

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ НАВИГАЦИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОСКОЛОЧНЫХ РАНЕНИЙ МЯГКИХ ТКАНЕЙ

Маслов Я. Я.¹, Михайличенко В. Ю.², Паршин Д. С.³

¹ФГБОУ ВО «Луганский государственный медицинский университет имени Святого Луки» (ФГБОУ ВО «ЛГМУ им. Свт. Луки» Минздрава России), 291045, квартал 50-летия обороны Луганска, д. 1г, Луганск, Россия

²Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С. И. Георгиевского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» (Медицинский институт им. С. И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского»), 295051, бул. Ленина, 5/7, Симферополь, Россия

³ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет», 414000, ул. Бакинская, 121, Астрахань, Россия

Для корреспонденции: Маслов Ярослав Яковлевич, кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей и факультетской хирургии ФГБОУ ВО «ЛГМУ им. Свт. Луки» Минздрава России, e-mail: Maslov_dok@mail.ru

For correspondence: Yaroslav Y. Maslov, PhD, Associate Professor of the Department of General and Faculty Surgery, Saint Luka Lugansk State Medical University, e-mail: Maslov_dok@mail.ru

Information about authors:

Maslov Ya. Ya., <https://orcid.org/0000-0001-8088-1347>

Mykhaylichenko V. Yu., <https://orcid.org/0000-0003-4204-5912>

Parshin D. S., <http://orcid.org/0000-0002-1050-7716>

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: улучшить результаты оперативного лечения больных с инородными телами мягких тканей посредством применения интраоперационной ультразвуковой (УЗ) навигации. Материал и методы. С 2021 по 2023 гг. было проведено проспективное одноцентровое исследование типа «случай-контроль», в котором приняли участие 247 пациентов с осколочными ранениями. Всего выделено три группы: группа 1 (189 человек), которым проводились операции под ультразвуковой навигацией; группа 2 (23 человека), получившие стандартное хирургическое лечение; и группа 3 (35 человек), без удаления инородных тел. Результаты показали, что наименьшая продолжительность госпитализации наблюдалась в группе 1, составив $3,2 \pm 1,1$ дня. В группах 2 и 3 этот показатель был значительно выше: $8,4 \pm 3,1$ и $18,7 \pm 5,1$ дня соответственно ($p \leq 0,05$). Аналогичная тенденция наблюдалась и в длительности амбулаторного лечения, которая была минимальной в группе 1 ($14,2 \pm 4,3$ дня) по сравнению с группами 2 ($23,4 \pm 2,1$ дня) и 3 ($38,3 \pm 2,2$ дня) ($p \leq 0,05$). Осложнения были зафиксированы у 8 пациентов в группе 2 и у 15 в группе 3. Средняя продолжительность процедуры удаления инородных тел под УЗ-контролем (группа 1) составила $12,2 \pm 2,2$ минуты, что значительно меньше, чем при использовании стандартной хирургической методики ($61,6 \pm 4,5$ минуты) ($p \leq 0,05$). Длина хирургического разреза в группе 1 в среднем составила $1,5 \pm 0,3$ см, тогда как в группах со стандартными методами – $6,4 \pm 1,1$ см ($p \leq 0,05$). В контрольной группе (группа 3) у 42,8% пациентов (15 человек) возникли осложнения, связанные с оставлением инородного тела в ране. Заключение. Сравнение итогов лечения раненых с применением ультразвуковой экстракции инородных тел и традиционных подходов продемонстрировало значительные преимущества УЗ-навигации. Это дало возможность оптимизировать и упростить процедуру извлечения осколков, а также уменьшить период госпитализации пациентов и амбулаторного лечения.

Ключевые слова: осколочно-огнестрельные ранения, инородное тело, осколок, удаление, сонография, мягкие ткани

USE OF INTRAOPERATIVE ULTRASONIC NAVIGATION IN THE TREATMENT OF SHRAPNEL WOUNDS OF SOFT TISSUES

Maslov Ya. Ya.¹, Mykhaylichenko V. Yu.², Parshin D. S.³

¹Saint Luka Lugansk State Medical University, Lugansk, Russia

²Medical Institute named after S. I. Georgievsky of Vernadsky CFU, Simferopol, Russia

³Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia

SUMMARY

The aim: to improve the effectiveness of the surgical treatment of patients with foreign bodies in soft tissues using intraoperative ultrasound guidance. Materials and methods. A prospective single-center case-control study was conducted. A total of 247 patients with shrapnel and gunshot wounds were treated during the period 2021–2023. All patients were divided into group No. 1 – 189 patients operated under ultrasound guidance, group No. 2 – 23 patients treated in the surgical department using standard surgical techniques, and group No. 3 – 35 patients treated according to the recommendations of the International Committee of the Red Cross (foreign bodies were not removed). The results showed that the shortest duration of hospitalization was observed in group 1, amounting to 3.2 ± 1.1 days. In groups 2 and 3, this indicator was significantly higher: 8.4 ± 3.1 and 18.7 ± 5.1 days, respectively ($p \leq 0.05$). A similar trend was observed in the duration of outpatient treatment, which was minimal in group 1 (14.2 ± 4.3 days) compared to groups 2 (23.4 ± 2.1 days) and 3 (38.3 ± 2.2 days) ($p \leq 0.05$). The

complications were recorded in 8 patients in group 2 and 15 in group 3. The average duration of the procedure for removing foreign bodies under ultrasound guidance (group 1) was 12.2 ± 2.2 minutes, which is much less than using a standard surgical methodology (61.6 ± 4.5 minutes) ($p \leq 0.05$). The length of the surgical section in group 1 on average was 1.5 ± 0.3 cm, while in groups with standard methods - 6.4 ± 1.1 cm ($p \leq 0.05$). In the control group (group 3) 42.8% of patients (15 people) developed complications associated with retained foreign body in the wound. Conclusion. Comparison of the outcomes of treating the wounded using ultrasound-guided extraction of foreign bodies and traditional approaches demonstrated significant advantages of ultrasound navigation. This approach helped to significantly optimize and simplify the procedure for extracting fragments, as well as reduce the period of hospitalization of patients and outpatient treatment.

Key words: shrapnel and gunshot wounds, foreign body, fragment, removal, sonography, soft tissues

В условиях современных боевых действий ключевой целью передовых вооружений становится нейтрализация личного состава противника путем его ликвидации или нанесения тяжелых увечий, приводящих к инвалидности. Медицинские исследования показывают, что доля слепых ранений, вызванных осколками и огнестрельным оружием, составляет значительную часть – от 80 до 85% от всех случаев [1-3]. В связи с этим, перед медицинской службой стоит задача максимально эффективной и оперативной реабилитации пострадавших от взрывных и осколочных ранений.

Не удаленное вовремя инородное тело (ИТ) способно вызвать в организме ряд неблагоприятных реакций. Среди наиболее распространенных – гнойное воспаление, которое часто сопровождается формированием инфильтратов, абсцессов, перитонита и свищей. Возможен также некроз близлежащих тканей, повреждение сосудистых стенок с образованием гематом или аррозивных кровотечений и другие осложнения. Существует риск миграции инородных тел с последующим развитием негативных последствий [4-6]. Биологически инертные или малоактивные инородные тела провоцируют слабо выраженную воспалительную реакцию, которая приводит к постепенному формированию фиброзной капсулы. Инкапсулированные инородные тела могут оставаться в организме бессимптомно на протяжении длительного времени, иногда до нескольких лет или даже десятилетий, после чего под влиянием различных факторов может произойти обострение воспалительного процесса с развитием описанных выше осложнений [7; 8].

В условиях кризисных ситуаций, таких как природные катастрофы или вооруженные конфликты, вероятность попадания инородных тел в организм резко увеличивается. Меняется и характер этих тел: у военнослужащих чаще встречаются металлические осколки, в то время как у гражданского населения преобладают осколки стекла, пластика, дерева и камней [9-11].

Осколки, расположенные в труднодоступных для хирургического вмешательства областях (например, передняя брюшная стенка, ягодичная

область, таз, бедро) или вблизи крупных кровеносных сосудов (шея, подмышечная, подколенная области, паховые складки), часто остаются на месте из-за значительного хирургического риска или возможности неблагоприятного исхода операции [12-15]. В качестве перспективного метода для эффективного и безопасного удаления ИТ из мягких тканей рассматривается интраоперационное использование ультразвуковой (УЗ) аппаратуры [16-21]. Преимущества ультразвукового исследования включают отсутствие лучевой нагрузки, возможность определения глубины залегания инородного тела, обнаружение раневого канала, ведущего к месту его расположения (среди множества кожных повреждений), как потенциального пути извлечения под ультразвуковым контролем, а также визуализацию кровеносных сосудов, находящихся в непосредственной близости от инородного тела, с использованием доплеровских режимов.

УЗ навигация (УЗН), позволяет оперативно изменять плоскость сканирования, способна значительно ускорить оперативное вмешательство, повысить его эффективность и безопасность хирургических манипуляций [22-24].

Цель исследования: повышение эффективности хирургического вмешательства у пациентов с ИТ в мягких тканях за счет использования интраоперационной УЗН.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В проспективном одноцентровом исследовании «случай-контроль» был проведен анализ лечения 247 пациентов, поступивших в ГБУЗ «ЛГМБ №3» в период с 2021 по 2023 год с осколочными ранениями. Возраст пострадавших варьировался от 18 до 55 лет, составив в среднем 34,4 года.

В работе соблюдались этические принципы, предъявляемые Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki, 1964, ред. 2013). Исследование одобрено Комитетом по биомедицинской этике при ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» (протокол №4 от 06.05.2022 г.). Информаци-

рованное согласие получено от всех участников исследования.

Пациенты были разделены на группы в зависимости от примененного хирургического подхода. Основную группу (№1) составили 189 человек, операции которым выполнялись под УЗН, что позволяло с точностью определять локализацию инородных тел. Вторая группа (№2) включала 23 пациента с осколочными ранениями мягких тканей, получивших стандартное хирургическое лечение.

Контрольная группа (№3) состояла из 35 пациентов со «слепыми» осколочными ранениями мягких тканей, тактика ведения которых соответствовала рекомендациям Международного Коми-

тета Красного Креста (с отказом от извлечения инородных тел из мягких тканей). Сравнение групп проводилось по таким ключевым параметрам, как длительность стационарного и амбулаторного лечения, необходимость анестезиологического пособия, размер хирургического доступа и продолжительность оперативного вмешательства. Удаление ИТ из мягких тканей под УЗН выполнялось двумя способами: через раневой канал (рис. 1а, 1б) или путем формирования нового, оптимального хирургического доступа к ИТ, если первичный раневой канал был недоступен или его использование не являлось рациональным (рис. 2а, 2б).



Рис. 1 (а, б). Ультразвуковое сканирование по ходу имеющегося раневого канала
Fig. 1 (a, b). Ultrasound scanning along the existing wound channel

В перечень изъятых элементов входили: поражающие элементы касетных боеприпасов, гранат для подствольных гранатометов, танковых снарядов и мин, а также пули и их части.

Для выявления взаимосвязей между параметрами был задействован корреляционный модуль «Basic Statistics and Tables» программного пакета STATISTICA 6.0. Предварительная проверка показала, что распределение данных в каждой из исследуемых групп подчинялось закону нормального распределения. Для установления статистической достоверности различий между группами применялся t-критерий Стьюдента, при этом различия признавались статистически значимыми при уровне $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Наименьшая длительность стационарного лечения была в группе №1 и составила $3,2 \pm 1,1$ дня

в то же время в группах №2 и №3 она составила $8,4 \pm 2,1$ и $18,7 \pm 5,1$ соответственно. Разница между группой №1 и №2, так же группой №1 и №3 достоверна ($p \leq 0,05$).

Средняя длительность амбулаторного лечения оказалась наименьшей в группе №1 и составила $14,2 \pm 3,3$ дня, в то же время в группе №2 и №3 она составила $23,4 \pm 2,1$ и $38,3 \pm 2,2$ соответственно. Разница между группой №1 и №2, так же группой №1 и №3 достоверна ($p \leq 0,05$).

В первой группе осложнения возникли у 11 больных (5,8%). Анализ итогов терапии пациентов из второй группы выявил, что использование стандартных методов лечения по-прежнему связано с высоким риском возникновения осложнений: у восьми больных (34,7%) были зафиксированы локальные инфекционные процессы в области раны. В то же время наибольшее количество осложнений было в группе №3 - 15 (42,8%).

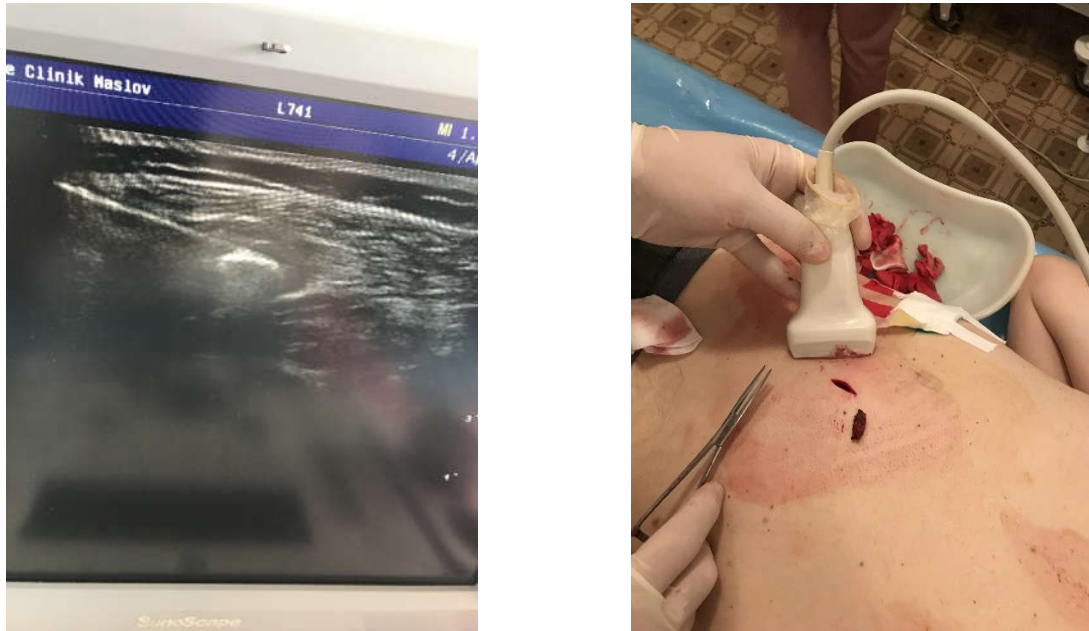


Рис. 2 (а, б). Ультразвуковое сканирование по ходу вновь сформированного раневого канала, идущего к осколку

Fig. 2 (a, b). Ultrasound scanning along the new wound channel passing to the fragment.

Продолжительность процедуры в группе с УЗН оказалась статистически достоверно меньшей. При применении стандартной методики этот показатель возрастал кратно ($p \leq 0,05$). Не менее значимым преимуществом стало существенное уменьшение длины хирургического разреза: в группе УЗН он был более чем в 4 раза

длиннее в сравнении с группой, где применялись стандартные методы ($p \leq 0,05$). Ключевым фактором, подчеркивающим атравматичность метода, является упрощение хирургического вмешательства, что позволило полностью отказаться от использования общей анестезии (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика операций под УЗ-контролем и стандартной хирургической методики.

Table 1. Comparative characteristics of operations under ultrasound control and standard surgical techniques.

Показатель	Группа №1 n=189	Группа №2 n=23
Средняя продолжительность манипуляции, мин	12,2±2,2	61,6±4,5*
Средняя протяженность операционной раны, см	1,5±0,3	6,4±1,1*

Примечание: * - значения при $p \leq 0,05$.

В контрольной группе, где хирургическое удаление ИТ не проводилось, осложнения задержали выздоровление 42,8% пациентов (15 человек). Оставшиеся фрагменты ощущались пациентами в мягких тканях, вызывая порой нестерпимую боль в месте повреждения, скользящее неприятное ощущение и ограничивая подвижность поврежденной конечности. Контрастом служило полное отсутствие по-

добных жалоб в исследуемых группах №1 и №2.

Сравнительный анализ продемонстрировал комплекс проблем, возникающих у хирурга при традиционном удалении инородного тела: извитой ход раневого канала, недостаток анатомических ориентиров, подвижность фрагмента в глубине раны, его кажущееся смещение под влиянием локального обезболивания.

Эти факторы приводили к необходимости использования общего обезболивания, превращали операцию в длительный и утомительный процесс, требовали обширных хирургических разрезов, увеличивали риск кровотечений и гнойных осложнений, тем самым заставляя пациента проходить длительное лечение в больничных условиях.

ОБСУЖДЕНИЕ

В неотложной медицинской помощи ультразвуковое исследование ценится за мобильность и возможность оперативной диагностики различных повреждений. Классическим примером служит выявление инородных тел, внедрившихся в мягкие ткани в результате высокоэнергетических проникающих травм, таких как огнестрельные или осколочные ранения. Использование УЗИ для контроля повысило результативность хирургического извлечения осколков из мягких тканей, расширив границы их удаляемости [25]. Традиционным диагностическим инструментом визуализации является рентгеноскопия, включая применение С-дуги. Anthony J. W. и Peramaki E. R. указывали на достаточную диагностическую ценность рентгенологических методов [26; 27]. Однако, помимо лучевой нагрузки, некоторые инородные тела не видны на рентгеновских снимках, что существенно ограничивает эффективность этого подхода. В то же время ультразвуковое сканирование позволяет визуализировать сосуды, находящиеся рядом с инородным телом, что является важным преимуществом при хирургическом вмешательстве [28].

Анализ лечения пациентов с ИТ в мягких тканях продемонстрировал убедительное преимущество интраоперационной УЗН: она позволила прецизионно уменьшить размер хирургического доступа, отказаться от наркоза, и – как следствие – повысить успешность операции и значительно сократить время ее проведения. Минимальный размер операционной раны обеспечил гладкое течение раннего послеоперационного периода в исследуемой группе № 1, что, в свою очередь, радикально сократило сроки пребывания в стационаре и амбулаторного лечения.

Изучение полученных данных позволило заключить, что иссечение ИТ в сочетании с интраоперационным УЗИ достоверно уменьшает период госпитализации и амбулаторного наблюдения у пострадавших. Несмотря на широкое и повсеместное применение УЗ в диагностике различной патологии имеются лишь единичные исследования по эффективности данного метода при осколочных ранениях [29]. Конечно, в связи с постоянным совершенствованием УЗ аппаратных комплексов возможности этого метода будут расширяться.

Заключение. Сравнение итогов лечения раненых с применением ультразвуковой экстракции инородных тел и традиционных подходов продемонстрировало значительные преимущества УЗ-навигации. Это дало возможность ощутимо оптимизировать и упростить процедуру извлечения осколков, а также уменьшить период госпитализации пациентов и амбулаторного лечения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors have no conflict of interests to declare

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко М. В., Переходов С. Н. Военно-полевая хирургия. Диагностика, лечение и медпомощь раненым с хирургической патологией. М.: Издательство МЕДПРОФ; 2023.
2. Военно-полевая хирургия. Национальное руководство. Под ред. И. М. Самохвалова. М.: ГЭ-ОТАР-Медиа; 2024.
3. Чантырь И. В., Завгороднев К. Д., Бельченко В. А. Анализ качества оказания хирургической помощи пациентам с последствиями огнестрельных боевых ранений челюстно-лицевой области. Медицинский алфавит. 2024;(11):53-61. doi:10.33667/2078-5631-2024-11-53-61.
4. Baum G. R., Baum J. T., Hayward D., MacKay B. J. Gunshot Wounds: Ballistics, Pathology, and Treatment Recommendations, with a Focus on Retained Bullets. Orthop Res Rev. 2022;14:293-317. doi: 10.2147/ORR.S378278.
5. Smith R.N., Tracy B.M., Smith S., Johnson S., Martin N.D., Seamon M.J. Retained Bullets After Firearm Injury: A Survey on Surgeon Practice Patterns. J Interpers Violence. 2022;37(1-2):NP306-NP326. doi: 10.1177/0886260520914557.
6. Faguy K. Imaging foreign bodies. Radiol Technol. 2014;85(6):655-78.
7. Rich N. M. Shrapnel Wounds. JAMA. 1967;202(3):245. doi:10.1001/jama.1967.03130160119038
8. Eylon S., Mosheiff R., Liebergall M., Wolf E., Brocke L., Peyser A. Delayed reaction to shrapnel retained in soft tissue. Injury. 2005;36(2):275-281. doi:10.1016/j.injury.2004.09.005.
9. Rooks V. J, Shiels W. E., Murakami J. W. Soft tissue foreign bodies: A training manual for sonographic diagnosis and guided removal. J Clin Ultrasound. 2020;48(6):330-336. doi: 10.1002/jcu.22856.
10. Hanna T.N., Shuaib W., Han T., Mehta A., Khosa F. Firearms, bullets, and wound ballistics: an imaging primer. Injury. 2015;46(7):1186-96. doi: 10.1016/j.injury.2015.01.034.
11. Veselko M., Trobec R. Intraoperative localization of retained metallic fragments in

missile wounds. *J Trauma*. 2000;49(6):1052-8. doi: 10.1097/00005373-200012000-00013.

12. Andrade E.G., Uberoi M., Hayes J.M., Thornton M., Kramer J., Punch L. J. The impact of retained bullet fragments on outcomes in patients with gunshot wounds. *Am J Surg*. 2022;223(4):787-791. doi:10.1016/j.amjsurg.2021.05.022.

13. Pinto A., Russo A., Reginelli A., Iacobellis F., Di Serafino M., Giovine S., Romano L. Gunshot Wounds: Ballistics and Imaging Findings. *Semin Ultrasound CT MR*. 2019;40(1):25-35. doi:10.1053/j.sult.2018.10.018.

14. Snider E. J., Hernandez-Torres S. I., Avital G., Boice E. N. Evaluation of an Object Detection Algorithm for Shrapnel and Development of a Triage Tool to Determine Injury Severity. *Journal of Imaging*. 2022;8(9):252. doi:10.3390/jimaging8090252.

15. Savoia P., Jayanthi S.K., Chammass M.C. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST). *J Med Ultrasound*. 2023;31(2):101-106. doi:10.4103/jmu.jmu_12_23.

16. Зубов А. Д., Сенченко О. В., Черняева Ю. В. Ультразвуковая визуализация инородных тел мягких тканей. *Медицинская визуализация*. 2016;(6):125-132.

17. Дадаян А. Р., Белик Б. М., Тенчури Р. Ш., Болоцков А. С. Опыт удаления глубококоряположенного инородных тел мягких тканей шеи под ультразвуковым контролем у пациента после осколочного ранения. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*. 2024;17(2):66-71. doi:10.18499/2070-478X-2024-17-2-66-71.

18. Yao Y., Pan Y., Liu S. Power ultrasound and its applications: A state-of-the-art review. *Ultrason Sonochem*. 2020;62:104722. doi:10.1016/j.ultrsonch.2019.104722.

19. Fagan P., Geiger C. D., Chenji G., Preston D. C. Neuromuscular ultrasound findings in gunshot wounds. *Muscle & Nerve*. 2024;69(4):416-421. doi:10.1002/mus.28048

20. Ditkofsky N., Nair J. R., Frank Y., Mathur Sh., Nanda B., Moreland R., Rotman J. A. Understanding Ballistic Injuries. *Radiologic Clinics of North America*. 2023;(61)1:119-128. doi:10.1016/j.rcl.2022.08.005.

21. Snider E. J., Hernandez-Torres S. I., Boice, E.N. An image classification deep-learning algorithm for shrapnel detection from ultrasound images. *Sci Rep*. 2022;12:8427. doi:10.1038/s41598-022-12367-2.

22. Hill R. Ultrasound for the detection of foreign bodies in human tissue. *Annals of emergency medicine*. 1997;29(3):353-6. doi:10.1016/s0196-0644(97)70347-0.

23. Bloom B. A., Gibbons R. C. Focused Assessment with Sonography for Trauma. *StatPearls*. 2024. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470479/>. (Дата обращения: 29.08.2024).

24. Xu Y., Wang R., Zhu M., Li X., Pan X., Ni T., Zhou S. Diagnostic value of dynamic-extended focused assessment with sonography for trauma in patients with multiple trauma. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2018J;30(1):61-66. doi:10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.01.012.

25. Sodagari F., Katz D. S., Menias Ch. O., Moshiri M., Pellerito J. S., Mustafa A., Revzin M. V. Imaging Evaluation of Abdominopelvic Gunshot Trauma. *RadioGraphics*. 2020; 40: 1766-1788. doi: 10.1148/rg.2020200018

26. Anthony J. W. Gunshot Injuries: What Does a Radiologist Need to Know? *Radio Graphics*. 1999;19(5):1358. doi:10.1148/radiographics.19.5.g99se171358.

27. Peramaki E. R. Pictorial Review of Radiographic Patterns of Injury in Modern Warfare: Imaging the Conflict in Afghanistan. *Canadian Association of Radiologists Journal*. 2011;62(2):90-106. doi:10.1016/j.carj.2010.03.005.

28. Rudenko M. X-ray diagnostics of gunshot wounds of main vessels of the limbs: theoretical analysis. *ScienceRise: Medical Science*. 2023;4(55):24-28. doi:10.15587/2519-4798.2023.291217.

29. Shankar H., Cummings C. Ultrasound Imaging of Embedded Shrapnel Facilitates Diagnosis and Management of Myofascial Pain Syndrome. *Pain Pract*. 2013;13:405-408. doi:10.1111/papr.12002.

REFERENCES

1. Lysenko M.V., Perekhodov S.N. *Combat surgery*. Moscow: MEDPROF; 2023. (In Russ.).

2. *Combat surgery. National guideline*. I. M. Samokhvalov eds. Moscow: GEOTAR-Media; 2024. (In Russ.).

3. Chantyr I. V., Zavgorodnev K. D., Belchenko V. A. Analysis of the quality of surgical care for patients with consequences of gunshot combat wounds of the maxillofacial area. *Medical alphabet*. 2024;(11):53-61. (In Russ.) doi:10.33667/2078-5631-2024-11-53-61.

4. Baum G. R., Baum J. T., Hayward D., MacKay B. J. Gunshot Wounds: Ballistics, Pathology, and Treatment Recommendations, with a Focus on Retained Bullets. *Orthop Res Rev*. 2022;14:293-317. doi: 10.2147/ORR.S378278.

5. Smith R.N., Tracy B.M., Smith S., Johnson S., Martin N.D., Seamon M.J. Retained Bullets After Firearm Injury: A Survey on Surgeon Practice Patterns. *J Interpers Violence*. 2022;37(1-2):NP306-NP326. doi: 10.1177/0886260520914557.

6. Faguy K. Imaging foreign bodies. *Radiol Technol*. 2014;85(6):655-78.

7. Rich N. M. Shrapnel Wounds. *JAMA*. 1967;202(3):245. doi:10.1001/jama.1967.03130160119038.

8. Eylon S., Mosheiff R., Liebergall M., Wolf E., Brocke L., Peyser A. Delayed reaction to shrapnel retained in soft tissue. *Injury*. 2005;36(2):275-281. doi:10.1016/j.injury.2004.09.005.
9. Rooks V. J., Shiels W. E., Murakami J. W. Soft tissue foreign bodies: A training manual for sonographic diagnosis and guided removal. *J Clin Ultrasound*. 2020;48(6):330-336. doi: 10.1002/jcu.22856.
10. Hanna T.N., Shuaib W., Han T., Mehta A., Khosa F. Firearms, bullets, and wound ballistics: an imaging primer. *Injury*. 2015;46(7):1186-96. doi: 10.1016/j.injury.2015.01.034.
11. Veselko M., Trobec R. Intraoperative localization of retained metallic fragments in missile wounds. *J Trauma*. 2000;49(6):1052-8. doi: 10.1097/00005373-200012000-00013.
12. Andrade E.G., Uberoi M., Hayes J.M., Thornton M., Kramer J., Punch L. J. The impact of retained bullet fragments on outcomes in patients with gunshot wounds. *Am J Surg*. 2022;223(4):787-791. doi:10.1016/j.amjsurg.2021.05.022.
13. Pinto A., Russo A., Reginelli A., Iacobellis F., Di Serafino M., Giovine S., Romano L. Gunshot Wounds: Ballistics and Imaging Findings. *Semin Ultrasound CT MR*. 2019;40(1):25-35. doi:10.1053/j.sult.2018.10.018.
14. Snider E. J., Hernandez-Torres S. I., Avital G., Boice E. N. Evaluation of an Object Detection Algorithm for Shrapnel and Development of a Triage Tool to Determine Injury Severity. *Journal of Imaging*. 2022;8(9):252. doi:10.3390/jimaging8090252.
15. Savoia P., Jayanthi S.K., Chammass M.C. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST). *J Med Ultrasound*. 2023;31(2):101-106. doi:10.4103/jmu.jmu_12_23.
16. Zubov A. D., Senchenko O. V., Chernyaeva Yu. V. Ultrasound Imaging of Soft Tissue Foreign Bodies. *Medical Visualization*. 2016;(6):125-132. (In Russ.).
17. Dadayan A. R., Belik B. M., Tenchurin R. Sh., Bolotskov A. S. Ultrasound-Guided Removal of Deep-Lying Foreign Bodies of the Soft Neck Tissue In a Patient with a Shrapnel Wound. *Journal of experimental and clinical surgery*. 2024; 17: 2: 66-71. (In Russ.). doi:10.18499/2070-478X-2024-17-2-66-71.
18. Yao Y., Pan Y., Liu S. Power ultrasound and its applications: A state-of-the-art review. *Ultrason Sonochem*. 2020;62:104722. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.104722.
19. Fagan P., Geiger C.D., Chenji G., Preston D.C. Neuromuscular ultrasound findings in gunshot wounds. *Muscle & Nerve*. 2024;69(4):416-421. doi:10.1002/mus.28048.
20. Ditkofsky N., Nair J. R., Frank Y., Mathur Sh., Nanda B., Moreland R., Rotman J. A. Understanding Ballistic Injuries. *Radiologic Clinics of North America*. 2023;(61)1:119-128. doi:10.1016/j.rcl.2022.08.005.
21. Snider E. J., Hernandez-Torres S. I., Boice, E.N. An image classification deep-learning algorithm for shrapnel detection from ultrasound images. *Sci Rep*. 2022;12:8427. doi:10.1038/s41598-022-12367-2.
22. Hill R. Ultrasound for the detection of foreign bodies in human tissue. *Annals of emergency medicine*. 1997;29(3):353-6. doi:10.1016/s0196-0644(97)70347-0.
23. Bloom B. A., Gibbons R. C. Focused Assessment With Sonography for Trauma. *StatPearls*. 2024. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470479/>. (Accessed 29.08.2024).
24. Xu Y., Wang R., Zhu M., Li X., Pan X., Ni T., Zhou S. Diagnostic value of dynamic-extended focused assessment with sonography for trauma in patients with multiple trauma. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2018J;30(1):61-66. doi:10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.01.012.
25. Sodagari F., Katz D. S., Menias Ch. O., Moshiri M., Pellerito J. S., Mustafa A., Revzin M. V. Imaging Evaluation of Abdominopelvic Gunshot Trauma. *RadioGraphics*. 2020;40:1766-1788. doi:10.1148/rg.2020200018.
26. Anthony J. W. Gunshot Injuries: What Does a Radiologist Need to Know? *RadioGraphics*. 1999;19(5):1358. doi:10.1148/radiographics.19.5.g99se171358.
27. Peramaki E. R. Pictorial Review of Radiographic Patterns of Injury in Modern Warfare: Imaging the Conflict in Afghanistan. *Canadian Association of Radiologists Journal*. 2011;62(2):90-106. doi:10.1016/j.carj.2010.03.005.
28. Rudenko M. X-ray diagnostics of gunshot wounds of main vessels of the limbs: theoretical analysis. *ScienceRise: Medical Science*. 2023;4(55):24-28. doi:10.15587/2519-4798.2023.291217.
29. Shankar H., Cummings C. Ultrasound Imaging of Embedded Shrapnel Facilitates Diagnosis and Management of Myofascial Pain Syndrome. *Pain Pract*. 2013;13:405-408. doi:10.1111/papr.12002.