

МЕТОД ПОТЕНЦИОМЕТРИИ В МЕДИЦИНЕ. СРАВНЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ

Зинченко А. Д.

(Научный руководитель – к.т.н, доц. Савенко Я. В.)

Вступление

Методы потенциометрии и амперометрии, применяемые в медицине, основаны на использовании различных металлических и модифицированных электродов, а также специально изготовленных сенсоров и биосенсоров. Например, сенсоры на основе углеродных пастовых, стеклоуглеродных и стеклоуглеродных модифицированных электродов используют при амперометрическом определении в моче и крови различных анионов. Также, разработан ряд потенциометрических микросенсоров на основе Si-датчиков для непрерывного контроля за различными медицинскими параметрами: рН, концентрации Na, Ca, K метаболитов глюкозы и лактата в крови пациентов. Одновременное определение содержания Ca, Pb, Tl в гемодиализных растворах предложено проводить потенциометрическим способом[5].

Преимущества потенциометрических методов перед другими методами:

- быстрота и простота;
- используя электроды, можно определять компоненты в очень маленьких по объему пробах, до десятых долей миллиметра;
- дает возможность проводить анализы в мутных и окрашенных растворах, вязких пастах, исключая процедуры фильтрования и перегонки;
- проба остается неиспорченной и пригодна для других анализов.

Метод потенциометрии. Уравнение Нернста

При потенциометрии измеряются не электродные потенциалы, а их разность, имеющаяся между двумя электродами. Один электродный потенциал постоянен, а второй, для конкретного электрода, зависит от концентрации определяемого потенциала[1]. Благодаря этому, имеется возможность определять концентрацию ионов в электролитах путем изменения разности потенциалов между электродом, так называемым измерительным, и электродом сравнения. Эта зависимость описывается уравнением Нернста:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln C, \quad (1)$$

где E — электродный потенциал; E₀ — стандартный электродный потенциал, измеряется в вольтах; R — универсальная газовая постоянная,

равная 8.31 Дж/(моль·К); T — абсолютная температура; F — постоянная Фарадея, равная 96485,35 Кл·моль⁻¹; n — число электронов, участвующих в процессе; C — активность соответственного вещества, участвующего в реакции (например, калий или натрий).

Уравнение Нернста позволяет предсказать максимальный рабочий потенциал, который может быть получен в результате электрохимического взаимодействия, когда известны давление и температура. Важно отметить, что приборы, которые измеряют потенциалы, а также концентрации различных ионов, называются иономерами.

Сравнения потенциалов Калия и Натрия

Калий (K^+) участвует в создании и поддержании электрического мембранного потенциала клеток. Он регулирует внутриклеточное осмотическое давление, стимулирует активность ферментов гликолиза, участвует в метаболизме белков и гликогена, играет важную роль в формировании потенциала действия в нервных и мышечных клетках.

Натрий (Na^+) является важнейшим осмотически активным компонентом внеклеточного пространства, с которым связана регуляция объема внеклеточной жидкости. 96% общего количества натрия в организме содержится вне клеток. Он участвует в проведении возбуждения в нервных и мышечных клетках, в формировании щелочного резерва крови и транспорте ионов водорода.

В наше время существуют достаточно продвинутые технологии, которые позволяют нам без проблем определить и сравнить потенциалы, концентрации данных элементов (калий, натрий) в нашем организме, а также их влияние. Ниже предоставлен график изменения проницаемости мембраны для ионов натрия и калия во время действия потенциала:

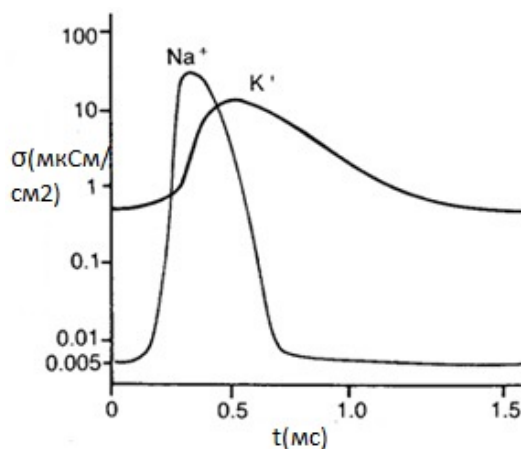


Рис. 1. Изменение проницаемости мембраны для ионов Na и K

Концентрация натрия в плазме (сыворотке) зависит от равновесия следующих процессов: распределения натрия в организме и его выведения почками, потовыми железами[2].

Концентрация калия в плазме (сыворотке) зависит от равновесия следующих процессов: поступления калия извне, распределения в организме и выведения (почками, потовыми железами, через кишечник и т. п.). Захват калия клетками стимулируется инсулином, также захват калия клетками усиливается под действием катехоламинов, альдостерона. Изменения рН крови приводят к изменению содержания K^+ в клетках[3]. При гиперкалиемии отмечаются желудочковая тахикардия, фибрилляция желудочков и даже асистолия, а также развиваются мышечная слабость, снижение рефлексов, гипотония, нарушения в проводящей системе сердца, непроходимость кишечника[2].

Таким образом, наличие стационарной разности потенциалов между цитоплазмой и наружной средой в покоящейся клетке обусловлено существующими концентрационными градиентами для K^+ , Na^+ и Cl^- и различной проницаемостью мембраны для этих ионов[4].

Выводы

Методы потенциометрии используются в клиническом анализе и в практике санитарно-гигиенических исследований. С помощью потенциометрических методов возможно определение концентрации физиологически активных ионов (H_3O^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , Br^- , I^-) в биологических жидкостях и тканях. При применении ферментных электродов возможно определение глюкозы, мочевины, аминокислот и других метаболитов.

Литература

1. Агасян П. К., Николаева Е. Р. Основы электрохимических методов анализа (потенциометрический диагностический метод), М., 1986.
2. Плэмбек Д. Электрохимические методы анализа, пер. с англ., М., 1985.
3. Справочное руководство по применению ионоселективных электродов, пер. с англ., М., 1986.
4. Владимиров Ю.А. Биологические мембраны и запрограммированная смерть клетки / Ю.А. Владимиров // Соросов, образов, журн. 2000. - Т.6.№9.
5. Слепченко Г. Б., Пикула Н. П., Дубова Н. М., Хлусов И. А., Быстрицкий Л. Д. Электрохимические методы контроля в медицинской, М., том 24, 2009.