Мембранное равновесие, связанное с различием концентрации солей внутри и вне клеток, известно давно. В 1911 г. Ф. Доннан объяснил это явление, впоследствии названное его именем.

Мембранное равновесие Доннана связано с переносом некоторого количества вещества низкомолекулярного электролита внутрь пространства, содержащего полимер, и, вследствие этого, неравномерного распределения концентраций этого электролита по обе стороны полупроницаемой мембраны.

Пусть в некоторый начальный момент времени концентрации ионов низкомолекулярного и высокомолекулярного соединений по обе стороны мембраны распределяются следующим образом:



Рис 1.

В левой части сосуда, разделенного полупроницаемой мембраной, находится раствор полимера, который в результате диссоциации представлен поликатионом R(Z+) и противоионом Cl–, концентрации которых равны соответственно C1 и ZC1. В левой части – раствор низкомолекулярного электролита, например KCl, с концентрацией С2, диссоциирующий на К+ и Cl–. При установлении равновесия вследствие диффузии в такой системе малые ионы K+ перемещаются преимущественно из правой части сосуда в левую. Макрокатионы R(Z+) не могут проникать через мембрану, поэтому для сохранения электронейтральности вместе с катионами K+ справа налево происходит перемещение избыточного числа анионов Cl–. В результате этих процессов концентрация низкомолекулярного электролита в растворе ВМС повышается:



Рис 2.

Условием равновесия является равенство произведений концентраций электролитов в левой и правой части сосуда, разделенного полупроницаемой мембраной:

**[K+]внутр.[Cl–]внутр. = [K+]внеш.[Cl–]внеш.**

Подставляя обозначения из рис.2, имеем уравнение:

**X (ZC1 + X) = (C2 – X)2**

Решая это уравнение относительно X, получаем:

**C22**

**X = .**

**ZC1 + 2C2**

Это и есть уравнение Доннана, которое показывает количество низкомолекулярного вещества, переносимого в фазу ВМС через полупроницаемую мембрану. Из него следует вывод, что низкомолекулярный электролит распределяется неравномерно по обе стороны мембраны. Перенос вещества всегда существует из внешнего раствора во внутренний, в результате чего во внутреннем растворе наблюдается более высокая концентрация переносимых электролитов по сравнению с внешним раствором. Этим же объясняется некоторый избыток осмотического давления в растворах, содержащих ВМС и электролиты.

Если концентрация низкомолекулярного электролита намного больше концентрации полимера (С2 >> C1), то **X = C2/2**, т.е. при малых концентрациях макроионов и больших концентрациях малых ионов наблюдается равномерное распределение малых ионов по обе стороны мембраны.

При обратном соотношении концентраций (C2 << C1), **XZC1 = C22**, откуда следует, что перенос X очень мал и обратно пропорционален величине ZC1.

Осмотическое давление раствора в левом отсеке складывается из осмотического давления, обусловленного присутствием ВМС и низкомолекулярного соединения:

**π1 = π1(ВМС) + π1(НМС) – π2(НМС).**

Та часть осмотического давления крови, которая создается растворенными в ней белками, называется *онкотическим* давлением. Хотя по абсолютной величине оно, как правило, незначительно (например, для плазмы крови на долю осмотического давления, создаваемого растворами белков приходится всего лишь 0,5 – 1 %), эта составляющая имеет большое физиологическое значение.

Все биологические мембраны полупроницаемы: в нормальных условиях проницаемы для неорганических солей и воды и непроницаемы для белков и полисахаридов. Этот эффект является одной из причин неравномерного распределения ионов вне и внутри клетки.