DOI 10.37882/2223-2966.2025.05.17

ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СПОСОБА УСТРАНЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ СМОДЕЛИРОВАННОЙ МИННО-ВЗРЫВНОЙ ТРАВМЫ МЯГКИХ ТКАНЕЙ И ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА С ТАЗОВОЙ ЭВЕНТРАЦИЕЙ

SUBSTANTIATION OF THE EXPERIMENTAL METHOD OF ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF SIMULATED MINE BLAST TRAUMA OF SOFT TISSUES AND PELVIC ORGANS WITH PELVIC EVENTURE

S. Kapralov
M. Polidanov
D. Gavrukov
K. Volkov
V. Maslyakov
D. Tashukhozhaeva

Summary. *Purpose of the study*: substantiation of the experimental method of elimination of the consequences of the modeled mine blast injury of soft tissues and pelvic organs with pelvic eventure. *Materials and methods*. 20 laboratory animals — rats of «Standard» breed, weighing 450±50 g, were used as biological models in the experiment. Modeling of mine-explosive trauma of soft tissues and pelvic organs in female rats under anesthesia was performed according to the previously developed method. After macro- and microscopic evaluation of the modeled mine-explosive trauma we proceeded to the elimination of the ligamentous apparatus rupture with pelvic euteration by implantation of grafts by laparatomy. For this purpose, an uncovered endoscopic biliary stent (WallFlex RX) was used and implanted in female rats at 1 day after MBT. For comparative evaluation, the animals were divided into 2 groups of 10 rats in each group. Animals of the 1st group used uncovered endoscopic biliary stent for implantation, animals of the 2nd group — Esfil surgical meshes made of polypropylene monofilaments of 0.14 mm diameter. After 10 days from the moment of the grafts installation the material for morphological study was taken. *Results of the study*. At the morphological study, it was confirmed that the use of uncovered endoscopic biliary stent (WallFlex RX) as a graft leads to more significant elimination of ligamentous apparatus rupture and more significant improvement of strength characteristics of the operated mine blast injury. *Conclusions*. It was confirmed that the use of uncovered endoscopic biliary stent (WallFlex RX) as a graft, leads to more significant elimination of ligamentous apparatus rupture and more significant improvement of strength characteristics of the operated mine blast injury.

Keywords: mine blast trauma, soft tissues and pelvic organs, experimental modeling, female rats, elimination of the consequences of modeled trauma, prosthetics, morphological evaluation.

Капралов Сергей Владимирович
д.м.н., доцент, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского
sergejkapralov@yandex.ru
Полиданов Максим Андреевич
специалист научно-исследовательского отдела, ассистент, Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanoff@yandex.ru
Гаврюков Дмитрий Сергеевич
Врач-хирург, заведующий хирургическим отделением №4, Городская клиническая больница имени С.С. Юдина, г. Москва
Волков Кирилл Андреевич
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России
Масляков Владимир Владимирович
д.м.н., профессор, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского; Медицинский университет «Реавиз», Саратов
maslyakov@inbox.ru
Ташухожаева Диана Тахировна
кандидат медицинских наук, Медицинский университет «Реавиз», г. Саратов

Аннотация. *Цель исследования*: обоснование экспериментального способа устранения последствий смоделированной минно-взрывной травмы мягких тканей и органов малого таза с тазовой эвентрацией. *Материалы и методы*. В качестве биологических моделей в эксперименте использовались 20 лабораторных животных — крыс, породы «Стандарт», массой 450±50 г. Моделирование минно-взрывной травмы мягких тканей и органов малого таза у находящихся под наркозом самок крыс, производили по ранее разработанной методике. После макро- и микроскопической оценки смоделированной минно-взрывной травмы приступали к устранению разрыва связочного аппарата с тазовой эвентрацией путем имплантирования трансплантатов путем лапаратомии. Для этого использовали непокрытый эндоскопический билиарный стент (WallFlex RX), который имплантировали самкам-крыс на 1 сутки после получения МВТ. Для сравнительной оценки животные были разделены на 2 группы по 10 крыс в каждой группе. Животным 1-ой группы для имплантирования использовался непокрытый эндоскопический билиарный стент, животным 2-ой группы — хирургические сетки Эсфил, выполненные из полипропиленовых мононитей диаметром 0,14 мм. По истечению 10 суток от момента установки трансплантатов забирался материал для морфологического исследования. *Результаты исследования*. При морфологическом исследовании, было подтверждено, что использование в качестве трансплантата непокрытого эндоскопического билиарного стента (WallFlex RX) приводит к более значимому устранению разрыва связочного аппарата и более значимому улучшению прочностных

характеристик оперированной минно-взрывной травмы. *Выводы*. Было подтверждено, что использование в качестве трансплантата непокрытого эндоскопического билиарного стента (WallFlex RX), приводит к более значимому устранению разрыва связочного аппарата и более значимому улучшению прочностных характеристик оперированной минно-взрывной травмы.

Ключевые слова: минно-взрывная травма, мягкие ткани и органы малого таза, экспериментальное моделирование, самки-крыс, устранения последствий смоделированной травмы, протезирование, морфологическая оценка.

Введение

Известен способ закрытия дефекта тазового дна после экстралеваторной брюшно-промежностной экстирпации прямой кишки с использованием пластины ксеноперикардиальной «Кардиоплант» [1], который заключается в восстановлении анатомической целостности диафрагмы таза с помощью трансплантата на основе биологического материала. После наложения швов на мышцы и анокопчиковую связку, пластину фиксируют П-образными швами. Перед этим гладкая сторона пластины обрабатывается противоспаечным гелем. Фиброзную сторону пластины располагают к мягким тканям промежности. Пластину адаптируют под размер дефекта, обеспечивая умеренное натяжение без образования складок. Лишнюю часть пластины удаляют и закрепляют её по краям непрерывным швом с помощью нерассасывающейся нити. Затем ушивается ишиоректальная клетчатка и кожа промежности. Этот метод восстанавливает целостность тазовой диафрагмы и снижает вероятность послеоперационных осложнений благодаря ускорению процесса заживления тканей.

Однако данный способ сложен и трудоемок. Существуют несколько недостатков использования проленовой сетки: во-первых, возможно наличие инородного тела, которое может контактировать с петлями тонкой кишки, требуя мер для изоляции кишечника; во-вторых, представленный метод ограничен в применении при обширных дефектах тазового дна, когда невозможно закрыть проленовую сетку снаружи на промежности подкожной жировой клетчаткой с кожей; в-третьих, существует риск отторжения трансплантата и возможные аллергические реакции при использовании биологических материалов.

Известен также способ оперативного лечения переломов вертлужной впадины [2], который включает следующие этапы: сначала осуществляют остеосинтез вертлужной впадины после отсечения большого вертела. Затем выполняют заднебоковой доступ к большому вертелу, который вместе с частью шейки и прикрепленными мышцами отсекают от бедренной кости у основания под углом к горизонтали, соответствующим шеечно-диафизарному углу, при этом плоскость остеотомии наклонена назад. После этого большой вертел отводят проксимально, а затем, после необходимых манипуляций на впадине, смещают в направлении головки и фиксируют.

Недостатком этого способа лечения переломов вертлужной впадины является отсечение большого вертела, что значительно повышает травматичность операции и усложняет восстановление функций отводящих мышц в послеоперационный период, что может привести к образованию у пациента послеоперационной контрактуры сустава. Более того, даже после проведенного остеосинтеза переломы вертлужной впадины могут спровоцировать развитие вторичного остеоартроза тазобедренного сустава. В дальнейшем проведение эндопротезирования через изменённые рубцовой тканью участки, а также создание имплантационных лож для тазовых и бедренных компонентов будут осложнены наличием в костной ткани винтов, шурупов и прочих металлических фиксаторов.

Известен способ моделирования взрывной травмы мягких тканей конечности с переломом бедренной кости [3], включающий нанесение травмы на предварительно выстриженную поверхность бедра находящегося под наркозом мелкого лабораторного животного — крысы. Травму наносят за счет организации взрыва путем подрыва взрывного заряда, в качестве которого используют пиротехническое изделие бытового назначения — обыкновенную терочную петарду Корсар-2, которую устанавливают в бедре крысы в непосредственной близости от кости — на расстоянии 0,5–0,8 см от нее, в канале длиной 2,0–2,5 см, сформированном в области расположения полусухожильной, полуперепончатой и двуглавой мышц бедра, через линейный разрез кожи длиной 0,8–1,0 см, выполненный в средней трети латеральной поверхности бедра крысы параллельно длиннику бедренной кости, для чего тупым способом, с помощью зажима, минимально травмируя ткани, раздвигают кожу и расслаивают мышцы бедра. Петарду Корсар-2 устанавливают таким образом, чтобы ее часть от места запала выступала на 2 см над поверхностью кожи, а оставшаяся часть располагалась в сформированном канале и частично, а именно на 0,3–1,0 см, выступала из контрапертуры на противоположной поверхности бедра. Для моделирования изолированной взрывной

травмы мягких тканей конечности с переломом бедренной кости используют крыс с массой тела 320±30 г.

Однако данный способ требует проведения несколько оперативных вмешательств, подбора взрывчатых элементов, что увеличивает срок моделирования.

Известен способ анализа результатов оказания хирургической помощи раненым и пострадавшим с эвентрацией внутренних органов живота [4]. Разработанная экспериментальная биологическая модель эвентрации у мелких и крупных животных позволяет достоверно воссоздать картину патологического состояния и провести комплекс сравнительных клинико-лабораторных, микробиологических, морфологических, микроциркуляторных исследований, направленных на оценку безопасности и эффективности штатных медицинских средств и опытных образцов повязок для защиты и увлажнения эвентрированных органов брюшной полости. Апробация лабораторных образцов медицинских изделий для защиты и увлажнения эвентрированных полых органов живота на мелких животных (крысах) показала, что использование асептической повязки-абдоминальной из нетканого материала «спанбонд» и пропитками винилин+силикон, позволяет снизить частоту инфицирования брюшной полости с 80,0 до 28,6 %, уменьшить частоту развития спаечного процесса с 55 до 25 %, предотвратить развитие перитонита и летальных исходов, тогда как в группе контроля в 53 % случаев развивался перитонит и отмечалась 20 %-ная летальность.

Однако данная асептическая повязка способствует только снижению частоты инфицирования и как следствие осложнений, но не стимулирует процессы репарации поврежденных анатомических структур.

В связи с вышеперечисленным, *цель исследования*: обоснование экспериментального способа устранения последствий смоделированной минно-взрывной травмы мягких тканей и органов малого таза с тазовой эвентрацией.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на 20 лабораторных крысах-самках породы «Стандарт» массой 200±50 г. Все манипуляции и содержание животных было регламентировано локальным этическим комитетом Медицинского университета «Реавиз» (протокол № 9, 10.09.2024). Условия содержания в виварии лабораторных животных регламентированы РД-АПК 3.10.07.02-09 «Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в виварiях научно-исследовательских институтов и учебных заведений», приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.04.2016 г. № 199н «Об утверждении правил надлежащей лабораторной практики», ГОСТ 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами» (актуализированным от 01.01.2021). Моделирование минно-взрывной травмы (МВТ) мягких тканей и органов малого таза у находящихся под наркозом самок крыс, производили путем нанесения травмы ударной волной, термическими повреждениями и повреждениями поражающими элементами на предварительно выстриженную поверхность тела животного, для моделирования разрыва стенок матки у самок животного с отделением ее от связок и от апоневроза Денон-Виллье, ограничивающего влагалище от прямой кишки. МВТ наносили пусковым устройством (ПУ) пружинного типа с резьбовыми патронами, имеющим гильзу с капсюлем-воспламенителем, пороховым зарядом, состоящим из порошкового магния и перхлората калия и сигнальной звездкой, массой 0,009 г, временем горения заряда 3–5 сек, с расстояния ± 5 см, при этом животное размещали в горизонтальном положении лежа на спине с разведенными и фиксированными задними лапами. Лапы фиксировали таким образом, чтобы участок промежности, подлежащий травматизации, находился под дульным срезом ПУ на расстоянии ± 5 см. ПУ ориентировали по вектору взрыва на промежность. Для приведения ПУ в рабочее положение устанавливали штифт ударного механизма в первый от дульного среза вырез на корпусе устройства. Отвернув ПУ от себя, ввинчивали резьбовой патрон в отверстие корпуса до упора и фиксировали ПУ рукой. Затем, удерживая прочно ПУ с резьбовым патроном в вытянутой вверх руке (под углом 90°), производили выстрел, для чего штифт был сдвинут в продольный паз. Выстрел производили в помещении с отсутствием ветра и внешних воздействий.

После выстрела проводили макроскопическую оценку поражения путем осмотра наружной поверхности области промежности: края ран были неровными, с мелкими надрывами, обожженными, в связи с чем сопоставить края ран не представлялось возможным (дефект «минус-ткань» по М.И. Райскому). После проведения наружного осмотра места поражения проводили рассечение мягких тканей таким образом, чтобы плоскость сечения была перпендикулярна поверхности кожи и проходила через центр области травмы. В ходе препарирования тканей, было уставлено, что входное отверстие продолжалось слепым раневым каналом глубиной около 3/4 толщи мышечно-фасциального слоя. Дефект мышечно-фасциального слоя отличался звездчатой формой и соответствовал размеру кожного дефекта. В раневом канале были обнаружены поражающие элементы, образовавшиеся при взрыве резьбового патрона и участок миометрия с полным разрывом стенки матки и отделением её от связок и от апоневроза Денон-Виллье, ограничивающего влагалище от прямой кишки.

В дальнейшем приступали к устранению разрыва связочного аппарата с тазовой эвентрацией путем имплантирования трансплантатов путем лапаратомии. Для этого использовали непокрытый эндоскопический билиарный стент (WallFlex RX), который имплантировали самкам-крыс на 1 сутки после получения МВТ. Для сравнительной оценки использования эндоскопического билиарного стента в ране после МВТ использовали хирургические сетки Эсфил, выполненные из полипропиленовых мононитей диаметром 0,14 мм. Для сравнительной оценки животные были разделены на 2 группы по 10 крыс в каждой группе. Животным 1-ой группы для имплантирования использовался непокрытый эндоскопический билиарный стент, животным 2-ой группы — хирургические сетки Эсфил, выполненные из полипропиленовых мононитей диаметром 0,14 мм. По истечению 10 суток от момента установки трансплантатов забирался материал для морфологического исследования.

Результаты исследования

Морфологическими признаками благоприятного течения регенеративного процесса при устранении разрыва связочного аппарата с тазовой эвентрацией путем имплантирования трансплантатов являются появление незрелого коллагена с отчетливыми процессами капилляризации 1, а также интеграцией непокрытого эндоскопического билиарного стента с мышечными волокнами в срок до 10 суток после операции при минимальной лейкоцитарной инфильтрации (рисунок 1); признаками неблагоприятного регенеративного процесса является отсутствие незрелого коллагена в срок до 10 суток после операции при выраженной лейкоцитарной инфильтрации 3, с визуализацией множественных кистозных образований, наличием клеток инородных тел, а также отмечающейся атрофией мышечного волокна 2, что наблюдается при морфологическом исследовании препаратов 2-ой группы (рисунок 2).

Таким образом, при морфологическом исследовании, было подтверждено, что использование в качестве трансплантата непокрытого эндоскопического билиарного стента (WallFlex RX) приводит к более значимому устранению разрыва связочного аппарата и более значимому улучшению прочностных характеристик опе-

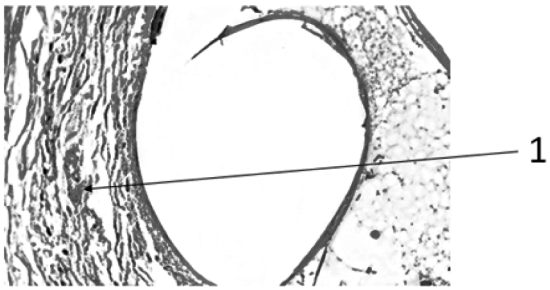

Рис. 1. Морфологическая картина образцов 1-ой группы

Примечание: цифрой 1 — показано появление незрелого коллагена с отчетливыми процессами капилляризации

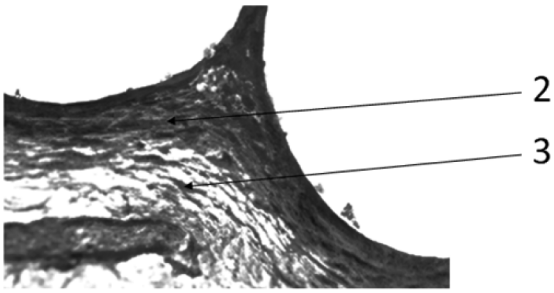

Рис. 2. Морфологическая картина образцов 2-ой группы
Примечание: цифрой 2 — показана атрофия мышечного волокна; цифрой 3 — инфильтрация лейкоцитами

рированной МВТ. Морфологические признаки зрелого коллагена послеоперационного рубца, минимальная лейкоцитарная инфильтрация, наличие в рубце фибробластов свидетельствуют о благоприятном характере регенеративного процесса и достаточном качестве выполненной операции путем имплантирования стента WallFlex RX.

Заключение

Таким образом, экспериментальным способом [5] было подтверждено, что использование в качестве трансплантата непокрытого эндоскопического билиарного стента (WallFlex RX), выполненного из металлического сплава — нитинола (отличающегося химической инертностью и не вызывающим реакции отторжения) приводит к более значимому устранению разрыва связочного аппарата и более значимому улучшению прочностных характеристик оперированной МВТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент RU 2636417, МПК A61B17/00, опубл. 23.11.2017. Шинкарев С.А., Латышев Ю.П., Клычева О.Н. Способ закрытия дефекта тазового дна после экстралеваторной брюшно-промежностной экстирпации прямой кишки с использованием пластины ксеноперикардиальной «Кардиоплант».
2. Патент RU 2360627, МПК A61B17/56, опубл. 20.12.2004. Вишняков А.А., Волокитина Е.А. Способ эндопротезирования тазобедренного сустава при переломах и посттравматических дефектах вертлужной впадины.
3. Патент RU 2748384, МПК A61B5/00, опубл. 25.05.2021. Шперлинг И.А. Шперлинг Н.В., Шулепов А.В., Романов П.А., Крупин А.В., Заргарова Н.И., Шперлинг М.И., Юркевич Ю.В., Серебряков В.А., Арутюнян А.А. Способ моделирования взрывной травмы мягких тканей конечности с переломом бедренной кости.
4. Адаменко В.Н. Разработка средств для устранения последствий ранения живота с эвентрацией и алгоритмов их применения (клинико-экспериментальное исследование): диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. 2023; 245 с.
5. Заявка на патент РФ на изобретение № 2025103927 от 21.02.2025. Полиданов М.А., Гавруков Д.С., Капралов С.В., Волков К.А., Кашихин А.А., Петрунькин Р.П., Ташухожаева Д.Т., Сулайманова Р.Т., Виноградова О.А., Ратушняк А.А., Горбунова Е.С., Чупахин Н.В., Сафронов Д.В., Ванжа Я.Е., Власова Т.В. Способ устранения последствий смоделированной минно-взрывной травмы мягких тканей и органов малого таза с тазовой эвентрацией.

© Капралов Сергей Владимирович (sergejkapralov@yandex.ru); Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru);
Гавруков Дмитрий Сергеевич; Волков Кирилл Андреевич; Масляков Владимир Владимирович (maslyakov@inbox.ru);
Ташухожаева Диана Тахировна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»