



## Оценка влияния метода фиксации и зоны установки импланта на спайкообразование, деформацию и ретракцию эндопротеза при внутрибрюшном размещении у крупных животных

©В.П. Армашов<sup>1\*</sup>, А.М. Белоусов<sup>2</sup>, П.А. Потапов<sup>3</sup>, Н.Л. Матвеев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва, Россия

\* В.П. Армашов, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, 117997, Москва, ул. Островитянова, 1, armashovvp@mail.ru

Поступила в редакцию 27 февраля 2023 г. Исправлена 12 апреля 2023 г. Принята к печати 14 мая 2023 г.

### Резюме

**Актуальность:** Существует мнение, что при интраперитонеальной герниопластике на качество интеграции и спайкообразование влияет не только структура импланта, но и комплекс других факторов. Целью данного исследования явилась оценка зависимости параметров спайкообразования, деформации и ретракции эндопротеза от метода фиксации и зоны установки импланта на брюшной стенке.

**Материалы и методы:** У каждой из 3-х свиней лапароскопически на брюшину (метод ИРОМ) устанавливали 6 различных вариантов эндопротезов (по два в эпи-, мезо- и гипогастрии). Для фиксации случайным образом выбирали рассасывающиеся спирали из поли-D, L-лактода или нерассасывающиеся из нержавеющей стали с головкой из полиэфирэфиркетона. Через 45 сут. выполняли релaparоскопию, через 90 сут. – выводили из эксперимента. Показатели рассчитывали для имплантов с рассасывающимися и нерассасывающимися фиксаторами, а также для эндопротезов, установленных в эпи-, мезо- и гипогастрии.

**Результаты:** По параметрам деформации и ретракции импланта достоверных различий при применении различных фиксаторов не отмечено. Спайкообразование при использовании рассасывающихся фиксаторов по большинству показателей на всех этапах оказалось выше. Разница достигла максимума на 90-е сут., когда количество имплантов со спайками составило 66,7% против 11,1% ( $p = 0,05$ ), а интегральный показатель 5 (0–6) против 0 (0–0) ( $p = 0,01$ ) для рассасывающейся и нерассасывающейся фиксации соответственно. Выраженность деформации и ретракции достоверно не зависела от этажа брюшной полости. В то же время большая часть показателей спайкообразования зависела от локализации эндопротеза. Начиная от гипогастрия, выраженность адгезии постепенно возрастала в краниальном направлении и была максимальной в эпигастрии. Наибольшая разница отмечена на 45-е сут., когда количество имплантов со спайками составило 100, 50 и 16,7% ( $p = 0,014$ ), а интегральный показатель – 6 (5–7), 2 (0–4) и 0 (0–0) ( $p = 0,007$ ) для эпи-, мезо- и гипогастрия соответственно.

**Заключение:** Метод фиксации и интраперитонеальная локализация эндопротеза для герниопластики ИРОМ не оказывают влияния на его деформацию и ретракцию, но значимо влияют на спайкообразование.

**Ключевые слова:** грыжа, интраперитонеальная герниопластика ИРОМ, метод фиксации сетки, локализация сетки, спайки, ретракция

**Цитировать:** Армашов В.П., Белоусов А.М., Потапов П.А., Матвеев Н.Л. Оценка влияния метода фиксации и зоны установки импланта на спайкообразование, деформацию и ретракцию эндопротеза при внутрибрюшном размещении у крупных животных. *Инновационная медицина Кубани.* 2023;8(4):98–109. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-3-98-109>



# Evaluation of the Fixation Method and the Intraperitoneal Mesh Location Effect on Adhesion Formation, Deformation, and Shrinkage of the Mesh in Large Animals

©Vadim P. Armashov<sup>1\*</sup>, Aleksandr M. Belousov<sup>2</sup>, Pavel A. Potapov<sup>3</sup>, Nikolay L. Matveev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup> Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russian Federation

\* Vadim P. Armashov, Pirogov Russian National Research Medical University, ulitsa Ostrovityanova 1, Moscow, 117997, Russian Federation, armashovvp@mail.ru

Received: February 27, 2023. Received in revised form: April 12, 2023. Accepted: May 14, 2023.

## Abstract

**Background:** The quality of mesh integration and adhesion formation in the intraperitoneal onlay mesh hernia repair (IPOM) is considered to depend not only on the mesh structure but also on a complex of other factors. This study aims to evaluate the correlation between the adhesion formation, mesh deformation, and shrinkage on the fixation method and the mesh location in the abdominal cavity.

**Materials and methods:** During laparoscopy (IPOM), 6 different meshes (2 each in the epi-, meso-, and hypogastric regions) were installed in the intraperitoneal position in each of 3 pigs. For mesh fixation, absorbable poly-D, L-lactide or non-absorbable stainless steel and polyetheretherketone (PEEK) tacks were randomly selected. Relaparoscopy was performed after 45 days, autopsy after 90 days. The results were calculated for meshes with absorbable and non-absorbable tacks and for meshes placed in the epi-, meso-, and hypogastrum.

**Results:** The fixation methods did not significantly affect the deformation and shrinkage of the mesh. Absorbable tacks were associated with higher adhesion formation for most indicators at all stages of the study. The difference between absorbable and non-absorbable fixation reached a maximum by day 90, when the number of mesh pieces with adhesions was 66.7% vs 11.1% ( $P=.05$ ), and the adhesion scores were 5 (0-6) vs 0 (0-0) ( $P=.01$ ). The mesh location on the abdominal wall did not significantly affect its deformation and shrinkage. At the same time, most of the adhesion indicators depended on the mesh location. Starting from hypogastrum, the extent and the type of adhesions increased and were maximal in epigastrum. The greatest difference between the epi-, meso-, and hypogastrum was noted by day 45, when the number of mesh pieces with adhesions was 100%, 50%, and 16.7% ( $P=.014$ ), and the adhesion scores were 6 (5-7), 2 (0-4), and 0 (0-0) ( $P=.007$ ).

**Conclusions:** The fixation method and the intraperitoneal mesh location do not affect its deformation and shrinkage but significantly affect the adhesion formation.

**Keywords:** hernia, intraperitoneal onlay mesh (IPOM), mesh fixation method, mesh location, abdominal adhesions, mesh shrinkage

**Cite this article as:** Armashov VP, Belousov AM, Potapov PA, Matveev NL. Evaluation of the fixation method and the intraperitoneal mesh location effect on adhesion formation, deformation, and shrinkage of the mesh in large animals. *Innovative Medicine of Kuban.* 2023;8(4):98–109. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-3-98-109>

## Введение

Применение современных композитных имплантов с антиадгезивным покрытием при интраперитонеальной герниопластике IPOM (Intraperitoneal Onlay Mesh) приводит к значительному снижению спайкообразования [1]. Однако их использование не позволяет полностью предотвратить указанное нежелательное явление [2, 3]. Однако все чаще появляются публикации, указывающие на тот факт, что не только структура слоев композитного импланта, но и ряд других факторов влияет на степень выраженности послеоперационных висцеро-париетальных сращений [4]. Помимо спайкообразования, на отдаленные результаты лечения оказывают влияние и другие процессы, такие как деформация и ретракция импланта. Известно, что они часто приводят к рецидиву грыжи, однако причины их возникновения не всегда возможно объяснить только качеством интеграции импланта [5].

Эта работа является продолжением анализа результатов экспериментального исследования по изучению процессов интеграции имплантов и разработке методов профилактики спайкообразования при вы-

полнении лапароскопической интраперитонеальной пластики. Ранее нами уже была опубликована первая часть исследований, посвященная оценке безопасности различных вариантов эндопротезов [6].

## Цель исследования

Оценка зависимости параметров спайкообразования, деформации и ретракции эндопротеза от метода фиксации и зоны установки импланта в брюшной полости.

## Материалы и методы

Исследование проведено на базе ООО «Центр доклинических исследований» (г. Пенза). Протокол исследования одобрен комиссией по контролю за содержанием и использованием лабораторных животных РНИМУ им. Н.И. Пирогова (протокол 02/2021 от 29.01.2021 г.).

Эксперимент выполнен на 3-х свиньях обоего пола породы русская белая. Возраст животных составил 6 мес., средняя масса –  $71,0 \pm 3,2$  кг. На начальном этапе под комбинированным эндотрахеальным

наркозом у каждого животного выполняли лапароскопию, интраперитонеальную установку 6 различных имплантов (по два, случайным образом выбранных эндопротеза, в эпи-, мезо- и гипогастрии). Использовали импланты из полиэфира с перманентным фторполимерным покрытием (Фторэкс, ООО «Линтекс», Россия) и дополнительным антиадгезивным слоем из карбоксиметилцеллюлозы (Фторэкс с покрытием из карбоксиметилцеллюлозы, ООО «Линтекс», Россия), облегченного полипропилена с перманентным антиадгезивным покрытием Реперен (Реперен-16-2, ООО «АйконЛабГмбх», Россия), а также монофиламентного полиэстера с коллагеновым покрытием (Symbotex, «Medtronic», США), полипропилена с покрытием из гиалуроновой кислоты и карбоксиметилцеллюлозы (Ventralight ST, «Bard», США), биологическую пластину из децеллюляризированной брюшины (ООО «Кардиоплант», Россия). Для фиксации эндопротезов случайным образом выбирали рассасывающиеся спирали из поли-D, L-лактида (SorbaFix, «Bard», США) или нерассасывающиеся из нержавеющей стали и полиэфирэфиркетона (CapSure, «Bard», США). Трансфасциальные швы не использовали. Количество имплантов с рассасывающейся или нерассасывающейся фиксацией было одинаковым.

Релапароскопию выполняли через 45 сут., через 90 сут. животных выводили из эксперимента. Участки брюшной стенки с имплантами иссекали едиными блоками с каждой стороны от средней линии живота. При релапароскопии и аутопсии проводили визуальный осмотр зоны каждого эндопротеза, учитывали наличие признаков воспаления, деформации и ретракции сетки. На 90-е сут. также выявляли миграцию фиксаторов и рассчитывали площадь ретракции имплантов. Спайкообразование оценивали на основании таких критериев, как количество имплантов с адгезией, вовлечение паренхиматозных и полых органов брюшной полости в спаечный процесс, локализация спаек на поверхности эндопротеза, площадь импланта, вовлеченная в спайки по P.A. Lucas и соавт., вид спаек по M.D. Muller и соавт., их прочность по H.V. Zühlke и соавт., также проводилась интегральная оценка спайкообразования по M.P. Diamond [6]. Указанные показатели рассчитывали для имплантов с рассасывающимися и нерассасывающимися фиксаторами, а также при установке в эпи-, мезо- и гипогастрии.

Статистический анализ проводили с использованием программы StatTech 2.8.8 (ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели, в зависимости от вида распределения, описывали с помощью средних величин ( $M \pm SD$ ) или медиан ( $Me (Q_1-Q_3)$ ). Категориальные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение групп, в зависимости от их количества и типа

данных, выполняли с помощью U-критерия Манна-Уитни, критерия Краскела-Уоллиса, критерия Данна с поправкой Холма, однофакторного дисперсионного анализа, критерия Геймса-Хауэлла, точного критерия Фишера или критерия хи-квадрат Пирсона. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

## Результаты

### *Влияние метода фиксации импланта*

При применении различных фиксаторов на всех этапах наблюдения достоверных различий по таким показателям, как признаки воспаления, деформация или ретракция импланта не отмечено (табл. 1). Несмотря на это, количество эндопротезов с ретракцией на 90-е сут. исследования было в 2 раза больше в группе, где применялась рассасывающаяся фиксация (66,7 против 33,3%,  $p = 0,347$ ). Шансы развития ретракции в этом случае оказались выше в 4 раза, однако результаты также не были достоверными (95% ДИ: 0,563–28,396). Подобные недостоверные изменения в пользу нерассасывающихся фиксаторов отмечены и по такому параметру, как площадь ретракции.

Несмотря на наличие миграции фиксаторов у 1/3 имплантов на 90-е сут., не выявлено зависимости этого показателя от метода фиксации. Шансы возникновения миграции при применении исследуемых вариантов фиксаторов также были одинаковы (ОШ = 1,0 при 95% ДИ: 0,141–7,099).

При подсчете количества имплантов со спайками установлено, что на 45-е сут. при использовании рассасывающихся фиксаторов их количество оказалось в 2,33 раза больше (77,8 против 33,3%,  $p = 0,153$ ), а шансы возникновения спаек – в 7 раз выше (95% ДИ: 0,861–56,895). Изменения оказались достоверными на 90-е сут. исследования (рис. 1). Количество имплантов с адгезией при применении рассасывающихся фиксаторов составило 66,7%, нерассасывающихся – 11,1% ( $p = 0,050$ ), а шансы образования спаек различались в 16 раз (95% ДИ: 1,315–194,623).

На 45-е сут. при применении нерассасывающихся фиксаторов возникающие спайки были представлены единичной «швартой» (2 импланта) или локализовались по краям эндопротеза (1 имплант). При использовании рассасывающихся фиксаторов они чаще локализовались по краям и в центре (4 импланта), реже по краям (2 импланта), еще реже представляли единичную «шварту» (1 имплант). На 90-е сут. при применении нерассасывающихся фиксаторов только на 1 импланте выявлена единичная «шварта», а при использовании рассасывающихся спиралей – на 6 эндопротезах спайки занимали края и центр.

Метод фиксации достоверно не влиял на частоту вовлечение паренхиматозных и полых органов брюшной полости в спаечный процесс. Однако сращения печени и селезенки с брюшной стенкой в зоне

**Таблица 1**  
**Зависимость изучаемых параметров от метода фиксации импланта**  
**Table 1**  
**Outcomes by fixation method**

№	Параметр	Единицы измерения	45 сут.				90 сут.			
			Нерассасывающиеся фиксаторы (n = 9)	Рассасывающиеся фиксаторы (n = 9)	Значимость различий (p)	Соотношение шансов (OR)	Нерассасывающиеся фиксаторы (n = 9)	Рассасывающиеся фиксаторы (n = 9)	Значимость различий (p)	Соотношение шансов (OR)
1	Воспаление	Импланты Абс. (%)	1 (11,1)	0 (0,0)	1,0	-	0 (0,0)	0 (0,0)	-	
2	Миграция фиксаторов	Импланты Абс. (%)	-	-	-	-	3 (33,3)	3 (33,3)	1,0 (95% ДИ: 0,141-7,099)	
3	Деформация	Импланты Абс. (%)	2 (22,2)	0 (0,0)	0,471	-	4 (4,44)	5 (55,6)	1,0 (95% ДИ: 0,243-10,031)	
4	Ретракция	Импланты Абс. (%)	1 (11,1)	0 (0,0)	1,0	-	3 (33,3)	6 (66,7)	0,347 (95% ДИ: 0,563-28,396)	
5	Площадь ретракции	Проценты Ме (Q1 – Q3)	-	-	-	-	0 (0-11)	14 (0-19)	0,370	
6	Импланты со спайками	Импланты Абс. (%)	3 (33,3)	7 (77,8)	0,153	7,0 (95% ДИ: 0,861 – 56,895)	1 (11,1)	6 (66,7)	<b>0,050*</b> (95% ДИ: 1,315-194,623)	
7	Охват спайками поверхности импланта	Импланты Абс. (%)	2 (66,7)	1 (14,3)	-	-	1 (100,0)	0 (0,0)	-	
			1 (33,3)	2 (28,6)	-	-	0 (0,0)	0 (0,0)	-	
			0 (0,0)	4 (57,1)	-	-	0 (0,0)	6 (100,0)	-	
8	Площадь импланта, вовлеченная в спайки (P.A. Lucas и соавт.)	Баллы Ме (Q1 – Q3)	0 (0-1)	1 (1-2)	<b>0,032*</b>	-	0 (0-0)	1 (0-2)	<b>0,013*</b>	
9	Вид спаек (M.D. Muller и соавт.)	Баллы Ме (Q1 – Q3)	0 (0-1)	2 (1-2)	<b>0,037*</b>	-	0 (0-0)	1 (0-2)	<b>0,029*</b>	
10	Прочность спаек (H.V. Zühlke и соавт.)	Баллы Ме (Q1 – Q3)	0 (0-2)	2 (1-2)	0,146	-	0 (0-0)	2 (0-2)	<b>0,019*</b>	
11	Вовлечение органов в спаечный процесс	Импланты Абс. (%)	0 (0,0)	2 (22,2)	0,471	-	0 (0,0)	2 (22,2)	0,471	
12	Интервальная оценка спайкообразования (M.P. Diamond)	Баллы Ме (Q1 – Q3)	0 (0-4)	5 (3-6)	0,064	-	0 (0-0)	5 (0-6)	<b>0,010*</b>	

Прим.: \* – статистически значимые различия

Note: \* – statistically significant differences

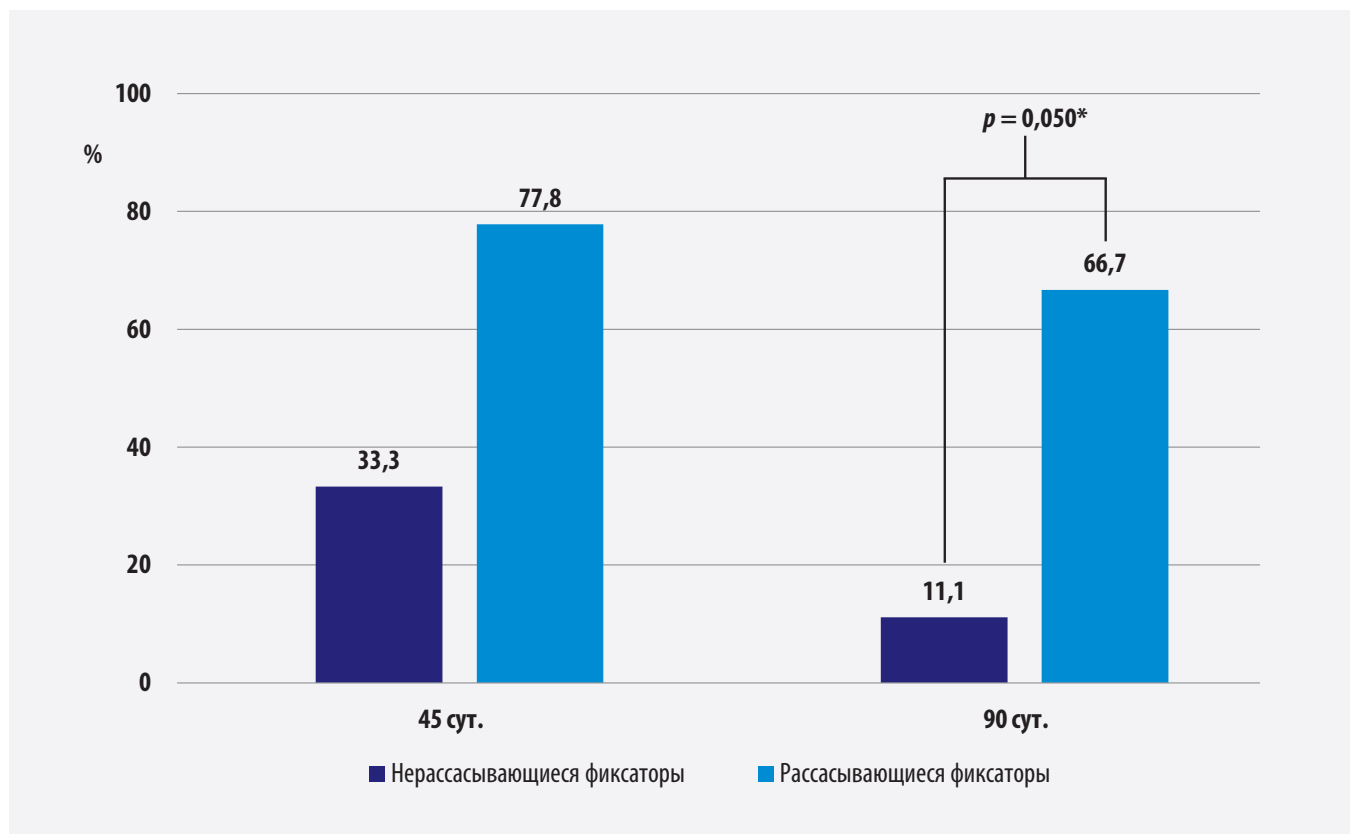


Рисунок 1. Влияние метода фиксации на количество имплантов со спайками

Прим.: \* – статистически значимые различия

Figure 1. The correlation between the number of mesh pieces with adhesions and the fixation type

Notes: \* – statistically significant differences

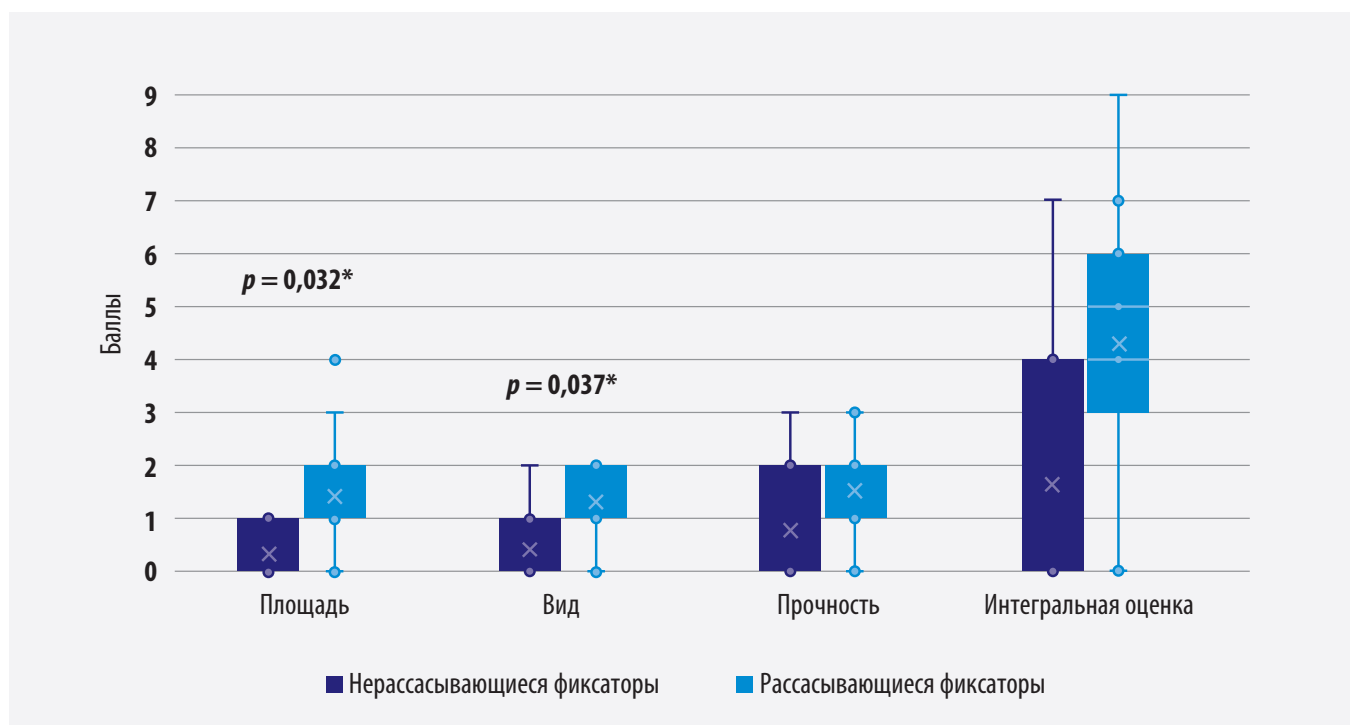


Рисунок 2. Влияние метода фиксации импланта на показатели спайкообразования на 45-е сут. эксперимента

Прим.: \* – статистически значимые различия

Figure 2. The correlation between the adhesion formation and the fixation method by day 45

Note: \* – statistically significant differences

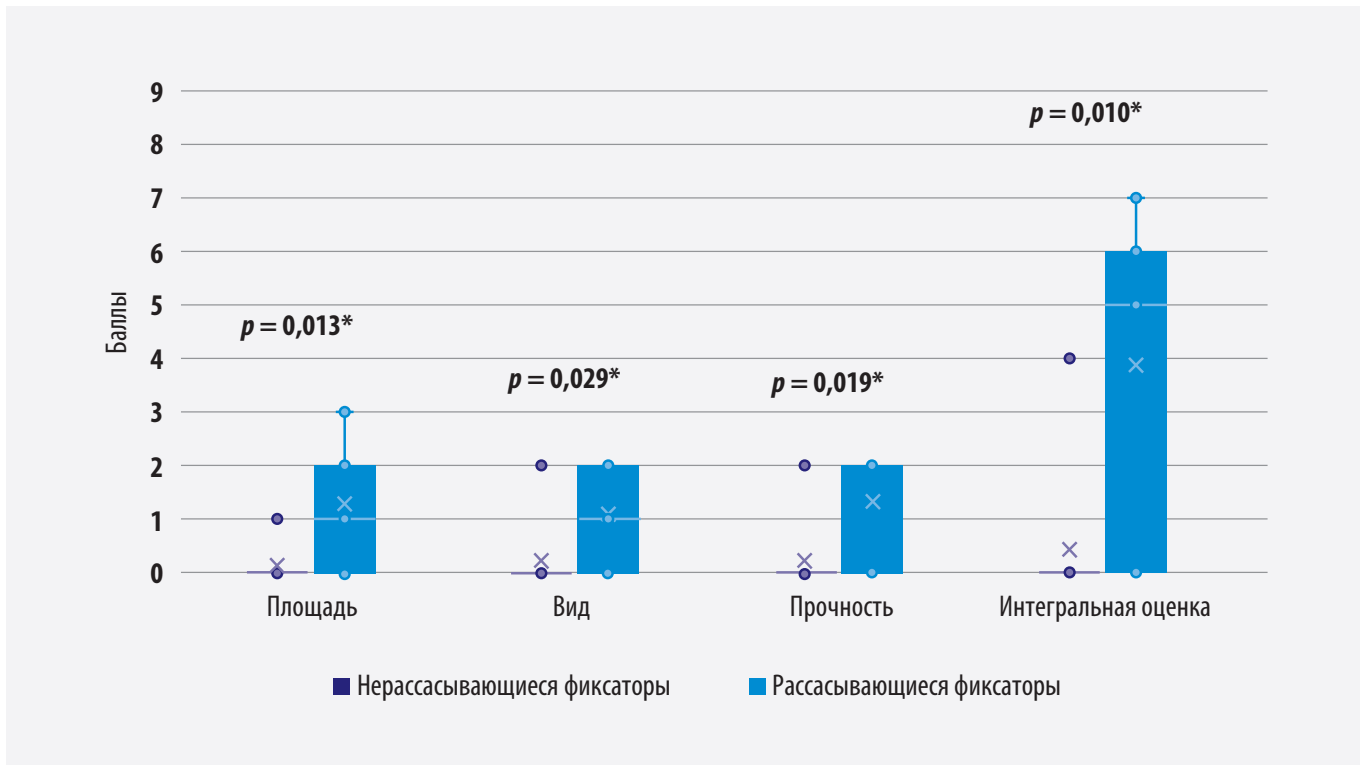


Рисунок 3. Влияние метода фиксации импланта на показатели спайкообразования на 90-е сут. эксперимента

Прим.: \* – статистически значимые различия

Figure 3. The correlation between the adhesion formation and the fixation method by day 90

Note: \* – statistically significant differences

импланта возникли только при использовании рассасывающихся фиксаторов.

Применение шкал с балльной оценкой показало, что нерассасывающаяся фиксация вызывала меньшее спайкообразование (табл. 1). Достоверные различия в пользу нерассасывающихся фиксаторов получены по таким параметрам, как площадь импланта, вовлеченная в спайки ( $p = 0,032$  и  $p = 0,013$  на 45- и 90-е сут. соответственно), внешний вид спаек ( $p = 0,037$  и  $p = 0,029$  на 45- и 90-е сут. соответственно), прочность спаек ( $p = 0,019$  на 90-е сут.) и интегральная оценка спайкообразования ( $p = 0,010$  на 90-е сут.). Результаты, не имеющие достоверной разницы, также были в пользу нерассасывающихся фиксаторов (рис. 2, 3).

#### Влияние локализации импланта

При изучении показателей воспаления, деформации и ретракции не отмечено достоверной зависимости возникающих изменений от этажа брюшной полости (табл. 2). Количество имплантов с явлениями деформации и ретракции на 90-е сут. было несколько выше в мезогастррии (4 против 3 в эпи- и 2 – в гипогастрии). Число эндопротезов с миграцией фиксаторов на 90-е сут., оказавшееся выше в эпигастрии (3 импланта), постепенно уменьшалось книзу живота (2 в мезо- и 1 – в гипогастрии), достоверных различий при этом не наблюдалось.

Количество имплантов со спайками на всех этапах исследования имело достоверную зависимость от зоны установки (рис. 4). На 45-е сут. этот показатель для эпигастрии составил 100,0%, мезогастррия – 50,0%, гипогастрия – 16,7% ( $p = 0,014$ ). Разница оказалась выше при сравнении результатов в эпи- и гипогастрии ( $p = 0,010$ ). На 90-е сут. показатель уменьшился, однако различия оставались достоверными. В эпигастрии он составил 66,7%, в мезогастррии – 50,0%, в гипогастрии имплантов со спайками не выявлено ( $p = 0,048$ ). Разница, как и на этапе 45 сут., была выше для параметров в эпи- и гипогастрии ( $p = 0,043$ ).

На 45-е сут. 2 из 6 имплантов в эпигастрии имели единичные «шварты», 2 – спаечные сращения по краям, 2 – спайки по краям и в центре. 1 из 3-х имплантов со спайками в мезогастррии имел адгезию по краям и 2 – по краям и в центре. Единственный эндопротез со спайками в гипогастрии имел единичную «шварту». На 90-е сут. менее распространенные спайки или подвергались лизису, или распространялись на большую площадь. В эти сроки все 4 импланта со спайками в эпигастрии и 2 эндопротеза в мезогастррии имели сращения по краям и в центре. Еще один имплант в мезогастррии имел единичную «шварту». В гипогастрии на этом этапе эндопротезов со спайками не выявлено.

**Таблица 2**  
**Зависимость изучаемых параметров от зоны установки импланта**  
**Table 2**  
**Outcomes by mesh location**

№	Параметр	Единицы измерения	45 сут.			90 сут.			Значимость различий (p)
			Эпигастрий (n = 6)	Мезогастрий (n = 6)	Гипогастрий (n = 6)	Эпигастрий (n = 9)	Мезогастрий (n = 9)	Гипогастрий (n = 6)	
1	Воспаление	Импланты Абс. (%)	0 (0,0)	1 (16,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	–
2	Миграция фиксаторов	Импланты Абс. (%)	–	–	–	3 (50,0)	2 (33,3)	1 (16,7)	0,472
3	Деформация	Импланты Абс. (%)	1 (16,7)	0 (0,0)	1 (16,7)	3 (50,0)	4 (66,7)	2 (33,3)	0,513
4	Ретракция	Импланты Абс. (%)	0 (0,0)	1 (16,7)	0 (0,0)	3 (50,0)	4 (66,7)	2 (33,3)	0,513
5	Площадь ретракции	Проценты Ме (Q1 – Q3)	–	–	–	3 (0–12)	14 (3–18)	0 (0–14)	0,696
6	Импланты со спайками	Импланты Абс. (%)	6 (100,0)	3 (50,0)	1 (16,7)	4 (66,7)	3 (50,0)	0 (0,0)	<b>0,014*</b> <b>0,010**</b>
7	Охват спайками поверхности импланта	Едиичная шварта	2 (33,3)	0 (0,0)	1 (100,0)	0 (0,0)	1 (33,3)	0 (0,0)	–
		Края	2 (33,3)	1 (33,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	
		Края и центр	2 (33,3)	2 (66,7)	0 (0,0)	4 (100,0)	2 (66,7)	0 (0,0)	
8	Площадь импланта, вовлеченная в спайки (P.A. Lucas и соавт.)	Баллы Ме (Q1 – Q3) или М ± SD (95% ДИ)	1 (1–2)	0 (0–1)	0 (0–0)	2 ± 1 (0–3)	1 ± 1 (0–2)	0 ± 0 (0–0)	> 0,05
9	Вид спаек (M.D. Muller и соавт.)	Баллы Ме (Q1 – Q3)	2 (2–2)	0 (0–1)	0 (0–0)	2 (0–2)	0 (0–2)	0 (0–0)	0,063
10	Прочность спаек (H.V. Zühlke и соавт.)	Баллы Ме (Q1 – Q3)	2 (2–3)	0 (0–1)	0 (0–0)	2 (0–2)	1 (0–2)	0 (0–0)	0,057
11	Вовлечение органов в спаечный процесс	Импланты Абс. (%)	2 (33,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	2 (33,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0,105
12	Интегральная оценка спайкообразования (M.P. Diamond)	Баллы Ме (Q1 – Q3) или М ± SD (95% ДИ)	6 (5–7)	2 (0–4)	0 (0–0)	4 ± 3 (1–7)	2 ± 3 (0–5)	0 ± 0 (0–0)	> 0,05

Прим.: \* – статистически значимые различия; \*\* – статистически значимые различия в эпи- и гипогастррии

Note: \* – statistically significant differences; \*\* – statistically significant differences in epi- and hypogastrrium

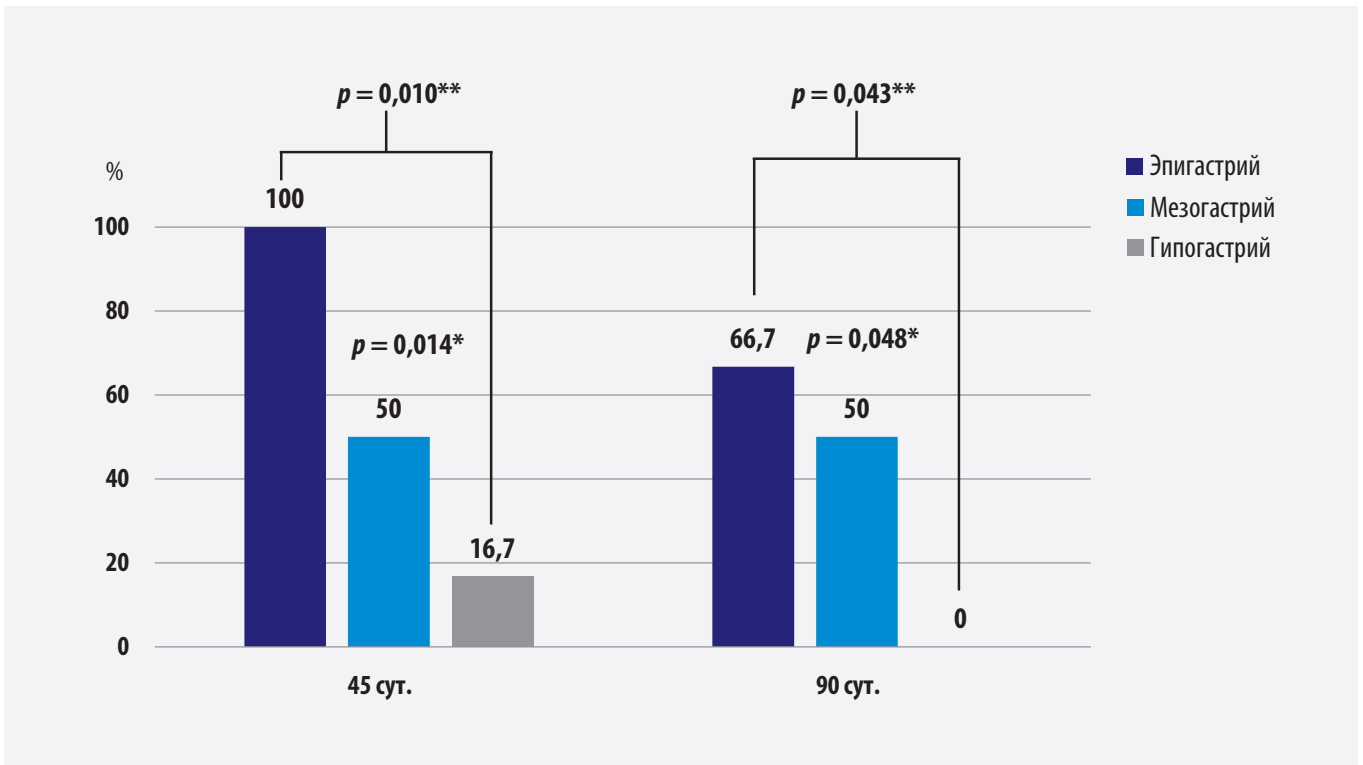


Рисунок 4. Влияние зоны установки на количество имплантов со спайками

Прим.: \* – статистически значимые различия; \*\* – статистически значимые различия в эпи- и гипогастрии

Figure 4. The correlation between the number of mesh pieces with adhesion and the mesh location

Note: \* – statistically significant differences; \*\* – statistically significant differences in epi- and hypogastrium

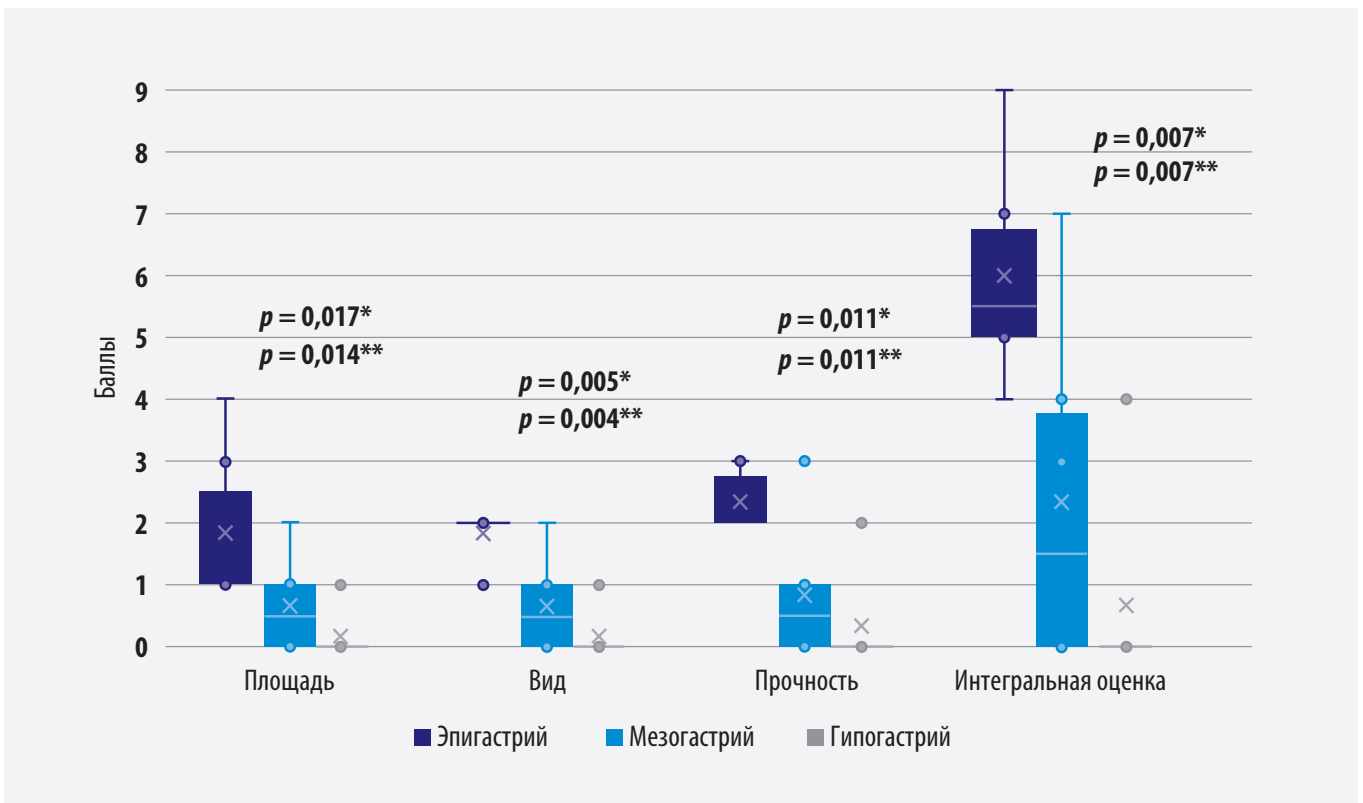


Рисунок 5. Влияние зоны установки импланта на показатели спайкообразования на 45-е сут. эксперимента

Прим.: \* – статистически значимые различия; \*\* – статистически значимые различия в эпи- и гипогастрии

Figure 5. The correlation between the adhesion formation and the mesh location by day 45

Note: \* – statistically significant differences; \*\* – statistically significant differences in epi- and hypogastrium



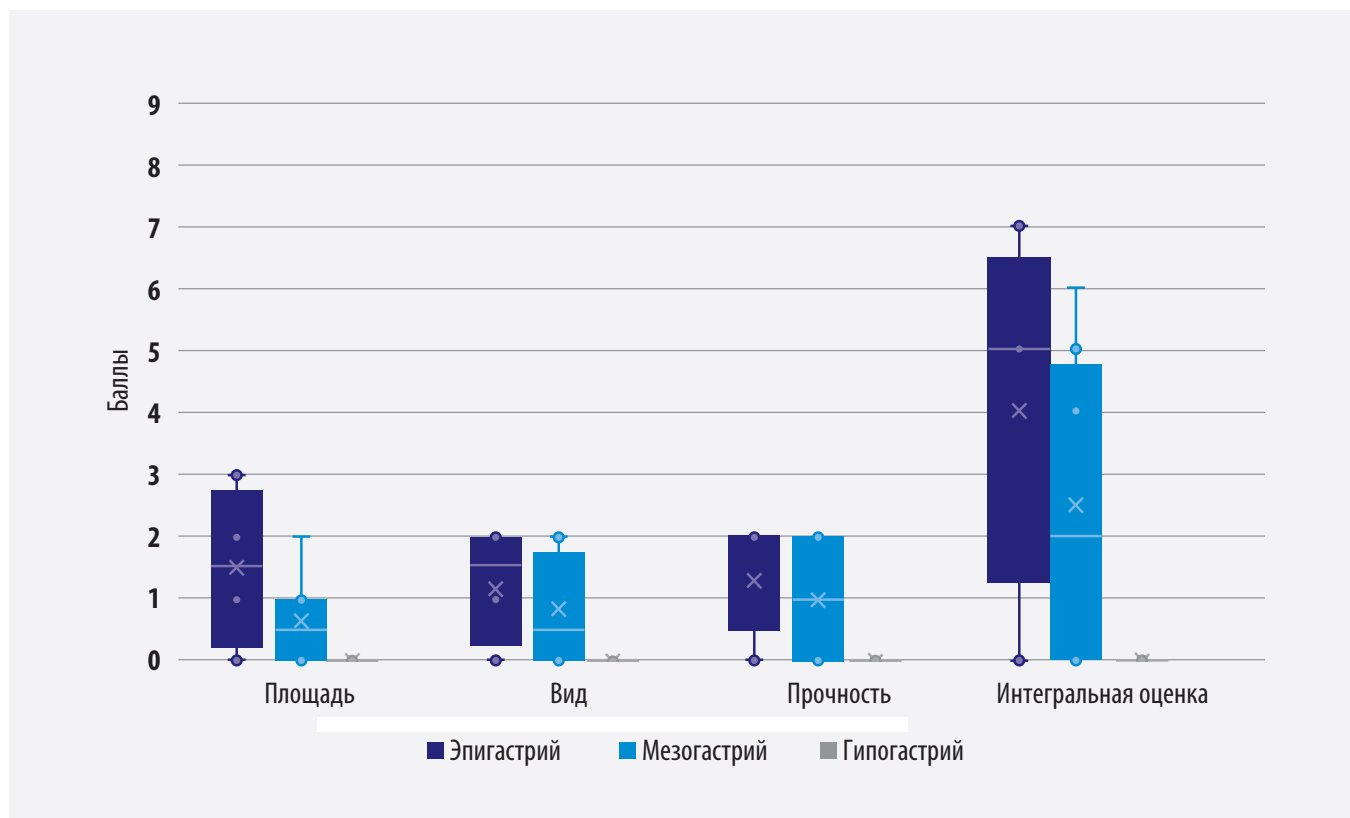


Рисунок 6. Влияние зоны установки импланта на показатели спайкообразования на 90-е сут. эксперимента  
 Figure 6. The correlation between the adhesion formation and the mesh location by day 90

Частота вовлечения паренхиматозных и полых органов в спаечный процесс не имела достоверной зависимости от этажа брюшной полости. Подобные сращения наблюдались только в эпигастрии. У 2-х из 6 эндопротезов, установленных в указанной зоне, на всех этапах эксперимента отмечены спайки с печенью или селезенкой.

На 45-е сут. все шкалы бальной оценки показали достоверную зависимость спайкообразования от локализации эндопротеза. Показатели, имеющие наибольшее значение в эпигастрии, уменьшались к нижнему этажу брюшной полости (рис. 5). Наиболее наглядно это прослеживалось при использовании интегральной шкалы M.P. Diamond, где медиана в эпигастрии составила 6 (5–7), в мезогастрii – 2 (0–4), в гипогастрii – 0 (0–0) при  $p = 0,007$ . На 90-е сут. на фоне уменьшения спайкообразования эта тенденция сохранялась, однако зависимость уже не имела достоверного характера (рис. 6).

## Обсуждение

### Влияние метода фиксации импланта

В той или иной степени деформация и ретракция сетки наблюдаются при использовании любых видов фиксаторов. Одни авторы свидетельствуют об отсутствии достоверного влияния фиксации на ретракцию [5, 7, 8], другие, наоборот, отмечают четкую зависимость [9, 10]. Выраженное влияние на этот

параметр оказывает полное отсутствие трансфасциальных швов [11, 12].

Полученные нами данные не выявили различий по количеству деформированных имплантов, в то время как показатели ретракции со временем увеличивались. На 90-е сут. количество эндопротезов с ретракцией и площадь ретракции при использовании рассасывающихся спиралей оказались выше, чем при применении нерассасывающихся спиралей. Нельзя исключить, что даже небольшое увеличение размера выборки могло бы способствовать получению достоверных данных.

Несмотря на то что к окончанию эксперимента миграция фиксаторов отмечалась у трети эндопротезов, показатель оказался одинаковым для обоих вариантов спиралей. То, что это не приводило к смещению и значительной ретракции имплантов можно объяснить тем фактом, что процесс миграции фиксаторов в середине эксперимента, скорее всего, был выражен меньше и этого оказалось достаточно для адекватной интеграции эндопротеза [13]. Более поздняя же миграция фиксаторов могла быть связана с ростом животного.

Результаты исследований, изучающих влияние фиксаторов на спайкообразование в зоне эндопротеза, неоднозначны. Это обусловлено как их малым количеством, так и низким методологическим качеством. В систематическом обзоре В.П. Армашова и соавт. (2021) по изучению зависимости спайкообразования

от метода фиксации импланта при ИРОМ пластике на основе 22 экспериментальных исследований показано, что 86,4% работ имеют высокий риск систематической ошибки [14].

Наши данные и ряд экспериментальных исследований не подтверждают общепринятое суждение, что адгезия чаще возникает в местах фиксации импланта. Как правило, спайки равномерно захватывают поверхность эндопротеза, вследствие чего через несколько месяцев визуально определить, что явилось их причиной в большинстве случаев не представляется возможным. Исследование М.Н. Schreinemacher и соавт. (2014) показало, что структура эндопротеза в процессе спайкообразования играет значительно большую роль, чем фиксация [15]. В эксперименте авторы установили, что отсутствие импланта приводит к уменьшению спайкообразования при применении фиксаторов из титана с 100 до 11%, из полимолочной кислоты – с 83 до 20%.

В большей части работ, сравнивающих спайкообразование при применении абсорбируемых и неабсорбируемых фиксаторов, достоверная разница отсутствует [8, 16–18]. В одном из исследований меньшая адгезия была выявлена при использовании рассасывающихся фиксаторов [19]. Наши данные не совпали с результатами других работ, так как применение рассасывающихся фиксаторов вызвало более выраженное спайкообразование. Еще одним интересным фактом являлось то, что спаечные сращения с печенью и селезенкой образовывались только при применении рассасывающихся фиксаторов.

По нашему мнению, механизмы, усиливающие спайкообразование при применении рассасывающихся фиксаторов могут быть сходны с механизмами, происходящими в зоне установки частично рассасывающихся имплантов, влияние которых на спайкообразование изучено достаточно хорошо. Выраженные спайки при наличии биоразлагаемого материала в сетках часто связывают с более продолжительным временем острой фазы воспаления [19, 20]. Если при нахождении сетки в тканях брюшной стенки это может быть даже благоприятным для интеграции фактором, то при интраперитонеальном положении увеличивает риск возникновения спаечного процесса. Однако не все авторы соглашаются с подобной позицией, утверждая, что выраженность спаечного процесса при применении нерассасывающихся и частично рассасывающихся имплантов не имеет достоверной разницы [21].

Еще одной причиной большего спайкообразования при применении рассасывающихся фиксаторов может являться ишемия тканей, возникающая из-за устройства самого фиксатора. Если титановые фиксаторы представляют из себя спираль, то биорезорбируемые по форме больше напоминают шуруп. При нахождении в тканях они занимают больший объем и, соответствен-

но, вызывают более выраженную ишемию. Последняя по мнению К.А. LeBlanc и соавт. (2003) часто является пусковым механизмом спайкообразования [22].

Нельзя исключить, что более низкие показатели адгезии в ответ на использование нерассасывающихся фиксаторов обусловлены применением в нашем исследовании не традиционных титановых спиралей, а фиксаторов с «шляпкой» из полимера. Устройство последних позволяет уменьшить экссудацию из раны за счет плотного прилегания «шляпки» к брюшной стенке. На подобный механизм указывают А. Majumder и соавт. (2016), которые сравнили параметры спайкообразования при использовании титановых спиралей и фиксаторов из стали и полиэфирэфиркетона в эксперименте [23].

### ***Влияние локализации импланта***

Проведенное исследование не показало достоверного влияния зоны установки на показатели деформации и ретракции эндопротезов или миграцию фиксаторов. Однако последний показатель в эпигастрии оказался несколько выше. Несмотря на однонаправленную динамику, зависимости степени спайкообразования от миграции фиксаторов не отмечено.

Исследования, оценивающие влияние зоны локализации импланта на параметры спайкообразования, единичны. Встречаются работы, где зависимость не прослеживается [10], еще в ряде – отмечено появление более выраженной адгезии в верхнем этаже брюшной полости [5, 9]. Проведенное исследование подтверждает позицию последних авторов и позволяет предположить, что значимое влияние в этом случае оказывает близкий контакт эндопротезов с паренхиматозными органами. Обоснованием подобного предположения можно считать тот факт, что во всех случаях выявления наиболее выраженной адгезии в эпигастрии и подреберьях в спаечные сращения вовлекалась или печень, или селезенка.

Ранее в ряде работ уже указывалось на возникновение более выраженных сращений с паренхиматозными органами [5, 9]. Например, по данным J.R. Eriksen и соавт. (2008), выраженность спаек в зоне имплантов в верхних отделах живота оказалась достоверно выше, чем в нижних (1 (0–4) против 0 (0–4), при  $p = 0,0001$ ) [4]. К сожалению, механизмы образования спаек с паренхиматозными органами в указанных исследованиях не изучались.

Если перенести полученные данные на человека, то спаечный процесс в эпигастрии, как правило не дает такого количества клинических проявлений, как сращения в мезо- или гипогастрии, где они часто являются причиной непроходимости или бесплодия. Однако проблемой может явиться то, что спайки усложняют проведение повторных оперативных вмешательств в этой сложной анатомической зоне [24].

## Заключение

Проведенное исследование показало, что при ИРОМ, помимо такого общепризнанного фактора, влияющего на процессы интеграции и спайкообразования, как структура импланта, имеются и другие причины, способные повлиять на эти параметры. К ним относятся метод фиксации эндопротеза и его локализация в брюшной полости. Если на деформацию и ретракцию имплантов они не оказывают достоверного влияния, то параметры спайкообразования напрямую зависят от них.

Нерассасывающиеся композитные спиральные фиксаторы с покрытием «шляпки» из полимера при профилактике спаек имеют преимущество по сравнению с рассасывающимися фиксаторами. При локализации эндопротеза в гипогастрии адгезия практически отсутствует, в мезогастрии – умеренно выражена, в эпигастрии – имеет максимальные проявления. Взаимосвязь адгезии с зоной установки импланта может привести к необходимости пересмотра результатов ряда ранее проведенных исследований, где этому фактору не придавалось особого значения.

## Вклад авторов

*Концепция и дизайн исследования:* В.П. Армашов, Н.Л. Матвеев

*Написание статьи:* В.П. Армашов, А.М. Белоусов, П.А. Потапов

*Проведение статистического анализа:* В.П. Армашов, А.М. Белоусов, П.А. Потапов

*Исправление статьи:* В.П. Армашов, А.М. Белоусов, Н.Л. Матвеев

*Утверждение окончательной версии:* Н.Л. Матвеев

## Author contributions

*Concept and design:* Armashov, Matveev

*Manuscript writing:* Armashov, Belousov, Potapov

*Statistical analysis:* Armashov, Belousov, Potapov

*Manuscript revising:* Armashov, Belousov, Matveev

*Final approval of the version to be published:* Matveev

## Литература/References

- Liu H, van Steensel S, Gielen M, et al. Comparison of coated meshes for intraperitoneal placement in animal studies: a systematic review and meta-analysis. *Hernia*. 2020;24(6):1253–1261. PMID: 31659548. PMCID: PMC7701080. <https://doi.org/10.1007/s10029-019-02071-y>
- Schug-Pass C, Sommerer F, Tannapfel A, Lippert H, Köcklerling F. The use of composite meshes in laparoscopic repair of abdominal wall hernias: are there differences in biocompatibility?: experimental results obtained in a laparoscopic porcine model. *Surg Endosc*. 2009;23(3):487–495. PMID: 18806942. <https://doi.org/10.1007/s00464-008-0085-8>
- Chelala E, Baraké H, Estievenart J, Dessily M, Charara F, Allé JL. Long-term outcomes of 1326 laparoscopic incisional and ventral hernia repair with the routine suturing concept: a single institution experience. *Hernia*. 2016;20(1):101–110. PMID: 26093891. <https://doi.org/10.1007/s10029-015-1397-y>
- Eriksen JR, Bech JI, Linnemann D, Rosenberg J. Laparoscopic intraperitoneal mesh fixation with fibrin sealant (Tisseel) vs. titanium tacks: a randomised controlled experimental study

in pigs. *Hernia*. 2008;12(5):483–491. PMID: 18483783. <https://doi.org/10.1007/s10029-008-0375-z>

- Белоусов А.М., Армашов В.П., Шкарупа Д.Д. и др. Безопасность сетчатых эндопротезов с фторполимерным покрытием: результаты пилотного исследования. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2023;(2):43–58. PMID: 36748870. <https://doi.org/10.17116/hirurgia202302143>

Belousov AM, Armashov VP, Shkarupa DD, et al. Safety of mesh with fluoropolymer coating during intra-abdominal placement in large animals: results of the pilot study. *Khirurgiia (Mosk)*. 2023;(2):43–58. (In Russ.). PMID: 36748870. <https://doi.org/10.17116/hirurgia202302143>

- Zinther NB, Wara P, Friis-Andersen H. Shrinkage of intraperitoneal onlay mesh in sheep: coated polyester mesh versus covered polypropylene mesh. *Hernia*. 2010;14(6):611–615. PMID: 20532932. <https://doi.org/10.1007/s10029-010-0682-z>

- Kapoulas S, Papalois A, Papadakis G, et al. Safety and efficacy of absorbable and non-absorbable fixation systems for intraperitoneal mesh fixation: an experimental study in swine. *Hernia*. 2022;26(2):567–579. PMID: 33400026. <https://doi.org/10.1007/s10029-020-02352-x>

- Clarke T, Katkhouda N, Mason RJ, et al. Fibrin glue for intraperitoneal laparoscopic mesh fixation: a comparative study in a swine model. *Surg Endosc*. 2011;25(3):737–748. PMID: 20680350. <https://doi.org/10.1007/s00464-010-1244-2>

- Harsløf S, Zinther N, Harsløf T, Danielsen C, Wara P, Friis-Andersen H. Mesh shrinkage depends on mesh properties and anchoring device: an experimental long-term study in sheep. *Hernia*. 2017;21(1):107–113. PMID: 27515807. <https://doi.org/10.1007/s10029-016-1528-0>

- van't Riet M, de Vos van Steenwijk PJ, Kleinrensink GJ, Steyerberg EW, Bonjer HJ. Tensile strength of mesh fixation methods in laparoscopic incisional hernia repair. *Surg Endosc*. 2002;16(12):1713–1716. PMID: 12098028. <https://doi.org/10.1007/s00464-001-9202-7>

- LeBlanc KA. Laparoscopic incisional and ventral hernia repair: complications-how to avoid and handle. *Hernia*. 2004;8(4):323–331. PMID: 15235939. <https://doi.org/10.1007/s10029-004-0250-5>

- Majercik S, Tsikitis V, Iannitti DA. Strength of tissue attachment to mesh after ventral hernia repair with synthetic composite mesh in a porcine model. *Surg Endosc*. 2006;20(11):1671–1674. PMID: 17001442. <https://doi.org/10.1007/s00464-005-0660-1>

- Армашов В.П., Этингер А.П., Ломаиа Д.Б., Макаров С.А., Матвеев Н.Л. Влияние метода фиксации импланта на спайкообразование при герниопластике ИРОМ: систематический обзор. *Доказательная гастроэнтерология*. 2021;10(4):38–56. <https://doi.org/10.17116/dokgastro20211004138>

Armashov VP, Oettinger AP, Lomaia DB, Makarov SA, Matveev NL. Effect of implant fixation method on adhesions formation in IPOM hernia repair: a systematic review. *Dokazatel'naya gastroenterologiya*. 2021;10(4):38–56. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/dokgastro20211004138>

- Duffy AJ, Hogle NJ, LaPerle KM, Fowler DL. Comparison of two composite meshes using two fixation devices in a porcine laparoscopic ventral hernia repair model. *Hernia*. 2004;8(4):358–364. PMID: 15290611. <https://doi.org/10.1007/s10029-004-0258-x>

- Schreinemacher MH, van Barneveld KW, Peeters E, et al. Adhesions to sutures, tackers, and glue for intraperitoneal mesh fixation: an experimental study. *Hernia*. 2014;18(6):865–872. PMID: 24271880. <https://doi.org/10.1007/s10029-013-1192-6>

- Byrd JF, Agee N, Swan RZ, et al. Evaluation of absorbable and permanent mesh fixation devices: adhesion formation and mechanical strength. *Hernia*. 2011;15(5):553–558. PMID: 21594698. <https://doi.org/10.1007/s10029-011-0826-9>

17. Chatzimavroudis G, Kalaitzis S, Voloudakis N, et al. Evaluation of four mesh fixation methods in an experimental model of ventral hernia repair. *J Surg Res.* 2017;212:253–259. PMID: 28550915. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.01.013>

18. Hollinsky C, Kolbe T, Walter I, et al. Tensile strength and adhesion formation of mesh fixation systems used in laparoscopic incisional hernia repair. *Surg Endosc.* 2010;24(6):1318–1324. PMID: 20033724. <https://doi.org/10.1007/s00464-009-0767-x>

19. Rosch R, Junge K, Quester R, Klinge U, Klosterhalfen B, Schumpelick V. Vypro II mesh in hernia repair: impact of polyglactin on long-term incorporation in rats. *Eur Surg Res.* 2003;35(5):445–450. PMID: 12928603. <https://doi.org/10.1159/000072230>

20. Pascual G, Rodriguez M, Sotomayor S, Pérez-Köhler B, Bellón JM. Inflammatory reaction and neotissue maturation in the early host tissue incorporation of polypropylene prostheses. *Hernia.* 2012;16(6):697–707. PMID: 22744412. <https://doi.org/10.1007/s10029-012-0945-y>

21. Utiyama EM, Rosa MB, Andres Mde P, et al. Polypropylene and polypropylene/polyglactone (Ultrapro®) meshes in the repair of incisional hernia in rats. *Acta Cir Bras.* 2015;30(6):376–381. PMID: 26108024. <https://doi.org/10.1590/S0102-865020150060000001>

22. LeBlanc KA, Stout RW, Kearney MT, Paulson DB. Comparison of adhesion formation associated with Pro-Tack (US Surgical) versus a new mesh fixation device, Salute (ONUX Medical). *Surg Endosc.* 2003;17(9):1409–1417. PMID: 12802667. <https://doi.org/10.1007/s00464-002-8632-1>

23. Majumder A, Fayeizadeh M, Hope WW, Novitsky YW. Evaluation of a novel permanent capped helical coil fastener in a porcine model of laparoscopic ventral hernia repair. *Surg Endosc.* 2016;30(12):5266–5274. PMID: 27059967. PMID: PMC5112291. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-4874-1>

24. Wassenaar EB, Schoenmaeckers EJ, Raymakers JT, Ratic S. Subsequent abdominal surgery after laparoscopic ventral and incisional hernia repair with an expanded polytetrafluoroethylene mesh: a single institution experience with 72 reoperations. *Hernia.* 2010;14(2):137–142. PMID: 19806422. PMID: PMC2856851. <https://doi.org/10.1007/s10029-009-0568-0>

### Сведения об авторах

**Армашов Вадим Петрович**, к. м. н., доцент кафедры экспериментальной и клинической хирургии медико-биологического факультета, Российский национальный исследовательский

медицинский университет им. Н.И. Пирогова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-5108-1400>

**Белоусов Александр Михайлович**, к. м. н., заместитель директора по медицинской части (хирургия и онкология), клиника высоких медицинских технологий, Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-2274-8170>

**Потапов Павел Андреевич**, аспирант кафедры факультетской хирургии № 2, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-7304-4272>

**Матвеев Николай Львович**, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой экспериментальной и клинической хирургии медико-биологического факультета, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-9113-9400>

### Финансирование

*Исследование проведено при поддержке ООО «Линтекс».*

### Конфликт интересов

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

### Author credentials

**Vadim P. Armashov**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Experimental and Clinical Surgery, Biomedical Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-5108-1400>

**Aleksandr M. Belousov**, Cand. Sci. (Med.), Deputy Director for the Medical Department (Surgery and Oncology), N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint Petersburg State University (Saint Petersburg, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-2274-8170>

**Pavel A. Potapov**, Postgraduate Student, Faculty Surgery Department No. 2, Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-7304-4272>

**Nikolay L. Matveev**, Dr. Sci. (Med), Professor, Head of the Department of Experimental and Clinical Surgery, Biomedical Faculty, Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-9113-9400>

**Funding:** *The study was supported by Lintex LLC.*

**Conflict of interest:** *none declared.*