



**EUROPEAN NETWORK
FOR ACADEMIC INTEGRITY**

The international research and practical conference
**THE DEVELOPMENT OF MEDICAL SCIENCES:
PROBLEMS AND SOLUTIONS**

April 27-28, 2018

Proceedings of the Conference

*Clinical Medicine,
Theoretical Medicine,
Pharmaceutical Sciences*

Brno – 2018

Organising Committee

Mgr. Tomas Folynek	Ph.D. – Head of the Board;
Mgr. Eva Klepárníková	Ph.D. – Deputy Head of the Board;
Kostiantyn Shaposhnykov	Professor, Head of Black Sea Research Institute of Economy and Innovation, Ukraine.

The development of medical sciences: problems and solutions: Conference Proceedings, April 27-28, 2018. Brno: Baltija Publishing, 172 pages.

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭРИТРОЦИТОВ

Батюк Л. В.

*кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры медицинской
и биологической физики и медицинской информатики
Харьковский национальный медицинский университет*

Човпан А. А.

*кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры
медицинской и биологической физики и медицинской информатики
Харьковский национальный медицинский университет*

Толоконникова А. А.

студент

*Харьковский национальный медицинский университет
г. Харьков, Украина*

Актуальность задачи. Электрофорез как биофизический и биомеханический метод определения величины заряда поверхности клеток получил широкое распространение в медицине как сравнительно несложный экспериментальный метод исследования важнейших свойств клеток крови [1]. Учет величины заряда клеток оказывается существенным при определении тромборезистентности вновь синтезируемых материалов, предполагаемых для использования в биоинженерных устройствах, в гемосорбции и ультрафильтрации крови. Хотя используемые приборы могут иметь различные модификации, принципиально методика проведения электрофоретических измерений не изменилась со времени её первой разработки. Что касается теоретических интерпретаций данных таких экспериментов, то они неоднозначны и зависят от выбора той или иной модели электрофоретического поведения исследуемых частиц. Такая постановка задачи существенно определяет её актуальность, поскольку гемосорбция активно используется в современной медицине для лечения таких заболеваний как бронхиальная астма, ревматоидный артрит, хронические гепатиты, эндокринные патологии, а также заболевания почек. В свою очередь ультрафильтрация крови является сверхважным методом в случаях серьезных заболеваний почек, а также отеков мозга и легких различной этиологии.

В литературе широко обсуждается роль электрического заряда клеток в поддержании структуры крови и функционировании системы микроциркуляции. Теория устойчивости таких процессов в подавляющем большинстве работ основана на работах Дерягина – Ландау – Фервея – Овербека (теория ДЛФО). Тем не менее, в рамках такого рассмотрения

несоответствие с результатами экспериментальных исследований агрегации клеток крови достигает больших расхождений, что может быть связано с неправильной интерпретацией результатов электрофоретических измерений. В соответствии с методикой электрофореза непосредственно определяется ЭФП, а пересчет на любую электроповерхностную характеристику частицы осуществляется с помощью той или иной формулы, предоставляемой теоретическими моделями. Следовательно, возникает задача обоснования допущений, принятых в классической и часто используемой теории электрофореза Смолуховского с точки зрения её применимости к эритроцитам.

Изучение ионообменных свойств эритроцитов показало, что в них содержатся анионы, к которым мембрана клеток непроницаема. Поэтому для сохранения водно-осмотического равновесия в плазме крови должны присутствовать не проникающие через мембрану катионы, что обеспечивается системой активного транспорта катионов, например, калий-натриевым насосом [4, 5]. Обменный насос клетки перекачивает натрий и калий против градиентов их электрохимических потенциалов, натрий – наружу, калий – внутрь клетки, а это эквивалентно непроницаемости мембран к наружному катиону. Что касается проникающих ионов, то они распределяются согласно доннановскому равновесию [6]. Следовательно, модель эритроцита можно рассматривать как модель ионита, а взвесь эритроцитов как модель дисперсной фракции частиц ионита.

Будем считать, что различие в коэффициентах активностей ионов растворителя в объеме частицы и электролита мало. Тогда равновесный двойной слой частиц формируется вследствие различий в свойствах объема частиц и электролита, в основном за счет неравных концентраций ионов. В этом случае возникают диффузионные потоки ионов, которые в стационарном состоянии приводят к образованию двойного слоя вокруг каждой частицы. Влияние мембраны на формирование двойного слоя будет сказываться на диффузионных процессах и значениях потенциала поверхности частицы, который может сильно отличаться от доннановского в случае достаточно большой толщины мембраны. Учет последней может быть весьма существен при рассмотрении нестационарных процессов, т.е. когда времена диффузии ионов через мембрану велики. В стационарных условиях влияние толщины мембраны определяет большее падение напряжения на мембране, что соответствует уменьшению значения

доннановского потенциала. Потенциал частицы полностью совпадает со значением доннановского потенциала при условии, что толщина мембраны имеет размер микроединиц [7]. Приведенное условие ограничивает применимость получаемых формул биологическими клетками с достаточно малой толщиной мембраны, что имеет место для

эритроцитов, и отвечает модели эритроцита, если она рассматривается как жидкая капля.

Пусть для мембран эритроцита проникающими являются ионы Cl^- . Значения доннановского потенциала частиц ψ_D для известных из литературы концентраций этих ионов внутри (~ 70 - 80 ммоль/л) и вне (~ 100 - 110 ммоль/л) эритроцитов составляет (~ 10 мВ). При условии, что эффективная толщина мембраны эритроцита d^{eff} зависит от коэффициента диффузии и концентрации ионов внутри клетки, для эритроцита соотношение для электрофоретической подвижности может быть записано в виде

$$U_{er} = \frac{\varepsilon \zeta^{eff}}{4\pi\eta} \cdot (1 + d^{eff})^{-1},$$

где ζ^{eff} – эффективный электрокинетический потенциал клетки.

Последняя формула определяет зависимость электрофоретической подвижности не только от изменяющихся электроповерхностных свойств эритроцита, но и от отношений подвижностей ионов (коэффициентов диффузии) внутри и снаружи для каждой клетки. Практическое исследование показывает систематически более высокие значения дзета-потенциала при любых значениях отношений подвижностей ионов внутри и вне клетки в ионитной модели эритроцита сравнительно с расчетами, предлагаемыми в теории М. Смолуховского.

Выводы. Существующие теоретические модели электрофореза форменных элементов крови нередко не отражают реальные свойства клеток в условиях патологии. Из многочисленных биофизических и биомеханических исследований клеток крови следует, что в процессе старения происходит изменение проницаемости клеточной мембраны и нарушение дифференцировки клеточных структур. Аналогичные рассуждения возникают и при рассмотрении эволюции ионообменных свойств форменных клеток крови при патологии организма. Отсюда следует полезность электрофоретической методики исследования клеток при указанных условиях и ценность предложенной модели для интерпретации этих экспериментов.

Литература:

1. Cherry H. Tamblyn, Roy L. Swank, Geoffrey V.F. Seaman & Charles F. Zukoski Iv. Red Cell Electrophoretic Mobility Test for Early Diagnosis of Multiple sclerosis // A Journal of Progress in Neurosurgery, Neurology and Neurosciences Volume 2, 1980. Issue 1. <http://dx.doi.org/10.1080/01616412.1980.11739572>
2. Галкин В.А. Уравнение Смолуховского. – М.: Физматлит, 2001. – 336 с.

3. Харамоненко С.С., Ракитянская А.А. Электрофорез клеток крови в норме и при патологии. – Минск: Беларусь, 1974. – 144 с.
4. Gareyev RA. Adsorption-transport function of erythrocytes: important facts about new diagnostic capability. International Journal of Applied and Fundamental Research 2011; 1: 5-10.
5. Бароненко В. А., Тупиневич Г. С. Натриевые насосы и электрофоретическая подвижность эритроцитов в условиях стресса // Электрофорез клетки. Уфа, 1987. С. 8-10.
6. Ohshima H, Kondo T. Membrane potential and Donnan potential // Biophys Chem. 1988 Apr;29(3):277-81.
7. Ohshima H, Ohki S. Donnan potential and surface potential of a charged membrane // Biophysical journal. V. 47. 1985:673-678. DOI: 10.1016/S0006-3495(85)83963-1

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ЛЕЧЕНИЮ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Толоконникова А. А.
студент

Харьковский национальный медицинский университет

Човпан А. А.
*кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры
медицинской и биологической физики и медицинской информатики
Харьковский национальный медицинский университет*

Батюк Л. В.
*кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры медицинской
и биологической физики и медицинской информатики
Харьковский национальный медицинский университет
г. Харьков, Украина*

Актуальность темы. Ежегодно около 14 миллионов людей узнают о том, что они больны злокачественными новообразованиями. По прогнозам экспертов, к 2030 году количество умерших будет составлять 13 миллионов. По данным ВОЗ, около 30% смертей от злокачественных заболеваний можно было избежать путем исключения основных факторов риска, таких как курение, чрезмерное питание, недостаточное количество употребляемых фруктов и овощей, гиподинамия, злоупотребление алкоголем, загрязнение окружающей среды в крупных городах и так далее. Кроме того, важную роль играет своевременное и