

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА МОДЕЛИРОВАНИЯ МИННО-ВЗРЫВНОЙ ТРАВМЫ МЯГКИХ ТКАНЕЙ И ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА У САМОК-КРЫС

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF MODELING OF MINE BLAST TRAUMA OF SOFT TISSUES AND PELVIC ORGANS IN FEMALE RATS

S. Kapralov
M. Polidanov
A. Yuanov
R. Petrunkin
A. Kashikhin
V. Maslyakov

Summary. The aim of the study is to develop a method of modeling the mine blast injury of soft tissues and pelvic organs in female rats. **Materials and Methods.** In connection with the purpose of the study a series of experiments were carried out on 24 laboratory female rats of the breed «standard» weighing 200 ± 50 g. **Results of the study.** The obtained experimental data confirm that the claimed method provides obtaining a reproducible model of mine-explosive trauma, will allow to use it for modeling the lesions corresponding to mine-explosive trauma (shock wave, thermal damage and damage by defeat elements) of soft tissues and pelvic organs in rats. **Conclusions:** The proposed method is simple enough to carry out, provides for the use of a starting device and threaded cartridges for the organization of the explosion instead of complex and expensive devices and devices, having a cartridge case with a primer-igniter, powder charge consisting of powder magnesium and potassium perchlorate and a signal star, the handling of which does not require special knowledge and skills, which are produced by domestic manufacturers and available for sale, does not require carrying out in the conditions of specially equipped premises or.

Keywords: mine blast trauma, soft tissues and pelvic organs, experimental modeling, female rats.

Капралов Сергей Владимирович

д.м.н., доцент, Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского
Минздрава России
sergejkapralov@yandex.ru

Полиданов Максим Андреевич

специалист научно-исследовательского отдела,
ассистент, Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanov@yandex.ru

Юанов Аслан Аскербиевич

д.м.н., ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского»
Минздрава России
maksim.polidanov@yandex.ru

Петрунькин Родион Павлович

Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanov@yandex.ru

Кашихин Андрей Андреевич

Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanov@yandex.ru

Масляков Владимир Владимирович

д.м.н., Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского;
д.м.н., профессор,
Медицинский университет «Реавиз», г.Саратов,
maslyakov@inbox.ru

Аннотация. Целью исследования является разработка способа моделирования минно-взрывной травмы мягких тканей и органов малого таза у самок-крыс. **Материалы и методы.** В связи с целью исследования были проведены серии экспериментов на 24 лабораторных крысах-самках породы «стандарт» массой 200 ± 50 г. **Результаты исследования.** полученные экспериментальные данные подтверждают, что заявляемый способ обеспечивает получение воспроизводимой модели минно-взрывной травмы, позволит использовать ее для моделирования поражений, соответствующих минно-взрывной травме (ударной волной, термического повреждения и повреждения поражающими элементами) мягких тканей и органов малого таза у крыс. **Выводы:** Предлагаемый способ достаточно прост в проведении, предусматривает использование для организации взрыва вместо сложных и дорогостоящих устройств и приспособлений пускового устройства и резьбовых патронов, имеющих гильзу с капсюлем-воспламенителем, пороховым зарядом, состоящим из порошкового магния и перхлората калия и сигнальной звездкой, обращение с которыми не требует специальных знаний и навыков, которые выпускаются отечественными производителями и доступны в продаже, не требует проведения в условиях специально оборудованных помещений или оснащенных площадок полигонов, практичен, в связи с чем доступен исследовательским группам при соблюдении техники безопасности.

Ключевые слова: минно-взрывная травма, мягкие ткани и органы малого таза, экспериментальное моделирование, самки-крыс.

Введение

Моделирование минно-взрывных травм (МВТ) в эксперименте на лабораторных животных, является необходимым условием для разработки новых, а также усовершенствования уже существующих способов лечения МВТ. Однако наиболее существенным недостатком имеющихся моделей МВТ является их труднодоступность, что обусловлено тем, что для их воспроизведения необходимы использование специальных средств в условиях военного полигона [1], электродетонаторов [2], гранат или самодельных взрывных устройств на основе пластида [3] и специальные разрешения. Кроме того, существующие способы, как правило, предполагают использование крупных экспериментальных животных (свиньи, собаки). Все указанное значительно суживает область их применения в экспериментальной медицине.

Известен способ моделирования минно-взрывного ранения [2], согласно которому ранение наносят с помощью электродетонатора ЭДП-р, предназначенного для инициирования взрыва в зарядах бризантных взрывчатых веществ, приводимых в действие электрическим импульсом (источник газопламенного компонента минно-взрывной травмы). В результате воздействия получают воспроизводимые местные повреждения кожи и скелетных мышц задней поверхности бедра подопытных животных, в качестве которых могут использоваться крысы. Для установки электродетонатора используют жесткий полиуретановый блок из газонаполненной пластмассы, имеющий прорезь в центре и обеспечивающий направленное воздействие газопламенного компонента взрывной травмы. Детонатор располагают на расстоянии 11 см от места повреждения. Размеры входного повреждения составляют в среднем 10 ± 2 мм, раневого канала — 18 ± 3 мм. После приведения в действие электродетонатора возникает направленная взрывная газовая струя, которая приводит к образованию обширных разрушений мягких тканей с наружным кровотечением и развитием общего коммоционно-контузионного синдрома. В случае воздействия газовой струи на достаточном расстоянии от места расположения костей удастся избежать их переломов.

К недостаткам указанного способа моделирования, предусматривающего проведение взрывных работ, относятся не только необходимость его реализации в условиях специального полигона, получение особого разрешения, но и высокая трудоемкость подготовительных работ.

Из уровня техники известен способ моделирования [4], согласно которому минно-взрывную травму наносят с помощью строительно-монтажных пистолетов (СМП) «СМП-3М» калибром 12 мм и «ПЦ-84» калибром 6,8 мм

без поршня с различной массой порохового заряда (0,38 г, 0,43 г, 0,55 г) (ОАО «Тульский оружейный завод», Россия) и поражающими элементами, для чего в стволе СМП на расстоянии 10 см от дульного среза размещают пыж в виде бумажной салфетки с завернутыми в нее стальными осколками размером 3–5×1,5 мм, общей массой 0,2 г. Использование СМП без поршня с размещенным в его стволе бумажным пыжом со стальными осколками, а также специально изготовленной стойки для прикрепления к столешнице позволяет обеспечить воздействие направленной ударной волны с вторичными ранящими агентами, то есть обеспечить имитацию взрыва и нанесение минно-взрывной травмы. Однако данный способ требует нескольких вмешательств, что увеличивает срок моделирования. К тому же для реализации способа требуется применение специально-разработанной стойки, состоящей из металлической пластины и закрепленного на ней диска с углублением под прижимную часть.

Наиболее близким к заявляемому является способ моделирования взрывной травмы мягких тканей конечности с переломом бедренной кости [5], 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.

В связи с вышесказанным, целью исследования является разработка способа моделирования минно-взрывной травмы мягких тканей и органов малого таза у самок-крыс.

Материалы и методы исследования

В связи с целью исследования были проведены серии экспериментов на 24 лабораторных крысах-самках породы «стандарт» массой 200 ± 50 г. Все манипуляции и условия содержания в виварии лабораторных животных регламентированы РД-АПК 3.10.07.02-09 «Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях 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).

Результаты и их обсуждение

Способ осуществляется следующим образом [6]. По стандартной методике проводили общую анестезию лабораторных животных за 30 минут до начала реализации заявляемого способа. Затем на области промежности лабораторного животного выстригали шерсть, оставляя шерстяной покров высотой не более 1–2 мм. МВТ моделировали с помощью однозарядного пускового устройства (ПУ) (рис. 1) пружинного типа, массой 56 г, габаритными размерами 120x14x14 мм (Россия, ООО «А+А»), с резьбовыми патронами (рис. 2), имеющими гильзу с капсюлем-воспламенителем, пороховым зарядом, состоящим из порошкового магния и перхлората

калия и сигнальной звездкой, высотой 32 мм, диаметром 17 мм, толщиной корпуса 1 мм, массой 0,009 г, временем горения заряда 3–5 сек (Россия, ООО «А+А»).

Однозарядное пусковое устройство пружинного типа содержит корпус, в верхней части которого выполнена резьба для установки резьбовых патронов. Внутри корпуса, в средней части, размещен ударник с пружиной для инициирования резьбовых патронов. В нижней части корпуса расположена ручка взвода (рис. 1).

Для моделирования МВТ, лабораторное 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. Пусковое устройство ориентировали по вектору взрыва на промежность. Для приведения устройства в рабочее положение устанавливали штифт ударного механизма в первый от дульного среза вырез на корпусе устройства. Отвернув устройство от себя, ввинчивали резьбовой патрон в отверстие корпуса до упора и фиксировали устройство рукой. Затем, удерживая прочно устройство с резьбовым патроном в вытянутой вверх руке (под углом 90°), производили выстрел, для чего штифт был сдвинут в продольный паз. Выстрел производился в помещении с отсутствием ветра и внешних воздействий.

После выстрела проводили макроскопическую оценку поражения путем осмотра наружной поверхности об-

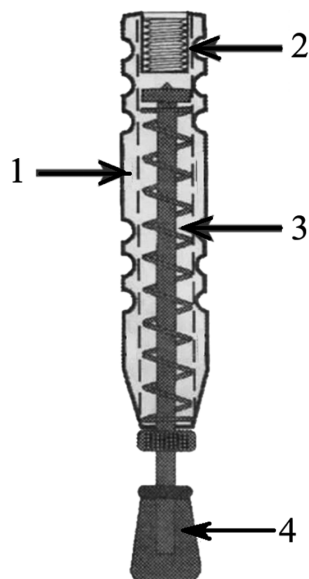


Рис. 1. На рисунке представлено однозарядное пусковое устройство.

Примечание: Позициями на чертеже обозначено: 1. — корпус пускового устройства; 2. — резьба для установки резьбовых патронов; 3. — ударник с пружиной для инициирования резьбовых патронов; 4. — ручка взвода

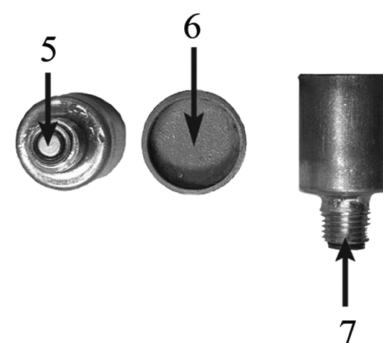


Рис. 2. На рисунке представлено устройство резьбового патрона.

Примечание: Позициями на чертеже обозначено: 5. — гильза с капсюлем-воспламенителем; 6. — пороховой заряд; 7. — резьбовой патрон

ласти 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.

Таким образом, использование ПУ пружинного типа и резьбовых патронов, имеющих гильзу с капсюлем-воспламенителем, пороховым зарядом, состоящим из порошкового магния и перхлората калия и сигнальной звездкой, позволяет получить ударную волну, формирующуюся от избыточного давления, возникающего в результате горения порохового заряда, состоящего из порошкового магния и перхлората калия, термическое повреждение области промежности вследствие горения порохового заряда, состоящего из порошкового магния и перхлората калия, повреждение вторичными ранящими элементами, образующимися при взрыве резьбового патрона, которые являются в данном случае травмирующими агентами.

Проведенная в дальнейшем морфологическая оценка позволила установить, что края разрыва неровные, с признаками размозженности и кровоизлияния. В окружающей ткани выраженное острое воспаление с большим количеством палочкоядерных лейкоцитов. Наблюдаются очаги коагуляционного некроза (рис. 3).

Кроме того, было установлено, что МВТ, полученные с использованием заявляемого способа, у всех подопытных животных были идентичны по характеру и степени тяжести повреждений мягких тканей, их локализации, форме, площади и глубине. У каждого лабораторного животного произошел полный разрыв стенок матки с отделением её от связок и от апоневроза Денон-Виллье, ограничивающего влагалище от прямой кишки.

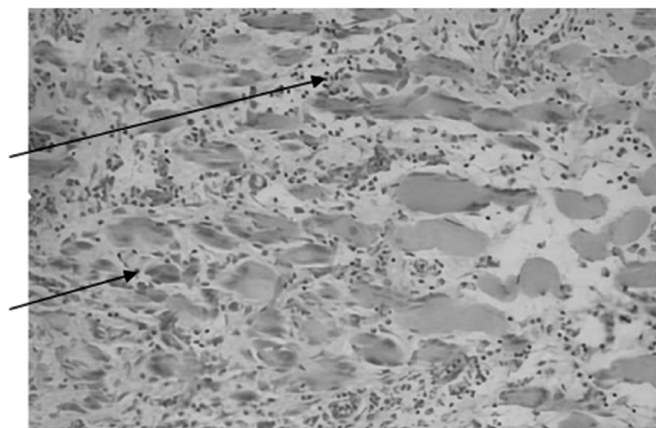


Рис. 3. Приведены результаты микроскопического исследования области таза лабораторных животных. *Примечание:* Позициями на рисунке обозначены: 8. очаги коагуляционного некроза; 9. палочкоядерные лейкоциты.

Характеристики, полученной МВТ у каждого лабораторного животного, в том числе размеры раны кожи и подкожно-жировой клетчатки (ПЖК), размеры мышечных ран и фасций, глубина ран, были фиксированы, а их средние значения в группе (М) и стандартные отклонения (m) представлены в таблице.

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают, что заявляемый способ обеспечивает получение воспроизводимой модели МВТ, позволит использовать ее для моделирования поражений, соответствующих МВТ (ударной волной, термического повреждения и повреждения поражающими элементами) мягких тканей и органов малого таза у крыс.

Заключение

Предлагаемый способ [6] достаточно прост в проведении, предусматривает использование для организации взрыва вместо сложных и дорогостоящих устройств и приспособлений ПУ и резьбовых патронов, имеющих гильзу с капсюлем-воспламенителем, пороховым зарядом, состоящим из порошкового магния и перхлората калия и сигнальной звездкой, обращение с которыми не требует специальных знаний и навыков, которые выпускаются отечественными производителями и доступны в продаже, не требует проведения в условиях специально оборудованных помещений или оснащенных площадок полигонов, практичен, в связи с чем доступен исследовательским группам при соблюдении техники безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев И.А., Титов Р.В., Шперлинг И.А. и др. Особенности взрывной травмы при использовании отдельных видов средств индивидуальной бронезащиты. Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2015; 3 (51): 128–132.
2. Венгерович Н.Г., Шперлинг И.А., Юркевич Ю.В. и др. Морфологическая характеристика посттравматической регенерации скелетных мышц при экспериментальной взрывной травме. Бюллетень сибирской медицины. 2015; 14 (4): 17–24
3. Mykhailusov R.N., Negoduiko V.V., Prihodko Yu.V. Biological layer design of fire wounds of soft tissues. Eksperimentalna i klinichna meditsyna. 2016; 4: 144–147.
4. Чиж Н.А., Ковалев Г.А., Белочкина И.В. и др. Модель минно-взрывной травмы. Клиническая хирургия. 2019; 86 (1): 61–64.
5. Патент РФ на изобретение № 2748384, МПК А61В5/00, 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.
6. Заявка на патент РФ на изобретение № 2024136032 от 02.12.2024. Полиданов М.А., Капралов С.В., Волков К.А., Петрунькин Р.П., Сулаев Е.В., Кашихин А.А., Масляков В.В., Аблаев Э.Э., Евсеев М.А. Способ моделирования минно-взрывной травмы мягких тканей и органов малого таза у лабораторных животных.

© Капралов Сергей Владимирович (sergejkapralov@yandex.ru); Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru);

Юанов Аслан Аскербиевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Петрунькин Родион Павлович (maksim.polidanoff@yandex.ru);

Кашихин Андрей Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Масляков Владимир Владимирович (maslyakov@inbox.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»