

ПРОНИКАЯ В ТАЙНЫ ЖИВЫХ КЛЕТОК

У слова «мембрана» много значений. В теории упругости так называют закрепленную по контуру бесконечно тонкую пленку, модуль упругости которой в перпендикулярном направлении равен нулю. В технике мембрана — это тонкая пленка или пластинка, в биоло-

гии — «белково-липидная структура молекулярных размеров, расположенная на поверхности клетки».

О мембранах биологических и пойдет разговор. Как уже сказано, они располагаются на поверхности клеток или служат перегородками между ними.

Все клетки, как известно, на 80% состоят из воды. И не будь мембран, люди и животные вряд ли отличались бы физической активностью от медуз. Утверждение это может показаться смелым, но в ряду высказываний специалистов оно не так уж вызывающе.

Как считают ученые, в основе развития наук о жизни на Земле лежат проблемы наследственности и взаимодействия животных и растений с внешним миром. Организмы потребляют энергию солнца, перерабатывают пищу, улавливают внешние воздействия... Все связи, внешние и внутренние, в живых организмах координируют именно биологические мембраны.

Как же они работают? Ответ на этот вопрос проясняет многие другие: например, как работают желудок, сердце, легкие, какая связь между работой сердца и желудка, как устроено цветовое зрение...

Как удалось установить, в мембранах молекулы липидов довольно плотно прилегают друг к другу в продольном направлении, а в поперечном их электрически заряженные частицы выставлены в окружающую водную среду. Хвосты же молекул обращены друг к другу. Двойной слой липидов и составляет основу биологической мембраны — эластичной пленки с толщиной всего десятков микрометров.

Как отмечают специалисты, из всех образных сравнений больше всего подходит к биологическим мембранам такое: мембрана — это плотина, поддерживающая высокую разницу градиентов концентраций. Откуда такая способность?

Все жизненные отделы клетки как бы упакованы в соответствующие мембранные мешочки. А материал стенок мембран, как установили ученые, содержат в себе белковые системы, способные отсекают поступающие извне вещества. Но при этом, конечно, химические вещества могут проникать сквозь мембраны. Ведь мембрана — не герметичный затвор, а плотина. Если концентрация вещества вокруг клетки выше, нежели внутри, то липиды мембраны могут растворить это вещество в себе, захватить и перенести его внутрь клетки могут спе-

циальные переносчики мембраны. Но в случае опасности механизм этот может сработать, и наоборот; клетка израсходует часть энергии, но ненужное вещество вытолкнет из себя, если даже снаружи его концентрация выше, чем внутри, или же затянет нужное вещество в себя, если даже снаружи его меньше, чем в самой клетке. Для этого как клеточные, так и внутриклеточные мембраны содержат в себе своеобразные биологические насосы, работающие с довольно высоким коэффициентом полезного действия.

Механизм работы этих насосов довольно интересен. Натриевый насос, например, выбрасывает ионы натрия в среду, где этих ионов довольно много, а взамен захватывает ионы калия и втягивает в клетку, если даже их много внутри. Аналогично работают и другие отделы клетки, гарантируя ей надежное снабжение.

Конечно, работать в полной изоляции друг от друга клетки не могут. Им нужно поддерживать связь. Функции связников выполняют клетки-рецепторы, которые благодаря устройству мембран способны реагировать на звук, давление, температуру, запах, т. е. эти клетки принимают информацию. Далее следует передать ее по назначению. И это тоже делают мембраны — мембраны нервных клеток и их отростков-аксонов, которым нервные клетки передают импульсы и где выделяются химические вещества, управляющие деятельностью очередной клетки-передатчика; эти вещества либо активизируют процесс передачи информации, либо тормозят его.

Перечисленные процессы невозможны без поступления энергии, а поставляют ее клеткам все те же мембраны. Процесс этот особенно интересует ученых. Ведь проблема добычи энергии — проблема жизненно важная для человечества. Поэтому процесс преобразования солнечной энергии клеточными мембранами растений в электрическую давно и тщательно изучают. Вот что удалось выяснить.

Для приема солнечной энергии растения использу-

За цикл работ «Принципы функционирования транспортных систем биологических и модельных мембран и создание селективных ионометрических устройств», опубликованных в 1967—1984 гг., Государственная премия СССР присуждена Н. Г. Абдулаеву, Ю. А. Чизмаджеву, В. С. Маркину, М. М. Шульцу, А. А. Льву, О. К. Стефановой.

ют мембранные частицы, называемые хлоропластами, внутри которых, как удалось установить, расположены белковые соединения, осуществляющие фотосинтез. Непосредственно лучистую энергию улавливают частицы зеленого пигмента хлорофилла. Поглощение им фотонов света сопровождается отрывом электронов, которые далее попадают в мембранные белки, где энергию возбуждения электронов аккумулирует АТФ — аденозинтрифосфорная кислота.

В клетках животных процесс извлечения энергии, полученной в результате окисления пищи, происходит иначе. Энергостанции клеток животных — это сложно устроенные мембранные частицы митохондрии. Именно в них, как считают ученые, происходит синтез АТФ.

Иногда можно услышать расхожее мнение о том, что все болезни происходят от нарушения нервной деятельности. Нет смысла с этим спорить. Но нельзя в то же время не прислушаться к мнению специалистов о том, что многие болезни так или иначе связаны с патологией клеточных мембран. Пока рано говорить, где причина, а где следствие, но эксперименты показывают: у больных стенок кровеносных сосудов или мембран клеток сердца, когда реальна опасность инфаркта, чрезмерное электрическое сопротивление, что связывают, кстати, с нарушением движения транспортных мембранных белков. Давно известно и то, что в клетках злокачественных опухолей нарушена липидная конструкция остова мембран. А недавно получено доказательство того, что и причина гипертонической болезни связана с нарушением строения мембран клеток.

Обнаруженным закономерностям строения мембран и их свойствам посвящены многие книги. Но не менее важен вопрос о том, какую практическую пользу приносят сегодня эти исследования.

Нередко случается так, что результаты фундаментальных исследований многие годы остаются в копилке знаний человечества, не приносят конкретной, сиюминутной пользы. В данном случае путь от открытий к практическому их применению оказался не только короток, но и «получил» множество разветвлений, каждое из которых имеет огромное значение. Расскажем о некоторых.

Пока человек здоров, он не замечает, что ритмично бьется сердце, ритмично работают легкие, насыщая

стички. Если пересчитать это на скорость вычислений обычной цифровой вычислительной машины, получится весьма неплохое быстродействие — миллион операций в секунду. Обычный же компьютер, как сказано, с нелинейными задачами справляется неважно и при большем быстродействии. И это — если волна движется со скоростью всего лишь в одну десятую миллиметра в секунду. А ведь движение может быть и быстрее — скорость распространения волны зависит от химических веществ.

Процессор для компьютера — один из двух самых важных узлов. Но что может он без памяти, в которой машина хранила бы программу вычислений и результаты промежуточных расчетов? Можно ли создать для органического процессора органическую память? Исследования ученых позволяют ответить на этот вопрос положительно. А героем этих исследований стал белок, обнаруженный у бактерий, живущих в соленых озерах.

Этот белок очень похож на родопсин — белок, входящий в состав сетчатки глаза. Родопсин играет основную роль в преобразовании зрительной информации в электрические импульсы, которые с высокой точностью несут в мозг информацию о размерах, форме и цвете окружающих нас предметов. Именно родопсину обязаны мы тем, что видим зеленый лес, оранжево-красное солнце, можем прочитать книгу или посмотреть кинофильм. Но зачем нужен подобный белок микроскопическим слепым организмам? Ученые установили: с его помощью бактерии превращают в необходимую для жизни химическую энергию свет солнца.

Не так давно этот белок за сходство с родопсином глаза его называли бактериородопсином сумели выделить в чистом виде. Исследования показали, что, как и родопсин, белок разлагается на свету и восстанавливается в темноте. Разлагаясь, меняет цвет, восстанавливаясь, возвращает исходную окраску. Это свойство бактериородопсина навело на мысль о создании на его основе нового фотоматериала, не содержащего дефицитного серебра.

Работы над созданием так называемой бессеребряной фотографии идут сегодня в различных направлениях. Есть попытки заменить серебро фотопленки другими металлами и соединениями, пробуют ученые фотографировать и с помощью магнитных материалов. Но

окончательно проблема еще не решена. Использование бактериородопсина с его высокой чувствительностью — чувствительностью глаза! — может оказаться, как считают ученые, вполне оправданным. Конечно, на первых порах бактериородопсин, полученный в лабораторных условиях, будет недешев. Но бактерии можно научить размножаться, и со временем производство светочувствительного белка можно поставить на промышленную основу, как произошло с производством инсулина.

Дальнейшие исследования открыли новые перспективы использования бактериородопсина для бессеребряной фотографии — исследователям удалось получить из обезвоженного особым образом бактериородопсина тонкие пленки, напоминающие светочувствительный слой обыкновенной серебряной фотопленки. Сравнение их оказалось не в пользу последней. Изображение на бактериородопсине можно записывать, стирать, записывать вновь и снова стирать, что невозможно на серебряной фотоэмульсии. Качество же изображения, зафиксированного на бактериородопсине, тоже во много раз выше. Каждая его частичка в пленке имеет размер всего 40 ангстрем — в сотни раз меньше, чем частицы фотоэмульсии. Изображение на них получается как бы плотнее, поэтому можно записать гораздо больше информации.

Здесь стоит напомнить, что изображение — это тоже информация, и в принципе неважно, как ее записывать — на ферритовые кольца, магнитную ленту или фотопластинку. Главное, плотность записи должна быть как можно выше. А в этом, выяснили ученые, с бактериородопсином не могут соперничать даже магнитные диски памяти, которые используют в современных компьютерах. Причем запись и перезапись информации на диск, покрытый белковой фотоэмульсией, можно осуществлять почти столь же быстро, как на магнитный, и она надежно будет храниться несколько месяцев. Для ЭВМ этот срок вполне достаточен.

Так, исследования оптических свойств бактериородопсина помогли найти перспективный материал для памяти вычислительных машин. Но это не все. Ведь, по сути, открыт еще и органический преобразователь света в электричество. Вместо того чтобы добывать полупроводниковые материалы, очищать их до высокой степени, человек получает возможность использовать

материал, который в любом количестве может предоставить живая природа. И уже сегодня начаты работы по созданию «живых» солнечных электростанций...