



УДК 617.55-007.43

<https://doi.org/10.65249/1027-7218-2026-4-59-69>

Современные подходы к герниопластике: патогенез, имплантационные материалы и проблемы персонализации лечения (аналитический обзор)

Д. А. Клуйко, А. Г. Рамков, А. Н. Сивец

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Цель исследования. На основании анализа литературных данных выявить актуальные проблемы этиологии, патогенеза и методов хирургического лечения грыж живота для научного обоснования дальнейших исследований.

Материал и методы. Поиск литературы проводили в базах данных PubMed, Google Scholar, Cochrane Library и eLIBRARY по ключевым словам, связанным с патогенезом, хирургическим лечением и имплантатами при грыжах живота (2000–2025). В анализ включены обзоры, клинические рекомендации, оригинальные исследования и метаанализы.

Результаты. Грыжа живота является мультифакторным заболеванием, в основе которого лежит биомеханическая несостоятельность соединительной ткани, связанная с нарушением метаболизма коллагена. Применение сетчатых имплантатов, ставшее стандартом лечения, инициирует сложный тканевый ответ, определяющий как эффективность герниопластики, так и риск осложнений. Анализ выявил отсутствие единой молекулярно-биологической модели этого взаимодействия, а также отсутствие универсального, научно обоснованного алгоритма выбора метода герниопластики и типа имплантата на этапе предоперационного планирования. Доминирование субъективного фактора, недостаточное использование объективных критериев, таких как показатели биоимпедансного анализа для оценки состава тела, и несистематизированные данные о влиянии биополимерных покрытий на интеграцию имплантата ограничивают возможности персонализированного подхода и прогнозирования результатов.

Заключение. Анализ научной литературы позволил выявить ключевые пробелы в научном знании: отсутствие комплексной модели биологического ответа тканей на имплантационные материалы в зависимости от их структуры и покрытий, а также алгоритма выбора хирургической тактики. Результаты обосновывают необходимость проведения комплексных экспериментально-клинических исследований, направленных на изучение взаимосвязи между характеристиками имплантатов, молекулярными маркерами репарации и клиническими исходами. Это создаст основу для разработки патогенетически ориентированных и персонализированных критериев выбора метода герниопластики и используемых материалов.

Ключевые слова: грыжа живота, патогенез, коллаген, сетчатый имплантат, биосовместимость, герниопластика, послеоперационные осложнения, биоимпедансный анализ, персонализированный подход.

Objective. Based on the analysis of literary data, to identify current issues of etiology, pathogenesis and methods of surgical treatment of abdominal hernias for the scientific justification of further research.

Materials and methods. The literature search was performed in PubMed, Google Scholar, Cochrane Library, and eLIBRARY databases using keywords related to the pathogenesis, surgical treatment, and implants for abdominal hernias (2000–2025). The analysis included reviews, clinical guidelines, original studies, and meta-analyses.

Results. An abdominal hernia is a multifactorial disease based on the biomechanical failure of connective tissue associated with impaired collagen metabolism. The use of mesh implants, which has become the standard of care, initiates a complex tissue response that determines both the effectiveness of hernioplasty and the risk of complications. The analysis revealed the absence of a unified molecular-biological model of this interaction, as well as the lack of a universal, scientifically based algorithm for selecting a hernioplasty method and implant type at the preoperative planning stage. The dominance of subjective factors, insufficient use of objective criteria (such as bioimpedance analysis indicators for body composition assessment), and unsystematized data on the influence of biopolymer coatings on implant integration limit the possibilities of a personalized approach and outcome prediction.

Conclusion. The analysis of the literature revealed key gaps in scientific knowledge: the absence of a comprehensive model of the biological tissue response to implant materials depending on their structure and coatings, as well as an algorithm for selecting a surgical approach. The findings justify the necessity for comprehensive experimental and clinical studies aimed at investigating the relationship between implant characteristics, molecular markers of repair, and clinical outcomes. This will create the foundation for developing pathogenetically oriented and personalized criteria for selecting the hernioplasty method and the materials used.

Key words: abdominal hernia, pathogenesis, collagen, mesh implant, biocompatibility, hernioplasty, postoperative complications, bioimpedance analysis, personalized approach.

HEALTHCARE. 2026; 4: 59–69

MODERN APPROACHES TO HERNIOPLASTY: PATHOGENESIS, IMPLANTATION MATERIALS AND PROBLEMS OF PERSONALIZATION OF TREATMENT (ANALYTICAL REVIEW)

D. Kluiko, A. Ramkov, A. Sivets

Высокая распространенность грыж живота среди населения с потенциальной опасностью ущемления делают эту патологию одной из ведущих причин хирургических вмешательств. Согласно данным 2019 г., общая распространенность паховых, бедренных и абдоминальных грыж составила 32,53 млн случаев, из них 13,02 млн были диагностированы впервые, что отражает статистически значимое увеличение на 36,0 % и 63,7 % соответственно по сравнению с 1990 г. [1].

По данным мировой статистики, ежегодно выполняется около 20 млн грыжесечений в год, в Российской Федерации – более 200 тыс., в США – около 700 тыс., в Европе – более 1 млн [2; 3]. В Республике Беларусь, как и в других странах, проблема лечения грыж живота сохраняет высокую актуальность. На протяжении многих лет белорусскими учеными разрабатываются фундаментальные и прикладные аспекты герниологии, включая вопросы патогенеза, совершенствования методов пластики и применения клеточных технологий [4–21]. При этом, несмотря на общность подходов к хирургическому лечению, этиология и патогенез паховых, первичных и послеоперационных вентральных грыж имеют существенные различия, что требует их дифференцированного рассмотрения при анализе литературы и разработке персонализированных подходов выбора тактики.

Цель исследования – на основании анализа литературных данных выявить актуальные проблемы этиологии, патогенеза и методов хирургического лечения грыж живота для научного обоснования дальнейших исследований.

Материал и методы

Поиск литературы проводили в базах данных PubMed, Google Scholar, Cochrane Library и eLIBRARY по ключевым словам, связанным с патогенезом, хирургическим лечением и имплантатами при грыжах живота (2000–2025). В анализ включены обзоры, клинические рекомендации, оригинальные исследования и метаанализы.

Результаты и обсуждение

Современный взгляд на этиологию и патогенез грыж. Современные данные сви-

детельствуют о том, что грыжи передней брюшной стенки следует рассматривать как мультифакторное заболевание, развивающееся в результате несоответствия между механической нагрузкой и биологической прочностью соединительной ткани. В отличие от традиционной механической концепции, в настоящее время ведущая роль отводится нарушениям метаболизма внеклеточного матрикса, реализующимся под действием провоцирующих факторов [1; 22]. При этом в патогенезе послеоперационных вентральных грыж особое значение приобретают локальные изменения метаболизма соединительной ткани в зоне послеоперационного рубца, тогда как паховые грыжи в большей степени ассоциированы с системными нарушениями коллагенообразования и дисплазией соединительной ткани [17]. Дискуссия о том, являются ли изменения метаболизма соединительной ткани первичной причиной грыжеобразования или следствием локального ремоделирования, остается актуальной и находит отражение в работах отечественных авторов [17].

Факторы риска грыжеобразования подразделяются на повышающие внутрибрюшное давление и ослабляющие соединительнотканый каркас [1; 22]. Однако их вклад различается в зависимости от вида грыжи. Для послеоперационных вентральных грыж ключевое значение имеют ятрогенные факторы (техника ушивания раны, характер заживления) и наличие у пациента морбидного ожирения, требующее разработки специализированных мер профилактики [6; 23]. В развитии рецидивных паховых грыж помимо общих факторов существенную роль играет недостаточность или несостоятельность предшествующей пластики, что было проанализировано в исследованиях на базе специализированных герниологических центров [17; 24]. Возрастные изменения, включая саркопению, являются независимым фактором риска для всех типов грыж, что обосновывает интерес к оценке состава тела [25; 26].

Ключевым патогенетическим механизмом считается дисбаланс синтеза и деградации коллагена, проявляющийся снижением соотношения коллагена I/III и повышенной активностью матриксных металлопротеиназ

(ММП-2, ММП-9), что приводит к снижению прочности фасциальных структур [13].

Метаболизм коллагена в фасциях носит локальный характер: скорость деградации коллагена в зоне грыжевого дефекта достоверно выше по сравнению с интактными участками, что указывает на локальное ремоделирование соединительной ткани [22]. Вместе с тем методологическая неоднородность работ (различные биомаркеры, способы взятия биоптатов, малые выборки) ограничивает сопоставимость полученных результатов.

Возраст является независимым фактором риска грыжеобразования, что связывают с возрастным снижением синтеза коллагена и развитием саркопении, ослабляющей динамическую поддержку брюшной стенки [25; 26]. Среди модифицируемых факторов наибольшее значение имеет ожирение ($\text{ИМТ} \geq 30 \text{ кг/м}^2$), которое сочетает механическое воздействие (хроническое повышение внутрибрюшного давления) и метаболические нарушения, негативно влияющие на качество соединительной ткани [27]. С другой стороны, низкий ИМТ у пожилых людей ассоциирован с повышенным риском паховых грыж (как косых, так и прямых) [22; 28].

Курение и сахарный диабет достоверно ассоциированы с повышенным риском как первичного грыжеобразования, так и рецидива после герниопластики, что объясняется нарушением микроциркуляции, снижением синтеза коллагена и замедлением репаративных процессов [22; 28]. В противоположность этому такие состояния, как гипертрофия предстательной железы и запор, вызывающие периодический подъем внутрибрюшного давления, а также курение не считаются доказанными факторами образования паховой грыжи, однако могут увеличивать вероятность рецидива [22].

Таким образом, грыжа передней брюшной стенки рассматривается как клиническое проявление системной или локальной биомеханической несостоятельности соединительной ткани, природа которой имеет особенности при паховых, первичных и послеоперационных вентральных грыжах [22]. Данный подход патогенетически объясняет высокую частоту рецидивов после натяжных методов и обо-

сновывает приоритет протезирующей герниопластики. В то же время анализ литературы выявляет отсутствие стандартизированных биологических маркеров риска, недостаток данных о прогностической роли состава тела и функционального состояния мышц брюшной стенки [21; 25; 26], а также ограниченное число исследований, связывающих молекулярные изменения соединительной ткани с клиническими исходами различных видов герниопластики. Несмотря на наличие фундаментальных работ отечественных ученых, изучавших клеточные и тканевые аспекты патогенеза [6–21], их результаты пока не интегрированы в единую прогностическую модель, что определяет необходимость дальнейших комплексных исследований в этом направлении.

Реакция тканей на современные материалы, применяемые при герниопластике. Внедрение синтетических сетчатых имплантатов и принципа «ненатяжной» герниопластики существенно снизило частоту рецидивов грыж передней брюшной стенки и стало ключевым этапом развития герниохирургии [2; 28–30]. Вместе с тем накопленный клинический опыт показал, что при переходе на протезирующую герниопластику сохраняется значимая частота отдаленных осложнений, таких как хронический болевой синдром и рецидивы. Это подтверждает, что применение сетчатого имплантата, хотя и является стандартом, не решает проблему полностью и требует дальнейшей оптимизации, в том числе за счет персонализации выбора материала и метода [31; 32].

В настоящее время выбор имплантата определяется не только его механическими характеристиками, но прежде всего биосовместимостью – способностью интегрироваться в ткани с минимальной выраженностью хронического воспаления и формированием функционально полноценной соединительной ткани [31; 33]. Несмотря на относительную химическую инертность современных полимерных сеток *in vitro*, их имплантация *in vivo* неизбежно инициирует каскад воспалительных и репаративных реакций, клинический исход которых варьирует от полноценной инкорпорации до хронического воспаления, сером, болевого синдрома и деформации («сморщивания») имплантата [32; 33].

Заживление тканей в присутствии сетчатого имплантата принципиально отличается от репарации при первичном натяжении. Имплантация сопровождается развитием асептического воспаления с миграцией нейтрофилов, макрофагов и фибробластов, причем эта фаза может быть пролонгированной. На поверхности сетки формируется фибриновый матрикс, который при благоприятных условиях служит основой для интеграции, а при неблагоприятных – для инкапсуляции имплантата [33; 34]. Согласно экспериментальным данным, размещение полипропиленового сетчатого трансплантата в зоне пластики приводит к формированию рубцовой ткани с достоверно более высокой механической прочностью и ускоренным достижением предела прочности по сравнению с аутопластикой, что патогенетически обосновывает преимущество ненатяжных методов [32]. В белорусских экспериментальных исследованиях было детально изучено влияние различных типов сеток (полипропилен, викрил, композитные материалы) на характер тканевой реакции, адгезию и рост клеток. Показано, что структура имплантата и наличие биodeградируемых компонентов модулируют выраженность воспаления и фиброза [5]. Особый интерес представляют работы по культивированию мезенхимальных стволовых клеток жировой ткани на сетчатых эндопротезах, которые продемонстрировали принципиальную возможность создания тканеинженерных конструкций для улучшения интеграции имплантатов [9; 10; 14; 16].

Гистологические исследования прорастания сетчатой структуры коллагеновыми волокнами и клеточными элементами показывают, что данный процесс носит неоднородный характер: даже в отдаленные сроки после операции могут сохраняться зоны неполной интеграции, окруженные незрелой грануляционной тканью или фиброзной капсулой, что ассоциируется с риском смещения имплантата и хронического болевого синдрома [16; 17; 21; 32; 34; 35].

Для сетчатых протезов описан феномен послеоперационного «сморщивания», достигающего 20–50 % от исходной площади, который связан с сокращением формирующейся руб-

цовой ткани. Степень деформации имплантата коррелирует с интенсивностью локальной воспалительной реакции и особенностями материала сетки [32; 36]. Как отмечают А. Н. Дудинский и соавт., площадь имплантируемой сетки является критическим фактором, определяющим объем фиброзной ткани и степень травматизации мышц, что обосновывает необходимость поиска и выбора менее инвазивных методов пластики с использованием имплантатов минимально необходимого размера [5].

Важным направлением оптимизации репаративных процессов является применение биологически активных покрытий и препаратов, в частности гиалуроновой кислоты и карбоксиметилцеллюлозы, а также использование факторов роста и клеточных технологий [32; 37; 38]. Наиболее перспективным направлением признано создание многокомпонентных биологических трансплантатов, сочетающих сетчатую основу, внеклеточный матрикс и аутологичные мезенхимальные стволовые клетки из жировой ткани. В серии работ белорусских ученых были доказаны принципиальная возможность и безопасность такого подхода, продемонстрированы улучшение коллагенообразования и модуляция тканевого ответа [10; 12; 14; 18–20; 39–41]. Клинические наблюдения применения подобных конструкций у пациентов с обширными и гигантскими послеоперационными грыжами показали обнадеживающие результаты [12; 18].

Карбоксиметилцеллюлоза широко используется в качестве биосовместимого гидрогелевого покрытия имплантатов, предназначенных для техники IPOM [37; 38]. Экспериментальные исследования на крупных животных моделях показали, что наличие покрытия из карбоксиметилцеллюлозы способствует формированию более сбалансированной фибропластической реакции и адекватной сосудистой пролиферации по сравнению с непокрытыми имплантатами [33]. Однако данные о долгосрочном клиническом эффекте таких покрытий остаются ограниченными.

Дополнительным фактором, влияющим на локальную тканевую реакцию, является тип шовного материала, используемого для фиксации сетки. Хроническое раздражение или

микробная контаминация в зоне швов способны поддерживать воспаление и активировать матриксные металлопротеиназы, нарушая процессы ремоделирования соединительной ткани [38].

Существующие исследования, как правило, оценивают отдельные этапы репаративного процесса (воспаление, фиброплазия, ангиогенез), не объединяя их в единую каскадную модель. Отсутствуют комплексные работы, связывающие гипоксический ответ (HIF-1 α , GLUT-1), ангиогенез (VEGF), клеточную пролиферацию (PDGF) и ремоделирование матрикса (MMP, соотношение коллагена I/III) с комбинацией ключевых хирургических факторов: типом имплантата, наличием биопокрытия и характеристиками шовного материала [36; 38].

Таким образом, несмотря на наличие обширного массива экспериментальных данных, включая работы отечественных исследователей по изучению тканевой реакции, клеточных технологий и биологически активных покрытий, в настоящее время отсутствует целостная молекулярно-биологическая модель взаимодействия сетчатого имплантата с тканями брюшной стенки [5; 10; 14; 17–18; 22]. Существующие знания фрагментированы и не объединены в единую систему, учитывающую тип грыжи, характеристики материала и индивидуальные особенности пациента. Данный пробел ограничивает переход от эмпирического выбора материалов к персонализированной, патогенетически обоснованной тактике герниопластики и определяет необходимость дальнейших комплексных исследований, направленных на синтез накопленных данных.

Проблема выбора оперативного лечения грыж живота. Единственным радикальным методом лечения грыж передней брюшной стенки является хирургическое вмешательство – герниопластика, направленная на устранение дефекта мышечно-фасциальных структур [3; 42].

Применение сетчатых имплантатов основано на двух принципиальных подходах: усилении линии швов после ушивания дефекта (augmentation) и замещении дефекта при невозможности его закрытия без натяжения

(bridge) [30–32]. В зависимости от анатомического положения имплантата по отношению к апоневрозу и брюшине выделяют методики onlay, inlay, sublay (ретромускулярную), преперитонеальную и интраперитонеальную (IPOM). Согласно данным систематических обзоров, при открытых вмешательствах ретромулярная (sublay) пластика ассоциируется с наименьшей частотой рецидивов и осложнений и рассматривается как предпочтительный метод [30; 42]. В то же время лапаро- и эндоскопические методики, включая IPOM, расширили возможности лечения, но требуют применения специализированных имплантатов с противоспаечным покрытием [29].

Эволюция сетчатых имплантатов направлена на снижение массы инородного материала и оптимизацию биосовместимости. Современные требования включают минимальную воспалительную реакцию, адекватную интеграцию с тканями и сохранение эластичности брюшной стенки. Доказано, что «облегченные» макропористые сетки и монофиламентные материалы ассоциируются с меньшей выраженностью хронического воспаления, со снижением риска хронического болевого синдрома и ощущения инородного тела по сравнению с плотными микропористыми протезами [43; 44]. Использование частично рассасывающихся композитных материалов позволяет временно обеспечить высокую механическую прочность с последующим снижением массы постоянного имплантата, однако долгосрочные клинические преимущества таких решений остаются предметом дискуссии.

Несмотря на наличие эффективных малоинвазивных методик, отсутствие консенсуса и высокоуровневых сравнительных исследований затрудняет формирование универсальных стандартов, оставляя выбор метода на усмотрение хирурга [29; 30]. В работах отечественных авторов предложены подходы к оптимизации этого выбора [5; 7; 18; 45].

Комплексный подход к предоперационной подготовке, включающий оценку функционального состояния мышц передней брюшной стенки и диафрагмы, а также применение методов прямой оксиметрии для оценки тканевого дыхания [6; 13; 15; 21; 46; 47],

позволяет более точно прогнозировать результаты лечения. Однако эти методы пока не стали рутинными и не включены в стандартные алгоритмы выбора. Даже международные рекомендации (HerniaSurge, EHS) не формируют единого золотого стандарта, а лишь ограничивают круг допустимых подходов, оставляя окончательное решение за хирургом с учетом клинической ситуации и доступных ресурсов [29; 30]. При наличии надежных и эффективных методов герниопластики ключевой клинической задачей остается не их механическое применение, а индивидуальный выбор, направленный на максимизацию качества жизни конкретного пациента [30].

Факторы, влияющие на выбор метода в реальной клинической практике, включают локализацию и размеры грыжи, возраст пациента, риск рецидива и хронической боли, сопутствующую патологию, а также технические возможности клиники и субъективный опыт хирурга [30; 48]. Однако, как показывают отдельные исследования, этот субъективизм может быть преодолен. Внедрение объективной интраоперационной морфометрии пахового канала предоставляет критерии для научно обоснованного выбора между натяжной и ненапряжной техникой, адаптируя тактику к индивидуальной анатомии пациента [7].

Такая вариабельность приводит к значительным различиям в тактике лечения при сопоставимых клинических условиях и затрудняет сравнение отдаленных результатов.

На основании анализа литературы установлено, что объективная оценка функционального состояния мышц и состава тела пациента пока не стала обязательным компонентом предоперационного планирования в герниологии [30; 48]. Хотя прогностическая значимость таких параметров, как саркопения и фазовый угол, доказана в хирургии, их применение в герниологии ограничено и фрагментарно [25; 26].

Преобладание косвенных критериев оценки (ИМТ, размеры дефекта) не позволяет выявлять скрытую саркопению и биологическую несостоятельность тканей, что ограничивает возможности персонализированного выбора метода и материалов герниопластики [25; 26; 49].

Дополнительной проблемой остаются послеоперационные осложнения, включая хронический болевой синдром (8–16 %), серомы (до 5–10 %) и рецидивы (1–15 %), частота которых во многом определяется реакцией тканей на имплантируемые материалы [3]. Переход острого воспаления в хроническую фазу связывают с постоянным присутствием инородного тела, локальной ишемией и гипоксией тканей, активацией HIF-1 α , формированием плотной фиброзной капсулы и последующей контракцией сетки [6; 13; 15; 32].

Современные профилактические подходы преимущественно ориентированы на технические аспекты операции и общее состояние пациента. Как отмечено, у пациентов высокого риска, таких как лица с морбидным ожирением, патогенетически обоснованная профилактика требует разработки специализированных методик для укрепления соединительнотканых структур [23]. Для пациентов высокого риска, в частности с морбидным ожирением, предложены патогенетически обоснованные подходы к профилактике послеоперационных вентральных грыж, учитывающие как механические, так и метаболические факторы [6; 23]. Эти исследования подчеркивают необходимость дифференцированного подхода к профилактике и лечению в зависимости от вида грыжи и фенотипа пациента.

Несмотря на эту направленность, молекулярно-клеточные механизмы взаимодействия тканей с имплантатами, лежащие в основе успеха или неудачи подобных методик, остаются недостаточно изученными. Недостаточно систематизированы данные о возможностях модуляции перипротезного воспаления и фиброза, в том числе с использованием биополимерных покрытий, таких как гиалуроновая кислота и карбоксиметилцеллюлоза [22].

Таким образом, современное состояние проблемы характеризуется противоречием между наличием высокоэффективных хирургических технологий и отсутствием объективного, воспроизводимого алгоритма их выбора. Доминирование субъективного фактора над формализованными критериями ограничивает стандартизацию лечения и прогнозирование результатов. Это обосновыва-

ет необходимость проведения комплексных исследований, направленных на разработку персонализированного алгоритма выбора метода герниопластики, основанного на интеграции клинических, морфологических и молекулярных параметров, а также характеристик применяемых имплантационных материалов.

Выводы

1. Современные представления об этиологии и патогенезе грыж живота подтверждают их мультифакториальную природу, однако механизмы развития паховых, первичных вентральных (связанных с системной дисплазией соединительной ткани) и послеоперационных вентральных (обусловленных локальными нарушениями репарации и ремоделирования) грыж имеют существенные различия, что требует их дифференцированного анализа при разработке персонализированных подходов к лечению [1; 22; 49].

2. Несмотря на доказанную эффективность протезирующей герниопластики, реакция тканей на имплантат остается ключевым фактором, определяющим частоту осложнений (хронический болевой синдром, серомы, рецидивы, контрактура сетки). Анализ литературы выявил отсутствие целостной молекулярно-биологической модели, интегрирующей данные о влиянии структуры имплантата, типа шовного материала, биополимерных покрытий и индивидуальных особенностей пациента на процессы репарации [31–33; 36; 38].

3. Выбор метода герниопластики и типа имплантата в реальной клинической практике в значительной степени остается субъективным, несмотря на наличие международных рекомендаций [29; 30]. Объективные критерии, такие как данные биоимпедансного анализа (мышечная масса, фазовый угол), функциональное состояние мышц брюшной стенки или интраоперационная морфометрия, используются фрагментарно и не включены в стандартные алгоритмы предоперационного планирования [7; 21].

4. Выявлен пробел в научном знании, заключающийся в отсутствии комплексных исследований, связывающих в едином контексте клинические, морфологические, молекулярные параметры и характеристики имплантатов с учетом дифференциации грыж по типу (паховые/первичные/послеоперационные вентральные). Это ограничивает возможности прогнозирования исходов и разработки патогенетически ориентированных персонализированных алгоритмов лечения.

5. Проведение комплексного экспериментально-клинического исследования, направленного на изучение взаимосвязи между типом грыжи, характеристиками имплантата, биомаркерами репарации и клиническими исходами с использованием объективных методов оценки (включая биоимпедансный анализ), является научно обоснованным и актуальным. Такое исследование создаст предпосылки для разработки персонализированных критериев выбора метода герниопластики и имплантационных материалов.

Литература

1. *The global, regional, and national burden and its trends of inguinal, femoral, and abdominal hernia from 1990 to 2019: findings from the 2019 Global Burden of Disease Study: a cross-sectional study* / Q. Ma, W. Jing, X. Liu [et al.] // *International Journal of Surgery*. – 2023. – Vol. 109, № 3. – P. 333–342.
2. *Kockerling, F. Current Concepts of Inguinal Hernia Repair* / F. Kockerling, M. P. Simons // *Visceral Medicine*. – 2018. – Vol. 34, № 2. – P. 145–150.
3. *Егиев, В. Н. Грыжи* / В. Н. Егиев. – 3-е изд. – М. : Медпрактика-М, 2024. – 664 с.
4. *Анализ эффективности некоторых методов пластики передней брюшной стенки при вентральных грыжах* / Н. Ф. Сивец, Д. И. Головач, В. В. Бабарень [и др.] // *Здравоохранение. Healthcare*. – 2024. – № 4. – С. 57–65.
5. *Дудинский, А. Н. Новый метод пластики послеоперационных вентральных грыж : сравнительное экспериментальное исследование* / А. Н. Дудинский // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. – 2022. – Т. 20, № 5. – С. 531–536.
6. *Прямая оксиметрия в диагностике и лечении хирургических заболеваний органов брюшной полости* / В. Е. Корик, С. А. Жидков, Д. А. Ключко, В. Г. Богдан. – Мн. : Воен. акад. Респ. Беларусь, 2020. – 175 с.

34. Mesh induced fibrosis: The protective role of T regulatory cells / A. M. Artsen, M. Rytel, R. Liang [et al.] // *Acta Biomaterialia*. – 2019. – Vol. 96. – P. 203–210.
35. Богдан, В. Г. Морфологические и клинические особенности применения эндопротезов в хирургии послеоперационных грыж живота / В. Г. Богдан // *Военная медицина*. – 2015. – № 2. – С. 14–17.
36. Wang, M. Evolution of research in hernia repair materials : a 20-year bibliometric and visualization study / M. Wang, W. Chen, Z. H. Xie // *Medicine*. – 2025. – Vol. 104, № 26. – doi: 10.1097/MD.00000000000043021.
37. Kumar, S. Intra-peritoneal prophylactic agents for preventing adhesions and adhesive intestinal obstruction after non-gynaecological abdominal surgery / S. Kumar, P. F. Wong, D. J. Leaper // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2009. – Vol. 1. – doi: 10.1002/14651858.CD005080.pub2.
38. Nappi, F. Suture Materials: conventional and stimulatory-responsive absorbable polymers with biomimetic function / F. Nappi // *Biomimetics*. – 2025. – Vol. 10, № 9. – doi: 10.3390/biomimetics10090590.
39. Сравнительный анализ функционального состояния мезенхимальных стволовых клеток жировой ткани, фибробластов кожи и апоневроза пациентов с послеоперационными вентральными грыжами / В. Г. Богдан, М. М. Зафранская, С. С. Багатка [и др.] // *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя медыцынскіх навук*. – 2011. – № 4. – С. 102–109.
40. Характеристика мезенхимальных стволовых клеток жировой ткани человека, дифференцированных в фибробластном направлении / В. Г. Богдан, М. М. Зафранская, С. С. Багатка [и др.] // *Здравоохранение*. – 2012. – № 4. – С. 19–25.
41. Влияние мезенхимальных стволовых клеток из жировой ткани на синтез коллагена при различных способах пластики моделированной послеоперационной грыжи / В. Г. Богдан, С. Г. Криворот, Т. Э. Владимирская [и др.] // *Новости хирургии*. – 2013. – Т. 21, № 2. – С. 21–28.
42. Послеоперационная вентральная грыжа : клин. рекомендации / разраб.: Всероссийская общественная организация «Общество герниологов»; Общероссийская общественная организация «Российское общество хирургов». – М., 2021. – 48 с.
43. Lightweight versus heavyweight synthetic mesh for inguinal hernia repair / A. K. Pal, B. P. Singh, A. Kumar [et al.] // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2025. – № 6. – doi: 10.1002/14651858.CD015553.
44. Li, J. Comparison of different weight meshes in ventral/incisional hernia repair, the outcomes of systematic review and meta-analysis / J. Li, X. Shao, T. Cheng // *Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous Techniques*. – 2023. – Vol. 33, № 4. – P. 402–410.
45. Супраапоневротическая видеоассистированная пластика в лечении вентральных грыж, ассоциированных с диастазом прямых мышц живота / А. В. Носик, А. В. Крылова, В. И. Германович [и др.] // *Хирургия. Восточная Европа*. – 2025. – Т. 14, № 1. – С. 132–141.
46. Богдан, В. Г. Комплекс мероприятий предоперационной подготовки в лечении пациентов с послеоперационными грыжами больших и гигантских размеров / В. Г. Богдан // *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова*. – 2012. – Т. 7, № 4. – С. 54–58.
47. Транспорт кислорода в мышечной ткани при различных вариантах герниопластики с применением хирургического сетчатого имплантата / В. Г. Богдан, В. Е. Корик, Ю. М. Гаин [и др.] // *Военная медицина*. – 2010. – № 4. – С. 93–97.
48. Пути улучшения результатов хирургического лечения неосложненных паховых грыж и восстановления после оперативного вмешательства (обзор литературы) / Д. М. Яковлева, П. А. Ярцев, Д. А. Благовестнов [и др.] // *Вестник новых медицинских технологий*. – 2024. – Т. 31, № 3. – С. 47–54.
49. Богдан, В. Г. Послеоперационные вентральные грыжи: современные аспекты патогенеза / В. Г. Богдан, Д. В. Варикаш // *Военная медицина*. – 2017. – № 4. – С. 78–82.

References

1. Ma Q., Jing W., Liu X., et al. The global, regional, and national burden and its trends of inguinal, femoral, and abdominal hernia from 1990 to 2019: findings from the 2019 Global Burden of Disease Study. *Int J Surg*. 2023; 109(3): 333–342.
2. Kockerling F., Simons M.P. Current Concepts of Inguinal Hernia Repair. *Visc Med*. 2018; 34(2): 145–150.
3. Egiev V.N. Hernias. Moscow: Medpraktika-M; 2024. 664. (in Russian)
4. Sivets N.F., Golovach D.I., Babaren V.V., et al. Analysis of the effectiveness of some methods of anterior abdominal wall repair in ventral hernias. *Zdravoohranenie. Healthcare*. 2024; 4: 57–65. (in Russian)
5. Dudinsky A.N. A new method of repair of postoperative ventral hernias. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2022; 20(5): 531–536. (in Russian)
6. Korik V.E., Zhidkov S.A., Klyuyko D.A., Bogdan V.G. Direct oximetry in the diagnosis and treatment of surgical diseases of the abdominal organs. *Minsk. Voenn. akad. Resp. Belarus'*; 2020. 175. (in Russian)
7. Zhuk S.A., Smotrin S.M. Intraoperative assessment of topographical and anatomical parameters of the inguinal canal in hernias and its significance in choosing the method of hernioplasty. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2021; 19(2): 182–186. (in Russian)
8. Bogdan V.G., Dorokh N.N., Gain Yu.M. A new method of anterior abdominal wall repair in patients with postoperative and recurrent ventral hernias. *Medicinskij zhurnal*. 2008; 1: 84–88. (in Russian)
9. Bogdan V.G. Anterior abdominal wall repair using a mesh implant: a method of treatment and prevention of postoperative abdominal hernias. *Medicinskaya panorama*. 2008; 10: 17–20. (in Russian)
10. Bogdan V.G., Gain Yu.M., Zafranskaya M.M., Laznev K.V. Experimental evaluation of the possibility of adhesion and growth of adipose tissue-derived mesenchymal stem cells on a polypropylene mesh implant used for hernioplasty. *Medicinskij zhurnal*. 2009; 1: 29–32. (in Russian)
11. Bogdan V.G., Gain Yu.M., Dorokh N.N. Improving the effectiveness of corrective techniques in the surgical treatment of patients with large and giant postoperative abdominal hernias. *Medicinskij zhurnal*. 2009; 2: 144–148. (in Russian)

12. Bogdan V.G., Gain Yu.M., Demidchik Yu.E., et al. Cultivation of adipose tissue-derived mesenchymal stem cells in vitro on surgical mesh endoprosthesis "Prolene", "Vypro", "Ultrapro", "Vicryl", "Proceed". *Medicinskij zhurnal*. 2009; 4: 13–16. (in Russian)
13. Bogdan V.G. Postoperative ventral hernias: current problems of modern herniology and possible solutions. *Medicinskaya panorama*. 2009; 10: 36–40. (in Russian)
14. Bogdan V.G., Zafranskaya M.M., Gain Yu.M., Demidchik Yu.E. Comparative characteristics of composite biomatrices with a three-dimensional gelatin matrix and adipose tissue-derived mesenchymal stem cells. *Doklady Nacional'noj akademii nauk Belarusi*. 2010; 54(3): 105–109. (in Russian)
15. Bogdan V.G., Korik V.E., Gain Yu.M., et al. Dynamics of tissue respiration in the muscles of the anterior abdominal wall during modeling of a postoperative ventral hernia. *Medicinskij zhurnal*. 2010; 4: 28–32. (in Russian)
16. Bogdan V.G., Shved I.A., Gain Yu.M. Features of the tissue response to implantation of polypropylene and vicryl surgical meshes in the area of a simulated anterior abdominal wall defect in a laboratory animal. *Medicinskij zhurnal*. 2011; 4: 37–42. (in Russian)
17. Ivanova T.E., Bogdan V.G., Dorokh N.N., et al. Causes and methods of treatment of recurrent inguinal hernias according to the data of the Minsk Herniology and Bariatric Surgery Center. *Voennaya medicina*. 2012; 1: 89–91. (in Russian)
18. Bogdan V.G., Gain Yu.M. First experience of clinical application of a multicomponent biological transplant with autologous adipose tissue-derived mesenchymal stem cells in the surgical treatment of patients with large and giant postoperative hernias. *Hirurgiya. Vostochnaya Evropa*. 2012; 2: 114–126. (in Russian).
19. Bogdan V.G., Gain Yu.M. Methods of repair of extensive anterior abdominal wall defects with autotransplantation of adipose tissue-derived mesenchymal stem cells in patients with postoperative hernias (first clinical observations). *Vestnik transplantologii i iskusstvennyh organov*. 2012; 14(4): 80–88. (in Russian)
20. Bogdan V.G., Shved I.A. Transplantation of adipose tissue-derived mesenchymal stem cells in the repair of a simulated abdominal wall defect: morphological features of the tissue response. *Voennaya medicina*. 2013; 1: 94–100. (in Russian)
21. Zhura A.V., Bol'shov A.V. *Hernias*. Minsk: BGMU; 2017. 32. (in Russian)
22. Da Silveira C.A.B., Rasador A.C., Lima D.L., et al. The impact of smoking on ventral and inguinal hernia repair. *Hernia*. 2024; 28(6): 2079–2095.
23. Varikash D.V., Bogdan V.G. Prevention of postoperative ventral hernia formation in patients with morbid obesity. *Voennaya medicina*. 2019; 3: 41–46. (in Russian)
24. Bogdan V.G. Preoperative measures in the treatment of patients with large postoperative abdominal hernias. *Voennaya medicina*. 2013; 3: 28–31. (in Russian)
25. Silveira C.A.B.D., Zamata-Ovalle D.B.S., Rasador A.C.D., et al. Is sarcopenia associated with worse outcomes following ventral hernia repair? *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2025; 35(1): 42–47.
26. Siegal S.R., Guimaraes A.R., Lasarev M.R., et al. Sarcopenia and outcomes in ventral hernia repair. *Hernia*. 2018; 22(4): 645–652.
27. Cook J.L., Purdy A.C., Liu J.K., et al. Determining a BMI threshold for ventral hernia recurrence among a predominantly underrepresented minority population. *Hernia*. 2025; 29(1). doi: 10.1007/s10029-025-03360-5.
28. Kockerling F., Lorenz R., Hukauf M., et al. Influencing factors on the outcome in female groin hernia repair. *Ann Surg*. 2019; 270(1): 1–9.
29. Arrey E., Young T., Alford A. A comprehensive review of the evolution of minimally invasive hernia repair: historical milestones to modern clinical practice. *Curr Surg Rep*. 2025; 13. doi: 10.1007/s40137-024-00435-7.
30. HerniaSurge Group. International guidelines for groin hernia management. *Hernia*. 2018; 22(1): 1–165.
31. Antoniadi E., Ferreira N.M., Vaz M.F., et al. Innovative strategies in hernia mesh design: materials, mechanics, and modeling. *materials*. 2025; 18(15). doi: 10.3390/ma18153509.
32. See C.W., Kim T., Zhu D. *Hernia mesh and hernia repair*. ENGREG. 2020; 1: 19–33.
33. Greco Lucchina A., Koleva Radica M., Costa A.L., et al. Mesh-tissue integration of synthetic and biologic meshes in wall surgery: brief state of art. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2022; 26(3): 21–25.
34. Artsen A.M., Rytel M., Liang R., et al. Mesh induced fibrosis: The protective role of T regulatory cells. *Acta Biomater*. 2019; 96: 203–210.
35. Bogdan V.G. Morphological and clinical features of the use of endoprosthesis in the surgery of postoperative abdominal hernias. *Voennaya medicina*. 2015; 2: 14–17. (in Russian)
36. Wang M., Chen W., Xie Z.H. Evolution of research in hernia repair materials. *Medicina*. 2025; 104(26). doi: 10.1097/MD.00000000000043021.
37. Kumar S., Wong P.F., Leaper D.J. Intra-peritoneal prophylactic agents for preventing adhesions and adhesive intestinal obstruction after non-gynaecological abdominal surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009; 1. doi: 10.1002/14651858.CD005080.pub2.
38. Nappi F. Suture Materials: conventional and stimulatory-responsive absorbable polymers with biomimetic function. *Biomimetics*. 2025; 10(9). doi: 10.3390/biomimetics10090590.
39. Bogdan V.G., Zafranskaya M.M., Bagatka S.S., et al. Comparative analysis of the functional state of adipose tissue-derived mesenchymal stem cells, skin fibroblasts and aponeurosis of patients with postoperative ventral hernias. *Vesci Nacyyanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryya medycynskih navuk*. 2011; 4: 102–109. (in Russian)
40. Bogdan V.G., Zafranskaya M.M., Bagatka S.S., et al. Characteristics of human adipose tissue-derived mesenchymal stem cells differentiated into the fibroblast lineage. *Zdravoohranenie*. 2012; 4: 19–25. (in Russian)
41. Bogdan V.G., Krivorot S.G., Vladimirskaia T.E., et al. Influence of adipose tissue-derived mesenchymal stem cells on collagen synthesis in various methods of repairing a simulated postoperative hernia. *Novosti Hirurgii*. 2013; 21(2): 21–28. (in Russian)
42. *Postoperative ventral hernia*. Moscow; 2021. 48. (in Russian)
43. Pal A.K., Singh B.P., Kumar A., et al. Lightweight versus heavyweight synthetic mesh for inguinal hernia repair. *Cochrane Database Syst Rev*. 2025; 6. doi: 10.1002/14651858.CD015553.

44. Li J., Shao X., Cheng T. Comparison of Different Weight Meshes in Ventral/Incisional Hernia Repair, the Outcomes of Systematic Review and Meta-analysis. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2023; 33(4): 402–410.
45. Nosik A.V., Krylova A.V., Germanovich V.I., et al. Supraaponeurotic video-assisted repair in the treatment of ventral hernias associated with diastasis recti. *Hirurgiya. Vostochnaya Evropa.* 2025; 14(1): 132–141. (in Russian)
46. Bogdan V.G. A set of preoperative preparation measures in the treatment of patients with large and giant postoperative hernias. *Vestnik Natsional'nogo mediko-hirurgicheskogo centra im. N.I. Pirogova.* 2012; 7(4): 54–58. (in Russian)
47. Bogdan V.G., Korik V.E., Gain Yu.M., et al. Oxygen transport in muscle tissue in various variants of hernioplasty using a surgical mesh implant. *Voennaya medicina.* 2010; 4: 93–97. (in Russian)
48. Yakovleva D.M., Yartsev P.A., Blagovestnov D.A., et al. Ways to improve the results of surgical treatment of uncomplicated inguinal hernias and recovery after surgery. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij.* 2024; 31(3): 47–54. (in Russian)
49. Bogdan V.G., Varikash D.V. Postoperative ventral hernias: modern aspects of pathogenesis. *Voennaya medicina.* 2017; 4: 78–82. (in Russian)

Контактная информация:

Рамков Антон Григорьевич – адъюнкт военно-медицинского института
Белорусский государственный медицинский университет
Пр. Дзержинского, 83, 220116, г. Минск
Сл. тел. +375 33 659 08 36
ORCID: 0009-0002-3974-2952

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Д. А. К., А. Г. Р., А. Н. С.
Сбор информации и обработка материала: А. Г. Р.
Написание текста: А. Г. Р., А. Н. С.
Редактирование: Д. А. К.
Ключко Дмитрий Александрович. ORCID: 0000-0003-4090-500X
Сивец Алексей Николаевич. ORCID: 0009-0004-3843-694X
Конфликт интересов отсутствует

Поступила 16.01.2026
Принята к печати 17.03.2026