







Научный обзор**УДК: 616-001-089:616.71-001.5****К вопросу о хирургической тактике лечения пострадавших с ампутационными дефектами нижней конечности в сочетании с переломами костей контралатеральной конечности**

 В.А. Чупряев,  В.И. Бадалов,  А.Л. Кудяшев,  В.В. Денисенко,  П.С. Пащенко,  И.Г. Дочия

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Введение. Структура входящего потока раненых в войнах XX в. и военных конфликтах последних десятилетий характеризуется преобладанием повреждений конечностей. По сравнению с периодом Великой Отечественной войны 1941-1945 гг., частота этих ранений в условиях современных боевых действий возросла до 81,4%, а доля переломов длинных трубчатых костей конечностей - с 45,4 до 53-60%. Одной из сложных групп пострадавших с боевой хирургической травмой конечностей являются раненые, у которых имеется сочетание ампутационного дефекта одной нижней конечности и перелома костей контралатеральной конечности. Наличие ампутационного дефекта кардинально меняет алгоритм реабилитационного лечения, в том числе программу протезирования, а также требует разработки рационального подхода к выбору метода фиксации перелома на контралатеральной конечности и сроков начала двигательной активности после операции.

Цель - на основе анализа данных современной отечественной и зарубежной научной литературы изучить особенности тактики хирургического лечения раненых с множественными ранениями нижних конечностей в сочетании с ампутационными дефектами одной из конечностей и переломами костей контралатеральной с учетом анатомо-функциональных последствий боевой травмы.

Материалы и методы. Поиск источников осуществлялся в ведущих отечественных и зарубежных научных базах данных (eLibrary, Cyberleninka, PubMed, Google Scholar), которые были опубликованы за период с 2005 по 2026 гг.

Результаты. Ключевая проблема заключается в выборе метода остеосинтеза поврежденной контралатеральной конечности, а также в определении показаний и сроков протезирования ампутированной конечности. Наиболее оптимальным на передовых этапах оказания хирургической помощи является внеочаговый остеосинтез стержневыми аппаратами внешней фиксации в режиме лечебно-транспортной иммобилизации.

Заключение. Главной особенностью лечения данной категории раненых является необходимость ранней нагрузки и начала ходьбы для сохранения двигательной активности конечностей и предупреждения развития осложнений. Для успешного функционального исхода реабилитация должна быть полностью интегрирована в хирургическую тактику, являясь неотъемлемой частью всего процесса лечения.

Ключевые слова: ампутация, перелом, боевая травма, протезирование, длинные трубчатые кости, конечности, военно-полевая хирургия.

Review**On the issue of surgical tactics for the treatment of patients with amputation defects of the lower limb in combination with fractures of the bones of the contralateral limb**

 V.A. Chupryaev,  V.I. Badalov,  A.L. Kudyashev,  V.V. Denisenko,  P.S. Paschenko,  I.G. Dochiia

Military medical academy of S.M. Kirov, Saint-Petersburg, Russia

Abstract

Introduction. The structure of the incoming flow of wounded in the wars of the 20th century and military conflicts of recent decades is characterized by a predominance of limb injuries. Compared with the period of the Great Patriotic War of 1941-1945, the frequency of these injuries in modern combat conditions has increased to 81.4%, and the proportion of fractures of long tubular bones of the extremities - from 45.4 to 53-60%. One of the most difficult groups of victims with combat surgical limb injuries are the wounded, who have a combination of an amputation defect in one lower limb and a fracture of the bones of the contralateral limb. The presence of an amputation defect radically changes the algorithm of rehabilitation treatment, including the prosthetics program, and also requires the development of a rational approach to choosing the method of fracture fixation on the contralateral limb and the timing of the onset of motor activity after surgery.

AIM: based on the analysis of data from modern domestic and foreign scientific literature, the features of surgical treatment tactics for the wounded with multiple wounds of the lower extremities in combination with amputation defects of one of the limbs and fractures of the contralateral bones, taking into account the anatomical and functional consequences of combat trauma.

Materials and methods. The search for sources was carried out in leading domestic and foreign scientific databases (PubMed, Scopus, Web of Science, eLibrary, Cyberleninka), which were published from 2005 to 2026.

Results. The key problem lies in choosing the method of osteosynthesis of the damaged contralateral limb, as well as in determining the indications and timing of prosthetics of the amputated limb. Extra-focal osteosynthesis with external fixation rod devices in the mode of therapeutic and transport immobilization is the most optimal at the advanced stages of surgical care.

Conclusion. The main feature of the treatment of this category of wounded is the need for early exercise and the beginning of walking to maintain the motor activity of the limbs and prevent the development of complications. For a successful functional outcome, rehabilitation must be fully integrated into surgical tactics, being an integral part of the entire treatment process.

Keywords: amputation, fracture, combat injury, prosthetics, long tubular bones, limbs, military field surgery.

Введение

Структура входящего потока раненых в войнах XX в. и военных конфликтах последних десятилетий характеризуется преобладанием повреждений конечностей [1-5]. По сравнению с периодом Великой Отечественной войны (70,8%) частота этих ранений в условиях современных боевых действий возросла до 81,4%, а доля переломов длинных трубчатых костей конечностей - с 45,4 до 53-60% [1, 4, 5]. В ходе военных операций сил Североатлантического альянса (НАТО) в Ираке и Афганистане на долю нижних конечностей пришлось до 40% от ранений всех локализаций [6].

Особую категорию составляют раненые, у которых ампутационные дефекты одной нижней конечности сочетаются с переломами костей контралатеральной конечности. Их частота составляет 3,4-5,6% от всех боевых повреждений конечностей [7], при этом у пациентов с односторонней ампутацией нижней конечности частота повреждений скелета контралатеральной конечности составляет 38% [8]. Взрывные устройства генерируют уникальный тип сочетанной травмы, при котором повреждения контралатеральной нижней конечности у пациентов с односторонней ампутацией встречаются в 94% случаев [9].

Клиническая значимость проблемы определяется тяжестью рассматриваемой травмы. Массивное разрушение тканей создает благоприятные условия для развития инфекционных осложнений [10-13]. По данным литературы, гнойно-воспалительные осложнения культи с вторичным некрозом развиваются в 22,1% случаев [10]. Глубокие инфекции области хирургического вмешательства наблюдаются у 26% пациентов после проведенных ампутаций, а остеомиелит - у 10-15% раненых после индивидуального подбора курса антибиотикотерапии [11].

Совокупность представленных факторов, таких как тяжесть состояния раненых, развитие инфекционных осложнений и нерешенность ключевых вопросов тактики хирургического лечения, подтверждает научную и практическую значимость исследования.

Цель работы: на основе анализа данных современной отечественной и зарубежной научной литературы изучить особенности тактики хирургического лечения раненых с множественными ранениями конечностей в сочетании с ампутационными дефектами одной из конечностей и переломами костей контралатеральной с учетом анатомо-функциональных последствий боевой травмы

Материалы и методы

Поиск источников осуществлялся в ведущих отечественных и зарубежных научных базах данных (eLibrary, Cyberleninka, PubMed, Google Scholar), которые были опубликованы

за период с 2005 по 2026 гг. Для поиска использовали следующие ключевые слова на русском языке: «огнестрельные ранения конечностей», «ампутационные дефекты», «переломы контралатеральной конечности», «военно-полевая хирургия», «хирургическая тактика», «остеосинтез». Англоязычные запросы включали следующие ключевые слова: «combat extremity trauma», «traumatic amputation», «contralateral fracture», «damage control orthopaedics», «limb salvage», «mangled extremity». Всего проанализировано 36 научных трудов, из которых 12 отечественных и 24 зарубежных.

Результаты и обсуждение

Анализ литературы позволил систематизировать современные представления по нескольким ключевым направлениям хирургической тактики лечения пациентов с ампутационными дефектами одной нижней конечности в сочетании с переломами костей контралатеральной конечности с учетом их анатомо-функциональных особенностей.

Нижняя конечность функционирует как единая кинематическая цепь, где нарушение целостности или утрата любого сегмента приводит к каскаду компенсаторных изменений во всех звеньях опорно-двигательного аппарата [14, 15]. Это кардинально меняет биомеханику стояния и ходьбы [7, 14, 15]. Инструментальные исследования походки демонстрируют, что у лиц с трансфemorальной ампутацией скорость нарастания нагрузки на интактную конечность значимо увеличивается с ростом темпа ходьбы, а время опоры на протезированную сторону укорачивается по сравнению со здоровой [15]. Это формирует патологический стереотип ходьбы с избыточным подъемом на носок сохраненной конечности, выраженность которого нарастает с повышением уровня ампутации [16].

Помимо механической перегрузки, после ампутации развивается комплекс системных изменений, таких как прогрессирующая атрофия мышц культи и сохраненной конечности, остеопороз костей культи (подтверждаемый денситометрией), нарушения венозного и лимфатического оттока [7, 10, 11]. Перечисленные факторы снижают толерантность сохраненной конечности к дополнительной нагрузке, что приобретает критическое значение при наличии перелома ее костей.

Важно отметить, что в среднем при ампутации голени увеличиваются энерготраты пациента при ходьбе на протезе на 60-80%, а при ампутации бедра на 80-100% [17, 18]. При выполнении реампутации дополнительно укорачивается диафиз костей культи длиной около 5-6 см, что также увеличивает энерготраты при ходьбе и влияет на биомеханику шага [17, 18].

Переломы костей голени или бедра, возникающие при высокоэнергетическом взрывном воздействии, как правило, являются многооскольчатыми, открытыми, с обширной зоной повреждения мягких тканей (IIIA-IIIС по классификации Gustilo-Anderson) [1, 19, 20,

21]. Нарушение анатомической целостности длинной трубчатой кости приводит к тому, что конечность утрачивает способность нести осевую нагрузку без дополнительной фиксации [1, 7].

При переломе диафиза большеберцовой кости, сопровождающемся дефектом костной ткани или вовлечением суставных поверхностей, опорная функция полностью исключается до момента окончания всех этапов реконструктивных операций по замещению дефекта длинной трубчатой кости, требующих специализированного высокотехнологичного лечения [2, 3, 22, 23].

Уникальность изучаемой группы раненых заключается в том, что они одномоментно функционально лишены двух полноценных нижних конечностей, при этом одна отсутствует на том или ином уровне, а вторая временно утратила функцию опоры и движения из-за перелома. В этой ситуации компенсаторные механизмы, обычные для односторонней ампутации, становятся невозможными. Если после изолированной ампутации сохраненная конечность берет на себя вышеуказанные функции, то при наличии ее перелома такая нагрузка связана с потерей стабильности фиксации, замедлением консолидации или несращением [7, 8]. Формируется порочный круг, заключающийся в том, что ампутированная конечность требует ранней вертикализации и протезирования с целью профилактики гиподинамических осложнений, развития остеопороза костей культи и атрофии тканей, в то время как для перелома контралатеральной конечности необходимы покой и дозированная нагрузка. Данный биомеханический конфликт лежит в основе проблемы выбора хирургической тактики и реабилитации пациентов.

Таким образом, анатомо-функциональные особенности сочетания ампутационного дефекта и перелома контралатеральной нижней конечности характеризуются компенсаторной перегрузкой сохраненной конечности, повышением энергозатрат, нарушением симметрии ходьбы и высоким риском ортопедических осложнений [10, 11, 14, 17].

Основой лечения пострадавших с рассматриваемой травмой является концепция Damage Control Orthopaedics (DCO) [1, 24-26]. В то же время, по данным зарубежных источников [8-11], помимо концепции DCO также применяются различные подходы к лечению пациентов с такими повреждениями в зависимости от традиций хирургической школы [20, 24-26].

Lerner A. в своих работах [24, 25] отмечает, что принцип этапного лечения рассматриваемой категории раненых с множественной тяжелой травмой нижних конечностей является ключевым, при этом контралатеральная конечность с переломами костей соответствующих сегментов требует быстрой стабилизации для сохранения

[27]. Частота повторных операций составила 23% по сравнению с 40% при внеочаговом остеосинтезе ($p=0,03$), однако применение БИОС возможно не ранее 6-8 недель после травмы, что диктуется необходимостью заживления мягких тканей [27].

Ficke J.R. и Pollak A.N. сформулировали правило «3-7-14» применительно к этапному лечению переломов. Оно включает в себя первичный АВФ в первые 3 дня, затем проводится ревизия и конверсия на внутреннюю фиксацию через 7-14 дней при отсутствии признаков инфекции [29].

В клиниках военно-полевой хирургии, военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова успешно оказывается специализированная высокотехнологичная хирургическая помощь раненым с наиболее тяжелыми повреждениями опорно-двигательного аппарата, в том числе с ампутационными дефектами нижней конечности в сочетании с переломами костей контралатеральной конечности, при этом используются различные методы остеосинтеза. Далее приведены клинические примеры различной тактики хирургического лечения.

1. Пациенту И. был выполнен интрамедуллярный блокированный остеосинтез перелома большеберцовой кости контралатеральной конечности при сочетании этого повреждения с ампутацией правой нижней конечности (рис. 1). Данный вид остеосинтеза выполнен в 30% случаев.

2. У пациента Б. был применен внеочаговый компрессионно-дистракционный остеосинтез по методу Илизарова (рис. 2), который также успешно использовали в 55-60% случаев. По данным литературы, «использование компрессионно-дистракционных аппаратов Илизарова (или спице-стержневых аппаратов) в качестве окончательного варианта фиксации костных отломков остается основным методом лечения огнестрельных переломов длинных трубчатых костей конечностей, особенно сопровождающихся обширным повреждением мягких тканей и дефектами костей» [30].

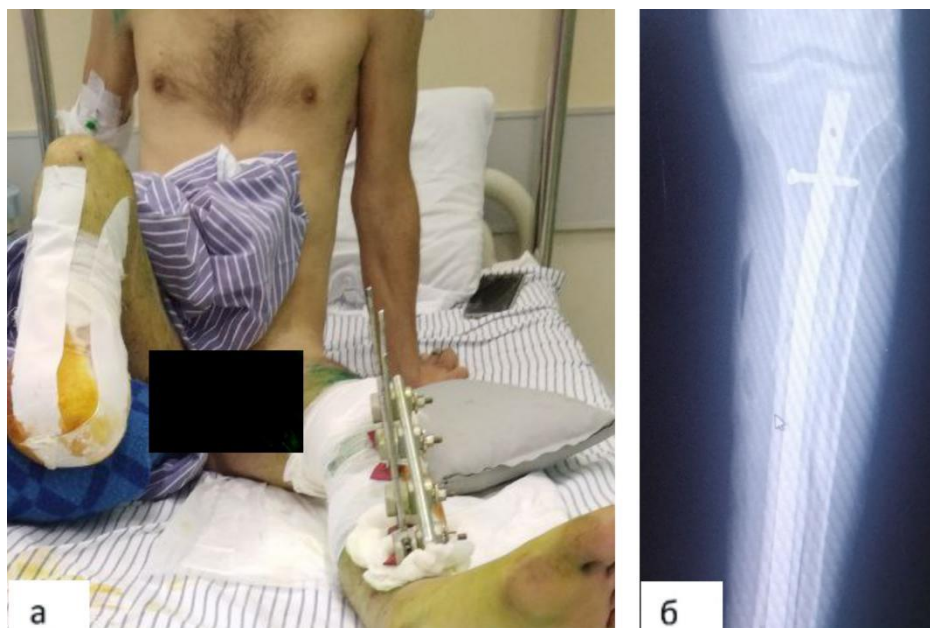


Рис. 1. Пациент И. А - внешний вид нижних конечностей пациента, Б - рентгенограмма интрамедуллярного блокированного остеосинтеза при переломе левой большеберцовой кости в прямой проекции

Fig. 1. Patient I. A - external appearance of the patient's lower limbs, B - radiograph of intramedullary blocked osteosynthesis for a fracture of the left tibia in a direct projection

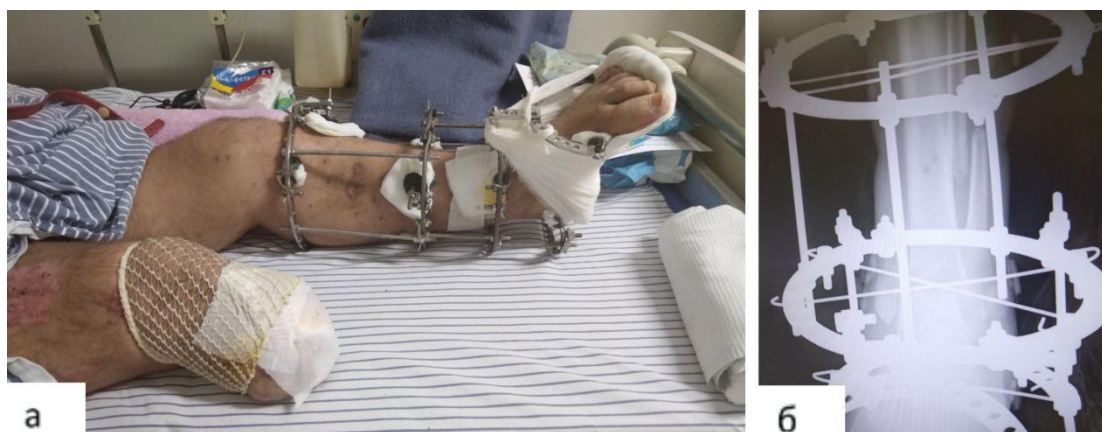


Рис. 2. Пациент Б. А - внешний вид нижних конечностей пациента, Б - рентгенограмма остеосинтеза по методу Илизарова при переломе костей левой голени в прямой проекции.

Fig. 2. Patient B. A - appearance of the patient's lower limbs, B - X-ray of osteosynthesis using the Ilizarov method for a fracture of the left tibia in a direct projection.

3. Пациенту К. был выполнен наkostный остеосинтез пластинами (рис. 3). Его применение наиболее ограничено в связи с высокой встречаемостью обширных повреждений мягких тканей нижних конечностей. Это обусловлено преобладанием осколочных и взрывных

повреждений, приводящих к множественным и сочетанным ранениям [1, 3, 5]. Данный вид остеосинтеза выполнен в 5-10% случаев.



Рис. 3. Пациент К. А - внешний вид нижних конечностей пациента, Б -рентгенограмма в прямой проекции, демонстрирующая результат накостного остеосинтез пластинами при переломе левой большеберцовой кости

Fig. 3. Patient K. A - external view of the patient's lower limbs, B - X-ray in direct projection, demonstrating the result of bone osteosynthesis with plates for a fracture of the left tibia

Исследование METALS (The Military Extremity Trauma Amputation/Limb Salvage Study, 2013) показало, что пациенты, перенесшие хотя бы одну крупную ампутацию, имели статистически значимо лучшие показатели по всем доменам функциональной шкалы Short Musculoskeletal Function Assessment (SMFA) по сравнению с группой спасения конечности ($34,2 \pm 20,1$ против $42,7 \pm 21,5$; $p < 0,001$) [31]. Эффект сохранялся в течение всего 24-месячного периода наблюдения [31]. Пациенты с множественной травмой обеих нижних конечностей были поделены на три группы. Первая включала раненых с двусторонней ампутацией, у которых не применялась тактика сохранения тяжело поврежденной конечности. Вторая - с односторонней ампутацией и сохранением контралатеральной поврежденной конечности, третья - пациентов с сохраненными обеими нижними конечностями, у которых удалось избежать ампутаций [31]. По результатам исследования двустороннее спасение нижних конечностей (пациенты группы №3) ассоциировалось с самой высокой частотой депрессивных симптомов и развитием посттравматического стрессового расстройства, обусловленных необходимостью выполнения повторных операций, длительными сроками лечения, а также исключением пациентов из общественной и трудовой деятельности [31].

При оценке целесообразности сохранения конечности перед хирургами и травматологами стоит тяжелый выбор, так как нет четко выработанных алгоритмов и шкал, позволяющих не только избежать ее ампутации, но и обеспечить удовлетворительный функциональный исход для пациента. В данном контексте, по данным литературы [32], шкала MESS (Mangled Extremity Severity Score) имеет ограниченную прогностическую ценность при боевой травме, поскольку не учитывает объем повреждения мягких тканей и функциональные ожидания пациента [32].

Особого внимания заслуживает исследование Bennett P.M. и соавт., которые в рамках рандомизированного контролируемого исследования сравнили исходы лечения у пациентов с односторонней ампутацией и сопутствующими переломами контралатеральной конечности, которых они поделили на две группы [33]. Первая включала пациентов, которым было проведено раннее протезирование (через 4-6 недель после стабилизации перелома), а вторая - пациентов с отсроченным протезированием (через 12-16 недель) [33]. Способность к самостоятельной ходьбе через один год после операции была достигнута у 78% пациентов в группе №1 против 54% в группе №2 (оценка риска (ОР) 1,44; 95% доверительный интервал (ДИ) 1,12-1,86; $p=0,004$) [33].

Массивное разрушение тканей создает благоприятные условия для развития гнойно-инфекционных осложнений. Гнойно-воспалительные осложнения в области культы с вторичным некрозом развиваются в 22,1% случаев [10]. По данным Пильникова С.А. и соавт., «количество раненых с гнойными заболеваниями культей нижних конечностей после минно-взрывных ранений достигает 32,5%, а количество порочных культей у данных пациентов выявляется в 39,3% случаев» [34]. Наиболее частыми возбудителями являются *Acinetobacter baumannii* (34%), *Staphylococcus aureus* (22%) и *Pseudomonas aeruginosa* (15%), причем частота мультирезистентных штаммов достигает 50% [35].

Stinner D.J. и соавт. отмечают, что применение VAC-терапии с отрицательным давлением в сочетании с этапными некрэктомиями позволило снизить частоту инфекционных осложнений с 34% до 12% [12]. С функциональной точки зрения, помимо гнойно-инфекционных осложнений, у 68% пациентов с односторонней ампутацией и сопутствующими повреждениями контралатеральной конечности развивается остеопороз культы, который обусловлен отсутствием ранней нагрузки, что в сочетании с переломами контралатеральной конечности повышает риск падений на 43% ($p<0,01$) [13].

Перспективным направлением является «быстрая или ускоренная реабилитация» [33]. В литературе также описана программа послеоперационного наблюдения за пациентом, в которую входят такие исследования, как мониторинг минеральной плотности костной ткани

методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии, что является важным инструментом прогнозирования риска переломов на контралатеральной конечности, особенно в условиях остеопороза культи [13].

Важно отметить, что в процессе лечения у пациентов возможно появление ряда осложнений, связанных с функционированием контралатеральной конечности, таких как анкилозы, патологические переломы, дефицит мягких тканей и другие, что является прямым показанием к разработке индивидуального плана для возможного протезирования [36].

Проведенный анализ литературы показал, что хирургическая тактика при сочетании ампутационного дефекта нижней конечности и перелома контралатеральной конечности представляет собой сложную проблему, основой которой является конфликт между проводимыми лечебными мероприятиями в отношении двух поврежденных конечностей. С одной стороны, успешное сращение перелома на сохраненной конечности требует создания оптимальных биомеханических условий, таких как стабильная фиксация, покой и, возможно, ограничение осевой нагрузки. С другой стороны, наличие ампутированной конечности и стремление к скорейшей вертикализации и протезированию диктуют необходимость ранней опоры на контралатеральную конечность, что создает риск потери стабильности фиксации и развития несращений, а также повреждений металлоконструкции [7].

Решение этого противоречия на начальном этапе оказания хирургической помощи состоит в строгом соблюдении этапности лечения DCO, когда на первом этапе выполняется минимально инвазивная фиксация обоих сегментов, а окончательное восстановление откладывается до стабилизации состояния раненого [1, 24-26]. После стабилизации состояния пострадавших используют максимально стабильные виды фиксации на контралатеральной конечности, которые способны выдержать раннюю нагрузку. Биомеханические преимущества стержневых АВФ делают их методом выбора для данной категории раненых [1-3].

Вторым важнейшим аспектом является пересмотр парадигмы безусловного сохранения конечности. Традиционный алгоритм на максимальный органосохраняющий подход на сегодняшний день противоречит данным доказательной медицины [31]. Результаты исследования METALS показывают, что пациенты с ампутацией имеют лучшие функциональные результаты по сравнению с группой пациентов, которым выполнялось органосохраняющее длительное этапное лечение [31]. В контексте же сочетания ампутации с переломом контралатеральной нижней конечности это означает, что попытка сохранения тяжело поврежденной конечности, сопряженная с многочисленными повторными сложными операциями, длительной иммобилизацией и высоким риском инфекции, может привести к худшему функциональному результату, чем своевременная ампутация и раннее

протезирование. Также важно указать на неразрывную связь хирургического и реабилитационного этапов. Мультидисциплинарная команда в составе хирурга, реабилитолога, протезиста и психолога, работающая по принципу «ускоренной реабилитации», является стандартом, позволяющим в кратчайшие сроки восстановить статодинамическую функцию пациента [33].

Заключение

Таким образом, пациенты с множественной тяжелой травмой нижних конечностей в сочетании с ампутационными дефектами и переломами костей контралатеральной конечности представляют собой сложную клиническую проблему, требующую разработки специализированных алгоритмов. Лечение этой категории раненых должно базироваться на принципах DCO. Приоритетами являются спасение жизни, остановка кровотечения, радикальная хирургическая обработка ран и минимально инвазивная фиксация переломов АВФ.

Главная сложность заключается в биомеханическом конфликте между необходимостью покоя для сращения перелома и потребностью в ранней нагрузке для протезирования. Это требует выбора наиболее стабильных методов остеосинтеза (стержневые АВФ или блокируемый интрамедуллярный остеосинтез).

Комплексная междисциплинарная реабилитация, неразрывно связанная с хирургическим лечением и протезированием, является основой для успешного функционального исхода лечения данной категории раненых.

Отдельным вопросом для дальнейшего изучения является анализ расходов финансовых средств, необходимых для комплексного лечения рассматриваемой категории пострадавших на различных этапах медицинской эвакуации, а также их дальнейшей длительной медико-социальной реабилитации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора:

В.А. Чупряев, В.И. Бадалов – организация исследовательских данных, их аннотирование (создание метаданных), валидация (обнаружение и исправление ошибок) и последующее ведение (включая создание программного кода, где это необходимо для интерпретации самих данных) для их запланированного и последующего использования;

В.А. Чупряев, В.И. Бадалов, А.Л. Кудяшев, В.В. Денисенко – формулирование и развитие идеи, основной цели и задач исследования;

П.С. Пащенко, И.Г. Дочия – применение статистических, математических, вычислительных или других формальных методов для анализа или обобщения данных исследования

П.С. Пащенко, В.В. Денисенко, И.Г. Дочия - участие в исследовательском процессе: проведение экспериментов, сбор данных, сбор и анализ образцов биологических тканей и жидкостей, лабораторные исследования, инструментальная диагностика;

В.И. Бадалов, В.А. Чупряев, А.Л. Кудяшев – управление процессами и координация планирования и проведения исследования;

В.А. Чупряев, А.Л. Кудяшев – подготовка, создание и/или представление опубликованной работы участниками исследовательской группы, в частности, критический обзор, комментарии или внесение изменений – включая этапы до или после публикации.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Этическая экспертиза. Заключение этического комитета не требуется.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента и член редакционной коллегии.

ADDITIONAL INFORMATION

Author Contributions. All authors made a substantial contribution to the concept development, conduct of the study, and preparation of the article, and read and approved the final version before publication. The following authors contributed:

V.A. Chupryaev, V.I. Badalov – organization of research data, their annotation (creation of metadata), validation (error detection and correction), and subsequent maintenance (including the creation of program code, where necessary for the interpretation of the data itself) for their planned and subsequent use;

V.A. Chupryaev, V.I. Badalov, A.L. Kudyashev, V.V. Denisenko – formulation and development of the idea, main goal, and objectives of the study;

P.S. Paschenko, I.G. Dochiiia – application of statistical, mathematical, computational, or other formal methods to analyze or summarize the research data.

P.S. Paschenko, V.V. Denisenko, I.G. Dochiiia – participation in the research process: conducting experiments, collecting data, collecting and analyzing samples of biological tissues and fluids, laboratory research, instrumental diagnostics;

V.I. Badalov, V.A. Chupryaev, A.L. Kudyashev – process management and coordination of research planning and execution;

V.A. Chupryaev, A.L. Kudyashev – preparation, creation, and/or presentation of the published work by research team members, including critical review, commentary, or revisions – including pre- and post-publication stages.

Disclosure of Interests. The authors declare no obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Funding. The authors declare no external funding for the study.

Ethical Review. An ethics committee opinion is not required.

Originality. The authors did not use previously published information (text, illustrations, or data) in the creation of this work.

Data Access. All data obtained in this study are available in the article.

Generative Artificial Intelligence. No generative artificial intelligence technologies were used in the creation of this article.

Review and Peer Review. This work was submitted to the journal on an unsolicited basis and was reviewed according to the standard review procedure. Two external reviewers and a member of the editorial board participated in the review.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Военно-полевая хирургия: национальное руководство. Под ред. И.М. Самохвалова. М.: ГЕОТАР-Медиа; 2024. 1056 с. <https://doi.org/10.33029/9704-8036-6-VPX-2024-1-1056>
2. Чирва Ю.В., Бабич М.И. Современные технологии замещения дефекта костной ткани. СПб.: Питер; 2021. 304 с.
3. Хоминец В.В., Шаповалов В.М., Михайлов С.В., Брижань Л.К. Лечение раненых в конечности в войнах и вооруженных конфликтах. СПб.: Историческая иллюстрация; 2021. 304 с.
4. Бадалов В.И., Пащенко П.С., Денисенко В.В., Дочия И.Г. Анализ структуры и характера огнестрельных ранений конечностей во время Великой Отечественной войны и в ходе современных локальных вооруженных конфликтов начала XXI века. Вестник Российской военно-медицинской академии. Т. 28 №2. 2026 <https://doi.org/10.17816/brmma686574>
5. Касимов Р.Р., Просветов В.А., Самохвалов И.М. и др. Структура боевой хирургической травмы и особенности хирургической помощи в передовых медицинских группах в активную фазу боевых действий. Военно-медицинский журнал. 2024;345(7):4-12. https://doi.org/10.52424/00269050_2024_345_7_4
6. Penn-Barwell JG, Stapley SA, Hand CJ, Clasper JC. Medium-term outcomes following limb salvage for severe open tibia fractures are similar to trans-tibial amputation. *Injury*. 2015;46(2):288-291. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.12.004>
7. Чупряев В.А., Кудяшев А.Л., Хоминец В.В., Бадалов В.И., Стрельба А.А. Особенности лечения раненых с ампутационными дефектами нижних конечностей в сочетании с переломами костей. Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. 2024;19(1):143-148. https://doi.org/10.25881/20728255_2024_19_1_143
8. Fleming ME, Bharmal S, Cameron KL, et al. Contralateral limb injuries in patients with combat-related unilateral lower extremity amputations: a prospective observational study. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2018;32(4):e148-e153. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001124>
9. Andersen RC, Ficke SC, Pollak AN. Extremity war injuries: challenges in definitive reconstruction. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2012;20(suppl 1):S2-S7. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-20-08-S2>
10. Shaprynskyi YV, Lypkan VM. Treatment of traumatic amputations of lower extremities due to explosive trauma. *Kharkiv Surgical School*. 2025;(2)(131):183-190. <https://doi.org/10.37699/2308-7005.2.2025.30>
11. Lewandowski LR, Potter BK, Murray CK, et al. Infectious complications of combat-related extremity amputations: a 17-year review of the Military Health System. *Clinical Infectious Diseases*. 2024;78(2):345-352. <https://doi.org/10.1093/cid/ciad542>
12. Stinner DJ, Hsu JR, Cameron KL, et al. Circumferential external fixation for fracture stabilization in combat-related lower extremity amputees: improved union rates compared to unilateral frames. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2024;38(3):112-118. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000002745>
13. Sherk VD, Rieger KJ, Karasik PS, et al. Bone loss following lower limb amputation: clinical implications and potential therapeutic strategies. *Bone*. 2022;154:116182. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2021.116182>
14. Pruziner AL, Werner KM, Copple TJ, Hendershot BD, Wolf EJ. Does intact limb loading differ in servicemembers with traumatic lower limb loss? *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2014;472(10):3068-3075. <https://doi.org/10.1007/s11999-014-3663-1>
15. Amma R, Hisano G, Murata H, Major MJ, Takemura H, Hobara H. Inter-limb weight transfer strategy during walking after unilateral transfemoral amputation. *Scientific Reports*. 2021;11(1):4793. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84357-9>

16. Connolly M, Ibrahim ZR, Johnson ON. Changing paradigms in lower extremity reconstruction in war-related injuries. *Military Medical Research*. 2016;3:9. <https://doi.org/10.1186/s40779-016-0080-7>
17. Болотов Д.Д., Русакевич А.П., Стариков С.М. Оценка толерантности к физической нагрузке у пациентов с ампутированными дефектами нижних конечностей. *Вестник восстановительной медицины*. 2019;(2)(90).
18. Чупряев В.А., Бадалов В.И., Гребнев А.Р., Денисенко В.В., Борисов М.Б. Гильотинная ампутация конечностей в практике военно-полевого хирурга: показания и противопоказания к выполнению. *Военно-медицинский журнал*. 2025;346(10):21-30. https://doi.org/10.52424/00269050_2025_346_10_21
19. Doucet JJ, Galarneau MR, Potenza BM, et al. Combat versus civilian open tibia fractures: the effect of blast mechanism on limb salvage. *Journal of Trauma*. 2011;70(5):1241-1247. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3182178c8a>
20. Mathieu L, Choufani C, Andro C, de l'Escalopier N. Management of combat-related extremity injuries in modern armed conflicts. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2024;110(1S):103755. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2023.103755>
21. Kim PH, Leopold SS. In brief: Gustilo-Anderson classification. [corrected]. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2012;470(11):3270-3274. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2376-6>
22. Ладутько Д.Ю., Подгайский В.Н., Ладутько Ю.Н., и др. Алгоритм хирургического лечения крупных костных дефектов длинных трубчатых костей методом васкуляризированной костной пластики. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. 2021;24(3-4):63-75. <https://doi.org/10.52581/1814-1471/78/06>
23. Хоминец В.В., Калюжная-Земляная Л.И., Гранкин А.С., и др. Эволюция методов, технологий и материалов для восполнения дефектов костной ткани (научный обзор). *Профилактическая и клиническая медицина*. 2022;(4)(85):25-34. https://doi.org/10.47843/2074-9120_2022_4_25
24. Lerner A, Reis D, Soudry M. *Severe Injuries to the Limbs. Staged Treatment*. Springer, Berlin/Heidelberg; 2007.
25. Lerner A, Fodor L, Soudry M. Is staged external fixation a valuable strategy for war injuries to the limbs? *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2006;448:217-224.
26. Haidukewych GJ. Temporary external fixation for the management of complex intra- and periarticular fractures of the lower extremity. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2002;16(9):678-685.
27. Covey DC, Mazurek MT, Potter BK, et al. Early biologic reconstruction following combat-related open fractures: a paradigm shift. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2015;473(12):3761-3768. <https://doi.org/10.1007/s11999-015-4406-9>
28. Mack AW, Helgeson MD, Tis JE. Contralateral structural femoral autograft use in treatment of an open periarticular knee fracture to perform knee arthrodesis. *Military Medicine*. 2008;173(5):487-491. <https://doi.org/10.7205/MILMED.173.5.487>
29. Ficke JR, Pollak AN. Extremity war injuries: staged management and definitive reconstruction. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2017;25(8):e175-e184. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-16-00377>
30. Крюков Е.В., Давыдов Д.В., Хоминец В.В. и др. Этапное лечение раненых с повреждениями опорно-двигательной системы в современном вооруженном конфликте. *Военно-медицинский журнал*. 2023;(3):4-17. https://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_3_4
31. Doukas WC, Hayda R, Frisch HM, et al. The Military Extremity Trauma Amputation/Limb Salvage (METALS) study: outcomes of amputation versus limb salvage following major lower-extremity trauma. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 2013;95(2):138-145. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.00734>

32. Rigal S, Milaire A, Mathieu L, de l'Escalopier N. Post-traumatic lower-limb amputation: Indications, techniques and results. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2025;111(1S):103756. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2024.103756>
33. Bennett PM, Sargeant ID, Penn-Barwell JG, et al. Early versus delayed prosthetic fitting in combat-related lower limb amputees with contralateral fractures: a randomized controlled trial (SeLECT Study). *The Bone & Joint Journal*. 2024;106-B(5):498-506. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.106B5.BJJ-2023-1118.R2>
34. Пильников С.А., Войновский А.Е. Гнойные осложнения ампутаций нижних конечностей при минно-взрывной травме. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2020;15(1):62-67. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2020.15.11.012>
35. Petfield JL, Lewandowski LR, Stewart L, et al. Combat-related extremity wound infections: a review of the Infectious Disease Clinical Research Program experience. *Military Medicine*. 2022;187(5-6):130-137. <https://doi.org/10.1093/milmed/usab312>
36. Conella DM, Hooper RAG, Stapleton JJ, et al. Recent Advances in Lower Extremity Amputations and Prosthetics for the Combat Injured Patient. *Foot and Ankle Clinics*. 2010;15(1):151-174. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2009.10.003>

ОБ АВТОРАХ / AUTHORS' INFO

Чупряев Виктор Андреевич канд. мед. наук; ORCID: 0009-0005-6030-6460; eLibrary SPIN: 5007-7607	Victor A. Chupryaev Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0009-0005-6030-6460; eLibrary SPIN: 5007-7607
Бадалов Вадим Измайлович докт. мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-8461-2252; eLibrary SPIN: 9314-5608	Vadim I. Badalov MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0002-8461-2252; eLibrary SPIN: 9314-5608
Кудяшев Алексей Леонидович докт. мед. наук, доцент; ORCID: 0000-0002-8561-2289; eLibrary SPIN: 6138-0950	Alexey L. Kudyashev MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor; ORCID: 0000-0002-8561-2289; eLibrary SPIN: 6138-0950
Денисенко Василий Владимирович канд. мед. наук; ORCID: 0009-0005-7889-6104; eLibrary SPIN: 1556-2332	Vasiljj V. Denisenko Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0009-0005-7889-6104; eLibrary SPIN: 1556-2332
Пашенко Павел Степанович докт. мед. наук, профессор; ORCID: 0009-0003-8821-4547; eLibrary SPIN: 1035-3261	Pavel S. Paschenko MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0009-0003-8821-4547; eLibrary SPIN: 1035-3261
*Дочия Илья Георгиевич Адрес: Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6 ORCID: 0009-0000-3958-0987; eLibrary SPIN: 8926-4181; e-mail: ilia.d7@mail.ru	Pia G. Dochiiia Address: Russia, St. Petersburg, Akademika Lebedeva St., Building 6 ORCID: 0009-0000-3958-0987; eLibrary SPIN: 8926-4181; e-mail: ilia.d7@mail.ru

Автор, ответственный за переписку*