

# СРС

***По теме:* Механизм проницаемости биологических мембран. Строение и функции ионных каналов и переносчиков. Механизмы электрогенеза .**

Выполнил : Саид Сабер Надим

Факультет : ОМ

Курс : 1

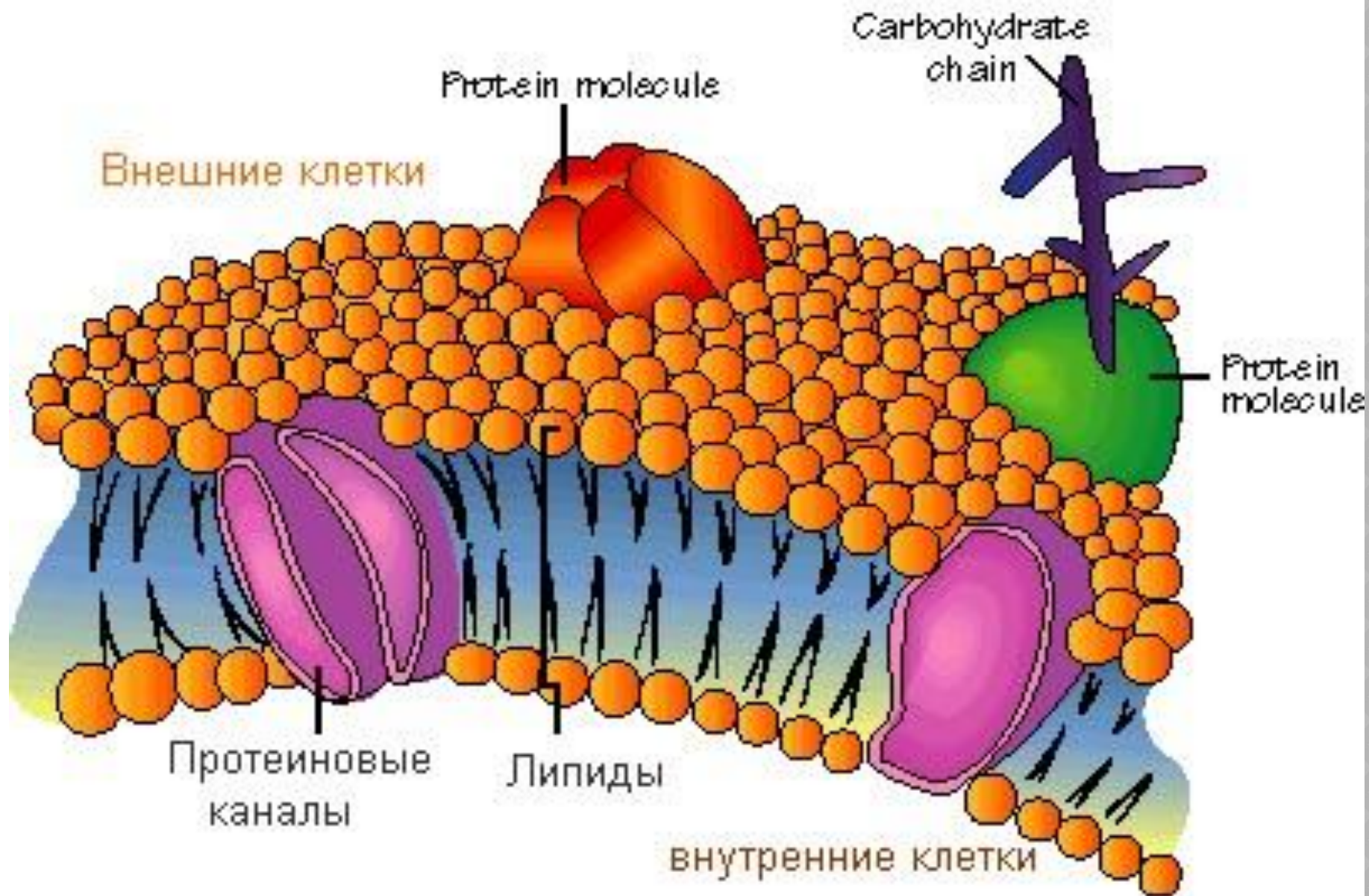
Группа: 040 - 02

Проверила :

**МЕХАНИЗМ ПРОНИЦАЕМОСТИ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН.  
СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ИОННЫХ  
КАНАЛОВ И ПЕРЕНОСЧИКОВ.  
МЕХАНИЗМЫ ЭЛЕКТРОГЕНЕЗА**

# ПЛАН

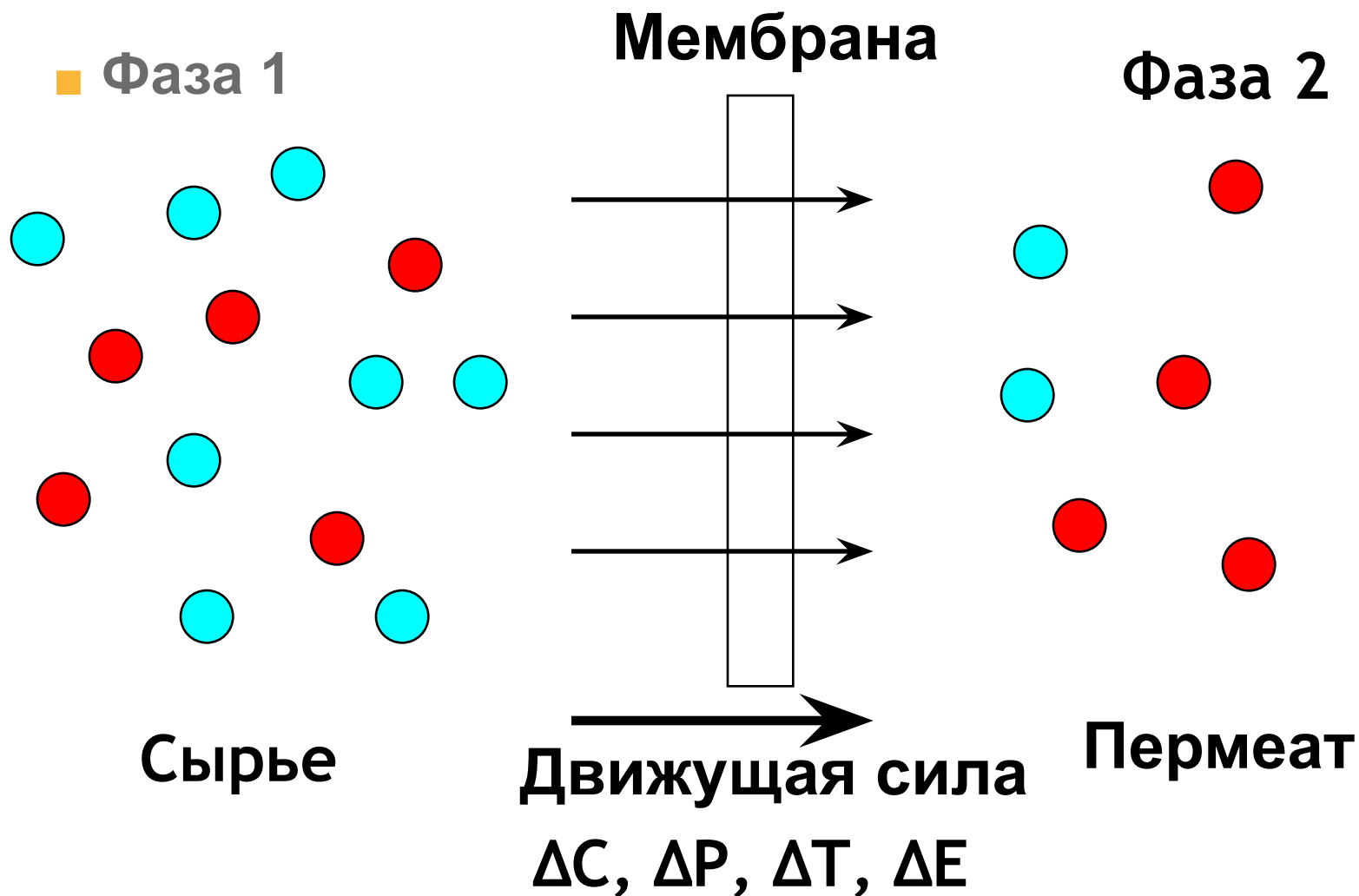
- Понятие о биологической мембране
- Проницаемость клеточных мембран
- Расчет коэффициента проницаемости
- Ионные каналы в клеточной мембране
- Транспорт с участием переносчиков
- **МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОГЕНЕЗА ЖИВЫХ ТКАНЕЙ  
ГОЛЬДМАНА**
- Вывод
- Используемая литература



# БИОЛОГИЧЕСКАЯ МЕМБРАНА

**Мембрана** - это фаза или группа фаз, которые разделяют две различные фазы, отличающиеся физически или химически от фаз мембраны; под действием приложенного силового поля свойства мембраны позволяют ей управлять процессами массопереноса между разделяемыми фазами.

# ДВУХФАЗНАЯ СИСТЕМА, РАЗДЕЛЯЕМАЯ МЕМБРАНОЙ



# ПРОНИЦАЕМОСТЬ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН

Проницаемостью биологической мембраны называют ее способность пропускать сквозь себя определенные вещества в той или иной степени.

# РАСЧЕТ МЕМБРАННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТОЧНЕЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОНИЦАЕМОСТИ ( ) ПРОВОДЯТ ПО ФОРМУЛЕ :

$$p = \frac{D * \beta}{b}$$

$p$  коэффициент  
проницаемости

$D$  коэффициент  
диффузии

$\beta$  коэффициент  
распределения того  
или иного вещества  
между водой или  
липидом

$b$ - толщина мембраны  
и липидом



$$\beta = e^{\frac{-\Delta W}{k \cdot T}}$$

- $\Delta W$  Разность энергии  
Которым обладает  
частица(молекула)  
данного вещества в  
воде и липиде
- $D$  коэффициент  
диффузии
- $\beta$  коэффициент  
распределения того  
или иного вещества  
между водой или  
липидом  
 $b$ -толщина  
мембраныи липидом

У ионов эта энергия находится в сильной зависимости от диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ) сред, в которых они присутствуют, - среда с большой  $\epsilon$  сильнее взаимодействует с ионами:  $W=f(\epsilon)$ . в постоянном

электрическом поле  $\epsilon_{H_2O}=81$ ,  $\epsilon_{\text{липиды}}=2-3$ . Следовательно, разность

энергий ( $W$ ), которыми обладает молекула данного вещества в воде и липиде, тем больше, чем больше разница в диэлектрической ( $\Delta\epsilon$ ) воды и липида. а поскольку проницаемости

в формуле входит в показатель степени при основании натуральных логарифмов,

то  $\Delta\epsilon$  влияет на **очень сильно**

Потенциальный барьер ,который нужно преодолеть для переноса 1 иона из интерстиция в биомолекулярный липидный каркас биомембраны,рассчитывают по формуле Борна:

$$\Delta W = \frac{z^2 \cdot e^2}{2r \cdot k \cdot T} (\epsilon_{\text{липида}}^{-1} - \epsilon_{\text{H}_2\text{O}}^{-1})$$

$z$  -валентность иона;

$e$  -заряд электрона;

$r$  -радиус иона;

$k$  - $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж\*К<sup>-1</sup>(постоянная Больцмана);

$T$ -абсолютная температура.

Расчет свидетельствует, что для переноса через биомембрану одновалентного иона, имеющего радиус 0,2 нм, необходимо затратить энергию

$$\Delta W_{\beta} \text{ ), равную } \frac{70kT}{\beta=10^{-20}}, \text{ чему соответствует } \beta = 10^{-20}.$$

.Это означает, что переход ионов и других гидрофильных веществ через липидный мембранный каркас не возможен. у гидрофобных веществ

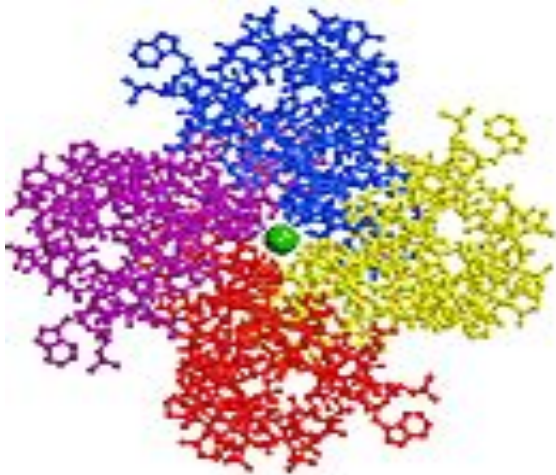
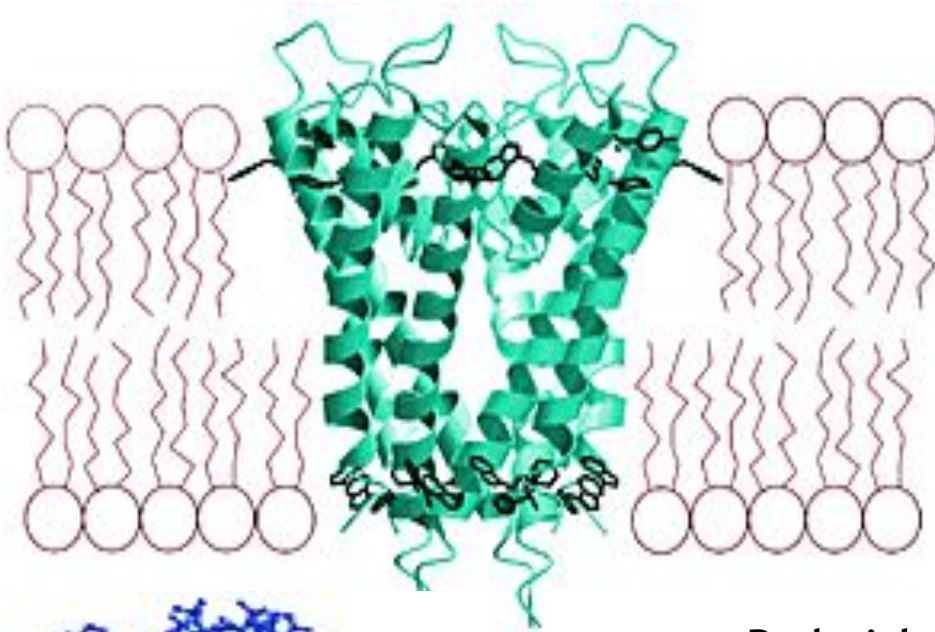
на много порядков больше, и они растворяются в мембранных липидах.

Поэтому механизмы переноса гидрофильных и гидрофобных веществ через биологические мембраны различаются коренным образом.

**ГИДРОФИЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА НЕ СПОСОБНЫ ПЕРЕЙТИ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА В ЛИПИДНЫЙ КАРКАС КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ. ДЛЯ ТРАНСМЕМБРАННОГО ПЕРЕНОСА У НИХ ЕСТЬ ДВЕ ВОЗМОЖНОСТИ:**

1. Одеться в гидрофобный «чехол» и в таком виде раствориться в липидной фазе мембраны (наподобие транспорта ионов калия валиминоцином)-так происходит транспорт гидрофильных веществ при помощи **переносчиков**
2. Пройти через такие места в биомембране , где  $\epsilon$  велика; заметим , что такую же величину, как в интерстиции и в цитозоле ,  $\epsilon$  имеет в сквозных порах, заполненных водой , т.е. в мембранных каналах –так происходит транспорт гидрофильных веществ по **каналам** в бомембране.

# ИОННЫЕ КАНАЛЫ В КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАНАХ



Roderick MacKinnon

Нобелевская премия по химии,  
2003

**Ионный канал для K  
(бактерия *Streptomyces  
lividans*)**

Ряд разных соображений дали основание считать, что в мембране должны быть некоторые специальные структуры -проводящие ионы. Такие структуры были найдены и названы ионными каналами .подобные каналы выделены из различных объектов: плазматические мембраны клеток, постсинаптической мембраны мышечных клеток и других объектов. Известны также ионные каналы, образованные антибиотиками.

### **Основные свойства ионных каналов:**

- 1.селективность
- 2.независимость характер проводимости
- 3.Дискретный характер проводимости
- 4.зависимость параметров каналов от мембранного потенциала

# СЕЛЕКТИВНОСТЬ

Способность ионных каналов избирательно пропускать ионы какого-либо одного типа.

Еще в первых опытах на аксоне кальмара было обнаружено, что ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  по-разному влияют на мембранный потенциал. Ионы  $\text{K}^+$  меняют потенциал покоя, а ионы  $\text{Na}^+$  - потенциал действия. В модели Ходжкина-Хаксли это описывается путем введения независимых калиевых и натриевых ионных каналов. Предполагалось, что первые пропускают только ионы  $\text{K}^+$ , а вторые - только ионы  $\text{Na}^+$ . Для основного иона селективность принимают за 1. Например, для  $\text{Na}^+$  канала этот ряд имеет вид:  $\text{Na}^+:\text{K}^+=1:0,05$



# НЕЗАВИСИМОСТЬ РАБОТЫ ОТДЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Прохождения тока через от того, идет ли ток через другие каналы. Например,  $K^+$  каналы могут быть включены или выключены, но ток через  $Na^+$  каналы не меняются

# ДИСКРЕТНЫЙ ХАРАКТЕР ПРОВОДИМОСТИ ИОННЫХ КАНАЛОВ

Ионные каналы представляют собой субъективный комплекс белков, пронизывающий мембрану. В центре его существует трубку, сквозь мембрану, сквозь которую могут проходить ионы. Количество ионных каналов на  $1 \text{ мкм}^2$ .

Поверхности мембраны определяли с помощью радиоактивно меченного блокатора натриевых каналов-тетродотоксина.

# ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ КАНАЛА ОТ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Ионные каналы нервных волокон чувствительны к мембранному потенциалу, например натриевый и калиевый каналы аксона кальмара. Это проявляется в том, что после начала деполяризации мембраны соответствующие токи начинают изменяться с той или иной кинетикой

# СТРУКТУРА ИОННОГО КАНАЛА

Ион-селективный канал состоит из следующих частей: погруженной в бислой белковой части, имеющей субъединичное строение; селективного фильтра, образованного отрицательными заряженными атомами кислорода, которые жестко расположены на определенном расстоянии друг от друга и пропускают ионы только определенного размера; воротной части.

# СХЕМА СТРОЕНИЯ НАТРИЕВОГО ИОННОГО КАНАЛА МЕМБРАНЫ В РАЗРЕЗЕ



# ТРАНСПОРТ С УЧАСТИЕМ ПЕРЕНОСЧИКОВ

- Транспорт многих гидрофильных веществ (моносахаридов, аминокислот, некоторых ионов и др.) обеспечивают подвижные переносчики. Переносчики в БМ могут работать, используя разные способы перемещения:
  - Миграционный
  - Ротационный
  - Сдвиговый

# МИГРАЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ

Присущ переносчикам, размеры которых меньше, чем толщина БМ. Вместе с тем транспортерами могут служить крупные белковые молекулы и их комплексы, преобладающие насквозь липидный бислой. Они переносят вещества через БМ посредством ротации или сдвига на расстоянии, равное толщине мембраны.

# РОТАЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ

Заключается в перевороте крупной молекулы переносчика вокруг оси , лежащей в плоскости мембраны , в результате чего транспортируемое вещество , посаженое на один конец такой молекулы , оказывается на противоположной стороне БМ. Ротационный перенос требует значительных затрат энергии и может оказаться эффективным только в том случае , если 1 молекула переносчика транспортирует одномоментно(за один поворот) много молекул переносимого вещества.



# СДВИГОВЫЙ МЕХАНИЗМ

Более выгодным в энергетическом отношении является механохимический процесс в молекуле переносчика , заключающийся не в полном ее перевороте , а в сдвиге отдельных областей относительно неподвижной части , причем с участком переносчика , уходящим с поверхности в глубь мембраны , в нее погружается и транспортируемое вещество. Это напоминает движение ленты транспортера

# СХЕМА РАБОТЫ МЕМБРАННЫХ ПЕРЕНОСЧИКОВ РАЗНЫХ ТИПОВ:

# МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОГЕНЕЗА ЖИВЫХ ТКАНЕЙ ГОЛЬДМАНА

Модель электрогенеза живых тканей Голдмана, или модель Голдмана-Ходжкина-Катца, или уравнение Голдмана-Ходжкина-Катца - одна из концептуальных физико-химических моделей, описывающих механизмы существования электромагнитных явлений в живой ткани.

Непосредственным источником электромагнитной энергии в любой клетке организма является динамический концентрационный элемент, образованный цитоплазматической мембраной и растворами ионов, которые неравновесно распределены между цитоплазмой и межклеточной жидкостью. Цитоплазматическая мембрана обладает неодинаковой проницаемостью для катионов и анионов и может изменяться в зависимости от разных причин. Процессы электрогенеза, протекающие на мембране являются стохастическими процессами.

Простейшей материальной физико-химической моделью, демонстрирующей механизмы электрогенеза в живых тканях является модель Нернста, а соответствующей простейшей математической моделью - уравнение Нернста. Эта простейшая модель рассматривает раствор только одной соли. Живые ткани содержат значительное число разных электролитов.

Математической моделью, аналогичной модели Нернста, но описывающей механизмы электрогенеза с учетом наличия многих электролитов, является модель Гольдмана-Ходжкина-Катца:

$$ЭДС = (RT:F)$$

$$\cdot \ln \left( \frac{p_{K1} C_{K1e} + p_{K2} C_{K2e} + \dots + p_{A1} C_{A1i}}{p_{K1} C_{K1i} + p_{K2} C_{K2i} + \dots + p_{A1} C_{A1e}} \right)$$

Здесь, как и в модели Нернста:  $R$  - универсальная газовая постоянная,  $T$  - абсолютная температура растворов,  $F$  - число Фарадея,  $C_{K1}$  - концентрация катиона 1 (например, калия),  $C_{K2}$  - концентрация катиона 2 (например, натрия),  $C_{A1}$  - концентрация аниона 1 (например, хлора),  $p_K$  - проницаемость мембраны для катиона,  $p_A$  - проницаемость мембраны для аниона, индексы при символах  $C_{K1}, \dots, C_{A1}$ :  $i$  - на внутренней поверхности мембраны,  $e$  - на наружной поверхности мембраны.

Модель Голдмана, как и модель Нернста, основана на допущении, что мембрана обладает нерегулируемой проницаемостью для ионов, обусловленной размером пор мембраны. Авторы модели не делали допущений относительно сущности процессов на мембране. На основании того, что эта модель аналитическая (но не вероятностная), можно полагать, что авторы считали само собой разумеющимся, что процессы на мембране по своей сущности жестко детерминированы. Очевидно, что в действительности, процессы на мембране являются вероятностными. Полное их описание должно включать по крайней мере две функции: зависимость математического ожидания от концентраций и проводимостей как случайных переменных и зависимость дисперсии от тех же переменных. Помимо того, процессы на мембране не являются пассивными. Это активные управляемые процессы. В частности, движение ионов через плазмалемму клетки может осуществляться не только путем простой диффузии, но и путем активного транспорта (натриевый насос)

# ВЫВОД

Проницаемость биологических мембран, важнейшее свойство биологических мембран (БМ), заключающееся в их способности пропускать в клетку и из неё различные метаболиты (аминокислоты, сахара, ионы и т.п.). П. б. м. имеет большое значение для осморегуляции и поддержания постоянства состава клетки, её физико-химический гомеостаз; играет важную роль в генерации и проведении нервного импульса, в энергообеспечении клетки, сенсорных механизмах и др. процессах жизнедеятельности. П. б. м. обусловлена особенностями строения БМ, являющихся осмотическим барьером между клеткой и средой, и служит характерным примером единства и взаимосвязи между структурой и функцией на молекулярном уровне.

# ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Медицинская биофизика, В.А.Самойлов, Санкт-Петербург, СпецЛит, 2007г
- Биофизика, В.Ф.Антонов, Москва, Владос, 2006 г
- Большая советская энциклопедия
- Интернет