

АРДЖЕНИЯ

Инал Энверович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ РАНЕНЫХ
С ОГНЕСТРЕЛЬНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА
БЕДРЕННОЙ КОСТИ МЕТОДОМ ЧРЕСКОСТНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

3.1.8. Травматология и ортопедия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург

2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном военном образовательном учреждении высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации

Научный руководитель:

член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук профессор **Хоминец Владимир Васильевич**

Официальные оппоненты:

Беленький Игорь Григорьевич — доктор медицинских наук профессор, ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе», отдел травматологии и ортопедии, руководитель;

Грицюк Андрей Анатольевич — доктор медицинских наук профессор, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет).

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «08» сентября 2026 г. в 13.00 часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.0.008.02 на базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р. Р. Вредена» Минздрава России (195427, г. Санкт-Петербург, ул. академика Байкова, дом 8).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р. Р. Вредена» Минздрава России и на сайте <http://dissovet.niito.org>

Автореферат разослан «_____» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 99.0.008.02
доктор медицинских наук



Денисов А. О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Военно-медицинская статистика вооружённых конфликтов показывает, что в структуре входящего потока 55–70% раненых имеют повреждения конечностей, а по данным некоторых источников в отдельных боевых операциях их доля достигает 80% (Хоминец В. В., 2017; Тришкин Д. В., 2024). Среди огнестрельных ранений конечностей повреждения крупных суставов, по данным В.А. Аверкиева (1988), составляют 8,8%. В их структуре огнестрельные переломы проксимального отдела бедренной кости встречаются в 7,3% случаев (Аверкиев В. А., 1998). Среди ранений нижних конечностей удельный вес таких повреждений достигает 17% (Grotz M. R., 2005; Miller A. N., 2013).

Использование новых типов оружия, боеприпасов и средств их доставки способствовало увеличению частоты сочетанных, множественных и комбинированных повреждений до 50–70%, в том числе с обширным разрушением мягких тканей и костей (Касимов Р. Р., 2024; Крюков Е. В., 2023; Тришкин Д. В., 2024; Хоминец В. В., 2021; Шаповалов В. М., 2006). Наибольшие трудности в лечении раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости возникают, когда огнестрельная рана мягких тканей представляет собой обширный дефект. Вторым сценарием является развитие раневой инфекции. В таких случаях окончательная стабилизация огнестрельного перелома с применением последовательного внутреннего остеосинтеза невозможна, а методом выбора является внешний остеосинтез (Хоминец В. В., 2021).

Применение известных компоновок аппарата Илизарова с фиксацией костей таза является эффективным при огнестрельных переломах данной локализации (Боровой И. С., 2023; Шаповалов В. М., 2013), однако обездвиживание тазобедренного сустава значительно ограничивает мобильность пациента и неизбежно приводит к выраженной гипотрофии мышц и развитию контрактуры тазобедренного сустава, которая нередко приобретает необратимый характер. В связи с этим задача окончательной стабилизации

перелома, исключаящей фиксацию тазобедренного сустава, у рассматриваемой категории раненых является очень актуальной.

Степень разработанности темы исследования. Одним из путей снижения неблагоприятного влияния аппарата Илизарова на двигательную функцию конечности является разработка способа внешнего остеосинтеза без фиксации тазобедренного сустава. При этом важно соблюдение известных требований к аппарату: достижение стабильности костных отломков при дозированной опорной нагрузке на конечность и сохранение ее в течение всего срока консолидации (Илизаров Г. А., 1983; Шевцов В. И., 2002). Опорная функция в период сращения перелома обеспечивает более раннюю дифференциацию клеточных структур, стимулируя репаративный остеогенез (Колчанов С. Н., 2008; Крюков В. Н., 1998).

Анализ профильной литературы показал, что известные методики внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова без фиксации тазобедренного сустава ориентированы преимущественно на использование их при простых переломах (Аллахвердиев А. С., 2016; Швед С. И., 2001; Соломин Л. Н., 2015; Шевцов В. И., 1995). При огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости, характеризующихся многооскольчатостью и наличием первичных дефектов костей и мягких тканей, применение данных вариантов фиксации существенно ограничено. Описанные конструктивные решения, основанные на использовании аппаратов стержневой фиксации (Mirić D. M., 2002; Nikolić D., 1998), имеют ограничения при переломах в вертельной зоне, а также не обеспечивают необходимую стабильность, особенно при опорной нагрузке. Кроме того, в доступных источниках литературы нами не обнаружены сведения о биомеханических характеристиках предложенных компоновок аппаратов.

Успехи в разработке новых методик хирургического лечения переломов длинных костей конечностей были достигнуты в результате симбиоза клинических и биомеханических исследований (Сеппо А. И., 1978; Янсон Х. А., 1975). Современные методы математического моделирования и информационные технологии существенно увеличили возможности

исследователей, в том числе и в разработке технологий лечения пострадавших с переломами костей конечностей. Наиболее эффективным и универсальным методом компьютерного моделирования является метод конечных элементов (Зенкевич О., 1975). Он нашел широкое применение при моделировании различных инженерных конструкций и биомеханических систем (Колчанов С. Н., 2008; Кудяшев А. Л., 2022; Маслов Л. Б., 2001; Хоминец И. В., 2019).

Потребность в разработке способа остеосинтеза огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова, отвечающего вышеперечисленным требованиям, определила необходимость выполнения настоящего исследования и позволила сформулировать его цель и задачи.

Цель исследования. Разработать и обосновать при помощи биомеханических и клинических исследований способ внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова для лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости без фиксации тазобедренного сустава.

Задачи исследования

1. Определить структуру, характер и тяжесть повреждений у раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, поступающих на этап специализированной помощи.

2. На основании данных медицинской документации провести ретроспективный анализ результатов лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава.

3. Разработать и обосновать в эксперименте способ внешнего остеосинтеза огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова без фиксации тазобедренного сустава.

4. Провести клиническую апробацию разработанного способа внешнего остеосинтеза у раненых огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости и оценить его эффективность.

Научная новизна

1. Получены новые сведения о результатах лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова в разных его компоновках.

2. Разработан новый способ внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости без фиксации тазобедренного сустава (патент на изобретение № 2821665).

3. Впервые в эксперименте на высокоточных виртуальных моделях и нагрузочных стендах проведено сравнительное исследование стабильности и жесткости фиксации при огнестрельном переломе проксимального отдела бедренной кости.

4. Впервые получены анатомо-функциональные результаты лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова без фиксации тазобедренного сустава.

Теоретическая и практическая значимость работы

Полученные сведения о результатах лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова показали целесообразность применения способов внешнего остеосинтеза без фиксации тазобедренного сустава.

Установлено, что исследование стабильности фиксации отломков при огнестрельном переломе проксимального отдела бедренной кости на высокоточных виртуальных моделях с применением метода конечных элементов и нагрузочных стендах позволяет изучить их биомеханические характеристики при осевых нагрузках и определить оптимальный вариант фиксации.

Разработанный способ остеосинтеза обеспечивает стабильную фиксацию отломков при нагрузке 200 Н в течение 10 млн циклов в эксперименте, что позволяет обеспечить сращение огнестрельного перелома бедренной кости в условиях дозированной опорной нагрузки на конечность.

Разработанный способ остеосинтеза проксимального отдела бедренной кости позволяет улучшить анатомо-функциональные результаты лечения раненых за счет сохранения активных и пассивных движений в тазобедренном суставе и опорной нагрузки на оперированную конечность.

Методология и методы исследования. Исследование состояло из четырех последовательных этапов.

На первом этапе был проведен анализ научной литературы, направленный на изучение частоты огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости в структуре боевой патологии, методах и результатах лечения раненых. В результате были определены основные проблемные вопросы и направления совершенствования лечения пациентов рассматриваемой категории, что позволило сформулировать цель, задачи и структуру предстоящей диссертационной работы.

Второй этап исследования заключался в определении тяжести, структуры и характера повреждений у раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, а также в ретроспективной оценке результатов лечения раненых, которым при данном характере повреждений применяли аппарат Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава.

В ходе третьего этапа были предложены две новые компоновки аппарата Илизарова, позволяющие фиксировать отломки бедренной кости без необходимости иммобилизации тазобедренного сустава. Разработанные конструкции прошли серию биомеханических и стендовых испытаний на базе специализированных лабораторий. Были созданы виртуальные модели двух новых компоновок аппаратов внешней фиксации, а также известной ранее конструкции с фиксацией таза и проксимального бедренного гвоздя. Определены предельные нагрузки, выдерживаемые системой без утраты стабильности фиксации, и оценена их усталостная прочность при циклических нагрузках. Изучен процесс нагружения при типичных нагрузках, характерных для обычной ходьбы с дозированной нагрузкой 20 кг (имитация ходьбы на костылях). В ходе стендовых испытаний исследованы упруго-прочностные характеристики двух моделей аппарата Илизарова (с тазовым компонентом и

без иммобилизации тазобедренного сустава), количественно оценена механическая стабильность остеосинтеза перелома проксимального отдела бедренной кости с использованием этих моделей, выявлены и проанализированы максимальные механические нагрузки, которые способны выдержать тестируемые фиксаторы. По итогам анализа экспериментальных данных был выбран оптимальный вариант компоновки аппарата Илизарова.

На четвертом этапе разработанный аппарат прошёл апробацию в клинике военной травматологии и ортопедии им. Г. И. Турнера Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова. Выполнен сравнительный анализ анатомо-функциональных результатов лечения пациентов, прооперированных с применением новой и традиционной методик.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Огнестрельные переломы проксимального отдела бедренной кости с обширными повреждениями мягких тканей характеризуются системными нарушениями в организме раненого, наличием полирезистентных возбудителей, что обуславливает целесообразность выбора внешнего остеосинтеза в качестве окончательного метода лечения.

2. Предложенная компоновка аппарата Илизарова обеспечивает движения в тазобедренном суставе и более стабильную фиксацию огнестрельного перелома проксимального отдела бедренной кости при опорной нагрузке на конечность по сравнению с аппаратом Илизарова, фиксирующим тазобедренный сустав.

3. Остеосинтез при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости разработанным способом обеспечивает лучшие анатомо-функциональные результаты лечения по сравнению с традиционной компоновкой аппарата Илизарова.

Степень достоверности результатов исследования. Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждена комплексом экспериментальных и клинических данных. Экспериментальная часть включала компьютерное моделирование напряжённо-деформированного состояния

системы «перелом — фиксатор» методом конечных элементов, а также стендовые испытания. Клиническая достоверность обеспечена репрезентативной выборкой наблюдений и результатами инструментальных исследований, соответствующих целям и задачам работы. Положения, выносимые на защиту, подкреплены статистически значимыми данными и наглядными материалами. Анализ результатов выполнен с применением современных методов статистики.

Апробация и реализация диссертационной работы. Результаты исследования были представлены на различных научных мероприятиях: Евразийском ортопедическом форуме (Москва, 2023, 2024, 2025 гг.); Всероссийской конференции молодых учёных «Вреденовские игры» (Санкт-Петербург, 2025 г.); заседании Ассоциации травматологов-ортопедов г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области имени Г. И. Турнера (Санкт-Петербург, 2025 г.); IX Национальном конгрессе с международным участием «Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях» (Санкт-Петербург, 2024 г.); X Юбилейном национальном конгрессе с международным участием «Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях. К 125-летию кафедры военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии» (Санкт-Петербург, 2025 г.); XI Национальном конгрессе с международным участием «Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях. К 100-летию Ассоциации травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области имени Г.И. Турнера».

Реализация результатов исследования. Разработанный способ внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости внедрен в хирургическую практику клиники военной травматологии и ортопедии им. Г. И. Турнера Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова, травматологических отделений центральных и ряда окружных военных госпиталей, а также медицинских организаций Министерства здравоохранения Российской Федерации,

оказывающих специализированную травматологическую помощь пациентам с боевыми повреждениями опорно-двигательного аппарата. Применение предложенного способа остеосинтеза продемонстрировало высокую эффективность. Полученные результаты диссертационного исследования успешно применяются в образовательном процессе кафедры (клиники) военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова при подготовке ординаторов по специальности «травматология и ортопедия».

По теме диссертационного исследования опубликовано 6 печатных работ, из них 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций результатов диссертационных исследований и получен патент РФ на изобретение № 2821665.

Личный вклад автора. Тема и основные направления диссертационного исследования определены при участии научного руководителя. Автором самостоятельно сформулированы цель, задачи, дизайн и план исследования. Автор принимал непосредственное участие в хирургических вмешательствах при выполнении внешнего остеосинтеза разработанным способом при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости. Самостоятельно подготовил модели перелома проксимального отдела бедренной кости, фиксированные различными вариантами компоновок аппарата Илизарова, а также принимал участие в проведении стендовых испытаний. Автор самостоятельно интерпретировал результаты биомеханических экспериментов на виртуальных конечно-элементных моделях и в ходе стендовых испытаний. Принимал участие в оформлении научных публикаций и заявок на изобретения. Научные доклады по материалам исследования подготовлены лично автором.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 170 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 142 источника (из них 95 отечественных и 47 иностранных). Работа содержит 22 таблицы и 71 рисунок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, определены цель, задачи, научная и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения о реализации и апробации работы, указано количество публикаций по теме диссертации, ее объем и структура.

В первой главе на основании изучения отечественной и зарубежной литературы представлен анализ современного состояния проблемы лечения пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости методом внешнего остеосинтеза. Огнестрельные переломы данной локализации составляют до 7,3% в общей структуре огнестрельных ранений суставов и до 17% — среди повреждений нижних конечностей. Обширное повреждение мягких тканей, массивная внутритканевая кровопотеря, близость к промежности создают высокий риск тяжёлых форм раневой инфекции, что существенно ограничивает возможности применения внутреннего остеосинтеза. Установлено, что основными преимуществами внешнего остеосинтеза являются минимальная инвазивность, сохранение доступа к ране для динамического контроля, возможность ранней активизации пациентов, применимость при тяжёлой соматической патологии и политравме.

Анализ литературы позволил выделить две основные группы аппаратов внешней фиксации: с иммобилизацией тазобедренного сустава (компоновка «таз — бедро») и без фиксации тазобедренного сустава. Аппараты первой группы обеспечивают стабильную фиксацию, но ограничивают движения в суставе, что неизбежно ведёт к формированию контрактур. Преимуществом второй группы является возможность ранних движений в тазобедренном суставе, однако описанные варианты предназначены преимущественно для простых переломов типов А и В по АО/ASIF. При этом в доступной научной литературе отсутствуют сведения о биомеханических характеристиках аппаратов внешней фиксации для лечения огнестрельных переломов данной локализации как окончательного метода лечения.

Проведённый обзор свидетельствует о наличии противоречий между необходимостью обеспечения стабильной фиксации при оскольчатых огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости и возможностью ранней функциональной реабилитации пациентов. Существующие методы внешней фиксации либо иммобилизируют тазобедренный сустав, что ведёт к контрактурам, либо предназначены для простых переломов и не обеспечивают достаточной стабильности при оскольчатых повреждениях с дефектами костной ткани. Указанные противоречия подтверждают актуальность разработки усовершенствованного аппарата внешней фиксации, отвечающего требованиям биомеханической стабильности и функциональности, что обусловило цель и задачи настоящего диссертационного исследования.

Во второй главе представлены планирование, структура, материал и методы исследования, состоявшего из четырёх взаимосвязанных этапов.

На первом этапе работы из входящего потока раненых на этапе специализированной помощи выделены 140 пациентов с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, у которых определены характер и тяжесть повреждений.

На втором этапе проведен ретроспективный анализ медицинской документации 27 раненых с целью выяснения структуры, характера и тяжести ранений, а также получения анатомо-функциональных результатов лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава.

На третьем этапе исследования разработаны две компоновки аппарата Илизарова, обеспечивающие фиксацию отломков бедренной кости без иммобилизации тазобедренного сустава. Первый вариант предусматривал фиксацию проксимального отдела бедренной кости спицами Киршнера диаметром 2 мм в количестве 6 штук, закрепленных в вертикальной консольной планке. Вторая компоновка включала 6 спиц диаметром 3 мм, фиксированных в планке, усиленной косой и вертикальной штангами (патент РФ № 2821665). Разработанные компоновки аппарата Илизарова подвергнуты биомеханическим испытаниям на высокоточных виртуальных моделях и нагрузочных стендах.

Биомеханические исследования проведены на кафедре математической теории упругости и биомеханики Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. На основе компьютерных томограмм в программных комплексах Mimics и 3Matic (Materialise, Бельгия) построены трёхмерные твердотельные модели бедренной кости и фиксаторов. В системе SolidWorks (Dassault Systemes, США) смоделированы четыре конструкции: две разработанные компоновки аппарата Илизарова (модели № 1 и 2), известная компоновка В. М. Шаповалова и соавт. (2013) с иммобилизацией тазобедренного сустава (модель № 3) и проксимальный бедренный гвоздь (модель № 4, эталонная). Конечно-элементное моделирование выполнено в системе Ansys 19.0. К головке бедренной кости прикладывали осевую нагрузку 200 Н, имитирующую дозированную опорную нагрузку при ходьбе на костылях. Оценены максимальные нагрузки, усталостная прочность имплантатов при циклических нагрузках (10 млн циклов, с нагрузкой 200 Н).

Стендовые испытания предложенных конструкций проводили на базе испытательной лаборатории «Механическая лаборатория им. профессора Н. А. Белелюбского» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I. Исследованы упруго-прочностные свойства двух моделей аппарата Илизарова: без иммобилизации тазобедренного сустава и с его фиксацией, — а также механическая стабильность выполненного с их помощью остеосинтеза перелома проксимального отдела бедренной кости. Выделены и проанализированы максимальные механические нагрузки, которые способны выдержать исследуемые фиксаторы.

Четвертый этап работы представлял собой клиническую часть исследования, в которую включены 73 раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, находившихся на лечении в клинике военной травматологии и ортопедии им. Г. И. Турнера Военно-медицинской академии с 1994 по 2024 г. По характеру повреждений мягких тканей все переломы относились к типу IIIB по классификации Gustilo–Anderson, площадь дефектов составляла от 70 до 400 см². Дефекты костной ткани отнесены к типам

BD31A23 и BD31A33 по универсальной классификации дефектов длинных костей (Соломин Л. Н. и соавт., 2022).

Сформированы две клинические группы. Первая группа включила 46 пострадавших, пролеченных в 2022–2024 гг., которым выполнен внешний остеосинтез аппаратом Илизарова разработанным способом (патент РФ № 2821665). Вторую (ретроспективную) группу составили 27 раненых, пролеченных аппаратом Илизарова с иммобилизацией тазобедренного сустава в 1994–2008 гг.

Всем раненым выполнены клиничко-лабораторные и инструментальные методы диагностики: рентгенография, компьютерная томография, КТ-ангиография, ультразвуковое дуплексное сканирование вен нижних конечностей. Интегральную оценку тяжести состояния проводили по шкалам ВПХ-СП, ВПХ-П(ОР), ВПХ-СС.

Функцию суставов оценивали в соответствии с постановлением Правительства РФ от 04.07.2013 № 565. Объективную оценку консолидации перелома осуществляли по разнице оптической плотности (РОП) между межотломковой зоной и кортикальным слоем кости на цифровых рентгенограммах с использованием программных комплексов PICSYS и GIMP v.2.8.18.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и TIBCO Statistica 14.0. Проверку нормальности распределения выполняли критерием Шапиро–Уилка. В связи с отклонением от нормальности и малым размером группы сравнения ($n = 27$) для сравнения независимых выборок применяли непараметрический U-критерий Манна–Уитни с поправкой на связанные ранги. Для сравнения долей использовали точный критерий Фишера. Рассчитывали размер эффекта g . Критический уровень значимости принят $p < 0,05$. Данные представлены в виде медианы и межквартильного диапазона [Q25; Q75].

Таким образом, комплекс применённых методов — биомеханического моделирования, стендовых испытаний и клинического исследования с использованием современных статистических методов — обеспечил достоверность полученных результатов и обоснованность научных выводов.

В третьей главе представлены результаты анализа структуры и характера повреждений у раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, а также результаты лечения 27 раненых аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава.

Анализ входящего потока раненых на этапе специализированной помощи показал, что переломы бедренной кости имели 33,8% пациентов с огнестрельными переломами длинных костей конечностей. Огнестрельные переломы проксимального отдела бедренной кости составили 13,1% среди переломов бедренной кости и 4,4% — в общей структуре огнестрельных переломов. В 87,3% случаев переломы носили оскольчатый характер, в 32,9% сопровождались обширным повреждением мягких тканей (46 пациентов). Доля последних составила 4,3% в структуре огнестрельных переломов бедренных костей и 1,5% — в общей структуре входящего потока раненых.

У всех 46 пациентов первой группы с обширными дефектами мягких тканей тяжесть состояния при поступлении была расценена как тяжёлая (32–36 баллов по шкале ВПХ-СП, 3,9 балла по шкале ВПХ-П(ОР)). Повреждения носили множественный характер у 50,0% и сочетанный — у 17,4% раненых.

По характеру повреждений мягких тканей все переломы относились к типу IIIB по классификации Gustilo–Anderson, площадь дефектов составляла от 70 до 400 см² (до 30% окружности верхней трети бедра). По универсальной классификации дефектов длинных костей конечностей (Соломин Л. Н. и соавт., 2022) переломы отнесены к типам BD31A23 и BD31A33.

Ретроспективно проанализированы результаты лечения 27 раненых, проходивших лечение в клинике военной травматологии и ортопедии им. Г. И. Турнера ВМедА с 1994 по 2008 г. Всем пациентам выполнен внешний остеосинтез аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава. Данный метод обеспечил надёжную стабилизацию отломков при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости, позволив достичь консолидации перелома с восстановлением оси и длины сегмента у 51,8% пациентов в средние сроки. Вместе с тем иммобилизация тазобедренного сустава сопровождалась формированием стойких контрактур тазобедренного и коленного суставов, что обусловило неудовлетворительные функциональные

исходы у 77,8% раненых. По заключениям военно-врачебных комиссий годными и годными с незначительными ограничениями к военной службе были признаны 6 (22,2%) раненых, ограниченно годными — 15 (55,6%). Негодными к военной службе были признаны 6 (22,2%) пациентов, что было обусловлено формированием ложных суставов и остеомиелитом.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости разработки модифицированных компоновок аппаратов внешней фиксации, обеспечивающих возможность ранней активной и пассивной мобилизации тазобедренного сустава в послеоперационном периоде, с целью профилактики послеоперационных контрактур и улучшения отдалённых анатомических и функциональных результатов лечения.

В четвертой главе были проанализированы результаты биомеханического моделирования и стендовых испытаний, направленных на обоснование оптимальной компоновки аппарата внешней фиксации для лечения огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости.

На основе компьютерных томограмм в программных комплексах Mimics, 3Matic и SolidWorks построены модели системы «бедренная кость — фиксатор» при оскольчатом переломе проксимального отдела бедренной кости. Конечно-элементное моделирование выполнено в системе Ansys 19.0 с приложением осевой нагрузки 100, 150 и 200 Н, имитирующей дозированную опорную нагрузку при ходьбе на костылях.

Результаты моделирования показали, что модель № 1 при нагрузке 200 Н характеризовалась превышением предела прочности нержавеющей стали в области крепления спиц к планке (1496 МПа при пределе прочности 600 МПа), что являлось биомеханической предпосылкой к разрушению конструкции (рисунок 1а). Максимальные смещения отломков достигали 18,1 мм, что свидетельствовало о макроподвижности и нестабильности фиксации (рисунок 2а).

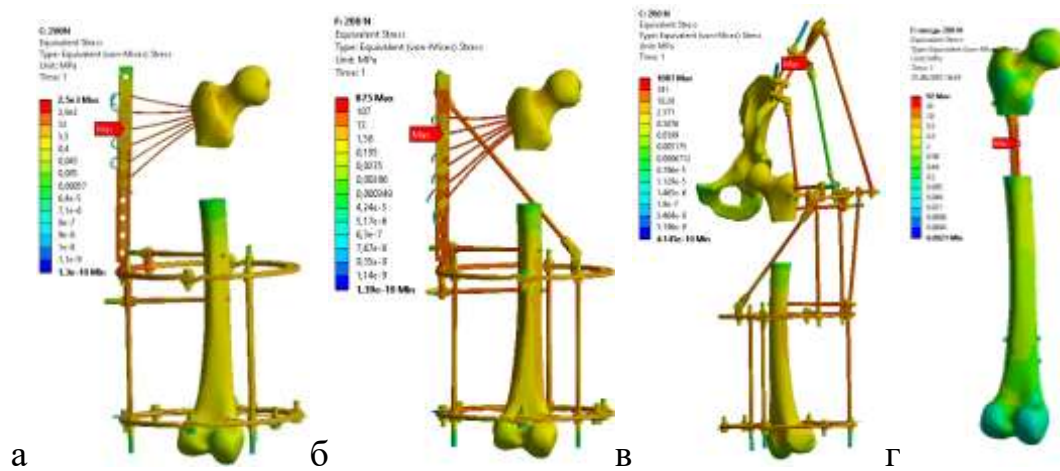


Рисунок 1 — Эквивалентные напряжения в корпусе аппарата Илизарова системы «бедренная кость — фиксатор» при нагрузке 200 Н:

а — модель № 1; б — модель № 2; в — модель № 3; г — модель № 4

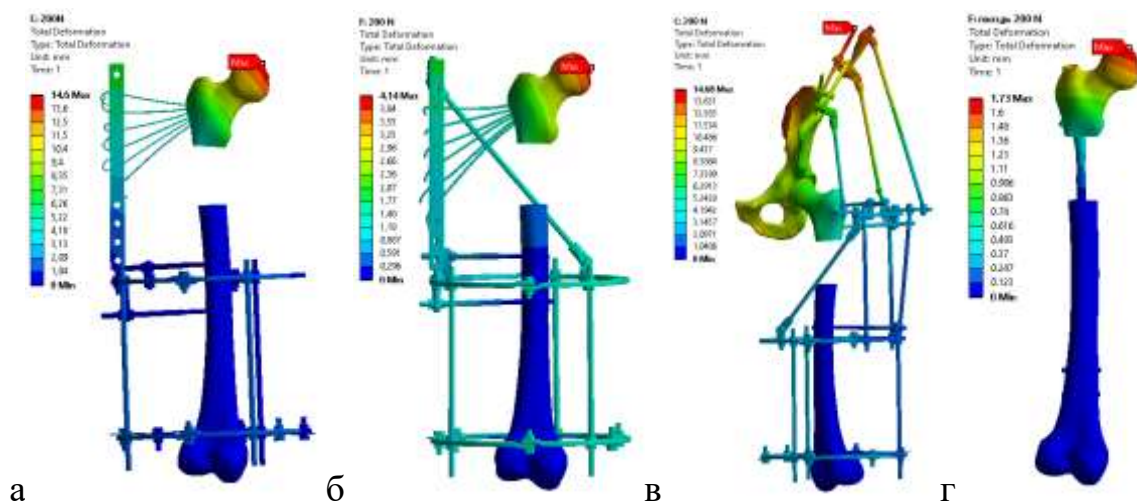


Рисунок 2 — Перемещения отломков относительно друг друга при нагрузке 200 Н: а — модель № 1; б — модель № 2; в — модель № 3; г — модель № 4

В модели № 2 при той же нагрузке напряжения во всех элементах конструкции не превышали пределов прочности материалов: в планке — 335 МПа ($\approx 55\%$ предела прочности), в кортикальной кости — 129 МПа, в губчатой кости — 12,6 МПа (см. рисунок 16). Максимальные смещения отломков составили 2,1 мм при всех уровнях нагрузки, что свидетельствовало о стабильной фиксации (см. рисунок 26).

В модели № 3 при нагрузке 150 Н напряжения в области крепления верхнего полукольца к штанге превысили предел прочности нержавеющей

стали, а при 200 Н — в губчатом слое подвздошной кости (14,7 МПа) (см. рисунок 1в). Смещения отломков достигали 14,7 мм, что указывало на недостаточную стабильность фиксации (см. рисунок 2в).

Модель № 4 продемонстрировала наименьшие значения напряжений: в стержне — 92 МПа при 200 Н (ниже предела прочности титанового сплава), в кортикальной кости — 50 МПа, в губчатой — 3,5 МПа (см. рисунок 1г). Смещения отломков составили 1,7 мм при 200 Н (см. рисунок 2г).

Сопоставление параметров напряженно-деформированного состояния системы «бедренная кость — фиксатор» в моделях № 1–3 свидетельствовало о значимых преимуществах модели аппарата Илизарова № 2 (патент на изобретение № 2821665), которая по своим характеристикам максимально приближалась к параметрам остеосинтеза перелома рассматриваемого типа ПБГ (модель № 4). Это стало возможным за счет применения 3-миллиметровых спиц в проксимальной базе и усиления вертикальной планки двумя резьбовыми штангами.

Для верификации результатов биомеханического моделирования проведены стендовые испытания на специально подготовленных (приближенных по механическим характеристикам к натуральной кости) пенополиуретановых моделях бедренной кости с моделированием дефекта 18 мм. Испытания выполнены на испытательной машине Shimadzu AG-X Test 50 kN с использованием бесконтактного видеоэкстензометра Imetrum Dynamic Monitoring Station. Исследованы модели № 2 и 3 (компоновка «таз — бедро»).

При осевой нагрузке 200 Н максимальная амплитуда смещения отломков в модели № 2 составила 2,09 мм, в модели № 3 — 8,5 мм, что в 4 раза превышало показатели разработанной компоновки. При нагрузке 100 Н смещения составили 1,02 и 3,97 мм соответственно, при 150 Н — 1,57 и 6,03 мм. Полученные результаты подтвердили данные конечно-элементного моделирования и продемонстрировали преимущество разработанной компоновки аппарата Илизарова (модель № 2) по стабильности фиксации отломков при осевых нагрузках (таблица 1).

Таблица 1 — Максимальные амплитуды смещения отломков бедренной кости относительно друг друга при нагрузках силой 100, 150 и 200 Н в моделях № 2 и 3

Смещение	Модель № 2			Модель № 3		
	100 Н	150 Н	200 Н	100 Н	150 Н	200 Н
Перемещение position 1, мм	–1,022	–1,584	–2,118	–3,970	–6,027	–8,122
Перемещение position 2, мм	–0,004	–0,014	0,011	0,099	0,203	0,319
Перемещение position 3, мм	–0,867	–1,330	–1,792	–3,205	–4,855	–6,540
Перемещение position 4, мм	–0,042	–0,055	–0,059	–0,028	–0,003	0,031
Изменение расстояния между position 1 и position 2, мм	–1,018	–1,570	–2,130	–4,069	–6,230	–8,441
Изменение расстояния между position 3 и position 4, мм	–0,825	–1,275	–1,732	–3,177	–4,852	–6,571

Выполненное биомеханическое обоснование сделало возможным осуществить клиническую апробацию разработанной компоновки № 2 аппарата Илизарова для остеосинтеза бедренной кости при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости.

В пятой главе представлены результаты лечения 46 раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, которым выполнен внешний остеосинтез аппаратом Илизарова разработанной компоновкой (патент РФ № 2821665) без иммобилизации тазобедренного сустава, а также проведен сравнительный анализ с группой из 27 пациентов, леченных аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава.

Функциональные результаты оценены у 40 раненых в сроки от 9 до 24 месяцев после остеосинтеза. В послеоперационном периоде у 5 пациентов возникли поверхностные местные инфекционные осложнения, у 3 — огнестрельный остеомиелит центрального отломка с развитием коксита, потребовавший демонтажа аппарата, санационных вмешательств и последующего эндопротезирования тазобедренного сустава. У 2 раненых сформировались ложные суставы.

Анатомические результаты лечения: полноценное сращение достигнуто у 27 (67,5%) пациентов, сращение с деформацией — у 5 (12,5%), с укорочением — у 3 (7,5%), ложный сустав — у 2 (5,0%), остеомиелит — у 3 (7,5%).

После демонтажа аппарата и реабилитационного лечения амплитуда движений в тазобедренном суставе соответствовала «незначительному нарушению функций» у 29 (82,9%) пациентов и «без нарушения функций» у 6 (17,1%). В коленном суставе «незначительное нарушение функций» отмечено у 31 (88,6%) пациента, «умеренное» — у 4 (11,4%).

Функциональные результаты распределились следующим образом: хорошие — у 30 (75,0%) раненых, удовлетворительные — у 5 (12,5%), неудовлетворительные — у 5 (12,5%). Неудовлетворительные исходы были обусловлены формированием ложных суставов (2 пациента), инфекционными осложнениями (3 пациента) и остаточной контрактурой коленного сустава (1 пациент).

Сравнительный анализ результатов лечения. При сравнении с группой из 27 раненых, леченных аппаратом Илизарова с иммобилизацией тазобедренного сустава, выявлены статистически значимые преимущества разработанной методики.

После реабилитационного лечения амплитуда сгибания в тазобедренном суставе в основной группе составила $95,0^{\circ}$ [90,0; 97,0], в группе сравнения — $110,0^{\circ}$ [110,0; 115,0] ($p < 0,0001$, размер эффекта $r = 0,648$). Амплитуда отведения в тазобедренном суставе: $24,0^{\circ}$ [24,0; 25,0] и $18,0^{\circ}$ [15,0; 20,0] соответственно ($p < 0,0001$, $r = 0,652$). В коленном суставе амплитуда сгибания составила $70,0^{\circ}$ [65,0; 75,0] и $90,0^{\circ}$ [85,0; 95,0] ($p < 0,001$, $r = 0,532$).

У пациентов основной группы функция тазобедренного сустава после реабилитации соответствовала «незначительному нарушению функций» у 82,9% и «без нарушения функций» у 17,1%. В группе сравнения «умеренное нарушение функций» отмечено у 71,4%, «значительное» — у 28,6% пациентов.

Результаты лечения раненых сравниваемых групп свидетельствовали о большей доле хороших результатов среди раненых первой группы (30 пациентов, или 75,0%), в то время как такие результаты среди пациентов второй группы были достигнуты в 6 клинических случаях (28,6%).

Распределение неудовлетворительных результатов в сравниваемых группах было таким: 12,5% для первой и 22,2% для второй группы.

ВЫВОДЫ

1. Огнестрельные переломы проксимального отдела бедренной кости в 87,3% случаев являются оскольчатыми. В 32,9% случаев сочетаются с обширными повреждениями мягких тканей (тип IIIB по Gustilo–Anderson) и костей (УКДДК BD31A23 и BD31A33), нарушениями гомеостаза (анемией, гипопроотеинемией), наличием в ране полирезистентных форм возбудителей раневой инфекции, что обуславливает высокий риск инфекционных осложнений при выполнении внутреннего остеосинтеза.

2. Ретроспективный анализ лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости методом внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава выявил неудовлетворительные результаты в 58,2% случаев. Их причинами явились стойкие контрактуры тазобедренного и коленного суставов (77,8%), огнестрельный остеомиелит (11,1%), деформации и укорочения конечностей (29,8%), ложные суставы (22,2%). К военной службе были признаны годными 22,2% военнослужащих.

3. Разработанный способ внешнего остеосинтеза при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости без иммобилизации тазобедренного сустава (патент РФ № 2821665) обеспечивает стабильную фиксацию отломков костей на весь период консолидации. Использование проксимальных напряженных спиц диаметром 3 мм, фиксированных к вертикальной консольной планке, усиленной двумя резьбовыми штангами, создает оптимальное напряженно-деформированное состояние системы «фиксатор — отломки». При осевой нагрузке 200 Н конструкция характеризуется минимальной амплитудой межотломковых смещений (до 2,1 мм) и безопасным уровнем эквивалентных напряжений в контактной паре «спицы — кость» (12,6 МПа для губчатого и 129 МПа для кортикального

слоев), что обеспечивает достаточную жесткость и стабильность фиксации в условиях дозированной опорной нагрузки на оперированную конечность и сохранение подвижности в тазобедренном суставе.

4. Клиническое применение разработанного способа внешнего остеосинтеза огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости показало его высокую эффективность за счет снижения доли неудовлетворительных результатов до 12,5%. Стойкие контрактуры тазобедренного и коленного суставов выявлены у 21% раненых, огнестрельный остеомиелит — у 7,5%, деформации и укорочения конечностей — у 11,4%, ложные суставы — у 5,7%. По сравнению с методикой внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова и фиксацией тазобедренного сустава предложенный способ обеспечил достижение лучших анатомо-функциональных результатов ($p < 0,05$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Раненые с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости требуют комплексного обследования и оценки тяжести состояния и тяжести ранения с использованием шкал ВПХ-СП и ВПХ-П(ОР), коррекции гомеостаза, профилактики инфекционных осложнений, первичной стабилизации отломков костей аппаратами внешней фиксации и активных исчерпывающих этапных первичных хирургических обработок ран.

2. Раненые, поступившие на этап специализированной медицинской помощи в поздние сроки, имеющие неустранённое смещение отломков костей и местные инфекционные осложнения костно-мышечных ран, нуждаются в углубленном комплексном клинико-лабораторном обследовании, коррекции гомеостаза, дополнительной стабилизации костных отломков стержневыми аппаратами внешней фиксации, радикальных этапных вторичных хирургических обработках и этиотропной антибактериальной терапии.

3. У раненых, имеющих значительное смещение отломков костей в стержневых аппаратах внешней фиксации, необходимо выполнять их

перемонтаж с целью восстановления оси, длины и ротации сегмента конечности.

4. Переход к внешнему остеосинтезу разработанным способом (патент на изобретение № 2821665) при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости следует осуществлять при наличии противопоказаний к отсроченному внутреннему или последовательному остеосинтезу после заживления ран, наложения вторичных швов или пластического закрытия дефектов мягких тканей. Для закрытия обширных дефектов оправдано применение различных реконструктивно-пластических операций, включая терапию контролируемым отрицательным давлением с последующим закрытием зрелых грануляций расщепленным кожным аутоотрансплантатом, применение локальных кожных и кожно-фасциальных лоскутов, а также использование микрохирургической техники.

5. Активизация раненого после остеосинтеза огнестрельного перелома проксимального отдела бедренной кости предложенным способом должна выполняться на следующий день после операции.

6. Раненым после внешнего остеосинтеза огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости разработанным способом (патент на изобретение № 2821665) в послеоперационном периоде необходимо строго избегать полных опорных осевых нагрузок весом тела на оперированную нижнюю конечность для профилактики миграции и перелома спиц, фиксирующих центральный отломок, с потерей достигнутой репозиции и стабильности.

ОСНОВНЫЕ ПЕЧАТНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Особенности применения внешнего остеосинтеза у раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, сопровождавшимися обширными дефектами мягких тканей / В. В. Хоминец, И. Э. Арджения, А. В. Комаров, А. Л. Кудяшев // Военно-

медицинский журнал. - 2025. — Т. 346, № 9. — С. 18–30. — DOI 10.52424/00269050_2025_346_9_18.

2. Биомеханическое обоснование способа внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости / В. В. Хоминец, И. Э. Арджения, Д. В. Иванов [и др.] // Гений ортопедии. — 2026. — № 32(3). — С. 400–411. — DOI 10.18019/1028-4427-2026-32-3-400-411.

3. Патент № 2821665 Российская Федерация, МПК А61В 17/62 (2006.01), А61В 17/68 (2006.01). Способ лечения раненых с огнестрельным переломом проксимального отдела бедренной кости : № 2024101510 : заявлено 23.01.2024 : опубликовано 25.06.2024 / В. В. Хоминец, С. В. Михайлов, А. В. Щукин, Д. А. Шакун, А. В. Комаров, С. Е. Жумагазиев, И. Э. Арджения ; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.