

## «ЗОЛОТЫЕ» УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ СИЛ НА МЕМБРАНЕ ЖИВОЙ КЛЕТКИ

### 1. Введение.

Мембрана является границей живой клетки, которая отделяет внешнюю среду – межклеточную жидкость, соседние клетки – от собственно внутренней среды, заполненной определенными, жизненно важными элементами. Кроме защиты внутренней среды, мембрана выполняет сложную транспортную функцию – пропускает в обоих направлениях вещества, необходимые для жизнедеятельности клетки. Мы не будем обсуждать особенности конструкции этой границы, отметим только, что транспортная функция асимметрична.

Главную роль в обеспечении известной избирательности мембраны играют четыре иона, значение которых в функционировании живой клетки никто не оспаривает [1] – ион натрия  $\text{Na}^+$ , ион калия  $\text{K}^+$ , ион кальция  $\text{Ca}^{++}$ , ион магния  $\text{Mg}^{++}$ . Они распределяются неравномерно по обе стороны мембраны, попарно создавая встречно направленные электрические поля. Очевидно, что эти силы принимают участие в обеспечении транспорта через мембрану, а также в формировании, так называемого, потенциал покоя живой клетки. Система сил на мембране здоровой клетки должна поддерживаться в равновесии для того, чтобы обеспечивалось постоянство ее внутренней среды.

Сознавая важную роль перечисленных выше ионов в жизни клетки, физиологи стремятся экспериментально установить концентрацию каждого иона как во внутренней, так и во внешней средах. Конечно, во внешней среде это выполнить намного легче.

### 2. Известные результаты.

Обычно в справочной литературе концентрации перечисленных ионов рассматриваются как некоторые биохимические константы [2]. Однако известно, что эти величины подвержены изменениям, установлены даже диапазоны значений этих величин в сыворотке крови, которые считаются нормальными [3]. Значения концентраций ионов в плазме крови из этой работы приведены в таблице 1.

Таблица 1.

	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>C', {мг%}</b>	<b>310 - 350</b>	<b>19 - 24</b>	<b>9 - 13</b>	<b>1,5 - 3,5</b>

Пересчитаем данные таблицы 1 к размерности мМ/л по формуле:

$$C = \frac{C'10^3}{m100}, \quad (1)$$

где  $C'$  – концентрация ионов в растворе, мг%;

$m$  - относительная атомная масса;

$C$  – концентрация ионов в растворе, мМ/л.

Результаты пересчета приведены в таблице 2.

Таблица 2.

	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
<b>C<sup>ex</sup>, [мМ/л]</b>	<b>134,84 - 152,24</b>	<b>4,86 - 6,14</b>	<b>2,24 - 3,24</b>	<b>0,617 - 1,44</b>

Итак, при условии, что концентрации перечисленных ионов во внешней среде клетки не выходят за пределы, указанные в таблице 2, клетка считается здоровой. Эта

гипотеза лежит в основе особой терапии, которая позволяет лечить многоклеточный организм посредством воздействия на среду, в которой функционируют клетки [3].

Приведем величины концентраций тех же ионов во внутренней среде клетки по данным источника [2].

Таблица 3.

	Na	K	Ca	Mg
$C^{in}, [mM/l]$	10	160	1	13

Как видно из таблицы 3, значения концентраций приведены без указания диапазона изменений, хотя очевидно, что изменения значений концентраций во внешней среде должны вызывать аналогичные изменения тех же величин внутри клетки. Значения, сведенные в таблицу 3, получаются постоянными как результат применения определенной технологии при подготовке к измерению концентраций ионов во внутренней среде клетки. Чтобы получить необходимое для эксперимента количество вещества, следует лишить оболочек большое количество клеток. Таким образом, результат измерений будет заведомо усредненным и достаточно неточным.

### 3. Безразмерное отношение величин концентраций.

Найдем безразмерную величину концентрации во внутренней среде, например, для иона натрия:

$$c_{\max} = \frac{Na^{in}}{Na^{in} + Na_{\max}^{ex}} = \frac{10}{10 + 152,24} = 0,06163708. \quad (2)$$

Если результат (2) умножить на 10, то получим значение, близкое к величине «золотого сечения» -  $\phi^{-1}$  ( $\phi = 1,6180371$ ). Приведем несколько степеней числа  $\phi = 1,6180371$ , которые нам понадобятся в дальнейшем:

$$\begin{aligned} \phi^{-1} &= 0,6180328 \\ \phi^{-2} &= 0,38196454 \\ \phi^{-3} &= 0,23606661 \\ \phi^{-4} &= 0,14589691 \\ \phi^{-5} &= 0,090169075 \end{aligned} \quad (3)$$

Применяя формулу (2), уточним величину концентрации для иона натрия во внутренней среде клетки

$$\frac{X}{X + 152,24} = 0,06180328, \quad (4)$$

откуда получим -  $Na_{\max}^{in} = 10,02874$ . Для другого крайнего значения концентрации этого иона во внешней среде (табл.2) найдем соответствующее значение концентрации того же иона во внутренней среде

$$\frac{X}{X+134,84} = 0,06180328. \quad (5)$$

В результате получим –  $Na_{\min}^{\text{in}} = 8,88252$ . Таким образом, вычисляем еще одну границу диапазона значений для концентраций иона натрия во внутренней среде клетки.

#### 4. Обоснование коррекции значений.

Идея вычислений по формулам (4), (5), приведенным выше, основывается на одной интересной гипотезе, которая изложена в выводах статьи [4]:

«Системы, обусловленные борьбой структур за существование, порождают внутренние контуры самоуправления и обеспечивают условия выживания только для структур, эволюционирующих к гармонии, и поддерживают равновесие породившей их системы».

Действительно, по обе стороны мембраны клетки существует система ионов, которая создает электрические поля, поддерживающие асимметрию концентраций. Этот контур регулирования возник в процессе борьбы клеток за выживание, а, следовательно, определенные параметры процесса должны характеризоваться числами, подтверждающими наличие гармонии. «Все есть число» – говорил Пифагор. «Число заложено в основу мироздания: изучая числа, мы изучаем Жизнь». Но здесь надо сделать важное дополнение. Пифагор изучал не просто числа, а *законы гармонии чисел*.

Проверим наше предположение, вычислив значения по формуле (4) для других ионов этой системы:

$$\frac{K_{\max}^{\text{ex}}}{K_{\max}^{\text{ex}} + K_{\max}^{\text{in}}} = \frac{6,14}{6,14+160} = 0,036956703 \gg \phi^2 10^{-1}$$

$$\frac{Ca^{\text{in}}}{Ca^{\text{in}} + Ca_{\max}^{\text{ex}}} = \frac{1}{1+3,24} = 0,23584905 \gg \phi^3 \quad (6)$$

$$\frac{Mg_{\max}^{\text{ex}}}{Mg_{\max}^{\text{ex}} + Mg_{\max}^{\text{in}}} = \frac{1,44}{1,44+13} = 0,099722991 \gg \phi^4$$

Откорректируем результаты (6) по данным (3) и по формулам (4), (5), а также вычислим максимальную и минимальную концентрации каждого из четырех ионов во внутренней среде клетки. Результаты сведем в таблицу 4.

Таблица 4.

	Na	K	Ca	Mg
$C^{\text{in}}, [\text{мМ/л}]$	8,88252- 10,02874	122,37694- 154,60790	0,69219- 1,00120	3,62094- 8,45081

Подтвердить экспериментально данные таблицы 4 пока не представляется возможным. Как шутил А.Эйнштейн: «Лишь только теория решает, что мы ухитрились наблюдать».

Неравномерное распределение ионов по обеим сторонам мембраны клетки является причиной возникновения электрических полей разных направлений. Например, электрическое поле, образованное ионами натрия, направлено внутрь клетки, а ионы калия создают поле, направленное встречно, во внешнюю среду. Электрический

потенциал, которым на мембране характеризуется энергия этих полей, вычисляется по уравнению Нёрнста [5]:

$$\Phi = -\frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Na}^{in} + C_{K}^{in} + \dots}{C_{Na}^{ex} + C_{K}^{ex} + \dots}, \quad (7)$$

где R – универсальная газовая постоянная (8,316 Дж/МольКл);

T - температура в градусах Кельвина;

F - постоянная Фарадея (96500 Кл/Моль);

n - валентность ионов,

in, ex - внутри и вне клетки соответственно.

При наличии в жидкости ионов разной валентности удобно использовать другую форму уравнения [5]:

$$\Phi = -\frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{K}^{in}}{C_{K}^{ex}} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Na}^{ex}}{C_{Na}^{in}} - \dots \quad (8)$$

Используя данные таблиц 2,4, легко убедиться, что соотношения концентраций каждого из рассматриваемых ионов (для крайних значений «нормального» интервала) одинаковы и для минимальных, и для максимальных значений. Таким образом, можно предположить неизменность значений частичных потенциалов (8), а также суммарного потенциала в пределах интервалов нормальных значений концентраций.

Напряженность суммарного электрического поля, пронизывающего мембрану, характеризуется значениями, которые можно оценить, исходя из следующих данных: толщина мембраны (метры) [1] –  $(5-15)10^{-9}$ , потенциал покоя клетки (вольты) [5] –  $(25-50)10^{-3}$ .

Значение напряженности для средних величин концентраций каждого из интервалов составит (в/м) –  $\frac{37,510^{-3}}{1010^{-9}} = 3,7510^6$ . Очевидно, что такие электрические поля в состоянии поддерживать равновесие электрических сил на мембране.

### 5. Гипотеза возникновения «золотых» соотношений.

Надо полагать, что подобные соотношения концентраций возникают естественно в результате постоянных сокращений живых клеток, в процессе которых из внутренней среды выталкиваются вещества во внешнюю среду и наоборот. Чтобы показать принципиальную возможность возникновения «золотых» пропорций при ритмических сокращениях клеток приведем простую математическую модель – пример последовательных вычислений по итерационной формуле [6]:

$$A(n)=A(n-1)+A(n-2), \quad (9)$$

где индексу последовательно придаются значения  $n = 3, 4, 5, \dots$

Основное условие для производства последовательных итераций то, что слагаемые правой части (9) должны быть больше нуля. Например,  $A(n-2) = 2, A(n-1) = 5$ , тогда третье число равно 7,  $A(3)=7$ , четвертое число равно 12., пятое число равно 19, шестое

число равно 31, седьмое число равно 50, восьмое число равно 81, девятое число равно 131, десятое число равно 211,  $A(10)=211$ . После 10 шага имеем соотношение:

$$1 = 131/211 + 81/211 \approx 0,62.. + 0.38... \quad (10)$$

Полученные числа близки к золотой пропорции –  $\phi^{-1}$  и ее квадрату –  $\phi^{-2}$ . Опыт вычислений по формуле (9) можно повторить с другими начальными условиями, но результат будет аналогичным (10).

### 6. Обсуждение результатов.

Из соотношений (10) следует интересный результат:

$$1 = \phi^{-1} + \phi^{-2}, \quad (11)$$

который может быть записан следующим образом

$$\phi^0 = \phi^{-1} + \phi^{-2}. \quad (12)$$

Для пары ионов натрия и калия выражение (11) справедливо, если равенство будет умножено справа и слева на одно и то же число –  $10^{-1}$ . Для второй пары ионов равенство (11) будет справедливым, если произвести аналогичное тождественное преобразование умножением на величину  $\tau^{-2}$ .

Результат (11), (12) можно обобщить

$$\phi^n = \phi^{n-1} + \phi^{n-2}, \quad (13)$$

где  $n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

Таким образом, получается числовой ряд, состоящий из различных степеней числа  $\phi$ , производящая формула которого (13) аналогична формуле для получения очередного члена ряда Фибоначчи. Возможность тождественных преобразований равенства (13) увеличивает множество особых числовых рядов, аналогичных классическому ряду.

Возникновение замечательных соотношений концентраций ионов натрия, калия (кальция, магния) по обе стороны мембраны можно было предположить, руководствуясь только таблицей Менделеева. Действительно, соотношения относительных атомных масс пары элементов-антагонистов, оказывающих противоположное (по последствиям) воздействие на организм, давали нам такие надежды. Приведем результаты вычислений этих соотношений:

$$\frac{K}{Na} = \frac{39,0983}{22,989768} = 1,70068; \frac{Ca}{Mg} = \frac{40,078}{24,3050} = 1,64896 \quad (14)$$

Соотношения относительных атомных масс ионов элементов, оказывающих одинаковое воздействие на организм, аналогичны (14):

$$\frac{Ca}{Na} = \frac{40,078}{22,989768} = 1,74329; \frac{K}{Mg} = \frac{39,0983}{24,3050} = 1,60865 \quad (15)$$

Результаты (12), (13) близки по значению к «золотому сечению» -  $\phi^1$ . Прав был Д.И.Менделеев, когда утверждал, что величина относительной атомной массы является главной характеристикой элемента.

### 7. Практика применения этих знаний.

Напомним, данные таблицы 1 (2) использовались для лечения тяжелых заболеваний организма человека [3]. Перед началом лечения производился особый анализ сыворотки крови пациента, и изучались его результаты. Определялся ион, концентрация которого выходила за нижнюю границу интервала допустимых значений (табл.1). Это было основанием для специфического терапевтического воздействия. Внутривенно вводился небольшой объем электролита (10мл), содержащего достаточно большую концентрацию этого иона. После паузы (несколько дней) анализ и процедура повторялась до возвращения концентрации ионов в интервал допустимых значений.

Интересно проследить, как изменялись концентрации четырех ионов в процессе лечения очень серьезной болезни – старческой гангрены [3]. В таблице 5 приведены результаты пяти последовательных анализов сыворотки крови больного. Воздействие осуществлялось на ион, концентрация которого вышла за нижнюю границу диапазона, таблица 1 (2). В данном случае, старались «поднять» концентрацию иона натрия  $\text{Na}^+$ , впрыскивая внутривенно (каждый раз) по 10мл электролита богатого этим ионом. После четвертой процедуры лечение было остановлено, больному не потребовалась ампутация ноги, так как концентрации всех ионов вернулись к значениям таблицы 2.

Другими словами, специфическое терапевтическое воздействие «восстанавливало гармонию чисел», то есть нормальные значения концентраций ионов по обе стороны мембран клеток. Восстановление нормальных концентраций ионов приводило к быстрому выздоровлению.

Таблица 5

С, [мм/л] Дата	Na	K	Ca	Mg
6.06	122,66	6,77	2,56	0,617
14.06	131,79	6,42	2,79	0,21
18.06	143,54	6,57	2,89	0,33
20.06	138,32	6,62	2,97	0,74
23.06	134,84	5,68	3,19	0,617

Механизм нормализации концентраций ионов на мембранах всех клеток организма (при воздействии на ограниченное число) требует своего объяснения. Автор описанной терапии считал, что лечебные растворы (St Na, St K) воздействуют на нервные окончания периферической системы, а ее сигналы включают в работу внутреннюю фармакологическую «фабрику» организма [3]. Результаты работы этого «предприятия» и обеспечивают гарантированный положительный результат. Конечно, такое объяснение можно принять только в качестве рабочей гипотезы. Работу [3] прочитать сегодня довольно сложно, поэтому укажем на научно-популярное изложение описанной терапии [7].

### 8. Механические силы воздействия на мембрану.

Пульсация живых клеток в питательной среде, которая наблюдается в микроскоп, вызывает изменение концентраций ионов в средах, разделенных мембраной. Однако одновременно надо признать, что именно изменение концентраций является причиной ритмичных сокращений клеток, так как это приводит к изменениям парциального

давления как внутри клетки, так и во внешней среде. Соотношение механических сил можно визуально определять по изменениям формы клетки.

Парциальное давление, вызванное отдельным ионом определяется из уравнения Вант-Гоффа [1]:

$$p = icRT, \quad (16)$$

где  $p$  - величина парциального давления, атм.град.;

$c$  - значение концентрации, моль/л ;

$R$  - постоянная, 0,082 л.атм/моль;

$T$  - термодинамическая температура,  $K^0$  ;

$i$  - коэффициент Вант-Гоффа (степень диссоциации), б/р.

Таким образом, если сумма парциальных давлений внутри клетки превосходит сумму давлений во внешней среде, то ее форма стремится к шарообразному, выпуклому виду. В противном случае, клетка стремится к форме плоскости, сплюсненному виду. Изменение формы приводит к вариации электрической емкости клетки как геометрического тела: от максимального значения – к минимальной величине.

Оценим возникающее парциальное давление, исходя из следующих величин: концентрация – 150 мМ/л, температура – 36 градусов Цельсия. Величина давления (атм.град.) для этих значений составит –  $150 \cdot 10^{-3} \cdot 0,082 \cdot 310 = 3,813$ . Как видим, механические силы обладают достаточным потенциалом для регулирования процессов на мембране. Равновесие как механических, так и электрических сил поддерживается благодаря «золотому» соотношению концентраций ионов по обе стороны границы живой клетки.

### 9. Заключение.

Благодаря введению понятия величины относительной концентрации было показано, что «золотые» соотношения на мембране возникают как результат жизнедеятельности клетки. Конечно, кроме электрических сил, на мембрану действуют и механические силы, вызванные парциальным давлением внутри и вне клетки. Однако и величины потенциала, и значения парциального давления определяются концентрацией ионов в растворе, следовательно, могут рассматриваться отдельно.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Х. Иост Физиология клетки. – М.: Мир, 1975. – 864с.
2. Хмелевский Ю.В., Усатенко О.К. Основные биохимические константы человека в норме и при патологии. – К.: Здоров'я, 1987. – 160с.
3. Самохоцкий А.С. Некоторые показатели состояния организма человека, основанные на определении соотношений микроэлементов в плазме крови. – Одесса, 1987. – 44 с. – Деп. ВНИИМИ МЗ СССР № Д-14130-87//Реф. в журн. «Медицинский реферативный журнал», 1987, №11, раздел 1Х, публ.1754.
4. Харитонов А.С. Мир стремится к хаосу или к гармонии?// «Акад. Тринитаризма», М., Эл №77-6567, публ. 14695, 23.01.2008.
5. Антомонов Ю.Г. Моделирование Биологических систем. – Киев: Наукова думка, 1977. – 258с.
6. Харитонов А.С. Откуда возникает золотая пропорция в природе?// «Академия Тринитаризма», М., Эл №77-6567, публ. 15043, 15.01.2009.
7. Самохоцкий А.С. О нервизме и лечебной проблеме его.//Химия и жизнь. – 1989. - №11. – 79-85.