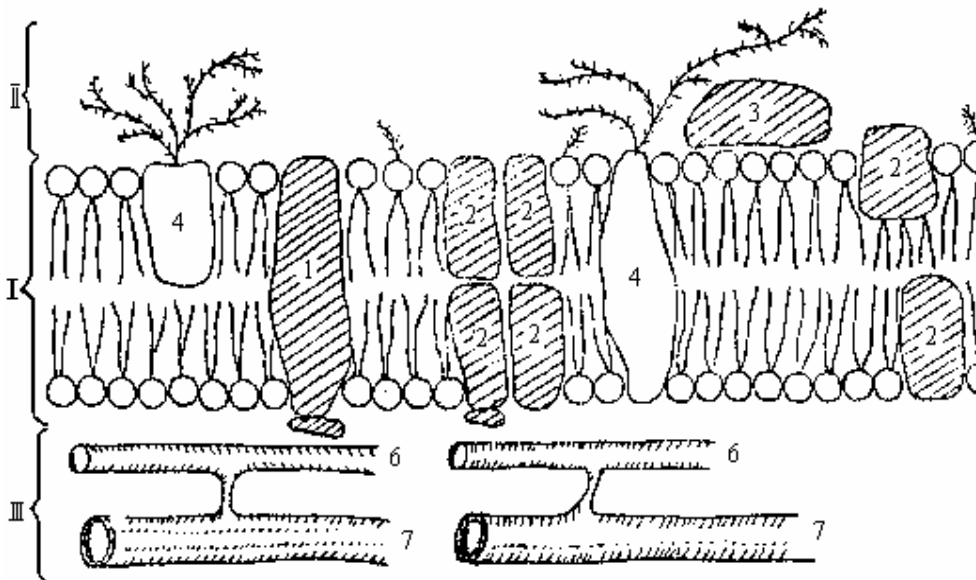
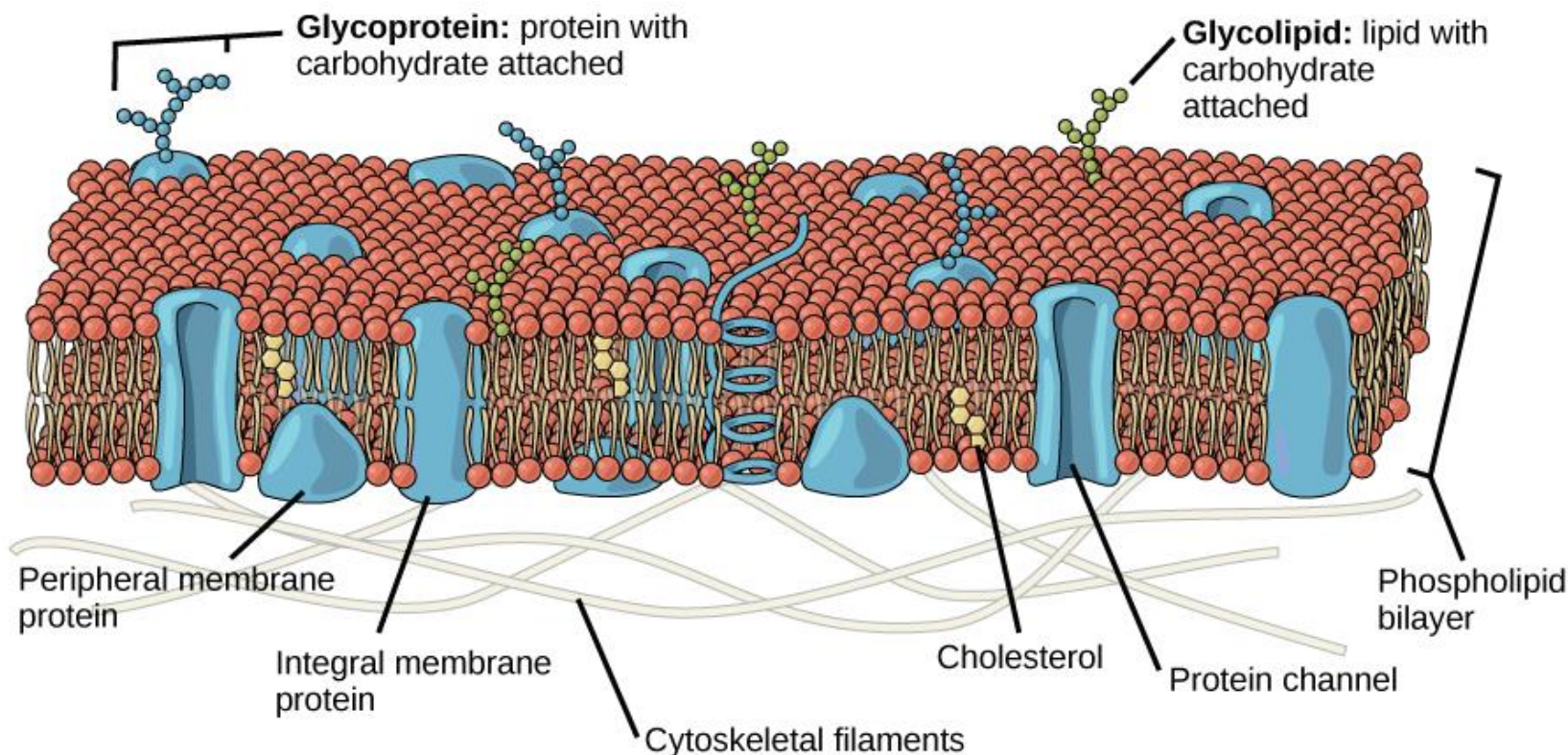


Схема строения плазмалеммы

- I – биологическая мембрана:
- 1 – сквозные (трансмембранные, интегральные) белки
 - 4 – погруженные белки мембраны (полуинтегральные)
 - 2 – полупогруженные белки мембраны (полуинтегральные)
 - 3 – поверхностные, скользящие периферические белки мембраны (внутренние и наружные)
 - 4 – гликопротеиды
- II – надмембранный комплекс (гликокаликс):
- 5 – гликолипиды.
- III – подмембранный комплекс:
- 6 – микрофиламенты:
 - 7 – микротрубочки.

Плазматическая мембрана

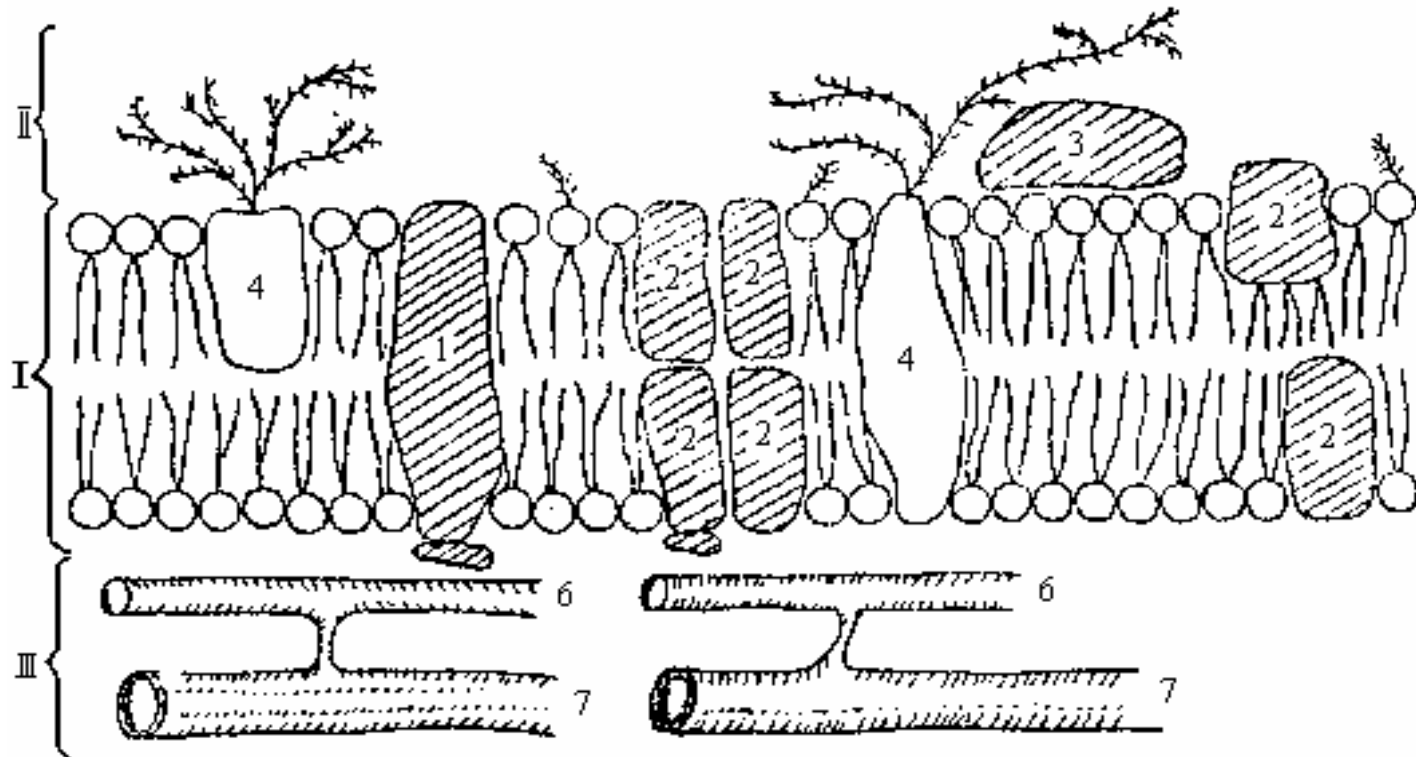


Так как плазматическая мембрана имеет консистенцию растительного масла при температуре тела, белки способны двигаться по нему. Подвижность белков и липидов мембраны обеспечивают ее динамичность.

Надмембранный комплекс - гликокаликс.

В его состав входят:

- периферические белки мембраны,
- углеводные части гликолипидов (соединения липидов с углеводами) и гликопротеинов (соединения белков с углеводами).



Свойства мембран	Функции клеточных мембран
<ul style="list-style-type: none">– Все мембраны замкнуты сами на себя.– Плазматическая мембрана обладает малой вязкостью,– Мембрана очень динамичная– Плазматические мембраны способны к самообновлению.– Клеточные мембраны обладают избирательной проницаемостью	<ul style="list-style-type: none">– мембраны клеток всегда отграничивают полости или участки, отделяя содержимое таких полостей от окружающей их среды;– регулируют обмен между клеткой и средой;– являются осмотическим барьером;– выполняют транспортную функцию;– выполняют структурную функцию– ферментативную– рецепторную– принимает участие в образовании межклеточных контактов.

Транспорт веществ

Плазматическая мембрана является полупроницаемой.

Транспорт веществ обеспечивает:

- поддержание гомеостаза
- поступление веществ в клетку (эндоцитоз)
- выведение веществ из клетки (экзоцитоз)
- создание ионного градиента.

Транспорт веществ

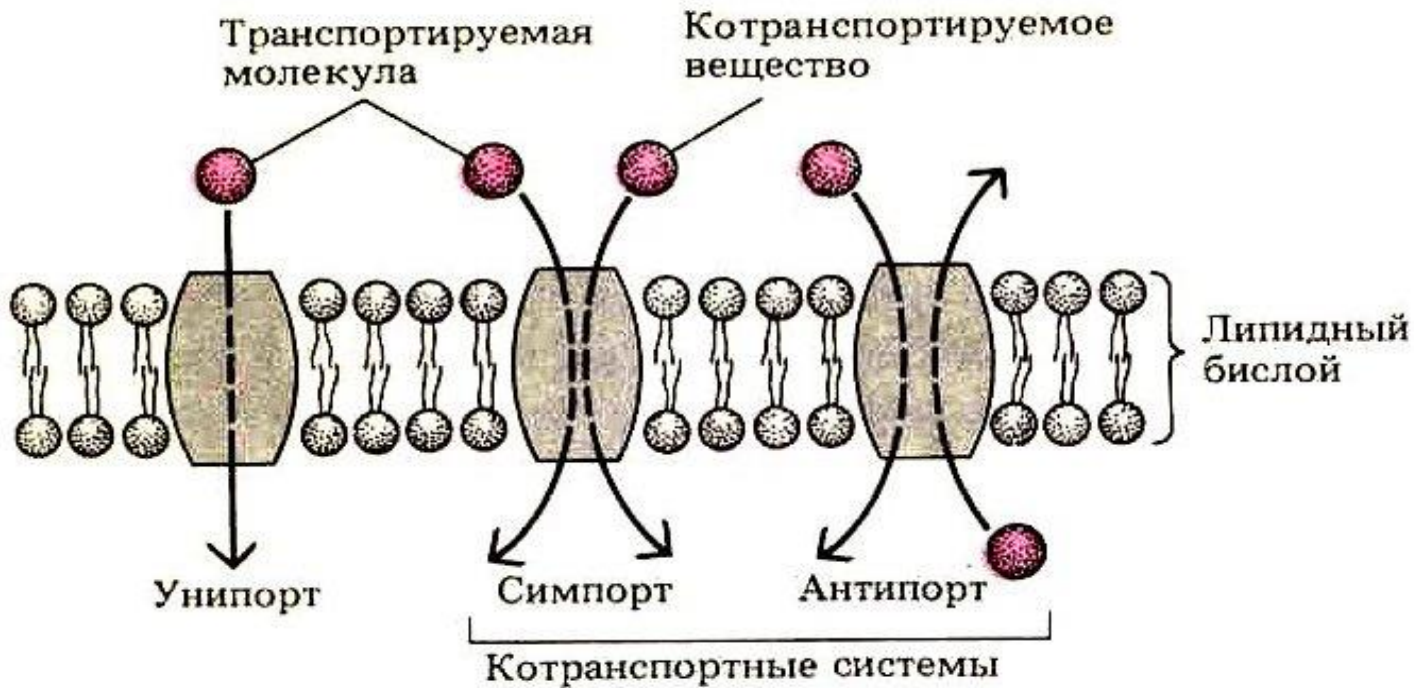


Рис. Направления транспорта веществ через мембрану (по Б.Альбертсу и соавт. с изменениями)

Если транспорт иона или молекулы не сопряжен с переносом другого иона, его называют **унипортом**. Если транспорт иона или молекулы сопряжен с переносом другого иона, его называют **котранспортом**. При этом одновременный перенос обеих молекул в одном направлении называют **симпортом**, а одновременный перенос обеих молекул в противоположных направлениях - **антипортом**. Котранспорт возможен как при облегченной диффузии, так и в процессе активного транспорта.

Транспорт через мембрану



Пассивный

1. без затрат энергии АТФ
2. по градиенту концентрации

Виды:

- осмос
- простая диффузия
- облегченная диффузия

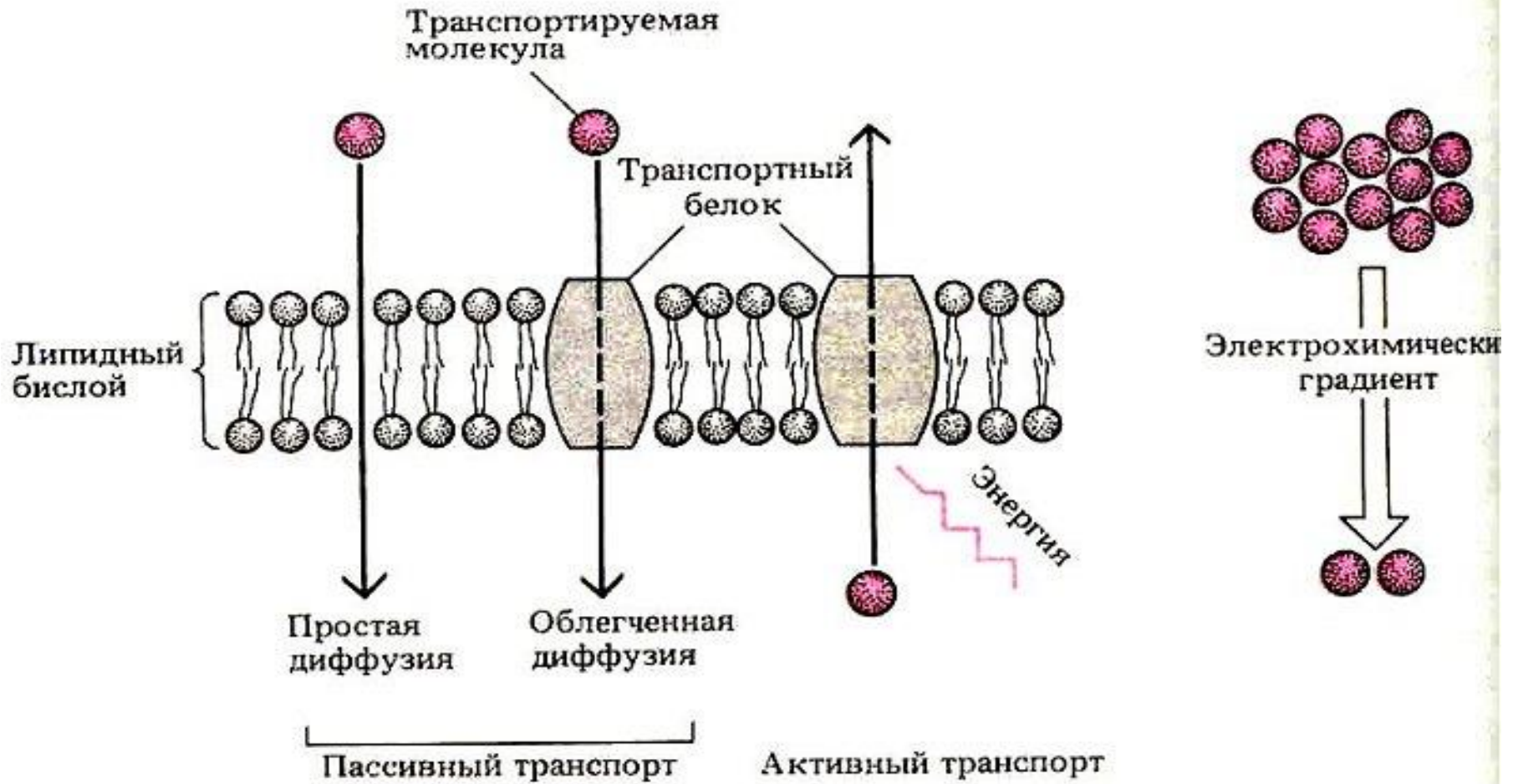
Активный

1. с затратой энергии АТФ
2. против градиента концентрации

Виды:

- везикулярный транспорт:
фагоцитоз, пиноцитоз
- с участием белков
переносчиков – Na/K-насос

Схема транспорта веществ через мембрану



Пассивный транспорт - Диффузия

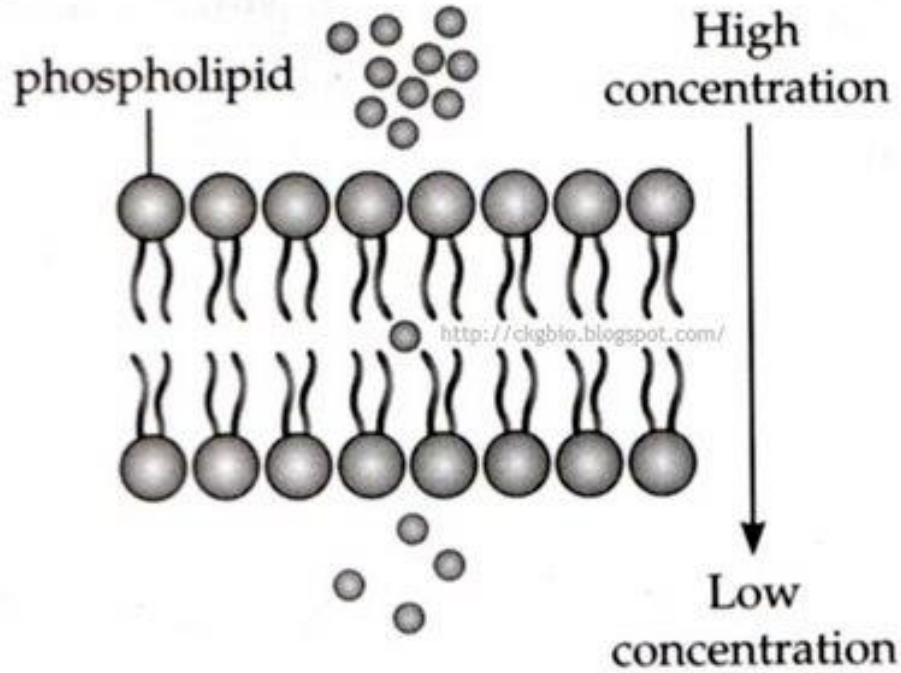


Диффузия – это движение молекул или ионов из области с высокой концентрацией в область с более низкой концентрацией, движение *по градиенту концентрации*.

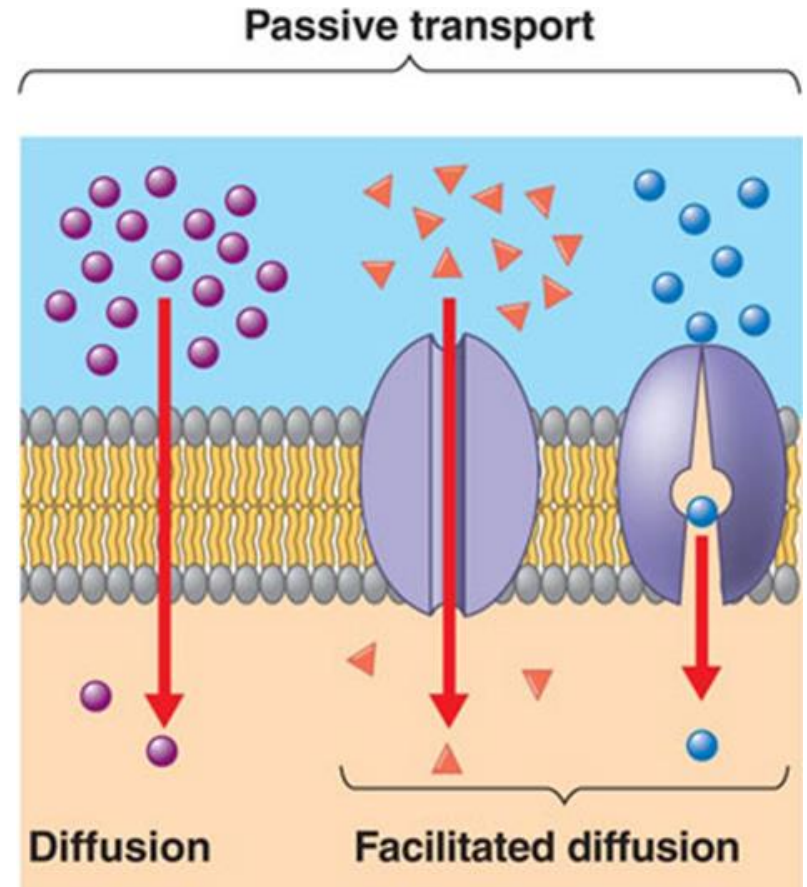
Простая диффузия характерна для веществ, хорошо растворимых в липидах (кислород, углекислый газ). Таким же способом в цитоплазму проникают и многие синтетические вещества, например, лекарственные препараты. Особенно легко проходят плазматическую мембрану гидрофобные (т.е. легко растворяющиеся в неполярных органических жидкостях) молекулы, например: эфиры, спирты, жирные кислоты.

Облегченная диффузия характерна для веществ, не растворимых в липидах. Следовательно, они не могут пройти через липидный бислой мембраны, и поэтому для их транспорта существуют белковые каналы или они перемещаются при помощи белка – переносчика. С помощью переносчиков транспортируются небольшие гидрофильные молекулы: моносахариды, аминокислоты, органические кислоты, нуклеотиды, а также анионы, для которых гидрофобный матрикс мембраны практически непроницаем.

Диффузия веществ



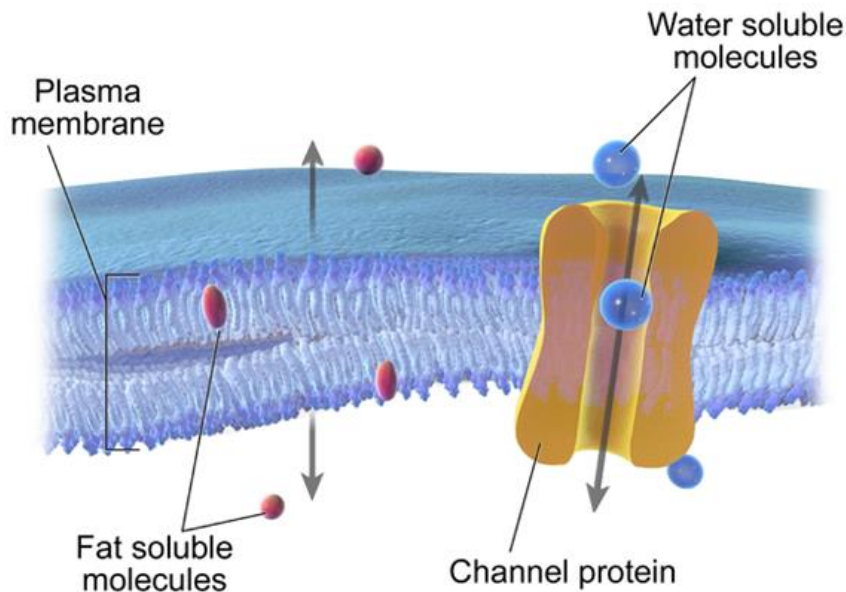
Простая диффузия



Простая и облегченная диффузия

Простая диффузия

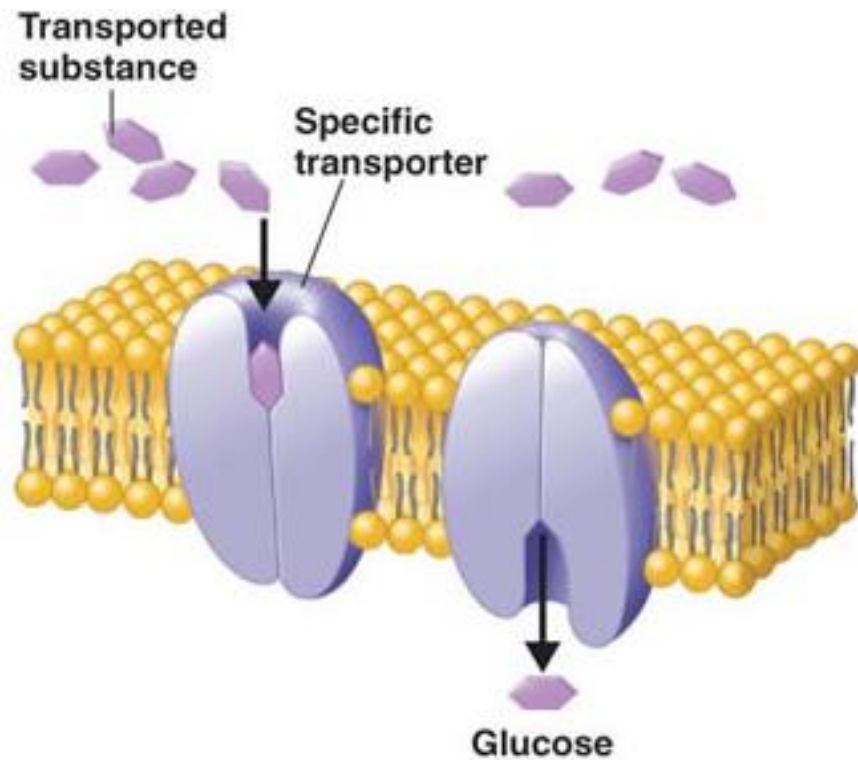
Жирорастворимые вещества с низкой молекулярной массой могут легко проскальзывать через гидрофобный липидный слой мембраны.



- Молекулы кислорода и углекислого газа не имеют заряда и поэтому проходят через мембраны путем простой диффузии.
- Жирорастворимые витамины А, D, Е и К, легко проходят через плазматические мембраны в пищеварительном тракте и других тканях.
- Жирорастворимые препараты и гормоны также легко проникают в клетки и легко переносятся в ткани и органы организма.

Облегченная диффузия

Облегченная диффузия - процесс, при котором вещества движутся вниз по градиенту концентрации (от высокой до низкой концентрации) с использованием интегральных мембранных белков.



(c) Facilitated diffusion through a specific transporter

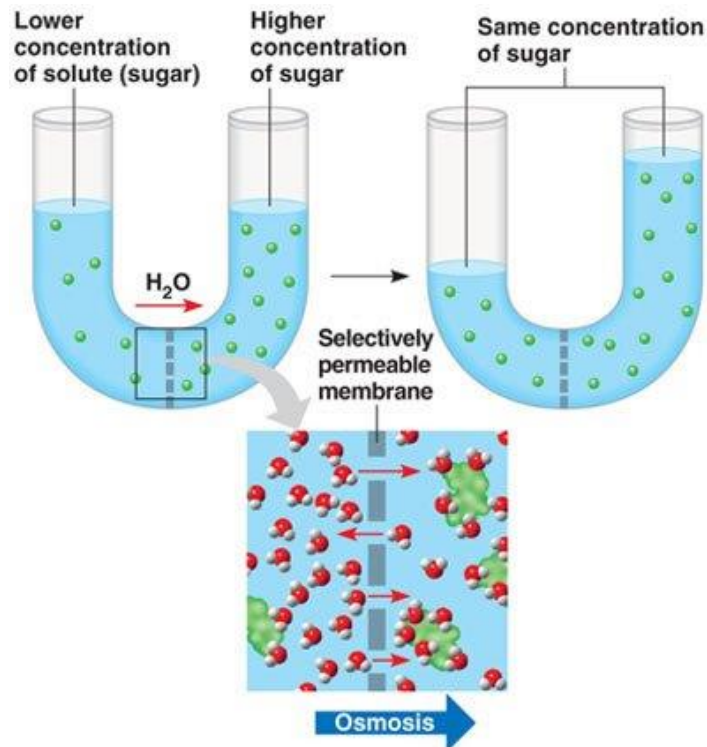
Полярные вещества создают проблемы для мембраны, они не могут легко пройти через липидное ядро плазматической мембраны поэтому они диффундируют через плазматическую мембрану с помощью мембранных белков (белка-носителя). Например, ионы солей (PO_4 , CO_3), полярные молекулы (простые сахара и аминокислоты), которые отталкиваются гидрофобными частями клеточной мембраны.

Пассивный транспорт - Осмос

Осмос – это диффузия растворителя (воды) и растворенных в нем микромолекул и ионов через полупроницаемую мембрану.

Осмос – это процесс диффузии растворителя (напр., воды) через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный раствор.

Возникающее давление на мембрану называется – осмотическим.



Осмотические свойства клетки

- **Изотонический раствор** – это растворы, концентрация веществ в которых равна концентрации веществ в клетке.
- **Гипертонический раствор** – это растворы, концентрация веществ в которых больше концентрации веществ в клетке.
- **Гипотонический раствор** – это растворы, концентрация веществ в которых меньше концентрации веществ в клетке.

Состояние протоплазмы зависит от активности воды



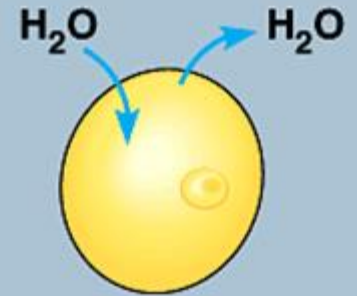
Изотонический раствор (физиологический раствор, 0,85% NaCl)

[Вещества в растворе] = [вещества в клетке]

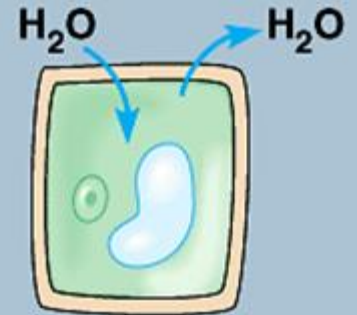
В изотоническом растворе условия относительно концентрации раствора и растворителя равны с обеих сторон мембраны.

Нет никакого чистого движения воды; поэтому, нет никакого изменения в размере клетки.

Isotonic solution



Normal



Flaccid

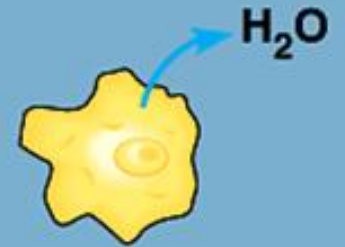
Клетки находится в нормальном состоянии.

Гипертонический раствор (4% NaCl, 4% NaCl)

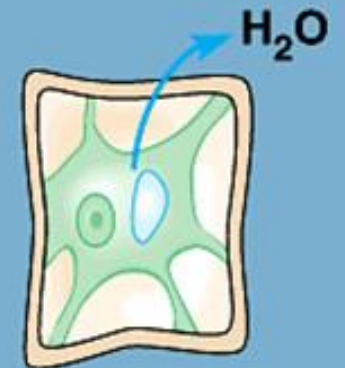
[веществ в р-ре] > [веществ в клетке]

В гипертоническом растворе вода выходит из клетки и клетка сжимается, происходит явление плазмолиза.

Hypertonic solution

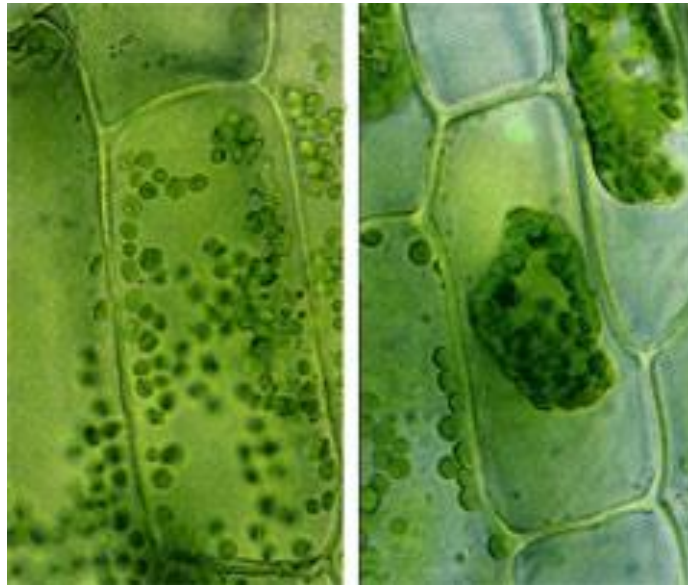


Shriveled



Plasmolyzed

Плазмолиз в
клетках элодея



Клетка животных сморщивается (сжимается), а растительная клетка форму не меняет, изменяется лишь содержимое цитоплазмы.

Гипотонический раствор (дистиллированная вода)

[веществ в р-ре] < [веществ в клетке]

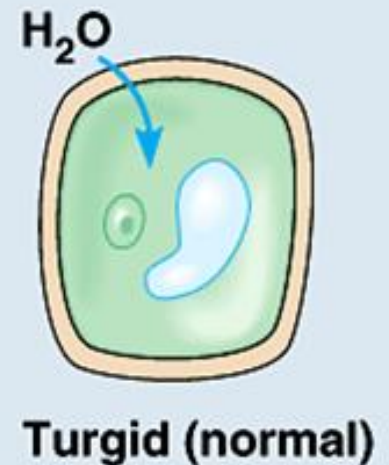
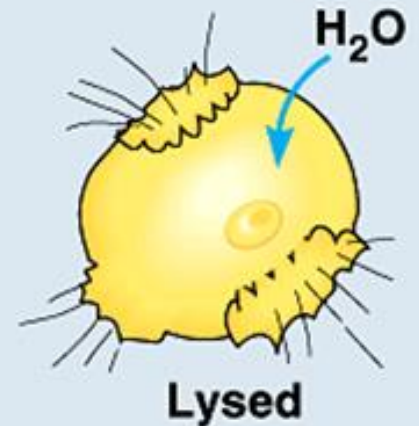
Дистиллированная вода - вода что многие примесей удаляется через дистиляция.

В гипотонической окружающей среде вода входит в клетку и выпуклости клетки.

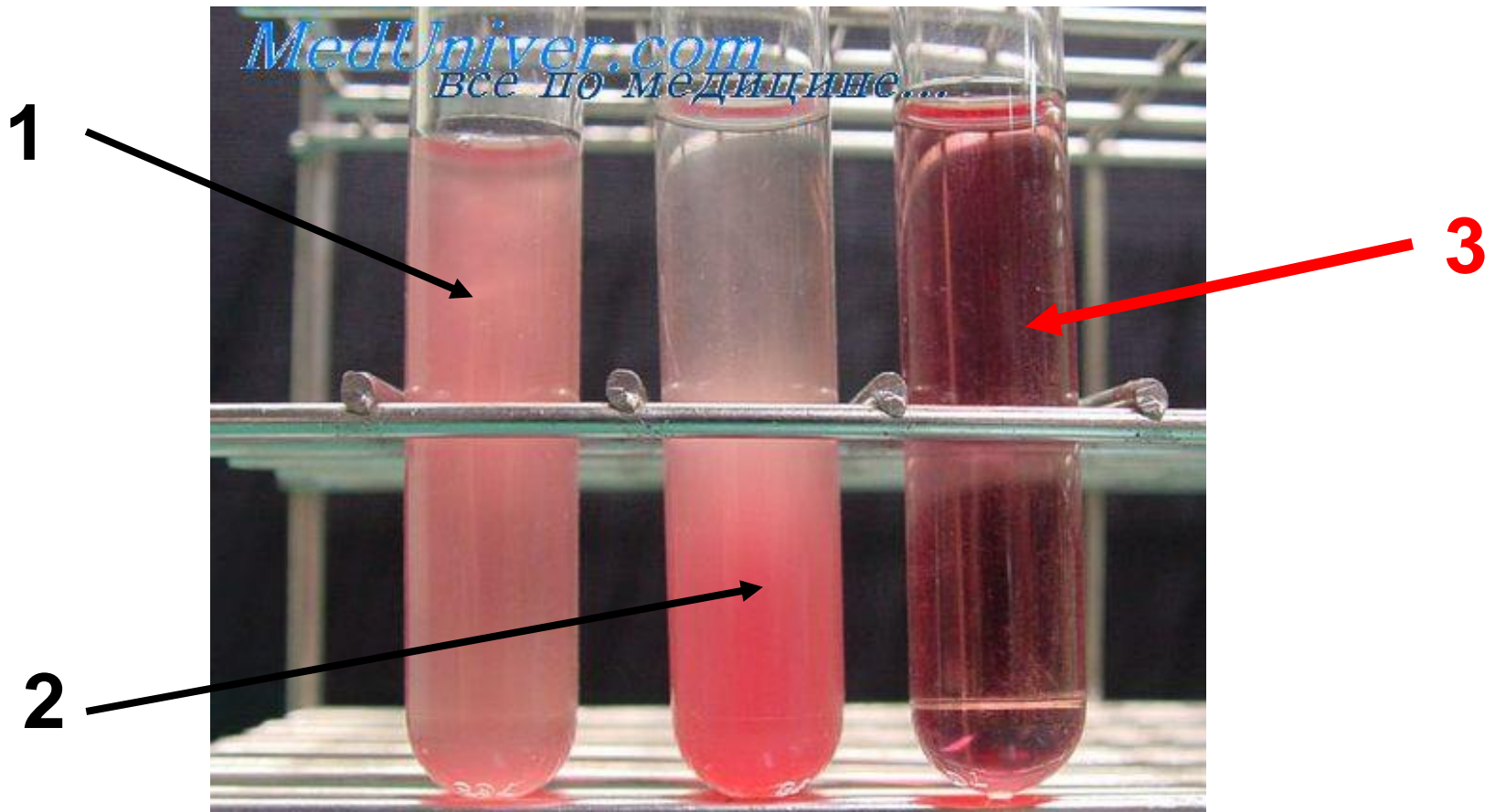
Клетка животных может разорваться (**lysis**), однако, растительная клетка, у которой есть клеточная стенка, чтобы защитить его, станет «опухшей».

Цитолиз происходит, когда клетка лопается из-за осмотического равновесия, которое вызвало лишнюю воду, чтобы двигаться в клетку.

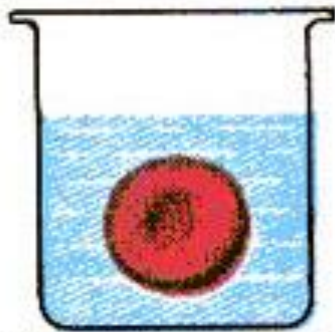
Hypotonic solution



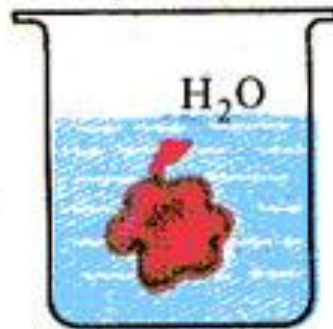
Гемолиз – частный случай цитолиза, характерный для эритроцитов



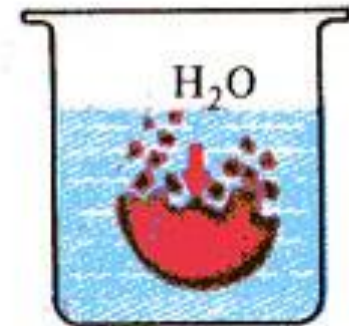
Демонстрация гемоллиза в пробирке: 1,2 – клетки эритроцитов в физ. растворе, 3 – клетки эритроцитов в воде



Изотонический
раствор NaCl
(0,9%)



Гипертонический
раствор NaCl
($>0,9\%$)



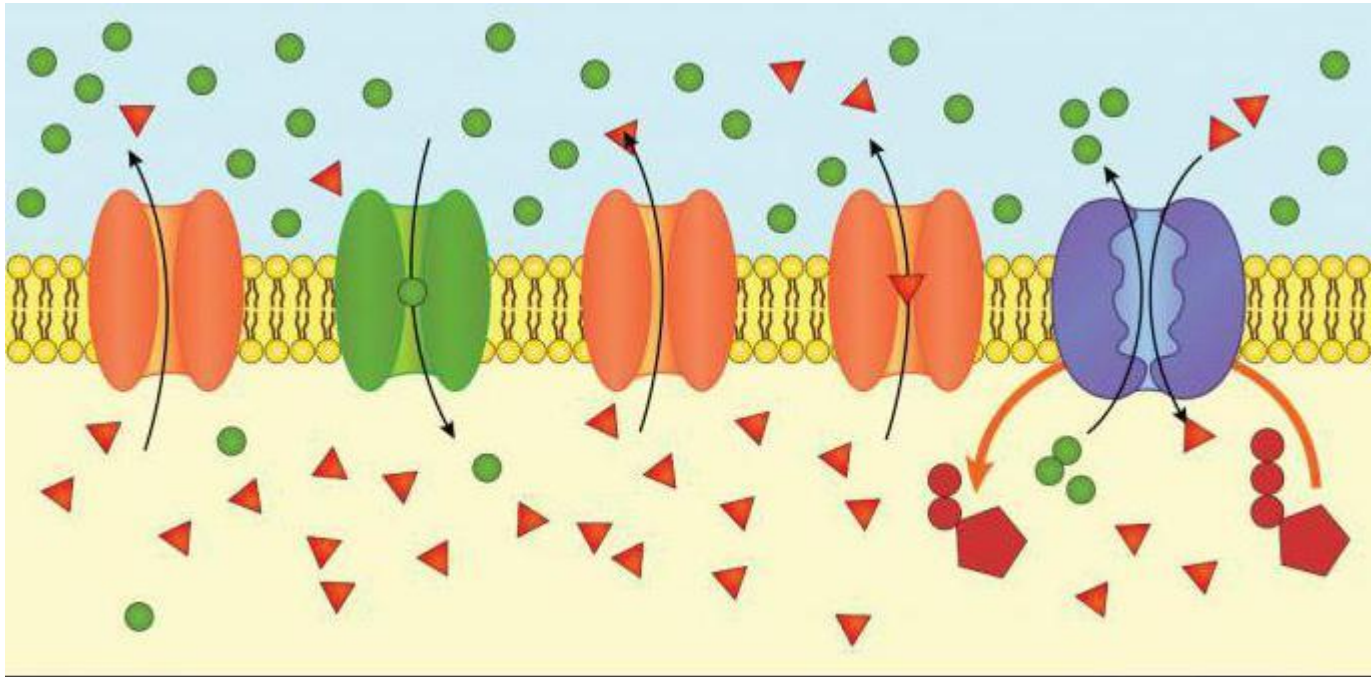
Гипотонический
раствор NaCl
($<0,9\%$)

	Гипертонический раствор	Изотонический раствор	Гипотонический раствор
Характеристика раствора	Концентрация солей в растворе выше, концентрации солей в клетке.	Концентрация солей в растворе равна концентрации солей в клетке.	Концентрация солей в растворе ниже, концентрации солей в клетке.
Направление движения воды	Из клетки	Не изменяется	В клетку
Происходящий процесс	Дегидратация Обезвоживание клетки	Клетка остается неизменной	Гидратация, гипергидратация клетки и ее «набухание»
Наблюдаемое явление	Плазмолиз, Это обратимый процесс. Явление обратное плазмолизу – деплазмолиз.	Тургор клеток находится в нормальном состоянии	Деплазмолиз. При длительном действии раствора – цитолиз (разрушение любой клетки), гемолиз (частный случай цитолиза, при разрушении эритроцитов).
Особенности у растительных клеток	В растительной клетке отмечается только сжатие цитоплазмы, но форма клетки не меняется, т.к. имеется клеточная стенка.	Тургор клеток находится в нормальном состоянии	Тургор клетки при этом восстанавливается.
Особенности у животных клеток	Клетка не имеет жесткой клеточной стенки, поэтому происходит деформация клетки	Тургор клеток находится в нормальном состоянии	Идет сначала восстановление тургора, а затем за счет гипергидратации наблюдается набухание и разрушение клетки - цитолиз.
Пример раствора	Гипертонический раствор NaCl – более 0,9%	0,9% р-р NaCl изотонический раствор или физ р-р	дистиллированная вода
Медицинское значение:	<ul style="list-style-type: none"> ○ повязки при гнойных ранах, ○ слабительные клизмы, при гипертонии. ○ отеках 	<ul style="list-style-type: none"> ○ используется при кровопотерях, ○ интоксикациях разной этиологии, ○ при обезвоживании разной причины (рвота, диарея, ожоги). ○ Для разведения лекарственных веществ при в/в и в/м введении. 	<p>В большом объеме и особенно в/в их использовать нельзя – т.к. это может привести к лизису клеток.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Иногда растворяют лекарственные препараты для внутримышечных инъекций. ○ Используют для разведения питательных веществ при ректальном введении, для улучшения всасывания.

Активный транспорт веществ

Активный перенос веществ и ионов против градиента концентрации с потреблением энергии за счет расщепления молекул АТФ называется активным транспортом.

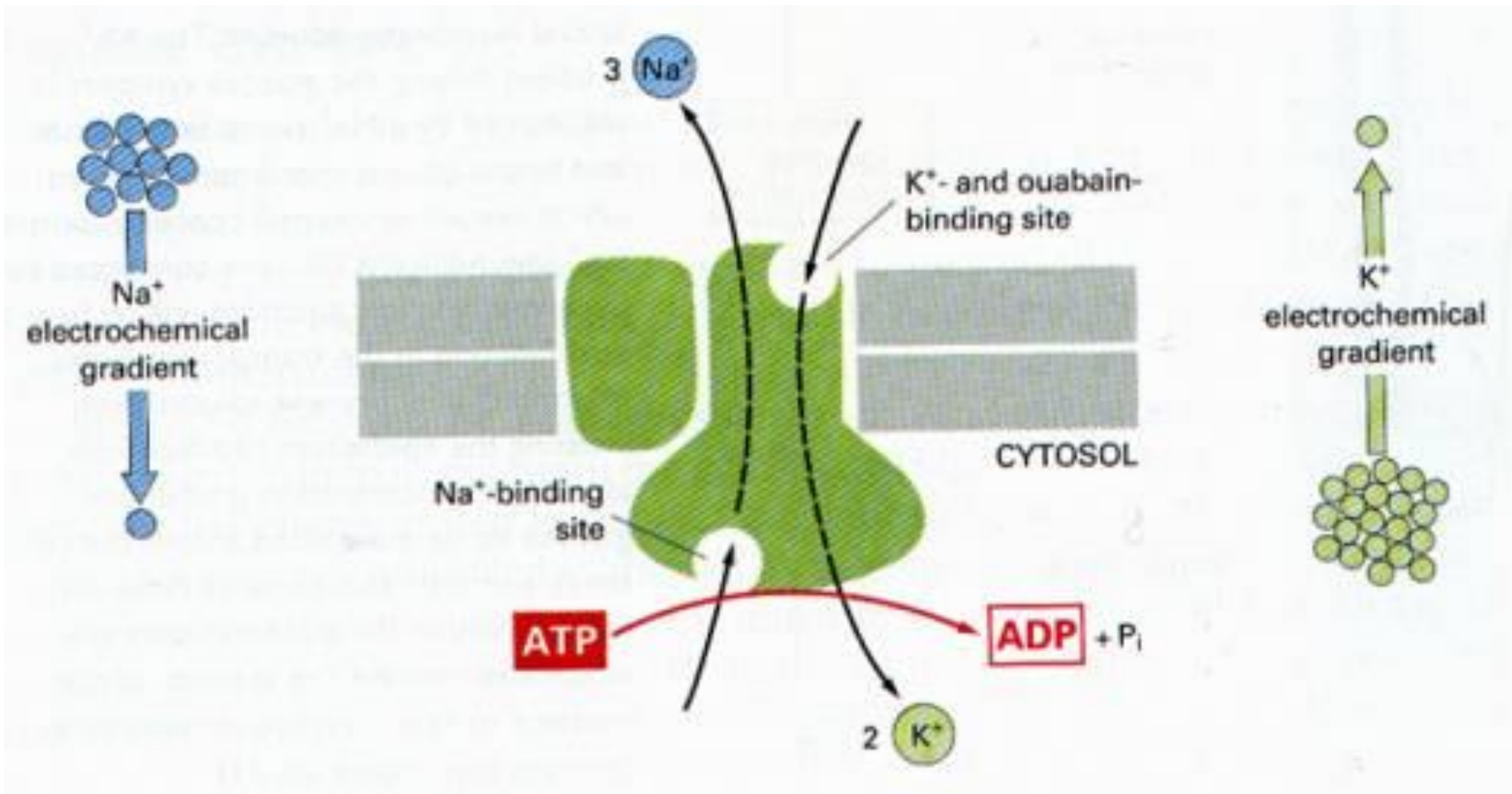
Примером данного вида транспорта является везикулярный транспорт (экзоцитоз и эндоцитоз), ионные насосы (калий – натриевый насос).



Натрий-калиевый насос

- В мембране клеток имеются транспортные АТФ-азы, которые обеспечивают транспорт ионов и называются иными насосами. Примером иного насоса является натрий – калиевый насос. Впервые **Na/K** – АТФ-аза была обнаружена Йенсеном Христианом Скоу в 1957 году в аксонах краба.
- «Насос» представляет собой сложный белок, встроенный в цитоплазматическую мембрану и имеющий центры связывания для ионов натрия и калия, а также активный центр, где осуществляется связывание и гидролиз АТФ. **Na/K**-АТФ-аза – это целый мембранный комплекс со сложной структурой.
- В ходе ферментативного процесса перенос ионов натрия и калия осуществляется одним и тем же ионным центром фермента, последовательно изменяющим свое сродство к переносимым ионам при изменении конформации **Na/K**-АТФазы.

Активный транспорт. С участием белков переносчиков – Na/K-насос.



Натрий-калиевый насос. Медицинское значение.

Под действием различных факторов может произойти «выключение» ионного насоса, что приводит к явным осложнениям у больных.

Например, при лечении сердечной недостаточности иногда назначают гликозиды (строфантин, дигиталис и др.). При передозировке они способны «выключить» «ионный насос»: клетка начинает терять ионы калия, получает в избытке ионы натрия, которые тянут за собой воду, что отражается негативно на работе клетки, состоянии сердца. Известно, что недостаток калия вызывает аритмию, а избыток

натрия – гипергидратацию клетки и даже цитолиз. Таким же действием обладают некоторые мочегонные (лазикс, верошпирон и др.). Их назначают часто при гипертоническом кризе (высоком артериальном давлении). Снижая давление, препараты в то же время «выключают» Na/K «насос», и у больного как осложнение могут быть судороги из-за недостатка K^+ в клетке. Поэтому, назначая данные мочегонные, обязательно следует одновременно назначать препараты K^+ (панангин, аспаркам).

Активный транспорт. Везикулярный транспорт.

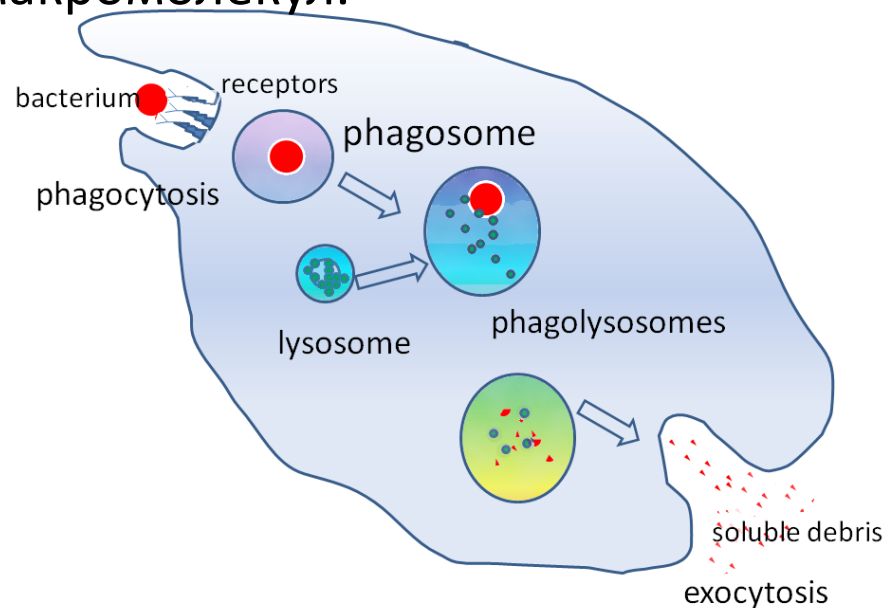
Транспорт макромолекул (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, липопротеидных комплексов и др.) сквозь клеточные мембраны проходит посредством **везикулярного переноса**. Т.е. в составе специальных пузырьков – везикул.

Такой везикулярный перенос можно разделить на два вида:

- **экзоцитоз** - перемещение из клетки макромолекулярных продуктов,
- **эндоцитоз** - поглощение клеткой макромолекул.

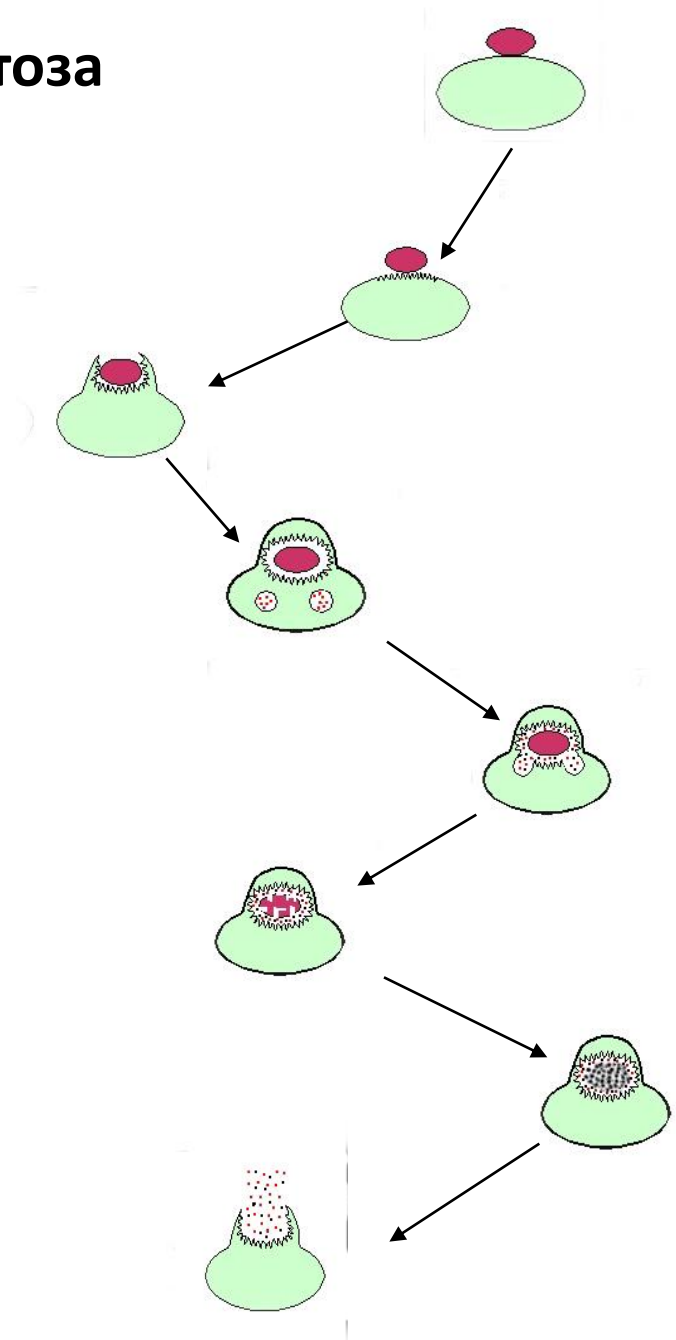
Эндоцитоз разделяют на:

- **пиноцитоз** - захват клеточной поверхностью жидкости с содержащимися в ней веществами.
- **фагоцитоз** - захват и поглощение клеткой крупных частиц (иногда даже клеток или их частей).



Этапы фагоцитоза

- Адсорбция (адгезия)
- Инвагинация
- Обволакивание
- Образование фagosомы
- Образование вторичной лизосомы
- Переваривание
- Образование остаточного тельца
- Экзоцитоз



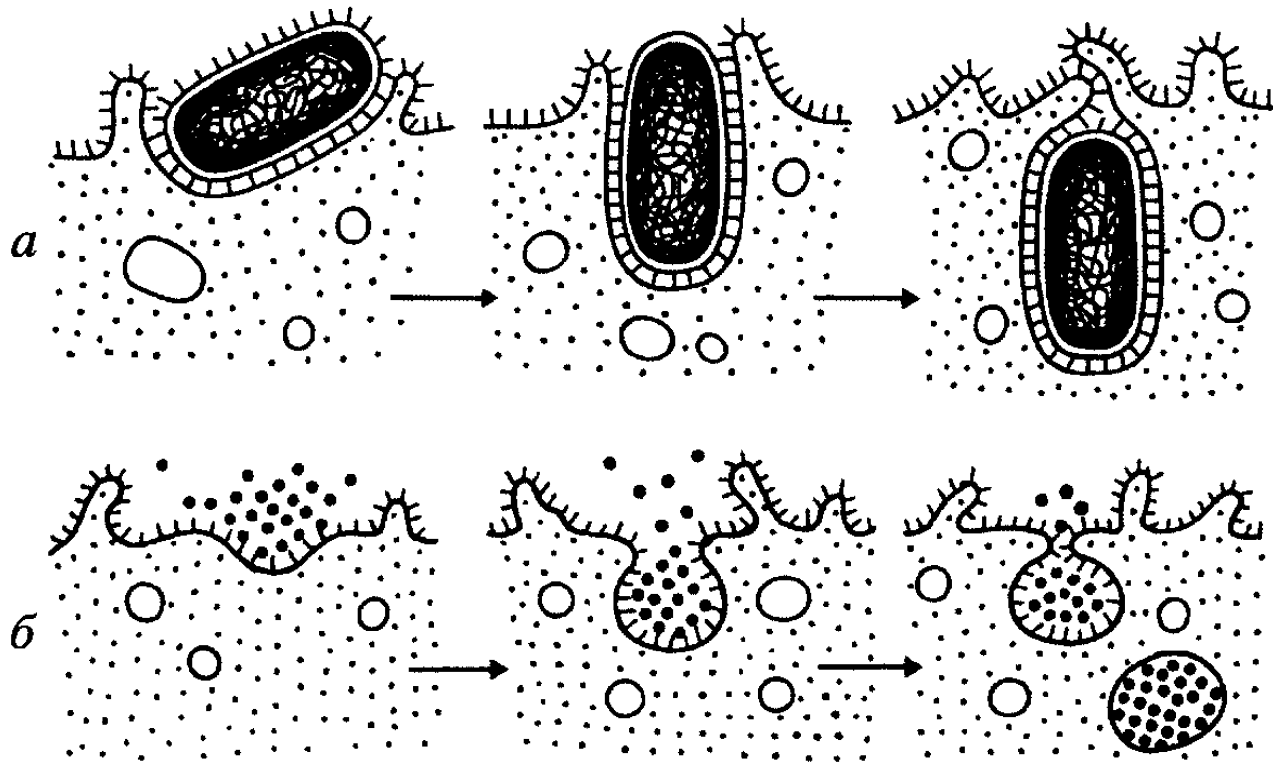


Рис. Схема фагоцитоза (а) и пиноцитоза (б) (из учебника Ченцова, 2004)

Межклеточные контакты

Изолирующие

Синаптические

Контакты механического сцепления

1. Простой адгезивный
2. Замковый
3. Десмосомальный

Коммуникационные

Контакты механического сцепления

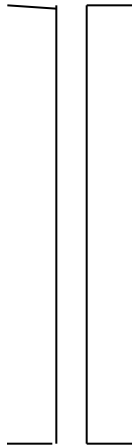


Рис. Простой адгезивный контакт

Простой адгезивный контакт встречается среди большинства прилегающих друг к другу клеток различного происхождения.

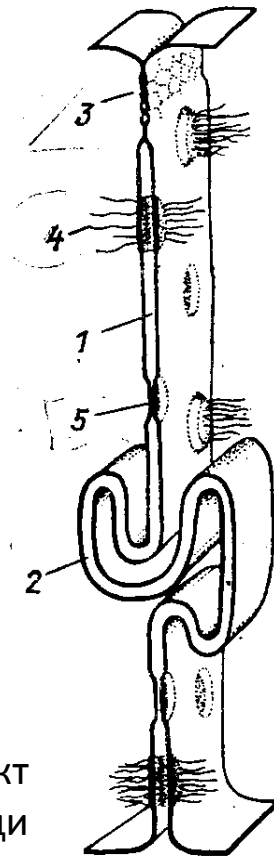


Рис. Зубчатый (замковый контакт) (из учебника Ченцова, 1984).

1 – простой контакт,
2 – «замок»,
3 – плотный замыкающий контакт,
4 - десмосома,
5 - щелевидный

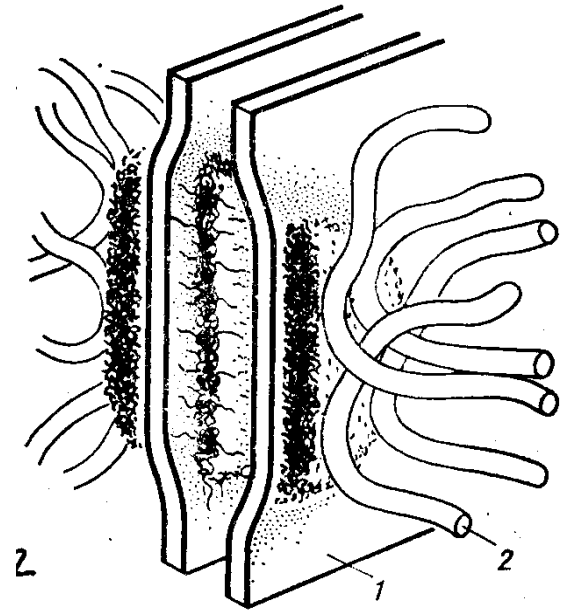


Рис. Десмосомальный контакт (из учебника Ченцова, 1984).

Зубчатый контакт - характерен для многих эпителиев, где он соединяет клетки в единый пласт, способствуя их механическому скреплению друг с другом.

Десмосомальный контакт характерен для покровного эпителия, где данный вид контакта обеспечивает механическую связь клеток.

Изолирующие контакты

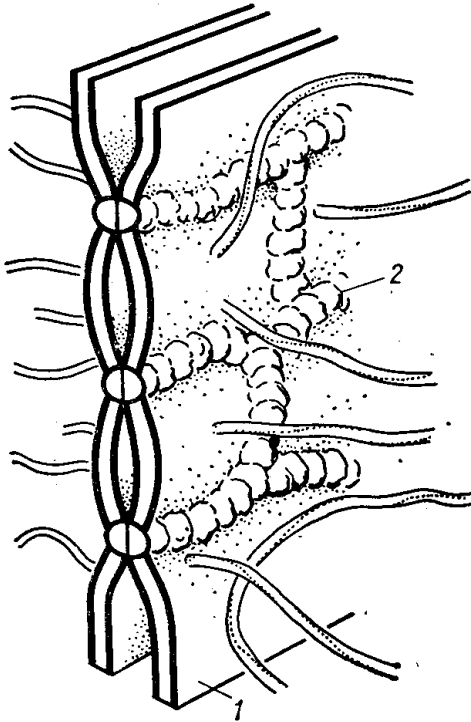


Рис. Плотный замыкающий контакт (из учебника Ченцова, 1984).

Слияние мембран происходит не по всей площади контакта, а представляет собой ряд точечных сближений мембран – это глобулы специальных интегральных белков плазматической мембраны, выстроенные в ряд. Такие ряды глобул могут пересекаться так, что образуют на поверхности скола как бы решетку или сеть. Со стороны цитоплазмы в этой зоне многочисленные фибриллы, расположенные параллельно поверхности плазмалеммы. Область этого контакта непроницаема для макромолекул и ионов. Характерен такой вид контакта для эпителиев, особенно железистого и кишечного

Коммуникационные контакты: щелевидный

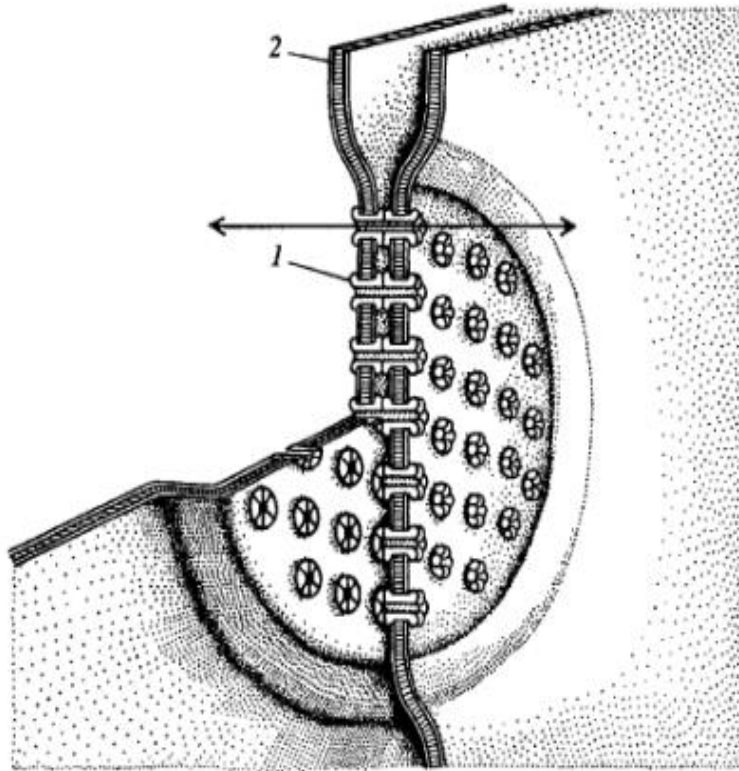
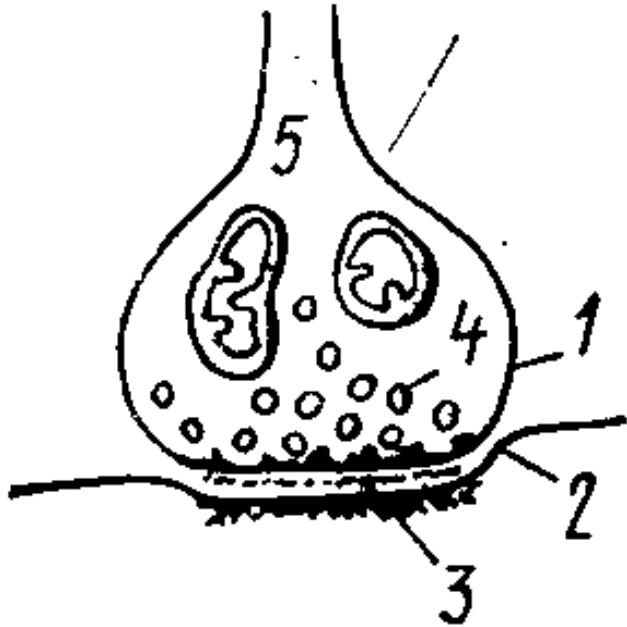


Рис. 154. Схема щелевого соединения
1 – коннексон; 2 – плазматическая мембрана. Стрелка обозначает канал, образованный двумя коннексами

Участвуют в прямой передаче химических веществ из клетки в клетку. Для этого контакта характерно сближение плазматических мембран двух соседних клеток на расстоянии 2-3 нм. На сколах мембран зоны контакта усеяны коннексами, состоящими из белка коннектина с каналом в центре. Отдельные коннексоны встроены в плазматическую мембрану так, что пронизывают ее насквозь. Одному коннексоны одной клетки точно противостоит коннексон другой клетки – в результате чего образуется единый канал. Коннексоны могут сокращаться и тем самым изменять диаметр и, следовательно, участвовать в регуляции транспорта молекул между клетками.

Такие контакты встречаются в мышечных клетках миокарда сердца, гладкомышечных клетках стенок матки. Контакты между ооцитами и фолликулярными клетками яичников участвуют в доставке питательных веществ.

Синаптический контакт



Образуются на отростках нервных клеток – это терминальные участки дендритов и аксонов. Имеют вид грушевидных расширений на конце отростка нервной клетки. Мембраны этих клеток разделены межклеточным пространством. Часто в просвете этой щели виден тонковолокнистый, перпендикулярно расположенный по отношению к мембране материал. Около мембраны имеется большое количество вакуолей, пузырьков, заполненных медиаторами, которые выбрасываются в пространство между клетками

*Рис. Синаптический контакт
(из учебника Ченцова, 1984).*

Этот тип контакта характерен для нервной ткани и встречается как между двумя нейронами, так и между нейроном и каким-либо иным элементом – рецептором или эффектором (например, нервно-мышечное окончание).

Спасибо за внимание