**Функции биологических мембран. Ионные каналы мембран**

# **Введение**

Строение биологических мембран. Одной из основных особенностей всех эукариотических клеток является изобилие и сложность строения внутренних мембран. Мембраны отграничивают цитоплазму от окружающей среды, а также формируют оболочки ядер, митохондрий и пластид. Они образуют лабиринт эндоплазматического ретикулума и уплощенных пузырьков в виде стопки, составляющих комплекс Гольджи. Мембраны образуют лизосомы, крупные и мелкие вакуоли растительных и грибных клеток, пульсирующие вакуоли простейших. Все эти структуры представляют собой компартменты (отсеки), предназначенные для тех или иных специализированных процессов и циклов. Следовательно, без мембран существование клетки невозможно.

*Плазматическая мембрана,* или *плазмалемма,* - наиболее постоянная, основная, универсальная для всех клеток мембрана. Она представляет собой тончайшую (около 10 нм) пленку, покрывающую всю клетку. Плазмалемма состоит из молекул белков и фосфолипидов.

Молекулы фосфолипидов расположены в два ряда - гидрофобными концами внутрь, гидрофильными головками к внутренней и внешней водной среде. В отдельных местах бислой (двойной слой) фосфолипидов насквозь пронизан белковыми молекулами (интегральные белки). Внутри таких белковых молекул имеются каналы - поры, через которые проходят водорастворимые вещества. Другие белковые молекулы пронизывают бислой липидов наполовину с одной или с другой стороны (полуинтегральные белки). На поверхности мембран эукариотических клеток имеются периферические белки. Молекулы липидов и белков удерживаются благодаря гидрофильно-гидрофобным взаимодействиям.



*Схема строения мембраны: а* - *трехмерная модель; б - плоскостное изображение; 1 - белки, примыкающие к липидному слою (А), погруженные в него (Б) или пронизывающие его насквозь (В); 2* - *слои молекул липидов****;*** *3* - *гликопротеины; 4* - *гликолипиды; 5* - *гидрофильный канал, функционирующий как пора.*

# **1. Свойства и функции мембран**

Все клеточные мембраны представляют собой подвижные текучие структуры, поскольку молекулы липидов и белков не связаны между собой ковалентными связями и способны достаточно быстро перемещаться в плоскости мембраны. Благодаря этому мембраны могут изменять свою конфигурацию, т.е. обладают текучестью.

Мембраны - структуры очень динамичные. Они быстро восстанавливаются после повреждения, а также растягиваются и сжимаются при клеточных движениях.

Мембраны разных типов клеток существенно различаются как по химическому составу, так и по относительному содержанию в них белков, гликопротеинов, липидов, а следовательно, и по характеру имеющихся в них рецепторов. Каждый тип клеток поэтому характеризуется индивидуальностью, которая определяется в основном *гликопротеинами.* Разветвленные цепи гликопротеинов, выступающие из клеточной мембраны, участвуют в *распознава-нии факторов* внешней среды, а также во взаимном узнавании родственных клеток. Например, яйцеклетка и сперматозоид узнают друг друга по гликопротеинам клеточной поверхности, которые подходят другкдругу как отдельные элементы цельной структуры. Такое взаимное узнавание - необходимый этап, предшествующий оплодотворению.

Подобное явление наблюдается в процессе дифференциров-ки тканей. В этом случае сходные по строению клетки с помощью распознающих участков плазмалеммы правильно ориентируются относительно друг друга, обеспечивая тем самым их сцепление и образование тканей. С распознаванием связана и *регуляция транспорта* молекул и ионов через мембрану, а также иммунологический ответ, в котором гликопротеины играют роль антигенов. Сахара, таким образом, могут функционировать как информационные молекулы (подобно белкам и нуклеиновым кислотам). В мембранах содержатся также специфические рецепторы, переносчики электронов, преобразователи энергии, ферментные белки. Белки участвуют в обеспечении транспорта определенных молекул внутрь клетки или из нее, осуществляют структурную связь цитоскелета с клеточными мембранами или же служат в качестве рецепторов для получения и преобразования химических сигналов из окружающей среды.

Важнейшим свойством мембраны является также *избирательная проницаемость.* Это значит, что молекулы и ионы проходят через нее с различной скоростью, и чем больше размер молекул, тем меньше скорость прохождения их через мембрану. Это свойство определяет плазматическую мембрану как *осмотический барьер.* Максимальной проникающей способностью обладает вода и растворенные в ней газы; значительно медленнее проходят сквозь мембрану ионы. Диффузия воды через мембрану называется *осмосом.*

Существует несколько механизмов транспорта веществ через мембрану.

*Диффузия* - проникновение веществ через мембрану по градиенту концентрации (из области, где их концентрация выше, в область, где их концентрация ниже). Диффузный транспорт веществ (воды, ионов) осуществляется при участии белков мембраны, в которых имеются молекулярные поры, либо при участии липидной фазы (для жирорастворимых веществ).

*При облегченной диффузии* специальные мембранные белки-переносчики избирательно связываются с тем или иным ионом или молекулой и переносят их через мембрану по градиенту концентрации.

*Активный транспорт* сопряжен с затратами энергии и служит для переноса веществ против их градиента концентрации. *Он*осуществляется специальными белками-переносчиками, образующими так называемые *ионные насосы.* Наиболее изученным является Na-/ К--насос в клетках животных, активно выкачивающих ионы Na+ наружу, поглощая при этом ионы К- Благодаря этому в клетке поддерживается большая концентрация К- и меньшая Na+ по сравнению с окружающей средой. На этот процесс затрачивается энергия АТФ.

В результате активного транспорта с помощью мембранного насоса в клетке происходит также регуляция концентрации Mg2-и Са2+.

В процессе активного транспорта ионов в клетку через цито-плазматическую мембрану проникают различные сахара, нукле-отиды, аминокислоты.

Макромолекулы белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, липопротеидные комплексы и др. сквозь клеточные мембраны не проходят, в отличие от ионов и мономеров. Транспорт макромолекул, их комплексов и частиц внутрь клетки происходит совершенно иным путем - посредством эндоцитоза. При *эндоцитозе (эндо…* - внутрь) определенный участок плазмалеммы захватывает и как бы обволакивает внеклеточный материал, заключая его в мембранную вакуоль, возникшую вследствие впя-чивания мембраны. В дальнейшем такая вакуоль соединяется с лизосомой, ферменты которой расщепляют макромолекулы до мономеров.

Процесс, обратный эндоцитозу, - *экзоцитоз (экзо…* - наружу). Благодаря ему клетка выводит внутриклеточные продукты или непереваренные остатки, заключенные в вакуоли или пу-

зырьки. Пузырек подходит к цитоплазматической мембране, сливается с ней, а его содержимое выделяется в окружающую среду. Гак выводятся пищеварительные ферменты, гормоны, гемицел-люлоза и др.

Таким образом, биологические мембраны как основные структурные элементы клетки служат не просто физическими границами, а представляют собой динамичные функциональные поверхности. На мембранах органелл осуществляются многочисленные биохимические процессы, такие как активное поглощение веществ, преобразование энергии, синтез АТФ и др.

# **Функции:**

 барьерная - обеспечивает регулируемый, избирательный, пассивный и активный обмен веществ с окружающей средой. Например, мембрана пероксисом защищает цитоплазму от опасных для клетки пероксидов. Избирательная проницаемость означает, что проницаемость мембраны для различных атомов или молекул зависит от их размеров, электрического заряда и химических свойств. Избирательная проницаемость обеспечивает отделение клетки и клеточных компартментов от окружающей среды и снабжение их необходимыми веществами.

 транспортная - через мембрану происходит транспорт веществ в клетку и из клетки. Транспорт через мембраны обеспечивает: доставку питательных веществ, удаление конечных продуктов обмена, секрецию различных веществ, создание ионных градиентов, поддержание в клетке оптимального pH и концентрации ионов, которые нужны для работы клеточных ферментов.

Частицы, по какой-либо причине неспособные пересечь фосфолипидный бислой (например, из-за гидрофильных свойств, так как мембрана внутри гидрофобна и не пропускает гидрофильные вещества, или из-за крупных размеров), но необходимые для клетки, могут проникнуть сквозь мембрану через специальные белки-переносчики (транспортеры) и белки-каналы или путем эндоцитоза.

При пассивном транспорте вещества пересекают липидный бислой без затрат энергии по градиенту концентрации путем диффузии. Вариантом этого механизма является облегчённая диффузия, при которой веществу помогает пройти через мембрану какая-либо специфическая молекула. У этой молекулы может быть канал, пропускающий вещества только одного типа.

Активный транспорт требует затрат энергии, так как происходит против градиента концентрации. На мембране существуют специальные белки-насосы, в том числеАТФаза, которая активно вкачивает в клетку ионы калия (K+) и выкачивают из неё ионы натрия (Na+).

 матричная - обеспечивает определенное взаиморасположение и ориентацию мембранных белков, их оптимальное взаимодействие.

 механическая - обеспечивает автономность клетки, ее внутриклеточных структур, также соединение с другими клетками (в тканях). Большую роль в обеспечение механической функции имеют клеточные стенки, а у животных - межклеточное вещество.

 энергетическая - при фотосинтезе в хлоропластах и клеточном дыхании в митохондриях в их мембранах действуют системы переноса энергии, в которых также участвуют белки;

 рецепторная - некоторые белки, находящиеся в мембране, являются рецепторами (молекулами, при помощи которых клетка воспринимает те или иные сигналы).

Например, гормоны, циркулирующие в крови, действуют только на такие клетки-мишени, у которых есть соответствующие этим гормонам рецепторы. Нейромедиаторы (химические вещества, обеспечивающие проведение нервных импульсов) тоже связываются с особыми рецепторными белками клеток-мишеней.

 ферментативная - мембранные белки нередко являются ферментами. Например, плазматические мембраны эпителиальных клеток кишечника содержат пищеварительные ферменты.

 осуществление генерации и проведения биопотенциалов.

С помощью мембраны в клетке поддерживается постоянная концентрация ионов: концентрация иона К+ внутри клетки значительно выше, чем снаружи, а концентрация Na+ значительно ниже, что очень важно, так как это обеспечивает поддержание разности потенциалов на мембране и генерацию нервного импульса.

 маркировка клетки - на мембране есть антигены, действующие как маркеры - «ярлыки», позволяющие опознать клетку. Это гликопротеины (то есть белки с присоединенными к ним разветвленными олигосахаридными боковыми цепями), играющие роль «антенн». Из-за бесчисленного множества конфигурации боковых цепей возможно сделать для каждого типа клеток свой особый маркер. С помощью маркеров клетки могут распознавать другие клетки и действовать согласованно с ними, например, при формировании органов и тканей. Это же позволяет иммунной системе распознавать чужеродные антигены.

# **2. Ионные каналы**

Ионы Na+, K+, Са2+, Сl - проникают внутрь клетки и выходят наружу через специальные, заполненные жидкостью каналы. Размер каналов довольно мал (диаметр 0,5-0,7 нм). Расчеты показывают, что суммарная площадь каналов занимает незначительную часть поверхности клеточной мембраны.

Функцию ионных каналов изучают различными способами. Наиболее распространенным является метод фиксации напряжения, или «voltage-clamp». Сущность метода заключается в том, что с помощью специальных электронных систем в процессе опыта изменяют и фиксируют на определенном уровне мембранный потенциал. При этом измеряют величину ионного тока, протекающего через мембрану. Если разность потенциалов постоянна, то в соответствии с законом Ома величина тока пропорциональна проводимости ионных каналов. В ответ на ступенчатую деполяризацию открываются те или иные каналы, соответствующие ионы входят в клетку по электрохимическому градиенту, т.е. возникает ионный ток, который деполяризует клетку. Это изменение регистрируется с помощью управляющего усилителя и через мембрану пропускается электрический ток, равный по величине, но противоположный по направлению мембранному ионному току. При этом трансмембранная разность потенциалов не изменяется. Совместное использование метода фиксации потенциала и специфических блокаторов ионных каналов привело к открытию различных типов ионных каналов в клеточной мембране.

В настоящее время установлены многие типы каналов для различных ионов. Одни из них весьма специфичны, вторые, кроме основного иона, могут пропускать и другие ионы.

Изучение функции отдельных каналов возможно методом локальной фиксации потенциала «path-clamp»; Стеклянный микроэлектрод (микропипетка) заполняют солевым раствором, прижимают к поверхности мембраны и создают небольшое разрежение. При этом часть мембраны подсасывается к микроэлектроду. Если в зоне присасывания оказывается ионный канал, то регистрируют активность одиночного канала. Система раздражения и регистрации активности канала мало отличается от системы фиксации напряжения.

Ток через одиночный ионный канал имеет прямоугольную форму и одинаков по амплитуде для каналов различных типов. Длительность пребывания канала в открытом состоянии имеет вероятностный характер, но зависит от величины мембранного потенциала. Суммарный ионный ток определяется вероятностью нахождения в открытом состоянии в каждый конкретный период времени определенного числа каналов.

Наружная часть канала сравнительно доступна для изучения, исследование внутренней части представляет значительные трудности. П.Г. Костюком был разработан метод внутриклеточного диализа, который позволяет изучать функцию входных и выходных структур ионных каналов без применения микроэлектродов. Оказалось, что часть ионного канала, открытая во внеклеточное пространство, по своим функциональным свойствам отличается от части канала, обращенной во внутриклеточную среду.

Именно ионные каналы обеспечивают два важных свойства мембраны: селективность и проводимость.

Селективность, или избирательность, канала обеспечивается его особой белковой структурой. Большинство каналов являются электроуправляемыми, т.е. их способность проводить ионы зависит от величины мембранного потенциала. Канал неоднороден по своим функциональным характеристикам, особенно это касается белковых структур, находящихся у входа в канал и у его выхода (так называемые воротные механизмы).

Рассмотрим принцип работы ионных каналов на примере натриевого канала. Полагают, что в состоянии покоя натриевый канал закрыт. При деполяризации клеточной мембраны до определенного уровня происходит открытие m-активационных ворот (активация) и усиление поступления ионов Na+ внутрь клетки. Через несколько миллисекунд после открытия m-ворот происходит закрытие п-ворот, расположенных у выхода натриевых каналов (инактивация). Инактивация развивается в клеточной мембране очень быстро и степень инактивации зависит от величины и времени действия деполяризующего стимула.

Работа натриевых каналов определяется величиной мембранного потенциала в соответствии с определенными законами вероятности. Рассчитано, что активированный натриевый канал пропускает всего 6000 ионов за 1 мс. При этом весьма существенный натриевый ток, который проходит через мембраны во время возбуждения, представляет собой сумму тысяч одиночных токов.

При генерации одиночного потенциала действия в толстом нервном волокне изменение концентрации ионов Na+ во внутренней среде составляет всего 1/100000 от внутреннего содержания ионов Na гигантского аксона кальмара. Однако для тонких нервных волокон это изменение концентрации может быть весьма существенным.

Кроме натриевых, в клеточных мембранах установлены другие виды каналов, избирательно проницаемых для отдельных ионов: К+, Са2+, причем существуют разновидности каналов для этих ионов (см. табл. 2.1).

Ходжкин и Хаксли сформулировали принцип «независимости» каналов, согласно которому потоки натрия и калия через мембрану независимы друг от друга.

Свойство проводимости различных каналов неодинаково. В частности, для калиевых каналов процесс инактивации, как для натриевых каналов, не существует. Имеются особые калиевые каналы, активирующиеся при повышении внутриклеточной концентрации кальция и деполяризации клеточной мембраны. Активация калий-кальцийзависимых каналов ускоряет реполяризацию, тем самым восстанавливая исходное значение потенциала покоя.

Особый интерес представляют кальциевые каналы.

Входящий кальциевый ток, как правило, недостаточно велик, чтобы нормально деполяризовать клеточную мембрану. Чаще всего поступающий в клетку кальций выступает в роли «мессенджера», или вторичного посредника. Активация кальциевых каналов обеспечивается деполяризацией клеточной мембраны, например входящим натриевым током.

Процесс инактивации кальциевых каналов достаточно сложен. С одной стороны, повышение внутриклеточной концентрации свободного кальция приводит к инактивации кальциевых каналов. С другой стороны, белки цитоплазмы клеток связывают кальций, что позволяет поддерживать длительное время стабильную величину кальциевого тока, хотя и на низком уровне; при этом натриевый ток полностью подавляется. Кальциевые каналы играют существенную роль в клетках сердца. Электрогенез кардиомиоцитов рассматривается в главе 7. Электрофизиологические характеристики клеточных мембран исследуют с помощью специальных методов.

# **Заключение**

**Клеточная мембрана** (также цитолемма, плазмолемма, или плазматическая мембрана) - эластическая молекулярная структура, состоящая из белков и липидов. Отделяет содержимое любой клетки от внешней среды, обеспечивая её целостность; регулирует обмен между клеткой и средой; внутриклеточные мембраны разделяют клетку на специализированные замкнутые отсеки - компартменты или органеллы, в которых поддерживаются определённые условия среды.

Ионные каналы (ИК) относятся к мембранным интегральным белкам, пронизывающим клеточную мембрану поперёк. Они выстроены из нескольких субъединиц и образуют структуру со сложной пространственной конфигурацией. В этой своеобразной «молекулярной машине» имеются системы открытия, закрытия, избирательности, активации, инактивации и регуляции, а также участки-сайты для связывания с управляющими веществами.

ионный мембрана эукариотический кальциевый

# **Список использованной литературы**

1. http://kineziolog.bodhy.ru/content/ionnye-kanaly-membrany

2. http://lechebnik.info/447/7.htm

3. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0% 98% D0% BE % D0% BD % D0% BD % D1% 8B % D0% B5\_%D0% BA % D0% B0% D0% BD % D0% B0% D0% BB % D1% 8B

. https://ru.wikipedia.org/wiki/Клеточная\_мембрана

. http://sbio.info/page.php? id=15