



ЗОНИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ ТКАНЕЙ ОБЛАСТИ ИМПЛАНТАЦИИ ПОСЛЕ ПРОТЕЗИРУЮЩЕЙ ПЛАСТИКИ ПРИ ГРЫЖАХ ЖИВОТА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Е. Е. Лукьянычев¹, С. Г. Измайллов¹, Д. А. Евсюков¹✉, В. О. Никольский¹,
А. А. Миронов^{2,3,4}, А. В. Панюшкин¹

1. Городская клиническая больница № 7 им. Е. Л. Березова, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

2. ПИМУ, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

3. ЗННГУ им. Н. И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

4. НМИЦ им. В. А. Алмазова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ d.a.evs@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Разработка критериев оценивания реакции тканей области имплантации после протезирующей пластики грыжевых ворот в эксперименте с применением новых цифровых технологий обработки изображений.

Материалы и методы. Эксперимент выполнен на 13 разнополых крысах чистой линии Wistar. Под наркозом выполнялась имплантация сетчатого протеза 4 × 2 см в слой аналогичный надпоясничной пластике. Приготовление и окраска каждого препарата выполнялась в двух вариантах: гематоксилин-эозином и по Маллори на разных стеклах. Сезоны выполнения опытов – зима, лето.

Выполнение микрофото проводили на микровизоре медицинском проходящего света «Микровизор μVizo-103» (АО «ЛОМО», Россия) с матрицей 3.2 Мпкс (полные размеры кадра 1024 × 882 пкс, ширина инфополосы 88 пкс) объективами «Планахромат» и «Стигахромат» с цифровым масштабом × 1 (т.е. без цифрового увеличения).

Обработка микрофото выполнялась с помощью программы ImageJ 1.53k (версия для публичного использования). Критерием включения микрофото в расчёты показателей было наличие в препарате вросшего волокна имплантата или полость, окружающая имплантат.

Результаты. Зона, прилегающая к имплантату, шириной порядка 50 мкм («зона изменений прилегающих тканей») значительно отличается от «зоны изменений отдаленных тканей» более яркой воспалительной реакцией за счет большего абсолютного количества лимфоцитов ($p = 0,019$) и фибробластов ($p = 0,017$), гигантских клеток инородных тел ($p < 0,001$), большей площадью сосудов ($p < 0,001$) и экстравазаций ($p = 0,002$). Изучение «зоны изменений прилегающих тканей» имеет ключевое значение в оценке локальной реакции организма на имплантацию. Выделены ключевые зоны области имплантации: «полость, окружающая имплантат», «зона изменений прилегающих тканей», «зона изменений отдаленных тканей». Расчёт показателей в пределах данных зон позволяет получать более детализированные результаты при сравнении групп исследования в эксперименте.

Заключение. Предложен эффективный способ оценивания реакции тканей области имплантации после протезирующей пластики грыжевых ворот в эксперименте с применением новых цифровых технологий обработки изображений, которые могут употребляться с использованием обычного оптического микроскопа и стандартных способов окраски препаратов.

Ключевые слова:

протезирующая пластика, грыжи живота, зона имплантации

Для корреспонденции:

Евсюков Дмитрий Алексеевич – врач-хирург, ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 7 им. Е. Л. Березова», г. Нижний Новгород, Российская Федерация.

Адрес: 127018, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Октябрьской революции, д. 66А

E-mail: d.a.evs@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7910-8510>

SPIN: 3082-9288, AuthorID: 1122638

Финансирование: финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования:

Лукьянычев Е. Е., Измайллов С. Г., Евсюков Д. А., Никольский В. О., Миронов А. А., Панюшкин А. В. Зонирование реакции тканей области имплантации после протезирующей пластики при грыжах живота в эксперименте. Исследования и практика в медицине. 2022; 9(4): 72–82.

<https://doi.org/10.17709/2410-1893-2022-9-4-7>

Статья поступила в редакцию 16.03.2022; одобрена после рецензирования 07.11.2022; принята к публикации 23.12.2022.

© Лукьянычев Е. Е., Измайллов С. Г., Евсюков Д. А., Никольский В. О., Миронов А. А., Панюшкин А. В., 2022

ZONING OF THE REACTION OF THE TISSUES OF THE IMPLANTATION AREA AFTER PROSTHETIC REPAIR IN ABDOMINAL HERNIAS IN EXPERIMENT

E. E. Lukoyanychev¹, S. G. Izmailov¹, D. A. Evsyukov^{1✉}, V. O. Nikolskij¹, A. A. Mironov^{2,3,4}, A. V. Panyushkin¹

1. City Clinical Hospital No. 7 named after E. L. Berezova, Nizhny Novgorod, Russian Federation

2. Privolga Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

3. Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN), Nizhny Novgorod, Russian Federation

4. Almazov National Medical Research Center, St. Petersburg, Russian Federation

✉ d.a.evs@mail.ru

Abstract

Purpose of the study. Development of criteria for evaluating the reaction of tissues in the implantation area after prosthetic repair of the hernia ring in an experiment using new digital image processing technologies.

Materials and methods. The experiment was carried out on 13 Wistar rats of different sexes. Under anesthesia, a 4 × 2 cm mesh prosthesis was implanted in the layer similar to the onlay epiaponeurotic. The preparation and staining of each preparation was carried out in two versions: with hematoxylin-eosin and according to Mallory on different glasses. The seasons for performing experiments are winter, summer.

Microphotography was performed on a medical transmitted light microvisor Microvisor μVizo-103 (AD LOMO, Russia) with a 3.2 Mpx matrix (full frame size 1024 × 882 px, infoband width 88 px) with Planachromat and Stigachromat lenses with a digital scale × 1 (i.e. no digital zoom).

Microphoto processing was performed using the ImageJ 1.53k program (version for public use). The criterion for including a microphoto in the calculation of indicators was the presence of an ingrown implant fiber in the preparation or a cavity surrounding the implant.

Results. The zone adjacent to the implant, with a width of about 50 μm ("the zone of changes in adjacent tissues") significantly differs from the "zone of changes in distant tissues" by a more pronounced inflammatory reaction due to a larger absolute number of lymphocytes ($p = 0.019$) and fibroblasts ($p = 0.017$), giant cells of foreign bodies ($p < 0.001$), larger vascular area ($p < 0.001$) and extravasations ($p = 0.002$). The study of the "zone of changes in adjacent tissues" is of key importance in assessing the local response of the body to implantation. The key zones of the implantation area are identified: "the cavity surrounding the implant", "the zone of changes in adjacent tissues", "the zone of changes in distant tissues". The calculation of indicators within these zones allows you to get more detailed results when comparing study groups in the experiment.

Conclusion. An effective method for assessing the reaction of tissues in the implantation area after prosthetic hernia repair in an experiment using new digital imaging technologies that can be used using a conventional optical microscope and standard staining methods is proposed.

Keywords:

prosthetic repair, abdominal hernia, implantation zone

For correspondence:

Dmitriy A. Evsyukov – surgeon, City Clinical Hospital No. 7 named after E. L. Berezova, Nizhny Novgorod, Russian Federation.

Address: 66A Oktyabrskaya revolyutsii str., Nizhny Novgorod 127018, Russian Federation

E-mail: d.a.evs@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7910-8510>

SPIN: 3082-9288, AuthorID: 1122638

Funding: this work was not funded.

Conflict of interest: authors report no conflict of interest.

For citation:

Lukoyanychev E. E., Izmailov S. G., Evsyukov D. A., Nikolskij V. O., Mironov A. A., Panyushkin A. V. Zoning of the reaction of the tissues of the implantation area after prosthetic repair in abdominal hernias in experiment. Research and Practical Medicine Journal (Issled. prakt. med.). 2022; 9(4): 72-82. (In Russ.).

<https://doi.org/10.17709/2410-1893-2022-9-4-7>

The article was submitted 16.03.2022; approved after reviewing 07.11.2022; accepted for publication 23.12.2022.

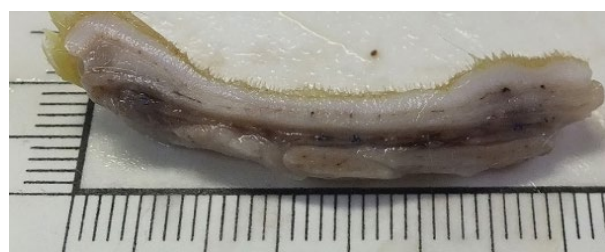
АКТУАЛЬНОСТЬ

Встречаемость раневых осложнений в абдоминальной хирургии сильно варьируют в диапазоне 0,4–34 % в зависимости от этиологии [1–3]. По данным медицинских организаций Министерства здравоохранения Российской Федерации частота послеоперационных осложнений в гражданском здравоохранении при открытых способах оперативного пособия при грыжах составляет 8–28 %. Лапароскопический способ герниопластики обеспечивает 4–12 % послеоперационных осложнений в зависимости от варианта операции и локализации грыжи [2; 4; 5].

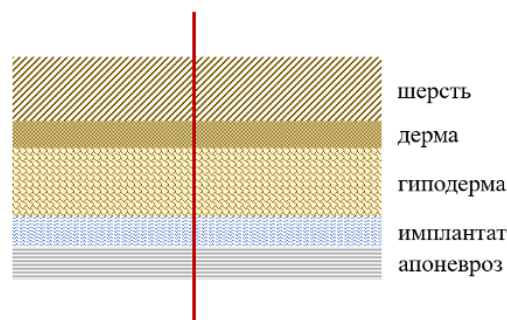
В резолюции XII научной конференции «Актуальные вопросы герниологии» 2015 г. указывается, что на современном этапе развития герниологии протезирующие методы пластики сохраняют приоритет при лечении пациентов с дефектами брюшной стенки, а в резолюции X конференции – направлением на ближайшую перспективу признана активизация исследований в области морфологии и биомеханики брюшной стенки, изучение технологий для её регенерации, а также расширение экспериментальных исследований по изучению новых материалов и технологий [6].

Одним из ключевых моментов патогенеза послеоперационных осложнений у 31–69 % пациентов является снижение локальной резистентности тканей к инфекции после хирургической агрессии и/или ассоциированная воспалительная реакция паратрезных и паравульнарных тканей, особенно при запланированном оставлении инородного тела (шовный материал, имплантат, аппарат) [7–8]. Анализ литературы показывает, что дисбаланс между про и противовоспалительными цитокинами не только отражает, но и влияет на интенсивность и длительность реакции организма в области оперативного вмешательства при протезирующей пластике [9–11].

Краеугольным камнем в процессе интеграции протеза в ткани является реактивный ответ тканей с формированием соединительнотканной капсулы, состоящей из зрелых волокон коллагена [12]. Интеграция основана на пролиферации и регенерации клеток и тканей, преимущественно в области имплантации с изменением качественного и количественного состава клеток иммунного и фибробластического ряда, а также формированием многоядерных клеток [10–13]. Однако данных о морфологических изменениях элементов тканей области имплантации недостаточно.



А



В

линия среза для приготовления микропрепарата

Рис. 1. Слои на срезе макропрепарата (А) и на схеме (В).

Fig. 1. Layers on the gross specimen (A) and on the scheme (B).

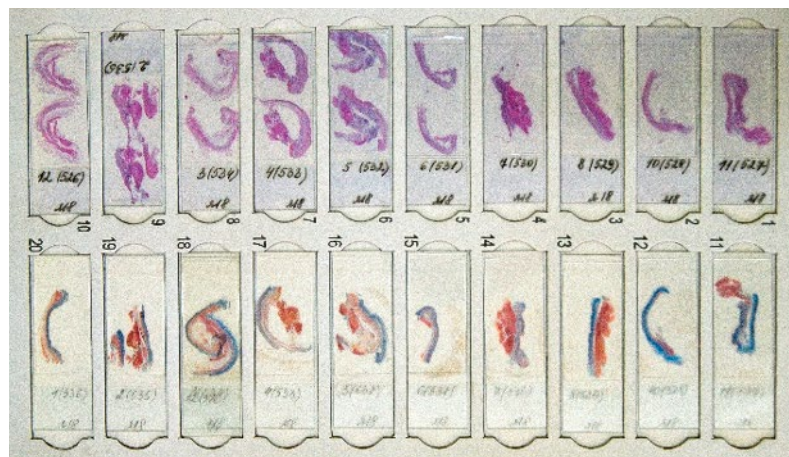


Рис. 2. Пример подготовленных микропрепаратов.

Fig. 2. Examples of micro specimens.

Цель исследования: разработка критериев оценивания реакции тканей области имплантации после протезирующей пластики грыжевых ворот в эксперименте с применением новых цифровых технологий обработки изображений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на 13 разнополых крысах чистой линии Wistar массой ($M \pm \delta$) $512,1 \pm 91,6$ г., выведенных из эксперимента на 5 сутки после операции, и включало изучение 39 полей зрения микропрепаратов (3 поля зрения на микропрепарат). Работа проводилась в SPF виварии на базе лаборатории центра генетических коллекций лабораторных животных Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (ННГУ). Сезоны выполнения опытов – зима, лето.

При организации и проведении опыта руководствовались следующими документами:

- ГОСТ Р 33216-2014 Межгосударственный стандарт. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами. Дата введения 01.07.2016 г.;
- ГОСТ Р 33215-2014 Межгосударственный стандарт. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур. Дата введения 01.07.2016 г.;
- ГОСТ 24026-80 Государственный стандарт союза ССР. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. Дата введения 01.01.1981 г.;
- Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 01.04.2016 г. № 199н «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики»;
- Федеральный закон Российской Федерации от 12.04.2010 г. № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств».

Участок имплантации на гистоморфометрическое исследование захватывал дерму, гиподерму, слой имплантата, фасцию, мышцу (рис. 1). Характеристики сеточного имплантата «Эсфил стандартный» согласно микроскопическому анализу сеточных имплантатов: состав – пучки моноволокна полипропилена, пористость фибробластического – 85 %, размер дефектов тканей – 30–40 мкм.

Приготовление и окраска каждого препарата (рис. 2) выполнялась в двух вариантах: гематоксин-эозином и по Маллори на разных стеклах лабораторией Гемохелп (г. Нижний Новгород).

Съёмка микрофото проводилась на микровизоре медицинском проходящего света «Микровизор μ Vizo-103» (АО «ЛОМО», Россия) (рис. 3) с матрицей 3.2 Мпкс (полные размеры кадра – 1024×882 пкс, ширина инфополосы – 88 пкс) объективами «План-ахромат» и «Стигахромат» с цифровым масштабом $\times 1$ (без цифрового увеличения). Всего в исследовании снято и подвергнуто анализу 552 микрофото.

При морфологическом описании микрофото применяли полное увеличение снимка, включающее линейное увеличение микровизора и цифровое программное увеличение участка снимка. Например, в случае цифрового программного увеличения участка микрофото на 300 %, полученного при линейном увеличении микровизора $\times 250$, полное увеличение снимка составит $\times 1000$. При измерениях площадей и подсчёте клеток цифровое увеличение не применяли.

Обработка микрофото выполнялась с помощью программы ImageJ 1.53k (версия для публичного использования). При анализе изображений единицей первичного измерения принято количество пикселей. Преобразование в мкм проводился программой в зависимости от установленной плотности



Рис. 3. Микровизор μ Vizo-103.

Fig. 3. Microvisor μ Vizo-103.

пикселей снимка применяемого объектива (табл. 1). Преобразование абсолютного количества пикселей площадного объекта в $\mu\text{м}^2$ выполнялось согласно инструкции к микровизору μVizo (формула 4).

Площадь объекта S_1 , $\mu\text{м}^2$ вычислялась по формуле:

$$S_1 = S_2 \times k_{\text{ув}} \quad (4)$$

где S_2 – площадь объекта, пкс;

$k_{\text{ув}}$ – коэффициент преобразования линейного увеличения:

при ув. $\times 63$ $k_{\text{ув}} = 0,28$, при ув. $\times 250$ $k_{\text{ув}} = 4,41$.

Критерием включения микрофото в расчёты показателей являлось наличие в препарате вросшего волокна имплантата или полости, окружающей имплантат (далее – ПОИ), содержащей или не содержащей волокно. ПОИ является суммой площади среза волокна имплантата (при наличии)

и площади жидкостного включения вокруг него. По данным литературы данная полость не имеет определённого названия, ряд авторов [14; 15] называли полость вокруг волокна имплантата «зазором» или «пустотами».

Цифровая обработка микрофото проводилась согласно рекомендациям R. L. Easton (2012) [16], а также методике, представленной в работе Мишиной Е. С. (2016) [17]. При выполнении гистоморфометрии варианты окраски препарата и кратность оптического увеличения выбирались в зависимости от измеряемого показателя (табл. 2). В зависимости от способа измерения или подсчёта изучаемые объекты разделяли на площадные и точечные [18].

Измерение площадных объектов проводилось $\mu\text{м}^2$ по их периметру (рис. 4), за исключением пло-

Таблица 1. Показатели оптической системы микровизора в зависимости от объектива
Table 1. Indicators of the optical system of the microvisor depending on the lens

Наименование объектива / Lens name	Линейное увеличение и числовая апертура объективов с видеоадаптером / Linear magnification and numerical aperture of lenses with a video adapter	Линейное увеличение микровизора / Linear magnification of the microvisor	Линейное поле в плоскости объекта, диагональ, $\mu\text{м}$ / Linear field in the plane of the object, diagonal, μm	Плотность пикселей на $\mu\text{м}$ / Pixel density per μm
Планахромат 5/0,10 ∞ / Planachromate 5/0, 10 ∞ /-	3,0/0,10	63	2540	0,532
Стигмахромат 20/0,45 ∞ / Stigmachromate 20/0.45 ∞ /0.17	12,5/0,45	250	630	2,145

Таблица 2. Выбор варианта окраски препарата и оптического увеличения микровизора в зависимости от измеряемого показателя
Table 2. The choice of specimen staining and the optical magnification of the microvisor, depending on the measured indicator

Измеряемый показатель / Measured indicator	Окраска / Stain		Оптическое увеличение / Optical magnification	
	Гематоксилин-эозином / H&E	По Маллори / Mallory	$\times 63$	$\times 250$
Площадные объекты / Areal objects				
ПОИ / ISC	–	+	+	–
Коллагеновые волокна / Collagen fibers	–	+	+	–
Экстравазация эритроцитов / Erythrocytes extravasation	+	–	–	+
Отёк / Edema	+	–	–	+
Полнокровные сосуды / Full-blooded vessels	+	–	–	+
Очаги некрозов / Necrosis loci	+	–	–	+
Точечные объекты / Micro objects				
Клеточные элементы / Cellular elements	+	–	–	+

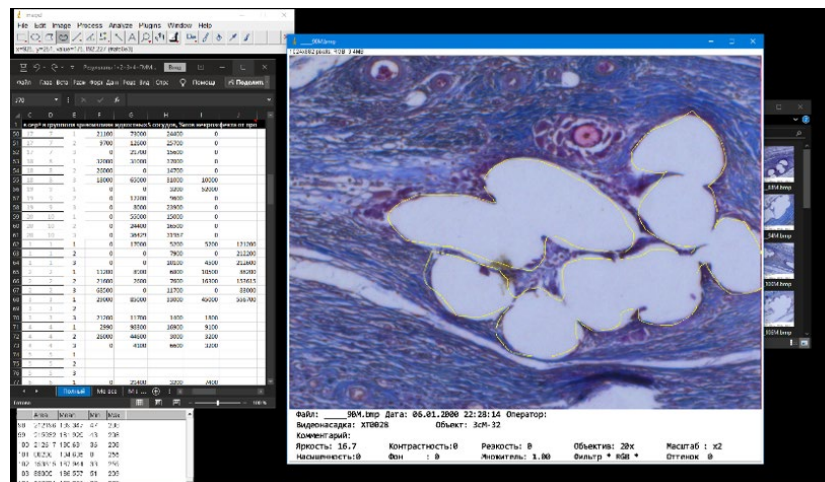


Рис. 4. Диалоговые окна при вычислении площади объектов в программе ImageJ с заполнением базы данных в программе MS Excel.

Fig. 4. Dialog boxes when calculating the area of objects in the ImageJ program with filling in the database in MS Excel.

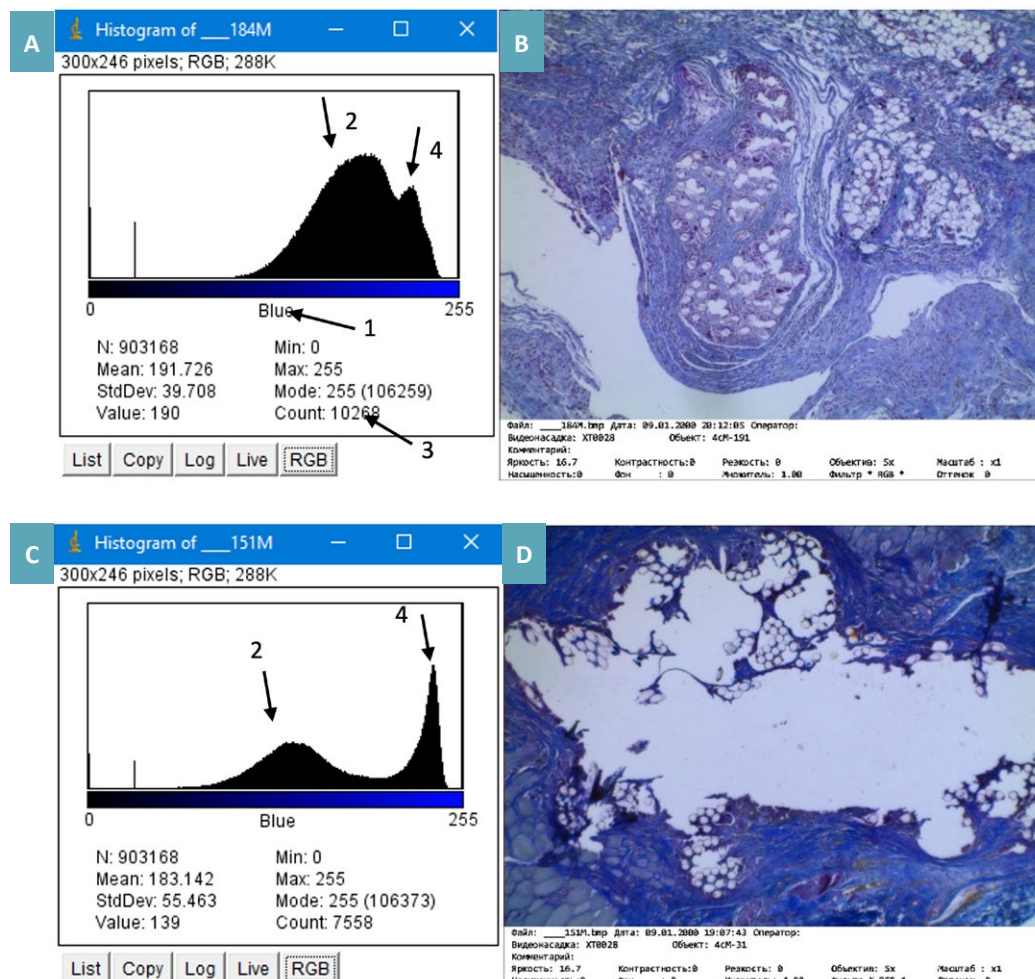


Рис. 5. Работа в диалоговом окне инструмента «Histogram» (A, C) на примере двух, соответствующих окнам, микрофото (B, D) с разной интенсивностью окрашивания микропрепаратов (объяснение в тексте).

Fig. 5. Work in the dialog box of the "Histogram" tool (A, C) on the example of two corresponding microphotos (B, D) with different intensity of staining of micro-specimens (explanation in the text).

щади коллагеновых волокон. Одно поле зрения без информационной полосы при увеличении $\times 63$ составляет 800000 мкм^2 , а при $\times 250$ поле зрения – 200000 мкм^2 . С целью единообразного представления результатов площади ПОИ и коллагеновых волокон пересчитывали на поле зрения в 200000 мкм^2 . Площадь ПОИ считали по периметру вне зависимости от расположения в ней среза волокна имплантата. Мелкими жидкостными включениями считали тканевые включения, расположенные вне ПОИ.

При микроскопическом описании процессы ангиогенеза и васкулогенеза не разделялись – использовался термин неоваскулогенез [19].

Площадь коллагеновых волокон измерялась инструментом «Histogram» в программе ImageJ (рис. 5) согласно рекомендациям [16]. На гистограмме выбирался синий канал (1), затем на при наведении на левый широкий пик гистограммы (2) показывается параметр «count» (3). Левый широкий пик гистограммы отражает окрашенные по Маллори коллагеновые волокна, а параметр «count» – подсчитывает количество таких пикселей на всём снимке. Таким образом, данный способ позволяет точно измерить площадь коллагеновых волокон на снимке вне зависимости от интенсивности окрашивания микропрепарата красителем и нестабильности освещённости поля. Правый пик (4) показывает долю

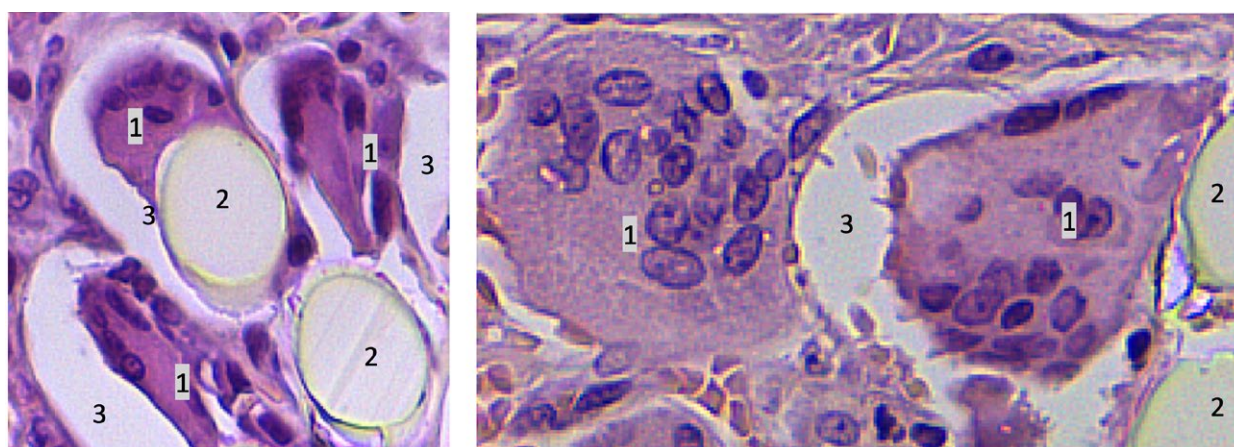


Рис. 6. Пример участка микрофото с ЗИПТ: гигантские клетки инородных тел (ГКИТ) (1) рядом с волокнами имплантата (2), вокруг прослойки жидкости (3), 14 сутки после операции. Окраска гематоксилин-эозином. Ув. $\times 1000$.

Fig. 6. An example of micropicture with ATZC: GFBC (1) near the implant fibers (2), around the fluid layer (3), 14days after operation. H&E staining. Magnification $\times 1000$.

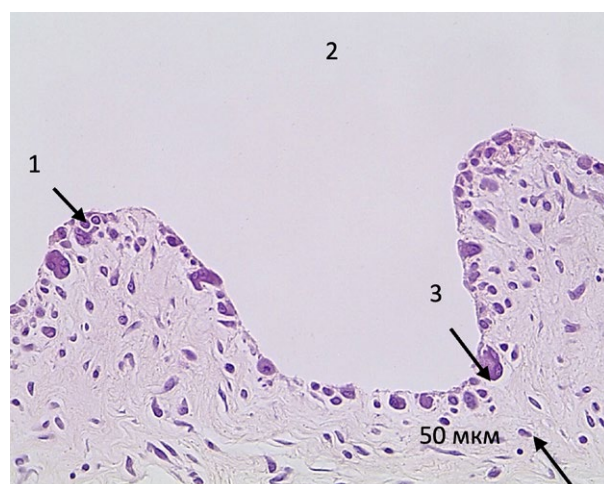


Рис. 7. Стенка (1), заполненной жидкостью ПОИ (2) с ободком ЗИПТ (3). Окраска гематоксилин-эозином. Ув. $\times 250$.

Fig. 7. Wall (1), filled in with water of ISC (2) with ATZC surrounding area (3). H&E staining. Magnification $\times 250$.

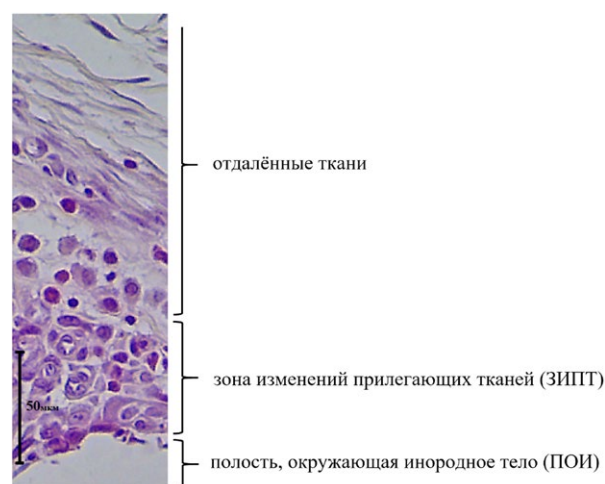


Рис. 8. Пояснения к предложенной зональности области имплантации.

Fig. 8. Explanations to the offered zoning of the implantation area.

синего фона препарата вследствие его окрашивания по Маллори.

Клеточные элементы считали точечными объектами. Подсчёт клеток проводился только в зоне изменений прилегающих тканей (далее – ЗИПТ) без специфического окрашивания на типы клеток.

При микроскопии области имплантации установлено, что вокруг волокна имплантата или ПОИ формировалась зона (греч. zone – пояс) со специфическим изменением ткани по клеточному и волокнистому составу (рис. 6, 8) – ЗИПТ. Во всех наблюдениях данная зона не превышала 50 мкм в ширину (рис. 7). В литературе данная область описывается по-разному: воспалительно-клеточного инфильтрата вокруг

нитей эндопротезов, лейкоцитарный вал. Инфильтрат ограничивает инородное тело, последовательно формируя барьеры, предшествующие образованию грануляционной ткани.

Для статистической обработки полученных данных применяли компьютерную программу StatSoft Statistica 12 согласно рекомендациям О. Ю. Ребровой (2002). В исследовании применялся 5 % доверительный интервал. Проверку нормальности распределения количественных признаков не проводили, так как полученные данные рассматривали как непараметрические. С целью оценки распределения непрерывных величин в несвязанных группах использовали U-критерий Манна-Уитни. Группы исследования

Таблица 3. Медиана с указанием квартилей показателей гистоморфометрии ЗИПТ и окружающих тканей у животного на 5 сутки после операции на 200.000 мкм²
Table 3. Median with indication of quartiles of histomorphometry indicators ATZC and surrounding tissues in the animal on the 5th day after surgery by 200,000 μm²

Показатель / Indicator	Окружающие ткани / Surrounding tissues	ЗИПТ / ATZC	Δ, %	p, U
Площадные объекты, мкм ² / Areal objects, μm ²				
Экстравазация эритроцитов / Erythrocytes extravasation	0 [0; 0]	700 [0; 10200]	–	0,002*
Отёк / Edema	10600 [8150; 18750]	11800 [5850; 26900]	+ 11,3	0,064
Полнокровные сосуды / Full blooded vessels	400 [75; 1300]	4600 [2200; 11900]	+ 1050,0	< 0,001*
Точечные объекты, абс. / Micro objects, abs.				
ГКИТ / GFBC	0 [0; 40]	400 [280; 400]	–	< 0,001*
Гранулоциты / Granulocytes	160 [80; 320]	240 [160; 240]	+ 50,0	0,074
Лимфоциты / Lymphocytes	160 [120; 280]	320 [200; 680]	+ 100,0	0,019*
Фибробласты / Fibroblasts	320 [240; 640]	640 [400; 840]	+ 100,0	0,017*
Фиброциты / Fibrocytes	320 [160; 560]	240 [160; 400]	-25,0	0,085

Примечание: * – различие статистически значимо ($p \leq 0,05$).

Note: * – the difference is statistically significant ($p \leq 0,05$).

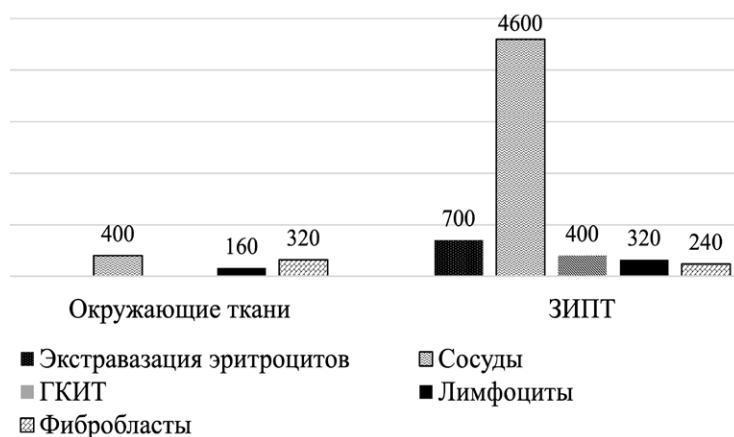


Рис. 9. Значимо отличающиеся показатели (медиана) между ЗИПТ и окружающими тканями на 200.000 мкм².

Fig. 9. Significantly different indicators (median) between ATZC and surrounding tissues by 200,000 μm².

формировались простым поочерёдным способом рандомизации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённое гистоморфометрическое исследование (табл. 3, рис. 9) области имплантации показало, что ГКИТ и экстравазация эритроцитов встречались преимущественно в ЗИПТ ($p < 0,001$ и $p = 0,002$, U-критерий, соответственно) в отличие от окружающих тканей, в которых отмечены лишь единичные случаи. Площадь полнокровных сосудов в ЗИПТ была в 9,5 раз ($p < 0,001$, U-критерий) больше, чем в окружающих тканях.

ЗИПТ характеризовалась преобладанием над окружающими тканями количества всех исследуемых клеток за исключением фиброцитов. Однако статистически значимые различия получены только по лимфоцитам и фибробластам – их больше на 100,0 % ($p = 0,019$ и $p = 0,017$, U-критерий, соответственно).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе морфологического исследования области имплантации в эксперименте выявлены элементы области имплантации: полость, окружающая имплантат (ПОИ) и зона изменений прилегающих тканей (ЗИПТ), отличающаяся от окружающих тканей пространственной ориентированностью клеточных и волокнистых структур относительно имплантата, присутствием гигантских клеток инородных тел ($p < 0,001$) и экстравазации эритроцитов ($p = 0,002$), большей площадью полнокровных сосудов в 9,5 раз ($p < 0,001$), большим на 100,0 % количеством лимфоцитов ($p = 0,019$) и фибробластов ($p = 0,017$). Изучение ЗИПТ имеет ключевое значение в морфологической оценке местных процессов заживления раны в условиях присутствия имплантата, так как выделение данных объектов позволяет получить не только более информативные и объективные данные исследования, но и повысить качество оценки характера течения репаративных процессов в зоне имплантата.

Список источников

1. Рябков М. Г., Измаилов С. Г., Лукочанчев Е. Е., Сабатури Р. В., Орлинская Н. Ю. Тактика при интраабдоминальной гипертензии у больных с острыми заболеваниями органов брюшной полости. Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. 2013;3:48–54.
2. Тимербулатов М. В., Тимербулатов Ш. В., Гатауллина Э. З., Валитова Э. Р. Послеоперационные вентральные грыжи: современное состояние проблемы. Медицинский вестник Башкортостана. 2013;8(5):101–107.
3. Ермолов А. С., Благовестнов Д. А., Алексеев А. К., Упырев А. В., Ярцев П. А., Шляховский И. А. и др. Хирургическое лечение пациентов с большими и гигантскими послеоперационными вентральными грыжами. Хирургия. Журнал имени Н. И. Пирогова. 2019;9:38–43. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201909138>
4. Михин И. В., Кухтенко Ю. В., Панчишкин А. С. Большие и гигантские послеоперационные вентральные грыжи: возможности хирургического лечения. Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2014;2(50):8–16.
5. Brooks DC. Clinical features, diagnosis, and prevention of incisional hernias. UpToDate. 2018;1–16. Доступно по: <https://www.uptodate.com/contents/clinical-features-diagnosis-and-prevention-of-incisional-hernias>, Accessed 29.10.2022.
6. Юрасов А. В., Эттингер А. П., Шестаков А. Л. Основные тенденции хирургического лечения грыж. Резолюция XII научной конференции «Актуальные вопросы герниологии». М., 2015.
7. Калиш Ю. И., Аметов Л. З., Шаюсупов А. Р., Иигиталиев С. Х. Рецидивные грыжи после протезной пластики (обзор литературы). Хирург. 2015;10:52–60.
8. Höer J, Lawong G, Klinge U, Schumpelick V. Einflussfaktoren der Narbenhernienentstehung Retrospektive Untersuchung an 2.983 laparotomierten Patienten über einen Zeitraum von 10 Jahren. Chirurg. 2002 May 1;73(5):474–480. <https://doi.org/10.1007/s00104-002-0425-5>
9. Черкасов М. Ф., Хиндиайнен А. Ю., Помазков А. А. Методы диагностики, профилактики и лечения осложнений герниопластики. Астраханский медицинский журнал. 2016;11(4):50–64.
10. Магомедов М. М., Магомедбеков Р. Э., Исмаилов Г. М. Системная воспалительная реакция при аллопластических методах лечения паховых грыж. Вестник новых медицинских технологий. 2017;(2):139–144. https://doi.org/10.12737/article_59099e6cbbb6f5.58108559
11. Сарбаева Н. Н., Пономарева Ю. В., Миллякова М. Н. Макрофаги: разнообразие фенотипов и функций, взаимодействие с чужеродными материалами. Гены и клетки. 2016;(1):9–17.
12. Шехтер А. Б., Розанова И. Б. Тканевая реакция на имплантат. Под ред. В. И. Севастьянова. М.: Биосовместимость, 1999, 174–211 с.
13. Алексеева Н. Т. Участие клеточного компонента в регенерации раны. Журнал анатомии и гистопатологии. 2014;3(1):9–15.
14. Захаров В. П., Братченко Д. В., Корнилин Д. В., Мякинин О. О., Храмов А. Г. Оптический контроль сеточных имплантатов. Компьютерная оптика. 2012;36(3):405–411.

15. Захаров В. П., Белоконов В. И., Братченко И. А., Тимченко П. Е., Пономарева Ю. В., Вавилов А. В. и др. Применение конфокальной лазерной микроскопии для контроля сеточных имплантатов в герниологии. *Квантовая электроника*. 2011;41(4):318–323.
16. Easton RL. Digital Image Mathematics Image Processing Notes. 2012, 239 p. Доступно по: https://www.cis.rit.edu/class/simg718/718_DIP_notes_small.pdf, Дата обращения: 01.02.2022.
17. Мишина Е. С. Морфологические особенности регенерации волокнистой соединительной ткани при использовании сетчатых эндопротезов с нанесением ионов серебра (экспериментальное исследование). Дисс. ... докт. мед. наук. М., 2016, 216 с.
18. Peskin A, Wilthan B, Majurski M. Detection of dense, overlapping, geometric objects. *Int J Artif Intell Appl*. 2020;11(4):29–40. <https://doi.org/10.5121/ijaia.2020.11403>
19. Глухов А. А., Аралова М. В. Патофизиология длительно незаживающих ран и современные методы стимуляции раневого процесса. *Новости хирургии*. 2015;(6):673–679. <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2015.6.673>

References

1. Riabkov MG, Izmailov SG, Lukoianychiev EE, Sabauri RV, Orlinskaia Nlu. Intraabdominal hypertension in patients with acute conditions of abdominal cavity. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2013;3:48–54. (In Russ.).
2. Timerbulatov MV, Timerbulatov ShV, Gataullina EZ, Valitova ER. Ipostoperative ventral hernias: current state of the problem. *Bashkortostan Medical Journal*. 2013;8(5):101–107. (In Russ.).
3. Ermolov AS, Blagovestnov DA, Alekseev AK, Upyrev AV, Yartsev PA, Shlyakhovskiy IA, et al. Optimized approach to the surgical treatment of patients with large and giant postoperative ventral hernia. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2019;9:38–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/hirurgia201909138>
4. Mikhin IV, Kukhtenko YV, Panchishkin AS. Large and giant postoperative ventral hernias: possibilities of surgical treatment (literature review). *Journal of Volgograd State Medical University*. 2014;2(50):8–16. (In Russ.).
5. Brooks DC. Clinical features, diagnosis, and prevention of incisional hernias. UpToDate. 2018;1–16. Available at: <https://www.uptodate.com/contents/clinical-features-diagnosis-and-prevention-of-incisional-hernias>, Accessed 29.10.2022
6. Yurasov AV, Ettinger AP, Shestakov AL. The main trends in surgical treatment of hernias. Resolution of the XII Scientific Conference “Topical issues of herniology”. Moscow, 2015. (In Russ.).
7. Kalish Yu, Ametov L, Shayusupov A, Yigitaliev S. Recurrent hernias after prosthetic plastics. *Khirurg*. 2015;10:52–60. (In Russ.).
8. Höer J, Lawong G, Klinge U, Schumpelick V. Einflussfaktoren der Narbenhernienentstehung Retrospektive Untersuchung an 2.983 laparotomierten Patienten über einen Zeitraum von 10 Jahren. *Chirurg*. 2002 May 1;73(5):474–480. German. <https://doi.org/10.1007/s00104-002-0425-5>
9. Cherkasov MF, Khindikaynen AYU, Pomazkov AA. Methods of diagnosis, prevention and treatment of complications of hernia repair. *Astrakhan Medical Journal*. 2016;11(4):50–64. (In Russ.).
10. Magomedov MM, Magomedbekov RE, Ismailov GM. Systemic inflammatory response in alloplastic treatment of the inguinal hernias. *Journal of New Medical Technologies*. 2017;(2):139–144. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/article_59099e6cbbb6f5.58108559
11. Sarbaeva NN, Ponomareva JV, Milyakova MN. Macrophages: diversity of phenotypes and functions, interaction with foreign materials. *Genes and Cells*. 2016;(1):9–17. (In Russ.).
12. Shekhter AB, Rozanova IB. Tissue reaction to the implant. Edited by Sevastyanov VI. Moscow: “Biocompatibility” Publ., 1999, pp. 174–211 pp. (In Russ.).
13. Alexeeva NT. The participation of cell component in regeneration of wounds. *Журнал анатомии и гистопатологии. Journal of Anatomy and Histopathology* 2014;3(1):9–15. (In Russ.).
14. Zakharov V. P., Bratcheno D. V, Kornilin D. V., Myakinin O. O, Khramov A. G. Optical control of mesh implants. *Computer optics*. 2012;36(3):405–411. (In Russ.).
15. Zakharov VP, Belokonev VI, Bratchenko IA, Timchenko PE, Ponomareva YuV, Vavilov AV, et al. The use of confocal laser microscopy for the control of mesh implants in herniology. *Quantum electronics*. 2011;41(4):318–323. (In Russ.).
16. Easton RL. Digital Image Mathematics Image Processing Notes. 2012, 239 p. Available at: https://www.cis.rit.edu/class/simg718/718_DIP_notes_small.pdf, Accessed: 01.02.2022.
17. Mishina ES. Morphological features of the regeneration of fibrous connective tissue when using mesh endoprotheses with the application of silver ions (experimental study). Diss. Moscow, 2016, 216 p. (In Russ.).
18. Peskin A, Wilthan B, Majurski M. Detection of dense, overlapping, geometric objects. *Int J Artif Intell Appl*. 2020;11(4):29–40. <https://doi.org/10.5121/ijaia.2020.11403>
19. Glukhov AA, Aralova MV. Pathophysiology of long-term non-healing wounds and modern methods of stimulation of the wound process. *News of surgery*. 2015;(6):673–679. (In Russ.). <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2015.6.673>

Информация об авторах:

Лукоянычев Егор Евгеньевич – к.м.н., доцент, консультант ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 7 им. Е. Л. Берёзова», г. Нижний Новгород, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6392-2692>, SPIN: 7896-4581, AuthorID: 625639

Измайлов Сергей Геннадьевич – д.м.н., профессор, профессор-консультант ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 7 им. Е. Л. Берёзова», г. Нижний Новгород, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7998-9277>, SPIN: 3984-2070, AuthorID: 755363

Евсюков Дмитрий Алексеевич – врач-хирург ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 7 им. Е. Л. Берёзова», г. Нижний Новгород, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7910-8510>, SPIN: 3082-9288, AuthorID: 1122638

Никольский Виктор Олегович – д.м.н., доцент консультант ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 7 им. Е. Л. Берёзова», г. Нижний Новгород, Российская Федерация. SPIN: 8734-7578, AuthorID: 595204

Миронов Андрей Александрович – к.б.н., доцент, доцент кафедры нейротехнологии ИБМ ННГУ им. Н. И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Российская Федерация; доцент кафедры нормальной физиологии им. Н. Ю. Беленкова ПИМУ, г. Нижний Новгород, Российская Федерация; руководитель группы сопровождения испытательного комплекса доклинических и трансляционных исследований ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7387-2860>, SPIN: 1635-3308, AuthorID: 139658, ResearcherID: E-3309-2014, Scopus Author ID: 55561808200

Панюшкин Алексей Вячеславович – заведующий отделением хирургии ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 7 им. Е. Л. Берёзова», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Information about authors:

Egor E. Lukoyanychev – Cand. Sci. (Med.), associate professor, consultant, City Clinical Hospital No. 7 named after E. L. Berezova, Nizhny Novgorod, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6392-2692>, SPIN: 7896-4581, AuthorID: 625639

Sergej G. Izmajlov – Dr. Sci. (Med.), professor, professor-consultant, City Clinical Hospital No. 7 named after E. L. Berezova, Nizhny Novgorod, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7998-9277>, SPIN: 3984-2070, AuthorID: 755363

Dmitriy A. Evsyukov – surgeon, City Clinical Hospital No. 7 named after E. L. Berezova, Nizhny Novgorod, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7910-8510>, SPIN: 3082-9288, AuthorID: 1122638

Victor O. Nikolskij – Dr. Sci. (Med.), consulting-professor, City Clinical Hospital No. 7 named after E. L. Berezova, Nizhny Novgorod, Russian Federation. SPIN: 8734-7578, AuthorID: 595204

Andrey A. Mironov – Cand. Sci. (Biol.), associate professor, department of neurotechnology, IBM, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN), Nizhny Novgorod, Russian Federation; associate professor, department of normal physiology named after N. Yu. Belenkov Privolga Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation; head of the support group of the testing complex for preclinical and translational studies, Almazov National Medical Research Center, St. Petersburg, Russian Federation. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7387-2860>, SPIN: 1635-3308, AuthorID: 139658, ResearcherID: E-3309-2014, Scopus Author ID: 55561808200

Aleksey V. Panyushkin – chief of the surgical department, City Clinical Hospital No. 7 named after E. L. Berezova, Nizhny Novgorod, Russian Federation.

Вклад авторов:

Лукоянычев Е. Е. – дизайн исследования, сбор и обработка материала, выполнение экспериментальной части, статистическая обработка данных, написание исходного текста;

Измайлов С. Г. – научное руководство, концепция и дизайн исследования;

Евсюков Д. А. – доработка текста, редактирование;

Никольский В. О. – гистологическое исследование, доработка текста;

Миронов А. А. – выполнение экспериментальной части, доработка текста;

Панюшкин А. В. – доработка текста, редактирование.

Authors contribution:

Lukoyanychev E. E. – study design, collection and processing of material, execution of the experimental part, statistical data processing, writing the draft;

Izmajlov S. G. – scientific management, study concept and design;

Evsyukov D. A. – text revision, editing;

Nikolskij V. O. – histological examination, text revision;

Mironov A. A. – execution of the experimental part, text revision;

Panyushkin A. V. – text revision, editing.