



Головач Д.И.¹✉, Сивец Н.Ф.², Рябцева С.Н.³, Сивец А.Н.², Корнеева М.А.³

¹ 6-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

² Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

³ Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Динамика реактивных изменений тканей передней брюшной стенки при имплантации полипропиленовой сетки, обработанной обогащенной тромбоцитами плазмой

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Головач Д.И., Сивец Н.Ф. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Головач Д.И., Сивец Н.Ф., Рябцева С.Н., Сивец А.Н., Корнеева М.А. – сбор и обработка материала, статистический анализ; Головач Д.И., Сивец Н.Ф., Рябцева С.Н., Сивец А.Н., Корнеева М.А. – написание текста.

Финансирование. Работа выполнялась в соответствии с научными планами Белорусского государственного медицинского университета и в рамках инициативной темы НИР «Совершенствование и разработка эффективных способов диагностики, лечения и профилактики послеоперационных осложнений у больных в общей и гнойной хирургии, колопроктологии». Сроки выполнения работы 2017 г. – 2022 г. № госрегистрации 20171291. Финансовой поддержки со стороны компаний – производителей изделий медицинского назначения и лекарственных средств авторы не получали.

Подана: 14.11.2022

Принята: 28.11.2022

Контакты: doc_dg@mail.ru

Резюме

Цель. Изучить динамику реактивных изменений тканей передней брюшной стенки при имплантации полипропиленовой сетки, обработанной обогащенной тромбоцитами плазмой (ОТП), в эксперименте на животных.

Материалы и методы. Эксперименты выполнены на 24 крысах-самцах Wistar массой 220–250 г. Всем включенным в исследование животным выполнялась имплантация двух фрагментов полипропиленовой сетки Eticon. При этом один из фрагментов обрабатывался ОТП, а второй фрагмент сетки имплантировался без обработки ОТП. Эндопротезирование передней брюшной стенки выполнялось по методике sublay. Фрагменты сетки укладывались на задние листки влагалищ прямых мышц живота справа и слева. Выведение животных из эксперимента проводили на 7 (n=8), 21 (n=8) и 28-е (n=8) сутки. Для гистологического исследования извлекали мягкие ткани передней брюшной стенки единым блоком (кожа, подкожно-жировая клетчатка, мышцы и париетальная брюшина).

Результаты. К седьмым суткам эксперимента в зоне имплантации сетки, обработанной ОТП, в области поперечной фасции передней брюшной стенки грызунов наблюдалась активация фибробластов во всех случаях. Аналогичной реакции при внедрении сетки без ОТП в области поперечной фасции передней брюшной стенки не отмечено. К 21-м суткам эксперимента при имплантации сетки с ОТП под апоневроз передней брюшной стенки грызунов выявлено формирование плотной фиброзной капсулы с активацией фибробластов. После имплантации сетки без ОТП фиброзная капсула не выражена, а со стороны поперечной фасции отмечалось разволокнение

и истончение последней. На 28-е сутки эксперимента наблюдалось снижение воспалительной реакции, формирование фиброзной ткани в зоне имплантации сетчатого материала. Более выраженная капсула сформировалась после имплантации сетки с ОТП, где также отмечена сохраняющаяся активность фибробластов.

Заключение. Обработка имплантированной сетки обогащенной тромбоцитами плазмой способствует пролиферации и активации фибробластов, что отражается в формировании утолщенной фиброзной капсулы вокруг имплантированного материала, которая создает более плотный фиброзный каркас по сравнению с имплантацией сетки, не обработанной обогащенной тромбоцитами плазмой.

Ключевые слова: полипропиленовая сетка, обогащенная тромбоцитами плазма, фибробласты, фиброзная капсула

Golovach D.¹✉, Sivets N.², Ryabtseva S.³, Sivets A.², Korneeva M.³

¹ 6th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus

² Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³ Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Dynamics of Reactive Changes in the Anterior Abdominal Wall Tissues when Implanting a Platelet-Rich Plasma-Treated Polypropylene Mesh

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Golovach D., Sivets N. – study concept and design, editing; Golovach D., Sivets N., Ryabtseva S., Sivets A., Korneeva M. – material collection and processing, statistical analysis; Golovach D., Sivets N., Ryabtseva S., Sivets A., Korneeva M. – text writing.

Funding. The work was carried out in accordance with the scientific plans of the Belarusian State Medical University and within the framework of the initiative research topic "Improvement and development of effective methods for diagnosing, treatment and preventing postoperative complications in patients in general and purulent surgery, and coloproctology". The work timeline: 2017–2022. State registration No. 20171291. The authors did not receive financial support from companies producing medical devices and pharmaceuticals.

Submitted: 14.11.2022

Accepted: 28.11.2022

Contacts: doc_dg@mail.ru

Abstract

Purpose. To study dynamics of reactive changes of the anterior abdominal wall tissues when implanting a PRP-treated polypropylene mesh in an animal experiment.

Materials and methods. Experiments were performed on 24 male Wistar rats weighing 220–250 g. All animals involved in the study were implanted with two fragments of Eticon polypropylene mesh. While one of the fragments was treated with PRP, the other fragment of the mesh was implanted without PRP treatment. Endoprosthesis of the anterior abdominal wall was performed using the sublay technique. Fragments of the mesh were placed on the posterior sheets of the sheaths of the rectus abdominis muscles on the right and left. Animals were sacrificed on the 7th (n=8), 21st (n=8) and 28th (n=8) days. For histological examination, the soft tissues of the anterior abdominal wall were removed as a single block (skin, subcutaneous fat, muscles, and parietal peritoneum).

Results. By the seventh day of the experiment, fibroblast activation was observed in the zone of implantation of the mesh treated with PRP, in the area of the transverse fascia of the rodents' anterior abdominal wall in all cases. No similar reaction was observed while implanting the mesh without PRP in the area of the transverse fascia of the anterior abdominal wall. By the 21st day of the experiment, the implantation of a mesh with PRP under the aponeurosis of the rodents' anterior abdominal wall revealed the formation of a dense fibrous capsule with fibroblast activation. After the mesh without PRP implantation, the fibrous capsule was not apparent, and on the side of the transverse fascia, defibrination and thinning of the latter was noted. On the 28th day of the experiment, a decrease in the inflammatory response and fibrous tissue formation in the area of mesh material implantation were observed. A more pronounced capsule was formed after the implantation of the mesh with PRP, where the remaining activity of fibroblasts was also recorded.

Conclusion. The treatment of the implanted mesh with platelet-enriched plasma promotes fibroblast proliferation and activation, associated with a dense fibrous capsule formation around the implanted material, which creates a denser fibrous scaffold in stuck contrast to the mesh without PRP implantation.

Keywords: polypropylene mesh, platelet-rich plasma, fibroblasts, fibrous capsule

■ ВВЕДЕНИЕ

Использование различных трансплантатов в герниологии имеет вековую историю. Поколения хирургов продолжают неутомимый поиск способов пластики грыж, в том числе с применением различных трансплантатов [1–5]. Однако универсального материала для пластики, который был бы биологически совместимым, не вызывал реакцию отторжения, обладал необходимой прочностью и был инертным к микробной инфекции, в настоящее время нет [6–9]. Огромное количество клинических и экспериментальных исследований посвящено изучению материалов для пластики, способов швов, прочности применяемых для пластики тканей, реакциям организма на применяемые имплантаты [10–14]. В последнее время ряд авторов указывают на важность регуляторной роли факторов роста в процессах заживления поврежденных тканей [15–17].

На основании экспериментальных исследований установлено, что при локализации сетки под апоневрозом признаки воспаления выражены в первые трое суток после имплантации. С 3-х по 7-е сутки реактивное воспаление затухает. С 7-х суток начинается и к 14–30-м суткам заканчивается формирование истонченной соединительнотканной капсулы с четким отграничением ее от апоневроза и мышечной ткани [18–21].

С целью ускорения регенерации в различных областях медицины применяется обогащенная тромбоцитами плазма (ОТП) [22–26]. Введенные в определенный участок тела тромбоциты вместе с плазмой усиливают клеточный метаболизм, а также нормализуют межклеточный обмен, укрепляют стенки сосудов, стимулируют клеточный митоз, в результате чего поврежденные ткани быстрее регенерируют. ОТП стимулирует образование коллагена, ускоряет регенерацию тканей, индуцирует рост



эндотелия, обеспечивает гемостаз, уменьшает боль, обладает противовоспалительным эффектом, снижает риск развития послеоперационных осложнений. В основе этих эффектов лежит синергичное взаимодействие с местными клетками, обуславливающее специфические реакции пролиферации, клеточной миграции и синтез экстрацеллюлярного матрикса. ОТП обладает мощным репаративным потенциалом [27, 28].

Учитывая механизм действия ОТП, вполне резонным является предположение о ее положительном эффекте при пластике вентральных грыж с применением полипропиленовой сетки. По данному вопросу в литературе имеются единичные сообщения [29]. Не выявлено экспериментальных работ, в которых бы рассматривался характер морфофункциональных изменений в тканях передней брюшной стенки при пластике полипропиленовой сеткой, обработанной ОТП.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить динамику реактивных изменений тканей передней брюшной стенки при имплантации полипропиленовой сетки, обработанной обогащенной тромбоцитами плазмой (ОТП), в эксперименте на животных.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная модель выполнена на 24 крысах-самцах Wistar массой 220–250 г, содержащихся в условиях вивария государственного научного учреждения «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси». Животных содержали при температуре $22,0 \pm 1,0$ °C и 12-часовом цикле освещения «день/ночь» с доступом к воде и корму *ad libitum*. Все манипуляции с экспериментальными животными проводили с соблюдением положения Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для научных исследований (Страсбург, 1986). Всем включенным в исследование животным выполнялась имплантация полипропиленовой сетки Eticon и имплантация такой же полипропиленовой сетки, но обработанной ОТП. Оперативное вмешательство выполнялось под общей анестезией (тиопентал натрия, растворенный в воде для инъекций, 50 мг/кг, внутривенно) с местным обезболиванием 1%-ным раствором лидокаина гидрохлорида (70–100 мкл на одно животное). Лабораторным животным проводили эндопротезирование передней брюшной стенки по методу *sublay*. После подготовки и обработки операционного поля вертикальным разрезом длиной 3 см рассекалась кожа по срединной линии передней брюшной стенки. Вертикальными разрезами длиной 1 см вскрывались передние листки влагалищ прямых мышц живота справа и слева в 5–6 мм от срединной линии. После отслоения мышц на задние листки влагалищ прямых мышц живота справа и слева укладывался фрагмент полипропиленовой сетки Eticon размером 1×1 см. Далее на фрагмент полипропиленовой сетки, уложенный справа, наносились ОТП в объеме 0,5 мл, а затем – активатор тромбоцитов (хлорид кальция) в объеме 0,2 мл. Фрагмент полипропиленовой сетки, уложенный слева, никакому воздействию не подвергался и предназначался для формирования группы сравнения. После имплантации сетчатых фрагментов передние листки влагалищ прямых мышц живота ушивались одиночными узловыми швами полипропиленовой нитью 4.0. Кожа ушивалась одиночными узловыми швами полиэфирной нитью 3.0.

Выведение животных из эксперимента проводили на 7-е (n=8), 21-е (n=8) и 28-е (n=8) сутки путем введения смертельной дозы тиопентала натрия. Для гистологического исследования извлекали мягкие ткани передней брюшной стенки единым блоком (кожа, подкожно-жировая клетчатка, мышцы и париетальная брюшина). После фиксации в 10%-ном растворе нейтрального формалина произведена вырезка материала: выполнены серийные срезы зоны имплантации для оценки реактивных изменений в зоне фиксации и средней части расположения имплантированного материала. После вырезки выполнена автоматическая проводка в гистологическом вакуумном процессоре KD-NS6B (KEDEE, Китай). Фрагменты тканей заключали в парафиновые блоки. С помощью ротационного микротомы CUT56 (Slee Medical, Германия) готовились серийные срезы толщиной 4–5 мкм с окрашиванием гематоксилином и эозином по стандартной методике. Изготовление микрофотографий осуществлялось с помощью гистологического сканера Aperio AT2 фирмы Leica. Расчет толщины фиброзной ткани проведен с использованием программного обеспечения обработки изображений Aperio ImageScope.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием пакета Statistica 10 (Statsoft Inc., США). Проверку на нормальность распределения количественных показателей осуществляли по критерию Шапиро – Уилка. Полученные морфометрические данные представлены в виде медианы и квартильных отклонений (Me (25%Q; 75%Q)). Сравнение групп производили с использованием U-критерия теста Манна – Уитни. Вывод о статистической достоверности различий в группах делали при $p < 0,05$.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На седьмые сутки из эксперимента выведено 8 животных. У пяти (62,5%) грызунов наблюдалось расхождение краев послеоперационной раны с нагноением и кровоизлиянием в области рубца. В одном (12,5%) случае в толще рубца определялась полость, заполненная серозной жидкостью с единичными эритроцитами (серома). В одном случае (12,5%) выявлены абсцессы в области послеоперационного рубца. Имплантированный материал располагался под апоневрозом в четырех (50%) случаях, в области поперечной фасции – также в четырех (50%) наблюдениях. Апоневроз над имплантированными фрагментами сетки ушивался полиэфирной нитью, что сопровождалось формированием гигантоклеточных гранул инородных тел (рис. 1).

При расположении имплантируемого материала под поперечной фасцией со стороны имплантации сетки, обработанной ОТП, наблюдались утолщение фиброзной ткани фасции и очаговая пролиферация фибробластов, единичные макрофаги и нейтрофилы. При имплантации сетки, не обработанной ОТП, пролиферация фибробластов отсутствовала. Наблюдалась слабо выраженная воспалительная инфильтрация с обеих сторон передней брюшной стенки (рис. 2).

В семи (87,5%) наблюдениях в зоне гранулематозного воспаления, которая представляет собой фокусы гигантоклеточных гранул с пролиферацией фибробластов, плазмócитов, макрофагов и лимфоцитов, с формированием фиброзной ткани, выявлено образование полостей (рис. 3). Обнаруженные полости располагались под апоневрозом передней брюшной стенки грызунов с распространением в мышечную ткань и были представлены фиброзной тканью с ангиоматозом и компактным расположением активированных фибробластов в большом количестве, с наличием

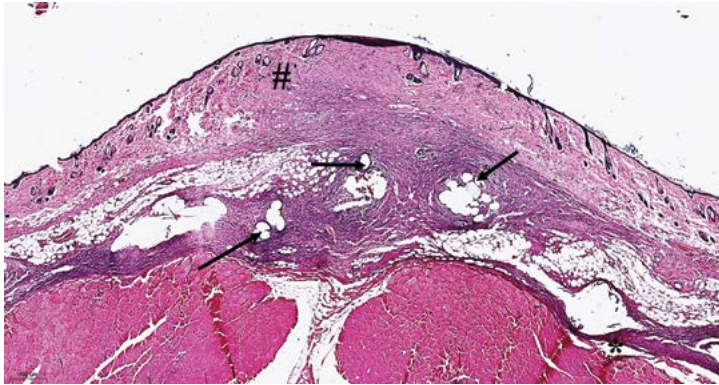


Рис. 1. Выраженная воспалительная реакция на имплантацию с формированием гигантоклеточных гранулем инородных тел (стрелки) на 7-е сутки эксперимента, * – область имплантации материала с клеточной массой, # – послеоперационный рубец, окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 1,0$, шкала – 1000 мкм

Fig. 1. Severe inflammatory response to implantation with formation of giant cell granulomas of foreign bodies (arrows) on the 7th day of the experiment, * – area of material with cell mass implantation, # – postoperative scar, hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 1.0$, scale – 1000 μm

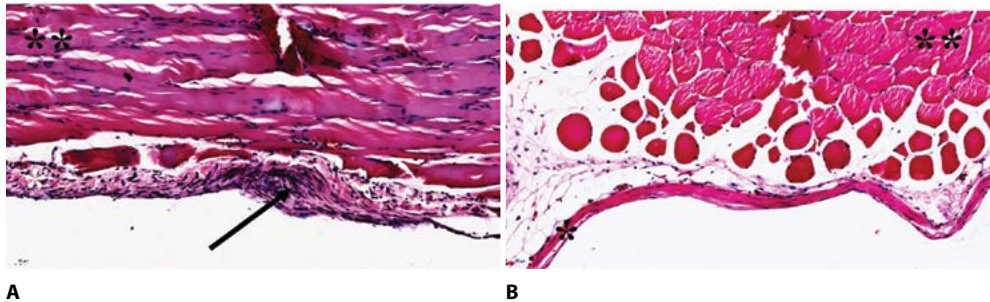


Рис. 2. Изменение поперечной фасции передней брюшной стенки в зоне имплантации сетки, обработанной ОТП (А) и без обработки ОТП (В) на 7-е сутки эксперимента. Стрелкой отмечена пролиферация фибробластов, * – поперечная фасция, ** – мышцы передней брюшной стенки, окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 20,0$, шкала – 50 мкм

Fig. 2. Changes in the transverse fascia of the anterior abdominal wall in the area of mesh implantation with PRP (A) and without PRP treatment (B) on the 7th day of the experiment. The arrow indicates the proliferation of fibroblasts, * – transverse fascia, ** – muscles of the anterior abdominal wall, hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 20.0$, scale – 50 μm

выраженной воспалительной инфильтрации, содержащей преимущественно макрофаги и гигантские многоядерные клетки инородных тел с примесью плазмочитов, лимфоцитов и единичных нейтрофилов. Данные полости были выявлены как со стороны имплантации сетки, обработанной ОТП (5/62,5%), так и без нее (6/75,0%). Со стороны имплантированной сетки, обработанной ОТП, в просвете образованных каналов наблюдались серозная жидкость с примесью эритроцитов в четырех образцах (4/75%) и нагноение с формированием абсцесса в одном (1/25%) случае (рис. 3А).

С противоположной стороны, где проведена имплантация сетки, не обработанной ОТП, кровоизлияние в образованных полостных каналах выявлено в трех (3/50%) случаях, абсцедирование – в двух (2/33,3%) наблюдениях (рис. 3В).

Таким образом, к седьмым суткам эксперимента в зоне имплантации сетки, обработанной ОТП и не обработанной ОТП, выявлены разные морфологические изменения. В одних случаях отмечено формирование умеренно выраженной воспалительной реакции с формированием разрозненных гигантоклеточных гранул на шовный материал и умеренной активацией фибробластов с формированием полос фиброзной ткани в участках имплантации материала в трех (37,5%) случаях после имплантации сетки с ОТП и в двух (25,0%) случаях после имплантации сетки без ОТП. В других образцах наблюдалась выраженная воспалительная реакция с формированием широких прослоек фиброзной ткани в пяти (62,5%) случаях после имплантации сетки с ОТП и в семи (87,5%) образцах после имплантации сетки без ОТП. Формирование абсцессов выявлено в каждой группе исследования по одному случаю (12,5%). Наличие полостных образований преобладало в зонах имплантации сетки без ОТП (87,5%), в то время как с ОТП наблюдалось в 62,5% случаев. Кровоизлияния в зоне хирургических манипуляций наблюдали только со стороны имплантации сетки без ОТП (37,5%). При размещении сетки, обработанной ОТП, в области поперечной фасции передней брюшной стенки грызунов наблюдалась активация фибробластов во всех случаях. Аналогичной реакции при внедрении сетки без ОТП в области поперечной фасции передней брюшной стенки не отмечено.

На 21-е сутки из эксперимента были выведены 8 животных. У одного животного обнаружен струп в области послеоперационного рубца. У двух животных выявлен абсцесс подкожной клетчатки в области послеоперационного рубца. При этом в одном случае гнойное воспаление затрагивало зону имплантации сетки, обработанной ОТП, в другом случае гнойное воспаление распространялось на зоны имплантации с обеих сторон брюшной стенки крысы. В данных образцах отмечалась выраженная воспалительная инфильтрация с разрастанием фиброзной ткани от апоневроза до поперечной фасции передней брюшной стенки животных (рис. 4). В остальных наблюдениях воспалительная реакция в мягких тканях передней брюшной стенки крыс была представлена гигантоклеточными гранулемами вокруг шовного материала. В указанных гранулемах отмечались единичные макрофаги и многочисленные гигантские многоядерные клетки инородных тел. Признаки активации фибробластов были минимальные.

Импантированная сетка без ОТП обнаружена под поперечной фасцией передней брюшной стенки грызунов во всех восьми случаях. Импантированная сетка с ОТП выявлена под поперечной фасцией в шести случаях, в двух – располагалась под апоневрозом. Со стороны внутренней фасции передней брюшной стенки грызунов отмечены следующие изменения: при имплантации сетки без ОТП наблюдалось разрыхление фиброзных волокон и их истончение (рис. 5А), в то время как при имплантации сетки с ОТП в фасции выявлена активация фибробластов, а мелких фокусов разрыхления фиброзных волокон и истончений не обнаружено (рис. 5В).

При локализации импантированного материала с ОТП под апоневрозом отмечено формирование утолщенной фиброзной капсулы, внутренняя часть которой была представлена тонкой полосой гомогенных ярко-розовых масс – фибрином. Средняя часть капсулы была сформирована соединительной тканью с четко

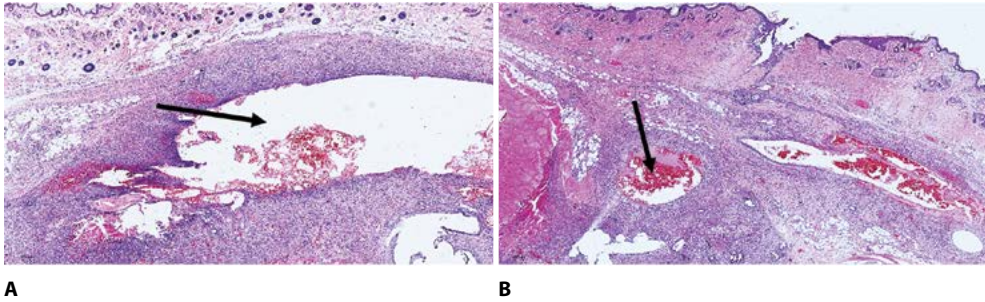


Рис. 3. Реактивные изменения передней брюшной стенки грызунов на 7-е сутки эксперимента: А – полость с минимальным кровоизлиянием в зоне имплантации сетки, обработанной ОТП (стрелка), В – кровоизлияния под апоневрозом передней брюшной стенки крысы после имплантации сетки, не обработанной ОТП (стрелка), окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 3,0$, шкала – 500 мкм

Fig. 3. Reactive changes in the anterior abdominal wall of rodents on the 7th day of the experiment: А – cavity with minimal hemorrhage in the area of implantation of PRP-treated mesh (arrow); В – hemorrhages under the aponeurosis of the anterior abdominal wall of the rat after implantation of PRP-non-treated mesh (arrow), hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 3.0$, scale – 500 μm

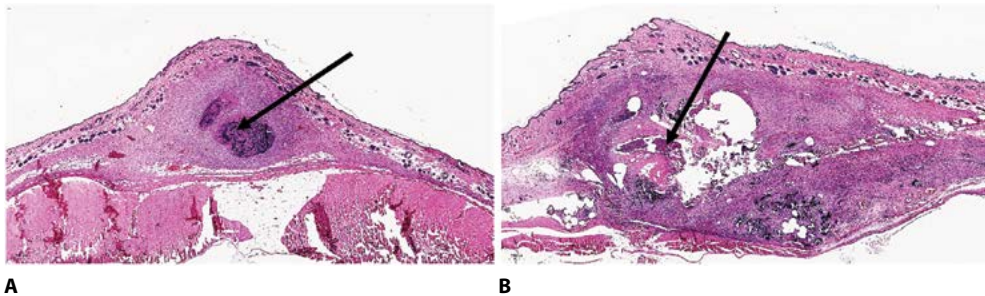


Рис. 4. Формирование абсцессов в области послеоперационного рубца (А) и зоны имплантации сетки с клеточными массами (В) на 21-е сутки эксперимента, стрелки указывают на абсцесс, окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 2,0$, шкала – 500 мкм

Fig. 4. Abscesses in the area of the postoperative scar (А) and the zone of implantation of the mesh with cell masses (В) on the 21st day of the experiment, arrows indicate the abscess, hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 2.0$, scale – 500 μm

дифференцированными активированными фибробластами, которые концентрировались у внутренней поверхности данной капсулы, и признаками гомогенизации основного вещества соединительной ткани, что указывало на активную продукцию коллагена фибробластами. По периферии фиброзная капсула была представлена рубцово-волокнистой соединительной тканью (рис. 6).

Таким образом, после имплантации сетки с ОТП и сетки без ОТП к 21-м суткам эксперимента наблюдалось нагноение послеоперационной раны в двух (25,0%) случаях, с распространением на зоны имплантации, что характеризовалось выраженной воспалительной реакцией и разрастанием фиброзной ткани в зоне воспаления. При имплантации сетки с ОТП под апоневроз передней брюшной стенки грызунов выявлено формирование плотной фиброзной капсулы с активацией фибробластов.

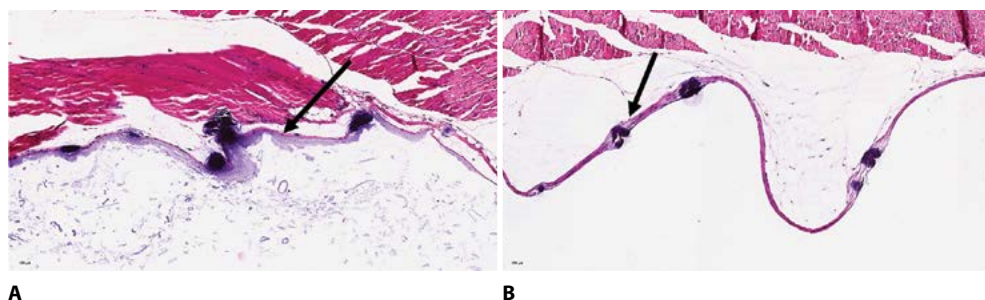


Рис. 5. Изменение фиброзной ткани внутренней фасции передней брюшной стенки грызунов в контрольной и опытной группах на 21-е сутки эксперимента, стрелки указывают на фиброзную ткань, окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 10,0$, шкала – 200 мкм
Fig. 5. Changes in the fibrous tissue of the internal fascia of the anterior abdominal wall of the control and experimental rodents on the 21st day of the experiment, arrows indicate fibrous tissue, hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 10.0$, scale – 200 μm

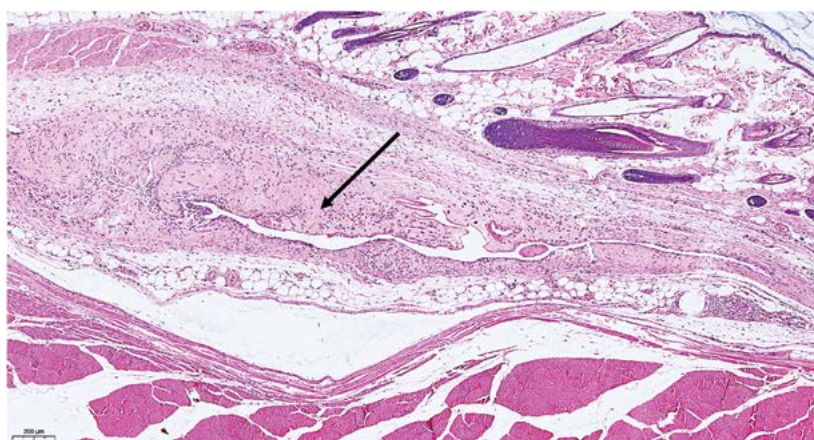


Рис. 6. Реактивные изменения мягких тканей передней брюшной стенки грызунов на 21-е сутки эксперимента после имплантации материала с клеточным компонентом под апоневроз, окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 10,0$, шкала – 200 мкм
Fig. 6. Reactive changes in the anterior abdominal wall soft tissues of rodents on the 21st day of the experiment after implantation of a material with a cellular component under the aponeurosis, hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 10.0$, scale – 200 μm

При имплантации аналогичного материала под поперечную фасцию передней брюшной стенки в ткани последней также отмечена активация фибробластов. После имплантации сетки без ОТП со стороны поперечной фасции отмечалось разволокнение и истончение последней.

На 28-е сутки из эксперимента было выведено 8 животных. Послеоперационные рубцы во всех случаях сформированы, дефектов и нагноений не выявлено. В двух случаях после имплантации сетки с ОТП она локализовалась в области поперечной фасции, в остальных шести – под апоневрозом передней брюшной стенки грызунов.

После имплантации сетки без ОТП в четырех случаях она выявлена в области поперечной фасции, еще в четырех – под апоневрозом передней брюшной стенки грызунов.

В области фиксации сетчатых имплантатов под апоневрозом передней брюшной стенки грызунов отмечались разрастания фиброзной ткани с гранулематозным воспалением разной степени выраженности. При этом во всех восьми случаях более выраженный фиброз апоневроза отмечен со стороны имплантации сетки с ОТП. На противоположной стороне (имплантация сетки без ОТП) чаще отмечалось разрастание подкожно-жировой клетчатки (в 5 случаях – 62,5%) с наличием в ней гигантоклеточных гранул инородных тел (рис. 7).

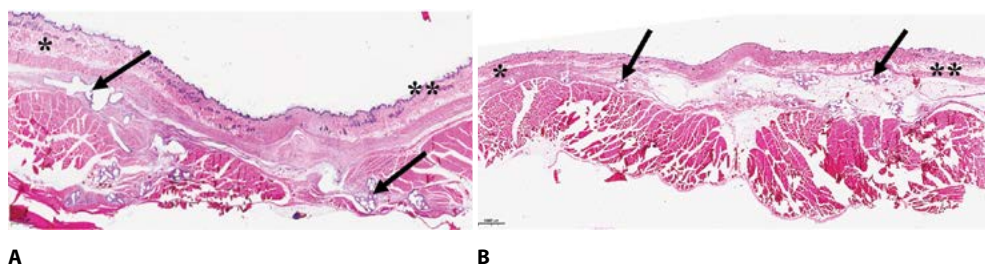


Рис. 7. Фиброз и гранулематозное воспаление в области апоневроза передней брюшной стенки грызунов (А, В) после имплантации материала с ОТП (*) и без ОТП (**) на 28-е сутки; стрелка указывает на гранулемы вокруг шовного материала, окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 1,0$, шкала – 1000 мкм

Fig. 7. Fibrosis and granulomatous inflammation in the anterior abdominal wall aponeurosis of rodents (A, B) after implantation of material with PRP (*) and without PRP (**) on the 28th day of the experiment; arrow indicates granulomas around the suture material, hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 1,0$, scale – 1000 μm

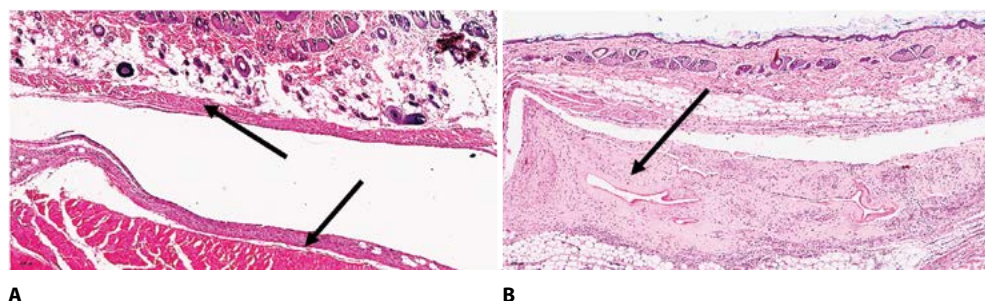


Рис. 8. Реактивные изменения мягких тканей брюшной стенки грызунов в зоне имплантации на 28-е сутки эксперимента: А – зоны имплантации сетки без ОТП с формированием фиброзной капсулы (стрелки), В – фиброзная капсула (стрелка) вокруг имплантированной сетки с ОТП, окраска гематоксилином и эозином, сканы, увеличение $\times 10,0$, шкала – 200 мкм

Fig. 8. Reactive changes in the abdominal wall soft tissues of rodents in the implantation zone on the 28th day of the experiment: A – PRP-non-treated mesh implantation zones with the formation of fibrous capsule (arrows), B – fibrous capsule (arrow) around the implanted PRP-non-treated mesh, hematoxylin and eosin staining, scans, magnification $\times 10,0$, scale – 200 μm

В двух случаях выявлены признаки организации абсцессов со стороны имплантации сетки с ОТП. При этом в одном из образцов в центре гнойных масс определяется волос шерсти крысы. Воспалительная инфильтрация во всех остальных образцах была минимальна, зачастую представлена единичными макрофагами, лимфоцитами и гигантскими многоядерными клетками инородных тел.

В зоне расположения сетки без ОТП под апоневрозом выявлено формирование фиброзной капсулы вокруг материала, которая была образована грубоволокнистой фиброзной тканью с примесью единичных лимфоцитов (рис. 8А). Толщина фиброзной капсулы варьировала от 82,1 мкм до 333,6 мкм, медиана составила 187,55 (136,3; 248,8) мкм.

В области имплантации сетки с ОТП под апоневрозом передней брюшной стенки животных отмечено формирование утолщенной фиброзной капсулы с активированными фибробластами, внутренняя часть которой была представлена тонкой полосой гомогенных ярко-розовых масс – фибрином. Средняя часть капсулы была сформирована соединительной тканью с четко дифференцированными активированными фибробластами, которые концентрировались у внутренней поверхности данной капсулы, с признаками гомогенизации основного вещества соединительной ткани, что указывало на активную продукцию коллагена фибробластами. По периферии фиброзная капсула была представлена грубоволокнистой соединительной тканью (рис. 8В). Толщина фиброзной капсулы вокруг сетки с ОТП варьировала от 247,1 мкм до 849,4 мкм, медиана составила 599,20 (369,9; 698,6) мкм.

При статистической обработке морфометрических данных выявлено достоверное увеличение толщины фиброзной капсулы, сформированной вокруг имплантированной сетки с обогащенной тромбоцитами плазмой, по сравнению с фиброзной капсулой, образовавшейся вокруг аналогичного материала без добавления обогащенной тромбоцитами плазмы ($p < 0,0001$).

Таким образом, на 28-е сутки эксперимента наблюдалось снижение воспалительной реакции, формирование фиброзной ткани в зоне имплантации сетчатого материала. Более выраженная капсула сформировалась после имплантации сетки с обогащенной тромбоцитами плазмой, где также отмечена сохраняющаяся активность фибробластов.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обработка имплантированной сетки обогащенной тромбоцитами плазмой способствует активной пролиферации и активации фибробластов, что отражается в формировании утолщенной фиброзной капсулы вокруг имплантированного материала, которая создает более плотный фиброзный каркас по сравнению с имплантацией сетки, не обработанной обогащенной тромбоцитами плазмой.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Zhebrovsky V. *Surgery of abdominal hernias*. M: Medical Information Agency. 2005. 384 p. (in Russian)
2. Bogdan V., Gain Yu. *Modern aspects of reconstructive surgery of postoperative abdominal hernias*. Minsk: BelMAPO, 2017. 233 p. (in Russian)
3. Timoshin A., Shestakov A., Kolesnikov S. Alloplastic and autoplasic methods of treatment of large postoperative ventral hernias. *Bulletin of Herniology*. 2004;2:120–125. (in Russian)
4. Shestakov A., Inakov A., Tskhovrebov A. The results of various options for plastic surgery of the anterior abdominal wall in patients with ventral hernias and factors influencing them. *Scientific Bulletin of the Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy*. 2017;19:98–108. (in Russian)



5. Hodgkinson J.D., Leo C.A., Maeda Y. A meta-analysis comparing open anterior component separation with posterior component separation and transversus abdominis release in the repair of midline ventral hernias. *Hernia*. 2018;22(4):617–626.
6. Khamidov M., Abdulagatov I., Ragimov R. Nanotechnologies in herniology: preliminary results of experimental studies. Proceedings of the V All-Russian Congress of Herniologists (Moscow, November 2–3, 2021), pp. 81–82. (in Russian)
7. Puchkov K., Filimonov V., Osipov V. Alloplasty of inguinal hernias using a polypropylene mesh implant. *Herniology*. 2004;1:36–40. (in Russian)
8. Ermolov A., Koroshvili V., Blagovestnov D. Postoperative ventral hernias – unsolved issues of surgical tactics. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2018;10:81–86. (in Russian)
9. Blair L.J., Cox T.C., Huntington C.R., Groene S.A. The effect of component separation technique on quality of life (QOL) and surgical outcomes in complex open ventral hernia repair (OVHR) *Surg. Endosc.* 2017;31(9):3539–3546.
10. Bogdan V., Gain Yu. Pathogenesis of incisional hernias: changes in connective tissue metabolism – cause or effect? *News of surgery*. 2011;19(6): 29–35. (in Russian)
11. Parshikov V., Medvedev A., Samsonov A. Tension-free plastic surgery in abdominal wall hernia surgery. *Bulletin of Surgery*. 2010;169(5):74–79. (in Russian)
12. Eriksson A., Rosenberg J., Bisgaard T. Surgical treatment for giant incisional hernia: a qualitative systematic review. *Hernia*. 2014;18(1):31–38.
13. Ponomareva I., Tsukanov A., Zatulokina M. Comparative evaluation of the response of connective tissue to implants for hernioplasty with collagen-stimulating coating and uncoated. Proceedings of the V All-Russian Congress of Herniologists (Moscow, November 2–3, 2021), pp. 61–65. (in Russian)
14. Conze J., Junge K., Klinge U. Intraabdominal adhesion formation of polypropylene mesh. Influence of coverage of omentum and polyglactin. *Surg. Endosc.* 2005;19(6):798–803.
15. Achkasov E., Bezuglov E., Ulyanov A. Application of autoplasm enriched with platelets in clinical practice. *Biomedicine*. 2013;1(4):46–59. (in Russian)
16. Wu Y.N., Wu C.C., Sheu M.T. Optimization of platelet-rich plasma and its effects on the recovery of erectile function after bilateral cavernous nerve injury in a rat model. *J. Tissue. Eng. Regen. Med.* 2016;10(10):E294–E304.
17. Medvedev V., Kogan M., Mikhailov I., Lepetunov S. Platelet-rich autologous plasma: what is it and for what? *Urology Herald*. 2020;8(2):67–77. (in Russian)
18. Egiev V., Chizhov D., Filatkina N. Interaction of polypropylene prostheses with tissues of the anterior abdominal wall. *Herniology*. 2005;2(6):41–49. (in Russian)
19. Parshikov V., Romanov V., Gradusov R. Experimental and clinical substantiation of the use of reperen endoprotheses for abdominal wall plasty. *Bulletin of Surgery*. 2010;169(4):26–30. (in Russian)
20. Kubyshkin V., Agapov M., Davlyatov M., Kakotkin V. Ventral hernias and extracellular matrix of connective tissue. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2020;2(2):62–67. (in Russian)
21. Desai N.K., Leitman I.M., Mills C. Open repair of large abdominal wall hernias with and without components separation; an analysis from the ACS-NSQIP database. *Ann. Med. Surg. (Lond.)* 2016;7:14–19.
22. Vorona Yu., Vorona I., Borisenko A. Clinical evaluation of the platelet-rich plasma use in head and neck tumor surgery. *Youth science and modern life: materials of the 77th All-Russian scientific conf. of students and young scientists with international participation (April 18–19, Kursk)*. Kursk: KSMU Publishing House. 2012;1:144. (in Russian)
23. Culha M.G., Erkan E., Cay T., Yüçetaş U. The Effect of Platelet Rich Plasma on Peyronie's Disease in Rat Model. *Urol. Int.* 2019;102(2):218–223.
24. Boldyreva O., Vakhrushev S., Toropova L. The use of platelet-rich plasma in medical practice. *Modern problems of science and education*. 2016;5. (in Russian)
25. Savina V., Isakova E., Korsak V. The role of growth promoting substances in the therapeutic effect of platelet-rich plasma on the endometrium (review). *Russian Journal of Human Reproduction*. 2020;26(5):91–98. (in Russian)
26. Tavukcu H.H., Aytaç Ö., Atuş F. Protective effect of platelet-rich plasma on urethral injury model of male rats. *Neurol. Urodyn.* 2018;37(4): 1286–1293.
27. Jhang J.F., Wu S.Y., Lin T.Y., Kuo H.C. Repeated intravesical injections of platelet-rich plasma are effective in the treatment of interstitial cystitis: a case control pilot study. *Low Urinary Tract Symptoms*. 2019;11(2):42–47.
28. Gobbi A., Lad D., Karnatzikos G. The effects of repeated intra-articular PRP injections on clinical outcomes of early osteoarthritis of the knee. *Knee Surg., Sports Traumatol., Arthrosc.* 2015;23:2170–7.
29. Sivets N., Golovach D., Babaren V. First experience with PRP-treated polypropylene mesh for ventral hernias. *December Readings on Emergency Surgery: col. papers*. Minsk: BelMAPO. 2019;8:81–83. (in Russian)