

Б.С. СУКОВАТЫХ <sup>1</sup>, Ю.Ю. ПОЛЕВОЙ <sup>1</sup>, А.А. НЕТЯГА <sup>1</sup>,  
Ю.Ю. БЛИНКОВ <sup>1</sup>, В.А. ЖУКОВСКИЙ <sup>2</sup>



## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕГКИХ И ЛЕГКИХ УСИЛЕННЫХ ЭНДОПРОТЕЗОВ ДЛЯ ГЕРНИОПЛАСТИКИ

Курский государственный медицинский университет <sup>1</sup>, г. Курск,  
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна <sup>2</sup>,  
г. Санкт-Петербург  
Российская Федерация

**Цель.** Изучить изменения тканей передней брюшной стенки экспериментальных животных при использовании новых легких усиленных эндопротезов для герниопластики.

**Материал и методы.** Экспериментальные исследования были проведены на 60 кроликах породы «Шиншилла». Все животные были разделены на 2 серии экспериментов. В 1 серии (контрольной) имплантировали легкий полипропиленовый эндопротез, во 2 серии (опытной) – новый сетчатый эндопротез из монофиламентного полипропилена, состоящий из основной и усиленных зон в виде горизонтально расположенных чередующихся друг с другом полос мононитей большей толщины. В эксперименте изучали тканевую реакцию брюшной стенки при имплантации эндопротезов в положении onlay на сроках 7, 30, 60, 90 и 180 суток.

**Результаты.** Установлено, что по выраженности воспалительной реакции на поздних сроках (90 и 180 суток), а также по клеточному составу и клеточному индексу, отражающему характер течения раневого процесса, на протяжении всего эксперимента (с 7-х по 180-е сутки) легкий усиленный эндопротез по сравнению с легким материалом отличий не имеет. Гистологически при использовании обоих материалов морфофункциональное состояние мышечного слоя брюшной стенки не ухудшается. При морфометрическом исследовании с 7-х по 30-е сутки отмечалось уменьшение площади клеточной инфильтрации в 3,9 раза в контрольной и в 4,1 раза в опытной сериях. С 30 по 180 сутки происходило увеличение площадей капсул в 1,6 раза в контрольной и в 1,2 раза в опытной сериях. На поздних сроках (90-е и 180-е сутки) достоверных отличий всех этих показателей между сериями эксперимента не было.

**Заключение.** Введение в структуру легкого эндопротеза усиленной зоны, включающей в себя мононити большей толщины, не ухудшает реакцию тканей брюшной стенки на имплантированный материал, что открывает перспективы его использования в герниологии.

*Ключевые слова:* легкий эндопротез, легкий усиленный эндопротез, герниопластика, площадь клеточного инфильтрата, площадь соединительнотканной капсулы, клеточный индекс, полипропиленовый эндопротез

**Objective.** To study the changes of anterior abdominal wall tissues in experimental animals with implantation of new light strengthened endoprosthesis for hernioplasty.

**Methods.** Experimental studies were conducted on 60 rabbits of “Chinchilla” breed. All animals were divided into 2 series of experiments. In the first (control) group animals were implanted with a light polypropylene endoprosthesis, in the second (experimental) group animals were implanted a new net endoprosthesis from monofilament polypropylene, which consisted of the basic and strengthened zones in the form of horizontally located stripes, alternating with each other mono-thread with a larger diameter. In the experiment the tissue response of abdominal wall with implantation of endoprosthesis in the position “onlay” was studied on the 7<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup>, 60<sup>th</sup>, 90<sup>th</sup> and 180<sup>th</sup> days.

**Results.** It was found out, that the light strengthened endoprosthesis was identical to the light endoprosthesis by the severity and amount of inflammatory response in late periods (90 and 180 days), as well as by cellular structure and cellular index, reflecting the character of wound process during the whole experiment (from the 7<sup>th</sup> till 180<sup>th</sup> day). Histological study showed that the use of the both materials does not lead to deterioration of morpho-functional condition of the muscle layer of the abdominal wall. Using morphometrical study from the 7<sup>th</sup> till the 30<sup>th</sup> days we detected that cellular infiltration area decreased by 3.9 times in a control group and by 4.1 times in an experimental group. From the 30<sup>th</sup> till the 180<sup>th</sup> days

the size of the capsule area increased by 1.6 times in a control and by 1.2 times in experimental series. At late periods (on the 90<sup>th</sup> and 180<sup>th</sup> days) statistically significant differences of all these indicators between the series of experiment were not detected.

Conclusions. Introduction of the strengthened zone to the structure of the light endoprosthesis, including monofilaments of the larger diameter, does not lead to deterioration of abdominal tissue response to the implanted material, that presents prospective for its use in hernioplasty.

*Keywords: light endoprosthesis, light strengthened endoprosthesis, hernioplasty, cellular infiltration area, area of connective tissue capsule, cellular index, polypropylene endoprosthesis*

**Novosti Khirurgii. 2018 Jul-Aug; Vol 26 (4): 402-411**

**Comparative Experimental-Morphological Research of Light and Light Strengthened Endoprosthesis for Hernioplasty**  
**B.S. Sukovatykh, Yu.Yu. Polevoy, A.A. Netyaga, Yu.Yu. Blinkov, V.A. Zhukovskiy**

#### **Научная новизна статьи**

Впервые изучена реакция тканей передней брюшной стенки на имплантацию легких усиленных эндопротезов для герниопластики. Установлено, что по выраженности воспалительной реакции легкий усиленный эндопротез по сравнению с легким материалом отличий не имеет. Введение в структуру легкого эндопротеза усиленной зоны, включающей в себя мононити большей толщины, не ухудшает реакцию тканей брюшной стенки на имплантированный материал.

#### **What this paper adds**

The reaction of abdominal wall tissues for implantation of light strengthened endoprostheses for hernioplasty has been studied for the first time. It has been established that according to the severity of the inflammatory reaction, the light strengthened endoprosthesis, if compared to light material, does not differ. Introduction of the strengthened zone to the structure of a light endoprosthesis which includes a monofilament of greater thickness, does not worsen the reaction of abdominal wall tissues to the implanted material.

#### **Введение**

В настоящее время на основании изучения качества жизни пациентов доказано преимущество герниопластики «без натяжения» с использованием для укрепления дефектов брюшной стенки эндопротезов [1]. При этом интенсивное развитие новых медицинских технологий пластических операций ставит задачу разработки и производства новых имплантатов для реконструкции и восстановления брюшной стенки у пациентов с наружными грыжами живота [2]. Сейчас выпускается более 200 различных видов материалов и их рост увеличивается каждый год, что связано с попытками создания «идеального» эндопротеза [3, 4, 5].

Предметом дискуссии является выбор между стандартными и легкими эндопротезами для герниопластики. [6, 7]. Известно, что стандартные полипропиленовые эндопротезы имеют избыточную прочность и, соответственно, большую материалоемкость. В результате этого у пациентов развиваются осложнения в виде хронических болей в области послеоперационного рубца, ощущений инородного тела, что отрицательно влияет на последующее качество жизни пациентов. Легкие эндопротезы обладают большей эластичностью и не ограничивают подвижность передней брюшной стенки, что с функциональной точки зрения считается их бесспорным преимуществом по отношению к стандартным сеткам, но их применение сопровождается высоким числом рецидивов [8].

Недостатком легких материалов является их

низкая прочность после герниопластики у пациентов со средними, большими и гигантскими грыжами живота [9]. Были зарегистрированы случаи с центральным разрывом легких сеток, имплантированных пациентам с вентральными грыжами [10, 11], а также образование складок и появление рецидива грыжи по краю эндопротеза [12]. В итоге при создании легких материалов до сих пор не ясно, до каких величин необходимо увеличить размер ячейки и до какой величины уменьшить диаметр нитей в структуре сетчатого эндопротеза. Понятно лишь одно: использование легких сеток позволяет уменьшить частоту некоторых осложнений, однако это может быть достигнуто ценой увеличения вероятности рецидива грыжи.

По нашему мнению, вариантом решения этой проблемы может быть создание и использование легких усиленных эндопротезов, прочность которых в заданном направлении повышается за счет введения в структуру легкого эндопротеза более прочных усиливающих нитей в виде отдельных усиливающих зон. При этом важно, чтобы данные усиливающие зоны не оказывали отрицательного влияния на биомеханические свойства нового материала в целом.

**Цель.** Изучить изменения тканей передней брюшной стенки экспериментальных животных при использовании новых легких усиленных эндопротезов для герниопластики.

#### **Материал и методы**

Экспериментальные исследования выпол-

нены на базе НИИ экспериментальной медицины Курского государственного медицинского университета. Оперативные вмешательства и другие манипуляции с животными проводили в условиях общего обезболивания. Эвтаназию осуществляли путем передозировки наркотических средств в соответствии с «Конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей», принятой Советом Европы (г. Страсбург, Франция, 1986), и Директивой Совета 86/609/ЕЕС от 24.11.86 «По согласованию законов, правил и административных распоряжений стран-участниц в отношении защиты животных, используемых в экспериментальных и научных целях».

Эксперимент был проведен на 60 кроликах породы «Шиншилла», одного пола (самки), в возрасте 1-1,5 года, весом 2500-3500 г. Выбор животных был обусловлен близким соответствием биологического ответа тканей кролика реакции тканей человека на имплантацию синтетического материала и возможностью получения в достаточном количестве биопсийного материала. Для эксперимента отбирались животные, которые содержались в одинаковых стандартных условиях у не имели внешних признаков воспаления.

В ходе исследования были использованы 2 синтетических сетчатых материала, предназначенных для герниопластики. Первый — легкий эндопротез, состоящий из монофиламентных полипропиленовых мононитей, обладающий меньшей материалоемкостью в сравнении со стандартным эндопротезом. Второй — легкий усиленный эндопротез — новый сетчатый эндопротез из монофиламентных полипропиленовых мононитей, состоящий из горизонтально расположенных более широкой основной и более узкой усиленных зон, ритмично чередующихся друг с другом. Основная зона аналогична легкому материалу, усиленная зона отличается введением в структуру мононитей большей толщины.

Все животные были разделены на 2 серии экспериментов по 30 особей в каждой. В 1 серии (контрольной) имплантировали легкий эндопротез, во 2 серии (опытной) — легкий усиленный эндопротез. В эксперименте изучали тканевую реакцию брюшной стенки при имплантации эндопротезов в положении onlay. Оперативные вмешательства в обеих сериях выполнялись в асептических условиях под общим наркозом следующим образом: отступя от мечевидного отростка книзу на 3 см по срединной линии рассекалась кожа и подкожная клетчатка длиной 4-5 см. Путем отсепок в стороны

от срединного разреза белая линия живота и передняя стенка влагалища прямых мышц освобождались от клетчатки на расстояние 2,5-3 см. В сформированное пространство помещался эндопротез размерами 3×3 см. В опытной серии эндопротез размещали таким образом, чтобы его усиленные зоны располагались в поперечном к оси тела направлении, моделируя правила выполнения герниопластики этим материалом у пациентов с вентральными грыжами. Далее эндопротезы фиксировали в несколько этапов, начиная с наложения непрерывного шва по периметру и заканчивая фиксацией отдельными узловыми швами по площади протеза к апоневротическому влагалищу прямых мышц. Фиксацию эндопротеза выполняли полипропиленовой мононитью 4/0 на атрауматической игле. Осуществляли тщательный гемостаз в ране и ее послойное ушивание отдельными узловыми швами. Рану не дренировали, обрабатывали йодопионом или спиртовым раствором йода.

Животных выводили из эксперимента путем передозировки средств для наркоза на сроках 7, 30, 60, 90 и 180 суток.

После выведения в указанные сроки животных макроскопически оценивались патоморфологические изменения тканей брюшной стенки. Для гистологического исследования иссекали участок передней брюшной стенки, включая исследуемый материал. В обеих сериях использовали фрагменты размерами 1×1,5 см, содержащие материал эндопротеза, а в опытной серии — отдельно участки основной и усиливающей зон. Биоптаты фиксировались, обезживались, заливались в парафин и использовались для изготовления срезов по стандартной методике. Срезы окрашивали по Ван Гизону и гематоксилин-эозином.

Микрофотосъемка и микроскопирование осуществлялись с помощью цифрового микроскопа Levenhuk D320L. При гистологическом исследовании оценивали характер и выраженность патоморфологических изменений тканей, окружающих эндопротезы. При морфометрическом исследовании с помощью программы Levenhuk TopView v.3.6.688 на малом увеличении (×100) исследовали площадь клеточного инфильтрата, располагающегося непосредственно вокруг нитей протеза, и площадь вновь сформированной соединительнотканной капсулы. При большом увеличении (×400) исследовали количественный состав клеточных элементов (нейтрофилов, лимфоцитов, макрофагов, моноцитов, фибробластов и фиброцитов, эозинофилов), которые дифференцировали на основе кариологических признаков. Процентное соотношение указанных

представителей клеточной популяции рассчитывали после подсчета 100 клеток в нескольких непересекающихся полях зрения на расстоянии 1 поля зрения от нитей эндопротеза.

Для формирования заключения о характере течения раневого процесса вычисляли клеточный индекс по формуле:

$$\text{Клеточный индекс (КИ)} = \frac{\Phi_b + \Phi_{ц} + M}{M_n + H + L + \text{Э}},$$

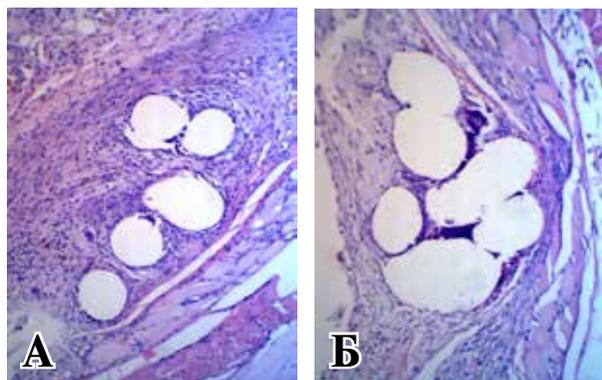
где  $\Phi_b$  – фибробласты,  $\Phi_{ц}$  – фиброциты,  $M$  – макрофаги,  $M_n$  – моноциты,  $H$  – нейтрофилы,  $L$  – лимфоциты,  $\text{Э}$  – эозинофилы.

При показателях клеточного индекса меньше 1 делали заключение о преобладании воспалительных явлений, характерных для I фазы течения раневого процесса; при показателях больше 1 делали заключение о преобладании в ране репаративных процессов, что характерно для II фазы [13].

### Статистика

На первом этапе осуществляли проверку на нормальность распределения в выборках с помощью критерия Шапиро-Вилка. С учетом полученного результата (характер распределения отличный от нормального) данные были представлены в виде медианы ( $Me$ ) и квартилей ( $p_{0,25}$  /  $p_{0,75}$ ). Оценку достоверности различий между двумя независимыми группами проводили с помощью непараметрического  $U$ -критерия Манна-Уитни. Различия считали достоверными при  $p \leq 0,05$ .

**Рис. 1.** Патоморфологические изменения в тканях брюшной стенки на 7-е сутки эксперимента: А – легкий эндопротез – воспалительные изменения вокруг эндопротеза; Б – легкий усиленный эндопротез (усиленная зона) – более выраженная клеточная инфильтрация тканей возле нитей эндопротеза. Окраска – гематоксилин-эозин. Ув.  $\times 100$ .



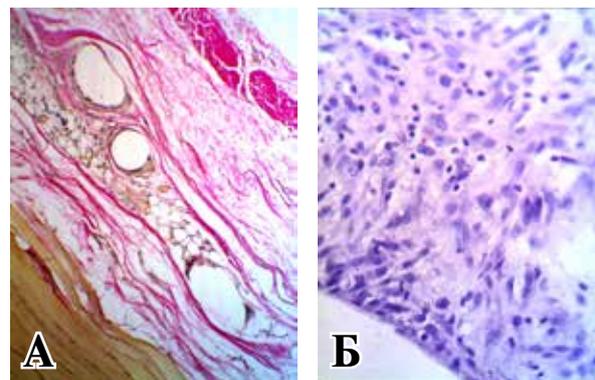
### Результаты

Проведенное макроскопическое исследование изучаемых эндопротезов показало, что в процессе имплантации происходило прорастание материалов соединительной тканью и образование вокруг них соединительнотканной капсулы.

При микроскопическом изучении гистологических препаратов на 7-е сутки вокруг нитей легкого эндопротеза наблюдалось формирование молодой соединительной ткани, состоящей из тонких волокон и клеток фибробластов. Отмечались воспалительные явления в виде полнокровия сосудов капиллярного типа и клеточной инфильтрации, более выраженной около нитей материала (рис. 1 А). Из клеток воспалительного инфильтрата встречались единичные нейтрофилы, преобладали лимфоциты, а также эозинофилы, моноциты и макрофаги. Вокруг нитей легкого усиленного эндопротеза гистологическая картина существенно не отличалась от контрольной серии. Однако в непосредственной близости к нитям эндопротеза инфильтрация была более выражена, особенно в области расположения усиленной зоны.

На 30-е сутки вокруг нитей легкого эндопротеза сформировалась соединительнотканная капсула, имевшая хорошо выраженное подразделение на слои. В наружном слое располагались тонкие волокна, окружавшие эндопротез. Во внутреннем слое капсулы и в промежутках между нитями соединительная ткань была рыхлая. Сохранялись очаги клеточной инфильтрации и полнокровие сосудов (рис. 2 А). Вблизи нитей протеза преобладали фибробласты, здесь же присутствовали гигантские клетки инород-

**Рис. 2.** Патоморфологические изменения в тканях брюшной стенки на 30-е сутки эксперимента: А – легкий эндопротез – соединительнотканная капсула, состоящая из наружного (волоконистого) и внутреннего (клеточного) слоев. Окраска – по Ван Гизону. Ув.  $\times 100$ ; Б – легкий усиленный эндопротез (основная зона) – участок лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации возле нити эндопротеза. Окраска – гематоксилин-эозин. Ув.  $\times 400$ .



ных тел. В опытной серии при имплантации легкого усиленного эндопротеза на этом сроке как в области основной, так и усиленной зон на фоне выраженной фибробластической реакции возле нитей эндопротеза отмечались небольшие участки лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации (рис. 2 Б).

На 60-е и 90-е сутки эксперимента существенных различий между контрольной и опытной сериями не определялось. Эндопротезы были окружены выраженной соединительнотканной капсулой, хорошо оформленной по периферии и представленной толстыми коллагеновыми волокнами, и более рыхлой ближе к материалам. Внутренний слой капсулы был хорошо васкуляризирован, соединительнотканые волокна тонкие, особенно в промежутках между нитями (рис. 3 А). В непосредственной близости к нитям сохранялись участки лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации, присутствовали единичные гигантские клетки инородных тел (рис. 3 Б).

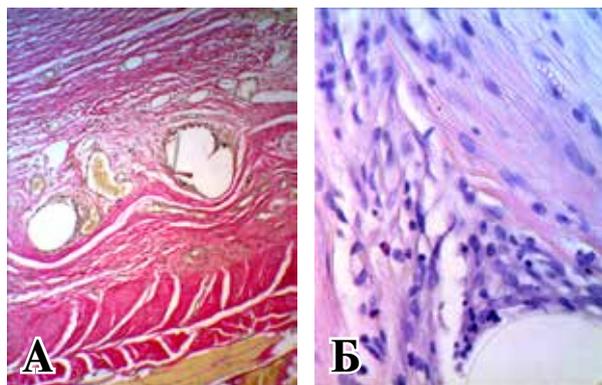
На 180-е сутки различий между легким эндопротезом и различными зонами легкого усиленного эндопротеза не определялось. В обеих сериях отмечалось завершение процесса капсулообразования вокруг материалов. Воспалительные изменения определялись только на небольших участках в промежутках между нитями в виде единичных лимфоцитов, моноцитов и макрофагов, что может указывать на стабилизацию реакции тканей (рис. 4 А). При оценке волокнистого компонента соединительнотканых капсул определялось формирование толстых пучков коллагеновых волокон, расположенных концентрически по отношению к нитям эндопротезов (рис. 4 Б). При этом выявлено, что

данные патоморфологические изменения не распространялись за пределы слоя подкожной жировой клетчатки и апоневроза мышц. Как в контрольной, так и в опытной сериях мышечная ткань без реактивных изменений.

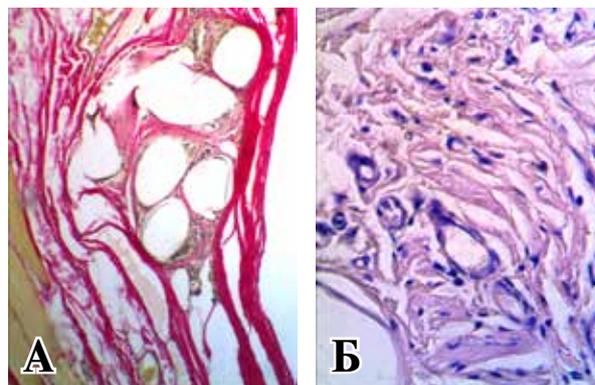
Для количественной характеристики соединительнотканых элементов проводилось морфометрическое исследование реакции тканей на имплантацию всех изучаемых материалов (легкий усиленный в сравнении с легким) на 7, 30, 60, 90-е и 180-е сутки. На указанных сроках определяли количественный состав клеток, окружающих нити эндопротезов, и вычисляли показатели клеточного индекса. Результаты морфометрического исследования клеточного состава тканей, окружающих эндопротезы, и клеточного индекса на разных сроках эксперимента представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что в опытной и в контрольной сериях присутствие нейтрофилов в клеточном инфильтрате определялось с 7-х по 30-е сутки, эозинофилов – с 7-х по 90-е сутки. На протяжении всего эксперимента сохранялись лишь лимфоциты и моноциты, причем их количество к концу эксперимента сократилось приблизительно вдвое. При этом статистически достоверных различий количества клеточных элементов воспалительного инфильтрата между контрольной и опытной сериями на изучаемых сроках выявлено не было. Параллельно среди клеточных элементов, окружающих нити эндопротезов, в обеих сериях отмечалось увеличение клеток гистиоцитарного ряда. В обеих сериях количество фибробластов увеличилось в 1,1 и в 1,2 раза. Количество фиброцитов – в 11,8 раза в контрольной и в 23,3 раза в опытной сериях. Одинаковой в контрольной и опытной сериях

**Рис. 3.** Патоморфологические изменения в тканях брюшной стенки на 60-е сутки: А – легкий эндопротез – зрелая соединительнотканная капсула вокруг нитей эндопротеза. Окраска – по Ван Гизону. Ув.  $\times 100$ ; Б – легкий усиленный эндопротез (основная зона) – участок лимфоцитарно-макрофагальной инфильтрации. Окраска – гематоксилин-эозин. Ув.  $\times 400$ .



**Рис. 4.** Патоморфологические изменения в тканях брюшной стенки на 180-е сутки эксперимента: А – легкий эндопротез – участок капсулы в промежутке между нитями эндопротеза. Окраска – гематоксилин-эозин. Ув.  $\times 400$ ; Б – легкий усиленный эндопротез (усиленная зона) – толстые пучки коллагеновых волокон вокруг нитей эндопротеза. Окраска – по Ван Гизону. Ув.  $\times 100$ .



**Результаты морфометрического исследования клеточного состава и клеточного индекса на разных сроках эксперимента (Ме (р 0,25 / р 0,75))**

Показатели	Серия эксперимента	Сроки имплантации				
		7 сут, n=12	30 сут, n=12	60 сут, n=12	90 сут, n=12	180 сут, n=12
Нейтрофилы	1-я контрольная	1,5 (1/ 2)	0 (0/ 0,75)	—	—	—
	2-я опытная	2 (1/ 3)	0 (0/ 0,75)	—	—	—
Лимфоциты	1-я контрольная	30,5 (30/ 31,75)	27,5 (26,25/ 28)	25,5 (24,25/ 26)	20,5 (19,25/ 21)	17 (16,25/ 17,75)
	2-я опытная	29,5 (28,25/ 30,75)	28 (28/ 28,75)	25,5 (24,25/ 26,75)	19,5 (19/ 20,75)	17 (16,25/ 17,75)
Эозинофилы	1-я контрольная	9,5 (9/ 11,5)	3,5 (2,25/ 4)	2,5 (1,25/ 3)	0,5 (0/ 1)	—
	2-я опытная	12 (11,25/ 12,75)	3,5 (2,25/ 4)	2,5 (2/ 3)	0,5 (0/ 1)	—
Моноциты	1-я контрольная	13,5 (11,5/ 14)	12 (11,25/ 12)	7,5 (7/ 8,75)	7 (7/ 7,75)	7 (7/ 7,75)
	2-я опытная	13 (12,25/ 13,75)	11 (10,25/ 11,75)	7,5 (7/ 8)	7,5 (7/ 8)	7 (6,25/ 7)
Макрофаги	1-я контрольная	12 (11,25/ 12)	12,5 (11,25/ 13)	10,5 (9,25/ 11)	9,5 (9/ 10,75)	8 (7,25/ 8,75)
	2-я опытная	12 (11,25/ 12,75)	12 (12/ 12,75)	9 (9/ 9,75)	9,5 (8,25/ 10)	8,5 (8/ 9)
Фибробласты	1-я контрольная	30 (28,25/ 31,75)	34 (34/ 34,75)	34 (33,25/ 34,75)	35,5 (35/ 36)	33,5 (32,25/ 34)
	2-я опытная	28,5 (28/ 30,5)	34 (33,25/ 35,5)	36 (36/ 36,75)	34,5 (34/ 35,75)	33,5 (33/ 34)
Фиброциты	1-я контрольная	3 (2/ 4)	11 (10,25/ 11,75)	20,5 (20/ 21)	27,5 (26,25/ 28)	35,5 (33,5/ 36)
	2-я опытная	1,5 (1/ 2)	10,5 (8,25/ 12,75)	19,5 (18,25/ 20,75)	28,5 (28/ 29)	35 (33,5/ 35,75)
Клеточный индекс	1-я контрольная	0,81 (0,81/ 0,84)	1,32 (1,32/ 1,41)	1,85 (1,74/ 1,85)	2,63 (2,47/ 2,70)	3,08 (3,0/ 3,3)
	2-я опытная	0,72 (0,66/ 0,83)	1,32 (1,28/ 1,32)	1,77 (1,72/ 1,90)	2,57 (2,47/ 2,67)	3,25 (3,04/ 3,49)

Примечание: достоверных различий показателей клеточного состава и клеточного индекса между контрольной и опытной сериями на каждом из сроков эксперимента выявлено не было.

была динамика макрофагов, заключающаяся в снижении их количества с 7-х по 180-е сутки в 1,5 и 1,4 раза соответственно. При этом статистически достоверных различий между количеством клеток гистиоцитарного ряда в контрольной и опытной сериях на изучаемых сроках выявлено не было.

Как результат изменения клеточного состава тканей, окружающих нити эндопротезов, в обеих сериях происходило увеличение клеточного индекса. К 30-м суткам его значения превысили 1, что свидетельствовало о переходе раневого процесса во II фазу. В последующем, к 180-м суткам показатели продолжали увеличиваться и выросли относительно начала эксперимента в 3,8 раза в контрольной и в 4,5 раза в опытной сериях. Однако между показателями клеточного индекса достоверных отличий в контрольной и опытной сериях выявлено не было.

При морфометрическом исследовании с 7-х по 30-е сутки определяли площади клеточных инфильтратов, а с 30-х по 180-е сутки — площади капсул вокруг нитей эндопротезов. Результаты морфометрического исследования площадей инфильтратов и площадей капсул представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы, с 7-х по 30-е сутки как в контрольной, так и в опытной сериях происходило уменьшение площадей инфильтратов в 3,9 и в 4,1 раза соответственно. На 7-е сутки в опытной серии площадь инфильтрата была в 1,15 раза больше, а на 30-е сутки в контрольной и опытной сериях показатели были практически равны. Статистически достоверных отличий данных показателей между сериями выявлено не было. Вместе с этим, начиная с 30-х суток и до окончания эксперимента, отмечалось увеличение площадей капсул в 1,6 раза в контрольной и в 1,2 раза в опытной сериях. На

Таблица 2

**Результаты морфометрического исследования площадей инфильтратов  
и площадей капсул (мкм<sup>2</sup>), (Me (p 0,25/ p 0,75))**

Срок наблюдения	n	Контрольная серия	n	Опытная серия	p
Площадь инфильтрата					
7 сутки	6	17333 (13990/ 23334)	6	19944 (19230/ 27063)	> 0,05
30 сутки	6	4413 (3869/ 5732)	6	4799 (4716/ 5664)	> 0,05
Площадь капсулы					
30 сутки	6	327290 (318719/ 346227)	6	439661 (413855/ 459785)	≤0,05
60 сутки	6	463056 (458814/ 480540)	6	554583 (535352/ 573306)	≤0,05
90 сутки	6	526812 (470835/ 574244)	6	582693 (548800/ 616408)	> 0,05
180 сутки	6	514946 (490777/ 540943)	6	536599 (515628/ 612796)	> 0,05

30-е сутки данные показатели в опытной серии были в 1,3 раза, на 60-е сутки в 1,2 раза, на 90-е в 1,1 раза больше чем в контрольной серии, а на 180-е показатели были практически равны. Статистически достоверные отличия данных показателей между сериями были выявлены только на 30-е и 60-е сутки. В дальнейшем на 90-е и 180-е сутки достоверных отличий между площадями капсул вокруг легкого и легкого усиленного эндопротезов не было.

### Обсуждение

По данным гистологического исследования выявлено, что имплантация легкого усиленного эндопротеза в сравнении с его легким аналогом сопровождалась более выраженной воспалительной инфильтрацией на ранних сроках. Это вполне согласуется с данными литературы по сравнительной оценке синтетических протезов для герниопластики: выраженность воспалительной реакции прямо пропорциональна количеству нерассасывающегося материала, имплантируемого в ткани брюшной стенки [14]. В дальнейшем реакция тканей на имплантацию обоих материалов не имела существенных различий и характеризовалась умеренным характером воспалительной реакции. При этом данные патоморфологические изменения не оказывали отрицательного влияния на процессы капсулообразования и созревания соединительной ткани. Также установлено, что при имплантации легкого и легкого усиленного эндопротезов патоморфологические изменения не распространялись за пределы подкожной жировой клетчатки и апоневроза, на который были имплантированы изучаемые материалы. Мышечный слой брюшной стенки оставался без изменений и, следовательно, его морфофункциональное состояние не ухудшалось в отличие от имплантируемых стандартных материалов, изученных ранее [15].

Морфометрическое исследование клеточного состава тканей, окружающих эндопротезы,

и вычисленного на этой основе клеточного индекса, показали, что на 7-е сутки эксперимента как в контрольной, так и в опытной сериях экспериментов в реакции тканей на эндопротезы преобладали воспалительные изменения, характерные для 1-й стадии раневого процесса (клеточный индекс <1). Далее, начиная с 30-х суток, в реактивных изменениях стали преобладать репаративные тенденции (клеточный индекс >1 на 30-е сутки и >3 на 180-е сутки), что может говорить о переходе раневого процесса во 2-ю и 3-ю стадии соответственно. При этом важно отметить, что достоверных различий, как между показателями клеточных индексов, так и между соотношениями отдельных клеточных элементов в контрольной и опытной сериях выявлено не было.

Морфометрическое исследование площадей клеточных инфильтратов вокруг нитей эндопротеза показало, что с 7-х по 30-е сутки данный показатель уменьшается при имплантации обоих материалов, при этом показатели опытной группы достоверно не отличались от контрольной.

При изучении площадей капсул установлено, что на 30-е и 60-е сутки легкая усиленная сетка характеризовалась достоверно большей площадью капсулы, чем легкая сетка. Однако при сравнении данных эндопротезов с 90-х по 180-е сутки достоверной разницы площадей капсул не выявлено. Это говорит о том, что на поздних сроках характер реактивных изменений соединительной ткани на имплантацию легкой усиленной и легкой сеток в аспекте распространенности воспалительной реакции, оцениваемой площадью клеточной инфильтрации, и выраженности капсулообразования (по данным площадей капсул) был сходен. Выявленные различия между показателями площадей капсул на ранних сроках к 90-180-м суткам нивелировались как результат ремоделирования соединительной ткани, окружающей эндопротез, что может являться следствием адекватной интеграции легкого

усиленного эндопротеза в биомеханическую систему брюшной стенки.

Таким образом, легкий усиленный эндопротез по реакции тканей на его имплантацию не отличался от его легкого варианта. Следовательно, введение в структуру легкого эндопротеза усиленной зоны, включающей в себя мононити большей толщины на поздних сроках не приводит к увеличению воспалительной реакции на инородное тело и выраженности фиброзных изменений брюшной стенки экспериментальных животных, что открывает перспективы использования данного материала в герниологии.

### Выводы

По выраженности и распространенности воспалительной реакции по данным гистологического исследования, по клеточному составу и клеточному индексу, отражающему характер течения раневого процесса, по площади инфильтрации тканей и выраженности фиброзных изменений к окончанию эксперимента легкий усиленный эндопротез по сравнению с легким материалом после имплантации в положении onlay достоверных отличий не имеет.

Введение в структуру легкого эндопротеза усиленных зон в виде более прочных усиливающих нитей не оказывает отрицательного воздействия на биоинертные свойства нового материала, что делает перспективным его применение в герниологии для укрепления брюшной стенки.

### Финансирование

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований Курского государственного медицинского университета.

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей изделий медицинского назначения авторы не получали.

### Конфликт интересов отсутствует

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

### Одобрение комитета по этике

Положительное заключение на экспериментальные исследования Регионального Этического Комитета Курского государственного медицинского университета получено 10.03.2017 г., протокол №1-2017.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шестаков АЛ, Инаков АГ, Цховребов АТ. Оценка эффективности герниопластики у больных с грыжами передней брюшной стенки с помощью опросника SF-36. *Вестн Нац Мед-Хирург Центра им НИ Пирогова*. 2017;(3):50-53. <http://www.pirogov-center.ru/etc/magazine-2017-3.pdf>
2. Ануров МВ, Титкова СМ, Эттингер АП. Сравнение результатов пластики грыжевого дефекта стандартными и легкими сетчатыми эндопротезами с одинаковым трикотажным переплетением. *Бюл Эксперим Биологии и Медицины*. 2010;150(10):433-39.
3. Тимербулатов МВ, Тимербулатов ШВ, Га-таулина ЭЗ, Валитова ЭР. Послеоперационные вентральные грыжи: современное состояние проблемы. *Мед Вестн Башкортостана*. 2013;8(5):101-107. <https://cyberleninka.ru/article/v/posleoperatsionnye-ventralnye-gryzhi-sovremennoe-sostoyanie-problemy>
4. Junge K, Binnebösel M, von Trotha KT, Rosch R, Klinge U, Neumann UP, Lynen Jansen P. Mesh biocompatibility: effects of cellular inflammation and tissue remodelling. *Langenbecks Arch Surg*. 2012 Feb;397(2):255-70. doi: 10.1007/s00423-011-0780-0
5. Klinge U, Klosterhalfen B. Modified classification of surgical meshes for hernia repair based on the analyses of 1,000 explanted meshes. *Hernia*. 2012 Jun;16(3):251-58. doi: 10.1007/s10029-012-0913-6
6. Bringman S, Wollert S, Osterberg J, Smedberg S, Granlund H, Heikkinen TJ. Three-year results of a randomized clinical trial of lightweight or standard polypropylene mesh in Lichtenstein repair of primary inguinal hernia. *Br J Surg*. 2006 Sep;93(9):1056-59. doi: 10.1002/bjs.5403
7. Smietanski M, Bury K, Smietanska IA, Owczuk R, Paradowski T. Five-year results of a randomised controlled multi-centre study comparing heavy-weight knitted versus low-weight, non-woven polypropylene implants in Lichtenstein hernioplasty. *Hernia*. 2011 Oct;15(5):495-501. doi: 10.1007/s10029-011-0808-y
8. Cobb WS, Burns JM, Peindl RD, Carbonell AM, Matthews BD, Kercher KW, Heniford BT. Textile analysis of heavy weight, mid-weight, and light weight polypropylene mesh in a porcine ventral hernia model. *J Surg Res*. 2006 Nov;136(1):1-7. doi: 10.1016/j.jss.2006.05.022
9. Lintin LAD, Kingsnorth AN. Mechanical failure of a lightweight polypropylene mesh. *Hernia*. 2014 Feb;18(1):131-33. doi: 10.1007/s10029-012-0959-5
10. Petro CC, Nahabet EH, Criss CN, Orenstein SB, von Recum HA, Novitsky YW, Rosen MJ. Central failures of lightweight monofilament polyester mesh causing hernia recurrence: a cautionary note. *Hernia*. 2015 Feb;19(1):155-59. doi: 10.1007/s10029-014-1237-5
11. Zuvella M, Galun D, Djuri-Stefanovi A, Palibrk I, Petrovi M, Milievi M. Central rupture and bulging of low-weight polypropylene mesh following recurrent incisional sublay hernioplasty. *Hernia*. 2014 Feb;18(1):135-40. doi: 10.1007/s10029-013-1197-1
12. Anurov MV, Titkova SM, Oettinger AP. Biomechanical compatibility of surgical mesh and fascia being reinforced: dependence of experimental hernia defect repair results on anisotropic surgical mesh positioning. *Hernia*. 2012 Apr;16(2):199-10. doi: 10.1007/s10029-011-0877-y
13. Суковатых БС, Иванов АВ, Валуйская НМ,

Герасимчук ЕВ. Влияние поздней имплантационной тканевой реакции на выбор полипропиленового эндопротеза для превентивной подапоневротической пластики брюшной стенки. *Новости Хирургии*. 2013;21(5):11-17. doi: <http://dx.doi.org/10.18484/2305-0047.2013.5.11>

14. Шестаков АЛ, Федоров ДН, Иванчик ИЯ, Боева ИА, Битаров ТТ. Сравнительная оценка стандартных, композитных и «облегченных» синтетических протезов, применяемых для герниопластики (экспериментальная работа). *Курск науч-практ вестн «Человек и Его Здоровье»*. 2017;(2):81-87. doi: <http://dx.doi.org/10.21626/vestnik/2017-2/14>

15. Нетяга АА, Парфенов АО, Нутфулина ГМ, Жуковский ВА. Влияние различных видов эндопротезов для герниопластики на состояние мышц различных отделов брюшной стенки (экспериментальное исследование). *Курск науч-практ вестн «Человек и Его Здоровье»*. 2013;(4):26-32. <https://cyberleninka.ru/article/v/vliyanie-razlichnyh-vidov-endoprotezov-dlya-gernioplastiki-na-sostoyanie-myshts-razlichnyh-otdelov-bryushnoy-stenki-eksperimentalnoe>

### REFERENCES

1. Shestakov AL, Inakov AG, Ckhovrebov AT. Estimation of the effectiveness of hernioplasty in patients with hernias of the anterior abdominal wall using the sf-36. *Vestn nats med-khirurg tsentra im NI pirogova*. 2017;(3):50-53. <http://www.pirogov-center.ru/etc/magazine-2017-3.pdf> (in Russ.)

2. Anurov MV, Titkova SM, Ettinger AP. Sravnenie rezul'tatov plastiki gryzhevogo defekta standartnymi i legkimi setchatymi endoprotezami s odinakovym trikotazhnym perepletением. *Biul Eksperim Biologii i Meditsiny*. 2010;150(10):433-39. (in Russ.)

3. Timerbulatov MV, Timerbulatov ShV, Gataullina EZ, Valitova ER. Postoperative ventral hernias: current state of the problem. *Med Vestn Bashkortostana*. 2013;8(5):101-107. <https://cyberleninka.ru/article/v/posleoperatsionnye-ventralnye-gryzhi-sovremennoe-sostoyanie-problemy> (in Russ.)

4. Junge K, Binnebösel M, von Trotha KT, Rosch R, Klinge U, Neumann UP, Lynen Jansen P. Mesh biocompatibility: effects of cellular inflammation and tissue remodelling. *Langenbecks Arch Surg*. 2012 Feb;397(2):255-70. doi: 10.1007/s00423-011-0780-0

5. Klinge U, Klosterhalfen B. Modified classification of surgical meshes for hernia repair based on the analyses of 1,000 explanted meshes. *Hernia*. 2012 Jun; 16(3):251-58. doi: 10.1007/s10029-012-0913-6

6. Bringman S, Wollert S, Osterberg J, Smedberg S, Granlund H, Heikkinen TJ. Three-year results of a randomized clinical trial of lightweight or standard polypropylene mesh in Lichtenstein repair of primary

inguinal hernia. *Br J Surg*. 2006 Sep;93(9):1056-59. doi: 10.1002/bjs.5403

7. Smietanski M, Bury K, Smietanska IA, Owczuk R, Paradowski T. Five-year results of a randomised controlled multi-centre study comparing heavy-weight knitted versus low-weight, non-woven polypropylene implants in Lichtenstein hernioplasty. *Hernia*. 2011 Oct;15(5):495-501. doi: 10.1007/s10029-011-0808-y

8. Cobb WS, Burns JM, Peindl RD, Carbonell AM, Matthews BD, Kercher KW, Heniford BT. Textile analysis of heavy weight, mid-weight, and light weight polypropylene mesh in a porcine ventral hernia model. *J Surg Res*. 2006 Nov;136(1):1-7. doi: 10.1016/j.jss.2006.05.022

9. Lintin LAD, Kingsnorth AN. Mechanical failure of a lightweight polypropylene mesh. *Hernia*. 2014 Feb;18(1):131-33. doi: 10.1007/s10029-012-0959-5

10. Petro CC, Nahabet EH, Criss CN, Orenstein SB, von Recum HA, Novitsky YW, Rosen MJ. Central failures of lightweight monofilament polyester mesh causing hernia recurrence: a cautionary note. *Hernia*. 2015 Feb;19(1):155-59. doi: 10.1007/s10029-014-1237-5

11. Zuvela M, Galun D, Djuri-Stefanovi A, Palibrk I, Petrovi M, Milievi M. Central rupture and bulging of low-weight polypropylene mesh following recurrent incisional sublay hernioplasty. *Hernia*. 2014 Feb;18(1):135-40. doi: 10.1007/s10029-013-1197-1

12. Anurov MV, Titkova SM, Oettinger AP. Biomechanical compatibility of surgical mesh and fascia being reinforced: dependence of experimental hernia defect repair results on anisotropic surgical mesh positioning. *Hernia*. 2012 Apr;16(2):199-10. doi: 10.1007/s10029-011-0877-y (in Russ.)

13. Sukovatykh BS, Ivanov AV, Valuskaya NM, Gerasimchuk EV. The influence of late implantation fabric reaction on the choice of polypropylene endoprosthesis for preventive subaponeurotic plasty of the abdominal wall. *Novosti Khirurgii*. 2013;21(5):11-17. doi: <http://dx.doi.org/10.18484/2305-0047.2013.5.11> (in Russ.)

14. Shestakov AL, Fedorov DN, Ivanchik IJ, Boeva IA, Bitarov TT. Comparative evaluation of standard, composite and "lightweight" synthetic prostheses for hernioplasty (experimental work). *Kursk Nauch-Prakt Vestn «Chelovek i Ego Zdorov'e»*. 2017;(2):81-87. doi: <http://dx.doi.org/10.21626/vestnik/2017-2/14> (in Russ.)

15. Netiaga, AA, Parfenov AO, Nutfullina GM, Zhukovskii VA. Vliyanie razlichnykh vidov endoprotezov dlia gernioplastiki na sostoianie myshts razlichnykh otdelov briushnoi stenki (eksperimental'noe issledovanie). *Kursk Nauch-Prakt Vestn «Chelovek i Ego Zdorov'e»*. 2013;(4):26-32. <https://cyberleninka.ru/article/v/vliyanie-razlichnyh-vidov-endoprotezov-dlya-gernioplastiki-na-sostoyanie-myshts-razlichnyh-otdelov-bryushnoy-stenki-eksperimentalnoe> (in Russ.)

### Адрес для корреспонденции

305041, Российская Федерация,  
г. Курск, ул. К. Маркса, д. 3,  
Курский государственный  
медицинский университет,  
кафедра общей хирургии,  
тел.: (4712) 52-98-62,  
e-mail: [SukovatykhBS@kursksmu.net](mailto:SukovatykhBS@kursksmu.net),  
Суковатых Борис Семенович

### Address for correspondence

305041, The Russian Federation,  
Kursk, K.Marx Str., 3,  
Kursk State Medical University,  
Department of General Surgery,  
Tel. (4712) 52-98-62,  
e-mail: [SukovatykhBS@kursksmu.net](mailto:SukovatykhBS@kursksmu.net),  
Boris S. Sukovatykh

**Сведения об авторах**

Суковатых Борис Семенович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей хирургии, Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Российская Федерация.

<http://orcid.org/0000-0003-2197-8756>

Полевой Юрий Юрьевич, соискатель кафедры общей хирургии, Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Российская Федерация.

<http://orcid.org/0000-0002-2683-2521>

Нетьяга Андрей Алексеевич, к.м.н., доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Российская Федерация.

<http://orcid.org/0000-0003-3686-1358>

Блинков Юрий Юрьевич, д.м.н., профессор кафедры общей хирургии, Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Российская Федерация.

<http://orcid.org/0000-0002-0819-0692>

Жуковский Валерий Анатольевич, д.т.н., профессор кафедры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса, научный руководитель лаборатории полимерных материалов, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

<http://orcid.org/0000-0001-7092-9155>

**Информация о статье**

*Поступила 8 августа 2017 г.*

*Принята в печать 12 февраля 2018 г.*

*Доступна на сайте 30 август 2018 г.*

**Information about the authors**

Sukovatykh Boris S., MD, Professor, Head of the Department of General Surgery, Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation.

<http://orcid.org/0000-0003-2197-8756>

Polevoy Yuri Yu., Applicant for Candidate's degree of the Department of General Surgery, Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation.

<http://orcid.org/0000-0002-2683-2521>

Netyaga Andrej A., PhD, Associate Professor of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation.

<http://orcid.org/0000-0003-3686-1358>

Blinkov Yuriy Yu., MD, Professor of the Department of General Surgery, Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation.

<http://orcid.org/0000-0002-0819-0692>

Zhukovskiy Valeriy A., DS, Professor of the Department of Nanostructured, Fibrous and Composite Materials named after A.I. Meos, Supervisor of the Laboratory of Polymer Materials, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint-Petersburg, Russian Federation.

<http://orcid.org/0000-0001-7092-9155>

**Article history**

*Arrived 08 August 2017*

*Accepted for publication 12 February 2018*

*Available online 30 August 2018*