

© CC BY Коллектив авторов, 2025  
 УДК 616-056.527 : 616.756.21 : 616.75  
<https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-3-41-46>

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ АПОНЕВРОЗА БЕЛОЙ ЛИНИИ ЖИВОТА У ПАЦИЕНТОВ С МОРБИДНЫМ ОЖИРЕНИЕМ

О. В. Галимов, В. О. Ханов, Г. И. Вагизова\*, И. И. Терегулов, Т. И. Валинуров, Т. Р. Ибрагимов

Башкирский государственный медицинский университет  
 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Ленина, д. 3

Поступила в редакцию 22.01.2025 г.; принята к печати 09.04.2025 г.

**ВВЕДЕНИЕ.** Морбидное ожирение является ведущим фактором развития вентральных грыж, включая грыжи белой линии, пупочные и послеоперационные. Это связано с особенностями структуры апоневроза белой линии живота у пациентов с морбидным ожирением, и преобладанием коллагена III типа над коллагеном I типа.

**ЦЕЛЬ** – разработка мероприятий по борьбе с послеоперационными вентральными у пациентов с морбидным ожирением.

**МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ.** Изучение и сравнение структуры апоневроза пациентов с нормальным индексом массы тела и морбидным ожирением.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Экспериментально доказано преобладание коллагена III типа над коллагеном I типа, и как следствие – ухудшение качества апоневроза и увеличение риска формирования послеоперационных вентральных грыж у пациентов этой группы. Доказана необходимость дополнительного укрепления линии швов.

**Ключевые слова:** белая линии живота, диастаз прямых мышц живота, предрасположенность к образованию грыж, морбидное ожирение, послеоперационные вентральные грыжи

**Для цитирования:** Галимов О. В., Ханов В. О., Вагизова Г. И., Терегулов И. И., Валинуров Т. И., Ибрагимов Т. Р. Особенности структуры апоневроза белой линии живота у пациентов с морбидным ожирением. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2025;184(3):41–46. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-3-41-46>.

\* **Автор для связи:** Гульназ Ильшатовна Вагизова, ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, 450008, Россия, г. Уфа, ул. Ленина, д. 3. E-mail: vagizova-91@mail.ru.

## FEATURES OF THE STRUCTURE OF THE APONEUROSIS OF THE WHITE LINE OF THE ABDOMEN IN PATIENTS WITH MORBID OBESITY

Oleg V. Galimov, Vladislav O. Khanov, Gulnaz I. Vagizova\*, Ildar I. Teregulov, Timur I. Valinurov, Telman R. Ibragimov

Bashkir State Medical University  
 3, Lenin str., Ufa, Russia, 450008

Received 22.01.2025; accepted 09.04.2025

**INTRODUCTION.** Morbid obesity is a leading factor in the development of ventral hernias, including hernias of the white line, umbilical and postoperative. This is due to the structural features of the aponeurosis of the white line of the abdomen in patients with morbid obesity, and the predominance of type III collagen over type I collagen.

The **OBJECTIVE** was to develop measures to combat postoperative ventral hernias in patients with morbid obesity

**METHODS AND MATERIALS.** Study and comparison of the structure of the aponeurosis of patients with normal body mass index and morbid obesity.

**CONCLUSION.** The predominance of type III collagen over type I collagen has been experimentally proven, and therefore – deterioration in the quality of the aponeurosis and an increase in the risk of postoperative ventral hernias in patients of this group. The need for additional strengthening of the suture line has been proven.

**Keywords:** white line of the abdomen (linea alba), diastasis of the rectus abdominis muscles (diastasis recti abdominis), predisposition to hernia formation, morbid obesity, postoperative ventral hernias

**For citation:** Galimov O. V., Khanov V. O., Vagizova G. I., Teregulov I. I., Valinurov T. I., Ibragimov T. R. Features of the structure of the aponeurosis of the white line of the abdomen in patients with morbid obesity. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2025;184(3):41–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-3-41-46>.

\* **Corresponding author:** Gulnaz I. Vagizova, Bashkir State Medical University, 3, Lenin str., Ufa, Russia, 450008. E-mail: vagizova-91@mail.ru.

**Введение.** Морбидное ожирение является ведущим фактором развития послеоперационных вентральных грыж, включая грыжи белой линии живота, пупочные грыжи и послеоперационные [1]. Это связано с изменением структуры апоневроза белой линии живота у пациентов с морбидным ожирением, и преобладанием коллагена 3 типа над коллагеном I типа [2].

Коллаген является важным внеклеточным протеином, который активно участвует в процессе регенерации тканей. Известно, что основным субстратом зрелой и механически прочной соединительной ткани является коллаген I типа, который развивается из незрелого коллагена III типа [3]. Процесс образования рубца на ранних стадиях обеспечивается коллагеном III типа, имеющим очень низкий «предел прочности» за счет более тонкой структуры. Прочностные свойства рубца увеличиваются в поздней стадии регенерации за счет увеличения содержания коллагена I типа, который образует устойчивый межмолекулярный перекрест мостиков [4].

Нарушения синтеза коллагена и соотношения коллагена I типа к III типу за счет увеличения III типа (особенно у пациентов с диагностированной дисплазией соединительной ткани, например, с висцероптозом и дивертикулезом толстой кишки, синдромом Элерса-Данло, синдромом Марфана) способствует возникновению нарушений структурной целостности и механической прочности соединительной ткани, что предрасполагает образование слабого рубца и последующее развитие послеоперационной грыжи [5]. Такие же механизмы дисплазии наблюдаются и у пациентов с морбидным ожирением.

**Методы и материалы.** Изучение морфологических изменений соединительной ткани белой линии живота у пациентов с морбидным ожирением проведено в эксперименте на образцах трупной ткани. Оперативные вмешательства проводились на 10 кадаврах с ИМТ менее 30 и 10 кадаврах с ИМТ более 40 кг/м<sup>2</sup>. Методика забора материала заключалась в следующем: по срединной линии живота после рассечения кожи и подкожно-жировой клетчатки отсепаровывали апоневроз белой линии живота. Высекали участок белой линии живота на 5 см выше пупочного кольца длиной 1×1 см.

Для изучения морфологических изменений окружающих тканей и апоневроза белой линии живота после имплантации синтетического импланта во время операций по поводу рецидивной грыжи или других оперативных вмешательств у живых пациентов из области предыдущей пластики удалялся фрагмент апоневроза размером 1×1 см вместе с ранее установленным синтетическим имплантом.

Материал фиксировали в 10 % забуференном нейтральном формалине (Биовитрум, РФ). Вы-

полняли стандартную гистологическую проводку в изопропиловом спирте возрастающих концентраций, далее заключали в парафин (Биовитрум, РФ), изготавливали срезы толщиной 4 мкм, которые окрашивали гематоксилин-эозином, трихромом по Массону для выявления фибриллярного коллагена преимущественно I типа (а также, 2,5 и других типов), импрегнацией серебром для выявления ретикулярных волокон (коллаген 3 типа) (Биовитрум, РФ) [6]. Стеклопрепараты были оцифрованы на сканирующем микроскопе Panoramic 250 (3DHISTECH Ltd, Венгрия), микрофотографии были выполнены в программе CaseViewer (3DHISTECH Ltd, Венгрия). Морфометрия отношения фибриллярного коллагена к ретикулярному была произведена в последней версии программы QuPath 0.5.1 (США) с помощью инструмента «классификатор пикселей». Статистический анализ данных выполняли в программе Statistica v. 13.5 (StatSoft Inc.Тулса штат Оклахома США). Для выявления нормального распределения количественные показатели оценивали с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для оценки различий между группами использовали критерии Манна – Уитни.

**Результаты.** Макроскопически у пациентов с нормальным индексом массы тела белая линия живота не расширена и представлена плоской, гиперэхогенной полоской толщиной 3–4 мм. Микроскопически апоневроз представлен плотной волокнистой соединительной тканью с параллельно ориентированными коллагеновыми волокнами, между которыми определяются единичные фибробласты (рис. 1). Отмечаются небольшие участки включения жировой ткани в периапоневротических зонах. Окраска по Массону и импрегнация серебром подтверждает наличие в составе соединительной ткани коллагенов I и III типов.

У пациентов с морбидным ожирением макроскопически структура слоя мышц не однородна, эхогенность повышена за счет атрофии мышечного слоя с замещением ее на грубоволокнистую соединительную и жировую ткань. Ширина белой линии более 3 см. При микроскопическом исследовании апоневроз белой линии живота представлен плотной соединительной тканью, преимущественно представленной параллельно ориентированными коллагеновыми волокнами I типа. В межволоконистых пространствах отмечается увеличение адипозной ткани, свидетельствующее о гипертрофии и диффузном распределении жировых клеток. Определяется умеренное количество фибробластов.

С целью выявления воспалительных изменений в эксперименте проведено изучение области ранее установленного синтетического импланта. Оперативные вмешательства проводились на пациентах, которым ранее выполнялись оперативные





Рис. 1. Микрофотография апоневроза белой линии живота пациентов с нормальным ИМТ.

Окраска: H&E, по Массону, импрегнация серебром, ув.  $\times 50$

Fig. 1. Micrograph of the aponeurosis of the linea alba in patients with normal BMI.

Staining: H&E, Masson, silver impregnation, Magnification  $\times 50$



Рис. 2. Микрофотография апоневроза белой линии живота пациентов с морбидным ожирением.

Окраска: H&E, по Массону, импрегнация серебром, ув.  $\times 50$

Fig. 2. Micrograph of the aponeurosis of the linea alba in patients with morbid obesity.

Staining: H&E, Masson, silver impregnation, Magnification  $\times 50$



Рис. 3. Микрофотография части импланта. Окраска: H&E, по Массону, импрегнация серебром, ув.  $\times 50$

Fig. 3. Micrograph of a part of the implant. Staining: H&E, Masson, silver impregnation, Magnification  $\times 50$

вмешательства с имплантацией синтетического протеза. Методика забора материала заключалась в следующем: по срединной линии живота после рассечения кожи и подкожно-жировой клетчатки отсепаровывали апоневроз белой линии живота. Высекали участок белой линии живота с синтетическим протезом на 5 см выше пупочного кольца длиной 1×1 см.

Микроскопически выявлена умеренная воспалительная реакция, представленная лимфоплазмо-

цитарной инфильтрацией с наличием эпителиодных и многоядерных гигантских клеток инородного тела по типу Тютон (рис. 3).

Из вышеизложенного можно заключить, что применение полипропиленовой сетки способствует адекватному восстановлению биомеханических свойств передней брюшной стенки в зоне имплантации. Это обусловлено следующими факторами. Во-первых, особенности структуры и материала импланта позволяют при незначительных

Таблица 1  
Сравнение отношения фибриллярного коллагена к ретикулярному между группами (Ме 25–75)  
Table 1  
Comparison of the ratio of fibrillar to reticular collagen between groups (Me 25–75)

	Группа пациентов с нормальным ИМТ	Группа пациентов с морбидным ожирением	z	p
Соотношение коллагена 1 типа к коллагену 3 типа	4,47 (1,67–8,12)	1,57 (1,11–3,48)	2,38	0,017

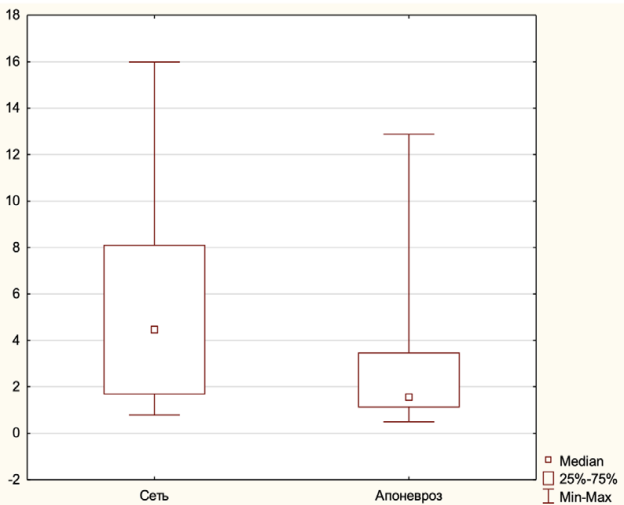


Рис. 4. Отношение фибриллярного коллагена к ретикулярному между группами  
Fig. 4. Ratio of fibrillar to reticular collagen between groups

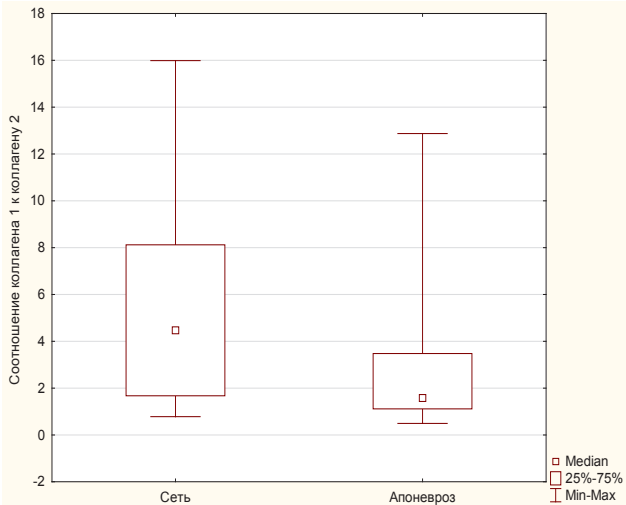


Рис. 5. Отношение коллагена 1 типа к коллагену 3 типа в образцах апоневроза белой линии живота с синтетическим имплантом и апоневроза белой линии живота без импланта у пациентов с морбидным ожирением  
Fig. 5. Ratio of type 1 collagen to type 3 collagen in samples of aponeurosis of the linea alba with a synthetic implant and aponeurosis of the linea alba without an implant in patients with morbid obesity

объемных характеристиках обеспечивать высокую прочность и пластичность. Во-вторых, отсутствует выраженная воспалительная реакция на имплант, что свидетельствует о его высокой биосовместимости. В-третьих, организация и реорганизация соединительнотканного каркаса в зоне имплантации, по данным обзорного гистологического исследования, соответствует структуре и функции передней брюшной стенки живота.

Согласно результатам проведенной морфометрии соотношение коллагена 1 типа к коллагену 3 типа в группе пациентов с нормальным ИМТ 4,47, тогда как в группе с морбидным ожирением составило 1,57, что говорит о том, что содержание фибриллярного коллагена в группе «пациентов с нормальным ИМТ» статистически значимо выше, чем в группе «пациентов с морбидным ожирением», что представлено в табл. 1.

Содержание коллагена 1 типа в группе «нормальный ИМТ» статистически значимо выше ( $p=0,017$ ), чем в группе «морбидное ожирение», что схематически представлено на рис. 4.

Далее с помощью морфометрии выполнено сравнение соотношения коллагена 1 типа к коллагену 3 типа в образцах апоневроза белой линии живота с синтетическим имплантом и апоневроза

белой линии живота без импланта у пациентов с морбидным ожирением. На табл. 2 представлено, что соотношение коллагена 1 типа к коллагену 3 типа – 4,47, тогда как в группе без импланта – 1,57, что свидетельствует о высокой прочности рубца, образованного в зоне установленного протеза.

Содержание коллагена 1 типа в группе «апоневроз с синтетическим имплантом» статистически значимо выше ( $p=0,017$ ), чем в группе «интактный апоневроз пациентов с морбидным ожирением», что схематически представлено на рис. 5.

**Обсуждение.** При микроскопическом исследовании апоневроза белой линии живота у пациентов с морбидным ожирением отмечается увеличение адипозной ткани, свидетельствующее о гипертрофии и диффузном распределении жировых клеток.

По результатам проведенной морфометрии соотношение коллагена 1 типа к коллагену 3 типа в группе пациентов с нормальным ИМТ 2,82, тогда как в группе с морбидным ожирением составило 1,59, что говорит о том, что содержание фибриллярного коллагена (коллаген 1 типа) в группе «пациентов с нормальным ИМТ» статистически значимо выше ( $p=0,017$ ), чем в группе «пациентов с морбидным ожирением», что свидетельствует о высокой



Таблица 2

## Отношение коллагена 1 типа к коллагену 3 типа (Ме 25–75)

Table 2

## Ratio of type 1 collagen to type 3 collagen (Me 25–75)

	Группа «апоневроз с синтетическим имплантом»	Группа «интактный апоневроз пациентов с морбидным ожирением»	z	p
Соотношение коллагена 1 типа к коллагену 3 типа	4,47 (1,67–8,12)	1,57 (1,11–3,48)	2,38	0,017

предрасположенности к образованию послеоперационных вентральных грыж.

Микроскопическое исследование показало, что применение полипропиленовой сетки способствует адекватному восстановлению биомеханических свойств передней брюшной стенки, что обусловлено отсутствием выраженной воспалительной реакции и организацией соединительнотканного каркаса в зоне имплантации.

Морфометрический анализ образцов апоневроза белой линии живота с имплантированным синтетическим имплантом и интактного апоневроза белой линии живота пациентов с морбидным ожирением выявил, что соотношения фибриллярного коллагена (коллаген 1 типа) к коллагену 3 типа – 4,47, тогда как в группе без импланта – 1,57, что свидетельствует о высокой прочности рубца, образованного в зоне установленного протеза.

На основании этих исследований в хирургическом отделении Клиники БГМУ в течение 2020 г. пациентам с ИМТ более 40 кг/м<sup>2</sup> при выполнении полостных операций, при закрытии лапаротомного доступа выполнялось превентивное протезирование с использованием синтетического протеза, согласно полученному патенту РФ на изобретение № 2833156 от 14.01.2025 г. «Способ профилактики образования послеоперационных вентральных грыж у пациентов группы высокого риска» по заявке № 2024118871 от 05.07.2024 г.

В исследование вошли 34 пациента, 15 в основной и 19 в контрольной группе. Основным критерием включения в основную и контрольную группу стал женский пол и ИМТ более 40 кг/м<sup>2</sup>. Отбор способа закрытия лапаротомной раны осуществлялся случайной выборкой.

Результатом использования вышеуказанного способа явилось снижение образования послеоперационных вентральных грыж в течение 3 лет наблюдения с 26,3 % (5 случаев в контрольной группе) до 6,6 % (1 случай в основной).

**Выводы.** 1. Микроскопически и морфометрически доказана несостоятельность и низкая прочность апоневроза белой линии живота у пациентов с морбидным ожирением вследствие низкого содержания коллагена 1 типа и особенностей структуры.

2. Установка синтетического протеза безопасна, не вызывает при своем расположении выраженных воспалительных изменений, применение его оправданно.

3. Использование способа превентивного протезирования лапаротомной раны в группе пациентов с морбидным ожирением достоверно снижает частоту формирования послеоперационных вентральных грыж.

4. При наличии у пациентов морбидного ожирения и связанной с этим недостаточности соединительной ткани и высокого риска образования послеоперационных вентральных грыж необходимо использовать превентивное протезирование лапаротомной раны синтетическим имплантом.

**Конфликт интересов**

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

**Соответствие нормам этики**

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

**Compliance with ethical principles**

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

**ЛИТЕРАТУРА**

- Хайдарова Л. О. Хирургическое лечение вентральных грыж у больных с морбидным ожирением и абдоминоптозом. Research Focus. 2023. Т. 2, № 10. С. 193–199. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10029583>.
- Сергацкий К. И., Коробов А. В., Никольский В. И. и др. Постулаты и современные тенденции в хирургии грыж белой линии живота. Ульяновский медико-биологический журнал. 2023. № 2. С. 47–61. <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2023-2-47-61>.
- Ступин В. А., Джафаров Э. Т., Черняков А. В. и др. Особенности соединительной ткани у пациентов с послеоперационными вентральными грыжами. Вестник Российского государственного медицинского университета. 2009. № 5. С. 7–10.
- Борзых О. Б., Шнайдер Н. А., Карпова Е. И. и др. Синтез коллагена в коже, его функциональные и структурные особенности. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2021. Т. 16, № 4. С. 443–450. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2021.16108>.
- Черкасов Н. С., Луценко Л. А., Ледяев М. Я. и др. Современные проблемы патогенеза дисплазии соединительной ткани у детей. Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2020. Т. 4, № 76. С. 16–23. [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2020-4\(76\)-16-23](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2020-4(76)-16-23).
- Атякшин Д. А., Алексеева Н. Т., Клочкова С. В. и др. Состояние коллагеновых волокнистых структур экстрацеллюлярного матрикса соединительной ткани желудка и кишечника мышей после 30-суточного орбитального полета. Вопр. питания. 2019. Т. 88, № 1. С. 26–40. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10003>.

## REFERENCES

1. Khaidarova L. O. Surgical treatment of ventral hernias in patients with morbid obesity and abdominoptosis. *Research Focus*. 2023; 2(10):193–199. (In Russ.). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10029583>.
2. Sergatsky K. I., Korobov A. V., Nikolsky V. I. et al. Postulates and modern trends in surgery of hernias of the white line of the abdomen. *Ulyanovsk Medical and Biological Journal*. 2023;(2):47–61. (In Russ.). <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2023-2-47-61>.
3. Stupin V. A., Jafarov E. T., Chernyakov A. V. et al. Features of connective tissue in patients with postoperative ventral hernias. *Bulletin of the Russian State Medical University*. 2009;(5):7–10. (In Russ.).
4. Borzykh O. B., Schnaider N. A., Karpova E. I. et al. Collagen synthesis in the skin, its functional and structural features. *Medical Bulletin of the North Caucasus*. 2021;16(4):443–450. (In Russ.). <https://doi.org/10.14300/mnnc.2021.16108>.
5. Cherkasov N. S., Lutsenko L. A., Ledyayev M. Ya. et al. Modern problems of pathogenesis of connective tissue dysplasia in children. *Bulletin of the Volgograd State Medical University*. 2020;4(76):16–23. (In Russ.). [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2020-4\(76\)-16-23](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2020-4(76)-16-23).
6. Atyakshin D. A., Alekseeva N. T., Klochkova S. V., Nikityuk D. B. The state of collagen fibrous structures of the extracellular matrix of the connective tissue of the stomach and intestines of mice after a 30-day orbital flight. *Vopr. pitaniya*. 2019;88(1):26–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10003>.

## Информация об авторах:

**Галимов Олег Владимирович**, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой хирургических болезней лечебного факультета, Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа, Россия), ORCID: 0000-0003-4832-1682; **Ханов Владислав Олегович**, доктор медицинских наук, профессор кафедры хирургических болезней лечебного факультета, Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа, Россия), ORCID: 0000-0002-1880-0968; **Вагизова Гульназ Ильшатовна**, ассистент кафедры хирургических болезней лечебного факультета, Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа, Россия), ORCID: 0000-0001-7180-715X; **Терегулов Ильдар Ильшатович**, младший научный сотрудник морфологической лаборатории Института фундаментальной медицины, Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа, Россия), ORCID: 0009-0005-0062-3763; **Валинуров Тимур Ирекович**, младший научный сотрудник морфологической лаборатории Института фундаментальной медицины, Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа, Россия), ORCID: 0009-0004-9887-9865; **Ибрагимов Тельман Рамизович**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры хирургических болезней лечебного факультета, Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа, Россия), ORCID: 0009-0006-7364-8061.

## Information about authors:

**Galimov Oleg V.**, Dr. of Sci. (Med), Professor, Head of the Department of Surgical Diseases, Faculty of Medicine, Bashkir State Medical University (Ufa, Russia), ORCID: 0000-0003-4832-1682; **Khanov Vladislav O.**, Dr. of Sci. (Med), Professor, Department of Surgical Diseases, Faculty of Medicine, Bashkir State Medical University (Ufa, Russia), ORCID: 0000-0002-1880-0968; **Vagizova Gulnaz I.**, Assistant of the Department of Surgical Diseases, Faculty of Medicine, Bashkir State Medical University (Ufa, Russia), ORCID: 0000-0001-7180-715X; **Teregulov Ildar I.**, Junior Research Fellow at the Morphological Laboratory of the Institute of Fundamental Medicine, Bashkir State Medical University (Ufa, Russia), ORCID: 0009-0005-0062-3763; **Valinurov Timur I.**, Junior Research Fellow at the Morphological Laboratory of the Institute of Fundamental Medicine, Bashkir State Medical University (Ufa, Russia), ORCID: 0009-0004-9887-9865; **Ibragimov Telman R.**, Cand. of Sci. (Med), Associate Professor of the Department of Surgical Diseases, Faculty of Medicine, Bashkir State Medical University (Ufa, Russia), ORCID: 0009-0006-7364-8061.