

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ АЛЛОПЛАСТИКИ ПЕРЕДНЕЙ БРЮШНОЙ СТЕНКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

COMPARISON OF METHODS OF ANTERIOR ABDOMINAL WALL ALLOPLASTY IN THE EXPERIMENT

M. Polidanov
L. Vysotsky
D. Gavrikov
S. Kapralov
M. Barulina
K. Volkov

Summary. Due to the small number of scientific studies on alloplasty techniques for postoperative anterior abdominal wall hernias, there is still an urgent need to search for new techniques of anterior abdominal wall alloplasty, as well as the development and implementation of surgical mesh implants. *The purpose of the study.* Comparison of anterior abdominal wall alloplasty techniques in an acute experiment. *Materials and methods of research.* 36 laboratory rats of Standard breed, weighing 400 ± 50 g, were used as biological models in the experiment. In the conditions of acute experiment, the laboratory animals under general anesthesia in aseptic conditions underwent alloplasty with a mesh implant (Esfil, RF) according to the sublay technology. Two observation groups were formed (18 operated rats in each group) depending on the performed method of alloplasty. In the 1st group alloplasty with fixation of the implant with through U-shaped sutures was performed, whereas in Group 2 the implant was not fixed. On the 21st day, material was collected for biomechanical and morphologic studies. *Results.* It was found that the difference in biomechanical indices after modeling prosthetic alloplasty with two different techniques (with and without fixation) was not statistically significant in elastic-plastic deformations. *Conclusion.* During biomechanical and morphological studies, it was proved that the strength of the abdominal wall in modeling posterior separation alloplasty does not depend on the method of fixation of the implant to the abdominal muscles.

Keywords: ventral hernias; prosthetic alloplasty; biomechanical properties of mesh implants; biomechanical study of prosthetic alloplasty properties, morphological evaluation.

Полиданов Максим Андреевич

Специалист, ассистент кафедры,
Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanoff@yandex.ru

Высоцкий Лев Ильич

Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Гавруков Дмитрий Сергеевич

Врач-хирург, заведующий хирургическим
отделением №4, Городская клиническая больница
имени С.С. Юдина, г. Москва

Капралов Сергей Владимирович

Доктор медицинских наук, доцент, заведующий
кафедрой, Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Барулина Марина Александровна

Доктор физико-математических наук, доцент,
профессор, Медицинский университет «Реавиз»,
г. Саратов;

Доктор физико-математических наук, директор,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет;

заведующий лабораторией, Саратовский научный
центр РАН, Институт проблем точной механики
и управления РАН

Волков Кирилл Андреевич

Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского

Аннотация. В связи с малым количеством научных исследований о способах аллопластики при послеоперационных грыжах передней брюшной стенки по-прежнему существует острая необходимость поиска новых методик аллопластики передней брюшной стенки, а также разработки и внедрения хирургических сетчатых имплантов. *Цель исследования.* Сравнение методов аллопластики передней брюшной стенки в остром эксперименте. *Материалы и методы исследования.* В качестве биологических моделей в эксперименте использовались 36 лабораторных крыс, породы «Стандарт», массой 400 ± 50 г. В условиях острого эксперимента лабораторным животным под общей анестезией в асептических условиях выполнялась аллопластика сетчатым имплантом (Эсфил, РФ) по технологии sublay. Были сформированы 2 группы наблюдения (по 18 прооперированных крыс в каждой группе) в зависимости от выполненного способа аллопластики. В 1-й группе производили аллопластику с фиксацией импланта сквозными П-образными швами, тогда как во 2-й группе имплант не фиксировался. На 21-е сутки производился забор материала для биомеханического и морфологического исследований. *Результаты.* Было установлено, что разница биомеханических показателей после моделирования протезирующей аллопластики двумя разными методиками (с фиксацией и без фиксации) статистически не значима в области упруго-пластичных деформаций. *Заключение.* В ходе биомеханического и морфологического исследований было доказано, что прочность брюшной стенки при моделировании задней сепарационной аллопластики не зависит от способа фиксации импланта к брюшным мышцам.

Ключевые слова: вентральные грыжи, протезирующая аллопластика, биомеханические свойства сетчатых имплантов, биомеханическое исследование свойств протезирующей аллопластики, морфологическая оценка.

Введение

Вопросы хирургического лечения вентральных грыж до сих пор остаются в ряду самых важных проблем абдоминальной хирургии [1–3]. На современном этапе развития вентропластики сформирована четкая позиция о недостаточной надежности аутопластических методик при отсутствии дифференцированного подхода к их применению [4, 5]. Так, замещение грыжевого дефекта и неполноценных собственных тканей сеточными имплантами при несомненно снижает частоту рецидивов [6, 7].

В связи с чем является бесспорным, что в условиях продолжающихся научных дебатов о наилучших способах аллопластики послеоперационных грыж передней брюшной стенки необходимы и важны дальнейшие исследования, которые внесут дополнительный вклад в улучшение результатов лечения этих пациентов.

Цель исследования

Сравнение методов аллопластики передней брюшной стенки в остром эксперименте.

Материалы и методы

Исследование выполнено на базе кафедры факультетской хирургии и онкологии ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Минздрава России. Разрешение проведения эксперимента отражено локальным этическим комитетом (ЛЭК) Саратовского государственного медицинского университета им. В.И. Разумовского (протокол ЛЭК номер 2 от 18.09.2023). Уход за животными и проведение экспериментов осуществлялись согласно основным морально-этическим принципам проведения биомедицинских экспериментов на животных, сформулированных в следующих документах: «Правила лабораторной практики в РФ», утвержденные приказом Министерства здравоохранения и социального развития от 23.08.2010 №708н, и «Международные рекомендации по проведению биомедицинских исследований с использованием животных», принятые Международным советом медицинских научных обществ (CIOMS) в 1985 г. В качестве биологических моделей в эксперименте использовались 36 лабораторных животных — крыс, породы «Стандарт», массой 400 ± 50 г. В условиях экспериментальной операционной животным под общей анестезией в асептических условиях выполнялась аллопластика сетчатым имплантом (Эсфил, РФ) по технологии sublay. Для этого после рассечения передней стенки влагалища прямых мышц живота формировали ретромускулярное ложе и размещали имплант размером 2×2 см, имитируя заднюю сепарационную аллопластику. Восстановлением белой линии живота укрывали имплант прямыми мыш-

цами и передними пластинками их влагалищ. Формировали 2 группы наблюдения (по 18 оперированных крыс в каждой группе) в зависимости от способа аллопластики. В 1-й группе производили аллопластику с фиксацией импланта сквозными П-образными швами, проведенными через мышечный массив латеральнее спигелевой линии живота, во 2-й группе — без фиксации.

На 21-е сутки производился забор материала для биомеханического и морфологического исследований. Оценка биомеханических свойств путем производилась на разрывной машине «INSTRON-5944». С целью анализа данных испытаний брюшной стенки на растяжение строили графики зависимости напряжений и деформаций от времени. Анализировали напряжение (параметр, необходимый для сравнения напряженности структурных элементов ткани, полученный путем произведения относительной разрывной нагрузки на плотность ткани; Мпа), деформацию, с максимальным значением нагрузки (Н) и модуль Юнга (модуль упругости) (Па) в момент смены фаз биомеханического поведения и в момент максимальной деформации, предшествовавшей разрыву лоскута.

Морфологическому исследованию подвергались образцы тканей из фрагментов брюшной стенки, содержащих имплантаты. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином и пикрофуксином по Ван-Гизону для оценки общей морфологической картины.

Статистическую обработку цифрового материала результатов исследования осуществляли с использованием пакета прикладных программ на языке программирования `scipy python`. Полученные цифровые данные были обработаны методами вариационного математического анализа.

Результаты

Количественные данные в исследуемых группах были представлены в виде среднего арифметического (M), и среднеквадратического отклонения (SD; σ). Коэффициент доверия определяли как предельную ошибку выборки ΔX_{cp} , вычисляемую по формуле $\Delta X_{cp} = t_{cp} \cdot \sigma$, т. е. предельная ошибка выборки равна t-кратному числу средних ошибок выборки [8–10]. Различия интерпретировались как достоверные при вероятности ошибки менее 5 % ($p < 0,05$), т. е. если $p > 0,05$, нулевая гипотеза — не отвергалась.

В результате сравнения показателей биомеханических свойств брюшной стенки в 1-ой группе (при фиксации сеточного импланта) были получены следующие усредненные значения нагрузки (Н), напряжения (Мпа), и модуля Юнга (Па): (Н): $6,20 \pm 4,61$ ($\sigma = 3,26$), (Мпа): $0,06 \pm 0,13$ ($\sigma = 0,11$), и модуль Юнга (Па): $0,38 \pm 0,13$

($\sigma = 0,10$); во 2-ой группе (без фиксации сеточного импланта): (H): $8,96 \pm 4,02$ ($\sigma = 3,15$), (МПа): $0,08 \pm 0,12$ ($\sigma = 0,10$), и модуль Юнга (Па): $0,23 \pm 0,11$ ($\sigma = 0,09$), что будет показано на рис. 1–4.

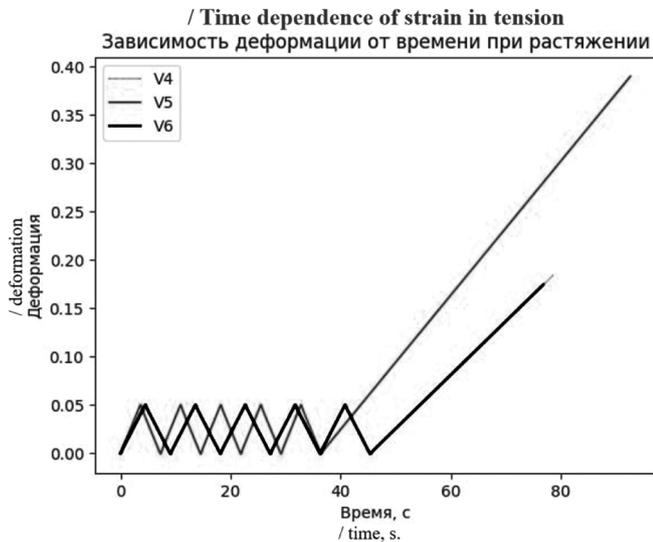


Рис. 1. График зависимости деформации от времени при растяжении трех наилучших образцов 1-й группы (с фиксацией сеточного импланта)

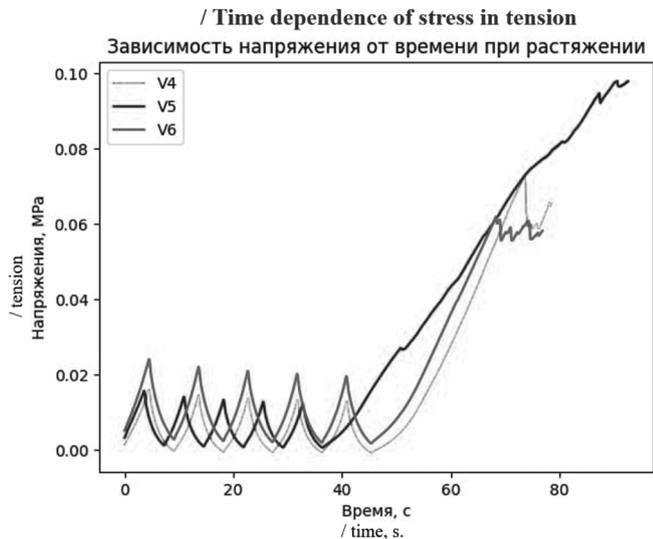


Рис. 2. График зависимости напряжения от времени при растяжении трех наилучших образцов 1-й группы (с фиксацией сеточного импланта)

Исходя из данных, представленных на рис. 1–4, следует уточнить, что до 35 секунд исследуемый материал вел себя как упругопластический, а после — уже были выявлены неупругие процессы разрушения. В связи с чем, сравнению подлежали характеристики до 35 секунд. Представляем сравнение деформаций при растяжении различных образцов:

1 и 2 образцы: Statistics 0.283, p-value (p-уровень значимости) $5.946e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

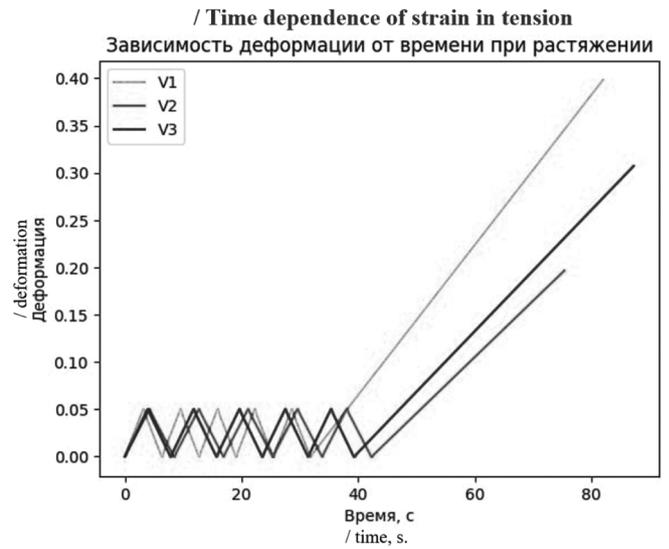


Рис. 3. График зависимости деформации от времени при растяжении трех наилучших образцов 2-й группы (без фиксации сеточного импланта)

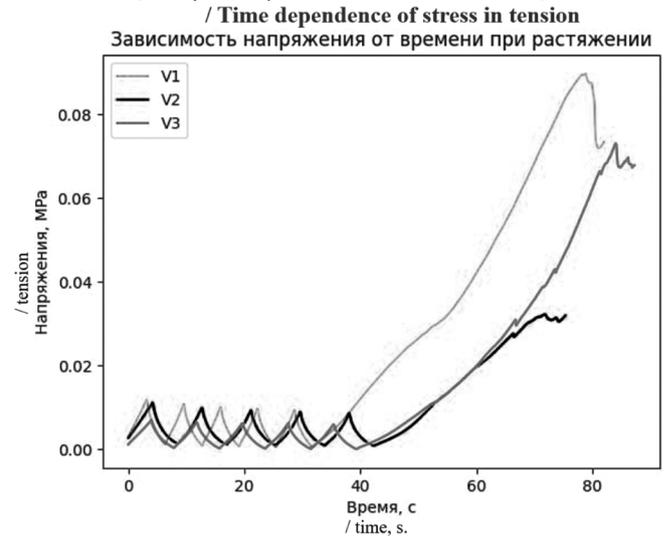


Рис. 4. График зависимости напряжения от времени при растяжении трех наилучших образцов 2-й группы (без фиксации сеточного импланта)

1 и 3 образцы: Statistics 1.254, p-value (p-уровень значимости) $2.628e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

1 и 4 образцы: Statistics 2.825, p-value (p-уровень значимости) $9.280e-02$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

1 и 5 образцы: Statistics 3.037, p-value (p-уровень значимости) $8.138e-02$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

1 и 6 образцы: Statistics 2.825, p-value (p-уровень значимости) $9.283e-02$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

2 и 3 образцы: Statistics 0.302, p-value (p-уровень значимости) $5.826e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

2 и 4 образцы: Statistics 1.227, p-value (p-уровень значимости) $2.679e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

2 и 5 образцы: Statistics 1.378, p-value (p-уровень значимости) $2.404e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

2 и 6 образцы: Statistics 1.233, p-value (p-уровень значимости) $2.669e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

3 и 4 образцы: Statistics 0.314, p-value (p-уровень значимости) $5.752e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

3 и 5 образцы: Statistics 0.415, p-value (p-уровень значимости) $5.194e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

3 и 6 образцы: Statistics 0.303, p-value (p-уровень значимости) $5.822e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

4 и 5 образцы: Statistics 0.008, p-value (p-уровень значимости) $9.278e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

4 и 6 образцы: Statistics 0.012, p-value (p-уровень значимости) $9.113e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается);

5 и 6 образцы: Statistics 0.015, p-value (p-уровень значимости) $9.034e-01$. Различий нет (Нулевая гипотеза принимается).

При морфологическом исследовании среди соединительной ткани, были выявлены кистозные полостные образования, ограниченные хорошей соединительнотканной капсулой, что, по данным биомеханического исследования и обеспечило наибольшую прочность и стабильность (рис. 5). Такое соотношение компонентов свидетельствует также о наличии у гладкой мезотелиальной поверхности антиадгезивных свойств, способствующих сохранению функциональной подвижности мышц живота.

Обсуждение результатов

Таким образом, в ходе проведения хирургического эксперимента была подтверждена способность к формированию полноценной соединительной ткани в области дефекта. При выборе оптимальной хирургической методики пластики брюшной стенки, несомненно, следует придерживаться дифференцированного подхода к лечению, учитывающего ширину грыжевых ворот, относительный объем грыжи и показатели внутрибрюшного давления.

Однако изучение методов установки сеточного импланта с фиксацией или без его фиксации при аллопластике передней брюшной становится все более открытым и актуальным.

При сравнении биомеханических свойств прочности протезированной брюшной стенки после фиксации импланта к мышцам и без нее было продемонстрировано, что механическая прочность брюшной стенки при моделировании задней сепарационной аллопластики по истечении 3-х недель после операции не зависит от способа фиксации импланта к мышцам. Более того, было установлено, что только до 35 секунд исследуемый материал ведет себя как упругоэластический, а после — уже наблюдаются неупругие процессы разрушения.

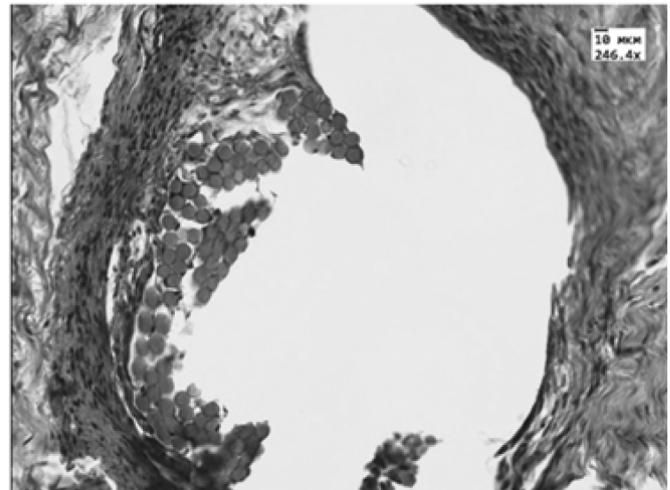
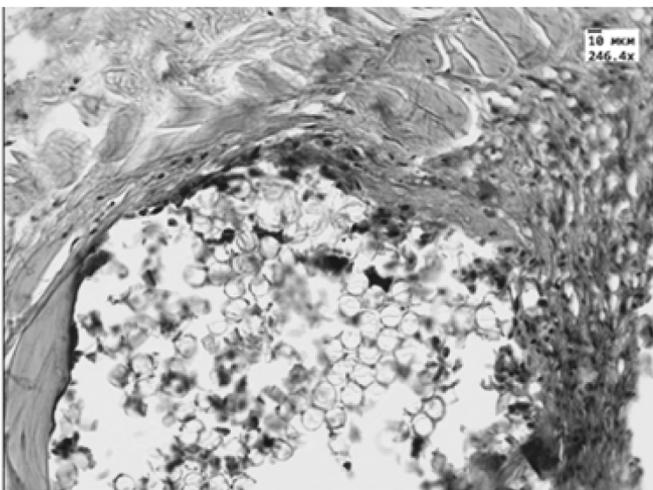


Рис. 5. Морфологическая картина образцов тканей из фрагментов брюшной стенки, содержащих имплантаты (1-й и 2-й группы, соответственно)

Примечание. 1) Срезы окрашены гематоксилином и эозином и пикрофуксином по Ван-Гизону; 2) Увеличение 200.

Заключение

Ввиду внедрения разнообразных методов вентропластики передней брюшной стенки, а также отсутствия патогенетического обоснования показаний к каждому из них нами выполнена работа по изучению зависимости биомеханических и морфологических свойств протезирующей вентропластики от методики подшивания сетчатого импланта. В остром эксперименте нами было

доказано, что механическая прочность протезированной брюшной стенки в срок по истечении 3-х недель после операции не ухудшается при отказе от фиксации импланта к мышцам [8-10]. Однако, в связи с малой экспериментальной выборкой для дальнейшей верификации результатов необходимо увеличить количество наблюдений и продолжить экспериментальное исследование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Belyansky I., Daes J., Radu V.G., Balasubramanian R., Reza Zahiri H., Weltz A.S., Sibia U.S., Park A., Novitsky Y. A novel approach using the enhanced view totally extraperitoneal (eTEP) technique for laparoscopic retromuscular hernia repair. *Surg Endosc*, 2018. Vol. 32. № 3. pp. 1525–1532.
2. Ермолов А.С., Благовестнов Д.А., Алексеев А.К., Упырев А.В., Ярцев П.А., Шляховский И.А., Корошвили В.Т., Бурбу А.В. Хирургическое лечение пациентов с большими и гигантскими послеоперационными вентральными грыжами. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*, 2019. № 9. С. 38–43.
3. Ермолов А.С. Выбор хирургической тактики в зависимости от величины вентральной грыжи и дефицита тканей брюшной стенки. *Московский хирургический журнал*, 2018. Т. 3. № 61. С. 78.
4. Rodríguez M., Gómez-Gil V., Pérez-Köhler B. et al. Polymer Hernia Repair Materials: Adapting to Patient Needs and Surgical Techniques. *Journal Materials (Basel)*, 2021. Vol. 14. № 11. pp. 27–90.
5. Sheen A.J., Pilkington J.J., Baltatzis M., Tyurkylmaz A., Stathakis P., Jamdar S., Siriwardena A.K. Comparison of Mesh Fixation Techniques in Elective Laparoscopic Repair of Incisional Hernia—ReliaTack™ v ProTack™ (TACKoMesh) — A double-blind randomised controlled trial. *BMC Surg*, 2018. Vol. 18. № 1. P. 46.
6. Kroese L.F. et al. Primary and incisional ventral hernias are different in terms of patient characteristics and postoperative complications — a prospective cohort study of 4,565 patients. *Int J Surg*, 2018. № 51. pp. 114–119.
7. Etemad S.A., Huang L.C., Phillips S., Stewart T.G., Pierce R.A., Schneeberger S.J., Poulouse B.K. Advantages of a Fixation-Free Technique for Open Retromuscular Ventral Hernia Repair. *Plast Reconstr Surg*, 2020. Vol. 146. № 4. pp. 883–890.
8. Капралов С.В., Алипов В.В., Полиданов М.А., Кондрашкин И.Е., Блохин И.С., Расулов И.Ш., Тирбулатов Т.А. Совершенствование методики протезирующей аллопластики передней брюшной стенки. *Байкальский медицинский журнал*, 2023. Т. 2. № 1. С. 18–24.
9. Капралов С.В., Полиданов М.А., Масляков В.В., Волков К.А., Высоцкий Л.И., Медунов А.С., Марченко В.С., Абдулкадиров И.Р., Гамзатгаджиев Г.Ш. Экспериментальное обоснование выбора методики установки сетчатого имплантата при вентропластике передней брюшной стенки. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия*, 2023. Т. 7. № 4. С. 33–39.
10. Капралов С.В., Алипов В.В., Полиданов М.А., Мусаелян А.Г., Волков К.А., Высоцкий Л.И. Математические и алгоритмические методы сравнительной оценки результатов протезирующей аллопластики в эксперименте. *Медицинская наука и образование Урала*. 2023. Т. 24. № 4 (116). С. 113–116.

© Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Высоцкий Лев Ильич; Гавруков Дмитрий Сергеевич; Капралов Сергей Владимирович; Барулина Марина Александровна; Волков Кирилл Андреевич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»