

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ХИРУРГИЯ

<https://doi.org/10.52581/1814-1471/90/06>
УДК 616.348-089.86-089.843:546.82-034.24-19



ФОРМИРОВАНИЕ СФИНКТЕРНОГО МЕХАНИЗМА ПРИ КОЛОСТОМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМПЛАНТАТОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

В.И. Коробейникова¹✉, Г.Ц. Дамбаев¹, М.М. Соловьёв¹, Н.Э. Куртсеитов¹, С.В. Вторушин^{1,2},
В.Э. Гюнтер³, В.Н. Ходоренко³, С.Г. Аникеев³, С.В. Бородина³, О.А. Кайдаш¹, М.В. Буктеров¹,
Д.В. Васильченко¹, А.А. Уфандеев¹, Е.А. Авдошина¹, А.С. Побежимова¹, В.С. Ли¹

¹ Сибирский государственный медицинский университет,
Томск, Российская Федерация

² Научно-исследовательский институт онкологии – филиал ФГБНУ «Томский национальный
исследовательский медицинский центр Российской академии наук»,
Томск, Российская Федерация

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Российская Федерация

Аннотация

Цель исследования: провести сравнительную оценку формирования сфинктерного механизма при колостомии с использованием имплантатов на основе никелида титана в эксперименте.

Материал и методы. Экспериментальное исследование проводилось на 45 половозрелых крысах-самцах линии Wistar со средней массой тела ($531,3 \pm 13,4$) г. Животные были рандомизированно распределены на три равные группы по 15 особей. У крыс 1-й экспериментальной группы при создании колостомы применяли цилиндрическую спираль из никелида титана с инвагинацией серозно-мышечного слоя ободочной кишки. Во 2-й экспериментальной группе использовали аналогичную спираль, но без инвагинации серозно-мышечного слоя. Крыс контрольной группы подвергали стандартной процедуре формирования одностольной колостомы. Животных всех групп выводили из эксперимента на 7-е, 30-е и 60-е сут после операции, по 5 особей на каждом этапе. Выполняли гистологическое исследование участка сформированной колостомы с запорным аппаратом.

Результаты. Применение цилиндрических спиральных имплантатов из никелида титана при формировании колостомы (как с инвагинацией серозно-мышечного слоя ободочной кишки, так и без таковой) не оказывало существенного влияния на динамику массы тела экспериментальных животных по сравнению с классическим методом. Формирование колостомы без инвагинации серозно-мышечного слоя не приводило к увеличению частоты встречаемости послеоперационных осложнений в сравнении с традиционной методикой. При этом инвагинация серозно-мышечного слоя сопровождалась повышением частоты осложнений в послеоперационном периоде.

Заключение. Комплексный анализ экспериментальных данных, включающий оценку выживаемости животных, динамики массы их тела, частоты послеоперационных осложнений, морфологических изменений, течения регенеративных процессов и функциональности стомы, позволяет рекомендовать в качестве перспективного метода колостомии применение цилиндрической спирали из никелида титана без инвагинации серозно-мышечного слоя ободочной кишки.

Ключевые слова: колостома, неосфинктер, никелид титана, колоректальный рак.

Конфликт интересов: авторы подтверждают отсутствие явного и потенциального конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Коробейникова В.И., Дамбаев Г.Ц., Соловьёв М.М., Куртсеитов Н.Э., Вторушин С.В., Гюнтер В.Э., Ходоренко В.Н., Аникеев С.Г., Бородина С.В., Кайдаш О.А., Буктеров М.В., Васильченко Д.В., Уфандеев А.А., Авдошина Е.А., Побежимова А.С., Ли В.С. Формирование сфинктерного механизма при колостомии с использованием имплантатов на основе никелида титана в эксперименте // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2024. Т. 27, № 3. С. 67–85.
doi: 10.52581/1814-1471/90/06

EXPERIMENTAL SURGERY

FORMATION OF A SPHINCTER MECHANISM IN COLOSTOMY USING TITANIUM NICKELIDE IMPLANTS IN AN EXPERIMENT

V.I. Korobeinikova¹✉, G.Ts. Dambaev¹, M.M. Soloviev¹, N.E. Kurtseitov¹, S.V. Vtorushin^{1,2},
V.E. Gunther³, V.N. Khodorenko³, S.G. Anikeev³, S.V. Borodina³, O.A. Kaydash¹, M.V. Bukterov¹,
D.V. Vasilchenko¹, A.A. Ufandeev¹, E.A. Avdoshina¹, A.S. Pobezimova¹, V.S. Li¹

¹ Siberian State Medical University,
Tomsk, Russian Federation

² Cancer Research Institute, Tomsk National Research Medical Center
of the Russian Academy of Sciences,
Tomsk, Russian Federation

³ National Research Tomsk State University,
Tomsk, Russian Federation

Abstract

Purpose of the study: to conduct a comparative assessment of the formation of the sphincter mechanism during colostomy using titanium nickelide-based implants in an experiment.

Material and methods. The experimental study was conducted on 45 sexually mature male rats Wistar with an average body weight of (531.3 ± 13.4) g. The animals were randomized into three equal groups of 15 animals each. In the 1st experimental group, a cylindrical spiral made of titanium nickelide with invagination of the serosal-muscular layer of the colon was used to create a colostomy. In the 2nd experimental group, a similar spiral was used, but without invagination of the serous-muscular layer. The control group underwent the standard procedure of single-barrel colostomy formation. Animals were removed from the experiment on the 7th, 30th and 60th days after the operation, 5 animals at each stage. Histologic examination of the area of the formed colostomy with constipation apparatus was performed.

Results. The use of cylindrical spiral implants from titanium nickelide in colostomy formation (both with and without invagination of the serosal-muscular layer of the colon) had no significant effect on the dynamics of body weight of experimental animals compared to the classical method. Colostomy formation without invagination of the serous-muscular layer did not lead to an increase in the incidence of postoperative complications in comparison with the traditional method. However, invagination of the serous-muscular layer was accompanied by an increased incidence of complications in the postoperative period.

Conclusion. The complex analysis of experimental data, including the assessment of survival rate, body weight dynamics, incidence of postoperative complications, morphological changes, the course of regenerative processes and stoma functionality, allows us to recommend as a promising method of colostomy the use of a cylindrical spiral made of titanium nickelide without invagination of the serous-muscular layer of the intestine.

Keywords: colostomy, neosphincter, titanium nickelide, colorectal cancer.

Conflict of interest: the authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Korobeinikova V.I., Dambaev G.Ts., Soloviev M.M., Kurtseitov N.E., Vtorushin S.V., Gunther V.E., Khodorenko V.N., Anikeev S.G., Borodina S.V., Kaydash O.A., Bukterov M.V., Vasilchenko D.V., Ufandeev A.A., Avdoshina E.A., Pobezimova A.S., Li V.S. Formation of a sphincter mechanism in colostomy using titanium nickelide implants in an experiment. *Issues of Reconstructive and Plastic Surgery*. 2024;27(3):67–85. doi: 10.52581/1814-1471/90/06

ВВЕДЕНИЕ

Злокачественные новообразования толстого кишечника занимают одну из лидирующих позиций в структуре онкологической заболеваемости.

Согласно данным международных исследований, эта патология находится на втором месте среди женщин, на третьем среди мужчин и на четвертом в общей статистике [1].

Современные подходы к хирургическому лечению рассматриваемой патологии часто включают формирование кишечных стом. Данная хирургическая процедура стала неотъемлемой частью лечения рака прямой кишки. В настоящее время наблюдается отчетливая тенденция к увеличению числа стомированных пациентов, причем в развитых странах их доля достигает 150 человек на 100 тыс. населения [2].

Наличие кишечной стомы оказывает существенное влияние на качество жизни пациентов, зачастую затмевая другие аспекты заболевания. Кроме того, женщины имеют более низкое качество жизни по сравнению с мужчинами, что связано с изменением их внешнего вида, страхом быть отвергнутой и неспособностью выполнять привычную домашнюю работу [3–5]. Если учесть тот факт, что до 20% пациентов со сформированными превентивными кишечными стомами впоследствии не подвергаются реконструктивному этапу по их устранению [6], то можно говорить о том, что качество жизни части таких пациентов не улучшается до конца их жизни.

Таким образом, решение проблемы сохранения качества жизни у больных, перенесших операцию, требует разработки новых стратегий и тактик хирургического формирования стомы и послеоперационного ведения пациентов.

Одним из возможных подходов к изменению стратегии лечения стомированных больных является формирование запорного механизма, регулирующего процесс дефекации. Для решения этой задачи авторами настоящей статьи предложен метод формирования запорного аппарата при колостомии с применением цилиндрических спиральных имплантатов на основе никелида титана (TiNi) [7].

Импланты из никелида титана оцениваются как новое поколение медицинских изделий, применяемых для хирургического лечения и отличающихся высокой эффективностью. С этим связано их использование в различных областях медицины: ортопедии, ортодонтии, сердечно-сосудистой, абдоминальной и торакальной хирургии [8–10]. Имплантаты, изготовленные на основе TiNi, получили широкое распространение в современной хирургической практике благодаря ряду преимуществ материала, из которого они изготовлены, и в первую очередь, биоинертности: именно это свойство TiNi определяет возможность окружающим тканям интегрироваться с органом сквозь имплант, формируя с ним единую биомеханическую структуру [11]. Применительно к нашей теме отметим, что в литературе описан и способ использования кольца из сплава TiNi для формирования искусственного сфинктера с удерживающей функцией [12].

Цель исследования: провести сравнительную оценку формирования сфинктерного механизма при колостомии с использованием имплантатов на основе никелида титана в эксперименте.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперименты выполнены на 45 крысах-самцах линии Wistar со средней массой тела ($531,3 \pm 13,4$) г. Проведение исследования было одобрено решением локального биоэтического комитета ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» (СибГМУ) Минздрава России (г. Томск) (протокол №8471 от 09.11.2020). Исследование проходило на базе Центра доклинических исследований ЦНИЛ ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России. Все эксперименты проводили в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных целей, а также «Quality practices in basic biomedical research» (QSBR), на которых основываются правила лабораторной практики в Российской Федерации (решение Совета Евразийской экономической комиссии от 03.11.2016 № 81 «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики Евразийского экономического союза в сфере обращения лекарственных средств»).

В ходе экспериментального исследования в процессе колостомии был создан запорный аппарат на основе цилиндрической спирали, выполненной из сверхэластичной никелид-титановой проволоки. Длина спирали по периметру составила 10 мм, диаметр витка – 2 мм, диаметр проволоки – 60–100 мкм. Никелид-титановая проволока, изготовленная путем волочения (данная технология описана в патенте [13]), имеет шероховатую поверхность, что обеспечивает быструю и прочную интеграцию с окружающими тканями.

На рис. 1 представлен внешний вид спирали из сверхэластичной никелид-титановой проволоки, на рис. 2 продемонстрирована схема формирования запорного аппарата при помощи спирали, без заворачивания (а) и с заворачиванием (б) серозно-мышечного слоя.

Было установлено, что деформационные характеристики сверхэластичного никелида титана позволяют достичь необходимых изменений для функционирования запорного аппарата. При достижении давления 220–230 МПа, проволочная спираль из никелида титана начинает растягиваться, что приводит к открытию запорного аппарата (жома). Как только давление снижается, спираль возвращается в исходное состояние, закрывая просвет [7, 14].



Рис. 1. Внешний вид спирали из сверхэластичной никелид-титановой проволоки

Fig. 1. External appearance of a spiral made of superelastic TiNi wire

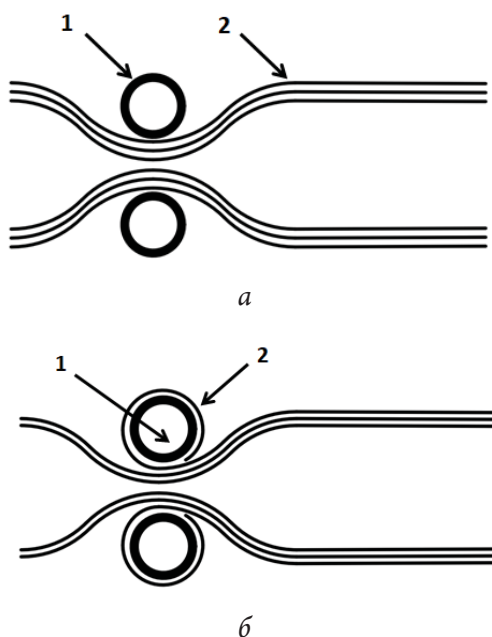


Рис. 2. Схематичное изображение применения цилиндрической спирали на основе никелида титана без заворачивания (а) и с заворачиванием (б) серозно-мышечного слоя кишки: 1 – цилиндрическая спираль; 2 – серозно-мышечный слой.

Fig. 2. Schematic representation of the use of a cylindrical spiral based on TiNi without wrapping (a) and with wrapping (b) the serous-muscular layer of the intestine: 1 – cylindrical spiral; 2 – serous-muscular layer

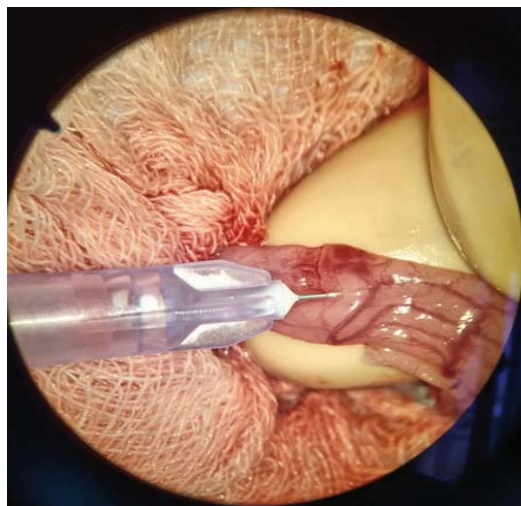
Для введения экспериментальных животных в наркоз и поддержания анестезии на протяжении всей хирургической манипуляции применяли метод ингаляционной анестезии с использованием изофлурана в концентрации 1,5%. Предоперационная подготовка также включала подкожное введение 0,1%-го раствора атропина сульфата из расчета 0,2 мг на 1 кг массы тела животного [14].

Формирование колостомы у экспериментальных животных осуществляли с применением высокоточной оптической техники. Использовался операционный микроскоп производства

фирмы Carl Zeiss (Германия), обеспечивающий шестикратное увеличение операционного поля. Хирургические манипуляции выполняли с помощью специализированного набора микрохирургических инструментов, что позволяло достичь максимальной точности при минимальной травматизации тканей животного [14].

В ходе экспериментального исследования крысы были распределены на три группы по 15 особей в каждой.

В первой экспериментальной группе животным проводили хирургическую процедуру по формированию колостомы с использованием оригинального подхода. Перед имплантацией устройства осуществляли предварительную подготовку тканей, включавшую гидропрепарирование и отслойку серозно-мышечного слоя кишки (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Гидропрепарирование (а) и отслойка (б) серозно-мышечного слоя кишки

Fig. 3. Hydropreparation (a) and detachment (b) of the serous-muscular layer of the intestine

Метод включал применение цилиндрической спирали, изготовленной из сплава титана и никеля (TiNi), с последующим заворачиванием серозно-мышечного слоя ободочной кишки (рис. 4).

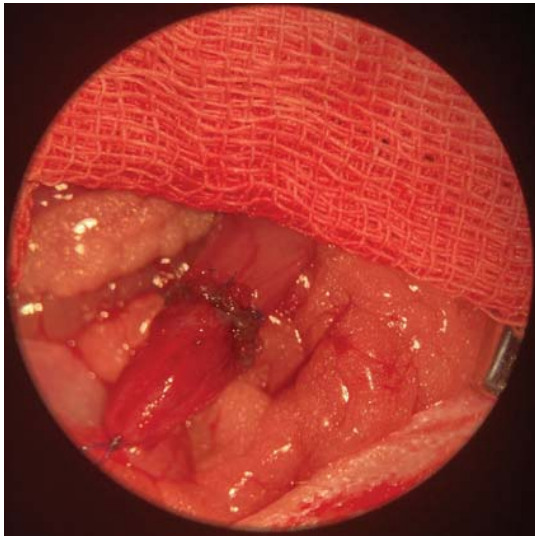


Рис. 4. Заворачивание серозно-мышечного слоя кишки поверх имплантата

Fig. 4. Wrapping the serous-muscular layer of the intestine over the implant

Во второй экспериментальной группе, состоящей из 15 особей, также применялась цилиндрическая спираль из TiNi для формирования колостомы, однако без заворачивания серозно-мышечного слоя ободочной кишки (рис. 5). Детальное описание этапов хирургического вмешательства было представлено нами ранее [14]. Окончательный вид сформированной колостомы у экспериментального животного представлен на рис. 6.



Рис. 5. Фиксация имплантата поверх серозного слоя кишки

Fig. 5. Fixation of the implant over the serous layer of the intestine



Рис. 6. Окончательный вид сформированной колостомы
Fig. 6. The final appearance of the formed colostomy

Крыс контрольной группы, также состоящей из 15 животных, подвергли стандартной хирургической процедуре создания одностольной колостомы без использования имплантатов.

Для профилактики инфекционных осложнений в послеоперационном периоде (14 дней) животным вводили *per os* энрофлоксацин в дозе 15 мг/кг массы тела. В послеоперационном периоде в течение двух суток животным назначали кетопрофен в дозе 5 мг/кг массы тела.

Клиническое состояние крыс оценивали на 1, 2, 3, 4, 5, 7, 30 и 60-е сут.

Экспериментальных животных выводили из исследования поэтапно: через 7, 30 и 60 дней после операции, по 5 особей из каждой группы на каждом этапе. Вывод из эксперимента осуществляли путем введения повышенной дозы изофлурана.

Оценка результатов эксперимента включала макроскопическое обследование внутренних органов с особым вниманием к спячному процессу, а также гистологический анализ области сформированной колостомы и запорного аппарата.

Патоморфологическое исследование фокусировалось на нескольких ключевых показателях: интенсивности инфильтрации зоны стомы воспалительными клетками, степени выраженности фиброза и наличии некротических изменений. Для оценки выраженности воспалительного процесса использовали четырехбалльную шкалу: от 0 до 3, где 0 – отсутствие изменений, а 3 – максимальная выраженность изменений [14].

Процесс интеграции TiNi-имплантатов с тканями организма изучали с помощью растровой электронной микроскопии. Схема эксперимента представлена на рис. 7.



Рис. 7. Схема эксперимента

Fig. 7. Experimental scheme

Для проведения морфологических исследований применяли прямой микроскоп Eclipse Ni (Nikon, Япония), цифровую камеру Nikon с программным обеспечением NIS-Elements D 5.20.00 для анализа изображений, а также растровый электронный микроскоп Quanta 200 3D (FEI Company, США) – для детального изучения структуры тканей и имплантатов.

Оценку результатов экспериментального исследования осуществляли с использованием следующих программ и методов: программа Statistica 13.0 (StatSoft Inc., США) – для статистической обработки данных; критерий Шапиро–Уилка – для оценки нормальности распределения значений; метод дисперсионного анализа (ANOVA; параметрический метод) с последующим апостериорным сравнением (post-hoc) с помощью теста Бонферрони – в случаях, когда распределение в экспериментальных группах было нормальным; критерий Краскела–Уоллиса (непараметрический метод) – при распределении, отличном от нормального, и при несоблюдении межгруппового равенства дисперсий; критерий согласия Пирсона – для оценки относительных частот баллов интенсивности воспалительной реакции и послеоперационных осложнений. Различия между экспериментальными группами считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментального исследования методов формирования колостомы оцени-

вали по следующим показателям: выживаемость животных, динамика массы тела, частота встречаемости послеоперационных осложнений, морфологические изменения, особенности регенеративных процессов, функционирование стомы.

Выживаемость животных в ходе эксперимента составила 100%.

В послеоперационном периоде уже на 7-е сут регистрировались хорошие регенеративные процессы в области сочленения кожи и стенки кишки (рис. 8). Следует отметить, что в первой и второй опытных группах у крыс отчетливо визуализировалась зона концентрического сужения кишки (рис. 8, а, б). У животных контрольной группы определялась более выраженная эвагинация (выворот) стомы (рис. 8, в).

Исследование различных методов создания колостомы показало, что использование цилиндрических спиральных имплантатов из никелида титана не оказывало статистически значимого влияния на изменение массы тела экспериментальных животных по сравнению с традиционным методом создания колостомы ($p > 0,05$). Этот результат действителен как для случаев, когда серозно-мышечный слой ободочной кишки заворачивается, так и когда он остается не завернутым. Общие данные о динамике массы тела животных представлены на рис. 9.

Одним из показателей эффективности использования того или иного метода является частота встречаемости осложнений. При использовании цилиндрических спиральных имплантатов из никелида титана с заворачиванием серозно-

мышечного слоя ободочной кишки наблюдается статистически значимый рост перфорации кишечной стенки по сравнению с контролем ($p = 0,032$). Было обнаружено, что частота встречаемости осложнений при формировании колостомы с заворачиванием серозно-мышечного слоя оказалась статистически значимо выше по сравнению с таковой при классическом методе ($p = 0,006$).

При использовании цилиндрических спиральных имплантатов из никелида титана без

заворачивания серозно-мышечного слоя статистически значимого влияния на послеоперационные осложнения по сравнению с классическим методом формирования колостомы обнаружено не было ($p > 0,05$).

Что касается случаев возникновения абсцесса лапаротомной раны, то был выявлен только один такой случай в контрольной группе.

Обобщенные данные частоты встречаемости послеоперационных осложнений представлены в табл. 1.

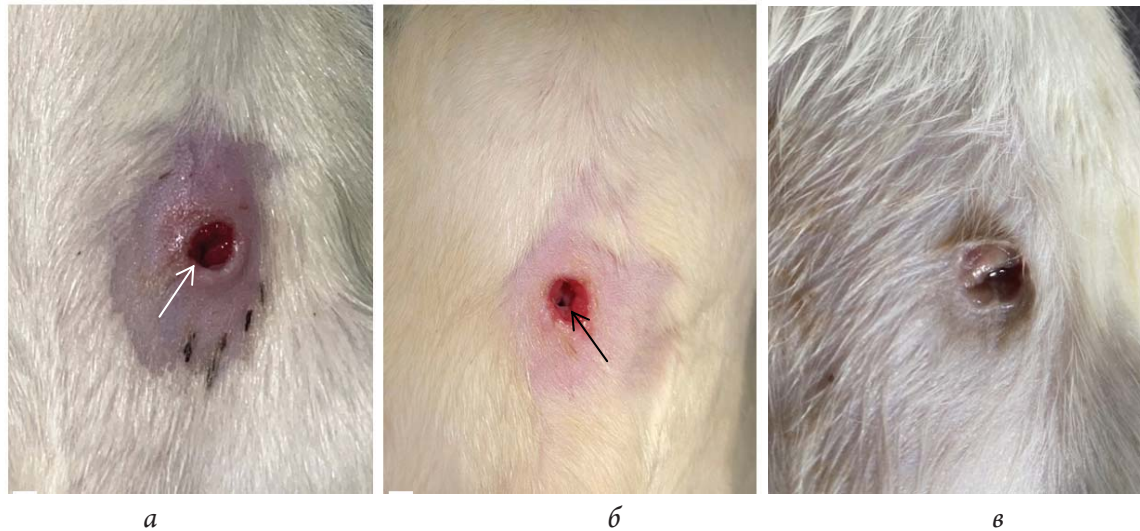


Рис. 8. Внешний вид колостомы у крыс 1-й (а) 2-й (б) и контрольной (в) групп. Стрелками показано концентрическое сужение кишки

Fig. 8. External appearance of colostomy in rats of the 1st (a), 2nd (b) and control (v) groups. Concentric narrowing of the intestinal mucosa is shown by arrows

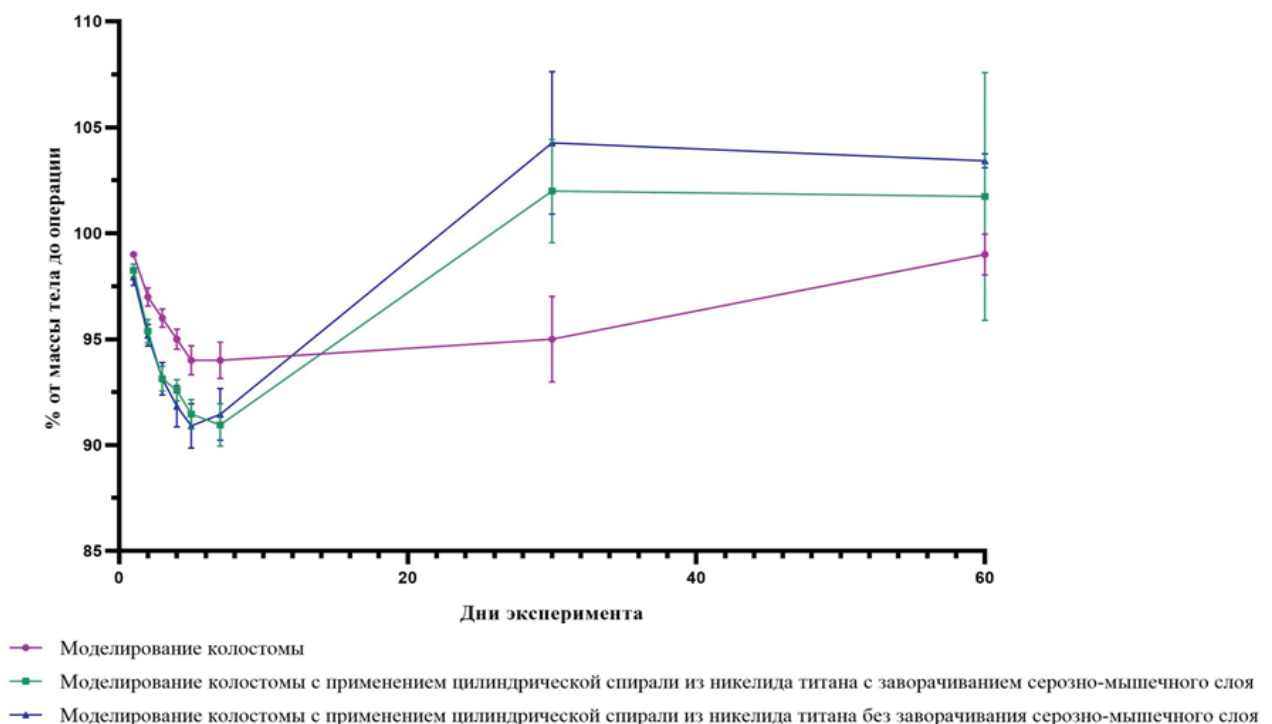


Рис. 9. Динамика изменения массы тела животных в сравниваемых экспериментальных группах

Fig. 9. Dynamics of body weight of rats in compared experimental groups

Таблица 1. Обобщенные данные частоты встречаемости послеоперационных осложнений, %

Table 1. Summary data on the frequencies of postoperative complications, %

Осложнение	Группа 1 (n = 15)	Группа 2 (n = 15)	Контрольная группа (n = 15)	p
	1	2	3	
Количество животных с осложнениями	100,00	53,33	60,00	0,006 (1–2) 0,713 (1–3)
Кровотечение в 1-е сут после операции	40,00	6,67	13,33	0,099 (1–2) 0,543 (1–3)
Абсцесс лапаротомной раны	0,00	0,00	6,67	0,309 (1–2) 0,309 (1–3)
Эвагинация стомы	26,67	13,33	13,33	0,195 (1–2) 1,000 (1–3)
Стеноз стомы	33,33	6,67	6,67	0,068 (1–2) 1,000 (1–3)
Перистомальный дерматит	46,67	26,67	20,00	0,121 (1–2) 0,666 (1–3)
Перфорация слизистой кишки	26,67	6,6	0	0,032 (1–2) 0,309 (1–3)

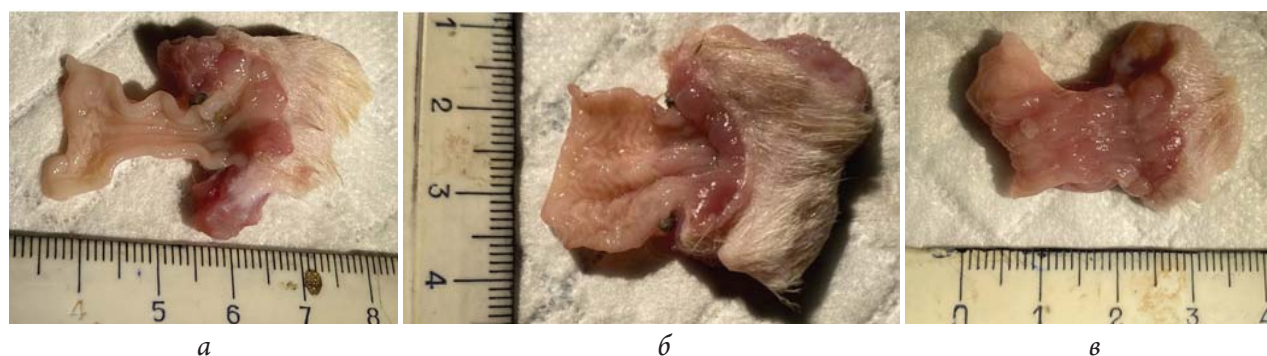


Рис. 10. Макропрепараты зоны колостомы в продольном разрезе у крыс первой (а), второй (б) и контрольной (в) групп

Fig. 10. Macropreparation of the colostomy area in longitudinal section in rats of the 1st (a), 2nd (b) and control (v) groups

В ходе анализа результатов макроскопического исследования нативных образцов колостомы животных сравниваемых групп были получены следующие результаты: в первой и во второй группах к 60-м сут у крыс отмечалась четкая граница сформированного жома; продольные складки стенки кишки, образованные слизистым и подслизистым слоями на уровне жома, были рельефно контурированы, границы кожного лоскута и стенки кишки отчетливые, без признаков воспаления, инвагинации и несостоятельности (рис. 10, а, б). У крыс контрольной группы к этому же сроку отмечалась сохраненная складчатость слизистой оболочки ободочной кишки, при этом слизистая имела бледно-розовый цвет; проходимость стомы была сохранена (рис. 10, в).

В ходе гистологических исследований стомы в различные периоды в сравниваемых группах были получены следующие результаты.

В первой опытной группе у четырех из пяти выведенных на 7-е сут из эксперимента животных в препаратах из области стомы наблюдалась картина регенеративных процессов с сохраненной границей стенки кишки и кожного лоскута (рис. 11, а, б). Процесс регенерации проявлялся формированием грануляционной ткани на фоне неравномерно выраженной воспалительной полиморфноклеточной инфильтрации. Один образец показал хороший эффект регенерации в области стомы с минимальным воспалением.

К 30-м сут эксперимента у трех из пяти крыс в зоне стомы наблюдались явные признаки регенерации тканей. Гистологическое исследование выявило четкую демаркацию между слизистой оболочкой толстой кишки и эпидермисом кожного лоскута. Доминирующим процессом в этой области стал фиброз, сопровождающийся формированием капиллярной сети. Отмечалась

очаговая, но выраженная лимфоидная инфильтрация с присутствием нейтрофилов и гемосидерофагов, что свидетельствует о продолжающихся репаративных процессах. В то же время у двух остальных особей морфологическая картина характеризовалась наличием выраженной воспалительной инфильтрации полиморфноклеточного характера (рис. 11, в, з), что указывает на индивидуальные особенности течения регенеративных процессов у экспериментальных животных этой группы.

У двух животных, выведенных из эксперимента на 60-е сут, в образцах стомы отчетливо визуализировалась граница кожного лоскута и стенки толстой кишки с преобладанием фиброза, ангиоматоза и хронического неспецифического воспаления, что свидетельствует об адекватной регенерации колостомы и, соответственно, ее состоятельности. В трех исследуемых образцах прослеживалась картина хронического воспаления высокой степени активности (рис. 11, д, е).

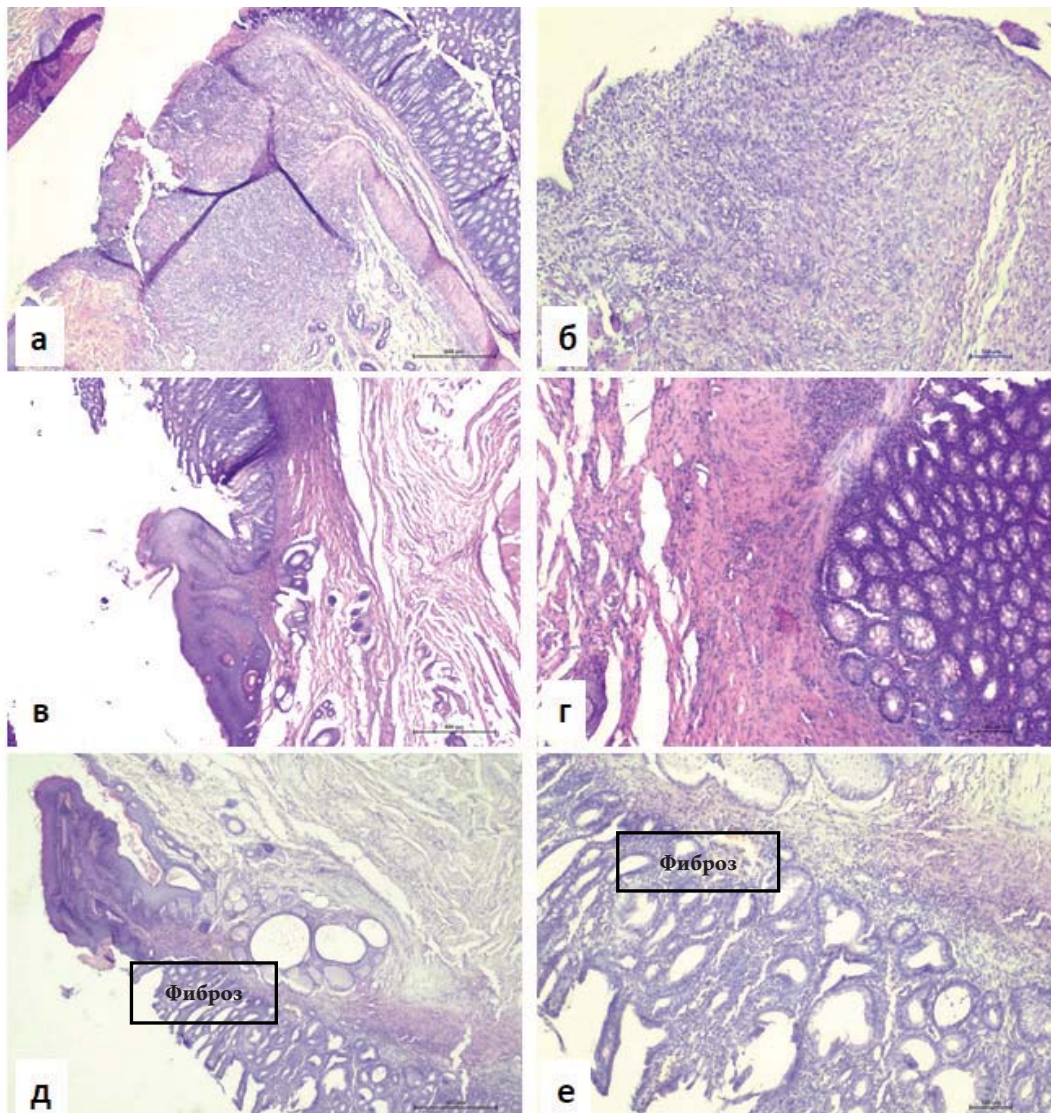


Рис. 11. Морфологическая картина зоны анастомоза у крыс 1-й группы на 7-е (а, б), 30-е (в, г) и 60-е сут (д, е). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 40$ (а, в, д), $\times 100$ (б, г, е)

Fig. 11. Morphological picture of the anastomosis zone in rats of the 1st group on the 7th (а, б), 30th (в, г) and 60th day (д, е). Hematoxylin and eosin staining. Magn. $\times 40$ (а, в, д), $\times 100$ (б, г, е)

Анализ результатов формирования стомы у животных второй опытной группы на 7-е сут (рис. 12, а, б) показал следующее. У трех крыс из пяти граница между слизистой оболочкой толстой кишки и эпидермисом также была отчетливой, наблюдались признаки активной регенерации: преобладание фиброза с ангиоматозом на

фоне разрастания грануляционной ткани с примесью нейтрофилов. У двух животных отмечалась выраженная воспалительная полиморфноклеточная инфильтрация.

На 30-е сут у трех животных визуализировалась отчетливая граница слизистой оболочки толстой кишки и кожного лоскута (эпидермиса)

с прилежащими придатками кожи. Граница между кожным лоскутом и стенкой кишки была отчетливой, преобладали явления хронического воспаления на фоне фиброза и ангиоматоза (рис. 12, в, з). Остальные два исследуемых образца в области стомы имели картину умеренно выраженного воспаления.

На 60-е сут у всех пяти выведенных из эксперимента животных этой группы в области стомы имела место картина полной регенерации на фоне преобладания хронического воспаления и фиброза с ангиоматозом (рис. 12, д, е).

В группе контроля, где животные ($n = 5$) были выведены из эксперимента на 7-е сут, у четырех из пяти крыс наблюдалось несовершенное соединение кишечной стенки с кожным лоскутом (рис. 13, а, б). Это явление сопровождалось развитием грануляционных процессов в зоне стомы. Микроскопическое исследование выявило очаги

неспецифического продуктивного воспаления, характеризующегося наличием многоядерных клеток. Эти изменения развивались на фоне признаков острого воспалительного процесса, который проявлялся участками некроза и инфильтрацией лейкоцитами с примесью фибрина. Морфофункциональная картина, свидетельствующая об адекватных регенеративных процессах, наблюдалась в этот срок только у одного экспериментального животного.

При гистологическом исследовании фрагментов стомы животных контрольной группы, выведенных на 30-е сут, в трех образцах состоятельность колостомы была полностью сохранена, а морфологические изменения соответствовали типичным регенераторным процессам (рис. 13, в, з). У двух животных в области стомы было отмечено воспаление высокой степени активности.

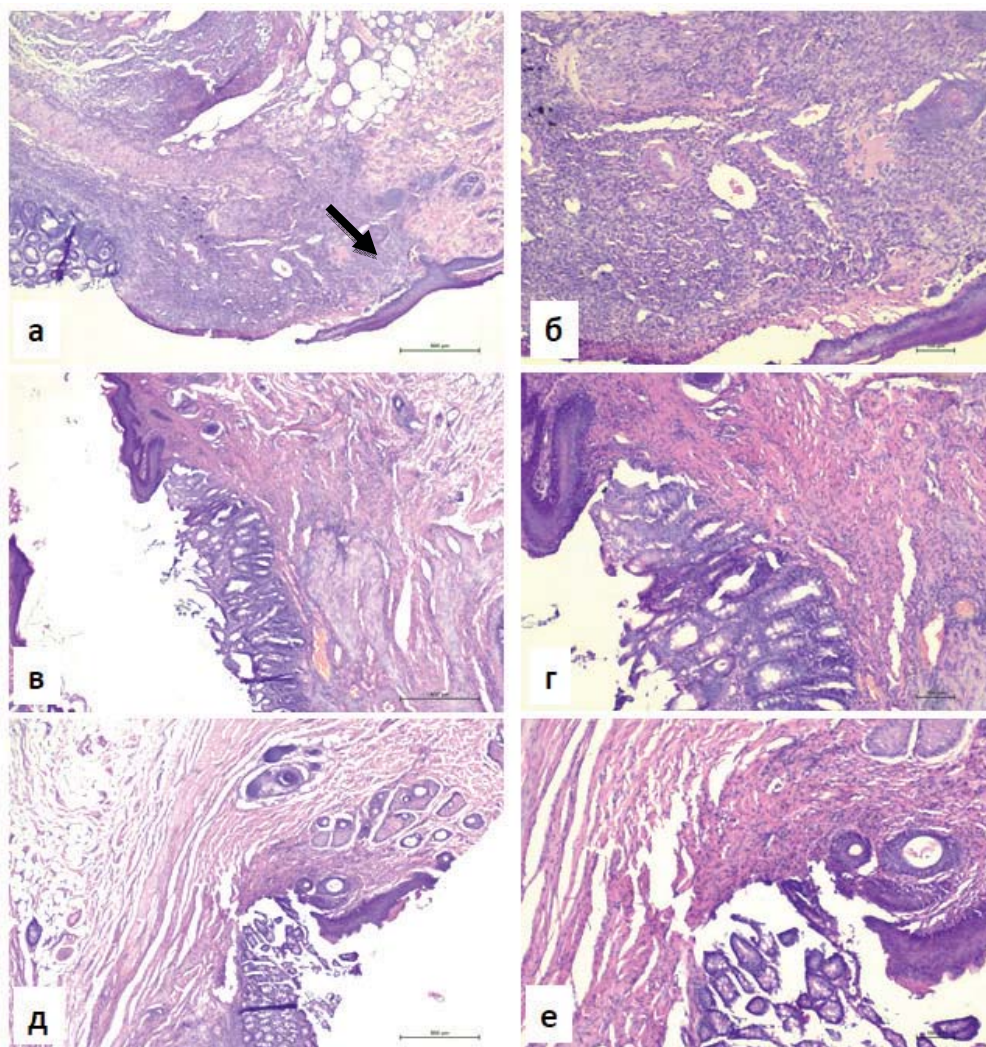


Рис. 12. Морфологическая картина зоны анастомоза у крыс 2-й группы на 7-е (а, б), 30-е (в, з) и 60-е сут (д, е). Зрелая волокнистая соединительная ткань с наличием грануляций (показано стрелкой). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 40$ (а, в, д), $\times 100$ (б, з, е)

Fig. 12. Morphological picture of the anastomosis zone in rats of the 2nd group on the 7th (a, b), 30th (v, z) and 60th day (d, e). Mature fibrous connective tissue with granulation (arrow). Hematoxylin and eosin staining. Magn. $\times 40$ (a, v, d), $\times 100$ (b, z, e)

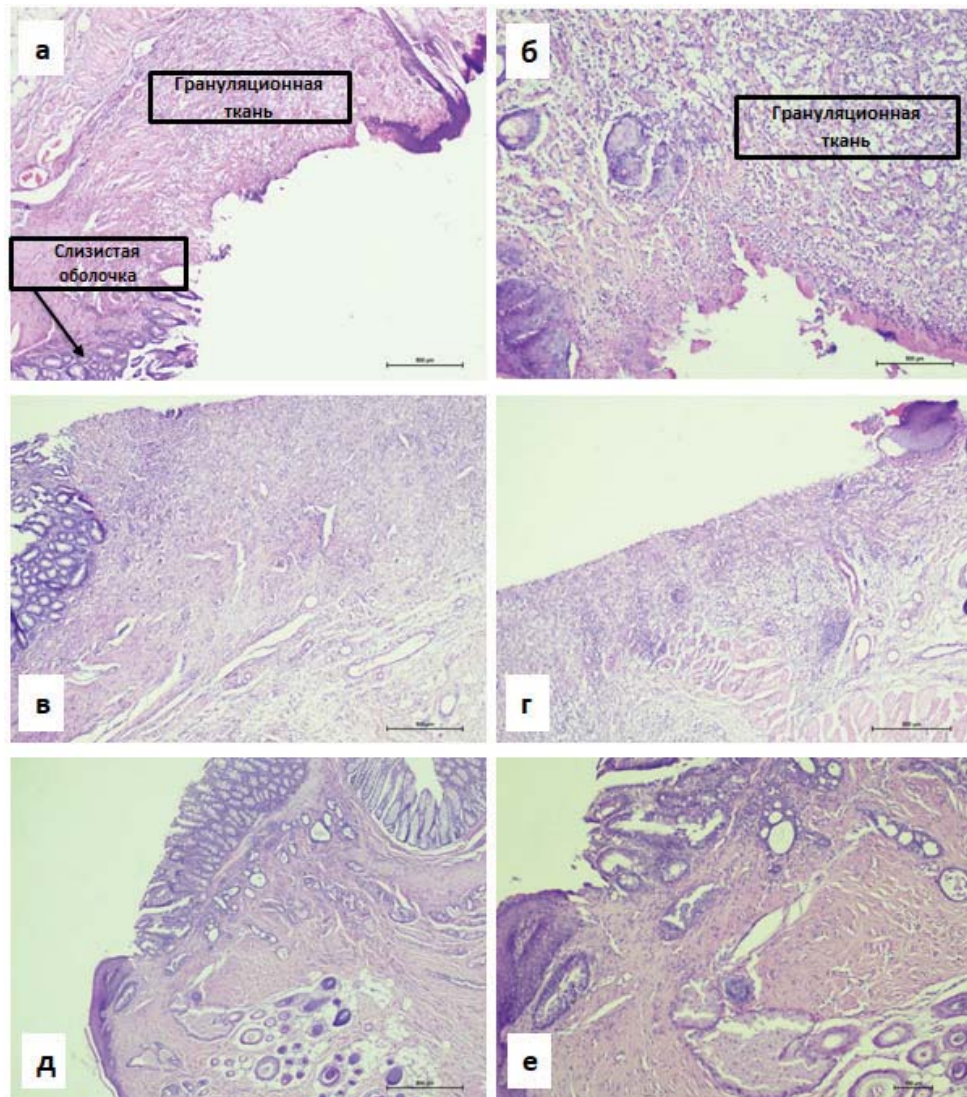


Рис. 13. Морфологическая картина зоны анастомоза у животных контрольной группы на 7-е (а, б), 30-е (в, з) и 60-е сут (д, е). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 40$ (а, в, д), $\times 100$ (б, з, е)

Fig. 13. Morphological picture of the anastomosis zone in rats of the control group on 7th (a, б), 30th (в, з) and 60th day (д, е). Hematoxylin and eosin staining. Magn. Ув. $\times 40$ (а, в, д), $\times 100$ (б, з, е)

К 60-м сут макроскопический и гистологический анализы подтвердили состоятельность колостомы только у одного из пяти экспериментальных животных контрольной группы (рис. 13, д, е), тогда как в остальных четырех случаях образцы демонстрировали картину неспецифического хронического воспаления.

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что применение цилиндрических спиральных имплантатов, изготовленных из никелида титана, без процедуры заворачивания серозно-мышечного слоя ободочной кишки обладает статистически значимыми преимуществами по сравнению с традиционным методом формирования колостомы. Эти преимущества становятся особенно очевидными на 60-й день послеоперационного периода ($p = 0,040$).

Более того, предлагаемый нами подход показал свое превосходство не только над классиче-

ской методикой, но и над альтернативным способом формирования колостомы, при котором также применяются цилиндрические спиральные имплантаты из никелида титана, но с заворачиванием серозно-мышечного слоя ободочной кишки. Полученные данные свидетельствуют о потенциальной эффективности разработанного метода и открывают новые перспективы в области хирургического лечения рассматриваемой патологии. Обобщенные данные интенсивности воспалительной реакции представлены в табл. 2 и на рис. 14.

Анализ снимков, полученных с помощью сканирующей электронной микроскопии, показал, что имплантат хорошо интегрируется с окружающими тканями организма, как при заворачивании, так и при отсутствии заворачивания серозно-мышечного слоя. На поверхности витков спирали наблюдается хорошо сформированная

ткань (рис. 15, а, 16, а), которая обволакивает шероховатую поверхность витков спирали, плотно прилегая к ней. Все пространство между витками спирали заполнено плотной соединительной тканью. Необходимо подчеркнуть, что в случае формирования стомы без заворачивания серозно-мышечного слоя, контуры витков спирали слабо визуализируются на поверхности

экспериментального образца (рис. 15, а), в отличие от примера с заворачиванием (рис. 16, а). При этом объем и плотность вновь образованной ткани на поверхности и между витками спирали в данном случае выше (рис. 15, б). В случае с заворачиванием в силу меньших объема и плотности ткани контуры спирали выражены более четко (рис. 16, а).

Таблица 2. Обобщенные данные интенсивности воспалительной реакции, %
Table 2. Generalized data on the frequencies of inflammatory response intensity scores, %

День	Группа 1 (n = 5)	Группа 2 (n = 5)	Контрольная группа (n = 5)	p
7-й	20 (1 балл)	60 (1 балл)	20 (1 балл)	0,422
	60 (2 балла)	60 (2 балла)	40 (2 балла)	
	20 (3 балла)	40 (3 балла)	40 (3 балла)	
30-й	0 (1 балл)	60 (1 балл)	0 (1 балл)	0,133
	60 (2 балла)	40 (2 балла)	60 (2 балла)	
	40 (3 балла)	0 (3 балла)	40 (3 балла)	
60-й	0 (1 балл)	100 (1 балл)	20 (1 балл)	0,040
	40 (2 балла)	0 (2 балла)	40 (2 балла)	
	60 (3 балла)	0 (3 балла)	40 (3 балла)	

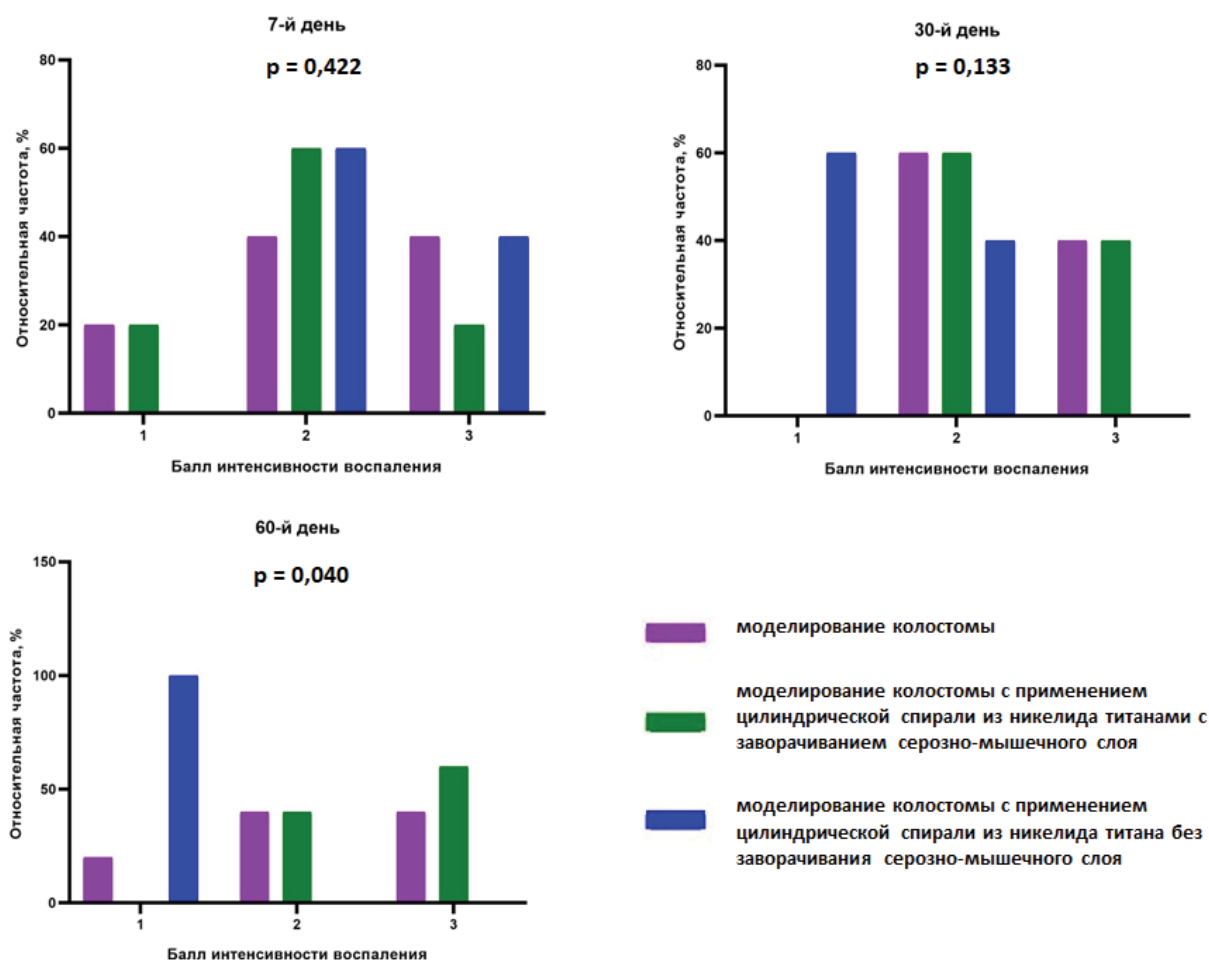


Рис. 14. Показатели оценки интенсивности воспалительной реакции

Fig. 14. Indicators of assessment of the intensity of the inflammatory reaction

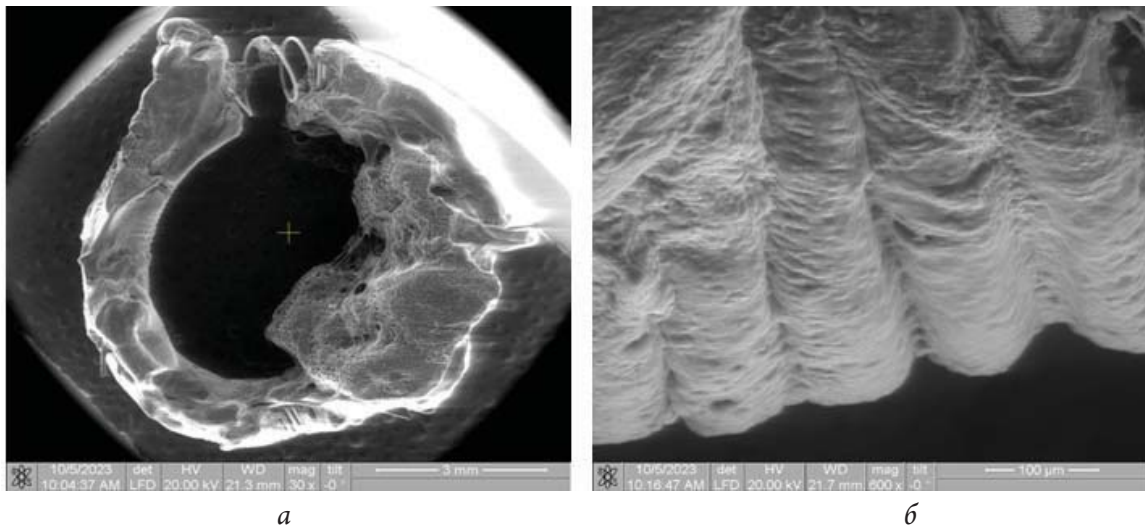


Рис. 15. Макроструктура сформированной ткани в экспериментальных образцах, имплантированных без заворачивания серозно-мышечного слоя. Ув. $\times 30$ (а); $\times 600$ (б)

Fig. 15. Macrostructure of the formed tissue in experimental samples implanted without wrapping the serous-muscular layer. Magn. $\times 30$ (a); $\times 600$ (b)

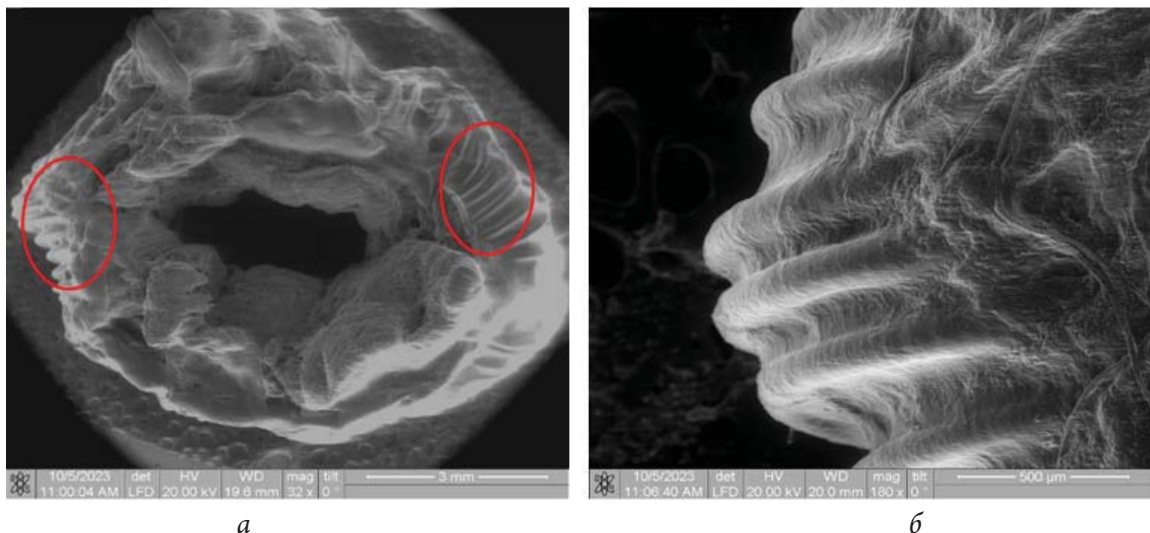


Рис. 16. Макроструктура сформированной ткани в экспериментальных образцах, имплантированных с заворачиванием серозно-мышечного слоя. Отчетливо визуализируются контуры спирали под соединительной тканью. Ув. $\times 32$ (а); $\times 180$ (б)

Fig. 16. Macrostructure of the formed tissue in experimental samples implanted with wrapping the serous-muscular layer. The contours of the spiral are clearly visualized under the connective tissue. Magn. $\times 32$ (a); $\times 180$ (b)

При изучении вопроса функционирования стомы в ходе экспериментального наблюдения было установлено, что формирование жома при колостомии с применением цилиндрической спирали из TiNi без заворачивания серозно-мышечного слоя ободочной кишки обеспечивает создание устойчивого механизма регуляции выделения кишечного содержимого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование имплантов без заворачивания серозно-мышечного слоя не только не повышает частоту послеопе-

рационных осложнений по сравнению с традиционными методами, но и обладает явными преимуществами. Это подтверждается меньшим количеством случаев воспаления и более выраженными регенеративными процессами в зоне сформированной колостомы. Кроме того, данный метод обеспечивает лучшую функциональность стомы и повышает ее устойчивость, что делает его перспективным в хирургическом лечении. Следовательно, применение цилиндрических спиралей из никелида титана без заворачивания серозно-мышечного слоя ободочной кишки можно рекомендовать в качестве эффективного метода формирования колостомы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ


1. Корымасов Е.А., Фесюн А.В., Кривошеков Е.П., Красильникова А.Е., Чернецов Е.В., Разин Е.А., Дудко А.Д., Захарова Е.А. Модель прогнозирования исходов первичной резекции кишки с наложением колостомы у пациентов с острой опухолевой толстокишечной непроходимостью // Наука и инновации в медицине. 2023. Т. 8, №2. С. 137–144. doi: 10.35693/2500-1388-2023-8-2-137-144
2. Майстренко Н.А., Сазонов А.А., Ромащенко П.Н., Зотов М.В. Результаты применения методики внебрюшинного устранения петлевой кишечной стомы // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2022. Т. 181, № 6. С. 64–69. doi: 10.24884/0042-4625-2022-181-6-64-69
3. Чикинёв Ю.В., Юданов А.В., Задильский Р.П. Качество жизни пациентов с кишечными стомами, сформированными различными способами при экстренных операциях // Медицина и образование в Сибири. 2015. №6. С. 35.
4. MacDonald S., Wong L.S., John-Charles R., McKee T., Quasim T., Moug S. The impact of intestinal stoma formation on patient quality of life after emergency surgery – A systematic review // Colorectal Disease. 2023. Vol. 25, Is. 7. P. 1349–1360. doi: doi.org/10.1111/codi.16603
5. Stavropoulou A., Vlamakis D., Kaba E., Kalemikerakis I., Polikandrioti M., Fasoi G., Vasilopoulos G., Kelesi M. “Living with a Stoma”: Exploring the Lived Experience of Patients with Permanent Colostomy // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. Vol. 18, Is. 16. P. 8512. doi: 10.3390/ijerph18168512
6. Дарбишгаджиев Ш.О., Баулин А.А., Гудошников В.Ю., Зимин Ю.И., Баулин В.А. Превентивные кишечные стомы в хирургии рака прямой кишки // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2020. Т. 13, № 2 (47). С. 93–97. doi: 10.18499/2070-478X-2020-13-2-93-97
7. Способ формирования запорного аппарата при колостомии в эксперименте: патент РФ № 2774034 С1 / Г.Ц. Дамбаев, В.И. Коробейникова, В.Э. Гюнтер, Н.В. Артюхова, С.Г. Аникеев, В.Н. Ходоренко, М.И. Кафтаранова; Патентообладатель: Национальный исследовательский Томский государственный университет. 2022. Дата регистрации 20.10.2021.
8. Alipour S., Taromian F., Ghomi E.R., Zare M., Singh S., Ramakrishna S. Nitinol: From historical milestones to functional properties and biomedical applications. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H // Journal of Engineering in Medicine. 2022. Vol. 236, Is. 11. P. 1595–1612. doi: 10.1177/09544119221123176
9. Maleckis K., Anttila E., Aylward P., Poulson W., Desyatova A., MacTaggart J., Kamenskiy A. Nitinol Stents in the Femoropopliteal Artery: A Mechanical Perspective on Material, Design, and Performance // Annals of Biomedical Engineering. 2018. Vol. 46, Is. 5. P. 684–704. doi: 10.1007/s10439-018-1990-1
10. Antonič M., Petrovič R., Gorišek Miksić N. Thermoactive nitinol clips as primary and secondary sternal closure after cardiac surgery – first experience in Slovenia // Acta clinica Croatica. 2022. Vol. 60, Is. 3. P. 435–440. doi: 10.20471/acc.2021.60.03.14
11. Топольницкий Е.Б., Шефер Н.А., Марченко Е.С., Фомина Т.И., Михед Р.А., Цыденова А.Н., Гарин А.С. Особенности интеграции двухслойного металл�рикотажа из никелида титана при замещении торакоабдоминального дефекта в эксперименте // Acta Biomedica Scientifica. 2023. Т. 8, № 2. С. 244–253. doi: 10.29413/ABS.2023-8.2.24
12. Искусственный сфинктер: патент РФ 2162308 С1 / В.К. Якушенко, В.Э. Гюнтер, С.Г. Штофин, В.Н. Ходоренко, В.А. Зотов, М.Р. Мухамедов. 2001. Дата регистрации 27.01.2001.
13. Способ изготовления поверхностно-пористой нити из сплава на основе никелида титана: патент РФ № 2280094 С2 / В.Э. Гюнтер. 2006. Дата регистрации 20.07.2006.
14. Коробейникова В.И., Дамбаев Г.Ц., Аникеев С.Г., Ходоренко В.Н., Кайдаш О.А., Буктеров М.В., Уфандеев А.А., Васильченко Д.В., Авдошина Е.А., Соловьёв М.М., Куртсеитов Н.Э., Гюнтер В.Э. Формирование клапана при колостомии с использованием сферических имплантатов на основе никелида титана с заворачиванием и без заворачивания серозно-мышечного слоя кишки // Современные технологии в медицине. 2023. Т. 15, № 6. С. 49–62. doi: 10.17691/stm2023.15.6.06

REFERENCES

1. Korymasov E.A., Fesyun A.V., Krivoshchekov E.P., Krasilnikova A.E., Chernetsov E.V., Razin E.A., Dudko A.D., Zakharova E.A. Model' prognozirovaniya ishodov pervichnoy rezektsii kishki s nalozheniyem kolostomy u pacientov s ostroy opuholevoy tolstokishechnoy neprokhodimost'yu [A model for predicting outcomes of primary resection with colostomy in patients with acute colonic cancer obstruction]. *Nauka i innovatsii v meditsine – Science and Innovations in Medicine*. 2023;8(2):137-144 (In Russ.). doi: 10.35693/2500-1388-2023-8-2-137-144

2. Maistrenko N.A., Sazonov A.A., Romashchenko P.N., Zotov M.V. Rezul'taty primeneniya metodiki vnebryushinnogo ustraneniya petlevoy kischechnoy stomy [Results of application of the technique of the extraperitoneal closure of loop intestinal stoma]. *Vestnik Khirurgii imeni I.I. Grekova – I.I. Grekov Bulletin of Surgery*. 2022;181(6):64-69. (In Russ.). doi: 10.24884/0042-4625-2022-181-6-64-69
3. Chikinev Yu.V., Yudanov A.V., Zadilsky R.P. Kachestvo zhizni paciyentov s kischechnymi stomami, sformirovannymi razlichnymi sposobami pri ekstrennykh operatsiyah [Life quality at patients with intestinal ostomies formed by the various methods at immediate surgeries]. *Medsitsina i obrazovaniye v Sibiri – Journal of Siberian Medical Sciences*. 2015;6:35. (In Russ.).
4. MacDonald S., Wong L.S., John-Charles R., McKee T., Quasim T., Moug S. The impact of intestinal stoma formation on patient quality of life after emergency surgery – A systematic review. *Colorectal Disease*. 2023;25(7):1349-1360. doi: 10.1111/codi.16603
5. Stavropoulou A., Vlamakis D., Kaba E., Kalemikerakis I., Polikandrioti M., Fasoi G., Vasilopoulos G., Kelesi M. "Living with a Stoma": Exploring the Lived Experience of Patients with Permanent Colostomy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(16):8512. doi: 10.3390/ijerph18168512
6. Darbishgadiev Sh.O., Baulin A.A., Gudoshnikov V.Yu., Zimin Yu.I., Baulin V.A. Preventivnyye kischechnyye stomy v khirurgii raka pryamoy kishki [Preventive loop colostomy in colorectal cancer surgery]. *Vestnik eksperimental'noy i klinicheskoy khirurgii – Journal of Experimental and Clinical Surgery*. 2020;13(2(47)):93-97. (In Russ.). doi: 10.18499/2070-478X-2020-13-2-93-97
7. Dambaev G.Ts., Korobeynikova V.I., Gunther V.E., Artyukhova N.V., Anikeev S.G., Khodorenko V.N., Kaftaranova M.I. 7. *Sposob formirovaniya zapornogo apparata pri kolostomii v eksperimente: Patent RF № 2774034 C1*. Patentobladatel': Natsional'nyy issledovatel'skiy Tomskiy gosudarstvennyy universitet [Method for forming a locking apparatus during colostomy in an experiment: Russian Federation Patent No. 2774034 C1. Patent Holder: National Research Tomsk State University. 2022]. Registration date 20.10.2021 (In Russ.).
8. Alipour S., Taromian F., Ghomi E.R., Zare M., Singh S., Ramakrishna S. Nitinol: From historical milestones to functional properties and biomedical applications. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H. *Journal of Engineering in Medicine*. 2022;236(11):1595-1612. doi: 10.1177/09544119221123176
9. Maleckis K., Anttila E., Aylward P., Poulson W., Desyatova A., MacTaggart J., Kamenskiy A. Nitinol Stents in the Femoropopliteal Artery: A Mechanical Perspective on Material, Design, and Performance. *Annals of Biomedical Engineering*. 2018;46(5):684-704. doi: 10.1007/s10439-018-1990-1
10. Antonič M., Petrovič R., Gorišek Miksić N. Thermoactive nitinol clips as primary and secondary sternal closure after cardiac surgery – first experience in Slovenia. *Acta clinica Croatica*. 2022;60(3):435-440. doi: 10.20471/acc.2021.60.03.14
11. Topolnitskiy E.B., Shefer N.A., Marchenko E.S., Fomina T.I., Mikhed R.A., Tsydenova A.N., Garin A.S. Oso-bennosti integratsii dvuh-sloynnogo metallotrikotazha iz nikelida titana pri zameschenii torakoabdominal'nogo defekta v eksperimente [Features of the integration of two-layer metal knitwear made of titanium nickelide during the replacement of a thoracoabdominal defect in the experiment]. *Acta Biomedica Scientifica*. 2023;8(2):244-253. (In Russ.). doi: 10.29413/ABS.2023-8.2.24
12. Yakushenko V.K., Gunther V.E., Shtofin S.G., Khodorenko V.N., Zotov V.A., Mukhamedov M.R. *Iskusstvennyy sfinkter: Patent RF 2162308 C1* [Artificial sphincter: Russian Federation Patent No. 2162308 C1]. Registration date 27.01.2001. (In Russ.).
13. Gunther V.E. *Sposob izgotovleniya poverhnostno-poristoy niti iz splava na osnove nikelida titana: Patent RF № 2280094 C2* [Method for manufacturing a superficially porous thread from an alloy based on titanium nickelide: Russian Federation Patent No. 2280094 C2]. 2006. Registration date 20.07.2006. (In Russ.).
14. Korobeynikova V.I., Dambaev G.Ts., Anikeev S.G., Khodorenko V.N., Kaydash O.A., Bukterov M.V., Ufandelev A.A., Vasilchenko D.V., Avdoshina E.A., Soloviev M.M., Kurtseitov N.E., Gunter V.E. Formirovaniye klapan pri kolostomii s ispol'zovaniyem sfericheskikh implantatov na osnove nikelida titana s zavorachivaniyem i bez zavorachivaniya serozno-myshechnogo sloya kishki [Valve formation during colostomy by means of spherical implants based on titanium nickelide both wrapping and non-wrapping the serous-muscular layer of the intestine]. *Sovremennyye tekhnologii v meditsine – Modern Technologies in Medicine*. 2023;15(6):49–62. (In Russ.). doi: 10.17691/stm2023.15.6.06

Сведения об авторах

Коробейникова Валерия Игоревна  – ассистент кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).
<http://orcid.org/0000-0003-4432-0930>

e-mail: lera_korobeinikova@list.ru

Дамбаев Георгий Цыренович – заслуженный деятель науки РФ, д-р мед.-наук, профессор, член-корреспондент РАН, зав. кафедрой госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).

<http://orcid.org/0000-0002-7741-4987>

e-mail: dambaev@vtomske.ru

Соловьёв Михаил Михайлович – д-р мед. наук, профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).

<https://orcid.org/0000-0002-9497-1013>

e-mail: sol.tomsk@qmail.com

Куртсеитов Нариман Энверович – д-р мед. наук, профессор кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).

<https://orcid.org/0000-0003-1540-7949>

e-mail: nariman.tomsk@gmail.com

Вторушин Сергей Владимирович – д-р мед. наук, профессор кафедры патологической анатомии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2); руководитель отделения общей и молекулярной патологии НИИ онкологии – филиала ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр» Российской академии наук (Россия, 634009, Томск, пер. Кооперативный, д. 5).

<https://orcid.org/0000-0002-1195-4008>

e-mail: wtorushin@rambler.ru

Гюнтер Виктор Эдуардович – заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор кафедры физики металлов ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36).

<https://orcid.org/0000-0002-6803-5934>

e-mail: hodor_val@mail.ru

Ходоренко Валентина Николаевна – канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотрудник лаборатории медицинских материалов и имплантатов с памятью формы Сибирского физико-технического института им. акад. В.Д. Кузнецова ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (Россия, 634050, г. Томск, пл. Новособорная, д. 1).

<https://orcid.org/0000-0002-5705-4072>

e-mail: hodor_val@mail.ru

Аникеев Сергей Геннадьевич – канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией медицинского материаловедения ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36).

<https://orcid.org/0000-0001-9323-5973>

e-mail: anikeev_sergey@mail.ru

Бородин Светлана Владимировна – зав. виварием Биологического института, ассистент кафедры физиологии человека и животных ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 36).

<http://orcid.org/0009-0009-5022-5244>

e-mail: Borodinasvetlana82@mail.ru

Кайдаш Ольга Александровна – канд. биол. наук, доцент кафедры фармакологии, старший научный сотрудник Центра доклинических исследований ЦНИЛ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).

<http://orcid.org/0000-0001-8761-7537>
e-mail: kaidash_2011@mail.ru

Буктеров Михаил Владимирович – специалист по лабораторным животным вивария Центра доклинических исследований ЦНИЛ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).
<http://orcid.org/0000-0001-6966-7426>
e-mail: bukterov.mv@ssmu.ru

Васильченко Дмитрий Владимирович – канд. мед. наук, доцент кафедры патологической анатомии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).
<https://orcid.org/0000-0002-9780-0770>
e-mail: vasilchenkodmitry1991@gmail.com

Уфандеев Александр Анатольевич – мл. научн. сотрудник Центра доклинических исследований ЦНИЛ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, Томск, ул. Московский тракт, д. 2).
<http://orcid.org/0000-0002-3837-1179>
e-mail: ufandeev@gmail.com

Авдошина Елена Александровна – канд. мед. наук, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).
<http://orcid.org/0000-0003-4452-9507>
e-mail: mythelen0@gmail.com

Побежилова Анастасия Сергеевна – студентка 6-го курса лечебного факультета ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).
<https://orcid.org/0009-0008-3265-1525>
e-mail: anastasiyawordfly@gmail.com

Ли Владислав Сергеевич – студент 5-го курса педиатрического факультета ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (Россия, 634050, г. Томск, ул. Московский тракт, д. 2).
<https://orcid.org/0009-0007-1774-1808>
e-mail: Vlad_lord_of_the_kitchen@bk.ru

Information about authors

Valeria I. Korobeynikova ✉, Assistant, the Department of Hospital Surgery with a Course in Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).
<http://orcid.org/0000-0003-4432-0930>
e-mail: lera_korobeinikova@list.ru

Georgy Ts. Dambaev, Honored Scientist of the Russian Federation, Dr. Med. sci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, head of the Department of Hospital Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).
<http://orcid.org/0000-0002-7741-4987>
e-mail: dambaev@vtomske.ru

Mikhail M. Soloviev, Dr. Med. sci., Professor, the Department of Hospital Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).
<https://orcid.org/0000-0002-9497-1013>
e-mail: sol.tomsk@gmail.com

Nariman E. Kurtseitov, Dr. Med. sci., Professor, the Department of Hospital Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).

<https://orcid.org/0000-0003-1540-7949>
e-mail: nariman.tomsk@gmail.com

Sergey V. Vtorushin, Dr. Med. sci., Professor, the Department of Pathological Anatomy, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia); head of the Department of General and Molecular Pathology, Cancer Research Institute, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences (5, Kooperativny st., Tomsk, 634009, Russia).

<https://orcid.org/0000-0002-1195-4008>
e-mail: wtorushin@rambler.ru

Viktor E. Gunther, Honored Scientist of the Russian Federation, Dr. Techn. sci., Professor, the Department of Physics of Metals, National Research Tomsk State University (36, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia).

<https://orcid.org/0000-0002-6803-5934>
e-mail: hodor_val@mail.ru

Valentina N. Khodorenko, Cand. Phys.-Mathem. sci., Senior Researcher, the Laboratory of Medical Materials and Implants with Shape Memory, Siberian Institute of Physics and Technology named after Academician V.D. Kuznetsov, National Research Tomsk State University (1, Novosobornaya Sq., Tomsk, 634050, Russia).

<https://orcid.org/0000-0002-5705-4072>
e-mail: hodor_val@mail.ru

Sergey G. Anikeev, Cand. Phys.-Mathem. sci., head of the Laboratory of Medical Materials Science, National Research Tomsk State University (36, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia).

<https://orcid.org/0000-0001-9323-5973>
e-mail: anikeev_sergey@mail.ru

Svetlana V. Borodina, head of the Vivarium of the Biological Institute, Assistant, the Department of Human and Animal Physiology, National Research Tomsk State University (36, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia).

<http://orcid.org/0009-0009-5022-5244>
e-mail: Borodinasvetlana82@mail.ru

Olga A. Kaydash, Cand. Biol. sci., Associate Professor, the Department of Pharmacology, Senior Researcher, the Center for Preclinical Research of the Central Scientific Research Laboratory, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).

<http://orcid.org/0000-0001-8761-7537>
e-mail: kaidash_2011@mail.ru

Michail V. Bukterov, laboratory animal specialist, the vivarium of the Preclinical Research Center of the Central Scientific Research Laboratory, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).

<http://orcid.org/0000-0001-6966-7426>
e-mail: bukterov.mv@ssmu.ru

Dmitriy V. Vasilchenko, Cand. Med. sci., Associate Professor, the Department of Pathological Anatomy, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).

<https://orcid.org/0000-0002-9780-0770>
e-mail: vasilchenkodmitry1991@gmail.com

deev, Junior Researcher, Center for Preclinical Research, Central Scientific Research Laboratory, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).

<http://orcid.org/0000-0002-3837-1179>
e-mail: ufandeev@gmail.com

Elena A. Avdoshina, Cand. Med. sci., Associate Professor, the Department of Hospital Surgery with the Course of Cardiovascular Surgery, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).

<http://orcid.org/0000-0003-4452-9507>
e-mail: mythelen0@gmail.com

Anastasia S. Pobezhimova, 6th year student, the Faculty of Medicine, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).

<https://orcid.org/0009-0008-3265-1525>

e-mail: anastasiyawordfly@gmail.com

Vladislav S. Li, 5th year student, the Pediatric Faculty, Siberian State Medical University (2, Moskovsky trakt st., Tomsk, 634050, Russia).

<https://orcid.org/0009-0007-1774-1808>

e-mail: Vlad_lord_of_the_kitchen@bk.ru

Поступила в редакцию 27.08.2024; одобрена после рецензирования 03.09.2024; принята к публикации 05.09.2024

The article was submitted 27.08.2024; approved after reviewing 03.09.2024; accepted for publication 05.09.2024