

# ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БРЮШНОЙ СТЕНКИ В ЗОНЕ ИНТРАПЕРИТОНЕАЛЬНОЙ И РЕТРОМУСКУЛЯРНОЙ ПРОТЕЗИРУЮЩЕЙ ПЛАСТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛЕГКИХ И УЛЬТРАЛЕГКИХ СИНТЕТИЧЕСКИХ И ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ ЭНДОПРОТЕЗОВ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

DOI: 10.17691/stm2016.8.3.03  
УДК 617.55–089.844–77:553.94  
Поступила 24.06.2015 г.



**В.В. Паршиков**, д.м.н., профессор кафедры госпитальной хирургии им. Б.А. Королева<sup>1</sup>;  
**А.А. Казанцев**, научный сотрудник научно-методического отдела<sup>2</sup>;  
**А.А. Миронов**, к.б.н., доцент кафедры нейротехнологий Института биологии и биомедицины<sup>3</sup>;  
старший научный сотрудник отдела экспериментального моделирования Центральной научно-исследовательской лаборатории<sup>1</sup>;  
**В.А. Заваруев**, д.т.н., профессор кафедры проектирования и художественного оформления изделий<sup>4</sup>;  
**А.Н. Черников**, к.т.н., профессор кафедры прядения<sup>4</sup>;  
**О.Ф. Беляев**, д.ф.-м.н., профессор кафедры проектирования и художественного оформления изделий<sup>4</sup>;  
**А.И. Алехин**, д.м.н., зам. главного врача по научной работе; руководитель Научно-образовательного центра<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Нижегородская государственная медицинская академия, Н. Новгород, 603005, пл. Минина и Пожарского, 10/1;

<sup>2</sup>Центральная клиническая больница Российской академии наук, Москва, 119333, ул. Фотиевой, 10;

<sup>3</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Н. Новгород, 603950, пр. Гагарина, 10;

<sup>4</sup>Московский государственный университет дизайна и технологии, Москва, 117997, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1

Использование ультралегких материалов для пластики брюшной стенки по поводу грыж до настоящего времени четко не регламентировано, возможности имплантации синтетических и титансодержащих эндопротезов, а также особенности и возможные различия в формировании соединительной ткани в зоне имплантации исследованы недостаточно.

**Цель исследования** — в эксперименте изучить прочностные характеристики формирующейся соединительной ткани в зоне имплантации синтетических и титансодержащих эндопротезов в ходе выполнения протезирующей пластики брюшной стенки.

**Материалы и методы.** На кроликах моделировали протезирующую пластику брюшной стенки. В первой серии сетки имплантированы ретромускулярно (sublay retromuscular — SRM), во второй — интраперитонеально (intraperitoneal onlay mesh — IPOM). Применена модель, включающая имплантацию двух сеток, расположенных в непосредственной близости друг от друга. В 1-й группе имплантированы синтетические сетки из легкого полипропилена (волокно 90 мкм), во 2-й — ультралегкие титансодержащие (из легкого полипропилена с титановым покрытием, волокно 65 мкм), в 3-й — эндопротезы из титановых нитей (волокно 65 мкм). Через 30 и 60 сут животных выводили из эксперимента, исследовали прочность брюшной стенки в зоне контакта сеток. Контролем служили интактные участки брюшной стенки.

**Результаты.** Прочность соединительной ткани во 2-й группе была выше (13,12 Н/см), чем в 1-й (9,2 Н/см), в обеих сериях исследования,  $p=0,001$ . В 3-й группе указанный показатель был максимальным (15,89 Н/см), что статистически значимо отличается от результатов в 1-й ( $p=0,0000$ ) и 2-й ( $p=0,002$ ) группах. При сравнении серий выявлено, что прочность соединительной ткани после выполнения SRM была выше (13,32 Н/см), чем после осуществления IPOM (12,88 Н/см);  $p=0,976$ . Этот показатель был статистически значимо выше на 60-е сутки эксперимента (13,9 Н/см), чем на 30-е сутки (12,4 Н/см);  $p=0,008$ . Прочность брюшной стенки

**Для контактов:** Паршиков Владимир Вячеславович, e-mail: pv1610@mail.ru

по периметру имплантации была на 30-е сутки достоверно ниже (12,4 Н/см), чем в интактных зонах (14,84 Н/см);  $p=0,0004$ . К 60-м суткам послеоперационного периода статистически значимых отличий по прочности между исследуемыми зонами (13,9 Н/см) и интактными областями не установлено;  $p=0,08$ .

**Заключение.** Применение легких и ультралегких синтетических и титаносодержащих эндопротезов для пластики брюшной стенки сопровождается формированием соединительной ткани вполне достаточной прочности. По периметру зоны имплантации брюшная стенка имеет вполне удовлетворительные показатели разрывной нагрузки, которые сравнимы с прочностью интактной брюшной стенки, а к 60-м суткам после операции не отличаются от последней. В клинических условиях использовать легкие и ультралегкие сетки безопасно при условии выполнения адекватной реконструкции брюшной стенки. Прочностная характеристика в эксперименте определена для оперированной (вновь сформированной) брюшной стенки, а не только для сетки или соединительнотканной капсулы. Это имеет большое значение для прогнозирования и профилактики рецидивов грыж.

**Ключевые слова:** протезирующая пластика; сетка; грыжа; синтетические эндопротезы; титаносодержащие эндопротезы; прочность соединительной ткани.

**Как цитировать.** Parshikov V.V., Kazantsev A.A., Mironov A.A., Zavaruev V.A., Chernikov A.N., Belayev O.F., Alyokhin A.I. Strength properties of abdominal wall in intraperitoneal and retromuscular repair using lightweight and ultra-lightweight synthetic and titanium-containing endoprotheses (experimental study). *Sovremennye tehnologii v medicine* 2016; 8(3): 27–36, <http://dx.doi.org/10.17691/stm2016.8.3.03>

**English**

## **Strength Properties of Abdominal Wall in Intraperitoneal and Retromuscular Repair Using Lightweight and Ultra-Lightweight Synthetic and Titanium-Containing Endoprotheses (Experimental Study)**

**V.V. Parshikov**, MD, DSc, Professor, Department of Hospital Surgery named after B.A. Korolyov<sup>1</sup>;  
**A.A. Kazantsev**, Researcher, Research and Methodology Department<sup>2</sup>;  
**A.A. Mironov**, PhD, Associate Professor, Department of Neurotechnology, Institute of Biology and Biomedicine<sup>3</sup>;  
 Senior Researcher, Experimental Modeling Unit, Central Scientific Research Laboratory<sup>1</sup>;  
**V.A. Zavaruev**, DSc, Professor, Department of Product Design and Styling<sup>4</sup>;  
**A.N. Chernikov**, PhD, Professor, Department of Spinning<sup>4</sup>;  
**O.F. Belayev**, DSc, Professor, Department of Product Design and Styling<sup>4</sup>;  
**A.I. Alyokhin**, MD, DSc, Deputy Chief Doctor on Scientific Work; Head of Research and Educational Center<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State Medical Academy, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russian Federation;

<sup>2</sup>Central Clinical Hospital of the Russian Academy of Sciences, 10 Fotiyevoy St., Moscow, 119333, Russian Federation;

<sup>3</sup>Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, 23 Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation;

<sup>4</sup>Moscow State Design and Technology University, 33, Bld. 1 Sadovnichevskaya St., Moscow, 117997, Russian Federation

The application of ultra-lightweight materials for abdominal wall hernia repair has not been controlled so far, and the capabilities of synthetic and titanium-containing endoprotheses, as well as the peculiarities and possible differences in connective tissue development in an implantation area are not adequately investigated.

**The aim of the investigation** was to study in experiment strength properties of connective tissue formation in the area of synthetic and titanium-containing endoprotheses implanted during abdominal wall prosthetic repair.

**Materials and Methods.** Abdominal wall prosthetic repair was simulated in rabbits. The first series animals underwent retromuscular (sublay retromuscular, SRM) implantation, the second series — intraperitoneal (intraperitoneal onlay mesh, IPOM). We used the model including implantation of two meshes situated in close proximity to each other. Group 1 animals were implanted synthetic lightweight polypropylene meshes (90  $\mu\text{m}$  fiber), group 2 — ultra-lightweight titanium-containing meshes (made of lightweight polypropylene titanium-coated, 65  $\mu\text{m}$  fiber), group 3 were implanted titanium (65  $\mu\text{m}$  fiber) endoprotheses. 30 and 60 days later the animals were sacrificed, their abdominal wall strength being studied in the contact area of meshes. Intact abdominal wall areas were control.

**Results.** Connective tissue strength in group 2 was higher (13.12 H/cm) compared to group 1 (9.2 H/cm) in both series,  $p=0.001$ . In group 3 the parameter under study was maximal (15.89 H/cm), which differed significantly from that in group 1 ( $p=0.0000$ ) and 2 ( $p=0.002$ ). The comparison showed connective tissue strength after SRM to be higher (13.32 H/cm) than after IPOM (12.88 H/cm);  $p=0.976$ . The parameter was significantly higher on day 60 of the experiment (13.9 H/cm) compared to that on day 30 (12.4 H/cm);  $p=0.008$ . On day 30 the abdominal wall strength along the implantation perimeter was significantly lower (12.4 H/cm) compared to intact areas (14.84 H/cm);

$p=0.0004$ . No significant differences in strength between the areas under study and intact areas (13.9 H/cm) were found by the 60<sup>th</sup> postoperative day;  $p=0.08$ .

**Conclusion.** The application of lightweight and ultra-lightweight synthetic and titanium-containing endoprotheses for abdominal wall repair is accompanied by the formation of connective tissue of adequate strength. The abdominal wall along the implantation perimeter has satisfactory parameters of tensile strength comparable with intact abdominal wall strength, and by day 60 after surgery the parameters are no different from an intact wall. Lightweight and ultra-lightweight meshes are safe to use in clinical settings in case of adequate abdominal wall reconstruction. Strength characteristic in experiment was determined for surgically operated (newly formed) abdominal wall, not only for mesh or connective tissue capsule. It is of great importance for hernia prognosis and recurrence prevention.

**Key words:** prosthetic repair; mesh; hernia; synthetic endoprotheses; titanium-containing endoprotheses; connective tissue strength.

Пациенты с грыжами брюшной стенки составляют значительную часть контингента больных в общехирургических стационарах [1–5]. Выбор сетчатого имплантата для пластики брюшной стенки представляет собой сложную проблему, которая до настоящего времени далека от разрешения [4, 6]. Совершенствование технологий, появление новых материалов и методик вмешательства привело к значительному разнообразию как самих эндопротезов, так и вариантов хирургического пособия. Несмотря на накопленный опыт, обширные публикации результатов исследований, принятие решения в конкретной клинической ситуации во многом остается прерогативой оперирующего хирурга. Для удобства практического применения предложены современные классификации, в которых подробно описаны особенности различных сеток [7–9]. В последнее время активно обсуждаются преимущества и недостатки легких и ультралегких материалов в сравнении со стандартными и тяжелыми эндопротезами. Есть работы, в которых продемонстрировано снижение количества ранних и поздних послеоперационных осложнений без увеличения частоты рецидивов [10], представлены достоинства облегченных сеток в отношении качества жизни оперированных пациентов [11]. Другие исследователи не обнаруживают существенных различий в использовании разных сеток при анализе отдаленных результатов [12]. Некоторые известные хирурги указывают на необходимую осторожность при работе с легкими материалами, так как их применение ассоциировано с относительно высокой частотой рецидивов [13]. До настоящего времени какого-либо консенсуса по данному вопросу не достигнуто. Хорошо известно, что большинство рецидивов грыж формируются по краю сетки. Пик рецидивов наблюдается в середине и в конце первого года после операции [14]. Дело в том, что эндопротез всегда прочнее самой брюшной стенки, в которой у грыженосителей и оперированных лиц наблюдаются существенные морфологические изменения [15, 16]. Не исключено, что прочностные характеристики соединительной ткани, которая формируется в зоне имплантации, имеют определенное значение для возникновения риска рецидива грыжи. Хотя особенности морфологического строения и биомеханики брюшной стенки у больных с грыжами и пациентов, которым имплантированы

эндопротезы, активно изучаются в ряде клиник [9, 15–18], количество экспериментальных работ по данному вопросу весьма невелико [9, 17]. Продолжает оставаться предметом дискуссии вопрос о влиянии сетчатого материала на структуру и качество послеоперационного рубца. С целью повышения биологической и биомеханической совместимости имплантатов активно изучаются возможности использования различных титансодержащих сетчатых эндопротезов, где титан и его соединения либо формируют структуру имплантата, либо служат покрытием поверхности эндопротеза, контактирующей с тканями организма [19–22]. Особенности и возможные различия в формировании соединительной ткани в зоне имплантации синтетических и титансодержащих эндопротезов до настоящего времени не изучены.

**Цель исследования** — в эксперименте изучить прочностные характеристики формирующейся соединительной ткани в зоне имплантации синтетических и титансодержащих эндопротезов в ходе выполнения пластики брюшной стенки.

**Материалы и методы.** Моделирование протезирующей пластики брюшной стенки выполняли на базе Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук (Москва) и Московского государственного университета дизайна и технологий. Работа проведена с разрешения Этического комитета Центральной клинической больницы РАН, в соответствии с законодательством РФ («Правила гуманного обращения с лабораторными животными», «Деонтология медико-биологического эксперимента») и этическими принципами, установленными Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (принятой в Страсбурге 18.03.1986 г. и подтвержденной в Страсбурге 15.06.2006 г.). План эксперимента и методика его осуществления полностью согласовались с основными постулатами концепции 3R (reduction, refinement, replacement), которая в настоящее время принята в экспериментальной хирургии и биологии [23].

Операции ( $n=54$ ) выполнены половозрелым кроликам в условиях общей анестезии с применением комбинации препаратов Рометар (2 мг/кг) и Золетил

(8 мг/кг) внутримышечно. Масса животных к моменту вмешательства составляла  $3524 \pm 366$  г. В 1-й группе использовали синтетические эндопротезы из полипропилена (PP Light, волокно 90 мкм, поверхностная плотность —  $36 \text{ г/м}^2$ , показатель распределенного объема —  $39,6 \text{ см}^3/\text{м}^2$ ), во 2-й — титансодержащие имплантаты, изготовленные из полипропилена (TiMesh, волокно 65 мкм, поверхностная плотность —  $16 \text{ г/м}^2$ , показатель распределенного объема —  $17,58 \text{ см}^3/\text{м}^2$ ) с нанесением тонкого слоя титана с помощью технологии PACVD (plasma-activated chemical vapor deposition), в 3-й группе — сетки из титановых нитей («Титановый шелк», волокно 65 мкм, поверхностная плотность —  $45 \text{ г/м}^2$ , показатель распределенного объема —  $10,41 \text{ см}^3/\text{м}^2$ ). Все перечисленные виды эндопротезов относятся к плетеным по классификации В.А. Жуковского [24] и могут быть причислены к категориям 1а и 1с по классификации Klinge-Klosterhalfen [7]. В соответствии с представлениями А. Coda [8] указанные имплантаты следует считать легкими и ультралегкими. М.В. Ануров [9] эндопротезы с подобными характеристиками относит к ультралегким.

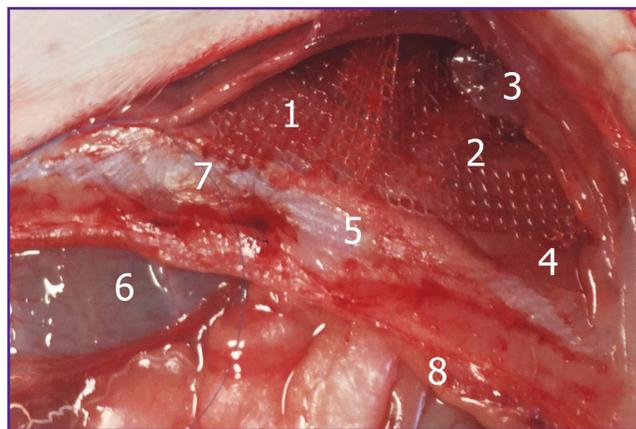
Принципы выполнения протезирующей пластики соответствовали подходам, принятым в современной герниологии, не противоречили положениям, утвержденным конференциями Российского общества герниологов, и не отличались от описанных в классических руководствах и оригинальных статьях по данному разделу [3, 25, 26]. Соблюдали общепринятые в экспериментальной хирургии размеры эндопротезов, имплантируемых кроликам ( $3 \times 3$  см). Сетки фиксировали типично с помощью швов атравматичной полипропиленовой нитью 4/0. Указанные аспекты позволяют корректно сопоставлять получаемые в ходе эксперимента данные с результатами ранее проведенных исследований (российских и зарубежных).

Для того чтобы изучить прочностные характеристики соединительной ткани, формирующейся вокруг эндопротеза, применили модель, которая включает имплантацию двух одинаковых сеток, расположенных в непосредственной близости друг от друга.

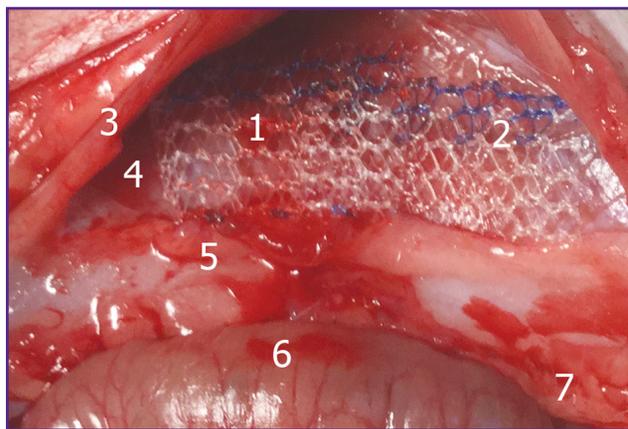
В *первой серии эксперимента* техника оперативного вмешательства соответствовала основным принципам методики sublay retromuscular (SRM), что идентично понятию ретромускулярной реконструкции брюшной стенки (по А.Д. Тимошину) [25]. Выполняли срединную лапаротомию. Вскрывали влагалища прямых мышц живота. Производили диссекцию ретромускулярного пространства. Ушивали брюшную полость и задние листки влагалищ прямых мышц живота, на которых позади прямых мышц живота размещали два однотипных эндопротеза размером  $3 \times 3$  см, фиксируя их к задним листкам влагалища прямых мышц по периметру атравматичной полипропиленовой нитью 4/0. Этапы имплантации показаны на рис. 1–4. Указанные сетки располагали таким образом, чтобы они соприкасались краями (см. рис. 3, 4). Ушивали передние листки влагалищ прямых мышц живота, затем рану.

Во *второй серии эксперимента* техника оперативного вмешательства соответствовала основным принципам методики IPOM (intraperitoneal onlay mesh). Выполняли срединную лапаротомию. Интраперитонеально размещали два эндопротеза размером  $3 \times 3$  см, фиксировали их к париетальной брюшине по периметру атравматичной полипропиленовой нитью 4/0. Этапы имплантации показаны на рис. 5–7. Как и в первой серии исследования, указанные сетки располагали таким образом, чтобы они соприкасались краями (см. рис. 6, 7). Ушивали брюшную полость, затем рану.

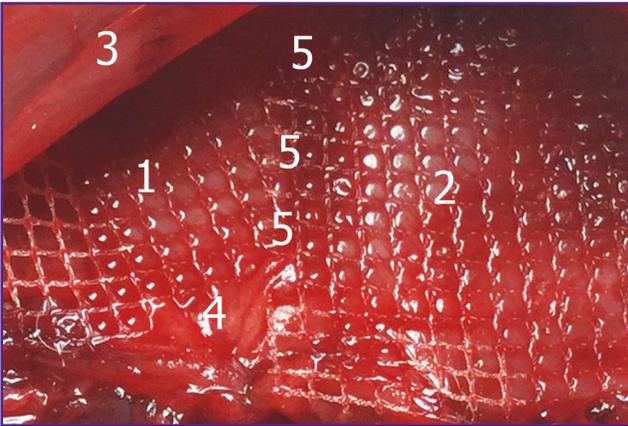
Распределение имплантаций показано в табл. 1. Периоперационную антибиотикопрофилактику осу-



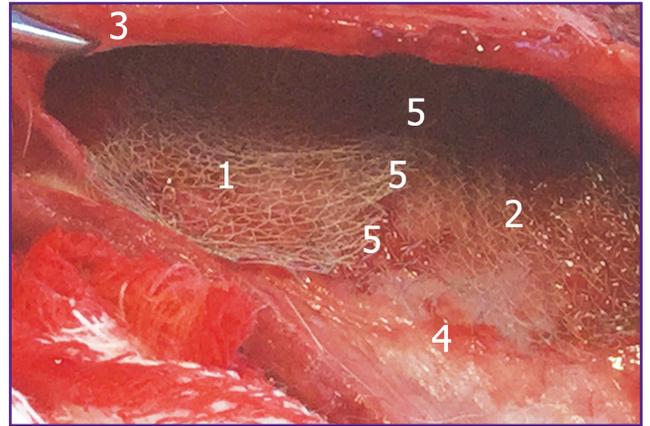
**Рис. 1.** Ретромускулярная имплантация сеток TiMesh: 1 — первый эндопротез; 2 — второй эндопротез; 3 — прямая мышца; 4 — задний листок влагалища прямой мышцы живота; 5 — белая линия; 6 — тонкая кишка; 7 — лигатура; 8 — брюшина



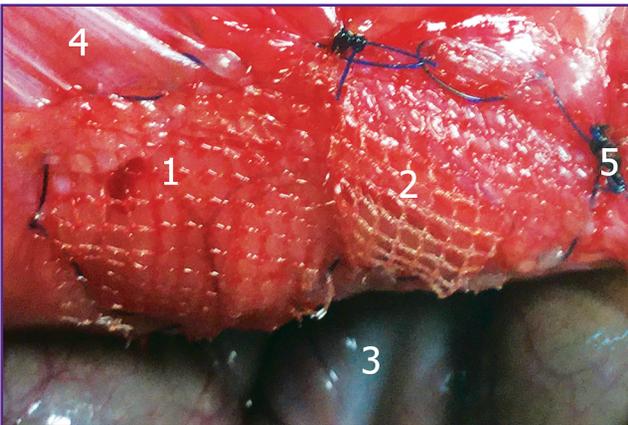
**Рис. 2.** Ретромускулярная имплантация сеток PP Light: 1 — первый эндопротез; 2 — второй эндопротез; 3 — прямая мышца; 4 — задний листок влагалища прямой мышцы живота; 5 — белая линия; 6 — тонкая кишка; 7 — брюшина



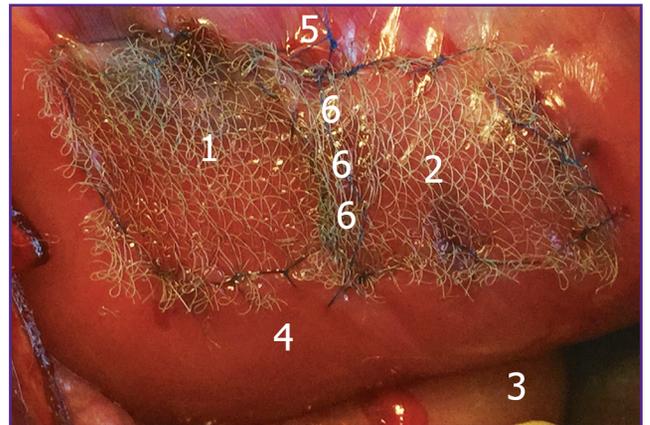
**Рис. 3.** Ретромулярная имплантация сеток TiMesh: 1 — первый эндопротез; 2 — второй эндопротез; 3 — прямая мышца; 4 — задний листок влагалища прямой мышцы живота; 5 — зона контакта эндопротезов



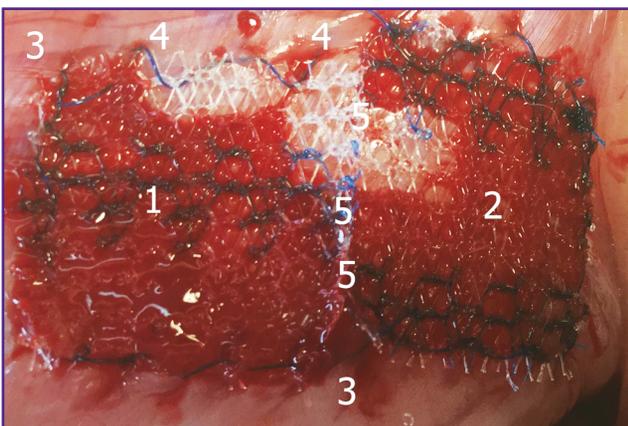
**Рис. 4.** Ретромулярная имплантация сеток из титановых нитей Titan: 1 — первый эндопротез; 2 — второй эндопротез; 3 — прямая мышца; 4 — задний листок влагалища прямой мышцы живота; 5 — зона контакта эндопротезов



**Рис. 5.** Интраперитонеальная имплантация сеток TiMesh: 1 — первый эндопротез; 2 — второй эндопротез; 3 — кишка; 4 — брюшина; 5 — лигатура



**Рис. 6.** Интраперитонеальная имплантация сеток Titan: 1 — первый эндопротез; 2 — второй эндопротез; 3 — кишка; 4 — брюшина; 5 — лигатура; 6 — зона контакта эндопротезов



**Рис. 7.** Интраперитонеальная имплантация сеток PP Light: 1 — первый эндопротез; 2 — второй эндопротез; 3 — брюшина; 4 — лигатура; 5 — зона контакта эндопротезов

Т а б л и ц а 1

**Распределение имплантаций по группам**

Серия	Группа			Всего
	1-я	2-я	3-я	
IPOM	9	9	9	27
SRM	9	9	9	27
Всего	18	18	18	54

З д е с ь: серия IPOM — интраперитонеальная пластика; серия SRM — ретромулярная пластика; 1-я группа — легкая синтетическая полипропиленовая сетка; 2-я группа — ультралегкая сетка с титановым покрытием; 3-я группа — сетка из титановых нитей.

щественляли цефалоспорином I поколения в стандартной дозировке. В послеоперационном периоде животные находились в условиях свободного доступа к

пище и воде. С целью обезболивания кроликам вводили анальгетики неопиоидного ряда в рекомендованных дозах. Животных наблюдали в течение месяца, осматривали, взвешивали. Выведение из эксперимента проводили через 30 и 60 сут путем воздушной эмболии (7 мл/кг), которую осуществляли в условиях общей анестезии препаратами Рометар (2 мг/кг) и Золетил (8 мг/кг) внутримышечно.

Далее из брюшной стенки выкраивали полоски длиной 10 см и шириной 1 см, содержащие эндопротезы. Указанные полоски помещали в машину для исследования разрывной нагрузки Instron 5560 (Instron Limited, Великобритания). Получали общепринятый показатель в Н/см. Применяли методику, аналогичную описанной А.О. Парфеновым и В.А. Жуковским [17], но в оригинальной модификации. При этом один зажим аппарата захватывал первую сетку, второй — другую, чтобы разрыв комплекса тканей происходил в зоне контакта сеток. Данный подход исключает влияние прочностных характеристик самой сетки на показатель разрывной нагрузки соединительной ткани, образовавшейся по периметру эндопротеза. Таким образом, в ходе работы исследовали прочностные характеристики именно вновь сформированной брюшной стенки, участок которой располагался между имплантированными эндопротезами. Это отличало настоящее исследование от других известных моделей, где, по сути, изучались растяжимость и прочность комплекса «ткань брюшной стенки + сетка» [9, 17].

Распределение значений изучали методами Шапиро–Уилка и Лиллиефорса. Статистический анализ непараметрических последовательностей проводили с помощью теста Колмогорова–Смирнова средствами Origin Pro 8 в среде Windows 8 на компьютере Dell Inspiron Core i7. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

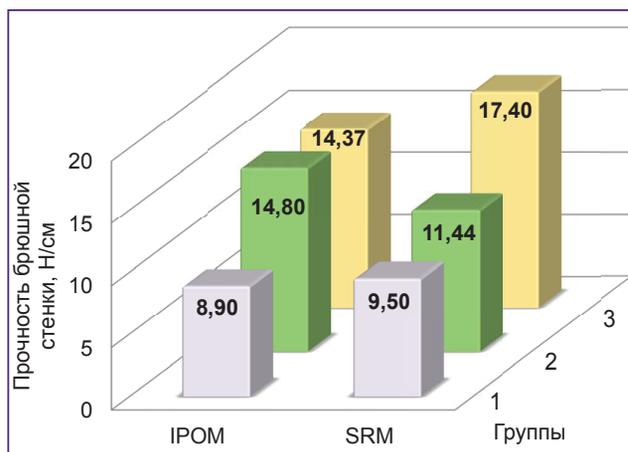
**Результаты.** Осложнений и летальности ни в одной группе не отмечено. К 30-м суткам эксперимента масса животных составляла  $3424 \pm 292$  г, что статистически значимо меньше, чем исходная, к 60-м суткам она увеличилась до  $3840 \pm 536$  г, что статистически значимо превышает исходные данные (табл. 2). Установлено, что характеристики вновь сформированной соедини-

Т а б л и ц а 2

**Масса животных на этапах эксперимента**

Время измерения	Масса, г							p
	Min	Q1	Median	Mean	SD	Q3	Max	
Исходное	2950	3240	3545	3524	366	3790	4150	] 0,046 ] 0,001
30-е сутки	2820	3300	3510	3424	292	3620	3770	
60-е сутки	2900	3520	3740	3840	536	4200	4800	

З д е с ь: Min — минимальное значение; Q1 — первый квартиль; Median — медиана; Mean — среднее арифметическое; SD — стандартное отклонение; Q3 — третий квартиль; Max — максимальное значение; p — критерий достоверности; ] — сравниваемые массивы данных.



**Рис. 8.** Прочность брюшной стенки по периметру имплантации сетки. Серии: IPOM — интраперитонеальная пластика, SRM — ретромускулярная пластика; группы: 1 — легкая полипропиленовая сетка, 2 — ультралегкая полипропиленовая сетка с титановым покрытием, 3 — сетка из титановых нитей

тельной ткани в зоне имплантированной сетки зависят от свойств использованного эндопротеза (синтетический или титансодержащий), методики пластики и сроков исследования (рис. 8).

Прочность соединительной ткани во 2-й группе (титансодержащая сетка из полипропиленовых волокон с титановым покрытием) была выше (13,12 Н/см), чем в 1-й (синтетический эндопротез из легкого полипропилена — 9,2 Н/см), в обеих сериях исследования;  $p = 0,001$ . В 3-й группе (сетка из титановых нитей) указанный показатель был максимальным (15,89 Н/см), что статистически значимо отличается от результатов в 1-й ( $p = 0,0000$ ) и 2-й ( $p = 0,002$ ) группах (табл. 3). Тем не менее мы не наблюдали образования грубых рубцов в зоне имплантации сетки из титана (рис. 9). Сравнение данных двух серий показало, что прочность соединительной ткани после выполнения SRM была выше (13,32 Н/см), чем после осуществления IPOM (12,88 Н/см);  $p = 0,976$  (табл. 4). Исследуемый показатель был статистически значимо выше на 60-е сутки эксперимента (13,9 Н/см) по сравнению с данными, полученными на 30-е сутки после операции (12,4 Н/см);  $p = 0,008$  (табл. 5). Обращает на себя внимание, что прочность брюшной стенки по периметру имплантации была на 30-е сутки достоверно ниже (12,4 Н/см), чем в интактных зонах (14,84 Н/см);  $p = 0,0004$ . К 60-м суткам послеоперационного периода статистически значимых отличий по прочности между исследуемыми зонами и интактными областями уже не было;  $p = 0,08$  (см. табл. 5).

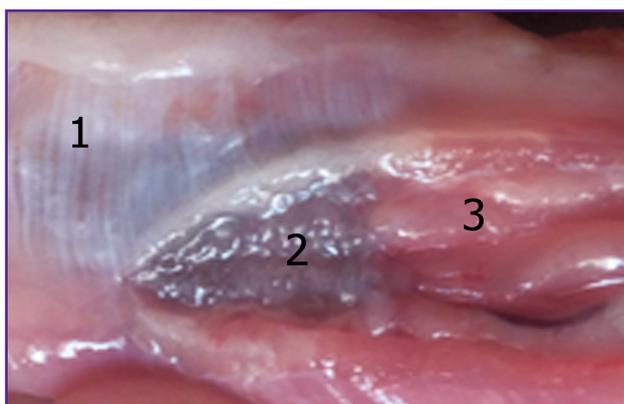
Т а б л и ц а 3

**Прочность соединительной ткани в исследуемых группах**

Группа	Прочность, Н/см							p
	Min	Q1	Median	Mean	SD	Q3	Max	
1-я	6,1	6,8	9,05	9,2	2,5	10,8	14,3	] 0,001 ] 0,02 ] 0,000003
2-я	8,6	10,7	13,55	13,12	3,34	14,2	20,8	
3-я	7,7	14,1	15,6	15,89	4,65	20,4	23,2	

З д е с ь: Min — минимальное значение; Q1 — первый квартиль; Median — медиана; Mean — среднее арифметическое; SD — стандартное отклонение; Q3 — третий квартиль; Max — максимальное значение; p — критерий достоверности; ] — сравниваемые массивы данных.

**Рис. 9.** Вид области имплантации титансодержащей сетки. В зоне пластики отсутствует грубая рубцовая ткань: 1 — брюшина; 2 — сетка; 3 — мышцы брюшной стенки



Т а б л и ц а 4

**Сравнительная характеристика серий исследования**

Серия	Прочность, Н/см							p
	Min	Q1	Median	Mean	SD	Q3	Max	
IPOM	6,8	9,35	13,0	12,88	4,15	14,76	21,7	0,976
SRM	6,1	8,83	14,1	13,32	5,11	16,5	23,2	

З д е с ь: Min — минимальное значение; Q1 — первый квартиль; Median — медиана; Mean — среднее арифметическое; SD — стандартное отклонение; Q3 — третий квартиль; Max — максимальное значение; p — критерий достоверности.

Т а б л и ц а 5

**Сравнительная характеристика этапов исследования**

Сроки исследования	Прочность, Н/см							p
	Min	Q1	Median	Mean	SD	Q3	Max	
30-е сутки после операции	6,1	8,3	10,95	12,4	5,58	14,3	23,2	] 0,008 ] 0,0004 ] 0,08
60-е сутки после операции	8,9	11,05	14,35	13,9	3,15	15,75	20,4	
Интakтная брюшная стенка	11	13,93	14,9	14,84	1,89	16,05	17,8	

З д е с ь: Min — минимальное значение; Q1 — первый квартиль; Median — медиана; Mean — среднее арифметическое; SD — стандартное отклонение; Q3 — третий квартиль; Max — максимальное значение; p — критерий достоверности; ] — сравниваемые массивы данных.

Таким образом, методика имплантации и состав эндопротеза влияют на прочность формирующейся в зоне пластики соединительной ткани. Данный показа-

тель меняется в течение послеоперационного периода и к 60-м суткам не имеет существенных отличий от такого же параметра интактной брюшной стенки.

Обнаруженные особенности следует учитывать при планировании операций по поводу вентральных и послеоперационных грыж, чтобы снизить риск рецидива заболевания.

**Обсуждение.** Результаты эксперимента показали, что прочность вновь сформированной соединительной ткани в зоне имплантации эндопротеза следует признать вполне достаточной. Уменьшение поверхностной плотности сетки не снижает этот показатель. Более того, он даже оказался выше для 2-й группы относительно 1-й, а в 3-й группе наблюдались его максимальные значения. В ходе исследования обнаружено, что применение титаносодержащих сеток ассоциировано с формированием более прочной соединительной ткани, чем в случаях имплантации синтетической сетки. В данной ситуации нельзя исключить положительное влияние титана в виде покрытия полипропиленовых волокон или в качестве единственного материала сетки. Этот факт согласуется и с другими экспериментальными работами [27].

Результаты проведенного исследования не противоречат накопленным к настоящему времени клиническим данным. В зарубежной литературе опубликован положительный опыт использования легких и ультралегких титаносодержащих полипропиленовых сеток [28]. Отечественные авторы сообщали об успешном использовании сетчатых имплантатов из титановых нитей для пластики брюшной стенки [19, 20, 29]. Хорошо известно о положительном воздействии титана на репаративный процесс и факторы местного иммунитета, что убедительно продемонстрировано в ряде фундаментальных исследований [21, 22].

Результаты настоящего анализа не противоречат и сведениям авторов, изучавших прочность интактной и оперированной брюшной стенки таких же лабораторных животных. Полученные авторами значения данного показателя сопоставимы с референсными интервалами, выявленными в ходе таких исследований [9], однако есть и различия, которые обусловлены особенностями экспериментальных моделей, примененных разными авторами. Следует отметить, что в настоящей работе исследована брюшная стенка вдоль белой линии.

Прочность вновь сформированной брюшной стенки оказалась меньше, чем аналогичные параметры самого эндопротеза. М.В. Ануров [9] приводит данный показатель для PP Light как  $28,6 \pm 1,6$  Н/см (вдоль) или  $36,9 \pm 3,3$  Н/см (поперек).

А.О. Парфенов [17] публикует другие данные — 18,6 и 46,2 Н/см соответственно. Автор указывает, что после формирования соединительнотканной капсулы прочность комплекса «эндопротез–капсула» закономерно становится больше такого же исходного показателя и составляет к 30-м суткам  $24,60 \pm 2,24$  и  $53,20 \pm 1,13$  Н/см. В данной работе эндопротезы имплантировались только по методике onlay. Кроме того, исследовалась прочность соединительнотканной капсулы, причем опосредованно (вместе с сеткой).

В настоящей работе изучены результаты операций SRM и IPOM, причем легкими и ультралегкими сетками. Необходимо иметь в виду, что в нашем анализе прочностная характеристика была определена по сути для оперированной (вновь сформированной) брюшной стенки, а не только лишь для сетки или соединительнотканной капсулы. Это имеет большое значение для прогнозирования и профилактики рецидивов грыж. В перечисленных работах наших коллег была изучена прочность и растяжимость соединительной ткани вместе с сеткой, что очень важно для прогнозирования функциональных результатов операций, но не определяет риск рецидива грыжи.

Мы далеки от мнения, что только прочность или растяжимость вновь сформированной брюшной стенки определяют клинический результат. Безусловно, свойства эндопротеза оказывают достоверное влияние на прочностные характеристики оперированной брюшной стенки. Однако даже в эксперименте это влияние не столь однозначно в различных сериях. Определенное значение при этом имеет методика вмешательства, поэтому выбор сетки должен соответствовать тем операциям, которыми владеет хирург.

Адекватную реконструкцию брюшной стенки следует считать главным условием профилактики рецидивов грыж. Такую позицию занимают многие современные авторы [3]. С этой точки зрения применение легких и ультралегких материалов в целом ряде ситуаций возможно и целесообразно. Обоснованный в ходе настоящего исследования подход ближе к мнению В.Н. Егиева и соавт. [10], при этом существенно отличается от рекомендаций М.В. Анурова [9]. В последней работе указано, что для onlay- и sublay-техники следует использовать только стандартные, средние или тяжелые эндопротезы, применение легких сеток допустимо при небольших паховых грыжах, а имплантация ультралегких материалов не рекомендуется.

**Заключение.** В эксперименте применение легких и ультралегких синтетических и титаносодержащих эндопротезов для пластики брюшной стенки сопровождается формированием соединительной ткани вполне достаточной прочности. Указанный параметр при имплантации ультралегкой полипропиленовой сетки с титановым покрытием больше, чем при использовании легкой полипропиленовой, а в группе с применением сетки из титановых нитей прочность — максимальная. По периметру зоны имплантации брюшная стенка имеет вполне удовлетворительные показатели разрывной нагрузки, которые сравнимы с прочностью интактной брюшной стенки, а к 60-м суткам после операции достоверно не отличаются от последней. В клинических условиях использовать легкие и ультралегкие сетки безопасно при условии выполнения адекватной реконструкции брюшной стенки. Применение в ходе пластики брюшной стенки титаносодержащих эндопротезов сопровождается формиро-

ванием более прочной соединительной ткани, чем при использовании синтетических эндопротезов.

**Финансирование исследования.** Работа проведена при поддержке Министерства образования и науки, уникальный идентификатор проекта RFMEFI60714X0085.

**Конфликт интересов.** У авторов нет конфликта интересов.

## Литература/References

1. Аверьянов М.Ю., Мухин А.С. Хирургия абдоминальных грыж. Киров; 2014; 407 с. Aver'yanov M.Yu., Mukhin A.S. *Khirurgiya abdominal'nykh gryzh* [Abdominal hernial surgery]. Kirov; 2014; 407 p.
2. Кукош М.В., Власов А.В., Гомозов Г.И. Профилактика ранних послеоперационных осложнений при эндопротезировании вентральных грыж. *Новости хирургии* 2012; 5: 32–37. Kukosh M.V., Vlasov A.V., Gomozov G.I. Prevention of early incisional complications in ventral hernia prosthetic repair. *Novosti khirurgii* 2012; 5: 32–37.
3. Юрасов А.В., Шестаков А.Л., Курашвили Д.Н., Абовян Л.А. Современная концепция хирургического лечения больных с послеоперационными грыжами передней брюшной стенки. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2014; 4: 405–413. Iurasov A.V., Shestakov A.L., Kurashvili D.N., Abovian L.A. The modern concept of surgical treatment of patients with postoperative hernias of the anterior abdominal wall. *Vestnik eksperimental'noy i klinicheskoy khirurgii* 2014; 4: 405–413.
4. Цверов И.А., Базаев А.В. Хирургическое лечение больных с вентральными грыжами: современное состояние. *Современные технологии в медицине* 2010; 4: 122–127. Tsvetov I.A., Bazaev A.V. Surgical treatment of patients with ventral hernias: modern state. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2010; 4: 122–127.
5. Романов Р.В., Федаев А.А., Петров В.В., Ходак В.А., Паршиков В.В. Современное состояние проблемы интраперитонеальной пластики брюшной стенки синтетическими эндопротезами. *Современные технологии в медицине* 2012; 4: 161–170. Romanov R.V., Fedayev A.A., Petrov V.V., Khodak V.A., Parshikov V.V. The intraperitoneal tension-free plasty of abdominal wall with mesh use — current state of problem. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2012; 4: 161–170.
6. Brown C.N., Finch J.G. Which mesh for hernia repair? *Ann R Coll Surg Engl* 2010; 92(4): 272–278, <http://dx.doi.org/10.1308/003588410X12664192076296>.
7. Klinge U., Klosterhalfen B. Modified classification of surgical meshes for hernia repair based on the analyses of 1,000 explanted meshes. *Hernia* 2012; 16(3): 251–258, <http://dx.doi.org/10.1007/s10029-012-0913-6>.
8. Coda A., Lamberti R., Martorana S. Classification of prosthetics used in hernia repair based on weight and biomaterial. *Hernia* 2012; 16(1): 9–20, <http://dx.doi.org/10.1007/s10029-011-0868-z>.
9. Ануров М.В. Влияние структурных и механических свойств сетчатых протезов на эффективность пластики грыжевых дефектов брюшной стенки. Дис. ... докт. мед. наук. М.; 2014. Anurov M.V. *Vliyaniye strukturnykh i mekhanicheskikh svoystv setchatykh protezov na effektivnost' plastiki gryzhevykh defektov bryushnoy stenki*. Dis. ... dokt. med. nauk [The effect of structural and mechanical properties of mesh prostheses on abdominal wall hernia defect plasty efficacy]. DSc Thesis]. Moscow; 2014.
10. Егиев В.Н., Шурыгин С.Н., Чижов Д.В. Сравнение результатов пластики брюшной стенки «тяжелыми» и «легкими» полипропиленовыми эндопротезами при лечении послеоперационных вентральных грыж. *Московский хирургический журнал* 2012; 2: 20–23. Egiev V.N., Shurygin S.N., Chizhov D.V. The comparison of abdominal wall plasty with “heavy” and “light” polypropylene endoprotheses in the treatment of incisional ventral hernias. *Moskovskiy khirurgicheskiy zhurnal* 2012; 2: 20–23.
11. Li J., Ji Z., Zhang W., Li L. The comparison of lightweight mesh and standard mesh in incisional hernia repair with the open sublay technique: the results of a meta-analysis. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2015; 25(3): 238–244, <http://dx.doi.org/10.1097/SLE.000000000000144>.
12. Ladurner R., Chiapponi C., Linhuber Q., Mussack T. Long term outcome and quality of life after open incisional hernia repair — light versus heavy weight meshes. *BMC Surg* 2011; 11: 25, <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2482-11-25>.
13. Cobb W.S., Warren J.A., Ewing J.A., Burnikel A., Merchant M., Carbonell A.M. Open retromuscular mesh repair of complex incisional hernia: predictors of wound events and recurrence. *J Am Coll Surg* 2015; 220(4): 606–613, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2014.12.055>.
14. Упырев А.В., Хмельницкий А.И., Волокитин А.С., Суоров Н.Д., Елисеева Г.А., Романов В.А., Мельников Г.А. Рецидив послеоперационной вентральной грыжи: сроки формирования при пластике брюшной стенки современными сеточными имплантатами и местными тканями. В кн.: *Материалы X научной конференции «Актуальные вопросы герниологии»*. М; 2013; с. 156–157. Upyrev A.V., Khmel'nitskiy A.I., Volokitin A.S., Surov N.D., Eliseeva G.A., Romanov V.A., Mel'nikov G.A. Retsidiv posleoperatsionnoy ventral'noy gryzhi: sroki formirovaniya pri plastike bryushnoy stenki sovremennymi setochnymi implantatami i mestnymi tkanyami. V kn.: *Materialy X nauchnoy konferentsii "Aktual'nye voprosy germiologii"* [Incisional ventral hernia recurrence: development time in abdominal wall plasty using modern mesh implants and patient's tissues. In: Proceedings of X conference “Urgent problems of herniology”]. Moscow; 2012; p. 156–157.
15. Белоконов В.И., Федорина Т.А., Пушкин С.Ю., Нагапетян С.В. Морфологические подтверждения биомеханической концепции патогенеза вентральных грыж. *Морфологические ведомости* 2009; 3(часть 4): 121–124. Belokonev V.I., Fedorina T.A., Pushkin S.Yu., Nagapetyan S.V. Morphological substantiation of biomechanical concept of ventral hernia pathogenesis. *Morfologicheskie vedomosti* 2009; 3(part 4): 121–124.
16. Андриященко В.П., Кушничук Н.И. Микро- и ультраструктурные изменения тканей передней брюшной стенки как фактор выбора метода герниопластики послеоперационных вентральных грыж. *Астраханский медицинский журнал* 2012; 4: 18–21. Andryushchenko V.P., Kushnirchuk N.I. Micro- and ultrastructural changes of the anterior abdominal wall tissues as a principle of selection of a hernioplasty technique in incisional ventral hernias. *Astrakhanskiy meditsinskiy zhurnal* 2012; 4: 18–21.
17. Парфенов А.О. Сравнительная оценка роли различных эндопротезов для герниопластики в развитии морфологических изменений брюшной стенки. Дис. ... канд. мед. наук. Курск; 2014. Parfenov A.O. *Sravnitel'naya otsenka roli razlichnykh endoprotezov dlya germioplastiki v razvitiye morfologicheskikh izmeneniy bryushnoy stenki*. Dis. ... kand. med. nauk [Comparative evaluation of the role of different endoprotheses for hernioplasty in the development of morphological changes of the abdominal wall]. Dis. ... cand. med. nauk. Kursk; 2014.

roli razlichnykh endoprotezov dlya gernioplastiki v razvitiy morfologicheskikh izmeneniy bryushnoy stenki. Dis. ... kand. med. nauk [Comparative assessment of various endoprosthesis for hernia repair in the development of abdominal wall morphological changes. DSc Thesis]. Kursk; 2014.

**18.** Хохлов К.С., Бондарев О.И., Горохова Л.Г., Бугаева М.С., Военкова Д.В. Патоморфологическое исследование результатов ненатяжной герниопластики при послеоперационной вентральной грыже в эксперименте. *Фундаментальные исследования* 2011; 11(2): 372–376. Khokhlov K.S., Bondarev O.I., Gorokhova L.G., Bugaeva M.S., Voenkova D.V. Pathomorphological research of non-pull reconstructive surgery in experimental treatment of postoperative ventral hernia. *Fundamental'nye issledovaniya* 2011; 11(2): 372–376.

**19.** Паршиков В.В., Самсонов А.В., Романов Р.В., Градусов В.П., Самсонов А.А., Ходак В.А., Петров В.В., Цыбусов С.Н., Бабуринов А.Б., Кихляров П.В., Казанцев А.А. Первый опыт пластики брюшной стенки эндопротезами из титанового шелка. *Медицинский альманах* 2011; 1(20): 107–110. Parshikov V.V., Samsonov A.V., Romanov R.V., Gradusov V.P., Khodak V.A., Petrov V.V., Tsybusov S.N., Baburin A.B., Kihlyarov P.V., Kazantsev A.A. The first experience of tension-free abdominal wall repair with titan mesh. *Meditsinskiy al'manakh* 2011; 1(20): 107–110.

**20.** Лимонов А.В., Титов Д.А., Забродин В.В., Валиев Э.Ф., Забродин Е.В. Применение сетчатых эндопротезов из титановой нити при аллопластике паховых грыж. *Медицинский вестник МВД* 2014; 1(68): 49–51. Limonov A.V., Titov D.A., Zabrodin V.V., Valiyev E.F., Zabrodin Ye.V. Application of titanium mesh endoprosthesis for allotransplantation of inguinal hernias. *Meditsinskiy vestnik MVD* 2014; 1(68): 49–51.

**21.** Сарбаева Н.Н., Пономарева Ю.В., Волова Л.Т. Активация перитонеальных макрофагов крысы на поверхности эндопротезов, применяемых для герниопластики. *Технологии живых систем* 2013; 8: 84–89. Sarbayeva N.N., Ponomareva J.V., Volova L.T. Activation of rat peritoneal macrophages on the surface of the endoprosthesis used for hernia repair. *Tekhnologii zhivyykh sistem* 2013; 8: 84–89.

**22.** Чернов А.В., Ирьянов Ю.М., Радченко С.А., Чернов В.Ф., Ирьянова Т.Ю. Исследование особенностей интеграции различных биоматериалов в мягких и костной тканях организма. *Гений ортопедии* 2012; 1: 97–101.

Chernov A.V., Irianov Yu.M., Radchenko S.A., Chernov V.F., Irianova T.Yu. Studying the integration features of different biomaterials in organism soft and bone tissues. *Geniy ortopedii* 2012; 1: 97–101.

**23.** Каркищенко Н.Н. Биоэтика в экспериментальных исследованиях В кн.: *Основы биомоделирования*. М; 2005; с. 291–314. Karkischenko N.N. Bioetika v eksperimental'nykh issledovaniyakh. V kn.: *Osnovy biomodelirovaniya* [Bioethics in experimental studies. In: The basics of biomodelling]. Moscow; 2005; p. 291–314.

**24.** Жуковский В.А. Полимерные эндопротезы для герниопластики. СПб: Эскулап; 2011. Zhukovsky V.A. *Polimernye endoprotezy dlya gernioplastiki* [Polymer implants for hernia repair]. Saint Petersburg: Eskulap; 2011.

**25.** Тимошин А.Д., Юрасов А.В., Шестаков А.Л. Конференция «Актуальные вопросы герниологии». *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова* 2007; 7: 80. Timoshin A.D., Iurasov A.V., Shestakov A.L. Conference “Actual problems of herniology”. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova* 2007; 7: 80.

**26.** Пушкин С.Ю., Белоконев В.И. Результаты лечения больных срединной вентральной грыжей с применением синтетических эндопротезов. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова* 2010; 6: 43–45. Pushkin S.Yu., Belokonev V.I. Treatment of medial ventral hernias with the use of synthetic endoprosthesis. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova* 2010; 6: 43–45.

**27.** Pereira-Lucena C.G., Artigiani Neto R., de Rezende D.T., Lopes-Filho-Gde J., Matos D., Linhares M.M. Early and late postoperative inflammatory and collagen deposition responses in three different meshes: an experimental study in rats. *Hernia* 2014; 18(4): 563–570, <http://dx.doi.org/10.1007/s10029-013-1206-4>.

**28.** Köckerling F., Schug-Pass C. What do we know about titanized polypropylene meshes? An evidence-based review of the literature. *Hernia* 2014; 18(4): 445–457, <http://dx.doi.org/10.1007/s10029-013-1187-3>.

**29.** Колпаков А.А., Казанцев А.А. Сравнительный анализ результатов применения протезов «титановый шелк» и полипропилена у больных с послеоперационными вентральными грыжами. *Русский медицинский журнал* 2015; 13: 774–775. Kolpakov A.A., Kazantsev A.A. Comparative analysis of the results of titanium and polypropylene prostheses in patients with incisional ventral hernias. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* 2015; 13: 774–775.