



## ОПТИМИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ КОСЫХ ПАХОВЫХ ГРЫЖ II ТИП NYHUS - БЛИЖАЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

А.Г. Сонис<sup>1</sup>, И.В. Макаров<sup>1</sup>, В.Г. Алиев<sup>1</sup>, Б.Д. Грачев<sup>1</sup>, И.В. Иштутов<sup>2</sup>,  
В.В. Тимощук<sup>1</sup>, Е.П. Гладунова<sup>1</sup>, Е.С. Лопухов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный медицинский университет, ул. Чапаевская, д. 89, г. Самара, 443099, Россия

<sup>2</sup>Медицинский университет «Реавиз», ул. Чапаевская, д. 227, г. Самара, 443001, Россия

**Резюме.** *Актуальность.* Паховая грыжа является одним из самых частых хирургических заболеваний, преимущественно встречающихся у мужчин трудоспособного возраста. Несмотря на значительное снижение числа рецидивов после ненатяжной герниопластики, достаточно часто в раннем послеоперационном периоде встречаются болевой, отёчный и геморрагический синдромы. Поэтому совершенствование техники оперативного лечения паховых грыж является актуальной задачей и позволяет уменьшить вероятность возникновения вышеуказанных последствий операций. *Цель:* улучшение ближайших результатов лечения пациентов с косыми паховыми грыжами II типа по Nyhus за счёт разработки и модификации методов протезирующей герниопластики. *Материал и методы.* Проанализированы ближайшие результаты хирургического лечения у 120 пациентов, которые были разделены на две группы: основная – 60 пациентов, у которых выполняли операции по оригинальной методике (патент на изобретение № 2655541 от 28.005.2018) с модификацией формирования окна Кукса (рационализаторское предложение № 360, принятое СамГМУ от 29.06.2016); контрольная – 60 пациентов, прооперированных по классической методике Лихтенштейна. Возраст пациентов, колебался от 18 до 75 лет, средний возраст составил  $50,03 \pm 10,89$  года. Все пациенты были мужского пола. Оценивали: продолжительность этапов операций; уровень и выраженность болевого и отечного синдромов; наличие геморрагических осложнений в области операции. *Результаты.* Продолжительность операции в основной группе в среднем была более чем на 10 мин. меньше, чем в контрольной. Выраженность болевого синдрома в основной группе, согласно аналоговой шкалы, уменьшилась на 0,6 через 3-е суток после операции (в основной группе –  $2,8 \pm 0,8$  балла, в контрольной –  $3,4 \pm 0,5$ ). Получены достоверные данные о положительном влиянии предложенного варианта оперативного лечения на скорость купирования отёчного и геморрагического синдромов. *Выводы.* Применение разработанных методик позволяет улучшить ближайшие результаты лечения за счёт уменьшения травматизации сосудов и нервов, исключения контакта семенного канатика с имплантом и дренажной функции брюшины участка грыжевого мешка.

**Ключевые слова:** паховая грыжа, герниопластика, окно Кукса.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

**Соответствие нормам этики.** Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая обязательное получение информированного согласия.

**Для цитирования:** Сонис А.Г., Макаров И.В., Алиев В.Г., Грачев Б.Д., Иштутов И.В., Тимощук В.В., Гладунова Е.П., Лопухов Е.С. Оптимизация оперативного лечения косых паховых грыж II тип Nyhus – ближайшие результаты. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2024;14(5):70-79. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.5.CLIN.4>



## OPTIMIZATION OF SURGICAL TREATMENT FOR NYHUS TYPE II INDIRECT INGUINAL HERNIAS - SHORT-TERM RESULTS

Aleksandr G. Sonis<sup>1</sup>, Igor' V. Makarov<sup>1</sup>, Vasif G. Aliev<sup>1</sup>, Boris D. Grachev<sup>1</sup>, Igor' V. Ishutov<sup>2</sup>,  
Vladislav V. Timoshchuk<sup>1</sup>, Elena P. Gladunova<sup>1</sup>, Evgeniy S. Lopukhov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara State Medical University, 89, Chapaevskaya str., Samara, 443099, Russia

<sup>2</sup>Medical University "Reaviz", 227 Chapaevskaya str., Samara, 443001, Russia

**Abstract.** *Relevance.* Inguinal hernias are one of the most common surgical diseases, often found in working age men. Despite a significant decrease in the number of relapses after tension-free hernioplasty, the severe pain syndrome, the high frequency of edematous and hemorrhagic syndromes in postoperative period are often founded. Improving the surgical treatment of inguinal hernias reduces the likelihood of the above-mentioned consequences of operations. *Goal.* Improve the immediate treatment outcomes with oblique intracanal inguinal hernias by developing and modifying methods of prosthetic hernioplasty. *Material and methods.* A method of inguinal hernioplasty (a method for the prevention of scarring of the spermatic cord (patent for invention No. 2655541 dated 28.005.2018) and a modification of the method of forming the Cux window (rationalization proposal No. 360 adopted by the SamSMU dated 06/29/2016) have been developed. The immediate results of the application of the developed techniques in 60 patients (the main group) were analyzed. The control group consisted of 60 patients operated according to the classical Lichtenstein technique. The pain level of syndrome on a visual analog scale, the severity of edematous syndrome, hemorrhagic complications in the area of surgery, ultrasound data on size measurements of the testicle and scrotum wall, detection of accumulations of serous fluid, and the fit of the implant were assessed and analyzed. *Results.* The immediate results in the main group were better than in the control group. A decrease in the level of pain syndrome after 1 day and 3 days after surgery was noted. Reliable data were obtained on the positive effect of the proposed surgical treatment option on edematous syndromes, the decrease of hemorrhagic complications. *Conclusions.* The application of the developed techniques made it possible to improve the immediate results of treatment by stitching the implant from above to the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle, reducing the traumatization of the elements of the spermatic cord during the allocation of the hernial sac, the suction capacity of the peritoneum of the inverted section of the hernial sac.

**Key words:** inguinal hernia, hernioplasty, Cux window, periprosthetic seroma.

**Competing interests.** The authors declare no competing interests.

**Funding.** This research received no external funding.

**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.

**Cite as:** Sonis A.G., Makarov I.V., Aliev V.G., Grachev B.D., Ishutov I.V., Timoshchuk V.V., Gladunova E.P., Lopukhov E.S. Optimization of Surgical Treatment for Nyhus Type II Indirect Inguinal Hernias - Short-term Results. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2024;14(5):70-79. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.5.CLIN.4>

### Актуальность

Количество грыжесечений в мире ежегодно увеличивается. В настоящее время герниология стала специализированной областью хирургии [1, 2]. Паховые грыжи являются одним из самых распространённых хирургических заболеваний, чаще встречаются у мужчин трудоспособного возраста и составляют до 80 % всех грыж живота [3-7]. В России ежегодно проводятся более 200 000 операций по поводу паховых грыж [8, 9]. Большим количеством исследований доказано преимущество применения сетчатых имплантов при паховой герниопластике [10]. Наиболее распространённым методом открытой ненапряжной герниопластики является операция Лихтенштейна. С момента её внедрения в 1989 году она стала самой популярной среди хирургов благодаря простоте выполнения и значительному снижению количества рецидивов. Наиболее значимыми ближайшими патологическими последствиями операции Лихтенштейна считаются геморрагические осложнения, связанные с повреждением мышечных ветвей сосудов при подшивании верхнего края сетки к внутренней косой мышце живота, а также травматизация сосудистых элементов семенного канатика при выделении грыжевого мешка. Кроме того, не редко отмечаются отёк яичка и мошонки, длительно не разрешающиеся перипротезные серомы,

невриномы. С этим связаны выраженные боли в ближайшем послеоперационном периоде [11-15]. Совершенствование оперативного лечения паховых грыж позволяет уменьшить вероятность возникновения вышеуказанных последствий операций. Решению данной задачи посвящена настоящая работа.

**Цель:** улучшение ближайших результатов лечения пациентов с косыми паховыми грыжами II типа по Nyhus за счёт разработки и модификации методов протезирующей герниопластики.

### Задачи:

1) разработать новый способ паховой герниопластики, позволяющий уменьшить риск травматизации сосудов и нервов, исключить контакт семенного канатика в зоне его препаровки с сетчатым имплантом и другими анатомическими структурами, создать из части грыжевого мешка перитонеальный дренаж;

2) модернизировать методику формирования окна Кукса, для ускорения и упрощения оперативного лечения;

3) проанализировать влияние разработанных методик на продолжительность оперативного лечения, его ближайшие результаты у пациентов с косыми паховыми грыжами II типа по Nyhus.

### Материал и методы

Данная статья основана на клинических наблюдениях, данных обследования 120 мужчин с паховыми грыжами, проходивших стационарное лечение в Клиниках СамГМУ в период с 2020 по 2022 гг. Возраст пациентов колебался от 18 до 75 лет, средний возраст составил  $50,03 \pm 10,89$  года.

Для формулирования критериев включения в данное исследование мы использовали классификацию по Nyhus (1993 г., табл. 1), как отражающую размеры грыжевого мешка, в связи с тем, что в разработанном способе пластики применялся грыжевой мешок [16]. Основным критерием включения в

исследование являлось наличие кривой паховой грыжи II типа по Nyhus, то есть без разрушения задней стенки пахового канала. При этом стенка грыжевого мешка остаётся тонкой, не ригидной, без признаков хронического воспаления, в отличие от грыж III B типа по Nyhus. Основную группу составили 60 пациентов, при оперативном лечении которых применяли разработанный нами способ (патент на изобретение № 2655541 от 28.05.2018) и модифицированные технические приёмы (рационализаторское предложение № 360 от 15.06.2016, СамГМУ). [17].

**Таблица 1.** Классификация паховых грыж по Nyhus (1993)

**Table 1.** Nyhus classification of inguinal hernias (1993)

• I тип - косые грыжи с внутренним паховым кольцом нормального размера. Обычно встречается у детей и молодых людей
• II тип - косые грыжи, имеющие расширенное и смещенное внутреннее паховое кольцо без выпячивания задней стенки пахового канала, грыжевой мешок занимает собой паховый канал. Грыжевой мешок не спускается в мошонку
• III A - все прямые грыжи
• III B - косые грыжи с большим расширенным внутренним паховым кольцом, грыжевой мешок находится в мошонке
• IV тип - рецидивные грыжи

В контрольной группе у 60 пациентов применялось традиционное оперативное пособие по Лихтенштейну [18, 19].

Отбор пациентов в группы сравнения проводился случайным образом. Группы сравнения были сопоставимы по факторам, влияющим на результаты лечения: возрасту, срокам грыженосительства, размерам грыжевых ворот (классификация EHS), сопутствующей патологии, видам анестезиологического пособия. Достоверных различий по вышеперечисленным факторам в основной и контрольной группах выявлено не было. У всех 120 пациентов укрепление задней стенки проводилось стандартной полипропиленовой сеткой размером  $6 \times 11$  см, плотностью  $85-110$  г/м<sup>2</sup> производства ООО «Линтекс», г. Санкт-Петербург.

Кожа и подкожная клетчатка рассекались на 2 см выше и параллельно паховой связки. Вскрывался апоневроз наружной косой мышцы живота, отделялся от семенной канатик до паховой связки, семенной канатик брался на «держалку». Из элементов семенного канатика выделялся грыжевой мешок, вскрывался, производилась ревизия, сепарация до шейки и иссечение. Культи мешка перемещались под края поперечной и внутренней косой мышц. Выкраивался сетчатый имплант. Первым швом медиальный край сетки подшивался к гребешковой связке. Затем непрерывным швом нижний край сетки подшивался к паховой связке. Имплант разрезался по длине на расстояние, зависящее от расположения семенного канатика, выкраивалось отверстие под семенной канатик (окно Кукса). Канатик помещался в отверстие. Отдельными узловыми швами верхний край сетки подшивался к

объединённому сухожилию внутренней косой и поперечной мышц, а при его слабой выраженности - к внутренней косой мышце до внутреннего пахового кольца. Отдельными узловыми швами «хвосты» сетки фиксировались между собой. Семенной канатик укладывался на имплант. Непрерывным швом сшивался апоневроз наружной косой мышцы живота над канатиком, отдельными швами сшивались поверхностная фасция, подкожная клетчатка и кожа.

В основной группе оперативное пособие отличалось тем, что были применены разработанные нами способ профилактики рубцового поражения семенного канатика (патент на изобретение № 2655541 от 28.05.2018) [17], и модифицированная методика формирования окна Кукса (рационализаторское предложение № 360, принятое СамГМУ, от 29.06.2016 «Формирование окна Кукса при протезирующем грыжесечении по поводу паховой грыжи...»).

Начало операции аналогичное пластике по Лихтенштейну. Выделение и вскрытие грыжевого мешка производились с минимальным отделением элементов семенного канатика от грыжевого мешка. После выделения и вскрытия грыжевого мешка выполняли его рассечение от шейки до дна через место вскрытия. После вправления содержимого грыжевого мешка, грыжевой мешок прошивался у шейки кисетным швом. Оболочки грыжевого мешка выворачивались брюшиной наружу и охватывали семенной канатик на протяжении рассечения его оболочек; излишки грыжевого мешка иссекались, оставляя полосы брюшины шириной 3,5-4 см; листки грыжевого мешка, охватывающие семенной канатик, сшивали без натяжения узловыми швами рассасывающимся шовным материалом (рис. 1).

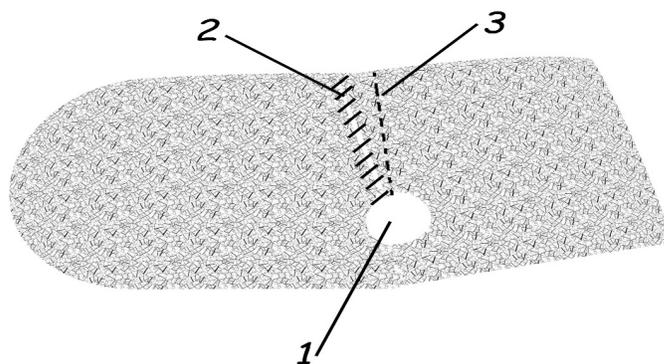
Считаем важным отметить, что при таком способе пластики минимально травмируются элементы семенного канатика, а брюшина грыжевого мешка, находящаяся в области импланта, создаёт дополнительную поверхность всасывания экссудата. Далее, формируя в проекции внутреннего пахового кольца окно, рассекали имплант не по длине, а по ширине. В сформированном окне размещали семенной канатик, обернутый вывернутым грыжевым мешком. После фиксации импланта по нижнему контуру и его рассечения по верхнему краю в направлении глубокого пахового кольца, выкраивания окна по диаметру семенного канатика, края разреза импланта сшивались не край-в-край, а с нахлёстом у края сетки. Таким образом, имплант принимал форму плоского конуса с вершиной в области окна Кукса и в большей степени повторял форму брюшной стенки, чем плоский имплант. Ширина нахлёста подбиралась индивидуально, ориентируясь на плотное прилегание импланта к мышечно-апоневротическим структурам и в среднем составляла 8–15 мм (рис. 2).

Предложенный нами вариант формирования окна Кукса облегчает технику фиксации импланта к задней стенке пахового канала, уменьшает время операции и вероятность развития послеоперационных осложнений. Кроме того, в отличие от пластики по Лихтенштейну, верхний край импланта подшивался к апоневрозу наружной косой мышцы живота как в способе, предложенном В.И. Белоконевым с соавторами [20], но не узловыми, а непрерывным швом. При ушивании апоневроза наружной косой мышцы живота, в проекции глубокого пахового кольца формировали окно для расположения семенного канатика, обёрнутого вывернутым грыжевым мешком. В отличие от пластики по Лихтенштейну, ушивали апоневроз наружной косой мышцы живота таким образом, что между швами в проекции глубокого пахового кольца формировали окно для расположения семенного канатика, обёрнутого брюшиной грыжевого мешка (рис. 3). Отдельными швами сшивались поверхностная фасция, подкожная клетчатка и кожа.

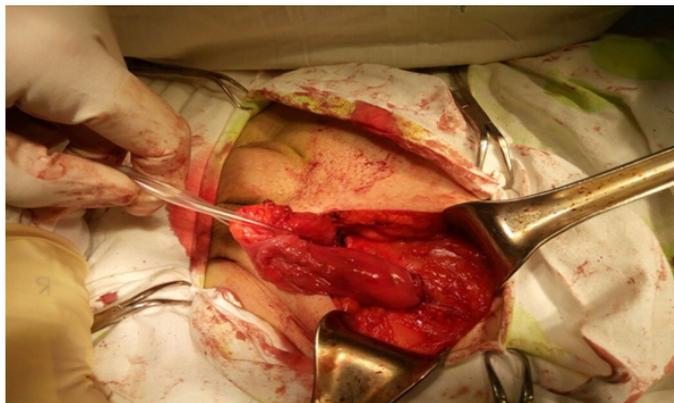
Всем пациентам проводился хронометраж времени операции. Учитывая, что этапы доступа и закрытия раны в основной и контрольной группе были одинаковыми, а этапы манипуляций с грыжевым мешком и установки импланта отличались, отдельно замерялось время проведения этих этапов: 1 этап – доступ, выделение семенного канатика с грыжевым мешком; 2 этап – манипуляции с грыжевым мешком, установка и фиксация импланта; 3 этап – ушивание апоневроза наружной косой мышцы, закрытие операционной раны.



**Рисунок 1.** Оборачивание семенного канатика вывернутыми стенками грыжевого мешка  
**Figure 1.** Wrapping the spermatic cord with everted walls of the hernial sac



**Рисунок 2.** Модифицированный способ формирования окна Кукса: 1 – окно Кукса; 2 – линия шва; 3 – граница нахлеста сетки  
**Figure 2.** Modified method of forming the Cook's window: 1 – Cook's window; 2 – suture line; 3 – mesh overlap boundary



**Рисунок 3.** Ушивание апоневроза наружной косой мышцы живота  
**Figure 3.** Suturing the aponeurosis of the external oblique abdominal muscle

После операции пациенты наблюдались в сроки до 3-х недель. Выраженность болевого синдрома исследовали по визуально-аналоговой шкале - ВАШ (VAS. E.C. Huskisson, 1974) через 8 часов, 1 сутки и спустя 3 суток после окончания операции [21]. Тестирование осуществляли перед введением анальгетиков.



**Рисунок 4.** Визуально-аналоговая шкала оценки боли (VAS. E.C. Huskisson, 1974)

**Figure 4.** Visual Analogue Scale for pain assessment (VAS. E.C. Huskisson, 1974)

Наличие или отсутствие отёка после операции определяли при осмотре с интервалом в сутки. По локализации разделяли отёк в области послеоперационной раны, отёк в области корня полового члена, отёк мошонки. Отёчный синдром в пахово-

мошоночной области мог проявляться как в каждой из перечисленных локализаций по отдельности, так и в двух или трёх локализациях. Мы регистрировали наличие отёка лишь при выраженности этого клинического синдрома, значительной визуальной асимметрии с контрлатеральной стороной. Выделяли характерные локализации геморрагических последствий паховых грыжесечений: 1) область послеоперационной раны; 2) корень полового члена; 3) мошонка. Чаще всего кровоизлияния на мошонке сочетались с геморрагиями в области раны и корня полового члена. При визуализации геморрагических проявлений в области корня полового члена практически всегда определялись кровоизлияния в области раны. Тем не менее в некоторых случаях диагностировали кровоизлияния и гематомы только в одной или двух изолированных локализациях.

Статистическую обработку полученных результатов проводили на персональном компьютере с помощью программного пакета Statistica 13.0.

### Результаты

Средняя продолжительность оперативного вмешательства у пациентов основной группы составила 52,3 мин., в контрольной группе - 62,3 мин. Данные о продолжительности этапов оперативного лечения прослежены у 40 пациентов (20 основной и 20 контрольной группы) и приведены в таблице 2.

**Таблица 2.** Результаты хронометража этапов операции  
**Table 2.** Results of the timing of the operation stages

Этапы	Группа		Оценка значимости различий (t, p)
	Основная, n = 20	Контрольная, n = 20	
1. Доступ, выделение семенного канатика с грыжевым мешком, мин.	12,3 ± 1,37 [12,13-12,48]	12,2 ± 1,28 [12,07-12,32]	t = 1,736 p = 0,098
2. Манипуляции с грыжевым мешком, установка и фиксация импланта, мин.	25,8 ± 2,02 [24,72-26,87]	35,7 ± 3,62 [33,77-37,63]	t = 9,907 p < 0,0001*
3. Ушивание апоневроза наружной косой мышцы закрытие операционной раны, мин.	14,2 ± 1,78 [13,25-15,15]	14,4 ± 1,97 [13,29-15,31]	t = 1,412 p = 0,178

**Примечание:** t - критерий Стьюдента; p - уровень достоверности; \* - различия статистически значимы.

Из таблицы видно, что среднее значение продолжительности 1-го и 3-го этапов были примерно одинаковыми, статистически значимых различий не выявлено. Продолжительность 2-го этапа оперативного лечения в основной группе оказалась значимо меньше, чем в контрольной ( $25,8 \pm 2,02$  и  $35,7 \pm 3,62$  соответственно).

Уровень болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале исследован у всех 120 пациентов (60 основная и 60 контрольная группы) через 8 часов после операции, через сутки и 3-е суток после операции. Данные по средним значениям выраженности болевого синдрома в группах сравнения представлены в таблице 3.

**Таблица 3.** Данные о среднем уровне болевого синдрома в группах сравнения на этапах наблюдения  
**Table 3.** Data on the average level of pain syndrome in the comparison groups at the observation stages

Сроки оценки	Группа		Оценка значимости различий
	Основная, n = 60	Контрольная, n = 60	
8 часов после операции	5,6 ± 0,7 ДИ [5,1-6,1]	5,8 ± 0,6 ДИ [5,3-6,3]	U = 41,00 Z = -0,643 p = 0,521
Через 1 сутки после операции	4,1 ± 0,7 ДИ [3,6-4,6]	4,5 ± 0,5 ДИ [4,1-4,9]	U = 30,00 Z = -1,474 p = 0,141
Через 3 суток после операции	2,8 ± 0,8 ДИ [2,2-3,4]	3,4 ± 0,5 ДИ [3,0-3,8]	U = 28,00 Z = -1,625 p = 0,104

**Примечание:** ДИ - доверительный интервал; U - критерий Манна -Уитни; Z - z характеристика критерия Манна - Уитни; p - уровень достоверности.

Средние значения выраженности болевого синдрома через 8 часов после операции в группах сравнения практически не отличались. Зарегистрировано уменьшение средних значений выраженности болевого синдрома в основной группе относительно контрольной через сутки после операции (4,1 ± 0,7 и 4,5 ± 0,5 соответственно), а также снижение уровня боли в основной группе относительно контрольной через 3-е суток после операции (2,8 ± 0,8 и 3,4 ± 0,5 соответственно). Различия статистически не значимые.

У 45 (75%) пациентов основной группы и в 44 (73,3%) случаях в контрольной группе при осмотрах

в послеоперационном периоде был выявлен выраженный отёчный синдром со значительной визуальной асимметрией в сравнении со здоровой стороной (табл. 4). Отёчный синдром появлялся через 1-2 суток после операции. Сроки купирования отёка варьировали в зависимости от локализации. Отёчность в области послеоперационной раны сохранялась в течение 3-6 суток, в области корня полового члена - в течение 5-9 суток после операции. Более длительно не разрешался отёчный синдром в области мошонки - до 20-21 суток.

**Таблица 4.** Данные по выявлению выраженного отечного синдрома у пациентов групп сравнения  
**Table 4.** Data on the detection of severe edema syndrome in patients of the comparison groups

Локализация	Группа						Оценка значимости различий		
	Основная, n = 60			Контрольная, n = 60			Количество пациентов	Средние сроки появления (суток после операции)	Средние сроки исчезновения (суток после операции)
Количество пациентов (абс./%)	Средние сроки появления (суток после операции)	Средние сроки исчезновения (суток после операции)	Количество пациентов (абс./%)	Средние сроки появления (суток после операции)	Средние сроки исчезновения (суток после операции)	Количество пациентов			
В области послеоперационной раны	45 / 75,00%	1,41 ± 0,58 [1,05-1,65]	3,88 ± 0,71 [3,52-4,19]	44 / 73,33%	1,42 ± 0,61 [1,06-1,75]	4,38 ± 0,81 [4,01-4,74]	χ <sup>2</sup> = 0,04 p = 0,835	t = - 0,28 p = 0,781	t = - 2,21 p = 0,032*
В области корня полового члена	12 / 20,00%	1,58 ± 0,67 [1,19-1,92]	6,41 ± 0,77 [5,94-6,82]	13 / 21,67%	1,57 ± 0,69 [1,21-2,01]	6,96 ± 0,78 [6,61-7,28]	χ <sup>2</sup> = 0,05 p = 0,822	t = - 1,31 p = 0,552	t = - 2,14 p = 0,039*
Область мошонки	2 / 3,33%	1,5 ± 0,71 [-4,85-7,85]	8,0 ± 1,41 [4,70-20,70]	6 / 10,00%	1,3 ± 0,48 [1,05-1,60]	8,91 ± 0,71 [8,92-9,56]	χ <sup>2</sup> * = 1,21 p = 0,272	t = - 0,87 p = 0,612	t = - 2,23 p = 0,037*
Две локализации	14 / 23,33%	-	-	18 / 30,00%	-	-	χ <sup>2</sup> = 0,38 p = 0,539	-	-
Три локализации	1 / 1,67%	-	-	4 / 6,67%	-	-	χ <sup>2</sup> * = 0,83 p = 0,361	-	-

**Примечание:** [...] - доверительный интервал; χ<sup>2</sup>\* - критерий Пирсона с поправкой Йетса; p - уровень достоверности; \* - различия статистически значимы; t - критерий Стьюдента.

Из таблицы видно, что выраженный отёчный синдром в области послеоперационной раны и в области корня полового члена выявлялся у пациентов основной и контрольной групп практически с одинаковой частотой. Отёк в области мошонки у пациентов в контрольной группе встречался чаще, чем в основной (у 6-10% и у 2-3,33% соответственно). Также чаще, чем в основной группе, у пациентов в контрольной группе выявлялся отёчный син-

дром двух и трёх локализаций. Отличия по частоте и локализации отёка достоверно не значимы. Статистический анализ по срокам появления отёка не выявил различий между группами сравнения. Однако сроки исчезновения отёчного синдрома в основной группе оказались значительно короче, чем в контрольной. Разница между средними показателями в группах сравнения составила 0,5 суток по отёчному синдрому в области послеоперационной ра-

ны, 0,55 суток – по отёку в области корня полового члена и 0,91 суток – по отёку в области мошонки. Различия по всем трём локализациям статистически значимы при  $p < 0,05$ .

Кровоизлияния и гематомы были диагностированы в 18 случаях: у 8 пациентов основной группы и 10 контрольной. У 12 пациентов геморрагические

осложнения локализовались в области послеоперационной раны: у 5 – в области полового члена и в 5 случаях – в области мошонки. Можно констатировать, что геморрагические осложнения у пациентов основной группы отмечались реже, чем в контрольной, однако сколько-нибудь значимых отличий не выявлено (табл. 5).

**Таблица 5.** Данные по выявлению геморрагических осложнений у пациентов групп сравнения  
**Table 5.** Data on the detection of hemorrhagic complications in patients of the comparison groups

Локализация	Группа						Оценка значимости различий		
	Основная, n = 60			Контрольная, n = 60			Количество пациентов	Средние сроки появления (суток после операции)	Средние сроки исчезновения (суток после операции)
Количество пациентов (абс./%)	Средние сроки появления (суток после операции)	Средние сроки исчезновения (суток после операции)	Количество пациентов (абс./%)	Средние сроки появления (суток после операции)	Средние сроки исчезновения (суток после операции)				
В области послеоперационной раны	8/13,3			10/16,66%					
В области послеоперационной раны	6/10%	1,5 ± 0,55 [0,93–2,07]	12,17 ± 1,83 [10,24–4,09]	6/10%	1,33 ± 0,52 [0,79–1,88]	13,98 ± 0,63 [13,34–4,66]	$\chi^2 = 0,09$ $p = 0,761$	t = 0,54 $p = 0,599$	t = -2,31 $p = 0,043^*$
В области корня полового члена	2/3,3%	2,5 ± 0,71 [-3,85–8,85]	12,7 ± 1,55 [11,68–3,77]	3/5%	2,33 ± 0,58 [0,89–3,77]	13,67 ± 1,15 [10,79–6,54]	$\chi^2 = 0,00$ $p = 1,000$	t = 0,29 $p = 0,789$	t = -3,41 $p = 0,0028^*$
Область мошонки	2/3,3%	2,5 ± 0,71 [-3,85–8,85]	12,0 ± 1,41 [11,71–3,84]	3/5%	2,0 ± 1,0 [-0,48–4,48]	15,33 ± 0,58 [13,90–6,77]	$\chi^2 = 0,00$ $p = 1,000$	t = 0,60 $p = 0,591$	t = -4,26 $p = 0,024^*$
Две локализации	4/6,6%	-	-	4/6,6%	-	-	$\chi^2 = 0,13$ $p = 0,714$	-	-
Три локализации	2/3,3%	-	-	3/5%	-	-	$\chi^2 = 0,00$ $p = 1,000$	-	-

**Примечание:** [...] – доверительный интервал;  $\chi^2$  – критерий Пирсона с поправкой Йетса; p – уровень достоверности; \* – различия статистически значимы; t – критерий Стьюдента.

Данные, приведённые в таблице 5, свидетельствуют о выявлении значимых различий в сроках исчезновения кровоизлияний и гематом в группах сравнения. У пациентов основной группы клинические проявления геморрагического синдрома в области послеоперационной раны купировались в среднем на 1,81 суток быстрее, чем у пациентов контрольной группы, в области корня полового члена – на 0,97 суток, а в области мошонки – на 3,33 суток (различия статистически значимы при  $p < 0,05$ ).

### Обсуждение

Операция Лихтенштейна стала наиболее распространённой при ненапряжённой паховой герниопластике вследствие простоты и дешевизны, минимального количества рецидивов (0,1%) [2, 16, 18, 22, 23]. Операция сохраняет физиологические механизмы подвижности апоневроза, мышцы и фасции и обеспечивает их закрытие [18, 19, 24]. Тем не менее, по мере накопления клинического материала были выявлены некоторые отрицательные моменты и аспекты возможного улучшения техники операции. Среди нежелательных последствий операции на первом месте по частоте стоит боль [4, 6, 7, 14, 15, 24]. Выделение грыжевого мешка является наиболее травматичным этапом операции, поскольку при этом повреждаются сосуды и нервы семенного канатика, что вызывает в дальнейшем появление болевого, отёчного, геморрагического синдромов. Кроме того, распрепарированные элементы семен-

ного канатика контактируют с имплантом, а в дальнейшем вовлекаются в рубец [2, 15, 20, 25]. Удаление или погружение тканей грыжевого мешка не предполагает использование его саногенетических всасывающих свойств. При операции Лихтенштейна верхний край сетки подшивается узловыми швами, что уменьшает опасность прошивания нервов, но предполагает дополнительное время завязывания узлов и несколько увеличивает локальную ишемию тканей. Техника наложения непрерывного шва к апоневрозу лишена этих недостатков и предполагает надёжную фиксацию сетки [12, 24]. При классическом выполнении операции Лихтенштейна для формирования окна Кукса сетка раскраивается вдоль. Рассечение сетчатого импланта поперёк даёт возможность накладывать меньше швов на рассечённые края, а также сшивать их с нахлёстом для придания импланту конической формы и лучшего прилегания к мышечно-апоневротическим структурам.

Предложенная методика герниопластики и модификация формирования окна Кукса позволяет уменьшить травматичность и длительность операции, снизить количество осложнений в ближайшем послеоперационном периоде.

Средняя продолжительность операции в основной группе, где применялась предложенная нами методика, составила 52,3 минуты, что на 10 минут меньше, чем в контрольной. Уменьшение времени оперативного лечения произошло за счёт второго этапа операции (манипуляции с грыжевым мешком,

установка и фиксация импланта), средняя продолжительность которого в основной группе была  $25,8 \pm 2,02$  минуты, что достоверно меньше, чем в контрольной –  $35,7 \pm 3,62$  при  $p < 0,0001$ .

При практически одинаковом уровне болевого синдрома через 8 часов после операции отмечалось уменьшение степени боли по ВАШ в основной группе относительно контрольной через сутки ( $4,1 \pm 0,7$  и  $4,5 \pm 0,5$  соответственно) и через трое суток после операции ( $2,8 \pm 0,8$  и  $3,4 \pm 0,5$  соответственно). Уменьшение средних значений выраженности болевого синдрома через сутки и трое суток после операции связываем со снижением травматичности операции и отсутствием контакта препарированных элементов семенного канатика с сетчатым имплантом.

Несмотря на то, что выраженный отёчный и геморрагический синдромы, особенно в области полового члена и мошонки, в основной группе встречался реже, достоверных различий с частотой возникновения, а также по срокам появления этих осложнений в контрольной группе выявлено не было. Однако сроки исчезновения отёка и купирования геморрагического синдрома в группах сравнения достоверно отличались. Разрешение отёка у пациентов основной группы происходило быстрее чем в контрольной группе: в области послеоперационной раны – через  $3,88 \pm 0,71$  и  $4,38 \pm 0,81$  суток соответственно; в области корня полового члена – через  $6,41 \pm 0,77$  и  $6,96 \pm 0,78$  суток соответственно; в области мошонки – через  $8,0 \pm 1,41$  и  $8,91 \pm 0,71$  суток соответственно ( $p < 0,05$ ). Средние сроки рассасывания кровоизлияний и гематом в основной и контрольных группах составили, по локализациям: область послеоперационной раны –  $12,17 \pm 1,83$  и  $13,98 \pm 0,63$  суток ( $p < 0,05$ ); корень полового члена –  $12,7 \pm 1,55$  и  $13,67 \pm 1,15$  суток ( $p < 0,01$ ); мошонка –  $12,0 \pm 1,41$  и  $15,33 \pm 0,58$  суток ( $p < 0,03$ ) соответственно. Ускорение купирования отёков, рассасывания гематом и кровоизлияний у пациентов основной группы связываем со снижением травматизации сосудов и нервов во время операции и, как следствие, уменьшением интенсивности отёчного и геморрагического синдромов. Помимо этого, по нашему мнению, важнейшую роль в уменьшении сроков рассасывания отёков, гематом и кровоизлияний играют хорошее прилегание импланта к элементам передней брюшной стенки, наличие 8-12 см<sup>2</sup> всасывающей поверхности брюшины вокруг семен-

ного канатика, что обеспечивается предлагаемой нами методикой.

### Заключение

Таким образом, в проведённом исследовании проанализированы ближайшие результаты оперативного лечения 120 пациентов с косыми паховыми грыжами (II типа по Nyhus). Выявлены преимущества предложенной новой методики оперативного лечения: уменьшение времени проведения операции, уменьшение выраженности болевого синдрома, ускорение разрешения отёчного синдрома и рассасывания гематом и кровоизлияний. Считаем, что указанные выше эффекты достигнуты за счёт снижения травматизации сосудов и нервов, хорошего прилегания импланта к структурам передней брюшной стенки, наличия в зоне операции брюшины, выполняющей дренажную функцию. Помимо оценки ближайших послеоперационных клинических результатов, считаем важным и необходимым проанализировать УЗИ признаки частоты и выраженности перипротезных сером, а также изучить отдаленные результаты.

### Выводы

Разработанный способ герниопластики косых паховых грыж II типа по Nyhus уменьшает риск травматизации сосудов и нервов, исключает контакт семенного канатика с имплантом в зоне его препаровки, а также обеспечивает лучшую дренажную функцию за счёт брюшины грыжевого мешка.

Применение нового способа и модернизированной методики формирования окна Кукса позволили упростить и ускорить оперативное вмешательство в среднем на 10 минут.

Выполнение оперативных вмешательств по разработанной методике позволило улучшить ближайшие результаты: 1) уменьшить уровень болевого синдрома по ВАШ на 0,4 балла через сутки после операции и на 0,6 через трое суток после операции; 2) достоверно ускорить купирование отёчного синдрома в области послеоперационной раны на 0,5 суток, в области корня полового члена – на 0,55 суток и в области мошонки – на 0,91 суток; 3) достоверно снизить сроки рассасывания гематом и кровоизлияний в области послеоперационной раны на 1,81 суток, в области корня полового члена – на 0,97 суток, в области мошонки – на 3,33 суток.

### Литература [References]

- 1 Ачкасов Е.Е., Мельников П.В. Современные тенденции в хирургии паховых грыж: мировая практика. *Хирургия*. 2015;10:88-92. Achkasov E.E., Melnikov P.V. Modern trends in inguinal hernia surgery: world practice. *Surgery*. 2015;10:88-92. (In Russ).
- 2 Miller H.J. Inguinal Hernia: Mastering the Anatomy. *Surg. Clin. North. Am.* 2018;98(3):607-621. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2018.02.005>
- 3 Алиев С.А., Алиев Э.С. Приоритетные подходы к хирургическому лечению паховых грыж в свете современных представлений о герниогенезе. *Вестник хирургии*. 2012;171(5):111-113. Aliev S.A., Aliev E.S. Priority approaches to surgical treatment of inguinal hernias in light of modern concepts of herniogenesis. *Herald of surgery*. 2012;171(5):111-113. (In Russ).

- 4 Баулин В.А. Пути улучшения результатов лечения паховых грыж у мужчин. *Известия высших учебных заведений. Приволжский регион. Медицинские науки*. 2011;3:49-56. Baulin V.A. Ways to improve the results of treatment of inguinal hernias in men. *News of higher educational institutions. Volga region. Medical sciences*. 2011;3:49-56. (In Russ).
- 5 Ботезату А.А., Паскалов Ю.С. Современные методы хирургического лечения паховых грыж (обзор литературы). Вестник приднестровского университета. серия: медико-биологические и химические науки. 2020;2 (65):3-12. Botezatu A.A., Paskalov Yu.S. Modern methods of surgical treatment of inguinal hernias (literature review). *Bulletin of the Pridnestrovian University. series: medical, biological and chemical sciences*. 2020;2 (65):3-12. (In Russ).
- 6 Куликов Л.К., Шалашов С.В., Смирнов А.А., Буслаев О.А. Болевой синдром как показатель эффективной герниопластики паховой грыжи. *Сибирский медицинский журнал*. 2009;2:51-53. Kulikov L.K., Shalashov S.V., Smirnov A.A., Buslaev O.A. Pain syndrome as an indicator of effective hernioplasty of inguinal hernia. *Siberian Medical Journal*. 2009;2:51-53. (In Russ).
- 7 Ashrafi D., Siddaiah-Subramanya M., Memon B., Memon M. Causes of 200 recurrences after open inguinal herniorrhaphy. *Hernia*. 2019;23(4):637-645. <https://doi.org/10.1007/s10029-018-1868-z>
- 8 Петрушко С.И., Винник Ю.С., Назарянц Ю.А. Современный способ лечения паховых грыж. *Современные проблемы науки и образования*. 2016;6:3-4. Petrushko S.I., Vinnik Yu.S., Nazaryants Yu.A. Modern method of treatment of inguinal hernias. *Modern problems of science and education*. 2016;6:3-4. (In Russ).
- 9 Feng Y.C. The "Best" Inguinal Hernia Repair Technique. *World J. Surg.* 2020;44(10):3322-3323. <https://doi.org/10.1007/s00268-020-05636-6>
- 10 Горский В.А., Эттингер А.П., Пономаренко А.А., Азимов Р.Х., Шемятовский К.А., Глушков П.С. Сетевой метаанализ сравнения результатов хирургического лечения паховых грыж с использованием полипропиленовых и титаносодержащих сетчатых имплантатов. *Клиническая и экспериментальная хирургия*. 2023;4(42):12-13. Gorsky V.A., Ettinger A.P., Ponomarenko A.A., Azimov R.Kh., Shemyatovsky K.A., Glushkov P.S. Network meta-analysis of comparison of results of surgical treatment of inguinal hernias using polypropylene and titanium-containing mesh implants. *Clinical and experimental surgery*. 2023;4(42):12-13. (In Russ).
- 11 Алишихов Ш.А., Богданов Д.Ю., Рутенбург Г.М., Корневский А.С., Кумуков М.Б., Титаров Д.Л. и др. Исследование современных способов фиксации имплантатов при протезирующей герниопластике. *Хирургия*. 2011;5:4-9. Alishikhov Sh.A., Bogdanov D.Yu., Rutenburg G.M., Korenevsky A.S., Kumukov M.B., Titarov D.L. et al. Study of modern methods of implant fixation in prosthetic hernioplasty. *Surgery*. 2011;5:4-9. (In Russ).
- 12 Черных В.Г., Крайнюков П.Е., Рыбчинский С.С., Бондарева Н.В., Ефремов К.Н. Способ профилактики персистирующей серомы после аллогерниопластики паховой грыжи. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2021;16(4):40-45. Chernykh V.G., Kraynukov P.E., Rybchinsky S.S., Bondareva N.V., Efremov K.N. Method for preventing persistent seroma after allohernioplasty of inguinal hernia. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov*. 2021;16(4):40-45. (In Russ).
- 13 Деговцов Е.Н., Колядко П.В. Серомы как осложнение хирургического лечения послеоперационных грыж передней брюшной стенки с использованием сетчатых имплантов: современное состояние проблемы. *Новости хирургии*. 2018;26(1):96-102. Degovtsov E.N., Kolyadko P.V. Seromas as a complication of surgical treatment of postoperative hernias of the anterior abdominal wall using mesh implants: the current state of the problem. *News of surgery*. 2018;26(1):96-102. (In Russ).
- 14 Сериков П.В. Пластика паховых грыж по Лихтенштейну. *Наука через призму времени*. 2019;2(23):103-104. Serikov P.V. Lichtenstein's method of inguinal hernia repair. *Science through the prism of time*. 2019;2(23):103-104. (In Russ).
- 15 Мизуров Н.А., Черкесов Л.И., Арсыутов В.П., Волков А.Н. Местные и общие осложнения при герниопластике по Лихтенштейну. *Актуальные вопросы клинической хирургии*. 2020;4:19-26. Mizurov N.A., Cherkesov L.I., Arsyutov V.P., Volkov A.N. Local and general complications in hernioplasty according to Lichtenstein. *Current issues in clinical surgery*. 2020;4:19-26. (In Russ).
- 16 Nyhus L.M. The preperitoneal approach and iliopubic tract repair of all groin hernias. *Hernia. Philadelphia: J.B.Lippincott*. 1964:120-122.
- 17 Патент RU 2016 138 659 А, МПК А61В 17/00 (2006.01) Способ профилактики рубцового поражения семенного канатика при выполнении протезирующей герниопластики / Сонис А.Г., Грачев Б.Д., Алиев В.Г. - № 2016138659; заявл. 29.09.2016; опубл. 02.04.2018; Бюл. № 10. 6 Patent RU 2016 138 659 A, IPC A61B 17/00 (2006.01) Method for preventing cicatricial lesions of the spermatic cord during prosthetic hernioplasty / Sonis A.G., Grachev B.D., Aliev V.G. - No. 2016138659; declared 29.09.2016; published 02.04.2018; Bulletin No. 10. (In Russ).
- 18 Егиев В.Н., Чижов Д.В., Рудакова М.Н. Пластика по Лихтенштейну при паховых грыжах. *Хирургия*. 2000;1:19-21. Egiev V.N., Chizhov D.V., Rudakova M.N. Lichtenstein plastic surgery for inguinal hernias. *Surgery*. 2000;1:19-21. (In Russ).
- 19 Lichtenstein I.L., Shulman A.G., Amid P.K. The tension-free repair of groin hernias. *Hernia, J.B. Lippincott Company*. 1995:534-540.
- 20 Патент RU (11) 2006 108 996(13) А МПК А61В 17/00 (2006.01) Способ проведения грыжесечения при сложных паховых грыжах / Белоконов В.И., Пономарев О.А., Пономарев А.С., Чухров К.Ю., Ковалева З.В., Заводчиков Д.А., Подгорнова Р.Ф. - № 2006108996/14; заявл. 21.03.2006; опубл. 27.09.2007; Бюл. № 27. Patent RU (11) 2006 108 996(13) А IPC A61B 17/00 (2006.01) Method for performing herniotomy for complex inguinal hernias / Belokonev V.I., Ponomarev O.A., Ponomarev A.S., Chukhrov K.Yu., Kovaleva Z.V., Zavodchikov D.A., Podgornova R.F. - No. 2006108996/14; declared 21.03.2006; published 27.09.2007; Bulletin No. 27. (In Russ).
- 21 Huskisson E.C. Measurement of pain. *Lancet*. 1974 Nov 9;2(7889):1127-1131. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(74\)90884-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(74)90884-8)
- 22 Егиев В.Н., Вокресенский П.К. *Грыжи*. М.: Медпрактика, 2019:480. Egiev V.N., Vokresensky P.K. *Hernias*. Moscow: Medpraktika, 2019:480. (In Russ).
- 23 Miserez M., Alexandre J.H., Campanelli G., Corcione F., Cuccurullo D., Pascual M.H., et al. The European hernia society groin hernia classification: simple and easy to remember. *Hernia*. 2007 Apr;11(2):113-116.
- 24 Черных В.Г. Хирургия грыж передней брюшной стенки: анатомо-физиологические основы оперативной техники. М., 2023:58-59. Chernykh V.G. *Surgery of hernias of the anterior abdominal wall: anatomical and physiological foundations of surgical technique*. М., 2023:58-59. (In Russ).
- 25 Лесников С.М., Павленко В.В., Подолужный В.И. Современная концепция генеза и лечения грыж паховой области (обзор литературы). *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. 2019;1:68. Lesnikov S.M., Pavlenko V.V., Podoluzhny V.I. Modern concept of genesis and treatment of inguinal hernias (literature review). *Issues of reconstructive and plastic surgery*. 2019;1:68. (In Russ).

**Авторская справка****Сонис Александр Григорьевич**

Д-р мед. наук, профессор кафедры общей хирургии и хирургических болезней, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-2148-6754

Вклад автора: научное руководство проектом исследования.

**Макаров Игорь Валерьевич**

Д-р мед. наук, заведующий кафедрой общей хирургии и хирургических болезней, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-1068-3330

Вклад автора: научное руководство проектом исследования.

**Васиф Гусейн оглы Алиев**

Врач-хирург Клиник СамГМУ, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0009-0008-4036-1093

Вклад автора: сбор и анализ клинического материала, написание рукописи.

**Грачев Борис Дмитриевич**

Канд. мед. наук, доцент кафедры общей хирургии и хирургических болезней, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-4778-9518

Вклад автора: реВИЗИЯ и редактирование рукописи.

**Ишутов Игорь Валерьевич**

Канд. мед. наук, врач-хирург, главный врач многопрофильной клиники «Реавиз», Медицинский университет «Реавиз».

ORCID 0000-0001-6502-6330; igorishutov@yandex.ru

Вклад автора: реВИЗИЯ и редактирование рукописи.

**Тимошук Владислав Владимирович**

Аспирант общей хирургии и хирургических болезней кафедры, врач-хирург Клиник СамГМУ, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-6733-8327

Вклад автора: проведение статистического анализа.

**Гладунова Елена Павловна**

Д-р фарм. наук, профессор кафедры управления и экономики фармации, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-8137-7197

Вклад автора: проведение статистического анализа.

**Лопухов Евгений Сергеевич**

Канд. мед. наук, заведующий хирургическим отделением № 1 КПХ Клиник СамГМУ, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0009-0001-5894-3197

Вклад автора: формальный анализ материала.

**Author's reference****Aleksandr G. Sonis**

Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of General Surgery and Surgical Diseases, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0002-2148-6754

Author's contribution: scientific supervision of the research project.

**Igor' V. Makarov**

Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of General Surgery and Surgical Diseases, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0002-1068-3330

Author's contribution: scientific supervision of the research project.

**Vasif G. Aliev**

Surgeon, Clinics of Samara State Medical University, Samara State Medical University.

ORCID 0009-0008-4036-1093

Author's contribution: collection and analysis of clinical material, writing the manuscript.

**Boris D. Grachev**

Cand. Sci. (Med.), Associate Professor Department of General Surgery and Surgical Diseases, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0002-4778-9518

Author's contribution: revision and editing of the manuscript.

**Igor' V. Ishutov**

Cand. Sci. (Med.), surgeon, chief physician of the multidisciplinary clinic "Reaviz", Medical University "Reaviz".

ORCID 0000-0001-6502-6330; igorishutov@yandex.ru

Author's contribution: revision and editing of the manuscript.

**Vladislav V. Timoshchuk**

Postgraduate student of General Surgery and Surgical Diseases, Department of Surgery, Samara State Medical University Clinics.

ORCID 0000-0002-6733-8327

Author's contribution: conducting statistical analysis.

**Elena P. Gladunova**

Dr. Sci. (Pharm.), Professor of the Department of Pharmacy Management and Economics, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0002-8137-7197

Author's contribution: statistical analysis.

**Evgeniy S. Lopukhov**

Cand. Sci. (Med.), Head of the Surgical Department No. 1 of the Clinical and Practical Clinics of Samara State Medical University, Samara State Medical University.

ORCID 0009-0001-5894-3197

Author's contribution: formal analysis of the material.