

Транспорт химических веществ в биологических мембранах

Презентацию подготовил
Магистр 2 курса группа №07-715
Шакиров Ильнур Радикович

Казань
2018

Биологическая мембрана

- Биологическая мембрана - это структура, состоящая из органических молекул, которая имеет толщину около 7-10нм и видима только посредством электронного микроскопа. В каждой клетке есть *плазматическая мембрана*, которая ограничивает содержимое клетки от наружной среды, и *внутренние мембраны*, которые формируют различные органоиды клетки (митохондрии, органоиды, лизосомы и т.п.)

Классификация процессов транспорта в биологических мембранах

- Активный транспорт (перенос ионов против их электрохимических градиентов с использованием энергии метаболизма)

- 1) Первично-активный транспорт.
- 2) Вторично-активный транспорт.
- 3) Экзоцитоз и эндоцитоз

- Пассивный транспорт (основаны на принципе диффузии)

Виды диффузии в плазматической мембране:

- 1) Свободная диффузия.
- 2) Облегченная диффузия неэлектролитов.
- 3) Электродиффузия (облегченная диффузия ионов).

Свободная диффузия

Вещества, перемещающиеся через мембрану путём свободной диффузии, не образуют каких-либо химических связей с другими веществами.

- **Поток вещества (J)** : $J = dn/dt \cdot 1/S$

где n - количество вещества в молях, перемещающихся посредством диффузии через поверхность S , перпендикулярную потоку вещества, за единицу времени.

- **Первый закон Фика** $J = -D \cdot dC/dx$

$$D = U \cdot R \cdot T$$

где D - коэффициентом диффузии, U - подвижность частиц вещества,
 R - универсальная газовая постоянная, T - абсолютная температура.

Диффузия через мембрану

(в случае стационарного потока $dc/dx = \text{const}$)

$$J = -P \cdot (C_1 - C_2)$$

$$P = Dk/d$$

где C_1 и C_2 - концентрация раствора внутри и вне клетки, P - коэффициент проницаемости мембраны для данного вещества. d - толщина мембрана, K - коэффициент распределения вещества K , зависящий от растворимости вещества в органических растворителях, но не воде.

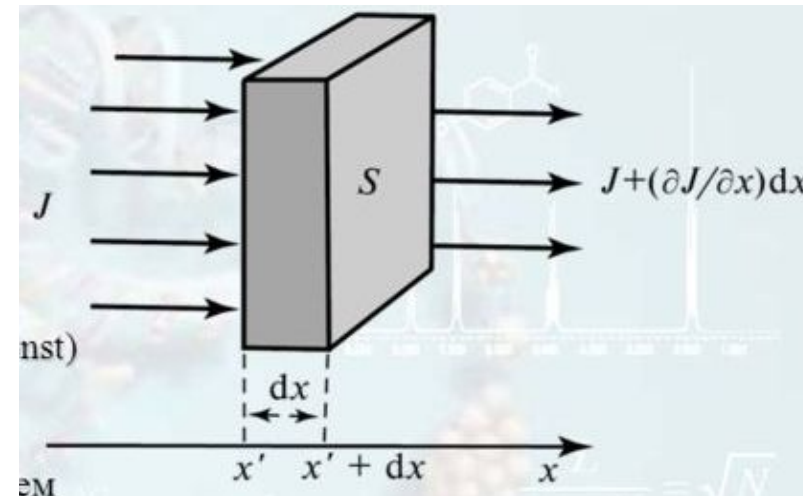


Рис.1. Схема свободной диффузии

Облегченная диффузия

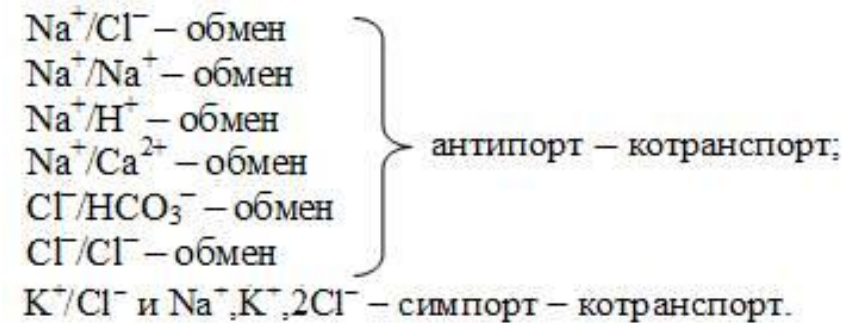
- Транспорт веществ через мембрану, в котором используются транспортные молекулы. Транспортируемое вещество перемещается по градиенту концентрации.
- Облегченная диффузия происходит при участии молекул – переносчиков.

Отличительные особенности от свободной диффузии:

- высокая специфичность
- феномен насыщения

Системы переносчиков, транспортирующие более одного вещества

- симпорт (котранспорт)
- антипорт



Примеры:

- Действие системы транспорта глюкозы через мембраны эритроцитов и мышечных клеток.
- Антипорт бикарбоната и ионов гидроксила в плазматической мембране эритроцитов.

Облегченная диффузия

Уравнение ферментативного катализа

$$j_s = j_{\max} \cdot [S]/(K_T + S)$$

K_T – константа транспорта соответствует константе Михаэлиса и равна концентрации S при $j_s = j_{\max}/2$,

j_s – плотность потока,

(S) – субстрат, переносимое вещество

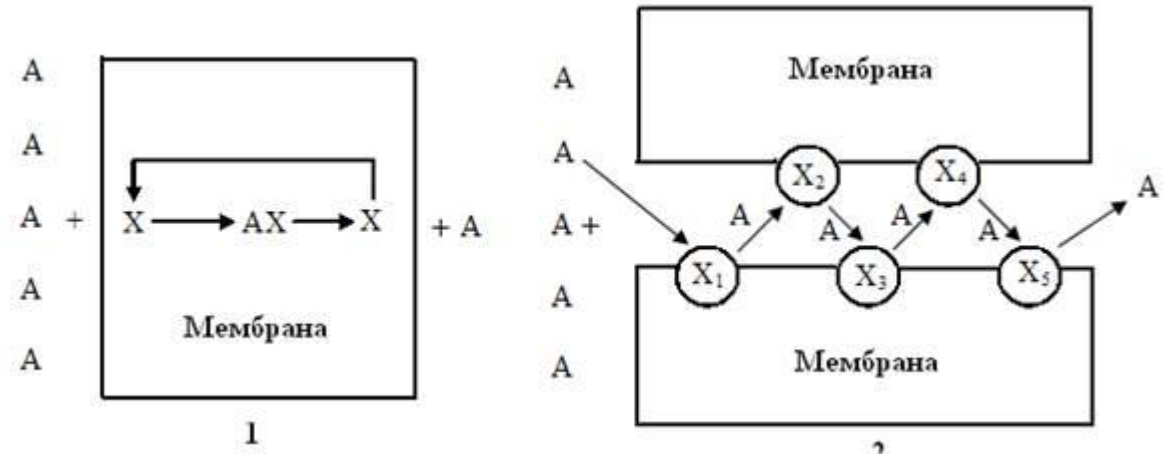


Рис.2. Схема облегченной диффузии: 1 – с подвижным переносчиком; 2 – с фиксированным переносчиком. А – переносимое вещество; X – подвижный переносчик; $X_1 - X_5$ – фиксированные переносчики.

Отличия облегченной диффузии от простой:

- 1) облегченная диффузия обладает свойством насыщения (рис. 3)
- 2) перенос вещества с участием переносчика проходит значительно быстрее;
- 3) при облегченной диффузии наблюдается конкуренция переносимых веществ в тех случаях, когда переносчик несет разные вещества; при этом одни вещества переносятся лучше, чем другие, и добавление одних веществ затрудняет транспорт других.

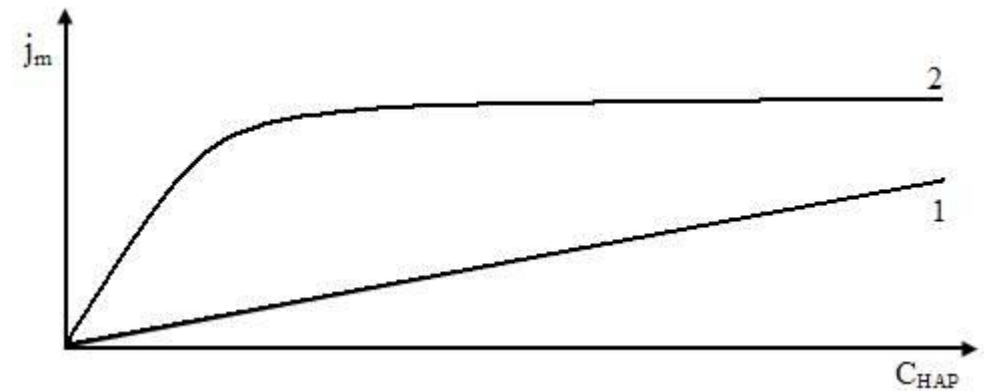


Рис.3. Зависимость плотности потока j_m вещества через мембрану в клетку от концентрации вещества снаружи клетки ($C_{НАР}$) при простой (1) и облегченной (2) диффузии.

Электродиффузия

Электродиффузия - диффузия электрически заряженных частиц (ионов) под влиянием концентрационных и электрических градиентов.

- Движущей силой диффузии является разность концентрации ионов внутри и вне клетки и разность электрических потенциалов, создаваемых этими ионами по обе стороны мембраны

Электрохимический потенциал является энергией ионов:

$$\bar{\mu} = \mu_0 + R \cdot T \cdot \ln C + z \cdot F \cdot \varphi$$

μ_0 - стандартный химический потенциал, который зависит от химической природы вещества и температуры, R - универсальная газовая постоянная, T - температура, C - концентрация иона, z - электрический заряд, F - константа Фарадея, φ - электрический потенциал.

Зависимость потока ионов J от электрохимического градиента определяется уравнением

$$J = -U \cdot C \cdot \frac{d\bar{\mu}}{dx}$$

где U - подвижность ионов, C - концентрация ионов, $d\bar{\mu}/dx$ - электрохимический градиент.

уравнение Нернста-Планка

с учётом двух градиентов, которые обуславливают диффузию ионов

$$J = -U \cdot R \cdot T \cdot \frac{dC}{dx} - U \cdot C \cdot F \cdot z \cdot \frac{d\varphi}{dx}$$

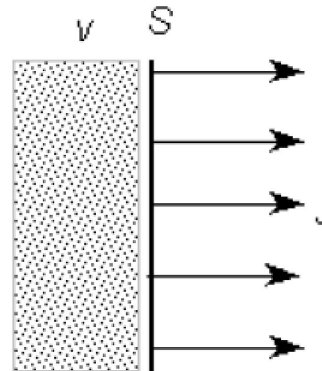


Рис. 5. Связь между величиной плотности потока J и скоростью движения каждой частицы v .

Поскольку каждую секунду через площадь S проходит vSC киломолей частиц (C -молярная концентрация), то поток $\Phi = vSC$, а плотность потока равна: $J = vC$.

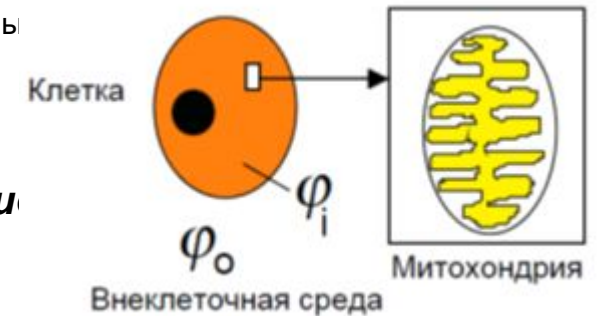


Рис. 4. Некоторые электрические потенциалы внутри живой клетки
 φ_0 - потенциал вне клетки;
 φ_i - потенциал внутри клетки;
 φ_x - потенциал внутри матрикса митохондрий

Первично-активный транспорт

Активный транспорт - перенос ионов против их электрохимических градиентов с использованием энергии метаболизма:

Существует несколько систем активного транспорта ионов в плазматической мембране (ионные насосы):

- 1) Натрий-калиевый насос.
- 2) Кальциевый насос.
- 3) Водородный насос.

Натрий-калиевый насос

Натрий-калиевый насос существует в плазматических мембранах всех животных и растительных клеток. Он выкачивает ионы натрия из клеток и загнетает в клетки ионы калия. В результате концентрация калия в клетках существенно превышает концентрацию ионов натрия.

Кальциевый насос

Через мембраны некоторых клеток животного (например, мышечных) осуществляется первично-активный транспорт ионов кальция из клетки (кальциевый насос), что приводит к наличию трансмембранного градиента указанных ионов.

Водородный насос

Водородный ионный насос действует в мембране бактериальных клеток и в митохондриях, а также в клетках желудка, перемещающего водородные ионы из крови в его полость.

Вторично-активный транспорт

системы транспорта через мембраны, которые переносят вещества из области их низкой концентрации в область высокой концентрации без непосредственного расхода энергии метаболизма клетки

- Возможен только тогда, когда связан с транспортом другого вещества по его концентрационному или электрохимическому градиенту.
- Это симпортный или антипортный перенос веществ.

Пример:

Na^+ , Ca^{2+} - обменник плазматической мембраны (активный антипорт),

ионы натрия по градиенту концентрации переносятся в клетку, а ионы Ca^{2+} против градиента концентрации выходят из клетки.

По механизму активного симпорта происходят всасывание глюкозы клетками кишечника и реабсорбция из первичной мочи глюкозы, аминокислот клетками почек.

ЭНДОЦИТОЗ И ЭКЗОЦИТОЗ

- Перенос через мембрану макромолекул (белки и нуклеиновые кислоты)и частиц

При трансмембранном транспорте больших молекул сама плазматическая мембрана подвергается согласованным перемещениям, вследствие которых часть жидкой внеклеточной поглощается (*эндоцитоз*) или часть внутренней среды клетки выделяется (*экзоцитоз*).

Процесс эндоцитоза

В процессе эндоцитоза плазматическая мембрана окружает часть внешней среды, формируя вокруг неё оболочку, в результате чего образуется везикула, которая поступает внутрь клетки.

При экзоцитозе транспортируемое вещество синтезируется в клетке, связывается мембраной в везикулы и экспортируется из клетки. Таким образом транспортируются из клетки специфические белки, нуклеиновые кислоты, нейромедиаторы и т.п

Процесс пиноцитоза

При *пиноцитозе* образуются небольшие, заполненные жидкостью везикулы. В процессе *фагоцитоза* формируются большие везикулы, которые содержат твердый материал, например, клетки бактерий.