

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО 3D-ИМПЛАНТАТА В СОЧЕТАНИИ С ИНДУЦИРОВАННОЙ МЕМБРАНОЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОГНЕСТРЕЛЬНОГО ДИАФИЗАРНОГО ДЕФЕКТА КОСТЕЙ ГОЛЕНИ

APPLICATION OF A CUSTOM 3D IMPLANT COMBINED WITH INDUCED MEMBRANE IN THE TREATMENT OF GUNSHOT DIAPHYSEAL DEFECT OF LEG BONES

Мазитов Д.М. Mazitov D.M.
Гальцев Г.А. Galtcev G.A.
Вирко В.А. Virko V.A.

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны России,
СПб ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн» Минздрава России,
г. Санкт-Петербург, Россия

S.M. Kirov Military Medical Academy,
Hospital for War Veterans,
St. Petersburg, Russia

Огнестрельные переломы длинных костей с обширными дефектами представляют сложную проблему в военно-полевой хирургии и травматологии.

Цель — представить клинический опыт реконструктивного лечения пациента с огнестрельным переломом костей голени, осложненным обширным дефектом костной ткани, с применением метода индуцированной биологической мембраны в сочетании с индивидуально изготовленным 3D-имплантатом.

Материалы и методы. В работе описан клинический случай реконструктивного лечения пациента с открытым огнестрельным переломом костей голени, осложненным обширным дефектом костной ткани. Хирургическое вмешательство проводилось этапно, с применением метода индуцированной мембраны в сочетании с индивидуально спроектированным 3D-имплантатом. Оценка отдаленных результатов лечения выполнена через 18 месяцев после оперативного вмешательства. Для объективной оценки функциональных исходов применялись валидизированные клинические шкалы LEFS (Lower Extremity Functional Scale) и AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score). Инструментальная диагностика включала рентгенографию и мультисрезовую компьютерную томографию.

Результаты. Приведенный клинический пример демонстрирует успешное лечение пациента с огнестрельным дефектом костей голени. Использование индуцированной мембраны в сочетании с индивидуальным диафизарным 3D-имплантатом способствовало раннему восстановлению функции конечности и снижению риска послеоперационных осложнений.

Заключение. Метод индуцированной мембраны в сочетании с 3D-печатными биоматериалами эффективен при лечении костных дефектов, особенно огнестрельного происхождения. Мембрана стимулирует ангиогенез и остеогенез, снижает риск инфекций и обеспечивает стабильную

Gunshot fractures of long bones with extensive defects present a significant challenge in military field surgery and traumatology.

Objective — to present the clinical experience of reconstructive treatment of a patient with a gunshot fracture of the leg bones complicated by an extensive bone defect, using the induced biological membrane technique in combination with a custom-made 3D implant.

Materials and methods. This work describes a clinical case of reconstructive treatment of the patient with an open gunshot fracture of the leg bones complicated by an extensive bone defect. The surgical intervention was performed in stages using the induced membrane technique in combination with the custom-designed 3D implant. The evaluation of long-term treatment outcomes was conducted 18 months after the surgery. Validated clinical scales, including the Lower Extremity Functional Scale (LEFS) and the American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) score, were used for objective assessment of functional outcomes. Instrumental diagnostics included radiography and multislice computed tomography.

Results. The presented clinical case demonstrates the successful treatment of the patient with a gunshot-induced defect of the tibial bones. The use of the induced membrane technique in combination with the custom-made 3D diaphyseal implant contributed to the early restoration of limb function and reduced the risk of postoperative complications.

Conclusion. The induced membrane technique combined with 3D-printed biomaterials is effective for treating bone defects, particularly those of gunshot origin. The membrane stimulates angiogenesis and osteogenesis, reduces the risk of infection, and ensures stable osseointegration.



Для цитирования: Мазитов Д.М., Гальцев Г.А., Вирко В.А. ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО 3D-ИМПЛАНТАТА В СОЧЕТАНИИ С ИНДУЦИРОВАННОЙ МЕМБРАНОЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОГНЕСТРЕЛЬНОГО ДИАФИЗАРНОГО ДЕФЕКТА КОСТЕЙ ГОЛЕНИ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2025. № 3. С. 95-100.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/592>

DOI: 10.24412/1819-1495-2025-3-95-100

остеоинтеграцию имплантатов, что особенно важно при обширных повреждениях длинных костей.

Ключевые слова: огнестрельные переломы; трехмерная печать; индуцированная мембрана; клинический случай; имплантат

gration of the implant, which is especially important for extensive long bone injuries.

Keywords: gunshot fractures; 3D printing; induced membrane; clinical case; implant

Лечение пациентов с огнестрельными переломами длинных костей, сопровождающимися обширными костными дефектами, остается одной из наиболее сложных задач современной травматологии и военно-полевой хирургии. В последние десятилетия частота повреждений конечностей при военных конфликтах превышает 60–70 % и остается на высоком уровне, без тенденции к снижению. Травмы нижних конечностей, обусловленные значительным числом ранений от минно-взрывных устройств, встречаются примерно вдвое чаще, чем повреждения верхних конечностей [1].

Основные клинические трудности при лечении огнестрельных переломов обусловлены несколькими факторами. Во-первых, высокая степень микробной контаминации раневого канала вследствие попадания частиц почвы, элементов одежды и фрагментов ранящего снаряда создает значительный риск инфекционных осложнений [2]. Во-вторых, обширное повреждение мягких тканей формирует дополнительные входные ворота для инфекции. В-третьих, объективные трудности своевременной эвакуации с поля боя приводят к задержке первичной хирургической обработки, что усугубляет прогноз [3, 4].

Традиционными методами замещения костных дефектов длинных костей являются трансплантация аутокости и несвободная костная пластика по Илизарову, однако они имеют ряд недостатков. Ауто-трансплантация сопровождается дополнительной травмой донорской зоны, ограничением объема пластического материала, риском резорбции трансплантата и увеличением времени операции, что снижает эффективность и безопасность метода [5, 6]. Второй вариант требует длительного лечения в аппарате внешней фиксации и проведения множества дополнительных оперативных вмешательств. В связи с этим возникает необходимость

поиска альтернативных решений [3, 7].

В этом контексте особый интерес представляют современные технологии индивидуального 3D-протезирования, которые уже доказали свою эффективность в челюстно-лицевой хирургии, нейрохирургии и ортопедической онкологии [8]. Перспективным направлением является комбинация аддитивных технологий с методом индуцированной мембраны по Masquelet [6, 9]. Применение индуцированной костной мембраны впервые подробно описано французским хирургом в начале 2000-х годов, она позволяет создать оптимальные условия для регенерации, стимулируя ангиогенез и остеогенез даже в условиях выраженного воспалительного процесса [9, 10]. В представленном клиническом случае рассматривается опыт успешного применения индивидуального 3D-имплантата в комбинации с техникой индуцированной мембраны при лечении военнослужащего с обширным диафизарным дефектом костей голени огнестрельного генеза. Данный опыт может быть полезен для разработки оптимальных алгоритмов лечения аналогичных повреждений в условиях как военной, так и гражданской хирургии [8, 9, 11].

Клиническое наблюдение описано с соблюдением этических норм Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» и «Правил клинической практики в Российской Федерации», утвержденных приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. От пациента получено добровольное информированное согласие на публикацию в открытой печати его медицинских данных.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Пациент Т.Д., согласно представленной первичной медицинской документации, 19.06.2023 получил травму в результате минно-взрыв-

ного ранения, был госпитализирован в стационар, где диагностировано минно-взрывное ранение, осколочное ранение мягких тканей левой голени с многооскольчатый переломом костей левой голени в средней-нижней трети, дефектом мягких тканей, дефектом костной ткани. Выполнены первичная хирургическая обработка раны левой голени, внеочаговый остеосинтез костей левой голени аппаратом комплекта стержневого военно-полевого.

Пациент 03.08.2023 санитарным транспортом переведен в СПб ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн», где проведено клиническое обследование. Диагностирована рана средней трети левой голени с обширным дефектом мягких тканей по передней поверхности с признаками воспаления, в ране визуализировались концы отломков большеберцовой и малоберцовой костей. Отмечалось ограничение функции конечности. Пульсация в дистальных отделах стопы сохранена. Чувствительность не нарушена. По результатам выполненного рентгенографического исследования определен оскольчатый перелом костей левой голени в средней трети с выраженным костным дефектом. Повреждение классифицировано как тип IIIB согласно классификации открытых переломов Gustilo-Anderson. Тяжесть травмы по шкале AIS (Abbreviated Injury Scale) составила 4 балла.

03.08.2023 произведена хирургическая обработка раны, некротомия, адаптирующая резекция костных отломков и санация инфекционного очага. В костный дефект установлен антибактериальный цементный спейсер. Закрывание мягкотканного дефекта выполнено перемещенным лоскутом. Для восстановления правильной оси и длины конечности выполнена внеочаговая чрескостная фиксация с использованием спице-стержневого аппарата. Дефект большеберцовой кости составил 10 см (рис. 1).

На фоне удовлетворительного состояния после первого этапа оперативного лечения была проведена ранняя активизация пациента с последующим наблюдением. Пациенту было предложено продолжить лечение в аппарате Илизарова, от чего он категорически отказался, поэтому выбран альтернативный вариант лечения — замещение костного дефекта с помощью индивидуального 3D-имплантата. Все риски разъяснены в доступной форме, получено согласие на операцию. Выполнена компьютерная томография (КТ) нижних конечностей, по результатам КТ напечатана 3D-модель изделия. Получен имплантат ячеистой структуры для улучшенной остеоинтеграции, глубиной 2 мм (рис. 2, 3). Материал имплантата — Ti-6-Al-4-V (ГОСТ Р ISO 5832-3), размеры: $10,2 \times 2,2\text{--}2,5$ см, со сквозным отверстием $D = 12$ мм.

По истечении сроков для необходимого образования мембраны Masquelet, после заживления мягких тканей и при компенсации лабораторных показателей 04.09.2023 выполнен демонтаж аппарата Илизарова, удаление цементного спейсера (рис. 4), по направлению выполнена резекция замыкательных пластинок концов большеберцовой кости (рис. 5) и установка диафизарного 3D-имплантата, с последующим остеосинтезом с помощью интрамедуллярного стержня (рис. 6, рис. 7). Раны ушиты, и выполнено дренирование по Редону.

Рисунок 1. Рентгенография костей голени после завершения начального этапа операции

Figure 1. Radiograph of the leg bones after completion of the initial stage of surgery

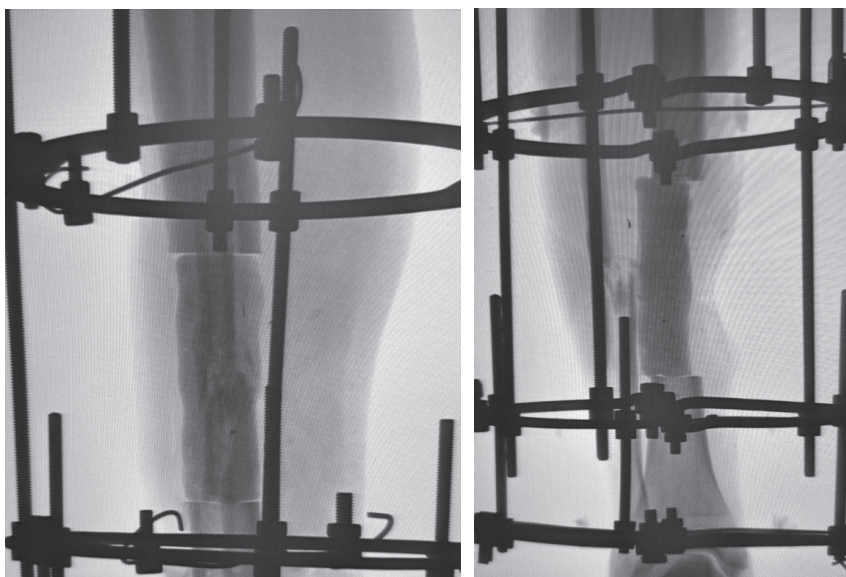


Рисунок 2

Общий вид имплантата

Figure 2

General view of the implant

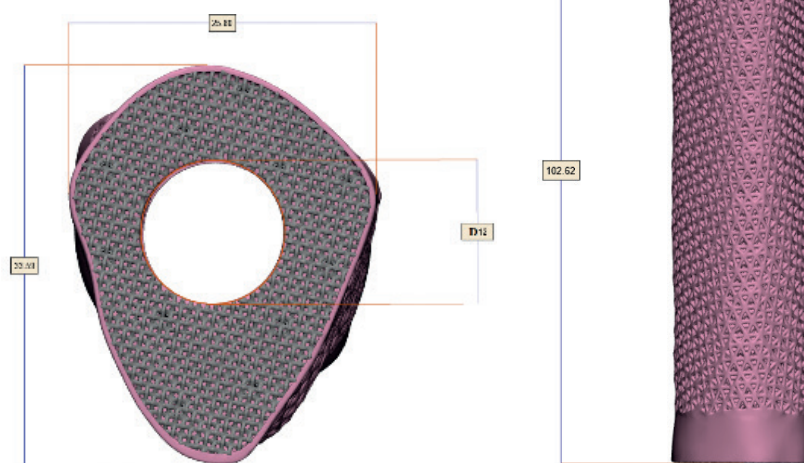


Рисунок 3

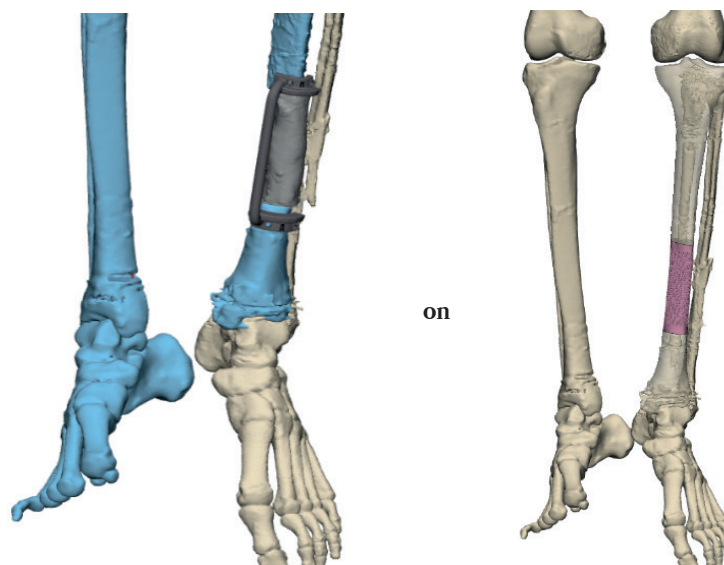
Шаблон для резекции на анатомической модели.

Установленный имплантат на резецированной анатомической модели

Figure 3.

Resection template the anatomical model.

Implanted device positioned on the resected anatomical model



Послеоперационный период протекал без развития осложнений. Рана зажила первичным натяжением. В последующем пациент находился под динамическим наблюдением травматолога в амбулаторных условиях по месту службы, где ему проводились плановые перевязки, курс лечебной физкультуры и физиотерапевтическое лечение.

При контрольном осмотре, проведенном 20.03.2025 (через 18 месяцев после операции), отмечена выраженная периостальная реакция по контуру имплантата и формирование синостоза с малоберцовой костью. Признаков резорбции костной ткани в зоне контакта с имплантатом не выявлено. Объективных признаков расшатывания конструкции и нарушений стабильности не наблюдается (рис. 8). На момент осмотра конечность сохранена, полноценно участвует в опоре и обеспечивает функциональную нагрузку. Пациент ходит с полной нагрузкой на конечность, без помощи дополнительной опоры.

По результатам клинической оценки через 18 месяцев после вмешательства достигнут функционально удовлетворительный результат: 57 баллов по шкале LEFS (Lower Extremity Functional Scale) и 62 балла по шкале AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society Score).

ОБСУЖДЕНИЕ

Современные технологии персонализированной медицины, такие как 3D-моделирование и аддитивная печать, открывают новые горизонты в лечении сложных костных дефектов, обеспечивая создание высокоточных анатомических моделей и индивидуализированных имплантатов [7, 12, 13]. В представленном клиническом случае комбинация метода индуцированной мембраны Masquelet с 3D-печатным титановым имплантатом продемонстрировала высокую эффективность при лечении обширного огнестрельного дефекта костей голени. Данный подход позволил достичь точного анатомического соответствия имплантата, стимулировать ангиогенез и остеогенез, а также минимизировать риск инфекционных осложнений, что

Рисунок 4
Интраоперационное фото.
Удаленный цементный спейсер
Figure 4
Intraoperative photo. Explanted cement spacer



Рисунок 6
Интраоперационное фото.
Установленный 3D-имплантат в ране
Figure 6
Intraoperative photo. The 3D implant was placed in the wound

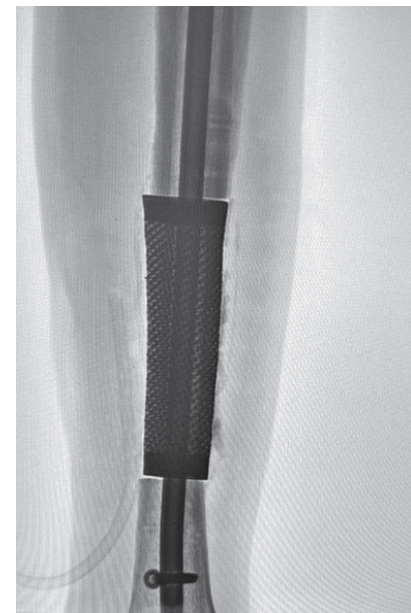


подтверждается положительными функциональными результатами в ранние сроки реабилитации. Использование индуцированной мембраны в сочетании с аддитивными материалами создает оптимальные условия для регенерации костной ткани: мембрана не только обеспечивает биологический барьер, но и способствует остеоинтеграции,

Рисунок 5
Интраоперационное фото.
Установлен направитель для резекции концов большеберцовой кости
Figure 5
Intraoperative photo. A resection guide for the tibial bone ends was installed



Рисунок 7
Рентенограмма костей голени после установки 3D-имплантата
Figure 7
Postoperative radiograph after placement of the 3D implant



уменьшая вероятность инфекционных осложнений. Это особенно важно при лечении огнестрельных повреждений, где высокая микробная контаминация и обширные дефекты требуют комплексного подхода [14, 15].

Перспективы метода связаны с дальнейшим развитием 3D-технологий, включая совершенствование

биосовместимых материалов и разработку инструментов для 3D-био-печати. Интеграция персонализированного подхода в клиническую практику не только повышает качество хирургических результатов, но и сокращает сроки реабилитации, что делает его ключевым элементом в лечении боевых травм опорно-двигательного аппарата. Таким образом, комбинированное применение биологических и аддитивных технологий представляет собой перспективное направление в реконструктивной хирургии, сочетающее инновации и доказанную клиническую эффективность [16, 17].

Проведенное нами этапное реконструктивное лечение пациента с переломом костей голени обеспечило восстановление анатомической целостности сегмента и устойчивость к продольным, ротационным и сгибающим нагрузкам. Эти результаты указывают на потенциальную эффективность и обнадеживающие перспективы использования замещения костных дефектов длинных костей с помощью комбинированной методики использования 3D-напечатанных имплантатов и метода индуцированной мембраны, обеспечивая пациентам возможность ходить с частичной нагрузкой без необходимости использования аппаратов внешней фиксации и связанных с ними неудобств.

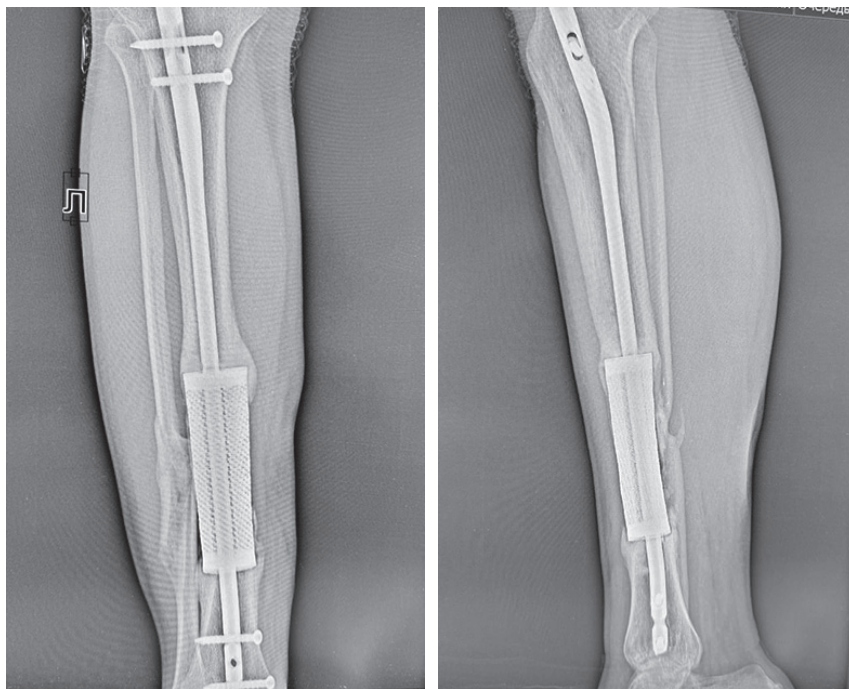
Несмотря на незначительный срок наблюдения, наши данные подтверждают потенциал этих методов для раннего функционального восстановления и, как следствие, для возвращения к активной, полноценной жизни. Однако требуется проведение дальнейших

Рисунок 8

Рентгенограммы костей голени через 18 месяцев

Figure 8

Radiographs of the lower leg bones at 18 months



исследований с более длительным периодом наблюдения и большими выборками пациентов, чтобы в полной мере оценить эффективность и долгосрочные исходы такого лечения. Наш опыт также подчеркивает важность индивидуального подхода к пациентам с огнестрельными ранами и костными дефектами, а также возможности использования инновационных технологий, таких как 3D-напечатанные трансплантаты, для улучшения качества лечения и комфорта пациентов [9, 18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод индуцированной мембраны в сочетании с 3D-печатными биоматериалами эффективен при

лечении костных дефектов, особенно огнестрельного происхождения. Мембрана стимулирует ангиогенез и остеогенез, снижает риск инфекций и обеспечивает стабильную остеоинтеграцию имплантатов, что особенно важно при обширных повреждениях длинных костей.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтных интересов, связанных с публикацией данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Shapovalov VM. Combat damages of extremities: infrastructure of wounds and features of patients' condition in period of local wars. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2006; (2): 301-302. Russian (Шаповалов В.М. Боевые повреждения конечностей: инфраструктура ранений и особенностей состояния раненых в период локальных войн // Травматология и ортопедия России. 2006. № 2. С. 301-302.)
2. Stewart L, Shaikh F, Bradley W, Lu D, Blyth DM, Petfield JL, et al. Combat-related extremity wounds: injury factors predicting early onset infections. *Mil Med*. 2019;184(Suppl1):83-91. DOI: 10.1093/milmed/usy336.
3. Khominets VV, Shchukin AV, Mikhailov SV, Foos IV. Features of consecutive osteosynthesis in treatment of patients with gunshot fractures of long bones of the extremities. *Polytrauma*. 2017; (3):12-22. (Хоминец В.В., Щукин А.В., Михайлов С.В., Фоос И.В. Особенности лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей методом последовательного внутреннего остеосинтеза // Политравма. 2017. №3. С. 12-22.)
4. Military field surgery: national guidelines. Ed. by I.M. Samokhvalov. 2nd ed., revised and expanded. Moscow: GEOTAR-Media, 2024. 1056 p. Russian (Военно-полевая хирургия. Национальное руководство / под ред. И. М. Самохвалова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2024. 1056 с. ISBN 978-5-9704-8036-6.)
5. Khominets VV, Shapovalov VM, Mikhailov SV, Brizhan LK. Treatment of patients with wounded limbs in wars and armed conflicts: monograph. St. Petersburg: Historical illustration, 2021. 304 p. Russian

- (Хоминец В. В., Шаповалов В.М., Михайлов С.В., Брижань Л. К. Лечение раненных в конечности в войнах и вооруженных конфликтах: монография. Санкт-Петербург: Историческая иллюстрация, 2021. 304 с.)
6. Davirov ShM, Urinboev PU. Repair of open humerus fracture and extensive bone defect using bone grafting (case report). *Genius of Orthopedics*. 2022; 28(1):91-96. DOI:10.18019/1028-4427-2022-28-1-91-96. Russian (Давиров Ш.М., Уринбоев П.У. Лечение пациента с открытым переломом плечевой кости с обширным дефектом костной ткани с использованием костной пластики (случай из практики) // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 1. С. 91-96. . DOI:10.18019/1028-4427-2022-28-1-91-96.)
 7. Bordakov VN, Bordakov PV. Modern approach to treatment of long bone defects. *MIA medical bulletin*. 2018;3(94):19-22. Russian (Бордаков В. Н., Бордаков П. В. Современный подход в лечении дефектов длинных костей // Медицинский вестник МВД. 2018. № 3 (94). С. 19-22.)
 8. Popkov AV, Kononovich NA, Gorbach EN, Popkov DA. Efficiency of 3D implants with bioactive properties for treatment of extensive bone defects: experimental study. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021;27(1):37-52. Russian (Попков А.В., Кононович Н.А., Горбач Е.Н., Попков Д.А. Эффективность использования 3D-имплантатов с биоактивными свойствами для замещения обширных дефектов костей: экспериментальное исследование // Травматология и ортопедия России. 2021. Т.27, № 1. С. 37-52. DOI: 10.21823/2311-2905-2021-27-1-37-52.)
 9. Alford AI, Nicolaou D, Hake M, McBride-Gagyi S. Masquelet's induced membrane technique: review of current concepts and future directions. *J Orthop Res*. 2021;39(4):707-718. DOI: 10.1002/jor.24978.
 10. Yeganeh A, Amiri S, Otoukesh B, Moghtadaei M, Sarreshtedari S, Daneshmand S, et al. Characteristic features and outcomes of open gunshot fractures of long-bones with gustilo grade 3: a retrospective study. *Arch Bone Jt Surg*. 2022;10(5):453-458.
 11. Long WT, Brien EW, Boucree JBJr, Filler B, Stark HH, Dorr LD. Management of civilian gunshot injuries to the hip. *Orthop Clin North Am*. 1995;26(1):123-131. PMID: 7838492.
 12. Kumar M, Khatri JP, Singh CM. High velocity gunshot fractures of humerus: results of primary plate osteosynthesis. *Indian J Orthop*. 2020;55(3):714-722. DOI: 10.1007/s43465-020-00299-w.
 13. Tosti R, Rehman S. Surgical management principles of gunshot-related fractures. *Orthop Clin North Am*. 2013;44(4):529-540. DOI: 10.1016/j.ocl.2013.06.006.
 14. Brown T, Gaburak P, Hwang J. Outpatient treatment guidelines of gunshot wound to the hand and wrist resulting in an open fracture: case report. *Cureus*. 2022;14(11):e31130. DOI: 10.7759/cureus.31130.
 15. Nikolenko MI, Babich AA, Gritsyuk LK, Brizhan MI, Lukomsky MM. Treatment of gunshot defects of long bones of the lower extremities. *Bulletin of Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov*. 2007; (2):64-70. (Николенко М.И. Бабич, А.А. Грицюк, Л.К. Брижань М.И. Лукомский М. М. Лечение огнестрельных дефектов длинных костей нижних конечностей // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2007. № 2. С. 64-70.)
 16. Nicholson JA, Makaram N, Simpson A, Keating JF. Fracture nonunion in long bones: a literature review of risk factors and surgical management. *Injury*. 2021;52(Suppl 2):S3-S11.
 17. Freeark RJ, Graivier L, Briney W, Ott R. Gunshot fractures. *Q Bull Northwest Univ Med Sch*. 1961; 35(4):305-310. PMID: 13894845; PMCID: PMC3803901.
 18. Fowler J, Macintyre N, Rehman S, Gaughan JP, Leslie S. The importance of surgical sequence in the treatment of lower extremity injuries with concomitant vascular injury: a meta-analysis. *Injury*. 2009;40(1):72-76. DOI: 10.1016/j.injury.2008.08.043.

Сведения об авторах:

Мазитов Д.М., оператор научной роты Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0009-0001-7729-9106>

Гальцев Г.А., заведующий отделением травматологии и ортопедии СПб ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0009-0000-6168-5160>

Вирко В.А., младший научный сотрудник Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0009-0001-6101-476X>

Адрес для переписки:

Вирко Виктор Андреевич, ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, Россия, 194044
Тел: +7 (981) 046-26-43
E-mail: virko-viktor@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.04.2025

Рецензирование пройдено 25.05.2025

Подписано в печать 05.08.2025

Information about authors:

Mazitov D.M., operator of scientific squad, S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0009-0001-7729-9106>

Galtcev G.A., chief of traumatology and orthopedics unit, Hospital for War Veterans, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0009-0000-6168-5160>

Virko V.A., researcher, S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0009-0001-6101-476X>

Address for correspondence:

Virko Viktor Andreevich, Academica Lebedeva St., 6, Saint Petersburg, Russia, 194044
Tel: +7 (981) 046-26-43
E-mail: virko-viktor@mail.ru

Received 28.04.2025

Review completed 25.05.2025

Passed for printing 05.08.2025

