

ДАД на 6 минуте восстановления	82,33±9,14	59,75±11,29	0,004
-----------------------------------	------------	-------------	--------------

**Различия значимы при $p < 0,05$*

Выводы:

1. У юных спортсменов отмечается увеличение восстановительного периода после максимальных физических нагрузок.
2. Синдром дисплазии соединительной ткани является одним из факторов снижения физической работоспособности у лиц молодого возраста в условиях интенсивных тренировок и необходимости адаптации сердечно-сосудистой системы к регулярным физическим нагрузкам.

Литература:

1. Нечаева Г. И. Дисплазия соединительной ткани: терминология, диагностика, тактика ведения пациентов. / Нечаева Г. И., Викторова И. А. / Омск, Издательство: ООО «Типография БЛАНКОМ», 2007. 188 с.
2. Осипов В.Н. Особенности адаптационных и восстановительных реакций системы кровообращения на физическую нагрузку у баскетболисток высшей лиги. / Осипов В.Н., Осипова Е.Н. / Физическое воспитание студентов, № 4 / 2011, С. 60-63.
3. Самусев Р.П. Структурные изменения сердца у спортсменов с соединительнотканными дисплазиями / Р.П. Самусев, Е.В. Зубарева, П.Ю. Конотобсков / Вестник Волгоградского государственного медицинского университета, Т.48, № 4 / Волгоград, 2013, с. 87 – 88.

УДК 61:577.3

Орхей Е.¹, Шкляр Т.Ф.^{2,3}

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ГЕЛЕЙ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

¹Институт физической культуры, спорта и молодежной политики
Уральский Федеральный Университет имени первого президента Российской
Федерации Б.Н. Ельцина

²Кафедра медицинской физики, информатики и математики
Уральский государственный медицинский университет,

³Отдел биомедицинской физики и инженерии ЦНИЛ УГМУ³,

Екатеринбург, Российская Федерация

Orhei E.¹, Shklyar T.F.^{2,3}

ELECTROMECHANICAL TRANSDUCTIONS OF POLYELECTROLYTE GELS IN THE HYDRODYNAMIC SYSTEM

¹Institute of Physical Education, Sport and Youth Policy

Ural Federal University named after the first President of Russian Federation
B.N.Yeltsin

²Biomedical physics and engineering department

Ural State Medical University

²Engineering CRL USMU

Yekaterinburg, Russian Federation

Контактный e-mail: orhej2013@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена изучению механического поведения биосовместимых полиэлектrolитных гелей на основе полиметакриловой кислоты, погруженных в проточный солевой раствор (NaCl), и помещенных в постоянное электрическое поле.

Annotation. This paper addresses the effects of a DC electric field on the mechanical behavior of polyelectrolyte gel samples immersed in the flowing solution of NaCl.

Ключевые слова: полиэлектrolитные гели, постоянный электрический ток, электромеханическое преобразование, гидродинамика.

Keywords: polyelectrolyte gels, DC electric field, electromechanical transduction, hydrodynamics.

Синтез и изучение свойств полиэлектrolитных гидрогелей представляет большой теоретический и практический интерес для биомедицинских приложений. Ранее, в работах [1-4] были изложены результаты исследований механического поведения гелей под воздействием постоянного электрического поля, где было обнаружено колебательное движение образцов в зависимости от физико-химических свойств материала и различных управляющих факторов. В настоящей работе сделана попытка тестировать механику гелей в экспериментальных условиях, близких к биологическим средам. В частности, в проточном солевом растворе NaCl, который поддерживает кислотно-щелочной баланс и осмотическое давление в живых системах.

Цель исследования – исследование механической активности синтетических полиэлектrolитных гидрогелей в постоянном электрическом поле и в проточной солевой среде.

Материалы и методы

Синтез гидрогелей был выполнен на кафедре высокомолекулярных соединений ИЕН УРФУ по руководством проф. А.П. Сафронова. Гели полиметакриловой кислоты (ПМАК) были созданы полимеризацией частично нейтрализованной метакриловой кислоты с метилен-диакриламидом (МДАА) в качестве сшивателя. Общая концентрация мономеров в каждом случае была 2,7М тогда как концентрация сшивающего реагента была 1:200. Образец погружали в раствор хлорида натрия (NaCl) концентрацией 5мМ.

Экспериментальная часть выполнялась на установке, сконструированной специально для проведения широкого ряда экспериментов с гелями. Образцы геля в форме прямоугольного стержня длиной 8-9 мм погружали в раствор NaCl между двумя платиновыми электродами. Один конец образца жестко фиксировался к экспериментальной камере, а второй оставался свободным. Данная установка позволяет контролировать как напряжение, так и силу тока между электродами в камере, что дает дополнительную информацию об изменениях, происходящих как в среде, так и в образце. Создавали поле напряженностью 1,2 В/мм в течение 20-25 минут. Механическое поведение регистрировалось видеокамерой. С помощью покадрового анализа видеоизображений вычислялись количество и угол отклонений свободного конца геля к полюсам поля.

Результаты исследования и их обсуждение

В эксперименте изучается влияние системы протока на характер колебательного движения свободного конца исследуемого геля: амплитуда и количество флуктуаций в электрическом поле. При различных условиях подачи раствора в ячейку, механическая активность гидрогеля изменяется, что отражено в таблице (ниже), где положительные значения - отклонение к катоду, а отрицательные к аноду.

Таблица

Значения угла отклонения гелей при разных условиях подачи
раствора

Условия подачи раствора	Угол отклонения конца геля, град				
	Номер отклонения				
	1	2	3	4	5
Без протока (n=9)	+90±6	-83±14	+56±13	-28±18	+64±15
Проток раствора (n=6)	+83±7	-22±6	+9±12	-	-

Из таблицы видно, что гель, находящийся в проточной системе, совершил три отклонения, из которых два к катоду, один – к аноду. В статической системе механические свойства проявляются активнее, свободный конец геля совершил пять отклонений, из которых три к катоду, два – к аноду. Очевидно, что проток раствора в ячейке с образцом снижает эффективность электромеханических преобразований. Действительно, из-за постоянного поступления свежего раствора в камеру с образцом, в ячейке уменьшается градиент концентрации, в следствие снижается активность геля в протоке. Повышенная активность геля в замкнутой системе может быть вызвана увеличением количества зарядов в растворе в результате гидролиза на электродах. Действительно, замечено, что сила тока в камере при постоянном напряжении существенно возрастает в стационарной среде: прирост тока более чем в два раза от исходной.

Подвод свежего раствора в камеру с образцом, приводит к уменьшению градиента ионной концентрации в электрическом поле, которая является движущей силой возникновения механических колебаний гелевых актуаторов в постоянном электрическом поле [1]. Поэтому при прочих равных условиях фиксировали величину силы тока. Отмечено, что и в этом случае проточная система резко снижала механическую активность гидрогеля.

Проведена сравнительная оценка подвижности геля ПМАК 200/0 в стационарной среде в зависимости от характеристик постоянного электрического поля. Изменения угла изгиба представлены на графике ниже.

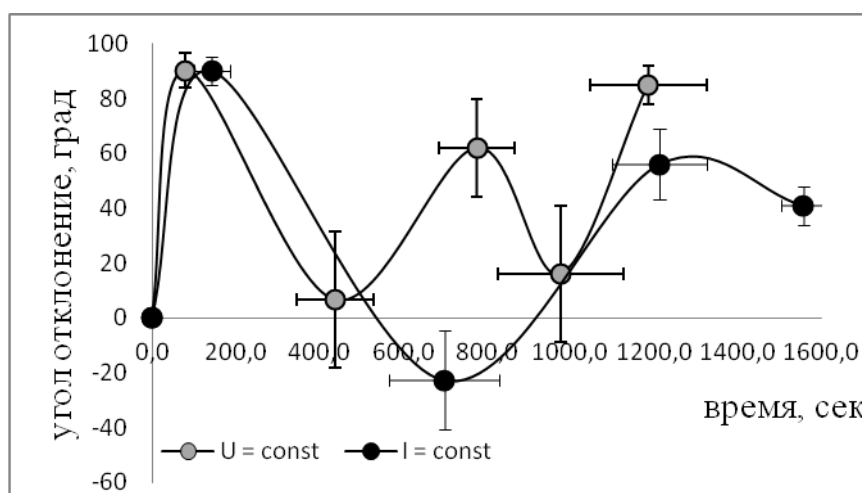


Рисунок. График зависимости угла отклонения геля в стационарной среде от характеристик постоянного электрического поля

Установлено, что период колебаний геля ПМАК 200/0 при постоянном напряжении меньше, то есть гель увеличивает скорость колебаний. В то время как при постоянной величине силы тока, скорость движения снижается, хотя амплитуда отклонения несколько больше. Кроме того, количество колебаний уменьшается.

Таким образом, проток раствора в ячейке с образцом снижает эффективность электромеханических преобразований.

Выводы:

1. Установлено, что проток раствора понижает подвижность геля в постоянном электрическом поле: уменьшает угол отклонения и количество колебаний;
2. Параметры механической активности гидрогеля зависят от величины электродвижущей силы, возникающей в растворе.

Литература:

1. Blyakhman F. To the mechanism of polyelectrolyte gel periodic acting in the constant DC electric field / F. Blyakhman, A.P. Safronov, T.F. Shklyar, M.A. Filipovich / Journal «Sensors and actuators», V.229 (2015) P.104-109 / Электронный ресурс: <http://www.elsevier.com/locate/sna> (Available online 03.04.2015)
2. Doi M. Deformation of ionic polymeric gels by electric fields / M. Doi, M. Matsumoto, Y. Hirose / Journal «Macromolecules» V.25 (1992) P.5504–5511 /

Электронный ресурс: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ma00046a058> (Available online 01.05.2002)

3. Lim H.L. Dynamic electromechanical hydrogel matrices for stem Cell Culture / H.L. Lim, J.C. Chuang, T. Tran, A. Aung, G. Arya, S. Varghese / Journal «Advanced Functional Materials V.21 (2011) P.55–63 / Электронный ресурс: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.201001519/abstract;jsessionid=A2CDFE95D241035A8CB03E7C743310D9.f01t04> (Available online 07.01.2011)

4. Safronov A.P. DC Electric Fields Produce Periodic Bending Of Polyelectrolyte Gels / M.Shakhnovich, A. Kalganov, I.A. Kamalov, T.F. Shklyar, F.A. Blyakhman, G.H. Pollack / Journal «Polymer» V.52 (2011) P.2430-2436 / Электронный ресурс: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032386111002540> (Available online 13.05.2011)

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Грант № 16-08-00609)

УДК 61:577.3

М.А. Русинова^{1,2}, А.О. Добрейкина¹, Т.Ф.Шкляр^{2,3}
ОЦЕНКА МОДУЛЯ ЮНГА ФЕРРОГЕЛЕЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

¹Департамент «Физический факультет» УрФУ,

²Кафедра медицинской физики, информатики и математики
Уральский государственный медицинский университет,

³Отдел биомедицинской физики и инженерии ЦНИЛ УГМУ,
Екатеринбург, Российская Федерация

М.А. Rusinova^{1,3}, A.O. Dobreikina¹, T.F. Shklyar^{2,3}
YOUNG'S MODULUS TESTING IN THE FERROGELS FOR MEDICAL APPLICATIONS

¹Department of Physics, UrFU,

²Biomedical physics and engineering department
Ural State Medical University

³Department of Biomedical Physics and Engineering CRL USMU,
Yekaterinburg, Russian Federation

Контактный e-mail: rusinova.mari@iCloud.com

Аннотация. В статье рассмотрены упругие свойства синтетических полиакриламидных гелей с наночастицами оксида железа (FeO_x) и влияние