

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ВОЕННОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМ. С.М. КИРОВА»  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

АРДЖЕНИЯ

Инал Энверович

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

3.1.8. Травматология и ортопедия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель  
член-корреспондент РАН  
доктор медицинских наук  
профессор  
ХОМИНЕЦ Владимир Васильевич

Санкт-Петербург — 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ МЕТОДОМ ВНЕШНЕГО ОСТЕОСИНТЕЗА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) .....	14
1.1 Лечение раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости методом внешнего остеосинтеза.....	14
1.2 Применение внешнего остеосинтеза при лечении пострадавших с закрытыми переломами проксимального отдела бедренной кости.....	26
1.3 Резюме .....	41
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	43
2.1 Планирование исследования.....	43
2.2 Характеристика разработанных компоновок аппарата Илизарова.....	46
2.3 Методы биомеханического моделирования.....	48
2.4 Методы стендовых испытаний .....	51
2.5 Материал клинической части исследования .....	55
2.6 Методы клинической части исследования .....	61
2.6.1 Клиническое обследование .....	61
2.6.2 Лабораторные методы исследования.....	62
2.6.3 Методы лучевой диагностики.....	63
2.6.4 Исследование периферического кровообращения .....	64
2.7 Методы оценки результатов лечения.....	64
2.8 Статистический анализ количественных данных.....	66
ГЛАВА 3. СТРУКТУРА И ХАРАКТЕР ПОВРЕЖДЕНИЙ У РАНЕНЫХ С ОГНЕСТРЕЛЬНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСТЕОСИНТЕЗА АППАРАТОМ ИЛИЗАРОВА С ФИКСАЦИЕЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА .....	69
3.1 Медико-статистическая и клиническая характеристика раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости.....	69

3.2 Результаты лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава .....	72
3.2.1 Общая характеристика раненых .....	73
3.2.2 Методика внешнего остеосинтеза с фиксацией тазобедренного сустава .....	74
3.2.3 Результаты лечения раненых аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава .....	76
3.3 Резюме .....	82
<b>ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ И СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ФИКСАЦИИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ.....</b>	<b>84</b>
4.1 Биомеханическое исследование напряженно-деформированного состояния системы «бедренная кость — фиксатор» методом конечных элементов .....	84
4.1.1 Результаты биомеханического моделирования остеосинтеза бедренной кости аппаратом Илизарова (модель № 1) .....	84
4.1.2 Результаты биомеханического моделирования остеосинтеза бедренной кости аппаратом Илизарова (модель № 2) .....	88
4.1.3 Результаты биомеханического моделирования остеосинтеза бедренной кости аппаратом Илизарова (модель № 3) .....	91
4.1.4 Результаты биомеханического моделирования остеосинтеза бедренной кости типа 3.1.А3 проксимальным бедренным гвоздем (модель № 4) .....	94
4.2 Результаты стендовых испытаний.....	99
4.3 Резюме .....	101
<b>ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ РАНЕННЫХ С ОГНЕСТРЕЛЬНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ АППАРАТОМ ИЛИЗАРОВА БЕЗ ФИКСАЦИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА.....</b>	<b>102</b>

5.1 Технология внешнего остеосинтеза переломов проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова без иммобилизации тазобедренного сустава разработанным способом.....	102
5.2 Результаты лечения раненых по разработанной методике.....	104
5.3 Сравнительный анализ результатов лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова с иммобилизацией тазобедренного сустава и разработанным способом.....	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	135
ВЫВОДЫ .....	148
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	150
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	152
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	153

## ВВЕДЕНИЕ

## Актуальность 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% [69, 72]. 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 [1]. Среди ранений нижних конечностей удельный вес таких повреждений достигает 17% [114, 124].

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 [31, 34, 68, 71, 77]. 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 [71].

Применение известных компоновок аппарата Илизарова с фиксацией костей таза является эффективным при огнестрельных переломах данной локализации [11, 80], 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, исключая 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 [30, 91]. Опорная функция в период сращения перелома обеспечивает более раннюю дифференциацию клеточных структур, стимулируя репаративный остеогенез [32, 35].

Анализ профильной литературы показал, что известные методики внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова без фиксации тазобедренного сустава ориентированы преимущественно на использование их при простых переломах (типы А и В по классификации АО/ASIF), когда необходимая для сращения стабильность достигается за счет создания межотломковой компрессии [2, 47, 58, 86]. 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 [125, 126], 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 обнаружено сведений 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 [56, 95]. 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 [25]. Он нашел широкое применение при моделировании различных инженерных конструкций и биомеханических систем [32, 36, 39, 74].

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 работы

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

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

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

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 позволяют 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. Выполнен сравнительный анализ анатомо-функциональных результатов лечения пациентов, прооперированных с применением новой и традиционной методик.

На проведение исследования получено разрешение независимого Этического комитета при Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (протокол заседания № 301 от 25 марта 2025 года).

#### 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 и апробация 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 результатов исследования

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».

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.

## 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 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».

## Структура и объем диссертации

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.

# ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ МЕТОДОМ ВНЕШНЕГО ОСТЕОСИНТЕЗА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## 1.1 Лечение раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости методом внешнего остеосинтеза

В общей структуре огнестрельных ранений суставов огнестрельные переломы проксимального отдела бедренной кости составляют до 7,3% [1]. Среди ранений нижних конечностей удельный вес таких повреждений достигает 17% [114, 124].

Огнестрельные переломы проксимального отдела бедренной кости и ранения тазобедренного сустава относятся к категории наиболее тяжелых повреждений нижних конечностей. Они характеризуются сложностью и длительностью лечебно-реабилитационного процесса, а также сопровождаются высокой частотой развития осложнений [100]. Большой массив мышц затрудняет полноценную хирургическую обработку костно-мышечной раны, что способствует формированию обширных зон некроза и скрытых затеков, а близость к промежности резко повышает риск развития тяжелых форм раневой инфекции [19, 50, 61, 62, 65, 76, 79, 82]. Разрушение самой крупной кости скелета сопровождается передачей кинетической энергии костным фрагментам, которые становятся вторичными поражающими элементами и приводят к образованию обширных ран с дефектом мягких тканей, повреждению сосудистых и нервных образований [44, 51]. Массивная внутритканевая кровопотеря, достигающая 2,5 л и более, приводит к развитию травматического шока, а повреждение сосудов нарушает сращение перелома и способствует развитию инфекционных осложнений [28, 63, 71, 72, 73].

На протяжении многолетней истории военной медицины тактика лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости

определялась уровнем теоретических знаний и развитием хирургических технологий — от скелетного вытяжения и гипсовой иммобилизации до современных методик внешнего и внутреннего остеосинтеза.

Консервативные методы лечения огнестрельных переломов длинных костей с применением скелетного вытяжения и иммобилизации гипсовой повязкой сохраняют свою актуальность [41, 52, 62]. Ещё в 1865 г. Н. И. Пирогов в труде «О сберегательной хирургии конечностей» отмечал, что гипсовая повязка стала поворотным моментом в лечении раненых. Основными преимуществами гипсовой повязки выступают простота применения, отсутствие потребности в специализированном оборудовании и инструментах, а также низкая стоимость. При стабильных переломах, отсутствии значительных повреждений мягких тканей, наличии противопоказаний к оперативному лечению консервативные методы иммобилизации могут применяться вплоть до консолидации огнестрельного перелома.

Развитие технологий внешнего остеосинтеза привело к постепенному отказу от консервативных методов лечения при огнестрельных переломах длинных костей конечностей, что способствовало не только улучшению анатомо-функциональных результатов лечения, но и значительно облегчало уход за раненым, а также существенно увеличивало мобильность [6, 7, 54, 57]. Активное применение внешнего остеосинтеза началось в период боевых действий в Афганистане, достигнув 40–50% при огнестрельных переломах длинных костей с тенденцией к увеличению в последующих вооруженных конфликтах [14, 20, 28, 85].

История развития методов наружной фиксации в отечественной травматологии берёт начало с 1917 г., когда на заседании XVII Съезда российских хирургов Л.А. Розен представил оригинальную конструкцию аппарата наружной фиксации. Данное устройство, получившее название «остеостат», стало одним из первых в мире аппаратов, позволявших осуществлять репозицию костных отломков в двух взаимно перпендикулярных плоскостях с последующей их жёсткой фиксацией. Конструктивно он представлял собой Т-образную опорную

пластину, оснащённую системой направляющих пазов. В эти пазы устанавливались и фиксировались чрескостные стержни, что обеспечивало возможность дозированной коррекции положения отломков и поддержания достигнутой репозиции в процессе лечения. Несмотря на то что данная разработка не получила широкого клинического распространения в тот исторический период, она заложила важные принципы, впоследствии развитые в конструкциях компрессионно-дистракционных аппаратов следующего поколения [33].

Для лечения огнестрельных переломов длинных костей конечностей аппараты внешней фиксации начали применять с 1938 г., когда Raoul Hoffmann представил конструкцию, принципиально отличающуюся от существовавших ранее иммобилизирующих систем. Аппарат позволял осуществлять дозированное сжатие и растяжение костных отломков в процессе лечения. Конструктивной особенностью устройства являлось использование 2–4 длинных чрескостных стержней, проводимых через каждый из отломков и фиксируемых в универсальном зажиме. Данная компоновка обеспечивала возможность репозиции и коррекции положения фрагментов в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях [101, 118]. В последующем аппарат претерпел ряд конструктивных модификаций, внесённых Vidall и Adrey, что расширило его функциональные возможности и улучшило эргономику применения. Благодаря совершенствованию оригинальной конструкции устройство получило широкое распространение в клинической практике и в модифицированном виде продолжает производиться и применяться в современной травматологии и ортопедии [140].

Среди современных устройств внешней фиксации в отечественной практике особое место занимают аппараты комплекта сочетанной травмы [10, 21] и комплект стержневой военно-полевой [12] (рисунок 1.1).

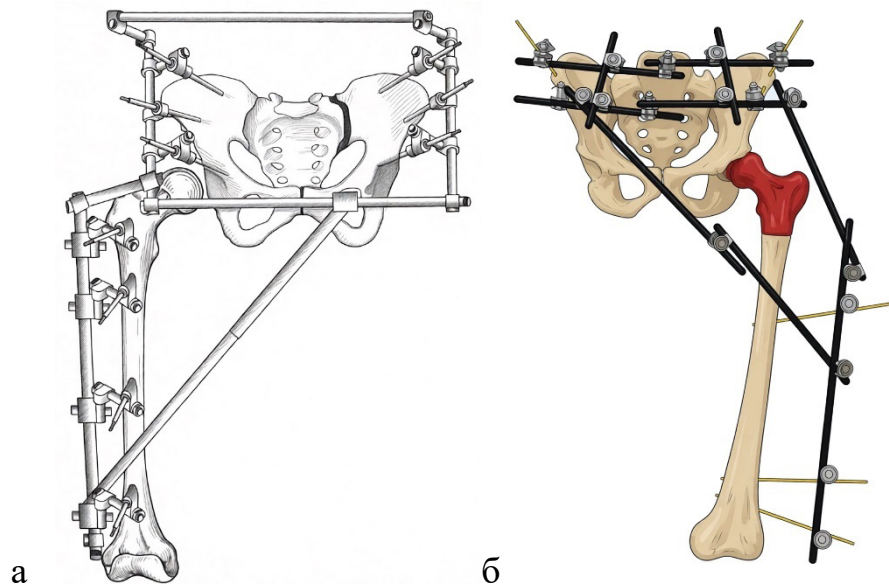


Рисунок 1.1 — Схемы компоновок аппаратов комплекта сочетанной травмы (КСТ) [10, 21] и комплекта стержневой военно-полевой (КСВП) [12]

Комплект стержневой военно-полевой представляет собой специализированное устройство для чрескостного остеосинтеза, предназначенное для обеспечения лечебно-транспортной иммобилизации при повреждениях костей конечностей и таза. Устройство может быть использовано как при закрытых, так и при открытых переломах, включая огнестрельные повреждения. Применение стержневого аппарата создаёт благоприятные условия для пациентов, нуждающихся в длительной эвакуации или предоперационной подготовке. Конструкция обеспечивает стабильную фиксацию костных фрагментов, что способствует снижению болевого синдрома, профилактике вторичного смещения отломков и уменьшению риска травматизации сосудисто-нервных структур. В отличие от временной иммобилизации с использованием транспортных шин или скелетного вытяжения, стержневая фиксация сохраняет мобильность пациента, облегчает проведение диагностических исследований и рентгенологического контроля, а также обеспечивает возможность частичного самообслуживания, что положительно влияет на состояние пострадавшего и снижает риск осложнений, связанных с длительным постельным режимом.

Несмотря на перечисленные преимущества, стержневые аппараты внешней фиксации рассматриваются преимущественно как метод временной стабилизации

отломков костей. Они не предназначены для использования в качестве окончательного способа лечения огнестрельных переломов у раненых и пострадавших в условиях специализированного стационара. После стабилизации общего состояния пациента, купирования местных и общих воспалительных реакций организма рекомендуется переход к другим методам окончательной фиксации, последовательному остеосинтезу или аппарату Илизарова.

Существенный прогресс в лечении раненых начался со второй половины XX века благодаря исследованиям и открытиям Г. А. Илизарова [29, 30]. Метод чрескостного остеосинтеза с использованием аппаратов внешней фиксации получил также широкое распространение в лечении огнестрельных переломов длинных костей [5, 41, 78, 79]. Ключевыми достоинствами данной методики являются минимальная инвазивность без нарушения источников кровоснабжения и минимальное вмешательство в зону повреждения. Конструкция аппарата обеспечивает надёжную стабилизацию костных фрагментов с возможностью дозированной коррекции их положения в процессе лечения. В отличие от гипсовой иммобилизации, чрескостный остеосинтез не ограничивает доступ к раневой поверхности, что позволяет осуществлять динамический контроль за раневым процессом и своевременно проводить необходимые перевязки или хирургические вмешательства.

Применение аппаратов внешней фиксации создаёт условия для ранней активизации пациентов: дозированная осевая нагрузка на повреждённый сегмент конечности возможна уже в ранние сроки после операции, что способствует профилактике осложнений, связанных с длительной иммобилизацией, и улучшает функциональные исходы лечения [5, 19, 109].

Метод чрескостного остеосинтеза не препятствует проведению последующих реконструктивно-восстановительных вмешательств, включая закрытие дефектов мягких тканей, костную пластику и замену внешней фиксации на погружной остеосинтез при наличии показаний [18, 60, 84].

Особую значимость метод Илизарова приобрёл в период боевых действий в Афганистане, где он широко применялся для лечения раненых с огнестрельными

переломами длинных костей конечностей, а также при осложнениях травматического генеза, формировании ложных суставов, посттравматическом остеомиелите и костных дефектах [5, 8, 13, 17, 38, 41, 64, 94].

Установка аппаратов Илизарова — достаточно трудоёмкий процесс, который занимает от двух до четырёх часов и требует от хирургов высокого уровня профессиональной подготовки [26, 27, 62, 64, 66, 86, 87, 88, 89, 90, 91]. Опыт использования внешнего остеосинтеза в период войны в Афганистане продемонстрировал, что его применение в гарнизонных госпиталях нецелесообразно в связи с высоким уровнем осложнений, а также потребности в непрерывном врачебном контроле на протяжении всего курса лечения [26, 27, 62].

Использование метода чрескостного остеосинтеза имеет ряд существенных недостатков. Прежде всего, длительное применение таких аппаратов нередко приводит к атрофии мышц и развитию стойких контрактур. Согласно данным исследований [9, 42, 58, 92], частота возникновения контрактур достигает 72,6%. Чаще всего они формируются при относительно коротком отломке, когда для обеспечения стабильности приходится иммобилизовать смежный сустав. Помимо этого, атрофия или фиброзное перерождение мышц встречаются в 16,6% случаев; сосудистые нарушения — в 65,4%. Ещё одной проблемой при использовании внешнего остеосинтеза является развитие воспалительных осложнений в зонах прохождения опорных элементов аппарата. Воспаление мягких тканей вокруг спиц может существенно нарушить ход лечения и привести к досрочному демонтажу аппарата внешней фиксации [17, 82, 98].

Огнестрельные переломы рассматриваемой локализации иногда сопровождаются дефектами костной ткани, образовавшимися в результате самого ранения и хирургических обработок. С целью выбора оптимального способа внешнего остеосинтеза Л.Н. Соломиным и соавт. в 2022 году предложена универсальная классификация дефектов длинных костей конечностей (УКДКК), в которой, как и в классификации АО/ОТА, используется номенклатура как околосуставных, так и диафизарных дефектов: локализация (кость и сегмент) и морфология (тип, группа и подгруппа). Внесуставные околосуставные дефекты

(тип А) эпиметафизарной зоны подразделяются на три группы: (1) дефект губчатой кости, (2) кортикальный эпиметафизарный дефект и (3) дефект с распространением на диафиз. Их объём оценивают по максимальной площади утраты костной ткани (%) на коронарных срезах компьютерных томограмм (КТ) [136].

В 70-х годах прошлого столетия коллективом авторов С.С. Ткаченко, А.И. Грицанов, В.Н. Ефимов из клиники военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера Военно-медицинской академии был предложен аппарат для лечения раненых с оскольчатыми и раздробленными переломами проксимального отдела бедренной кости с фиксацией тазобедренного сустава как лечебный. Аппарат Ткаченко–Грицанова–Ефимова также применяли при переломах бедренной кости на границе средней и нижней трети в качестве лечебно-транспортной иммобилизации.

Через гребни подвздошных костей проводили по две перекрещивающиеся спицы, которые после натяжения крепились в системе связанных между собой двух тазовых дуг. Через диафиз бедренной кости проводили две перекрещивающиеся спицы, фиксировали после натяжения в кольце. Бедренный компонент и тазовую систему соединяли резьбовыми штангами [71] (рисунок 1.2).

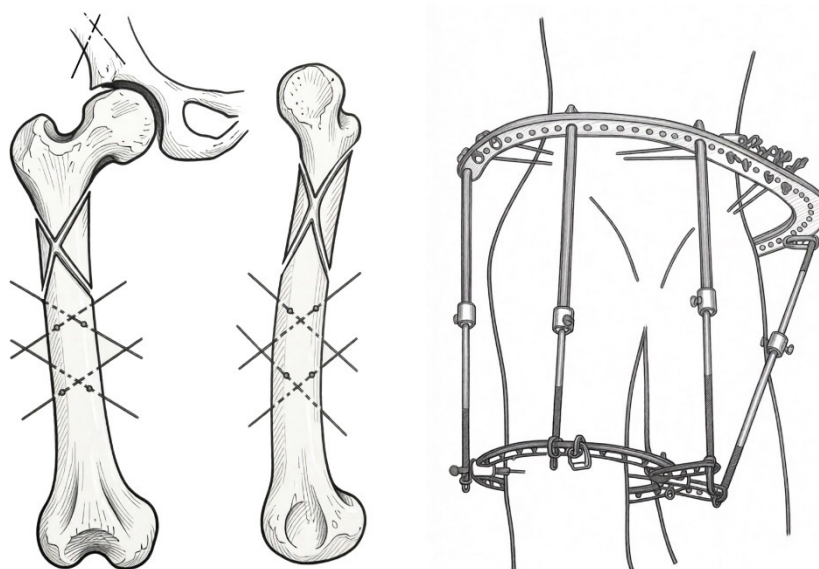


Рисунок 1.2 — Схема компоновки аппарата Ткаченко–Грицанова–Ефимова [71]

В 1998 г. D. Nikolić и Z. Jovanović и соавт. представили результаты анализа лечения 41 пациента с огнестрельными подвертельными переломами бедренной кости, прооперированного в Военно-медицинской академии в Белграде в период с 1991 по 1995 год. Авторы отмечают высокую частоту встречаемости переломов данной локализации — подвертельные переломы составили 20,0% всех переломов бедренной кости, что, по их мнению, особо подчеркивает актуальность этой проблематики. При выполнении внешнего остеосинтеза стержни устанавливались через интактную кожу. Проксимальная фиксация выполнялась введением двух или трех параллельных стержней через большой вертел и шейку бедренной кости до центра ее головки. Дистальные стержни вводились в диафиз стандартным способом ниже зоны перелома (рисунок 1.3) [126].



Рисунок 1.3 — Рентгенограмма раненого с огнестрельным переломом проксимального отдела правой бедренной кости [126]

Авторы описывают несомненные преимущества примененного ими внешнего остеосинтеза над консервативным лечением гипсовой тазобедренной повязкой в виде возможности ранних движений в тазобедренном суставе. Так, среди пациентов, прооперированных предлагаемым способом (25 раненых), имел место лишь один случай контрактуры тазобедренного сустава, в то время как в группе консервативного лечения (15 пациентов) таких случаев было три.

Однако D. Nikolić и Z. Jovanović признают превосходство внутреннего остеосинтеза над предлагаемым аппаратом, акцентируя внимание на возможности применения внутренней фиксации не ранее трех месяцев с момента ранения. По мнению авторов, причиной полученных несращений (4 наблюдения) являлись биомеханические предпосылки к расшатыванию фиксатора и потере требуемой стабильности. Они были обусловлены наличием преимущественно губчатой костной ткани в вертельной области и унилатеральным типом используемых для остеосинтеза аппаратов, имеющих ограничения достигаемой стабильности, названные авторами «биомеханическим пределом» [126].

Годом позже D. Mirić и соавт. (2002) описали результаты лечения 17 пациентов с огнестрельными переломами верхней трети бедренной кости с использованием аппарата внешней фиксации в оригинальной компоновке [125]. Через разрезы кожи в гребень подвздошной кости на стороне повреждения вводили три 5-миллиметровых стержня Шанца. Затем три или четыре стержня Шанца чрескожно устанавливали под прямым углом в дистальный отломок бедренной кости. После монтажа аппарата окончательное положение отломков контролировали рентгенологически (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 — Рентгенограмма проксимального отдела бедренной кости после остеосинтеза стержневым аппаратом внешней фиксации [125]

Авторы подчеркивают, что переломы проксимальной трети бедренной кости, вызванные огнестрельным оружием, являются уникальным типом открытых переломов. По их мнению, препятствием к применению у таких раненых жесткой внутренней фиксации с использованием интрамедуллярных стержней, а также жесткой внешней фиксации является оскольчатый характер перелома. Также авторы отмечают опасность выполнения у рассматриваемых пациентов внутреннего остеосинтеза, отдельно описывая преимущества использованного ими метода внешней фиксации в виде снижения риска инфекционных осложнений.

Однако D. Mirić акцентирует внимание на необходимости регулярных хирургических обработок, в том числе и после выполненного остеосинтеза, подчеркивает целесообразность обильного орошения огнестрельной раны и проведения антибактериальной терапии двумя препаратами [125].

По данным вышеупомянутых исследователей, консолидация огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости была достигнута у всех 17 раненых, при этом лишь у одного пациента имело место инфекционное осложнение, потребовавшее демонтажа стержневого аппарата и продолжения лечения методом скелетного вытяжения [125].

В 2013 г. коллективом авторов из Военно-медицинской академии под руководством В. М. Шаповалова (2013) был предложен вариант компоновки аппарата Илизарова, предназначенный для остеосинтеза огнестрельных переломов в области тазобедренного сустава [80]. С целью достижения необходимой стабильности этот способ предполагает введение двух стержней в надвертлужную область и двух стержней в гребень подвздошной кости, отступя 5–6 см от ее передней верхней ости. Однако в схеме аппарата, представленной авторами, стержни, введенные в надвертлужную область, не отображены. В проксимальной (на уровне большого вертела) и средней третях бедренной кости стержни вводили по наружной поверхности с углом между ними 60–80° (рисунок 1.5).

Данная компоновка аппарата Илизарова, по мнению исследователей, позволяет сохранять стабильную фиксацию короткого проксимального фрагмента бедренной кости. Применение колец обеспечивает использование для репозиции в базовых опорах дистальных отделов бедра спиц Киршнера с упорными площадками. После достижения удовлетворительного положения отломков костей возможна их дополнительная фиксация стержнями.

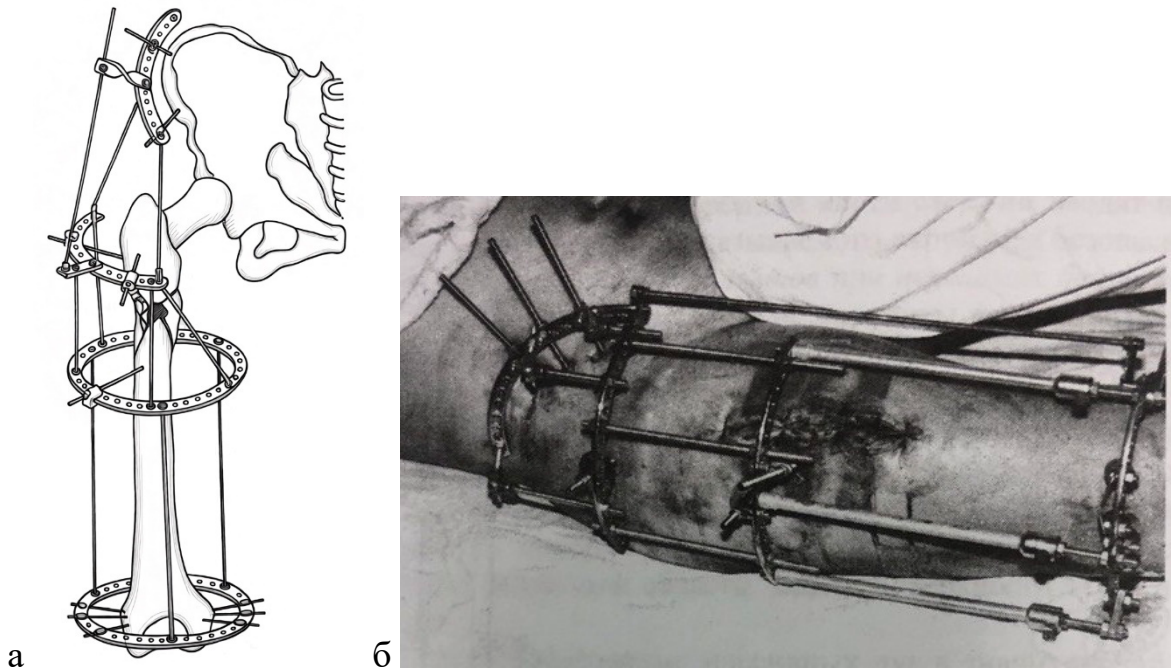


Рисунок 1.5 — Схема компоновки аппарата Илизарова (Шаповалов В.М. и др., 2013): а — схема устройства; б — внешний вид правого бедра, фиксированного авторской компоновкой аппарата Илизарова [80]

Несмотря на стабильную фиксацию, представленная компоновка аппарата Илизарова делает невозможными движения в тазобедренном суставе в течение всего периода консолидации перелома. Это неизбежно ведет к формированию контрактуры иммобилизованного сустава, гипотрофии мышц нижней конечности, что требует длительного восстановительного лечения и может стать предпосылкой к неудовлетворительному функциональному исходу даже при условии успешного сращения перелома.

И. С. Боровой с соавторами в 2023 г. опубликовал результаты лечения 436 раненых с огнестрельными повреждениями области таза и тазобедренного

сустава. Из них у 74 пациентов был выполнен внешний остеосинтез спице-стержневым аппаратом в оригинальной компоновке, состоящим из тазового и бедренного модулей (патент № 63828) (рисунок 1.6).

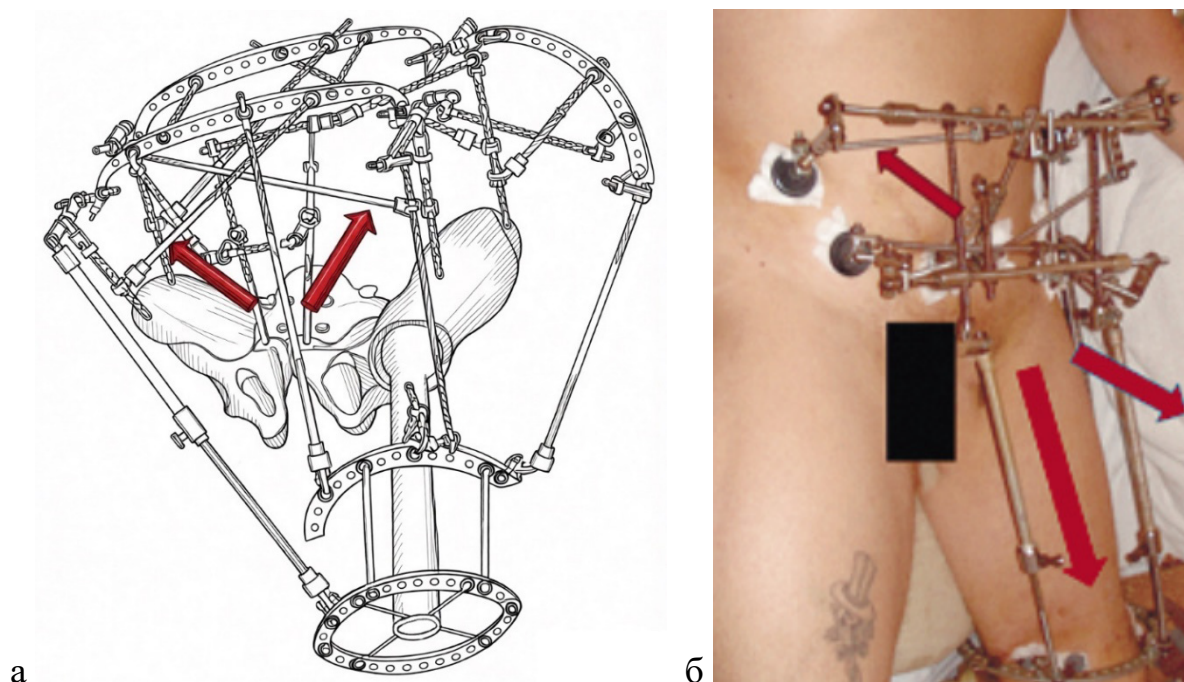


Рисунок 1.6 — Схема компоновки аппарата внешней фиксации (патент № 63828): а — схема устройства; б — внешний вид пациента с переломом проксимального отдела левой бедренной кости после внешнего остеосинтеза аппаратом И. С. Борового. Стрелками обозначены направления репозиционных усилий [11]

Отличительной особенностью использованной авторами конструкции являлось введение четырех стержней в гребни подвздошных костей (по два с каждой стороны), а также наличие косых штанг, обеспечивающих возможность выполнения репозиции отломков в аппарате и увеличивающих его жесткость [11].

Авторами не представлены статистические данные, свидетельствующие об успешности применения разработанного ими аппарата и содержащие оценку отдаленных функциональных результатов лечения пациентов с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости. Вместе с тем выводы в данной публикации указывают на эффективное ургентное применение разработанного способа внешнего остеосинтеза в виде достижения

противошокового эффекта, а также возможностей контроля течения раневого процесса и обеспечения ухода за ранеными.

## 1.2 Применение внешнего остеосинтеза при лечении пострадавших с закрытыми переломами проксимального отдела бедренной кости

На современном этапе развития травматологии и ортопедии при закрытых переломах длинных костей конечностей безусловное предпочтение отдается методам внутреннего остеосинтеза. Наиболее отчетливо это проявляется в лечении пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости [23, 53, 67]. Доминирующее положение как интрамедуллярных, так и экстремедуллярных конструкций обусловлено их способностью обеспечивать точную репозицию и стабильную фиксацию фрагментов в условиях высоких биомеханических нагрузок, характерных для тазобедренного сустава. Применение современных металлоконструкций, таких как проксимальный бедренный гвоздь и динамические винтовые системы, позволяют реализовать концепцию максимально ранней функциональной реабилитации и полной осевой нагрузки на конечность, что является чрезвычайно важным фактором снижения летальности и профилактики тяжелых гипостатических осложнений у пациентов старших возрастных групп. Кроме того, отсутствие «ворот инфекции» в местах прохождения чрескостных элементов существенно снижает риск осложнений и избавляет пациента от необходимости трудоемкого ухода за аппаратом, что значительно повышает качество жизни в послеоперационном периоде [81, 83, 97, 103, 107, 112, 115, 116, 117, 119, 121, 122, 127, 131, 133, 134, 137].

В то же время в специализированной литературе описаны методики внешнего остеосинтеза, которые применяют с целью временной стабилизации отломков костей в рамках тактики “damage control orthopedics” при политравме, а также в качестве метода окончательного остеосинтеза у пациентов с тяжёлой соматической патологией [12, 21].

В Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова для лечения переломов проксимального отдела бедренной кости было предложено четыре варианта аппаратов внешней фиксации.

Методика остеосинтеза при медиальных переломах предполагает использование четырех спиц Киршнера диаметром 1,8–2,0 мм. После выполнения закрытой репозиции отломков спицы вводят через подвертельную область, проводя их в головку бедренной кости таким образом, чтобы первые две из них перекрещивались под углом 45–65° во фронтальной, а третья и четвертая — в сагиттальной плоскостях. Такое пространственное расположение фиксаторов обеспечивает создание жесткого «армирующего» каркаса внутри шейки бедра, эффективно противодействующего ротационным и сдвигающим нагрузкам. Базовая часть аппарата формируется на основе кольцевой опоры или комбинации кольца с сегментом (дугой), что позволяет создать стабильную внешнюю раму при сохранении мобильности смежных суставов (рисунок 1.7, а, б).

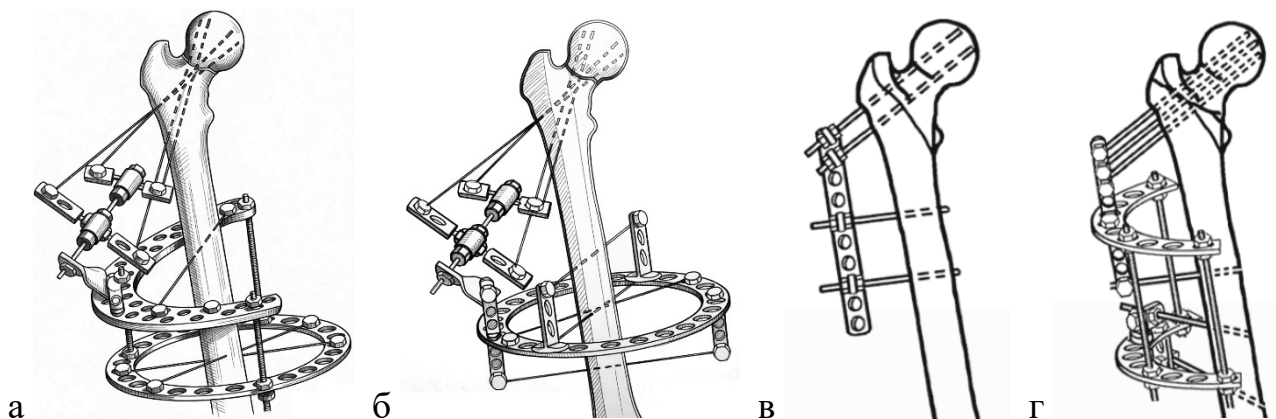


Рисунок 1.7 — Схема компоновки аппарата Илизарова для внешнего остеосинтеза медиальных (а, б) и латеральных (в, г) переломов проксимального отдела бедренной кости [30, 47, 58, 91]

Для остеосинтеза латеральных переломов бедренной кости после выполнения закрытой репозиции в шейку и головку через подвертельную зону параллельно друг другу вводят 2–3 стержня-шурупа со спонгиозной нарезкой диаметром 6 мм. Стержни фиксируют к наружной планке, формируя

монолатеральную (рисунок 1.7, в) или сегментную (рисунок 1.7, г) компоновку аппарата [30, 47, 58, 91].

В 1993 г. J. Buckley и S. Caiach представили результаты лечения аппаратом Orthofix, примененным у пациентов с подвертельными переломами бедренной кости. По утверждению разработчиков, это устройство отличается простотой установки и позволяет осуществлять раннюю опорную нагрузку на оперированную конечность [104]. Для остеосинтеза предполагается введение по два стержня в центральный и периферический отломки бедренной кости, которые фиксируют к внешней опоре (рисунок 1.8). Для пациентов с большой массой тела шаровые соединения фиксатора рекомендовано усиливать костным цементом. Авторы утверждают, что все пациенты, не имевшие сопутствующей черепно-мозговой травмы, были вертикализированы с дозированной опорной нагрузкой на конечность в течение 6 дней после операции.

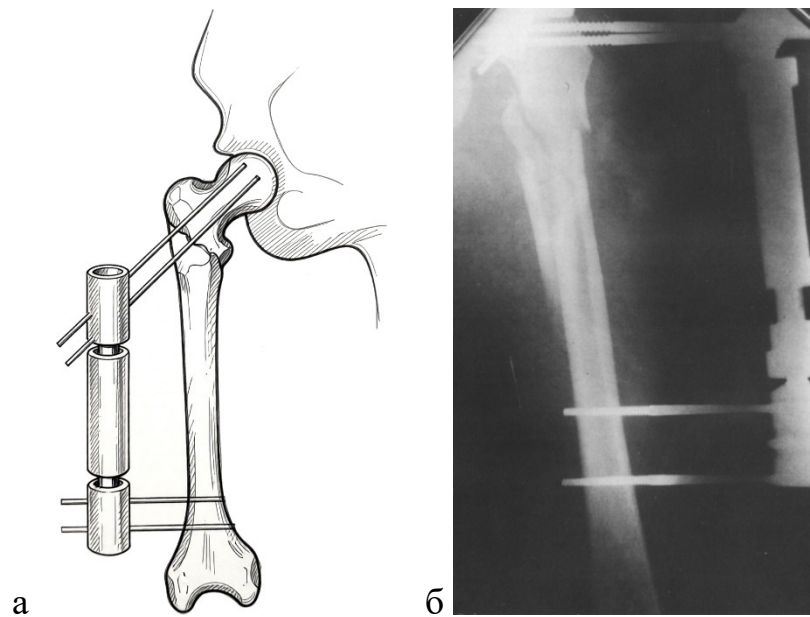


Рисунок 1.8 — Схема компоновки аппарата Orthofix: а — схема фиксации устройства; б — рентгенограмма проксимального отдела бедренной кости, фиксированного аппаратом Orthofix [104]

На основании собственного клинического опыта Buckley J. et al. сделали вывод, что внешняя фиксация является альтернативой внутреннему остеосинтезу и обеспечивает в целом хорошие результаты с минимальным хирургическим

риском послеоперационных осложнений. По мнению авторов, разработанный ими внешний фиксатор позволяет осуществлять раннюю опорную нагрузку и может быть применен, в том числе, для лечения оскольчатых переломов проксимального отдела бедренной кости в качестве окончательного метода лечения [104].

В 1996 г. А. Dhal и S. Singh из Нью-Дели, Индия (1996) представили результаты лечения 51 пострадавшего с подвертельным переломом бедренной кости методом внешнего остеосинтеза стержневым аппаратом [110]. На ортопедическом столе после закрытой репозиции отломков под рентгеноскопическим контролем при нейтральной ротации конечности от основания большого вертела через шейку в головку бедренной кости авторы вводили два стержня Шанца (рисунок 1.9). Еще один стержень, если это было возможно, проводили в направлении от большого вертела к малому. В дистальный отломок бедренной кости вводили два или три стержня.

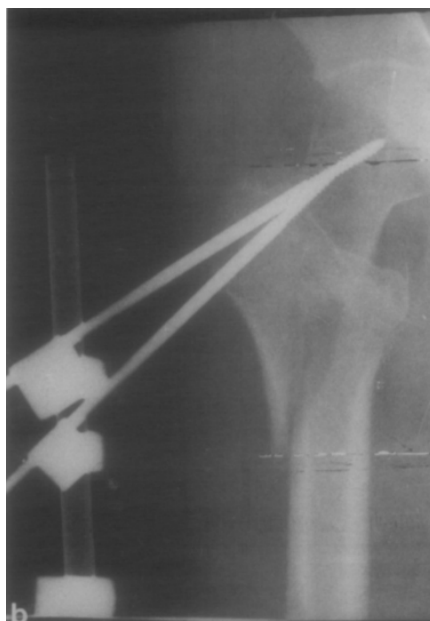


Рисунок 1.9 — Рентгенограмма проксимального отдела бедренной кости после остеосинтеза стержневым аппаратом внешней фиксации [110]

Активные движения в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах пациенту разрешали сразу после операции, как только стихал болевой синдром. Ходьбу без нагрузки на конечность с опорой на ходунки начинали, как правило, через 48 часов после операции. Дозированную нагрузку на оперированную

нижнюю конечность начинали при появлении рентгенологических признаков образования костной мозоли, обычно через 8 недель после остеосинтеза. Средний срок консолидации составил 5 месяцев. Авторы отметили наличие у большинства пациентов послеоперационной контрактуры коленного сустава (амплитуда движений в пределах  $20^\circ$ ), однако в 78% случаев через 3 месяца удалось достичь полной амплитуды движений. В трех наблюдениях имела место замедленная консолидация отломков, причиной которой, по мнению авторов, являлась интерпозиция мягких тканей. Этим пациентам через 6 месяцев после внешнего остеосинтеза была выполнена открытая репозиция, иссечение рубцов из межотломковой зоны, свободная костная пластика и внутренняя фиксация компрессирующими винтами. У двух пациентов наступило асептическое расшатывание стержней с потерей стабильности, ставшее причиной перемонтажа аппарата внешней фиксации. Еще в одном клиническом случае после достижения сращения в результате падения наступила рефрактура бедренной кости, что потребовало повторного внешнего остеосинтеза, выполненного авторами по предложенной методике.

На основании анализа представленной серии случаев A. Dhal и S. Singh сделали вывод о преимуществах внешнего остеосинтеза латеральных переломов бедренной кости над более жесткой внутренней фиксацией и по сравнению с консервативными методами лечения. Авторы отметили, что условиями успеха лечения являются своевременность применения метода, динамический контроль, а также ранняя мобилизация пациента с постепенным увеличением опорной нагрузки [110].

В 1998 г. Дракин А. И. и Николенко В. К. предложили способ остеосинтеза вертельных переломов бедренной кости спице-стержневым аппаратом в оригинальной авторской компоновке. После закрытой репозиции на ортопедическом столе под контролем электронного оптического преобразователя (ЭОП) по переднебоковой, наружнобоковой, заднебоковой поверхностям бедра, через вертельную зону, параллельно нижнему краю шейки и нижней полуокружности головки, до упора в кортикальный слой головки бедренной кости

проводят по одной спице диаметром 2 мм с образованием между двумя крайними спицами угла  $60\text{--}70^\circ$ , фиксируют в полукольце. Следующие спицы проводят параллельно предыдущим по верхнему краю шейки бедренной кости к верхней полуокружности головки до упора в кортикальный слой, фиксируют в полукольце. Следующие три спицы вводят в тех же зонах, через большой вертел, в направлении к нижней полуокружности головки бедренной кости, до упора в кортикальный слой, фиксируют в полукольце. В дистальной трети бедренной кости проводят бикортикально три спицы параллельно предыдущим, фиксируют в полукольце. Полукольца соединяют между собой при помощи резьбовых штанг (рисунок 1.10) [46].

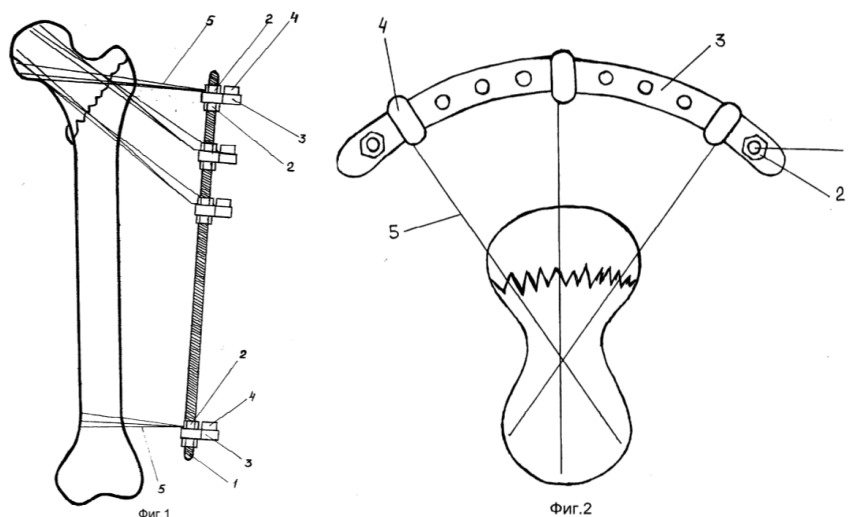


Рисунок 1.10 — Схема компоновки аппарата Илизарова для остеосинтеза нестабильных чрезвертельных переломов [46]

В 2001 г. E. Alcivar с соавт. (2001) принял участие в разработке оригинальной компоновки стержневого аппарата для стабилизации переломов вертельной области (Orthofix srl, г. Верона, Италия). Основными достоинствами данного аппарата, на которых было акцентировано внимание авторов в публикации, являются его компактность и возможность проведения в центральный отломок до шести стержней. Проксимальная база аппарата имеет два фиксированных посадочных места, выполненных под углом  $115^\circ$  к продольной оси планки, и одно поворотное посадочное место (рисунок 1.11). Эта

особенность позволяет вводить один стержень параллельно шейке бедренной кости, а второй — под углом в зависимости от анатомических особенностей бедренной кости пациента.

Диафизарная база обладает возможностью ротации — она может вращаться во фронтальной плоскости относительно проксимальной планки. Это позволяет хирургу вводить винты в диафиз под разными углами, чтобы использовать возможности полиаксиальной фиксации стержней и обеспечить бóльшую стабильность [96].

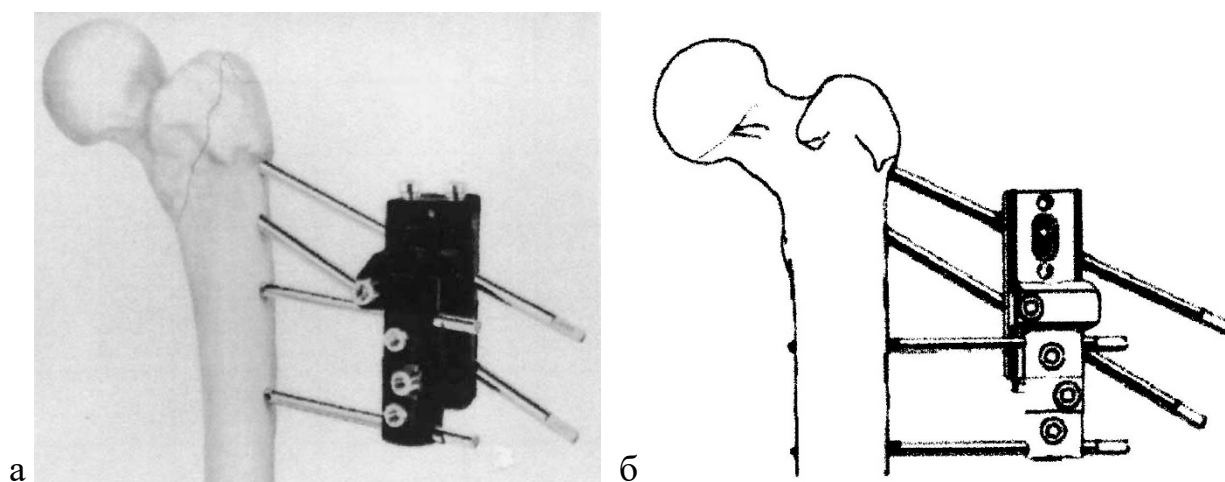


Рисунок 1.11 — Схема компоновки аппарата внешней фиксации E. Alcivar: а — внешний вид модели устройства; б — схема фиксации устройства [96]

E. Alcivar отмечает, что данная генерация аппарата внешней фиксации для остеосинтеза вертельных переломов является продолжением ряда предыдущих исследований [113, 135], а метод внешнего остеосинтеза данным устройством, начиная с 1960-х годов прошлого столетия, считался операцией выбора для пациентов с переломами рассматриваемого типа в госпитале Alcivar, в котором работает автор (г. Гуаякила, Эквадор). Клинический опыт этой медицинской организации объединяет случаи использования четырех вариантов внешних фиксаторов, включая аппарат Роджера Андерсона (950 пациентов), Хофмана (180 пациентов), модифицированный фиксатор Хофмана с трехкомпонентным зажимом (189 пациентов) и собственно Orthofix srl (78 пациентов).

Причиной выбора внешнего остеосинтеза во всех клинических наблюдениях являлись пожилой возраст и полиморбидный статус пациентов, свидетельствующие о высоких рисках возникновения жизнеугрожающих осложнений. Из 78 больных, включенных в исследование, автору удалось проследить результаты лечения 64 пациентов. У 63 из них была достигнута консолидация перелома в сроки от 3–4 месяцев после оперативного лечения, и лишь в одном клиническом наблюдении имело место несращение. Самостоятельное передвижение в послеоперационном периоде было восстановлено у 58 больных.

В 2001 г. Швед С. И. и соавт. предложили способ лечения нестабильных чрезвертельных переломов. Пациента укладывают на ортопедическом столе, накладывают систему скелетного вытяжения за надмыщелки бедренной кости. После проводят 3 перекрещивающиеся спицы в области надмыщелков бедренной кости, которые фиксируют в кольце. Через вертельную область спереди назад и сзади наперед проводят две перекрещивающиеся спицы диаметром 2 мм с упорными площадками, через шейку бедренной кости в сагиттальной плоскости проводят спицу Киршнера, спицы фиксируют в полукольцах. В средней трети бедренной кости проводят 2 перекрещивающиеся спицы с опорными площадками, после натяжения фиксируют в полукольце. После выполнения закрытой репозиции перелома полукольца соединяются между собой при помощи резьбовых штанг. Через подвертельную область в шейку и головку бедренной кости проводятся диафиксирующие спицы, их фиксируют в консольной планке. Планку фиксируют к среднему полукольцу (рисунок 1.12) [47].

В 2001 г. М. Subasi и соавт. провели анализ результатов лечения 33 пациентов пожилого и старческого возраста с межвертельными переломами бедренной кости методом внешнего остеосинтеза. После выполнения закрытой репозиции на ортопедическом столе под рентгеноскопическим контролем в головку бедренной кости вводили направляющую спицу, по которой после рассверливания канюлированным сверлом устанавливали стержень. Второй стержень проводили у основания большого вертела перпендикулярно перелому, а

в шейку бедренной кости дополнительно вводили еще два стержня (рисунок 1.13) [138].

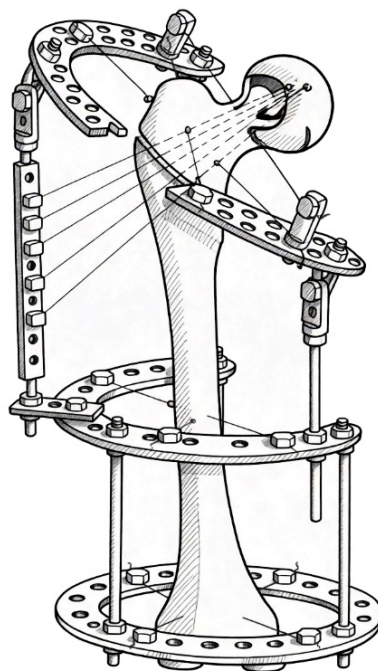


Рисунок 1.12 — Схема компоновки аппарата Илизарова для остеосинтеза нестабильных чрезвертельных переломов [47]



Рисунок 1.13 — Рентгенограмма проксимального отдела бедренной кости после остеосинтеза стержневым аппаратом внешней фиксации [138]

Проксимальная часть внешнего фиксатора, использованного М. Subasi, позволяет устанавливать стержни Шанца под углом  $135^\circ$  к его оси. Также авторы проводили три 5-миллиметровых стержня в средней трети диафиза бедренной

кости. Чтобы максимально сохранить амплитуду движений в коленном суставе, во время установки стержней голень сгибали под углом  $90^\circ$ . К активным движениям в тазобедренном и коленном суставах приступали в первый послеоперационный день. Пациентов вертикализировали на второй или третий день и приступали к передвижению с помощью ходунков с частичной опорой на оперированную конечность. Анализ полученных авторами результатов показал, что смертность через 3 месяца после операции составила 15%, а через 6 месяцев — 39%. Из 24 выживших пациентов, результаты лечения которых были оценены через два года, 15 восстановили способность ходить. В трех клинических случаях имела место неправильная консолидация перелома с варусной деформацией и укорочением более 2 см.

Авторы подчеркивают преимущества примененного ими внешнего остеосинтеза в виде сокращения продолжительности операции в сравнении с внутренним остеосинтезом, минимальной травматичности, возможностей ранней мобилизации пациента и удаления фиксатора в амбулаторных условиях [138].

В 2011 г. коллективом авторов из Научно-исследовательского института травматологии и ортопедии Министерства здравоохранения Республики Азербайджан был предложен способ внешнего остеосинтеза чрезвертельных переломов бедренной кости. В исследование были включены 116 пациентов в возрасте от 45 до 93-х лет с переломами типа 31A1, 31A2 и 31A3 (по международной классификация АО/ASIF), проходившие лечение в период с 2006 по 2011 г. Компоновка разработанного авторами аппарата внешней фиксации предполагала установку двух-трех направляющих спиц Киршнера в шейку и головку бедренной кости, осуществляемую после достижения закрытой репозиции отломков на ортопедическом столе. Далее под рентгеноскопическим контролем по установленным спицам проводили стержни. Еще два стержня вводились под углом  $70-75^\circ$  друг относительно друга в верхней трети диафиза бедренной кости. Опорные элементы фиксировались между собой при помощи полуколец и резьбовых штанг (рисунок 1.14).

По данным авторов, случаев несращения или развития инфекционных осложнений выявлено не было, при этом консолидация перелома наступила в среднем через 11,5 недель после остеосинтеза [59].



Рисунок 1.14 — Рентгенограмма проксимального отдела бедренной кости после остеосинтеза стержневым аппаратом внешней фиксации [59]

В 2012 г. Шагдуров В.А. и соавт. провели анализ результатов лечения 14 пациентов с закрытыми переломами проксимального отдела бедренной кости, находившихся на лечении Республиканской клинической больницы г. Улан-Удэ. После выполнения закрытой репозиции на ортопедическом столе под рентгеноскопическим контролем параллельно друг другу в шейку бедренной кости вводили 2 спонгиозных стержня Шанца. Стержни фиксировали к сектору аппарата Илизарова. В диафиз бедренной кости вводили 2 кортикальных стержня Шанца под углом 60 градусов в точках введения на 8 и 10 часов. Их фиксировали в том же секторе посредством кронштейнов. Пациента вертикализировали на следующий день после операции, ходьбу с дозированной нагрузкой разрешали на вторые сутки после операции. Авторы отмечают, что консолидация перелома происходила в среднем через  $4\pm 1$  месяца после оперативного лечения (рисунок 1.15) [75].

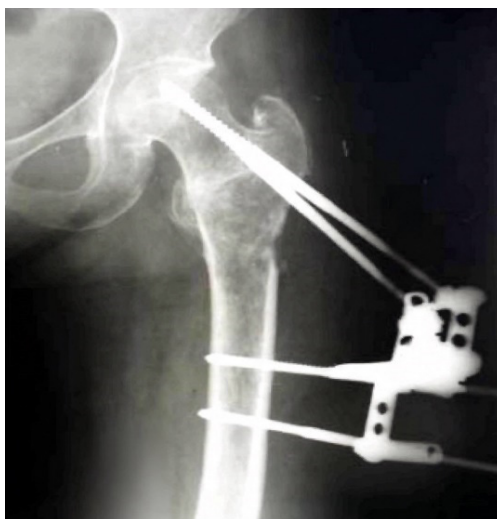


Рисунок 1.15 — Рентгенограмма проксимального отдела бедренной кости после остеосинтеза стержневым аппаратом внешней фиксации [75]

В 2015 г. А. R. Vadoo и соавт. провели проспективное клиническое исследование применения моностерильных наружных фиксаторов АО у 50 пациентов с межвертельными переломами. В исследование были включены пациенты в возрасте старше 60 лет, с сопутствующими системными заболеваниями, с оценкой рисков инициации жизнеугрожающих осложнений по шкале ASA (American Society of Anesthesiologists) более 3-х баллов. После выполнения закрытой репозиции на ортопедическом столе под рентгеноскопическим контролем в область большого вертела через шейку в головку бедренной кости вводили два стержня. Оптимальным расстоянием от конца стержня до субхондрального слоя головки бедренной кости авторы считали 5–10 мм. Дистальные стержни проводили бикортикально в диафиз бедренной кости (рисунок 1.16) [99].

Аппарат демонтировали при появлении рентгенологических признаков консолидации перелома, обычно диагностируемых через 12–14 недель. Выявлено, что восемь пациентов умерли до консолидации перелома по причинам, не связанными с хирургическим вмешательством. Остальные пациенты находились под наблюдением до сращения и снятия аппарата внешней фиксации. У тридцати восьми пациентов была достигнута консолидация, а фиксаторы были демонтированы через 12 недель (90,5%), у троих — через 14 недель (7%). У

одного пациента фиксатор был удален на 10-й неделе из-за инфекционного осложнения, после чего было продолжено консервативное лечение [99].



Рисунок 1.16 — Рентгенограмма проксимального отдела бедренной кости после остеосинтеза стержневым аппаратом внешней фиксации [99]

В 2013 г. А. С. Аллахвердиев и Ю. П. Солдатов предложили оригинальную компоновку стержневого аппарата для внешнего остеосинтеза переломов рассматриваемого типа (рисунок 1.17) [4].

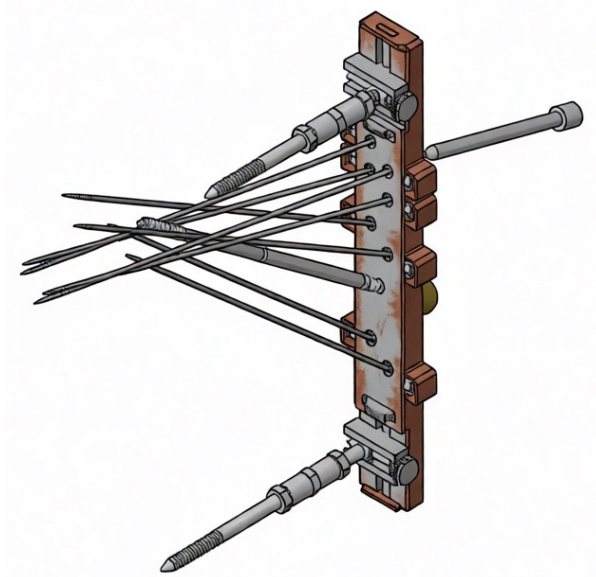


Рисунок 1.17 — Схема компоновки аппарата Аллахвердиева А.С. и Солдатова Ю. П. (2013). Монолатеральное спице-стержневое устройство [4]

В области большого вертела и средней трети бедренной кости устанавливали стержни-шурупы (дистальный и проксимальный), которые крепили к опоре устройства посредством резьбовых втулок. Направляющую втулку авторы устанавливали в среднее отверстие планки устройства и через ее канал проводили позиционирующую спицу в головку бедренной кости. Под интраоперационным рентгенологическим контролем осуществляли закрытую репозицию отломков посредством резьбовых тяг на необходимую угловую и линейную величины.

После коррекции положения опоры устройства направляющую втулку поэтапно вводили в два верхних и два нижних отверстия планки, а через канал втулки проводили спицы диаметром 2 мм. Через центральное среднее отверстие в планке в отломки кости вводили компрессирующий стержень-шуруп, после чего направляющие спицы под контролем рентгеноскопии извлекали из проксимального отломка. Для достижения межотломковой компрессии на дистальный конец компрессирующего стержня устанавливали пружину и закручивали гайку до ее полного сжатия, после чего устанавливали контргайку. Спицы повторно вводили дрелью в проксимальный отломок кости [4].

Через некоторое время авторами было проведено сравнительное исследование двух групп пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости. В первой группе (62 пациента) был выполнен внешний остеосинтез пучком спиц диаметром 2 мм с фиксацией их в аппарате Илизарова, а во второй (38 больных) — предложенным моностержневым устройством. В его результате были обоснованы преимущества внешнего остеосинтеза разработанным способом — 94,3% пациентов второй группы имели положительные исходы лечения в отдаленные сроки [2, 3, 4, 45].

Ф. Б. Салохиддинов из Ташкентской медицинской академии в 2021 г. также предложил способ остеосинтеза проксимальных переломов бедренной кости стержневым аппаратом в оригинальной авторской компоновке. В исследование были включены 86 пациентов с латеральными переломами бедренной кости, находившихся на лечении в отделении экстренной травматологии

Республиканской больницы с июля 2016 года по декабрь 2018 года. Больные были разделены на 3 группы: в I группу вошли 39 пациентов, которым был выполнен остеосинтез спицами; во II группу — 29 пациентов, которым был выполнен накостный остеосинтез; III группу составили 18 пациентов, которым было проведено оперативное лечение с использованием разработанного авторским коллективом стержневого аппарата наружной фиксации (рисунок 1.18).

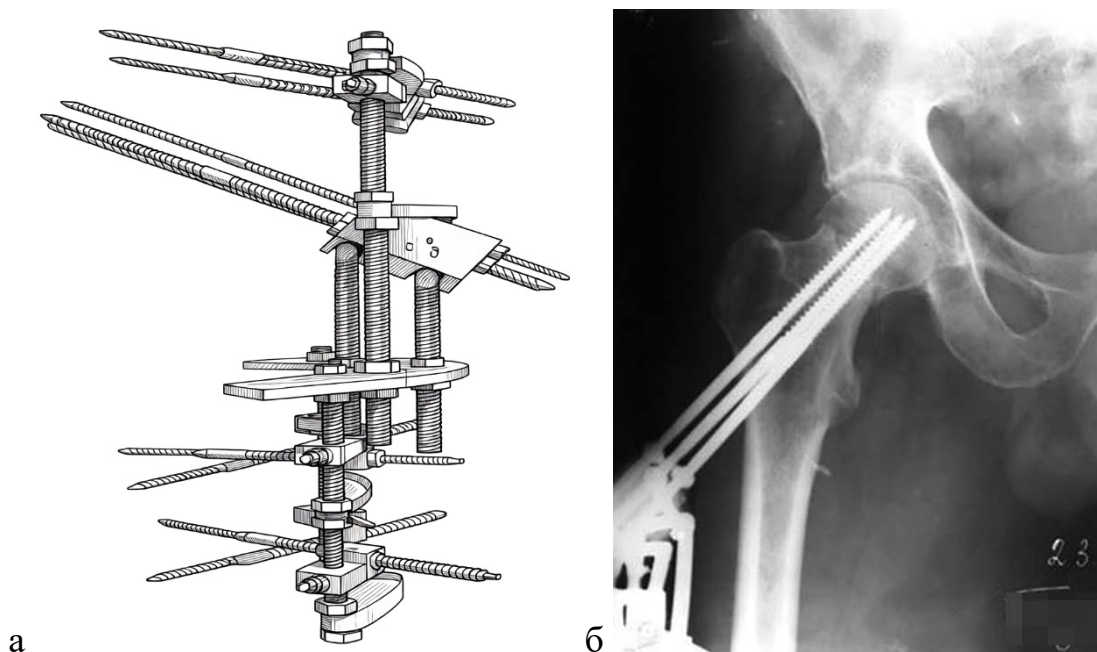


Рисунок 1.18 — Схема компоновки аппарата Салохиддинова Ф. Б. (2021).

Стержневое устройство: а — чертеж устройства; б — рентгенограмма тазобедренного сустава пациента с применением аппарата внешней фиксации [55]

Устройство собирали с помощью дуговых опор с отверстиями для резьбовых стяжек. После достижения репозиции на ортопедическом столе под контролем рентгеноскопии устанавливали направляющую спицу Киршнера в шейку бедренной кости. Далее канюлированным сверлом формировали канал, в который устанавливали стержень Шанца. Параллельно первому каналу формировали еще два канала с последующей установкой двух дополнительных стержней Шанца. При этом фиксатор закрепляли в прорезях дугообразной пластины при помощи П-образных резьбовых стяжек. Для большей стабилизации отломков в верхней и средней трети бедренной кости устанавливали по две пары

стержней Шанца. При необходимости стержни могут дополнительно устанавливаться над вертлужной впадиной.

В третьей группе авторами отмечено наименьшее количество осложнений. Отдаленные результаты были прослежены у 58 пациентов, при этом группе лиц, у которых был применен разработанный аппарат, доля хороших результатов была достоверно выше и составила 73,4% (в первой группе — 45,8%, во второй — 68,4%), удовлетворительных — 13,3% (в первой группе — 33,3%, во второй — 21,1%), неудовлетворительных — 13,3% (в первой группе — 20,9%, во второй — 10,5%) [55].

Автором не были представлены статистические данные, свидетельствующие об успешности применения разработанного им аппарата и содержащие оценку отдаленных функциональных результатов лечения пациентов с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости. Вместе с тем в публикации представлены выводы об эффективном ургентном применении разработанного способа внешнего остеосинтеза в виде достижения противошокового эффекта, а также возможностей контроля течения раневого процесса и обеспечения ухода за раненым.

### 1.3 Резюме

Одним из ведущих факторов, ограничивающих выбор окончательного способа остеосинтеза при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости, является обширное повреждение мягких тканей, препятствующее применению внутренних имплантатов и требующее закрытия раны. В таких случаях безоговорочное предпочтение отдают аппаратам внешней фиксации.

Основными разновидностями внешней фиксации при переломах проксимального отдела бедренной кости являются аппараты, предусматривающие иммобилизацию тазобедренного сустава (компоновка «таз — бедро»), и аппараты,

предполагающие введение опорных элементов только в отломки бедренной кости, без фиксации тазобедренного сустава.

К недостаткам первой группы способов стабилизации следует отнести техническую сложность их исполнения, а также необходимость обездвиживания тазобедренного сустава. Это значительно ограничивает возможности ранней реабилитации и снижает мобильность пациента, особенно с учетом длительных сроков сращения огнестрельных переломов.

Существенным отличием и несомненным преимуществом второй группы внешних фиксирующих устройств является отсутствие тазового модуля и, соответственно, возможность у раненых ранних активных и пассивных движений в тазобедренном суставе. Однако описанные в доступной научной литературе варианты внешнего остеосинтеза предназначены преимущественно для простых переломов типа А и В (по международной классификации АО/ASIF), а необходимая для сращения стабильность достигается за счет создания межотломковой компрессии. Применительно к лечению огнестрельных переломов, которые в большинстве случаев носят оскольчатый характер и нередко сопровождаются первичными дефектами мягких и костной ткани, возможности применения этих вариантов фиксации представляются ограниченными.

К сожалению, в доступной литературе отсутствуют сведения о биомеханических характеристиках предложенных аппаратов внешней фиксации для остеосинтеза при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости как окончательного метода лечения. Разработка усовершенствованного аппарата внешней фиксации, отвечающего требованиям необходимой стабильности, с одной стороны, и функциональности, с другой, подтвердила целесообразность проведения запланированного исследования.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

## 2.1 Планирование исследования

Исследование состояло из четырех взаимосвязанных этапов (рисунок 2.1).

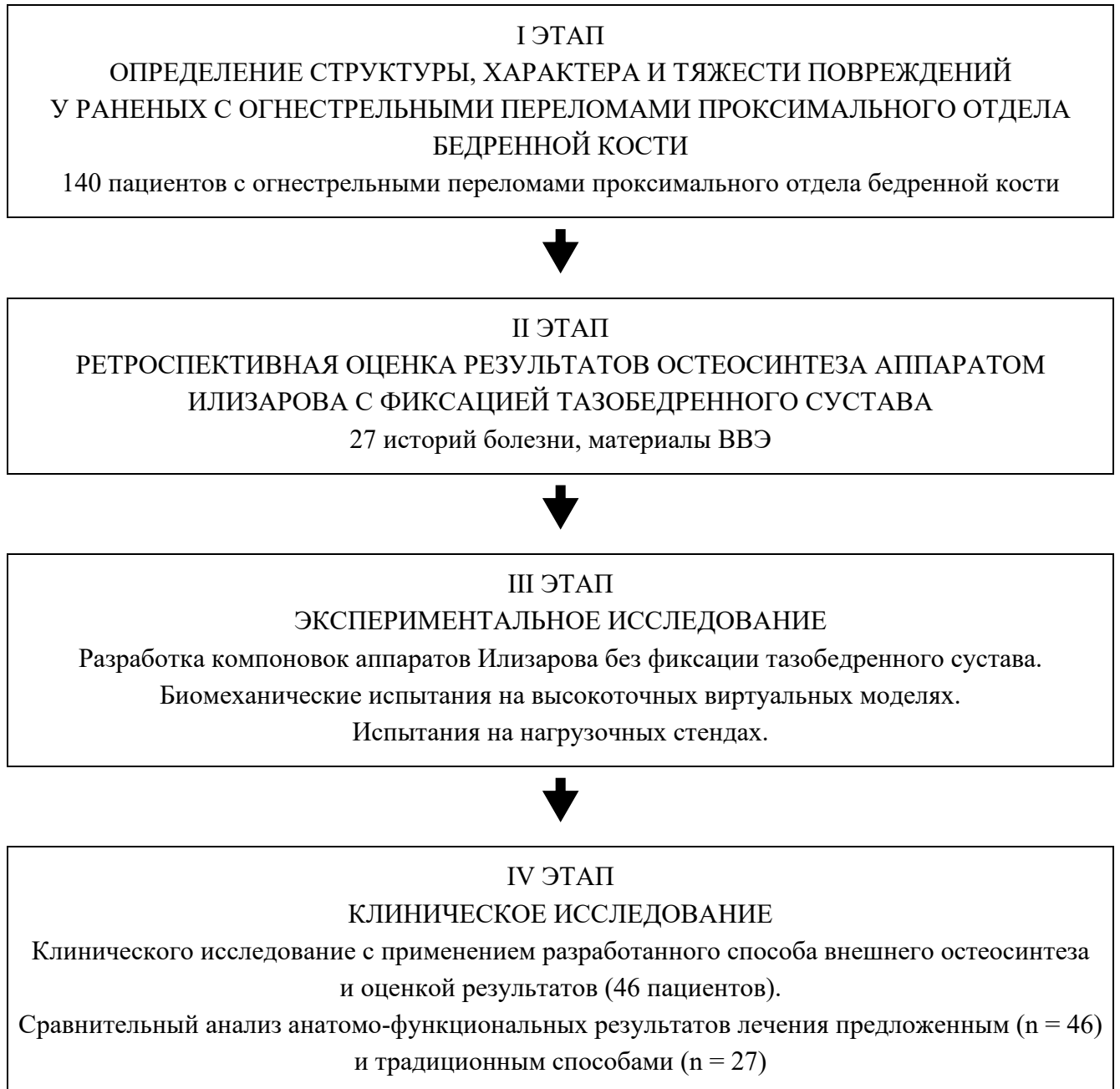


Рисунок 2.1 — План исследования

На предварительном этапе проведено изучение отечественной и доступной зарубежной научной литературы о методиках и результатах лечения раненых с огнестрельными и закрытыми переломами проксимального отдела бедренной кости с помощью внешнего остеосинтеза. Материалом служили библиотечные базы данных PubMed, CyberLeninka, e-Library. По результатам выявлено, что основными разновидностями внешней фиксации при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости являются аппараты, предусматривающие иммобилизацию тазобедренного сустава (компоновка «таз — бедро»), и аппараты, предполагающие введение опорных элементов только в отломки бедренной кости. Однако в доступной литературе отсутствуют сведения о биомеханических характеристиках аппаратов внешней фиксации для остеосинтеза при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости как окончательного метода лечения. Анализ медицинской литературы позволил обосновать необходимость разработки усовершенствованного аппарата внешней фиксации, отвечающего требованиям необходимой стабильности, с одной стороны, и функциональности, с другой.

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 был 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.

В ходе третьего этапа работы были 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. Разработанные компоновки аппарата Илизарова были подвергнуты биомеханическим испытаниям на высокоточных виртуальных моделях и нагрузочных стендах.

Биомеханические исследования проводили на кафедре математической теории упругости и биомеханики Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского. Для этого были разработаны конечно-элементные модели предложенных компоновок аппаратов внешней фиксации, известной компоновки, предложенной Шаповаловым В.М. с соавт. (2013), и проксимального бедренного гвоздя. Далее было выполнено биомеханическое моделирование остеосинтеза при переломе проксимального отдела бедренной кости. Затем проведено компьютерное моделирование нагружения бедренной кости, фиксированной аппаратом Илизарова в трех различных компоновках, а также проксимальным бедренным гвоздем. Определены максимальные нагрузки, которые способна выдержать система «отломки — фиксатор» без потери стабильности фиксации. Произведена оценка усталостной прочности имплантата и аппаратов Илизарова в предложенных компоновках при циклических нагрузках. На заключительном этапе эксперимента исследовали процесс нагружения при типовых нагрузках, испытываемых обычным человеком во время ходьбы с дозированной нагрузкой 20 кг (имитация ходьбы на костылях) на протяжении 10 млн циклов.

Стендовые испытания предложенных конструкций проводили на базе испытательной лаборатории «Механическая лаборатория им. профессора Н. А. Белелюбского» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I. Были 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.

По результатам анализа данных экспериментов определен оптимальный вариант компоновки аппарата, который был клинически апробирован в клинике военной травматологии и ортопедии им. Г. И. Турнера Военно-медицинской академии на четвертом этапе работы. В ходе клинического исследования проведен сравнительный анализ анатомо-функциональных результатов лечения раненых, оперированных при помощи разработанной и традиционной методик.

## 2.2 Характеристика разработанных компоновок аппарата Илизарова

С целью создания условий для относительно комфортного и длительного применения у раненых, а также профилактики контрактуры тазобедренного сустава были разработаны два варианта компоновки аппарата Илизарова, предназначенные для остеосинтеза огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости, сопровождавшихся обширными дефектами мягких тканей.

**Компоновка № 1** предполагает фиксацию проксимального отдела бедренной кости спицами Киршнера диаметром 2 мм, введенными в шейку и головку бедренной кости под разными углами, с последующей их фиксацией к вертикальной консольной планке аппарата Илизарова (рисунок 2.2).

В положении пациента на спине на ортопедическом столе под рентгенологическим контролем ЭОПа с наружной поверхности бедра через зону большого вертела вводят 6 спиц Киршнера в шейку и головку бедренной кости. При необходимости коррекция положения отломков может быть выполнена с помощью введенных спиц как рычага для управления отломками. С наружной и передненаружной поверхностей средней трети бедра вводят по одному стержню, которые фиксируют в кольце. Это кольцо фиксируют тремя резьбовыми штангами к дистальному кольцу, которое располагают в проекции надмыщелков бедренной кости перпендикулярно ее анатомической оси. Через дистальный метафиз проводят две спицы Киршнера с упорными площадками,

перекрещивающиеся под углом 30–60°, которые фиксируют в этом кольце. Таким образом, создаются две управляемые условные базы — проксимальный метаэпифиз бедренной кости, фиксированный спицами, и дистальная часть бедренной кости, фиксированная двумя кольцами. Выполняется репозиция на ортопедическом столе под контролем ЭОПа, и к проксимальному кольцу перпендикулярно оси крепится планка на 9 отверстий, к которой фиксируются специальными фиксаторами спицы с умеренным натяжением.

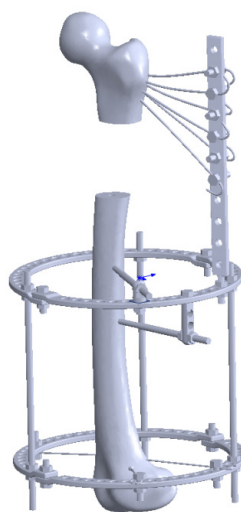


Рисунок 2.2 — Схема разработанной компоновки спице-стержневого аппарата Илизарова

**Компоновка № 2** (патент на изобретение РФ № 2821665) представляла собой спице-стержневой аппарат, отличавшийся от компоновки № 1 конструкцией проксимальной базы. Она предполагает фиксацию проксимального отдела бедренной кости спицами диаметром 3,0 мм, полиаксиально введенными в шейку и головку бедренной кости, с последующей их фиксацией к вертикальной консольной планке аппарата Илизарова, усиленной двумя резьбовыми штангами (рисунок 2.3).

Представленные модели позволили сформулировать основную рабочую гипотезу, проверяемую в настоящем исследовании: разработанные компоновки аппарата Илизарова позволяют выполнить внешний остеосинтез огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости без иммобилизации

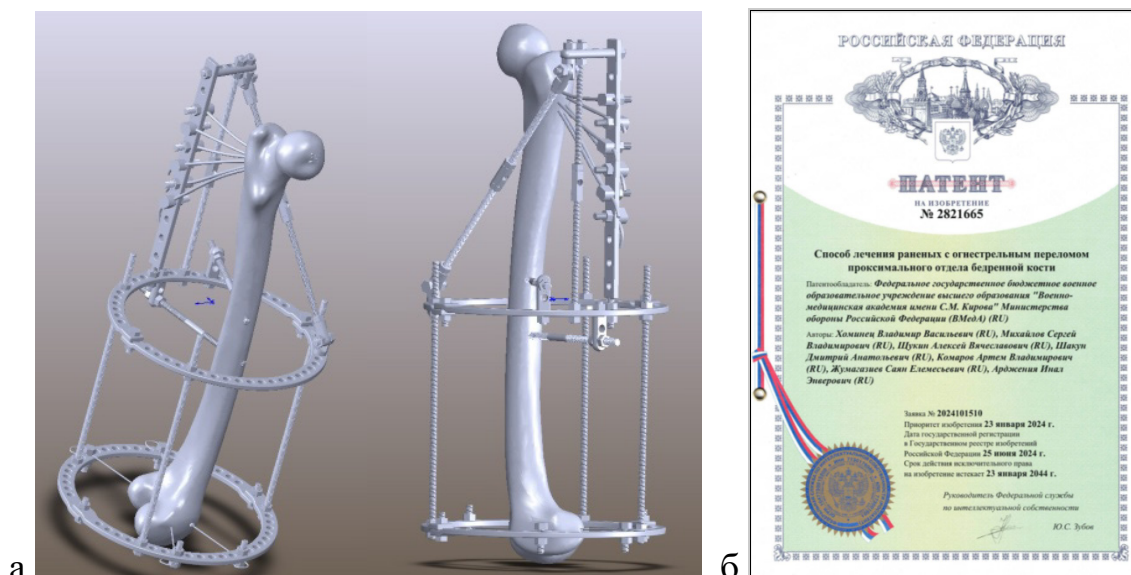


Рисунок 2.3 — Схема разработанной компоновки спице-стержневого аппарата Илизарова (а). Патент на изобретение № 2821665 (б) [48]

тазобедренного сустава и за счет своих конструктивных особенностей достичь стабильной и жесткой фиксации, сопоставимой с использованием аппарата в компоновке «таз — бедро» и максимально близкой к остеосинтезу проксимальным бедренным гвоздем.

### 2.3 Методы биомеханического моделирования

На основе рентгенограмм и компьютерной томограммы раненого со среднестатистическими антропометрическими данными, обработанной в программном комплексе Mimics (Materialise, Бельгия), была построена твердотельная трехмерная геометрическая модель бедренной кости. В программе 3Matic (Materialise, Бельгия) по реальным моделям разработанных и известной (таз — бедро) компоновок аппаратов Илизарова и проксимального бедренного гвоздя (ПБГ) были построены их виртуальные твердотельные модели (рисунок 2.4).

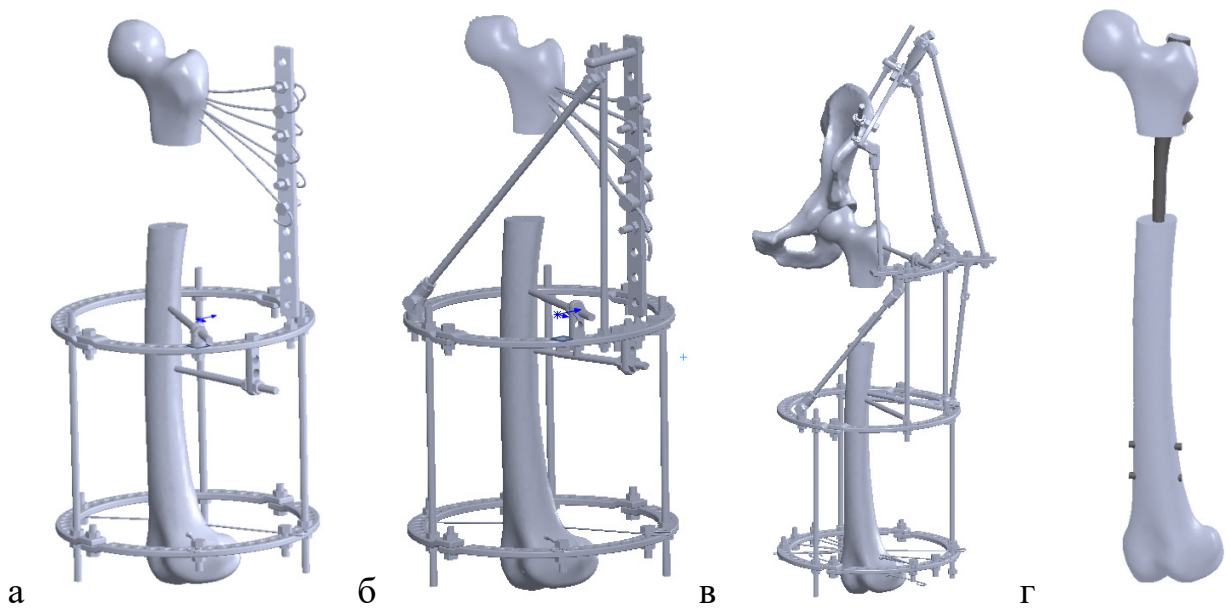


Рисунок 2.4 — Твёрдые модели спице-стержневых аппаратов Илизарова (а, б, в) и проксимального бедренного гвоздя (г)

В системе автоматизированного проектирования SolidWorks (Dassault Systemes, США) построенные внешние и внутренний фиксаторы были размещены в модели бедренной кости в соответствии с технологией их клинического использования. Далее был смоделирован перелом вертельной области. Таким образом, удалось получить четыре твердотельные трехмерные модели «бедренная кость — фиксатор». Модель № 4 (внутренний остеосинтез проксимальным бедренным гвоздем (ПБГ)) считали эталонной (контрольной) с точки зрения достигаемой стабильности.

Конечно-элементное моделирование нагружения построенных моделей выполняли в системе Ansys 19.0. (Ansys Inc., США). Для каждой модели решали статическую задачу механики деформируемого твердого тела. В качестве пороговых условий к головке бедренной кости построенной модели прикладывали осевую нагрузку, соответствующую 25% веса среднестатистического человека (200 Н), имитируя дозированную опорную нагрузку при ходьбе на костылях. Дистальный отдел бедренной кости жестко фиксировали (рисунок 2.5) [39, 40, 106, 120, 132].

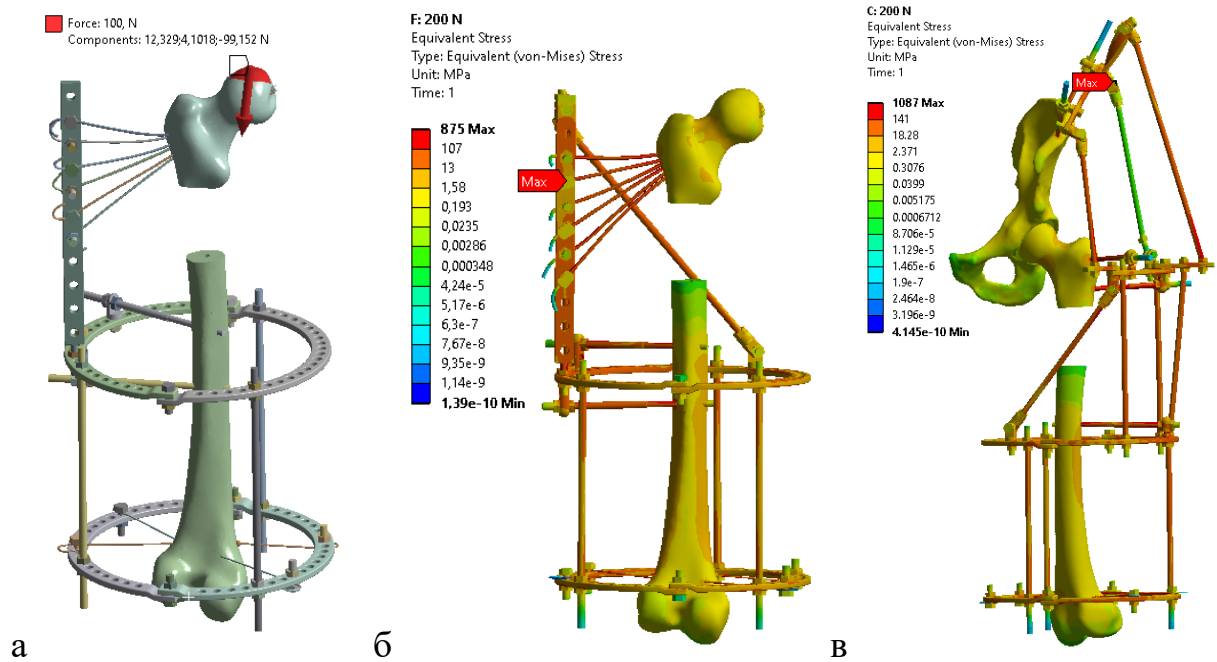


Рисунок 2.5 — Конечно-элементное моделирование нагружения моделей:

а — место приложения силы (показана красной стрелкой);

б — эквивалентные напряжения в модели № 2;

в — эквивалентные напряжения в модели № 3

Все материалы считали идеально упругими, изотропными. Свойства материалов представлены в таблице 2.1. Модуль Юнга губчатой костной ткани рассчитывался индивидуально на основе КТ-данных с помощью разработанной методики [102]. Свойства остальных материалов, представленных в таблице 2.1, брали из литературы [22, 129].

Таблица 2.1 — Механические свойства тканей таза и материалов имплантата

Ткань, материал	Модуль Юнга, ГПа	Коэффициент Пуассона	Предел прочности, МПа
Кость кортикальная	16,8 [142]	0,3 [128]	170 [120, 128, 141]
Кость губчатая	0,84 [142]	0,3 [128]	10 [111, 128]
Титановый сплав	110 [120, 130]	0,3 [130]	900 [120]
Нержавеющая сталь	200 [120, 123]	0,3 [123]	600 [128]

Из-за сложности геометрии модели перелома бедренной кости для расчета параметров его напряженно-деформированного состояния была создана нерегулярная тетраэдрическая вычислительная сетка. На моделях аппарата Илизарова и проксимального бедренного гвоздя создавали более густую гексаэдрическую вычислительную сетку, позволившую получить результаты моделирования, мало зависящие от их размеров.

Полученные результаты биомеханического моделирования напряженно-деформированного состояния в построенных моделях аппарата Илизарова сравнивали между собой и с фиксацией ПБГ.

Затем данные экспериментальной части исследования были апробированы на испытательных стендах.

#### 2.4 Методы стендовых испытаний

В данном исследовании использовались пенополиуретановые муляжи бедренной кости (производитель — ООО «НПК Персей», Россия). Модели бедренной кости обклеивались стеклотканью и эпоксидной смолой до приобретения параметров, сходных с натуральной костью. В литературе описываются данные о механических характеристиках кости при четырехточечной деформации [108, 116]. В качестве исследуемых фиксаторов применили аппараты Илизарова в описанных компоновках (модель № 2 и модель № 3).

Для оценки характеристик внешних фиксаторов был исключен контакт между концами отломков бедренной кости путем создания дефекта на протяжении 18 мм. Такая протяженность дефекта была обусловлена результатами биомеханического моделирования, где максимальное смещение отломков в модели № 3 составило примерно 15 мм. Отломки бедренной кости были установлены на одной общей оси. Фиксацию бедренных костей выполняли двумя способами. В первом варианте (модель № 2) остеосинтез выполняли следующим

образом: с наружной поверхности вертельной области в шейку и головку бедренной кости вводили 6 спиц диаметром 3,0 мм. С наружной и передненаружной поверхности средней трети бедра проводили по одному стержню и фиксировали их в кольце 180 мм. Через дистальный метафиз проводили две перекрещивающиеся спицы Киршнера с упорными площадками диаметром 1,8 мм под углом 30–60° и фиксировали в кольце 180 мм. Кольца соединяли между собой 3-мя резьбовыми штангами. После репозиции отломков к проксимальному кольцу крепится планка на 9 отверстий, к которой фиксируются 3-миллиметровые спицы специальными фиксаторами с умеренным натяжением. В конце монтажа аппарата Илизарова планку с фиксированными в ней 3-миллиметровыми спицами усиливали косою и вертикальной штангами.

Во втором варианте (модель № 3) фиксировали бедренную кость аппаратом Илизарова в компоновке «таз — бедро». Для этого вводили два стержня в гребень подвздошной кости, эти стержни фиксировали к сектору. Один стержень вводили в надвертлужную область. В центральный отломок через вертельную зону в шейку и головку бедренной кости вводили еще два стержня, их фиксировали в секторе аппарата. Сектора тазового и бедренного компонентов соединяли между собой резьбовыми штангами. Через верхнюю треть диафиза проводили два стержня, их фиксировали в кольце 180 мм. Через дистальный метафиз проводили две перекрещивающиеся спицы Киршнера с упорными площадками диаметром 1,8 мм под углом 30–60° и фиксировали в кольце 180 мм. Эти кольца соединяли между собой 3-мя резьбовыми штангами (рисунок 2.6).

На базе испытательной лаборатории «Механическая лаборатория им. профессора Н. А. Белелюбского» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I выполнили стендовые испытания описанных аппаратов с целью определения их упруго-прочностных свойств. Эксперимент выполняли на испытательной машине Shimadzu AG-X Test 50 kN фирмы Shimadzu (Япония). Для установки каждого образца в испытательной машине была изготовлена специальная оснастка в виде металлической трубы с запаянным дном. Фиксацию дистального отдела бедренной кости осуществляли

при помощи эпоксидной смолы. Дозированная нагрузка 200 Н прикладывалась на головку бедренной кости в первом аппарате и гребень подвздошной кости — во втором (рисунок 2.7).

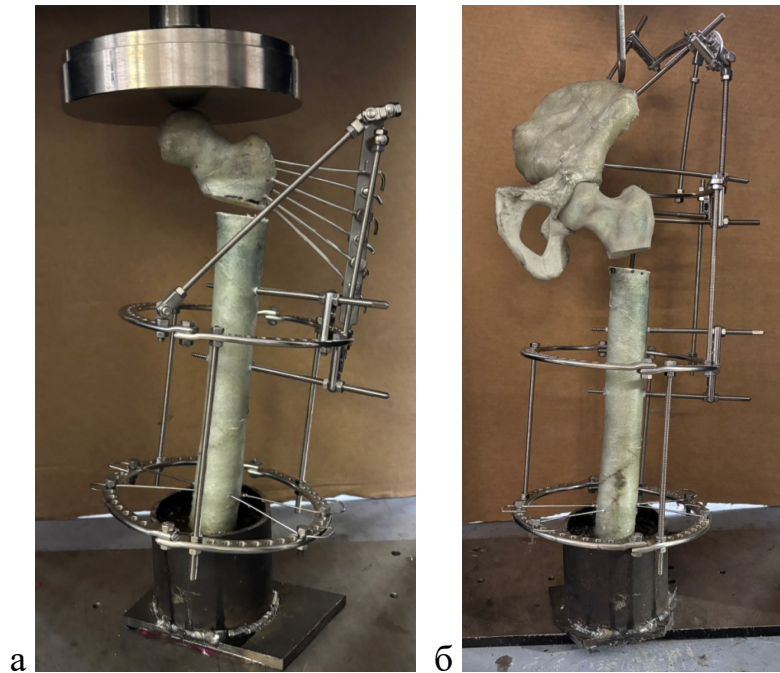


Рисунок 2.6 — Внешний вид моделей бедренной кости с дефектом, фиксированной аппаратом Илизарова: а — модель № 2; б — модель № 3

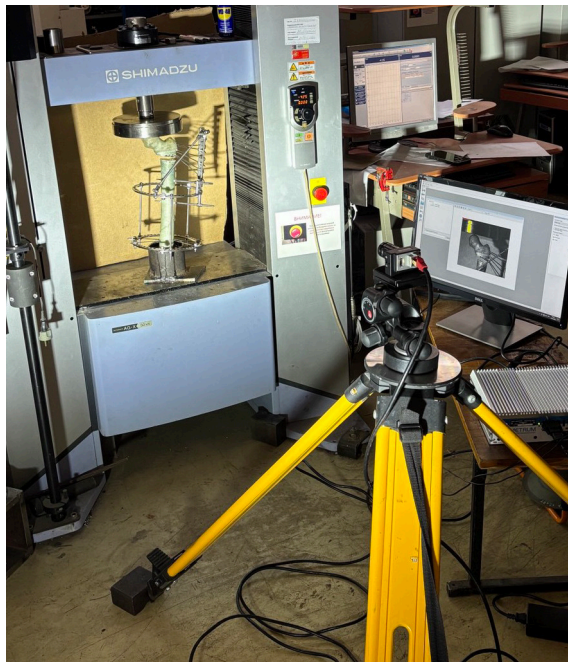


Рисунок 2.7 — Кадр выполнения эксперимента с использованием измерительной системы Imetrum Dynamic Monitoring Station на примере модели № 2

Смещения, возникающие между проксимальным и дистальным отломками, определяли с помощью измерительной системы Imetrum Dynamic Monitoring Station. Она представляет собой бесконтактный видеоэкстензометр для мультиточечного измерения положения, деформации и вращения конструкций (изделий). Для выполнения анализа на модели бедренной кости необходимо отмечать точки, которые будут отслеживаться в ходе исследования. На передней поверхности проксимального и дистального отломков бедренной кости были нанесены по две точки на наружной и внутренней поверхностях. На рисунке 2.8 показаны исследуемые точки (1–4): на переднемедиальной поверхности проксимального отломка бедренной кости (position 1), на переднемедиальной поверхности дистального отломка бедренной кости (position 2), на переднелатеральной поверхности проксимального отломка бедренной кости (position 3), на переднелатеральной поверхности дистального отломка бедренной кости (position 4).

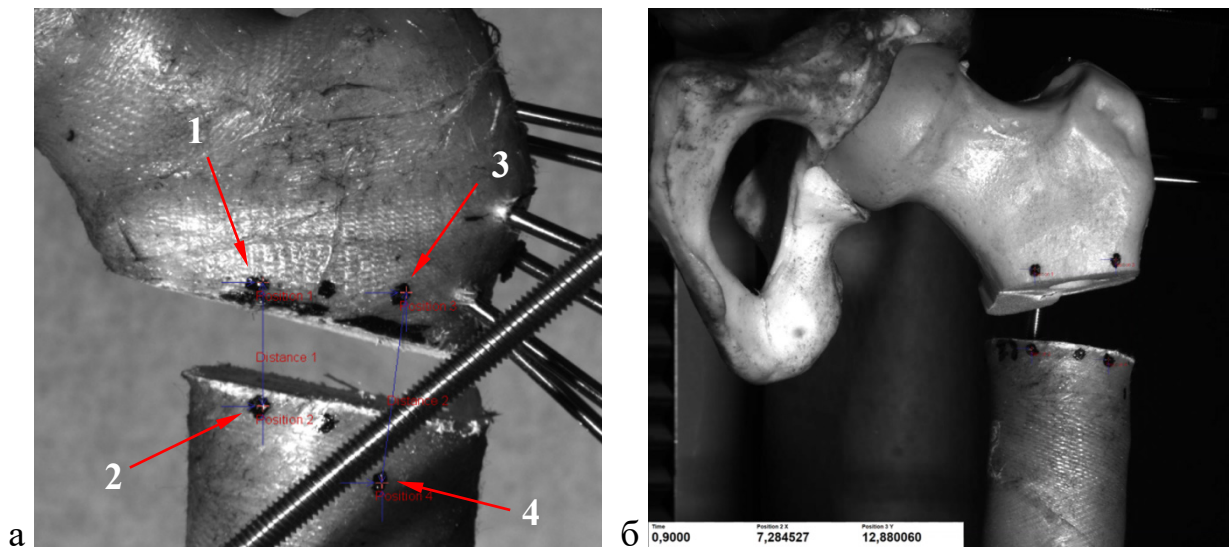


Рисунок 2.8 — Отслеживаемые точки измерительной системы Imetrum Dynamic Monitoring Station: а — модель № 2 (1–4 — исследуемые точки); б — модель № 3

При проведении статической осевой нагрузки в машине Shimadzu AG-X Test 50 kN образцы нагружали вертикально вдоль механической оси бедренной кости до 200 Н со скоростью 1 мм/мин, с выдержкой в 10 секунд на 100, 150 и 200 Н. После отметки точек на модели система Imetrum Dynamic Monitoring

Station фиксировала координаты положения этих точек при нагрузках. Далее программным обеспечением проводился расчет изменения положений отмеченных точек в миллиметрах при заданной нагрузке от минимального значения к максимальному. Таким образом измерялось расстояние между нанесенными точками, что являлось амплитудой смещений дистального и проксимального отломков.

## 2.5 Материал клинической части исследования

В клиническую часть диссертационного исследования включены 73 раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, находившихся на лечении в клинике военной травматологии и ортопедии в разные периоды с 1994 по 2024 г. Все раненые являлись лицами мужского пола, а их возраст составил в среднем 25,5 лет [21,3; 37,8]. У 30 раненых было диагностировано изолированное ранение одной конечности, у 32 — множественные ранения конечностей. По характеру полученных повреждений большинство пациентов имели комбинированные (многофакторные) взрывные поражения, при этом во всех клинических наблюдениях со взрывными поражениями причиной переломов бедренных костей стало ранение осколками от снарядов.

Все раненые были доставлены в ВМедА после лечения на нижестоящих этапах медицинской эвакуации.

По характеру повреждений мягких тканей огнестрельные переломы бедренной кости у исследуемых раненых относились к типу ШВ по классификации Gustilo–Anderson (1976), при этом все дефекты мягких тканей были обширными, имели площадь от 70 до 400 см<sup>2</sup>, что составило в сумме двух измерений (длина и ширина дефекта) до 30% окружности верхней трети бедра. Во всех клинических наблюдениях дефект мягких тканей бедра локализовался в его верхней трети и сообщался с зоной перелома. Так как треть раненых имели

дефекты костной ткани, мы в своей работе использовали универсальную классификацию дефектов длинных костей с целью детализации дефектов и их размеров, а также принятия клинического решения. Дефекты были отнесены к типам BD31A23 и BD31A33 [136].

На момент поступления в клинику всем раненым была выполнена первичная хирургическая обработка (ПХО) ран бедер и лечебно-транспортная иммобилизация переломов стержневыми аппаратами: в 43 случаях использован комплект стержневой военно-полевой (КСВП) в компоновке «таз — бедро», а в 30 клинических наблюдениях — стержневой аппарат из комплекта сочетанной травмы (КСТ) в аналогичной компоновке.

В клинике все пациенты получали комплексную этиотропную, антибактериальную и патогенетическую терапию, направленную на восстановление гомеостаза, преодоление кризиса микроциркуляции и возобновление перфузии тканей в области ран, профилактику развития и лечение инфекционных, тромбоэмболических и других осложнений.

Всем раненым были выполнены повторные ПХО, направленные на удаление возникших очагов вторичного некроза. В ряде случаев основной группы (у 24-х раненых) эти операции завершались наложением системы вакуумного дренирования ран конечностей, длительность применения которой составляла от 7 до 16 суток. Также по показаниям осуществляли перемонтаж стержневых аппаратов КСВП, заключающийся в коррекции положения отломков с восстановлением оси, длины и устранения ротационных смещений сегмента конечности, перепроведении или проведении дополнительных стержней, усилении аппарата в случае его недостаточной стабильности.

После завершения экссудативной фазы заживления всем пациентам было выполнено одномоментное закрытие ран мягких тканей. Во всех клинических случаях дефект был устранен путем пластики местными тканями (встречными треугольными лоскутами, свободной расщепленной аутодермопластикой).

В зависимости от применяемого метода внешнего остеосинтеза и периода наблюдения были сформированы две клинические когорты методом сплошной

выборки. Первая клиническая группа (основная, проспективная) включила в себя 46 пострадавших, пролеченных в клинике в период с 2022 по 2024 г., которым по поводу огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости с обширным дефектом мягких тканей был выполнен внешний остеосинтез аппаратом Илизарова разработанным способом (патент РФ на изобретение № 2821665). У данной группы пострадавших, прооперированных в клинике в сроки, не превышающие 4-х недель с момента ранения, применяли закрытую непрямую репозицию отломков костей и внешний остеосинтез после пластического закрытия дефекта мягких тканей проксимального отдела бедра.

Во вторую клиническую группу (ретроспективную) были включены 27 раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, которым также были выполнены непрямая репозиция костных отломков и внешний остеосинтез аппаратом Илизарова в компоновке «таз — бедро», предполагающей иммобилизацию тазобедренного сустава на весь период консолидации. Пострадавшие второй группы были прооперированы в сроки, схожие с первой, при этом в ряде случаев тоже были применены методики пластического закрытия огнестрельных ран местными тканями.

Таким образом, основным отличием сравниваемых групп был использованный способ внешнего остеосинтеза. Распределение включенных в исследование пациентов по группам сравнения и возрасту представлено в таблице 2.2.

Данные о характеристике сравниваемых выборок по возрасту пострадавших свидетельствуют о том, что в обеих группах большинство пациентов были лицами молодого возраста (18–39 лет) — 40 и 24 пациента, реже встречались раненые среднего возраста (40–61 лет) — 12 или 3 пациента соответственно.

Таблица 2.2 — Распределение раненых сравниваемых групп с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости по возрасту

Возраст раненых, лет	I группа		II группа		Всего	
	Абс. ч.	%	Абс. ч.	%	Абс. ч.	%
18–29	18	39,1	24	88,8	42	57,5
30–39	12	26,1	–	–	12	16,5
40–49	12	26,1	3	11,2	15	20,5
50–61	4	8,7	–	–	4	5,5
Итого	46	100,0	27	100,0	73	100,0

Характеристика групп пострадавших по типу полученного латерального перелома проксимального отдела бедренной кости представлена в таблице 2.3. Ее данные демонстрируют превалирование в обеих сравниваемых выборках наиболее тяжелых оскольчатых переломов, что объясняется характером полученных травм — огнестрельные осколочные ранения.

Таблица 2.3 — Распределение раненых сравниваемых групп в зависимости от типа перелома бедренной кости (по классификации АО/ASIF)

Локализация ранения	I группа		II группа		Всего	
	Абс. ч.	%	Абс. ч.	%	Абс. ч.	%
31A1	10	21,7	9	33,3	19	26,0
31A2	23	50,0	12	44,5	35	48,0
31A3	13	28,3	6	22,2	19	26,0
Итого	46	100,0	27	100,0	73	100,0

Сведения о типе ранений у включенных в исследование пострадавших представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 — Распределение раненых сравниваемых групп по типу ранения

Тип ранения	I группа		II группа		Всего	
	Абс. ч.	%	Абс. ч.	%	Абс. ч.	%
Осколочное	37	80,4	3	11,1	40	54,8
Пулевое	5	10,9	21	77,8	26	35,6
Взрывное поражение (многофакторное)	4	8,7	3	11,1	7	9,6
Итого	46	100,0	27	100,0	73	100,0

Как видно из данных таблицы, среди раненых обеих групп в абсолютном большинстве случаев причиной перелома проксимального отдела бедренной кости стали огнестрельные ранения — 66 наблюдений (90,4%). Пулевые ранения отмечены у 26 пострадавших (35,6%), осколочные — у 40 пострадавших (54,8%). Следует отметить наличие в структуре рассматриваемых травм многофакторных (комбинированных) ранений, а именно — взрывных поражений у 7 пострадавших (9,6%). Последние характеризовались нанесением раненому термомеханического повреждения, приводившего к формированию обширных дефектов мягких тканей в области перелома. Также следует подчеркнуть, что как осколочные, так и пулевые ранения по своим морфологическим характеристикам (массивные разрушения мягких тканей, оскольчатый характер переломов) относились к категории высокоэнергетических. Таким образом, межгрупповое распределение по типу ранящего снаряда имело статистически значимые различия ( $\chi^2 = 36,410$ ;  $p < 0,0001$ ): в основной группе преобладали осколочные ранения (80,4%), тогда как в группе сравнения — пулевые (77,8%).

Анализ характера ранений конечностей (таблица 2.5) показал преобладание множественных ранений среди всех обследованных раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости (43,8% — 32 случая). При этом такие ранения у пострадавших I группы встречались в 50% — 23

наблюдений, а у раненых II группы в 33,3% — 9 наблюдений. Изолированные повреждения отмечены в 41,1% случаев (30 раненых). Они встречались у 32,6% раненых I группы (15 наблюдений) и у 55,6% пострадавших II группы (15 наблюдений). Сочетанные ранения у обследуемых пострадавших наблюдали реже — в 15,1% случаев (11 раненых). В I группе этот показатель составил 17,4% (8 наблюдений), во II группе — 11,1% (3 случая). Анализ характера ранений конечностей не выявил статистически значимых межгрупповых различий ( $\chi^2 = 3,703$ ;  $p = 0,157$ ).

Таблица 2.5 — Распределение пострадавших сравниваемых групп по характеру ранений конечностей

Характер ранения	I группа		II группа		Всего	
	Абс. ч.	%	Абс. ч.	%	Абс. ч.	%
Изолированное	15	32,6	15	55,6	30	41,1
Множественное	23	50,0	9	33,3	32	43,8
Сочетанное	8	17,4	3	11,1	11	15,1
Итого	46	100,0	27	100,0	73	100,0

Всем раненым проводили этапные повторные хирургические обработки. При этом у раненых основной группы они сопровождались наложением и сменой систем вакуумного дренирования ран. Количество хирургических обработок составляло от 4 до 7, а применений ВАК-систем — от 3 до 4. После завершения экссудативной (воспалительной) стадии раневого процесса осуществляли замещение дефектов мягких тканей с использованием встречных треугольных лоскутов либо свободной аутодерматомной пластики и добивались заживления ран. Далее выполняли остеосинтез переломов бедренной кости аппаратом Илизарова, при этом сроки его выполнения составляли от 19 до 38 дней с момента получения ранения.

Для проверки статистической однородности количественных данных основной группы и группы сравнения был применен непараметрический критерий Манна–Уитни. Анализ выявил статистически значимые различия по возрасту (пациенты основной группы были старше,  $p = 0,0001$ ) и площади дефектов мягких тканей (дефекты в основной группе были обширнее,  $p < 0,05$ ). Однако по типу ранения, характеру переломов ( $p = 0,542$ ) и исходным функциональным показателям тазобедренного сустава группы были сопоставимы ( $p > 0,05$ ), что позволило корректно сравнить результаты лечения.

Подробный анализ обеих групп пострадавших с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, а также результаты их сравнения будут рассмотрены в четвертой главе диссертационной работы.

## 2.6 Методы клинической части исследования

При поступлении в клинику военной травматологии и ортопедии всем раненым были выполнены клинико-лабораторные и инструментальные методы диагностики. Последние включали в себя выполнение рентгенографии, в некоторых случаях — компьютерной томографии, КТ-ангиографии поврежденной конечности, а также ультразвуковое дуплексное ангиосканирование вен нижних конечностей.

### 2.6.1 Клиническое обследование

При поступлении раненого с огнестрельным переломом проксимального отдела бедренной кости путем изучения сопроводительной медицинской документации и опроса определяли обстоятельства получения травмы, а также объем оказанной помощи на предыдущих этапах медицинской эвакуации. На основании этих данных делали заключение о качестве проведенной

противошоковой терапии, однако получить исчерпывающую информацию удавалось не всегда. В подобных случаях ориентировались на объективные данные и характеристику повреждений.

Интегральную оценку тяжести состояния раненого проводили с применением параметров функционального (тяжесть состояния) и морфологического (тяжесть повреждения) ее компонентов [15, 69]. Для оценки тяжести состояния использовали шкалу ВПХ-СП (состояние при поступлении), включающую 12 признаков, которые могут быть определены при приеме раненых на этапе специализированной помощи дежурным медицинским персоналом. С целью оценки тяжести повреждения применяли шкалу ВПХ-П(ОР), раздел «конечности».

При осмотре поступающих раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости обращали внимание на состояние повязок, оценивали длину, ось пораженного сегмента и его деформацию. Особое внимание обращали на качество выполненной лечебно-транспортной иммобилизации (компоновку и стабильность стержневого аппарата внешней фиксации). Оценивали пульсацию артерий и периферическую иннервацию пострадавшей конечности. Для определения состояния органов и систем использовали шкалу ВПХ-СС, которая позволяет оценить уровень компенсации общего состояния пациента.

### 2.6.2 Лабораторные методы исследования

Все раненые после поступления в клинику проходили клинико-лабораторное обследование, во время которого оценивались показатели общеклинического и биохимического анализа крови, общего анализа мочи, а также определялась группа крови и резус-фактор. Также пациентам в обязательном порядке выполняли бактериологическое исследование раневого отделяемого. Количественно оценивали выделенную микрофлору и определяли

чувствительность к антибактериальным препаратам. Полученные данные применяли для коррекции проводимой антибактериальной терапии.

### 2.6.3 Методы лучевой диагностики

После госпитализации в клинику всем раненым в обязательном порядке выполняли рентгенологическое исследование в объеме обзорной рентгенографии таза и поврежденного сегмента конечности в прямой и аксиальной проекциях. По показаниям назначали КТ и КТ-ангиографию. Контрольные исследования производили после коррекций положения отломков в аппарате внешней фиксации (при повторных ПХО), после выполнения внешнего остеосинтеза, а также в течение всего периода динамического наблюдения до появления рентгенологических признаков консолидации перелома.

Объективную оценку состояния процесса консолидации перелома осуществляли при помощи расчета разницы оптической плотности (РОП) между межотломковой зоной и кортикальным слоем кости. Эта технология основывается на разнице в интенсивности окраски от более темного тона к более яркому. Исходно оптическая плотность в зоне перелома (область межотломкового диастаза) сходна с оптической плотностью мягких тканей. После начала консолидации оптическая плотность в зоне перелома постепенно увеличивалась, достигая к моменту сращения уровня этого показателя у кортикального слоя.

Для получения цифрового рентгеновского изображения использовали оборудование в виде дигитайзера рентгеновского AGFA CR-15X (Agfa-Gevaert Group, Бельгия) и программный комплекс PICSYS (Бельгия), а показатели оптической плотности оценивали при помощи GIMP v.2.8.18 (University of California, Berkeley, США).

Компьютерная томография была применена нами как дополнительный метод исследования для оценки характера перелома, а также определения степени консолидации перед демонтажем аппарата внешней фиксации.

## 2.6.4 Исследование периферического кровообращения

Ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) вен нижних конечностей выполняли всем раненым на ультразвуковом диагностическом аппарате «РуСкан 60» с датчиком 7–12 МГц. Во время исследования вен оценивали проходимость сосудов и наличие тромботических масс. Артериальный кровоток измеряли на *a. dorsalis pedis* и *a. tibialis posterior*. Дополнительно, после проведения УЗДС выполняли пульсоксиметрию и термометрию на дистальном сегменте травмированной конечности (рисунок 2.9).

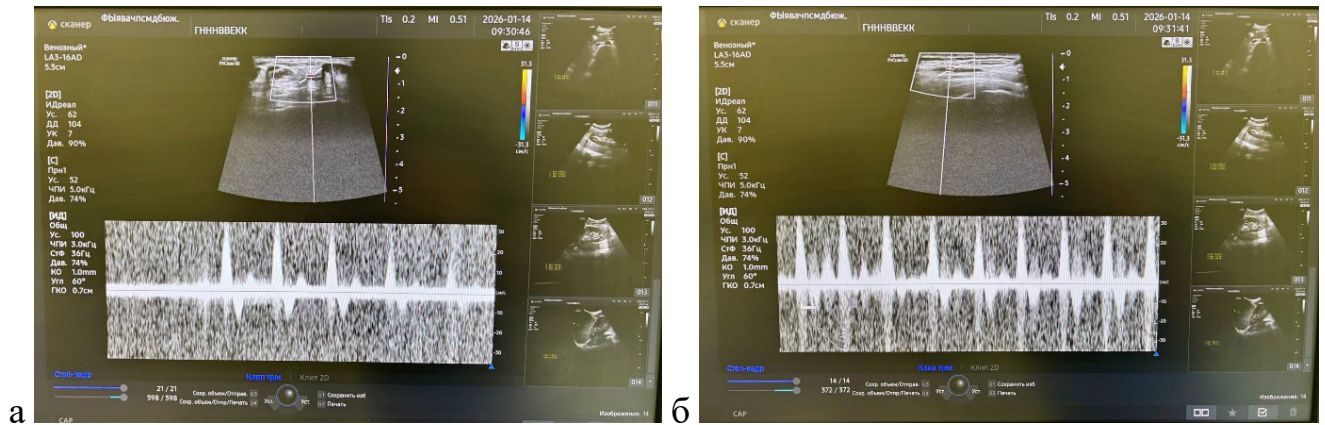


Рисунок 2.9 — Данные УЗДГ раненого Р.: а — *a. dorsalis pedis*; б — *a. tibialis posterior*. Скорость кровотока в пределах нормы

## 2.7 Методы оценки результатов лечения

Анализ динамики болевого синдрома после выполнения внешнего остеосинтеза и во время контрольных обследований пациентов проводили с помощью визуально-аналоговой шкалы (ВАШ) — Visual Analogue Scale (VAS) (Huskisson E.C., 1974). Для этого раненому предлагали отметить на неградуированной линии длиной 10 см точку, которая соответствовала степени интенсивности болевого синдрома. Левая граница линии соответствовала определению «боли нет», правая — «худшая боль, какую можно себе

представить». Показатели динамической оценки интенсивности боли считали объективными, если значение ВАШ отличалось от предыдущего более, чем на 13 мм.

Для оценки состояния пациентов и динамического контрольного наблюдения раненые сравниваемых групп были осмотрены в период 3–6–9–24 месяца после выполнения внешнего остеосинтеза. Обеспечить выполнение контрольных обследований в одинаковые сроки после хирургического лечения не представлялось возможным в связи с эвакуацией пострадавших на последующие этапы медицинской эвакуации. Во время контрольных осмотров осуществляли клинико-рентгенологическое исследование, направленное на изучение жалоб пациента, оценку возможности опорной нагрузки на прооперированную нижнюю конечность, необходимость пользоваться дополнительными средствами опоры, исследование состояния мягких тканей в области спиц и стержней, рубцов, а также состояния периферического кровоснабжения и иннервации.

Дополнительно исследовали амплитуду активных и пассивных движений в тазобедренном и коленном суставах прооперированной конечности. Функцию суставов оценивали в соответствии с таблицей амплитуды движений в суставах, представленной в постановлении Правительства РФ от 04.07.2013 № 565 «Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизе» с дополнением от 29.08.2025.

Всем пациентам была выполнена контрольная рентгенография тазобедренного сустава в двух проекциях. На основании интегральной оценки полученных данных контрольного клинико-рентгенологического обследования оценивали состояние и динамику процесса сращения перелома и принимали решение о возможности демонтажа аппарата Илизарова. При этом результаты лечения пациентов оценивали с использованием критериев: «полная консолидация», «консолидация с деформацией», «замедленная консолидация» и «ложный сустав».

Дополнительно для оценки достигнутых функциональных результатов хирургического лечения была применена модифицированная шкала Neer–

Grantham–Shelton (1967). Ее особенностью являлось использование показателей амплитуды движений в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах, соответствующих постановлению Правительства РФ от 04.07.2013 № 565 «Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизе». Эта шкала дает возможность оценки достигнутого результата по интенсивности болевого синдрома, восстановлению анатомии поврежденного сегмента конечности с учетом рентгенологических данных, а также по наличию и характеру функциональных нарушений. Показатели 80–100 баллов считали хорошими, 60–79 — удовлетворительными, менее 60 — неудовлетворительными.

С учетом того, что все раненые, включенные в исследование, являлись военнослужащими по контракту, при сравнении результатов их лечения были приняты во внимание результаты медицинского освидетельствования военно-врачебными комиссиями. Пациенты были освидетельствованы на основании графы III статьи 65 Расписания болезней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 04.07.2013 № 565 «Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизе» с вынесением соответствующей категории годности к военной службе в зависимости от полученного анатомического и функционального результата.

## 2.8 Статистический анализ количественных данных

Результаты проведенных исследований заносили в электронную базу данных, составленную в виде матрицы с помощью программы (в составе программного пакета Microsoft Office (Microsoft Corporation, США)). Ввод, накопление, хранение, первичную сортировку и статистическую обработку данных исследования осуществляли с использованием персонального компьютера и программного обеспечения, в том числе модулей Excel «Анализ данных» и «Мастер диаграмм», в также пакета программ для статистической обработки TIBCO Statistica 14.0 (TIBCO Software Inc, США).

Обработку данных выполняли по этапам:

1. Математико-статистическое описание исследуемых групп. Статистической обработке в обеих группах раненых подвергнуты следующие количественные показатели: возраст, время, прошедшее после ранения до поступления в клинику, сроки закрытия дефектов кожи и перехода к фиксации. Качественными показателями, подвергнутыми статистической обработке, явились: характер ранения в зависимости от ранящего снаряда, количество пораженных сегментов конечностей, характеристики перелома в соответствии с уровнем и типом перелома по международной классификации, сопутствующие поражения сосудов и нервов, наличие и степень шока, дефектов покровных тканей, наличие инфекционных осложнений, анатомический результат лечения, а также качественные показатели шкал, использовавшихся для оценки результатов лечения пострадавших.

2. Оценка различия средних значений, его значимости, а также частоты проявления признаков в исследуемых группах.

3. Изучение связей между признаками. Сравнению подвергнуты две группы раненых: основная, куда вошли пострадавшие, которым выполнен остеосинтез огнестрельных переломов бедренной кости разработанным способом, и группа сравнения, включающая в себя раненых, которым выполнен внешний остеосинтез аппаратом Илизарова в компоновке «таз — бедро» с фиксацией тазобедренного сустава.

Математико-статистическое описание полученных данных проводили с помощью традиционных методов, которые давно устоялись в медицинских исследованиях [24, 37, 49]. Оценку различия средних значений и его значимости, а также частоты проявления признаков в сравниваемых группах раненых проводили при помощи параметрических и непараметрических методов [24, 70, 93].

Перед началом анализа для всех количественных переменных проверялось соответствие нормальному распределению с помощью критерия Шапиро–Уилка. В связи с выявленными отклонениями от нормальности в большинстве

переменных, а также с учётом малого размера группы 2 ( $n = 27$ ) для сравнения независимых выборок использовался непараметрический U-критерий Манна–Уитни с поправкой на связанные ранги ( $Z$  adjusted). Для сравнения долей при малых выборках применялся точный критерий Фишера. Для оценки практической значимости выявленных различий рассчитывался размер эффекта  $r = |Z|/\sqrt{N}$  (малый:  $r < 0,5$ ). Критический уровень значимости принят равным  $p < 0,05$ . Данные представлены в виде медианы и межквартильного диапазона [Q25; Q75].

Таким образом, все положения и выводы, сделанные в работе, базируются на математико-статистических методах, соответствующих материалам исследования. Широко использованы современные средства вычисления и их программное обеспечение.

### ГЛАВА 3. СТРУКТУРА И ХАРАКТЕР ПОВРЕЖДЕНИЙ У РАНЕННЫХ С ОГНЕСТРЕЛЬНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСТЕОСИНТЕЗА АППАРАТОМ ИЛИЗАРОВА С ФИКСАЦИЕЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

#### 3.1 Медико-статистическая и клиническая характеристика раненных с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости

В структуре входящего потока раненных с огнестрельными переломами длинных костей конечностей на исследуемом этапе специализированной помощи переломы бедренной кости имели 33,8% пациентов. Из них огнестрельные переломы проксимального отдела бедренной кости составили 13,1%, что соответствовало 4,4% всех поступивших раненных с огнестрельными переломами. Огнестрельные переломы проксимального отдела бедренной кости в 87,3% случаев являлись оскольчатыми, которые в 32,9% случаев сопровождались обширным повреждением мягких тканей (46 пациентов). Их доля в структуре огнестрельных переломов бедренных костей составила 4,3%, а в общей структуре входящего потока раненных с огнестрельными переломами длинных костей конечностей — 1,5% случаев.

Изучение сопроводительной медицинской документации раненных с огнестрельными оскольчатыми переломами проксимального отдела бедренной кости с обширным повреждением мягких тканей и результаты объективного клинического обследования позволили оценить тяжесть полученных ранений у пострадавших на момент их поступления на этап квалифицированной хирургической помощи. У всех пациентов данной группы она была определена как тяжелая, что соответствовало оценке по шкале ВПХ-П (ОР) в 3,9 баллов. Состояние пациентов при поступлении на текущий этап специализированной помощи также было расценено как тяжелое (от 32 до 36 баллов по шкале ВПХ-СП). Это было обусловлено локализацией и характером полученной травмы —

огнестрельный перелом проксимального отдела бедренной кости, сопровождавшийся дефектом мягких тканей. У ряда пациентов повреждения носили множественный (50,0%) и сочетанный характер (17,4%).

Ранения, сопровождавшиеся тяжелой кровопотерей, приведшей к развитию шока, имели место у 4 (8,7%) пострадавших. Это были лица, получившие осколочные ранения, приведшие к многооскольчатым переломам проксимального отдела бедренной кости, которые сопровождались наиболее обширными и глубокими дефектами мягких тканей с повреждениями кровеносных сосудов.

Прогностический вариант течения травматической болезни у раненых обеих групп определяли в соответствии с состоянием основных жизнеобеспечивающих систем организма, используя шкалу ВПХ-СС. Для пациентов первой группы значение составило 57 баллов [56; 64]. Следует отметить, что для всех изученных пациентов прогноз течения травматической болезни был определен нами как неблагоприятный.

На предшествующих этапах раненым с признаками шока и кровопотери было проведено лечение, направленное на стабилизацию гомеостаза, устранение угрожающих жизни последствий ранений и профилактику инфекционных осложнений. Все поступившие в клинику пострадавшие находились в третьем и четвертом периодах травматической болезни, в связи с чем наличие перенесенного этими пациентами травматического шока не повлияло на тактику дальнейшего лечения.

По характеру повреждений мягких тканей огнестрельные переломы бедренной кости у исследуемых раненых относились к типу ШВ по классификации Gustilo–Anderson (1976), при этом все дефекты мягких тканей были обширными, имели площадь от 70 до 400 см<sup>2</sup>, что составило в сумме двух измерений (длина и ширина дефекта) до 30% окружности верхней трети бедра. Во всех клинических наблюдениях дефект мягких тканей бедра локализовался в его верхней трети и сообщался с зоной перелома. Все переломы бедренной кости по универсальной классификации дефектов длинных костей конечностей были отнесены к типам BD31A23 и BD31A33 [136].

На момент поступления всем раненым была выполнена ПХО ран и лечебно-транспортная иммобилизация переломов стержневыми аппаратами: в 43 случаях был использован аппарат КСВП в компоновке «таз — бедро», а в 30 наблюдениях — аппарат КСТ в аналогичной компоновке. В 39% наблюдений (18 пациентов) лечебно-транспортная иммобилизация аппаратом КСВП была оценена как нестабильная. Причиной этого являлось недостаточное количество стержней (10 раненых из 46, или 21,7%) или их некорректное проведение (8 раненых из 46, или 17,4%). В первом случае это было следствием сложной медико-тактической обстановки (массовое поступление раненых в условиях недостатка компонентов аппаратов внешней фиксации).

Рентгенологическое исследование при поступлении продемонстрировало отсутствие грубых смещений основных костных фрагментов (проксимального и дистального) бедренной кости, свидетельствовавшее о том, что выполненная ранее лечебно-транспортная иммобилизация была проведена после репозиции отломков.

В 100% случаев раненые поступали в клинику в течение 48–72 часов с момента выполнения последней перевязки на предыдущем этапе. Всем пациентам при поступлении выполняли перевязку, в ходе которой оценивали состояние ран. У 10 раненых (21,7%) раневое отделяемое носило гнойный характер с признаками раневой инфекции. Результаты бактериологического исследования раневого отделяемого, выполненного при поступлении раненых в клинику, свидетельствовали, что в 28% случаев (13 пациентов) был выделен полирезистентный *Acinetobacter baumannii*, а в 20% случаев (9 пациентов) — *Pseudomonas aeruginosa*. В 2-х клинических случаях (4%) выделены оба возбудителя. Причиной выявления полирезистентных штаммов, по нашему мнению, следует считать занос внутригоспитальной инфекции, произошедший вследствие длительного пребывания большинства раненых первой группы на предшествующих этапах медицинской эвакуации.

Анализ результатов лабораторного исследования свидетельствовал о нарушении гомеостаза у всех раненых. Так, значения концентрации гемоглобина

составили 88,7 г/л [84,85; 93,5], концентрации эритроцитов  $2,9 \times 10^{12}$  в литре [ $2,6 \times 10^{12}$ ;  $3,4 \times 10^{12}$ ], лейкоцитов —  $14,7 \times 10^9$  в литре [ $13,1 \times 10^9$ ,  $16,7 \times 10^9$ ]. В большинстве случаев имел место сдвиг лейкоцитарной формулы в сторону незрелых форм. В биохимическом анализе крови обращало на себя внимание снижение концентрации общего белка в среднем до 53,2 г/л [51,2; 58,0].

По данным УЗДС сосудов нижних конечностей тромбозы поверхностных и глубоких вен были диагностированы в 4 клинических наблюдениях (8,7% пациентов). Ни у одного из этих раненых не было показаний к установке кава-фильтра, тромбэктомии или перевязки поверхностных вен. Им была назначена консервативная терапия (эноксапарин натрия в лечебной дозе), не повлиявшая на выбор тактики предстоящего хирургического лечения.

Данные клинического, лабораторного и инструментального обследований позволяют считать, что в случаях тяжелых огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости, сопровождающихся обширными и инфицированными ранами мягких тканей, внешний остеосинтез является патогенетически наиболее оправданным и в большинстве случаев оптимальным методом окончательной хирургической стабилизации.

### 3.2 Результаты лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава

На основании анализа медицинской документации изучены результаты лечения 27 раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости методом внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава. Все пациенты проходили лечение в клинике военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ВМедА с 1994 по 2008 г.

### 3.2.1 Общая характеристика раненых

Раненые поступали на этап специализированной помощи после проведенной на предыдущих этапах ПХО ран в состоянии средней степени тяжести, реже тяжелом. В 39,1% случаев иммобилизация огнестрельных переломов была произведена гипсовыми повязками, у 37,0% — транспортными шинами. Все пациенты нуждались в проведении инфузионно-трансфузионной терапии. Значения концентрации гемоглобина составили 93,7 г/л [90,7; 98,2], содержание эритроцитов —  $3,5 \times 10^{12}$  в литре [ $3,4 \times 10^{12}$ ;  $3,7 \times 10^{12}$ ], лейкоцитов —  $13,2 \times 10^9$  в литре [ $11,9 \times 10^9$ ;  $16,3 \times 10^9$ ]. В большинстве случаев также наблюдали сдвиг лейкоцитарной формулы в сторону незрелых форм. У большинства раненых имела место гипопроотеинемия — 60,1 г/л [58,3; 64,1].

Треть раненых нуждалась в повторной хирургической обработке, закрытии ран первично-отсроченным швом.

Изучение характера огнестрельных переломов бедренной кости выявило значительное преобладание у раненых оскольчатых или многооскольчатых переломов (у 19 из 8 раненых; таблица 3.1).

Таблица 3.1 — Распределение раненых в бедро по типу перелома

Характер перелома бедренной кости	n	%
Оскольчатый	19	70,4
Многооскольчатый	8	29,6
Итого:	27	100,0

При лечении пациентов, поступивших в клинику, был применен способ внешнего остеосинтеза проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова, компоновка которого предполагала иммобилизацию тазобедренного сустава.

Обширные дефекты мягких тканей были зарегистрированы у 54,3% раненых. Имели площадь от 70 до 120 см<sup>2</sup>. Во всех клинических наблюдениях дефект мягких тканей бедра локализовался в его верхней трети и сообщался с зоной перелома.

Анализ медицинской документации не позволил обнаружить наличие выявленных клинически и подтвержденных инструментальными методами исследования признаков тромбозов вен нижних конечностей. Нарушений артериального кровоснабжения у обследованных пациентов также не было. Данные изученной медицинской документации продемонстрировали отсутствие признаков неврологического дефицита, связанного с избранным методом внешнего остеосинтеза.

В лечебных учреждениях СМП1 внешний остеосинтез аппаратами был выполнен лишь у 18,5% раненых. Частота применения данного метода наглядно увеличивалась в лечебных учреждениях СМП2 и СМП3 (33,3 и 48,2% соответственно). Обращает на себя внимание достаточно высокая частота перемонтажа (у 12 из 27 раненых) аппаратов внешней фиксации. Перемонтаж аппаратов производили с целью коррекции положения отломков, повышения стабильности их фиксации, а также замены спиц или стержней при появлении местных инфекционных осложнений. Демонтаж аппаратов внешней фиксации в лечебных учреждениях СМП2 и 3 производили после образования костной мозоли и консолидации перелома.

### 3.2.2 Методика внешнего остеосинтеза с фиксацией тазобедренного сустава

После выполнения сочетанной анестезии пациента размещали на ортопедическом столе, где под контролем рентгеноскопии осуществляли закрытую репозицию костных отломков с последующей антисептической обработкой и ограничением операционного поля. На первом этапе при помощи направителя и сверла диаметром 3,5 мм формировали каналы для введения

стержней в проксимальный отломок бедренной кости, куда устанавливали два стержня Шанца в разных плоскостях с углом между ними  $60-80^\circ$  для достижения максимальной жесткости фиксации, после чего указанные стержни закрепляли в секторе аппарата Илизарова. Затем чрескожно по латеральной поверхности бедра сверлом диаметром 3,5 мм формировали канал в дистальном отломке бедренной кости и проводили стержень Шанца в пределах анатомического «коридора безопасности» вне проекции магистральных сосудов и нервов с последующей его фиксацией в кольцевой опоре аппарата Илизарова. Через дистальный метафиз бедра проводили три спицы Киршнера диаметром 2,0 мм, при этом вкол первой спицы осуществляли по задненаружной поверхности бедра на 5 см выше щели коленного сустава в промежутке между задним краем подвздошно-большеберцового тракта и передним краем сухожилия двуглавой мышцы бедра, направляя её под углом  $30^\circ$  к фронтальной плоскости. Вторую спицу вводили на этом же уровне с передненаружной поверхности над передним краем подвздошно-большеберцового тракта под углом  $60-65^\circ$  к первой спице, а третью спицу проводили строго во фронтальной плоскости, что в совокупности обеспечивало сохранение полного объема движений в коленном суставе в послеоперационном периоде. Следующим этапом в надвертлужной области при помощи троакара-направителя устанавливали два стержня Шанца с длиной наружной части 110 мм и нарезной части 70 мм, при этом зона безопасного введения переднего стержня относительно сагиттальной плоскости, проходящей через дно вертлужной впадины, составляла  $45-55^\circ$ , а заднего —  $120-135^\circ$ , для чего было достаточно перфорации кортикального слоя подвздошной кости сверлом. Дополнительно в гребень подвздошной кости вводили еще два стержня Шанца: первый — с отступом 2 см от передневерхней ости, второй — с отступом 5–6 см от неё, используя для точного определения плоскости введения ориентирующие длинные спицы Киршнера, установленные вдоль внутреннего края крыла подвздошной кости. Все стержни Шанца, введенные в надвертлужную область и крыло подвздошной кости, фиксировали к соответствующим секторам аппарата Илизарова, после чего при помощи резьбовых штанг осуществляли

последовательное соединение дистальной и проксимальной баз бедренного компонента, а также дистальной и проксимальной баз тазового компонента между собой. На заключительном этапе производили объединение тазового и бедренного сегментов аппарата внешней фиксации единой системой штанг и шарниров при постоянном рентгенологическом контроле сохранности достигнутой репозиции, завершая операцию антисептической обработкой мест проведения опорных элементов и наложением асептических повязок.

### 3.2.3 Результаты лечения раненых аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава

Результаты лечения оценивали по результатам военно-врачебной экспертизы с изучением свидетельств о болезни 27 раненых (100%). Из них у двоих пациентов в послеоперационном периоде возникли местные инфекционные осложнения в виде огнестрельного остеомиелита, ставшие основанием для отнесения этого клинического наблюдения к неудовлетворительным исходам лечения.

Оценивая анатомические результаты лечения раненых, следует отметить, что консолидация огнестрельных переломов с восстановлением оси и длины сегмента была зарегистрирована у 14 из 27 (51,9%). Деформация и укорочение сегмента — у 5 и 2 раненых соответственно (18,5 и 7,4%), ложные суставы были выявлены у 4-х раненых (14,8%) (таблица 3.2).

После проведения клинической пробы, направленной на подтверждение сращения, путем ослабления и опорной нагрузки на конечность выполняли демонтаж аппарата Илизарова. Снятие аппарата производили в условиях перевязочной под внутривенной анестезией, после чего накладывали асептические повязки на раны, оставшиеся от спиц и стержней.

Таблица 3.2 — Анатомические результаты лечения пациентов с фиксацией тазобедренного сустава

Консолидация	n	%
Полноценное сращение	14	51,9
Сращение с деформацией	5	18,5
Сращение с укорочением	2	7,4
Ложный сустав	4	14,8
Остеомиелит	2	7,4
Итого	27	100,0

После демонтажа аппарата осуществляли оценку амплитуды пассивных движений в тазобедренном и коленном суставах оперированной конечности (таблица 3.3).

Таблица 3.3 — Амплитуда движений в тазобедренном (ТБС) и коленном суставах (КС) после сращения переломов бедренной кости (n = 21)

Движение	До реабилитации	После реабилитации	Изменение
ТБС, сгибание, °	120 [120; 125]	110 [110; 115]	10 [15; 5]
ТБС, отведение, °	15 [10; 15]	18 [15; 20]	5 [3; 5]
КС, сгибание, °	120 [110; 125]	90 [85; 95]	25 [45; 20]

Для тазобедренного сустава сгибание составило 120° [120; 125], отведение — 15° [10; 15]. В целом во всех описываемых клинических случаях измерения амплитуды пассивных движений соответствовали разделу «со значительным нарушением функций» на основании заключений военно-врачебной комиссии (ВВК) (по приказу МО РФ № 260), по нескольким видам движений. Однако ни у одного из этих пациентов редрессацию тазобедренного сустава не применяли, опасаясь повторного перелома.

Для коленного сустава сгибание составило в среднем  $120^\circ$  [110; 125], разгибание —  $180^\circ$ . Измерения амплитуды пассивных движений соответствовали разделу «со значительным нарушением функций» на основании заключений ВВК (по приказу МО РФ № 260).

Результаты оценки амплитуды пассивных движений в тазобедренном суставе после проведенного реабилитационного лечения при наступлении врачебно-экспертного исхода, как правило, соответствовали категориям «с умеренным нарушением функций» (таблица 3.4).

Таблица 3.4 — Результаты оценки функции тазобедренного (ТБС) и коленного суставов (КС) при наступлении врачебно-экспертного исхода,  $n = 21$  (Положение о военно-врачебной экспертизе. Утверждено постановлением Правительства РФ № 390 в 1995 г. по приказу МО РФ № 260)

Сустав, движение	Ограничение движения в суставе			
	Значительно	Умеренное	Незначительное	Норма
ТБС, сгибание	–	18	3	–
ТБС, отведение	6	15	–	–
КС, сгибание	–	12	9	–

Однако в шести клинических случаях контрактура тазобедренного сустава носила стойкий характер, а степень нарушения функций конечности была оценена как «значительная». Сгибание составило в среднем  $110^\circ$  [110; 115], отведение —  $18^\circ$  [15; 20]. Для коленного сустава сгибание составило  $90^\circ$  [85; 95]. Следует отметить, что, несмотря на проведенное реабилитационное лечение, пациенты продолжали заметно хромать и предъявляли жалобы на ограничение движений в тазобедренном суставе, существенно снижающее качество их жизни.

На основании заключений ВВК (таблица 3.5) годными и ограниченно годными к военной службе были признаны 6 (22,2%) из 27 раненых II группы.

Таблица 3.5 — Распределение раненых на основании заключений ВВК  
(по приказу МО РФ № 260)

Заключение ВВК	n	%
Категория «А»	2	7,4
Категория «Б»	4	14,8
Категория «В»	15	55,6
Категория «Д»	6	22,2
Итого	27	100,0

По итогам лечения функциональные результаты распределились следующим образом: годными и годными с незначительными ограничениями к военной службе признаны 6 (22,2%) раненых, ограниченно годными — 15 (55,6%). Негодными к военной службе признаны 6 (22,2%) пациентов, что было обусловлено формированием ложных суставов и остеомиелита.

**Клинический пример.** Раненый Л., 20 лет, получил осколочное ранение левого бедра с огнестрельным переломом левой бедренной кости и обширным дефектом мягких тканей области левого тазобедренного сустава. Доставлен в отдельный медицинский отряд (ОМедО), где был проведен комплекс лечебных мероприятий (ПХО ран, антибактериальная и инфузионная терапия, иммобилизация левой нижней конечности шиной Дитерихса).

На вторые сутки раненый был доставлен на этап специализированной помощи первого эшелона, где была выполнена повторная хирургическая обработка ран и внешняя фиксация отломков бедренной кости стержневым аппаратом. Через 5 дней был эвакуирован на этап специализированной медицинской помощи. При поступлении на этап специализированной медицинской помощи (8-е сутки после ранения) состояние раненого стабильное тяжелое (ВПХ-СП 34 балла).

На рентгенограммах области левого тазобедренного сустава: оскольчатый перелом проксимального отдела бедренной кости со смещением отломков

(рисунок 3.1). Левая нижняя конечность фиксирована стержневым аппаратом в компоновке «таз — бедро». Повязки на ранах обильно пропитаны геморрагическим отделяемым. В условиях операционной под общей анестезией повязки сняты. Края ран рваные, отечные, осаднены и частично некротизированы. Дно ран представлено отломками бедренной кости. Признаков продолжающегося кровотечения, нарушения периферического кровообращения и иннервации левой нижней конечности не обнаружено.

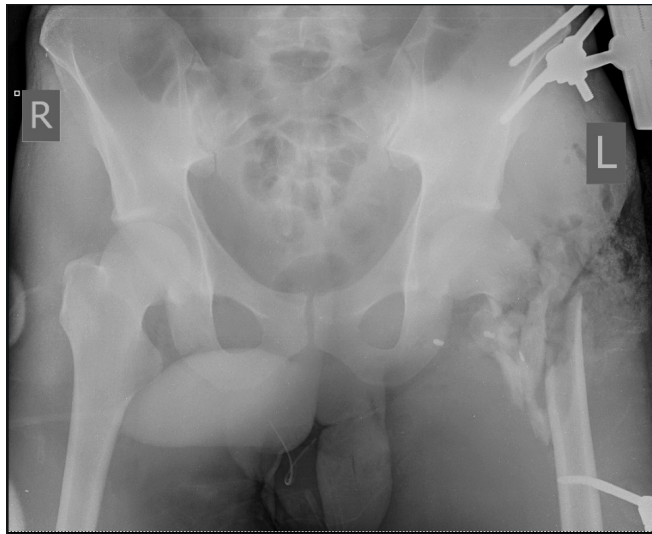


Рисунок 3.1 — Обзорная рентгенограмма таза раненого Л. при поступлении в клинику

Раненый получал этапные повторные первичные хирургические обработки. На 21-е сутки после ранения выполнено закрытие дефекта путем пластики местными тканями, ремонт аппарата Илизарова в компоновке «таз — бедро» (рисунок 3.2). Послеоперационный период протекал без осложнений.

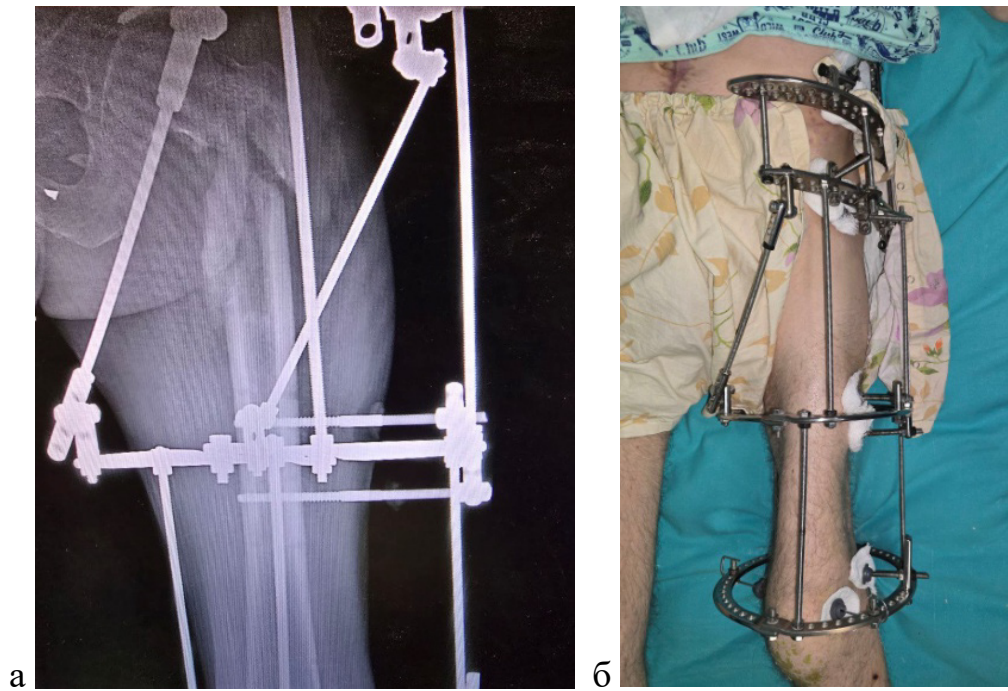


Рисунок 3.2 — Рентгенограмма (а) и внешний вид левой нижней конечности (б) раненого Л. после выполнения остеосинтеза левой бедренной кости аппаратом Илизарова

Пациент осмотрен через 12 месяцев после остеосинтеза левой бедренной кости аппаратом Илизарова. Ходит при помощи костылей с дозированной опорной нагрузкой на левую ногу. Левая нижняя конечность фиксирована аппаратом Илизарова, аппарат стабилен. Кожа вокруг мест введения спиц и стержней без признаков воспаления и патологического отделяемого. Рубцы по наружной и задней поверхностям области тазобедренного сустава без признаков воспаления. При контрольной рентгенографии подтверждено сращение перелома. Аппарата Илизарова демонтирован.

Пациент повторно осмотрен в клинике после медицинской реабилитации (рисунок 3.3).

После проведенного курса реабилитации у раненого отмечались разгибательная контрактура коленного сустава, атрофия мышц левого бедра. Решением ВВК признан ограниченно годным к военной службе.

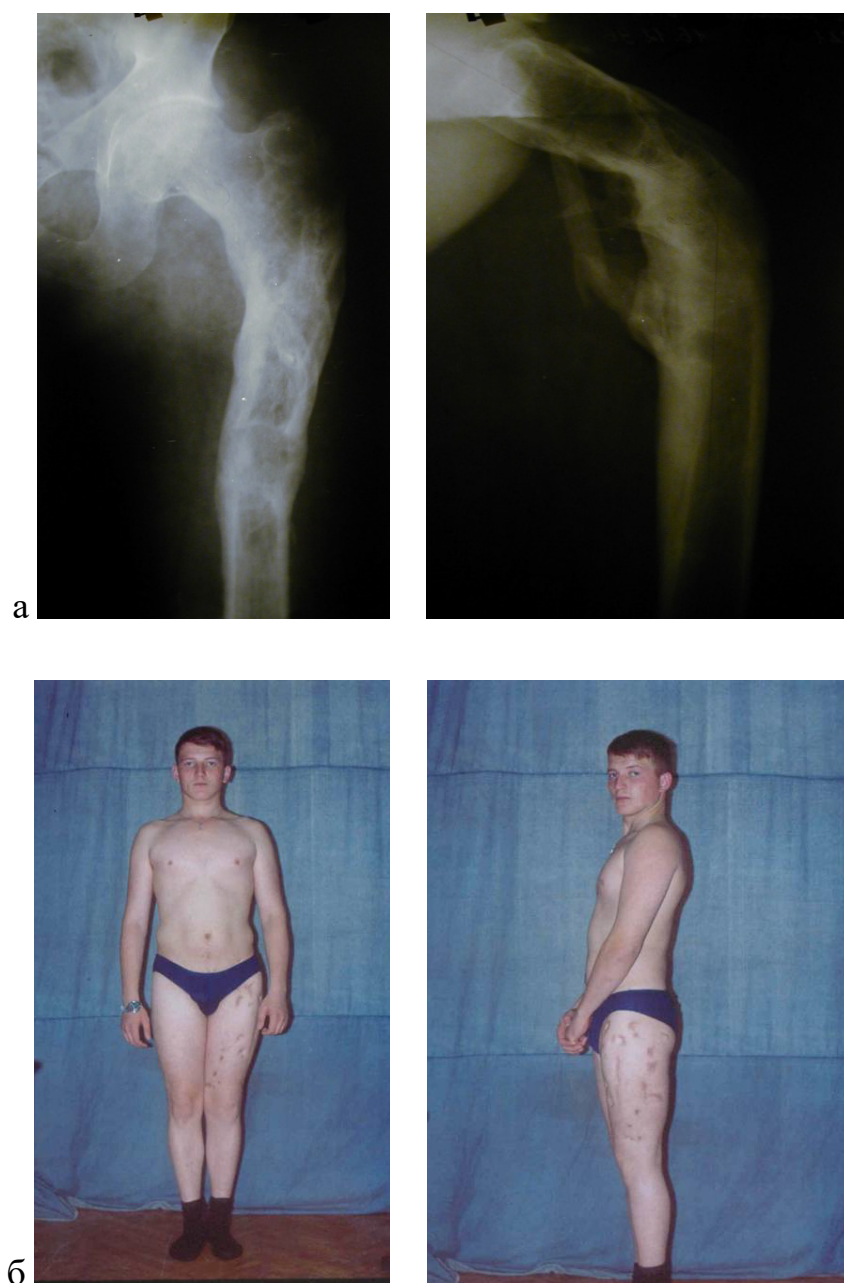


Рисунок 3.3 — Рентгенограммы (а) и внешний вид левой нижней конечности (б) раненого Л. после медицинской реабилитации

### 3.3 Резюме

Внешний остеосинтез аппаратом Илизарова с иммобилизацией тазобедренного сустава обеспечивает надёжную стабилизацию отломков при огнестрельных переломах проксимального отдела бедренной кости, позволяя

достичь консолидации перелома с восстановлением оси и длины сегмента у 51,8% пациентов в средние сроки. Вместе с тем иммобилизация тазобедренного сустава сопровождается формированием стойких контрактур тазобедренного и коленного суставов, что обуславливает неудовлетворительные функциональные исходы у 77,8% раненых. 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

## ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ И СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ФИКСАЦИИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ

### 4.1 Биомеханическое исследование напряженно-деформированного состояния системы «бедренная кость — фиксатор» методом конечных элементов

На построенной методом конечных элементов геометрической модели бедренной кости был смоделирован огнестрельный оскольчатый перелом ее проксимального отдела в виде дефекта подвертельной зоны (тип 31A3 по международной классификации) в условиях остеосинтеза аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава (Шаповалов В.М., 2013), двух разработанных компоновок без фиксации тазобедренного сустава, а также проксимальным бедренным гвоздем. На созданных высокоточных виртуальных моделях перелома рассматриваемого сегмента проведены испытания, направленные на определение максимальных типовых нагрузок, испытываемых системой «фиксатор — кость», и изучение характеристик возникающих напряжений и деформаций.

#### 4.1.1 Результаты биомеханического моделирования остеосинтеза бедренной кости аппаратом Илизарова (модель № 1)

В результате расчетов были получены поля эквивалентных напряжений в построенной модели № 1 аппарата Илизарова. Их локализация и характеристики в корпусе используемого фиксатора при различных нагружениях представлены на рисунке 3.1.

Данные расчетов, выполненных для модели № 1, представлены в таблице 3.1. При нагрузках в 100 Н и 150 Н напряжения, возникавшие в аппарате Илизарова, а также в губчатой и кортикальной кости, не превышали пределы прочности изучаемых структур.

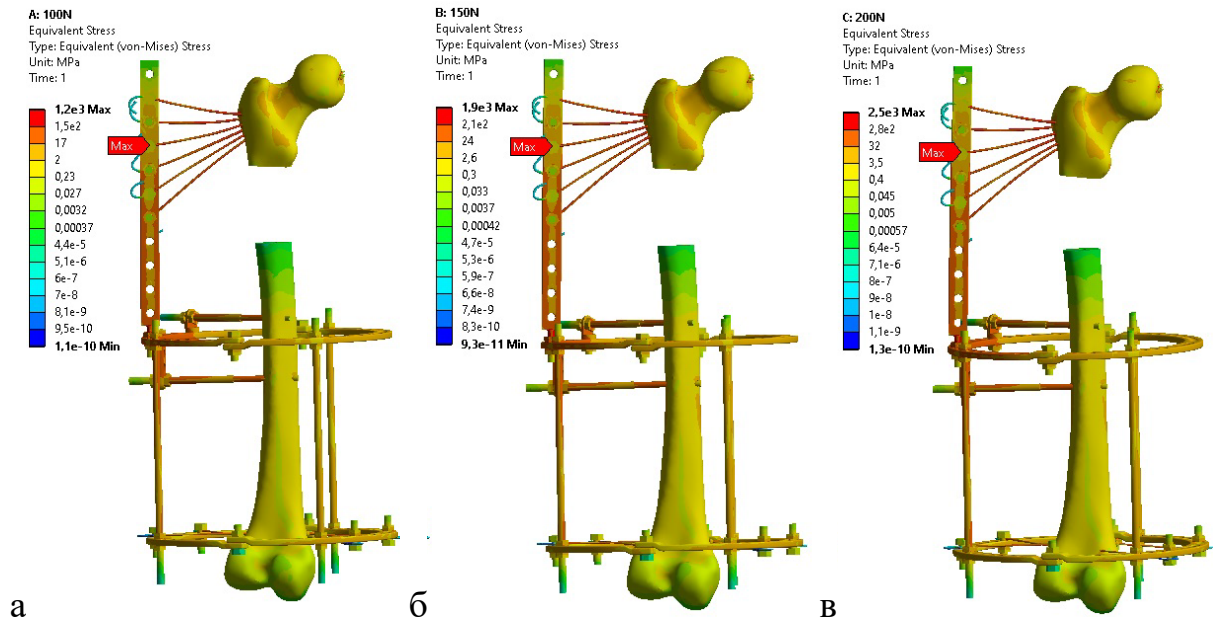


Рисунок 4.1 — Эквивалентные напряжения в корпусе аппарата Илизарова (модель № 1) системы «бедренная кость — фиксатор»:

а — при нагрузке 100 Н; б — при нагрузке 150 Н; в — при нагрузке 200 Н

Таблица 4.1 — Максимальные эквивалентные напряжения и возникающие смещения отломков бедренной кости в модели № 1 в зависимости от прилагаемой нагрузки

Параметр	Прилагаемая нагрузка		
	100 Н	150 Н	200 Н
Максимальное эквивалентное напряжение во всей модели, МПа	1200	1900	2500
Максимальное эквивалентное напряжение в планке, МПа	748	1122	1496
Максимальное эквивалентное напряжение в губчатой кости, МПа	14	20	27
Максимальное эквивалентное напряжение в кортикальной кости, МПа	847	1271	1694
Максимальные смещения отломков в модели, мм	9,0	13,6	18,1

Однако при нагрузке 200 Н в области крепления спиц к планке аппарата Илизарова возникали напряжения, превышающие предел прочности нержавеющей стали более чем в два раза (1200 МПа). Также в области контакта концов спиц с субхондральным кортикальным слоем головки бедренной кости появлялись напряжения, превышающие пределы прочности губчатого и кортикального слоев костной ткани (рисунок 4.2). Это являлось биомеханической предпосылкой к локальному разрушению кости в данной области, которая неизбежно приводит к потере стабильности фиксации, перелому и смещению костных отломков.

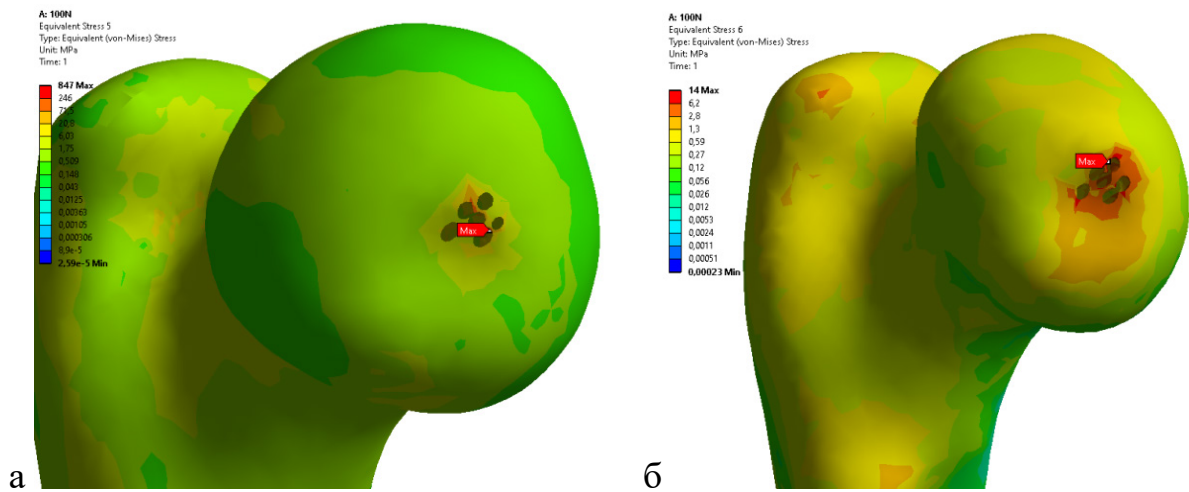


Рисунок 4.2 — Модель № 1. Места эквивалентных напряжений в бедренной кости, обозначенные красным цветом:  
а — кортикальный слой; б — губчатый слой

Локализация и характеристики типовых полей эквивалентных напряжений в планке аппарата Илизарова (модель № 1) представлены на рисунке 4.3. Полученные результаты свидетельствуют, что в данной модели напряжения у основания планки, достигавшие порядка 1500 МПа при нагружении равном 200 Н, существенно превысили предел прочности нержавеющей стали. Этот факт свидетельствует о возможном переломе аппарата в данном месте.

Анализ перемещений центрального и периферического отломков бедренной кости, стабилизированных аппаратом Илизарова (модель № 1), возникавших при задаваемых типовых нагружениях, свидетельствовал о недостаточно стабильной

фиксации и наличии макроподвижности. Так, при нагружении в 100 Н величина деформации области межотломкового диастаза достигала 9 мм, при 150 Н — 13,6 мм, а при 200 Н — 18,1 мм (рисунок 4.4).

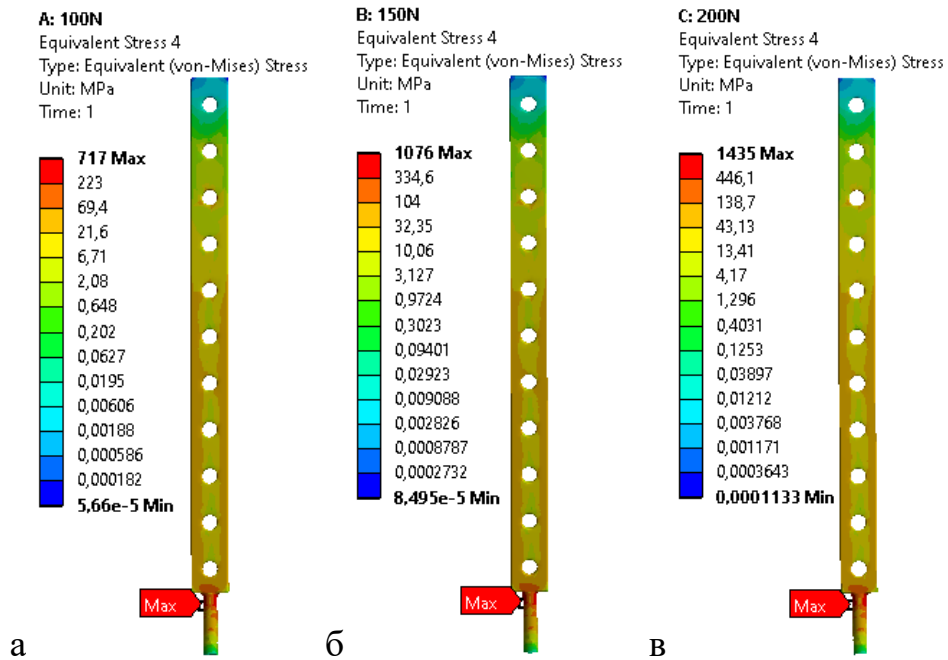


Рисунок 4.3 — Модель № 1. Эквивалентные напряжения в планке аппарата Илизарова системы «бедренная кость — фиксатор» при нагрузке:  
а — 100 Н; б — 150 Н; в — 200 Н

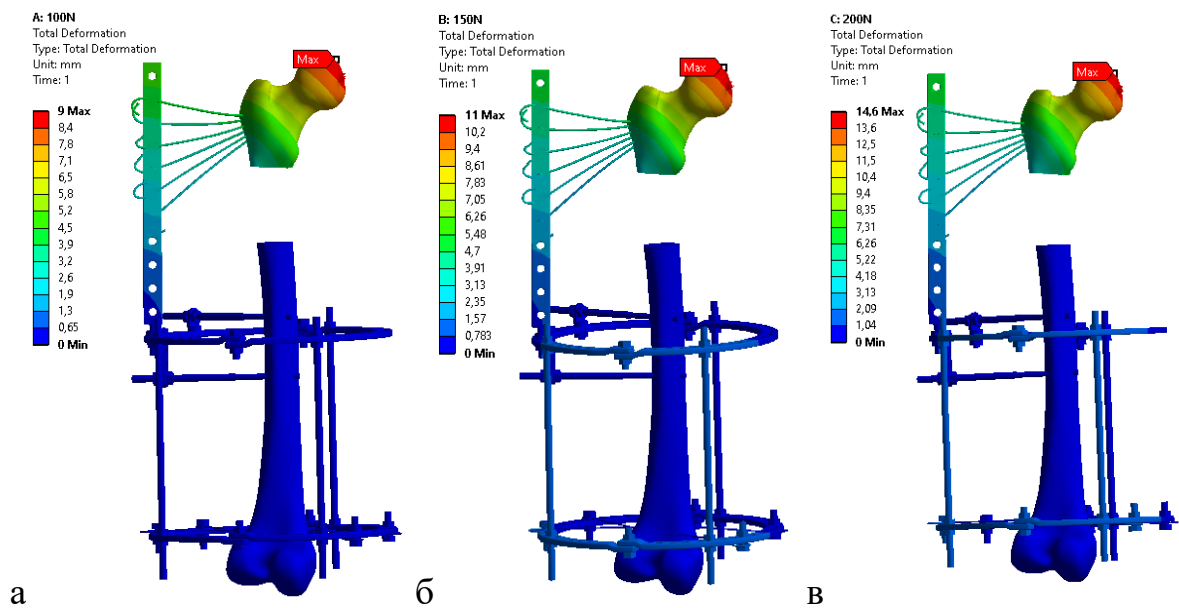


Рисунок 4.4 — Перемещения отломков относительно друг друга в модели № 1 при нагрузке: а — 100 Н; б — 150 Н; в — 200 Н

#### 4.1.2 Результаты биомеханического моделирования остеосинтеза бедренной кости аппаратом Илизарова (модель № 2)

Данные расчетов, выполненных для модели № 2 (рисунок 4.5), представлены в таблице 4.2. При нагрузках в 100, 150 и 200 Н напряжения, возникавшие в аппарате Илизарова, а также в губчатой и кортикальной кости, не превышали пределы прочности изучаемых структур.

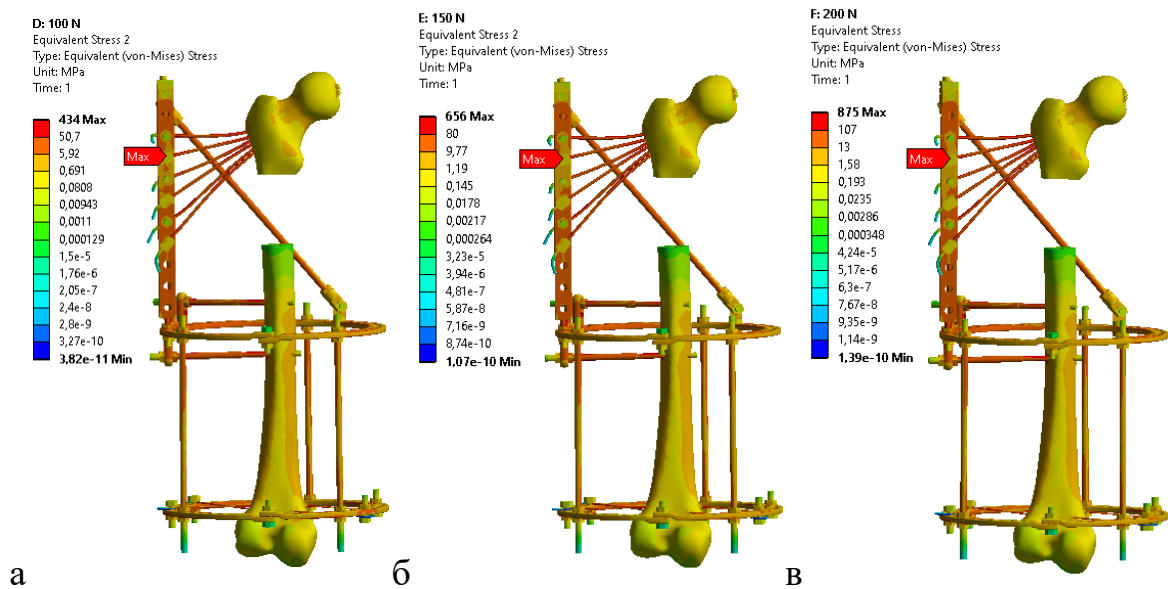


Рисунок 4.5 — Эквивалентные напряжения в корпусе аппарата Илизарова (модель № 2) системы «бедренная кость — фиксатор» при нагрузке:  
а — 100 Н; б — 150 Н; в — 200 Н

Полученные напряжения во всех элементах конструкции и в костной ткани оказались значительно меньше, чем в модели № 1. Так, максимальные эквивалентные напряжения во всех металлических элементах аппарата Илизарова при приложенной силе в 100 Н составляли 434 МПа, что ниже предела прочности нержавеющей стали. Данное значение также было достигнуто в местах крепления спиц диаметром 3 мм к планке аппарата Илизарова (рисунок 4.6).

При этом максимальное напряжение, равное 129 МПа, возникло в кортикальном слое диафиза бедренной кости в области проведения нижнего стержня. Полученные характеристики свидетельствовали об отсутствии

предпосылок к перелому элементов аппарата Илизарова и разрушению костной ткани.

Таблица 4.2 — Максимальные эквивалентные напряжения и возникающие смещения отломков бедренной кости в модели № 2 в зависимости от прилагаемой нагрузки

Параметр	Прилагаемая нагрузка		
	100 Н	150 Н	200 Н
Максимальное эквивалентное напряжение во всей модели, МПа	434	656	874
Максимальное эквивалентное напряжение в планке, МПа	167	251	335
Максимальное эквивалентное напряжение в губчатой кости, МПа	6,3	9,4	12,6
Максимальное эквивалентное напряжение в кортикальной кости, МПа	65	96	129
Максимальные смещения отломков в модели, мм	2,1	2,1	2,1

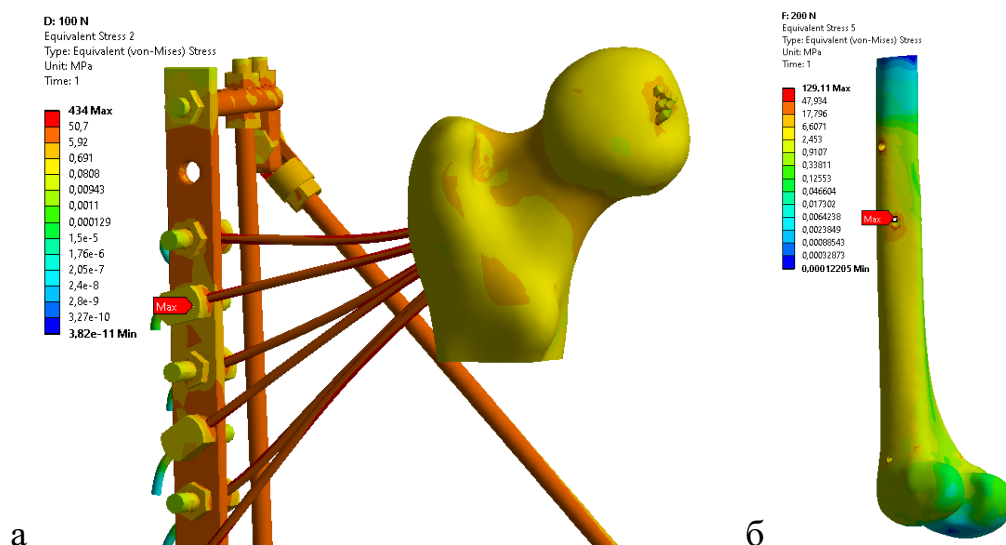


Рисунок 4.6 — Модель № 2. Места эквивалентных напряжений в проксимальных спицах (а), в дистальном стержне (б)





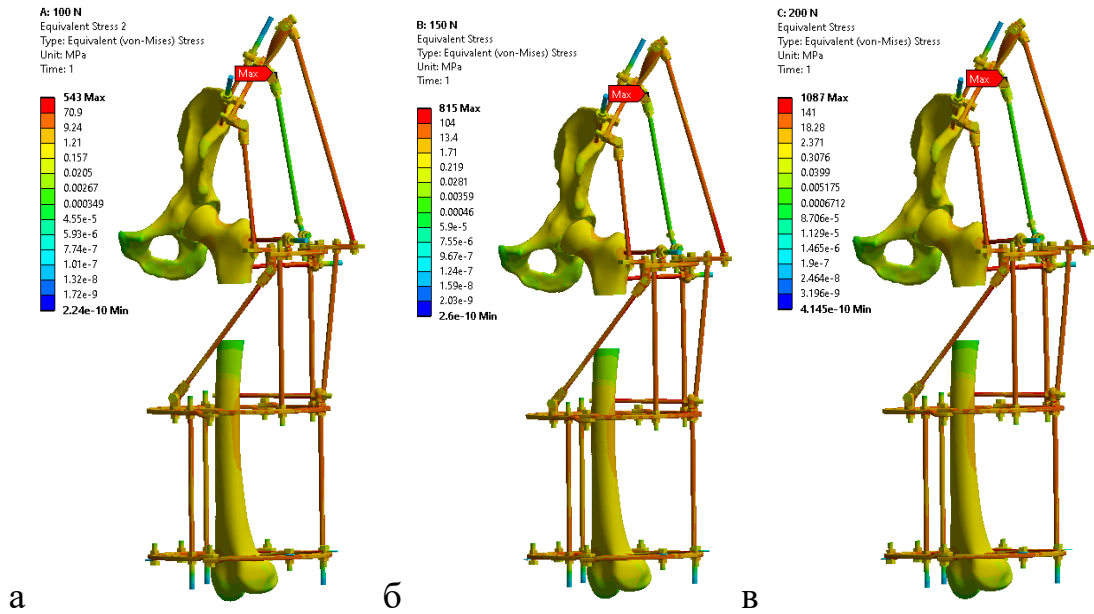


Рисунок 4.9 — Эквивалентные напряжения в корпусе аппарата Илизарова (модель № 3) системы «бедренная кость — фиксатор» при нагрузке: а — 100 Н; б — 150 Н; в — 200 Н

Таблица 4.3 — Максимальные эквивалентные напряжения и возникающие смещения отломков бедренной кости в модели № 3 в зависимости от прилагаемой нагрузки

Параметр	Прилагаемая нагрузка		
	100 Н	150 Н	200 Н
Максимальное эквивалентное напряжение во всей модели, МПа	543	815	1087
Максимальное эквивалентное напряжение в планке, МПа	—	—	—
Максимальное эквивалентное напряжение в губчатой кости, МПа	3,6	5,4	14,7
Максимальное эквивалентное напряжение в кортикальной кости, МПа	52	78	104
Максимальные смещения отломков в модели, мм	7,4	11,0	14,7

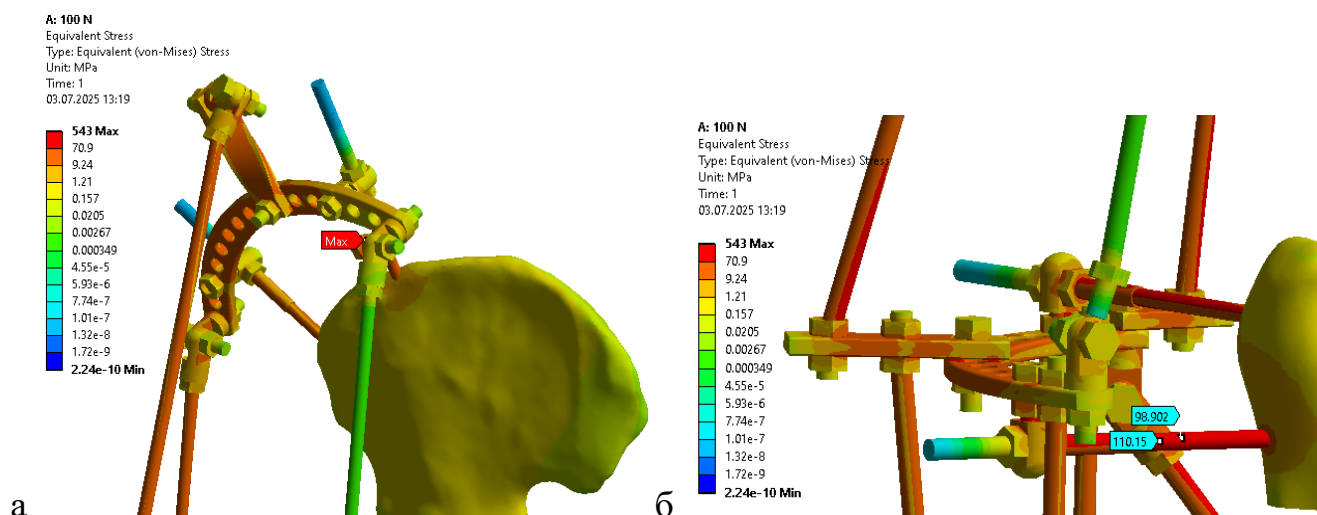


Рисунок 4.10 — Локализация максимальных эквивалентных напряжений в корпусе аппарата Илизарова (модель № 3) системы «бедренная кость — фиксатор» при нагрузке 150 Н: а — верхний сектор аппарата Илизарова; б — стержни, установленные в проксимальный отломок бедренной кости

Установлено, что уже при нагрузке в 150 Н напряжения в области крепления верхнего полукольца к передней штанге аппарата Илизарова превысили предел прочности нержавеющей стали, что способно привести к перелому конструкции. В губчатом слое подвздошной кости эквивалентные напряжения становились выше предела его прочности и достигали 14,7 МПа при нагрузке 200 Н. В кортикальном слое наибольшие напряжения при данной нагрузке составили 104 МПа и не достигли предела его прочности.

Анализ перемещений центрального и периферического отломков бедренной кости, стабилизированных аппаратом Илизарова (модель № 3), возникавших при задаваемых типовых нагружениях, свидетельствовал о недостаточно стабильной фиксации и наличии макроподвижности. Так, при нагружении в 100 Н величина деформации области межотломкового диастаза достигала 7,4 мм, при 150 Н — 11,0 мм, а при 200 Н — 14,7 мм (рисунок 4.11).



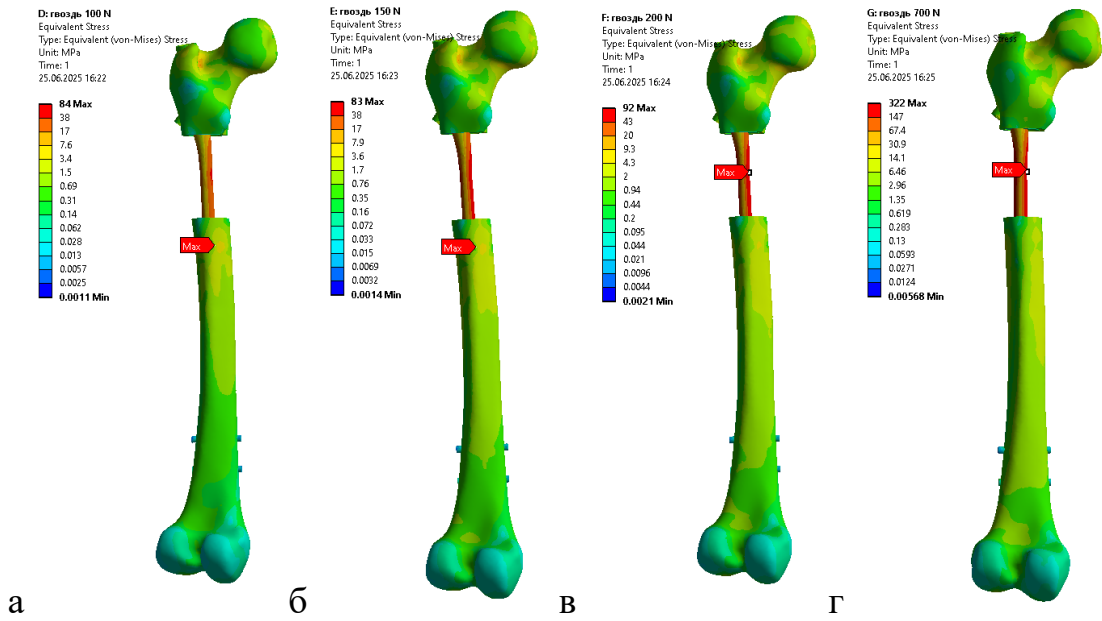


Рисунок 4.12 — Эквивалентные напряжения в теле ПБГ (модель № 4) системы «бедренная кость — фиксатор» при нагрузке: а — 100 Н; б — 150 Н; в — 200 Н; г — 700 Н

Таблица 4.4 — Максимальные эквивалентные напряжения и возникающие смещения отломков бедренной кости в модели № 4 в зависимости от прилагаемой нагрузки

Параметр	Прилагаемая нагрузка			
	100 Н	150 Н	200 Н	700 Н
Максимальное эквивалентное напряжение во всей модели, МПа	84	84	92	322
Максимальное эквивалентное напряжение в планке, МПа	—	—	—	—
Максимальное эквивалентное напряжение в губчатой кости, МПа	3,2	3,4	3,5	6,0
Максимальное эквивалентное напряжение в кортикальной кости, МПа	44	47	50	68
Максимальные смещения отломков в модели, мм	0,9	1,3	1,7	5,9

Анализ перемещений центрального и периферического отломков бедренной кости, стабилизированных проксимальным бедренным гвоздем (модель № 4), возникавших при задаваемых типовых нагрузках, свидетельствовал о стабильной фиксации. Так, при нагрузке в 100 Н величина деформации области межотломкового диастаза достигала 0,9 мм, при 150 Н — 1,3 мм, при 200 Н — 1,7 мм, а при 700 Н — 5,9 мм (рисунок 4.13).

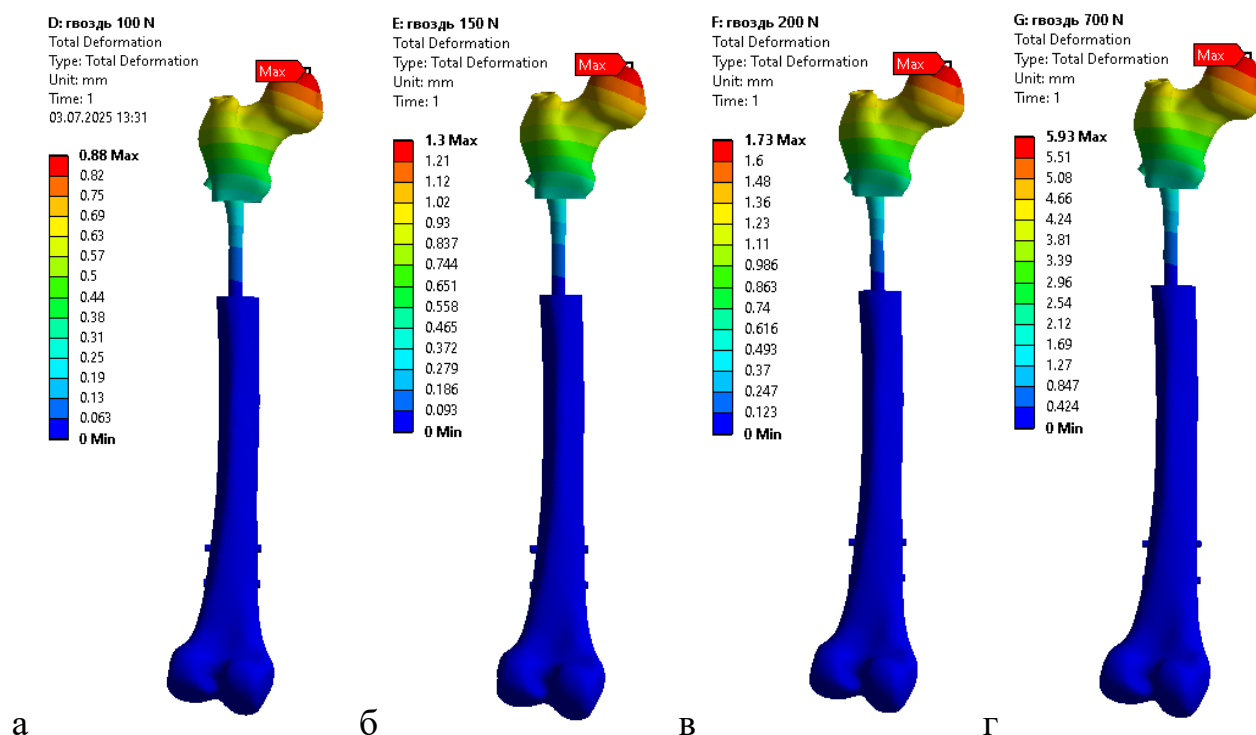


Рисунок 4.13 — Перемещения отломков относительно друг друга в модели № 4 при нагрузке: а — 100 Н; б — 150 Н; в — 200 Н; г — 700 Н

Сравнительный анализ параметров напряженно-деформированного состояния системы «бедренная кость — фиксатор», изученных на четырех построенных моделях, свидетельствовал о преимуществах внутреннего остеосинтеза проксимальным бедренным гвоздем. Значения эквивалентных напряжений, возникавших в ПБГ при типовых нагрузках, оказались минимальными из всех рассмотренных моделей фиксаторов (92 МПа) (рисунок 4.14). Также наименьшими оказались значения эквивалентных напряжений, зарегистрированные в губчатой (3,5 МПа) и кортикальной (50 МПа) костной ткани проксимального отломка бедренной кости (рисунки 4.15, 4.16).

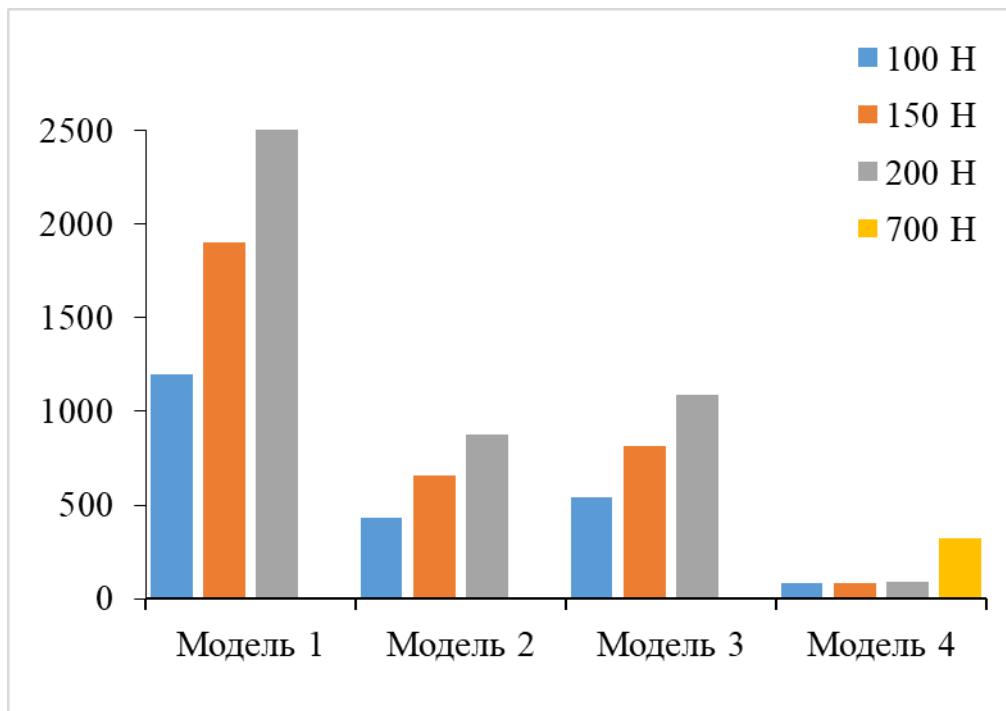


Рисунок. 4.14 — Распределение значений эквивалентных напряжений в построенных моделях фиксаторов в зависимости от заданной нагрузки

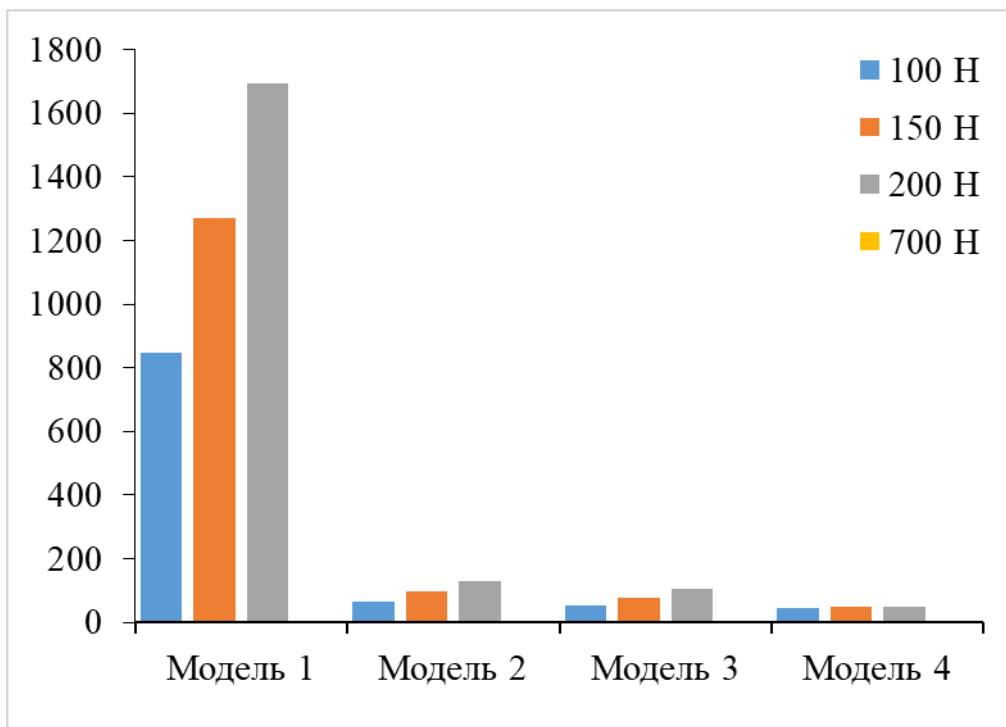


Рисунок 4.15 — Распределение значений эквивалентных напряжений в кортикальной кости проксимального отломка бедренной кости в построенных моделях фиксаторов в зависимости от заданной нагрузки

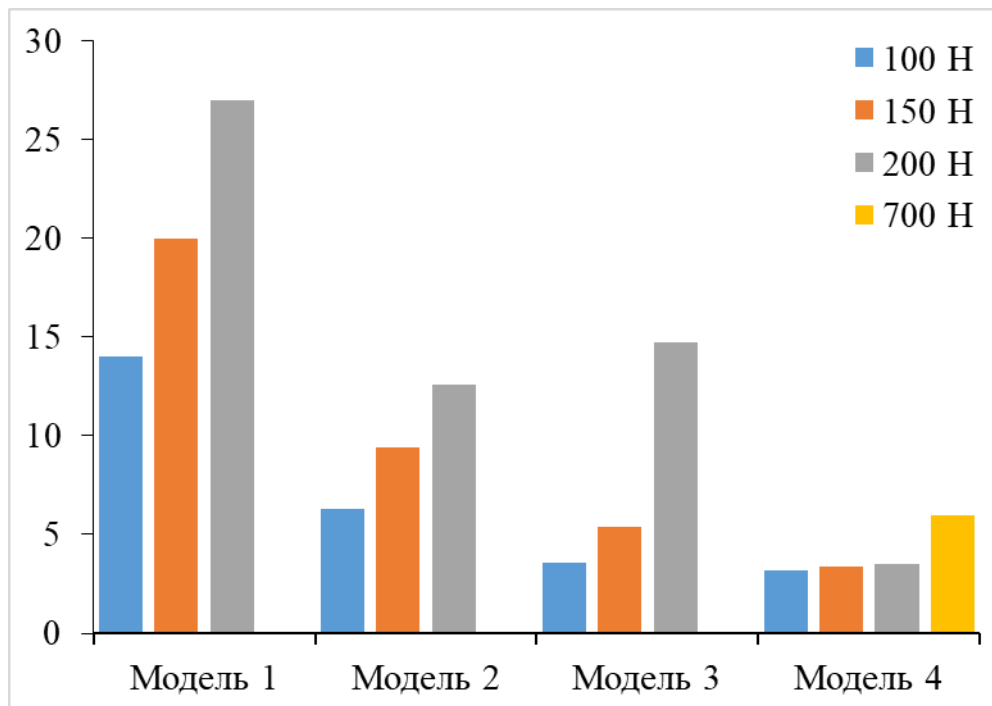


Рисунок 4.16 — Распределение значений эквивалентных напряжений в губчатой кости проксимального отломка бедренной кости в построенных моделях фиксаторов в зависимости от заданной нагрузки

С учетом того, что возникавшие в ПБГ напряжения не превышали предела выносливости материала, из которого он изготовлен, было очевидно, что при рассматриваемой нагрузке изделие способно работать бесконечно долго. Отсутствие превышения предела выносливости костной ткани на модели № 4 также свидетельствовало о возможности осуществлять заданные нагружения до консолидации перелома. Сравнение возникавших под воздействием описываемых нагружений перемещений между отломками бедренной кости свидетельствовало о стабильном характере внутреннего остеосинтеза — деформация в модели № 4 составила 1,7 мм.

Перечисленные характеристики позволили рассматривать модель № 4 (ПБГ) в качестве контрольной и сравнивать полученные биомеханические параметры для моделей № 1–3 с моделью № 4.

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.

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

#### 4.2 Результаты стендовых испытаний

В данном разделе изложены результаты эксперимента, выполненного на специально подготовленных (приближенных по механическим характеристикам к натуральной кости) пенополиуретановых моделях бедренной кости.

Исследовали модели перелома проксимального отдела бедренной кости, фиксированной аппаратом Илизарова с использованием 3-миллиметровых спиц, закрепленных в планке, усиленной кривой и вертикальной штангами (модель № 2) и фиксированной аппаратом в компоновке «таз — бедро» (модель № 3). К моделям прикладывали осевую нагрузку в статическом режиме, направленную вдоль механической оси бедренной кости, и выполняли фиксацию амплитуды смещений проксимального и дистального отломков бедренной кости относительно друг друга.

При выполнении осевой нагрузки на головку бедренной кости (модель № 2) силой 200 Н наибольшая амплитуда смещения отломков бедренной кости была между отслеживаемыми точками position 1 и position 2 (см. рисунок 2.8 в главе 2), что составило 2,09 мм. При той же нагрузке на гребень подвздошной кости (модель № 3) наибольшая амплитуда смещения отломков была зафиксирована между теми же точками и была равна 8,5 мм (рисунок 4.17).

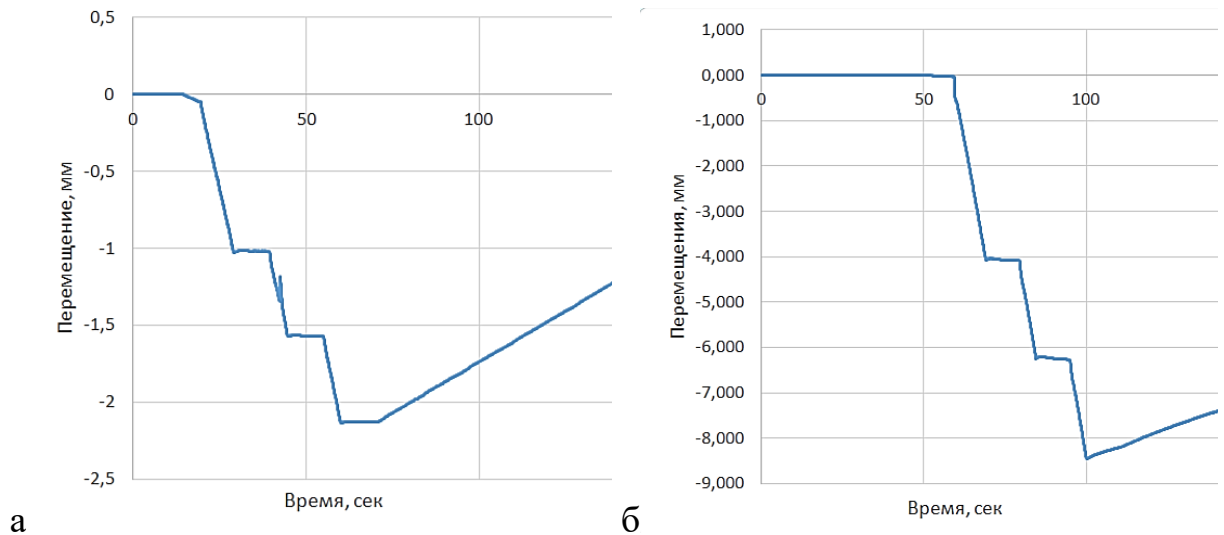


Рисунок 4.17 — Графики изменения расстояния между точками position 1 и position 2 по вертикальной оси под воздействием статической нагрузки:

а — модель № 2; б — модель № 3

В таблице 4.5 представлены максимальные амплитуды смещения отломков бедренной кости относительно друг друга при нагрузках силой 100, 150 и 200 Н в моделях № 2 и 3.

Таблица 4.5 — 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

Результаты проведенного стендового испытания показали, что компоновка аппарата Илизарова с применением 3-миллиметровых спиц без иммобилизации тазобедренного сустава обеспечивает более стабильную фиксацию отломков бедренной кости в сравнении с аппаратом Илизарова в компоновке «таз — бедро» при опорной нагрузке на конечность.

Наименьшее смещение отломков бедренной кости зарегистрировано в модели № 2. Оно было в 4 раза ниже, чем в модели № 3. Это позволило предположить, что разработанная компоновка аппарата Илизарова создает лучшие условия для консолидации огнестрельного перелома, а сохранение движений в тазобедренном суставе позволит получить лучший функциональный результат.

#### 4.3 Резюме

Таким образом, результаты проведенного экспериментального исследования, включающего биомеханическое моделирование остеосинтеза переломов проксимального отдела бедренной кости и стендовые испытания, свидетельствуют о том, что наибольшую стабильность фиксации обеспечивает проксимальный бедренный гвоздь. Параметры напряженно-деформированного состояния системы «бедренная кость — фиксатор» являются неосуществимыми для аппарата Илизарова в любой из исследуемых компоновок. Однако при отсутствии возможности выполнения внутреннего остеосинтеза методом выбора можно считать разработанную компоновку аппарата Илизарова (модель № 2) с применением 3-миллиметровых спиц без фиксации тазобедренного сустава, которая имеет наилучшие характеристики по критерию стабильности при осевых нагрузках.

## ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ РАНЕННЫХ С ОГНЕСТРЕЛЬНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРЕННОЙ КОСТИ АППАРАТОМ ИЛИЗАРОВА БЕЗ ФИКСАЦИИ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

В данной главе подробно представлены технология, анатомические и функциональные исходы хирургического лечения 46 раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, которым был выполнен внешний остеосинтез разработанным способом. Общая характеристика данной группы подробно расписана в разделе 3.1.

### 5.1 Технология внешнего остеосинтеза переломов проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова без иммобилизации тазобедренного сустава разработанным способом

После выполнения сочетанной анестезии (эндотрахеальный наркоз и проводниковая анестезия седалищного и бедренного нервов) пациента укладывали на ортопедический стол и производили демонтаж стержневого аппарата внешней фиксации КСВП. Под рентгеноскопическим контролем осуществляли закрытую репозицию отломков бедренной кости с восстановлением по возможности оси длины и ротации сегмента. После чего выполняли антисептическую обработку и ограничение операционного поля. Далее под рентгенологическим контролем (ЭОП) на переднюю поверхность тазобедренного сустава устанавливали ориентирующую спицу Киршнера для точного определения области и направления введения 3-миллиметровых спиц в центральный отломок. Затем чрескожно через подвертельную область в шейку и головку бедренной кости проводили 5–6 спиц диаметром 3 мм в разных плоскостях с последующей их фиксацией к планке аппарата Илизарова; при этом в случае недостаточной коррекции положения отломков после закрытой

репозиции введенный в центральный отломок пучок спиц использовали в качестве рычага для достижения приемлемого положения отломков.

На следующем этапе через проколы мягких тканей в дистальном отломке формировали два канала для введения стержней Шанца, которые устанавливали по латеральной поверхности бедра в пределах анатомического «коридора безопасности» вне проекции периферических сосудов и нервов с последующей их фиксацией в кольцевой или полукольцевой опоре аппарата Илизарова. После этого через дистальный метаэпифиз бедренной кости проводили две спицы Киршнера диаметром 1,8 мм: первую спицу вводили по задненаружной поверхности бедра на 5 см выше щели коленного сустава в промежутке между задним краем подвздошно-большеберцового тракта и передним краем сухожилия двуглавой мышцы бедра под углом  $30^\circ$  к фронтальной плоскости, вторую — на том же уровне с задневнутренней поверхности под углом  $60-65^\circ$  к первой спице, что обеспечивало необходимый ресурс мягких тканей для сохранения полного объема движений в коленном суставе в послеоперационном периоде. Проведенные спицы фиксировали в кольце аппарата Илизарова, а кольцевые опоры соединяли между собой тремя резьбовыми или телескопическими штангами, формируя дистальную базу аппарата внешней фиксации. Затем к репозиционному проксимальному кольцу прикрепляли планку. Под контролем ЭОПа выполняли ручную репозицию отломков бедренной кости за счет пучка 3-миллиметровых спиц и дистальной базы из 2-х колец и фиксировали спицы к консольной планке на проксимальном кольце в напряженном состоянии. Для достижения дополнительной стабилизации через отверстие в планке, расположенное проксимальнее первой фиксированной спицы, устанавливали кронштейн с резьбовым хвостовиком на четыре отверстия. Через данный кронштейн при помощи длинных резьбовых штанг и шарнирных соединений осуществляли дополнительную фиксацию планки с пучком спиц к репозиционному кольцу аппарата Илизарова, создавая жесткую конструкцию в форме треугольника.

Схема разработанной компоновки спице-стержневого аппарата Илизарова представлена на рисунке 5.1.

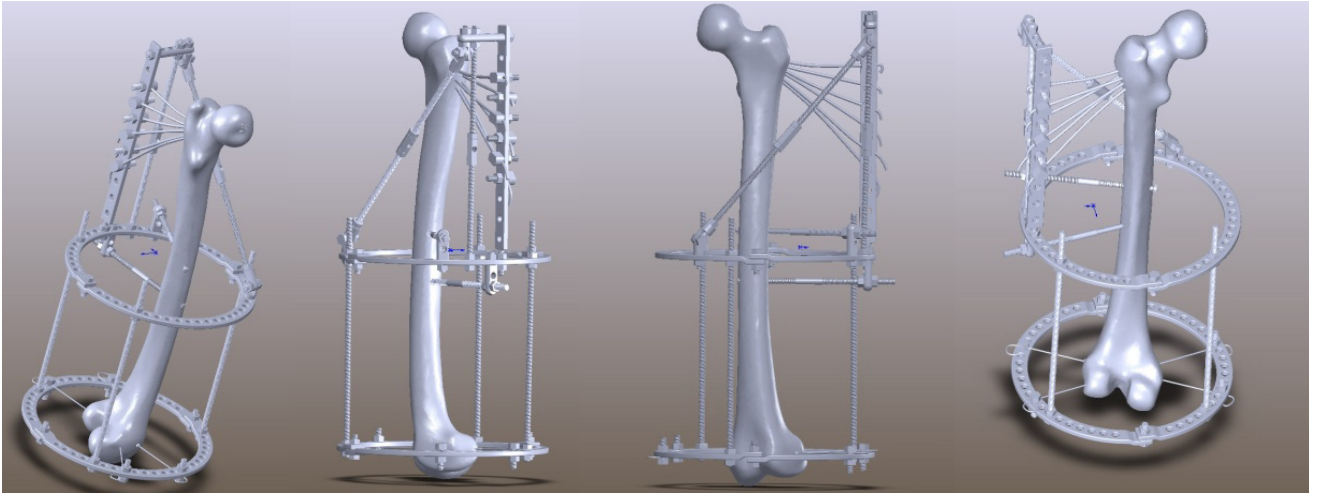


Рисунок 5.1 — Схема предложенной компоновки аппарата Илизарова (патент на изобретение № 2821665)

## 5.2 Результаты лечения раненых по разработанной методике

Функциональные результаты лечения раненых были оценены в срок от 9 до 24 месяцев после выполнения внешнего остеосинтеза. Вследствие того, что пациенты являлись военнослужащими и после оперативного лечения были направлены в другие медицинские организации для долечивания и реабилитации, а также в отпуск по болезни, возможность их вызова для контрольного обследования в одинаковые сроки отсутствовала.

Из 46 пациентов, оперированных разработанным способом, был утрачен контакт с 6 ранеными по различным причинам. Результаты лечения удалось оценить у 40 раненых. Из них у 5 пациентов в послеоперационном периоде возникли поверхностные местные инфекционные осложнения. Еще в 3 клинических наблюдениях имел место огнестрельный остеомиелит центрального отломка бедренной кости, осложнившийся артритом тазобедренного сустава (рисунок 5.2).

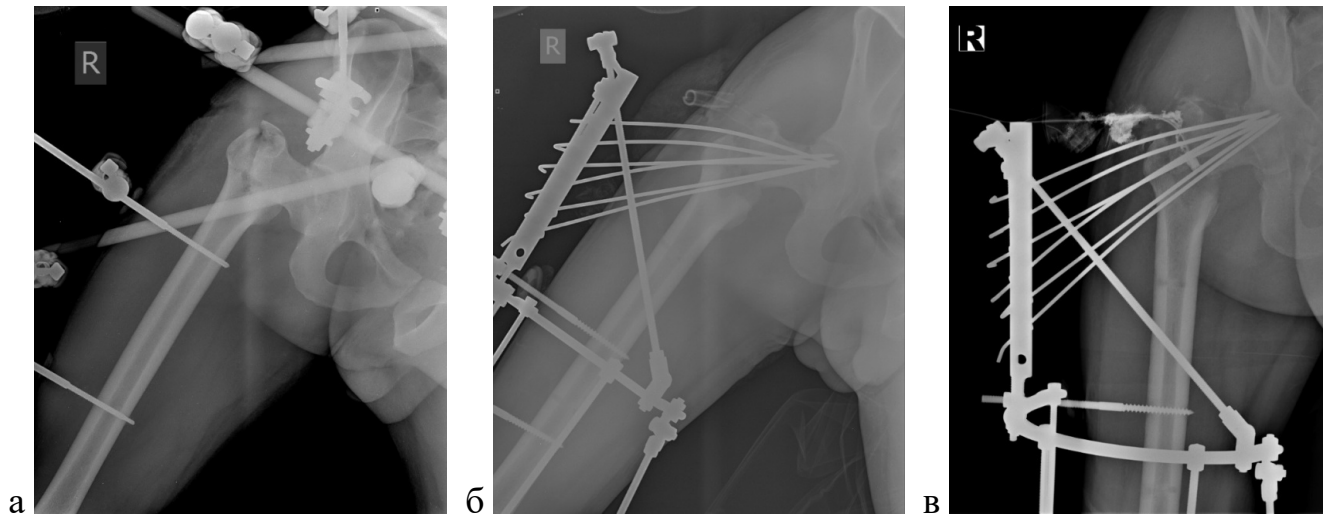


Рисунок 5.2 — Рентгенограммы правого бедра: а — при поступлении; б — после выполнения остеосинтеза; в — после выполнения фистулографии (через 30 суток после остеосинтеза)

Двум из этих раненых были выполнены демонтаж аппарата Илизарова, этапные радикальные некрэктомии и секвестрэктомии. Серию saniрующих оперативных вмешательств завершили имплантацией в полость тазобедренного сустава антибактериального неартикулирующего спейсера. Через 12 месяцев выполнили его удаление и эндопротезирование тазобедренного сустава. Несмотря на отсутствие рецидива инфекционного процесса в течение 24 месяцев с момента установки искусственного сустава и удовлетворенность пациентов результатами лечения, эти клинические наблюдения из-за неудачи применения разработанного способа лечения были отнесены нами к категории неудовлетворительных исходов. Третьему пациенту с инфекционным осложнением также были выполнены демонтаж аппарата Илизарова, этапные радикальные некрэктомии и секвестрэктомии. К моменту завершения сбора клинического материала диссертационного исследования и его анализа этот раненый продолжал лечение, а его результат был оценен как неудовлетворительный.

Еще у двух раненых в послеоперационном периоде развился абсцесс мягких тканей переднемедиальной поверхности бедра. Это стало поводом для вскрытия, санации и дренирования гнойного очага, в ходе которого в одном случае был обнаружен не удаленный при ПХО фрагмент обмундирования, а в другом —

нагноившаяся межотломковая гематома. После купирования местного инфекционного осложнения и наложения на операционные раны вторичных ранних швов, пациенты продолжили запланированное лечение.

При контрольном обследовании 37 пациентов, продолживших лечение в аппарате Илизарова, все (100%) предъявляли жалобы на ограничение движений в коленном суставе различной выраженности, а 16 раненых (43,2%) отмечали выраженную хромоту на оперированную ногу. При этом жалобы на боль в области тазобедренного сустава и в области перелома имели место у 10 военнослужащих (27,0%). Незначительный болевой синдром в области коленного сустава выявлялся только при активных движениях в крайних точках амплитуды движений. Также следует обратить внимание, что ни в одном из клинических наблюдений не были предъявлены жалобы на боль в области прохождения опорных элементов аппарата Илизарова. У 5 раненых (13,5%) имело место отделяемое из зон прохождения проксимальных спиц аппарата, свидетельствующее о наличии воспалительного процесса.

Оценка интенсивности болевого синдрома, проведенная с помощью опросника ВАШ, подтвердила отсутствие боли у относительно небольшого числа пациентов (4 раненых, или 10,8%). Среди оставшихся раненых (33 пациента, или 89,2%) болевой синдром носил незначительный (26 пациентов, или 70,3%) или умеренный характер (7 пациентов, или 8,1%). При этом именно эти пациенты имели признаки воспаления тканей вокруг опорных элементов аппарата.

Все обследованные пациенты могли стоять и ходить в условиях выполненного предложенным способом внешнего остеосинтеза. На момент контрольного обследования большинство раненых (25 пациентов, или 67,6%) ходили без дополнительных средств опоры (трость, костыли), полностью наступая на прооперированную нижнюю конечность. Им была доступна как ходьба по горизонтальной, так и по наклонной поверхности, подъем и спуск по ступеням лестницы. Остальные 12 пациентов (32,4%) при ходьбе пользовались тростью.

Все пациенты были направлены на контрольное рентгенологическое исследование. Из 37 раненых в двух клинических наблюдениях диагностировали ложный сустав проксимального отдела бедренной кости (рисунок 5.3), что стало основанием для неудовлетворительной оценки достигнутого результата лечения. Аппарат Илизарова у этих раненых был демонтирован. От дальнейшего лечения пациенты отказались. В оставшихся 35 клинических наблюдениях были выявлены рентгенологические признаки консолидации перелома проксимального отдела бедренной кости, ставшие основанием для демонтажа аппарата внешней фиксации.



Рисунок 5.3 — Рентгенограммы в прямой (а) и боковой (б) проекциях правого бедра раненого С. после демонтажа аппарата Илизарова. Рентгенологические признаки ложного сустава проксимального отдела бедренной кости

Анатомические результаты лечения пациентов первой группы указаны в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Анатомические результаты лечения пациентов I группы

Консолидация	n	%
Полноценное сращение	27	67,5
Сращение с деформацией	5	12,5
Сращение с укорочением	3	7,5
Ложный сустав	2	5,0
Остеомиелит (коксит)	3	7,5
Итого	40	100,0

До демонтажа аппарата Илизарова проводили клиническую пробу на подтверждение сращения, путем ослабления фиксаторов и выполнения опорной нагрузки на конечность. Снятие аппаратов Илизарова производили в условиях перевязочной под внутривенной анестезией, после чего накладывали асептические повязки на раны, оставшиеся от спиц и стержней. После снятия аппарата до завершения действия анестезии осуществляли оценку амплитуды пассивных движений в тазобедренном и коленном суставах оперированной конечности.

Для тазобедренного сустава сгибание составило в среднем  $115^\circ$  [110; 115], отведение —  $16^\circ$  [16; 18]. В целом, в большинстве клинических случаев, значения амплитуды пассивных движений соответствовали разделу «с умеренным нарушением функций» статьи 65 Расписания болезней постановления Правительства РФ от 04.07.2013 № 565 по одному из видов движений. Однако ни у одного из этих пациентов редрессацию тазобедренного сустава не применяли.

Для коленного сустава сгибание оставило  $95^\circ$  [95; 105], разгибание —  $180^\circ$ . При этом у 31 пациента (88,6%) значения амплитуды пассивных движений соответствовали разделу «с умеренным нарушением функций», а у 4 пациентов (11,4%) — разделу «со значительным нарушением функций» статьи 65 Расписания болезней постановления Правительства РФ от 04.07.2013 № 565. Это

стало основанием для выполнения закрытой редрессации коленного сустава, примененной в 4 клинических случаях (11%).

Все раненые после демонтажа аппарата были направлены на стационарное реабилитационное лечение, после чего осмотрены повторно. Раны от удаленных спиц и стержней аппарата Илизарова зажили без осложнений. Результаты повторной оценки амплитуды пассивных движений в тазобедренном суставе после проведенного реабилитационного лечения соответствовали разделам статьи 65 Расписания болезней постановления Правительства РФ от 04.07.2013 № 565 «с незначительным нарушением функций». Сгибание составило в среднем  $95^{\circ}$  [91; 97], отведение —  $24^{\circ}$  [24; 25].

Аналогичные результаты для коленного сустава соответствовали разделам «с незначительным нарушением функций» (33 пациента, или 88,6%) и с «умеренным нарушением функции» (4 пациента, или 11,4%). Сгибание оставило в среднем  $70,0^{\circ}$  [65; 75], разгибание —  $180^{\circ}$ . Результаты лечения пациентов I группы продемонстрированы в таблицах 5.2 и 5.3.

Все пациенты с консолидировавшимся переломом проксимального отдела бедренной кости, функциональные исходы лечения которых определялись, в первую очередь, остаточной контрактурой коленного сустава (4 пациента, или 11,4%), были оценены нами как «удовлетворительные». Оставшиеся 31 пациент (88,6%) были отнесены по достигнутым результатам лечения к категории «хорошие». Раненых, исходы лечения которых были бы определены как «отличные», в рассматриваемой группе не было.

Дополнительно во время контрольного обследования изучали состояние периферического кровоснабжения и иннервации прооперированной конечности. Для этого всем пациентам проводили УЗДС сосудов. В большинстве случаев клинических и сонографических признаков тромбозов вен прооперированной нижней конечности выявлено не было. У 4 раненых (11,4%), которым тромбоз глубоких вен нижних конечностей был диагностирован еще при поступлении в клинику и назначена соответствующая антикоагулянтная терапия, при контрольном обследовании выявили УЗ-признаки реканализации тромбов. Нарушений артериального кровоснабжения у обследованных пациентов не было.

Таблица 5.2 — Функциональные результаты лечения пациентов I группы: амплитуда движений в тазобедренном (ТБС) и коленном (КС) суставах (°)

Сустав, движение	До реабилитации	После реабилитации	Изменение
ТБС, сгибание	115 [110; 115]	95 [91; 97]	-20 [21; 15]
ТБС, отведение	16 [16; 18]	24 [24; 25]	8 [6; 9]
КС, сгибание	95 [95; 105]	70 [65; 75]	-30 [35; 22,5]

Таблица 5.3 — Функциональные результаты лечения пациентов I группы: оценка функций тазобедренного (ТБС) и коленного (КС) суставов

Сустав, движение	Ограничение движения в суставе			
	Значительно	Умеренно	Незначительно	Норма
ТБС, сгибание 1	3	32	—	—
ТБС, сгибание 2	—	—	8	27
ТБС, отведение 1	8	27	—	—
ТБС, отведение 2	—	—	29	6
КС, сгибание 1	4	31	—	—
КС, сгибание 2	—	4	31	—

Анализ состояния периферической нервной системы не выявил появления невропатии после выполненного внешнего остеосинтеза и длительного ношения аппарата Илизарова ни в одном из случаев. У одного пациента сохранялись признаки посттравматической невропатии малоберцовой порции седалищного нерва, диагностированной и подтвержденной электронейромиографическим и ультразвуковым исследованиями еще в предоперационном периоде и связанной с полученным ранением. Клинически они проявлялись отсутствием активного тыльного сгибания стопы и характерными расстройствами чувствительности. Этот раненый в течение всего послеоперационного периода использовал при

стоянии и ходьбе специальный фиксатор, позволявший опираться на прооперированную нижнюю конечность.

После сращения перелома, демонтажа аппарата Илизарова и прохождения курса реабилитационного лечения, направленного на разработку движений в тазобедренном и коленном суставах и укрепление мышц пострадавшей нижней конечности пациент был направлен в клинику нейрохирургии ВМедА для оперативного лечения. К моменту завершения сбора клинического материала представленного диссертационного исследования этот раненый проходил восстановительное лечение в неврологическом стационаре. В связи с этим, несмотря на достигнутую консолидацию перелома и незначительное ограничение движений в тазобедренном и коленном суставах оперированной нижней конечности, полученный в данном клиническом наблюдении результат мы оценили только как удовлетворительный.

Таким образом, результаты лечения раненых первой группы, оцененные у 40 пациентов (100%), распределились следующим образом. Отличных результатов выявлено не было. Хорошие результаты получены у 30 (75,0%) раненых. Удовлетворительные результаты имели место у 5 (12,5%) раненых и были обусловлены контрактурой коленного сустава (4 пациента, или 10%) и сохраняющейся невропатией малоберцовой порции седалищного нерва (1 пациент, или 2,5%). Неудовлетворительные результаты зарегистрированы у 5 раненых (12,5%) и были связаны с формированием ложного сустава (2 пациента, или 5,0%) или инфекционными осложнениями (3 пациента, или 7,5%).

Для иллюстрации полученных результатов лечения раненых первой клинической группы приводим следующие клинические примеры.

**Клинический пример 1.** Раненый М. 36 лет получил множественные осколочные ранения мягких тканей конечностей с огнестрельным переломом левой бедренной кости и обширным дефектом мягких тканей области левого тазобедренного сустава. Первая помощь оказана в порядке взаимопомощи. В медицинском пункте батальона получил доврачебную медицинскую помощь (коррекция защитной повязки, иммобилизация табельными шинами,

обезболивание, антибиотик, столбнячный анатоксин). Эвакуирован в передовую медицинскую группу (ПМГ) медицинского отряда специального назначения (МОСН), где выполнена ПХО ран и лечебно-транспортная иммобилизация левой нижней конечности аппаратом КСВП. Направлен в многопрофильный сортировочный военно-полевой госпиталь, а затем авиационным транспортом — в ВМедА.

При поступлении на этап специализированной медицинской помощи (5-е сутки после ранения) состояние раненого стабильное тяжелое (ВПХ-СП 35 баллов). Установлен окончательный диагноз: множественные осколочные ранения мягких тканей конечностей, сквозное осколочное ранение левого бедра с обширным дефектом мягких тканей (Gustilo–Anderson тип IIIВ, 500 см<sup>2</sup>), требующим пластического замещения, огнестрельный оскольчатый перелом левой бедренной кости в верхней трети со смещением отломков (УКДДК ВД31А33). Минно-взрывное ранение левой кисти с отрывом ногтевых фаланг I и II пальцев.

На рентгенограммах области левого тазобедренного сустава: оскольчатый перелом проксимального отдела бедренной кости со смещением отломков (рисунок 5.4).



Рисунок 5.4 — Рентгенограмма раненого М. левого тазобедренного сустава при поступлении. Оскольчатый перелом проксимального отдела бедренной кости со смещением отломков (ВД31А33, Gustilo–Anderson IIIВ)

Местно: левая нижняя конечность иммобилизирована стержневым аппаратом в компоновке «таз — бедро»: 2 стержня в левом крыле подвздошной кости; 2 — в средней трети бедра, соединены 2-мя перекрёстными штангами. Повязка, умеренно пропитанная геморрагическим отделяемым. По снятию повязки в вертельной зоне определяется обширная рана с дефектом кожного покрова общей площадью 500 см<sup>2</sup>, представляющая собой соединенные кожной перемычкой входное и выходное «отверстия» касательной раны верхней трети бедра, дно ран представлено мягкими тканями, отломками бедренной кости, края осаднены, в ране минимально выраженные признаки краевых некрозов мышечной ткани и кожного покрова, признаков продолжающегося кровотечения нет, в медиальном полюсе раны в мягких тканях отчетливо определяется пульсация бедренной артерии, отделяемое серозно-геморрагическое (рисунок 5.5). Предъявляет жалобы на онемение кожного покрова по передней поверхности бедра. Признаков нарушения периферического кровообращения в левой стопе нет, капиллярный ответ с ногтевых лож пальцев стопы удовлетворительный, стопа тёплая, без отёка.

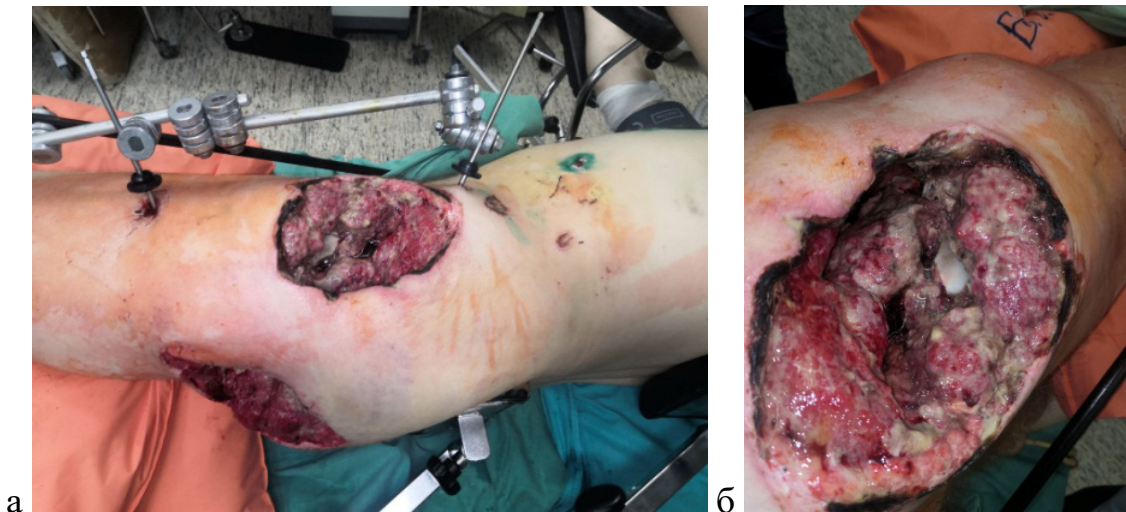


Рисунок 5.5 — Фотографии ран левого бедра раненого М. при поступлении в клинику: а — вид с боку; б — вид сзади

Выполнена повторная первичная хирургическая обработка ран левого бедра, завершена наложением асептической повязки с водорастворимой

мазью. Назначена комплексная анальгетическая, противовоспалительная, антибактериальная, антикоагулянтная и дезинтоксикационная терапия, направленная на восстановление гомеостаза раненого и обеспечение перфузии паравульнарных тканей. Выполнена трансфузия одной дозы эритроцитарной взвеси и 500 мл свежзамороженной плазмы.

Через двое суток выполнена повторная ПХО ран с иссечением сформировавшихся вторичных некрозов. Налажено вакуум-ассистированное ведение раны с последующей двукратной сменой VAC-системы (на 10-е и 15-е сутки после ранения) и прогрессивным уменьшением площади дефекта мягких тканей за счет роста грануляционной ткани и тракции кожи при вакуумировании. Состояние раненого после второй повторной ПХО стало удовлетворительным, температура тела и лабораторные показатели пришли к норме (рисунок 5.6).

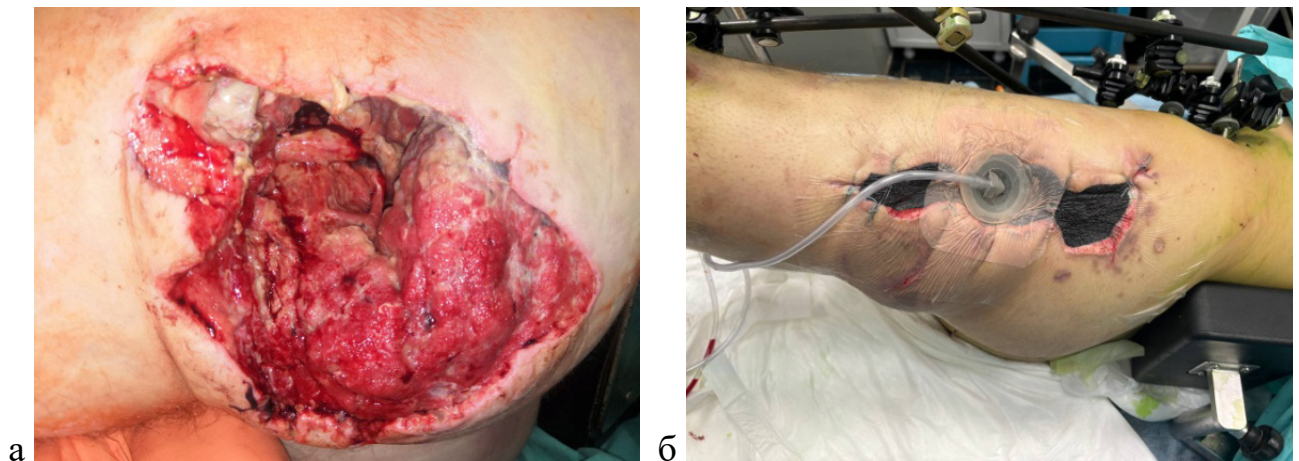


Рисунок 5.6 — Фотографии ран левого бедра раненого М. после выполнения радикальной повторной ПХО: а — вид раны после некрэктомии; б — вид раны после налаживания системы лечения отрицательным давлением

На 19-е сутки после ранения выполнено удаление системы лечения отрицательным давлением и пластическое закрытие ран местными кожно-фасциальными лоскутами. Наложены вторичные швы (рисунок 5.7).



Рисунок 5.7 — Фотографии ран левого бедра раненого М. после пластического закрытия дефекта мягких тканей местными кожно-фасциальными лоскутами

Через 7 дней (26-е сутки после ранения) на фоне неосложненного заживления ран выполнен демонтаж стержневого аппарата и наложение системы скелетного вытяжения за бугристость большеберцовой кости с целью заживления ран от проведенных стержней. Через 8 дней (34-е сутки после ранения) выполнен отсроченный внешний остеосинтез левой бедренной кости аппаратом Илизарова в предложенной нами спице-стержневой компоновке с добавлением дополнительного модуля для фиксации большого вертела (рисунок 5.8).

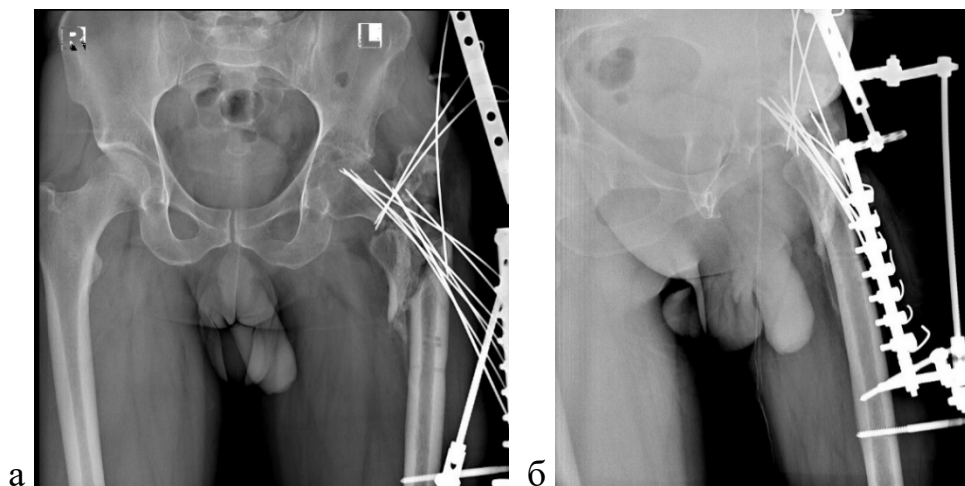


Рисунок 5.8 — Рентгенограммы левого тазобедренного сустава в прямой переднезадней (а) и аксиальной (б) проекциях после выполнения остеосинтеза левой бедренной кости аппаратом Илизарова в оригинальной спице-стержневой компоновке

Послеоперационный период протекал без осложнений, раны зажили первичным натяжением, швы сняты на 16-е сутки. Для продолжения лечения и реабилитации раненый был переведен в профильную медицинскую организацию.

Осмотрен через 11 месяцев после остеосинтеза левой бедренной кости аппаратом Илизарова. Ходит при помощи трости с полной опорной нагрузкой на левую ногу, незначительно прихрамывая. Левое бедро фиксировано аппаратом Илизарова, аппарат стабилен. Кожа вокруг мест введения спиц и стержней без признаков воспаления и патологического отделяемого. Рубцы по передненаружной и задней поверхностям области тазобедренного сустава без признаков воспаления. (рисунок 5.9).



Рисунок 5.9 — Фотографии раненого М. через 11 месяцев после выполнения остеосинтеза левой бедренной кости аппаратом Илизарова: а — демонстрация возможности полной опорной нагрузки на левую нижнюю конечность; б — внешний вид спице-стержневого аппарата Илизарова и зажившей состоятельным рубцом огнестрельной раны

На рентгенограммах определяются признаки консолидации огнестрельного перелома проксимального отдела бедренной кости. Выполнен демонтаж аппарата Илизарова (рисунок 5.10).

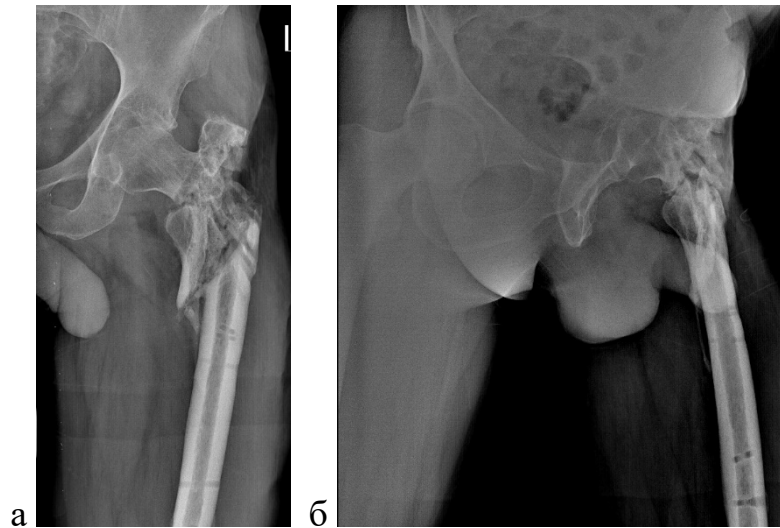


Рисунок 5.10 — Рентгенограммы раненого М. левого тазобедренного сустава в прямой переднезадней (а) и аксиальной (б) проекциях через 11 месяцев после ранения. Аппарат Илизарова демонтирован, огнестрельный оскольчатый перелом бедренной кости сросся, ось правильная, шеечно-диафизарный угол в норме

Пациент прошел курс санаторно-курортного лечения, где в течение трех недель в результате комплексного применения лечебной физической культуры и физиотерапии восстановил амплитуду движений в левом тазобедренном суставе до уровня «незначительного нарушения функций».

Вернулся к исполнению обязанностей военной службы.

**Клинический пример 2.** Раненый С. 39 лет получил множественные осколочные ранения туловища конечностей. На этапах эвакуации установлен предварительный диагноз: тяжелое сочетанное ранение живота, таза, конечностей. Множественное осколочное слепое и касательное непроникающее ранение живота в левой боковой области. Сочетанное осколочное касательное и слепое ранение левого бедра с дефектом мягких тканей в области левой ягодицы и большого вертела, многооскольчатый переломом верхней трети бедренной кости. Множественное осколочное слепое и касательное ранение левой верхней

конечности с переломом V пястной кости, с повреждением левых лучевой и локтевой артерий. Травматический шок второй степени. Первая помощь оказана в порядке взаимопомощи. В медицинском пункте батальона оказана доврачебная медицинская помощь (антибактериальные препараты, обезболивание, столбнячный анатоксин, коррекция защитной повязки, иммобилизация табельными шинами). Эвакуирован в передовую медицинскую группу (ПМГ) медицинского отряда специального назначения (МОСН), где выполнена ПХО ран, ревизия бифуркации плечевой, лучевой, локтевой артерий. Тромбэктомия из локтевой артерии слева. Лигирование лучевой артерии. ПХО ран левого бедра, открытая репозиция левой бедренной кости, фиксация аппаратом КСВП. Далее эвакуирован авиатранспортом в ВМедА.

При поступлении в клинику (7-е сутки после ранения) состояние раненого стабильное тяжелое (ВПХ-СП 33 балла). Установлен окончательный диагноз: тяжелое сочетанное ранение живота, таза, конечностей. Множественное осколочное слепое и касательное непроникающее ранение живота в левой боковой области. Сочетанное осколочное касательное и слепое ранение левого бедра с дефектом мягких тканей в области левой ягодицы и большого вертела бедра (Gustilo–Anderson тип IIIВ, 625 см<sup>2</sup>), многооскольчатый перелом верхней трети бедренной кости (УКДДК BD31A33). Множественное осколочное слепое и касательное ранение левой верхней конечности с переломом V пястной кости, с повреждением левых лучевой и локтевой артерий. Травматический шок второй степени. Состояние после операций ПХО ран левого предплечья, левого бедра; ревизии бифуркации плечевой, лучевой, локтевой артерий, тромбэктомии из локтевой артерии слева, лигирования лучевой артерии. ПХО ран левого бедра, открытой репозиции левой бедренной кости, фиксации аппаратом КСВП.

На рентгенограммах области левого тазобедренного сустава: оскольчатый перелом проксимального отдела бедренной кости со смещением отломков (BD31A33, Gustilo–Anderson IIIВ) (рисунок 5.11).



Рисунок 5.11 — Рентгенограмма левого тазобедренного сустава раненого С. при поступлении. Оскольчатый перелом проксимального отдела бедренной кости со смещением отломков, фиксированный аппаратом КСВП (BD31A33, Gustilo–Anderson IIIВ)

Общий анализ крови: гемоглобин 73,5 г/л, эритроциты  $3,86 \times 10^{12}/л$ .

Местно: пациент находится на лежащей каталке. Левая верхняя конечность без иммобилизации. Асептические повязки умеренно пропитаны геморрагическим отделяемым. Левая нижняя конечность фиксирована стержневым аппаратом внешней фиксации КСВП: 2 стержня в крыльях подвздошных костей, 1 — проксимально от перелома бедренной кости и 2 стержня дистально от перелома бедренной кости. Аппарат относительно стабилен, фиксаторы заблокированы, стержень, проведенный проксимально от перелома, проведен через рану, на ранах от проведенных стержней асептические повязки сухие, без отделяемого. По сравнению с бедром контралатеральной конечности имеет место отек (+4 см на уровне средней трети). На бедре по заднелатеральной поверхности в верхней трети и левой ягодичной области асептическая повязка, умеренно пропитанная серозно-геморрагическим отделяемым. Осмотр после снятия повязок: раны от проведенных стержней без признаков воспаления и отделяемого. По заднелатеральной поверхности бедра в верхней трети и левой ягодичной области рана размером  $20,0 \times 15,0$  см<sup>2</sup>. Края раны

осаднены с зонами некроза. Дно раны представлено мышцами с элементами некротических тканей. Из раны — умеренное серозно-геморрагическое отделяемое. При пальпации мягких тканей по периферии краев раны — незначительная болезненность. Количество раневого отделяемого не увеличивается. В области левого предплечья по передней поверхности — асептическая повязка, умеренно пропитанная серозно-геморрагическим отделяемым. Осмотр после снятия повязок: по передней поверхности левого предплечья определяется рана размером 15,0×12,0 см<sup>2</sup>. Края раны осаднены, с зонами некроза. Дно раны представлено мышцами с элементами некротических тканей. Из раны — незначительное количество серозно-геморрагического отделяемого. При пальпации мягких тканей по периферии краев раны — незначительная болезненность. Количество раневого отделяемого не увеличивается. У левой кисти по сравнению с кистью контралатеральной конечности имеет место отек (+2 см). Пальпация в области V пястной кости болезненна, определяется крепитация, патологическая подвижность. Признаков нарушений периферического кровообращения и иннервации конечностей не выявлено. Левая стопа и кисть тёплые (рисунок 5.12).

Выполнена радикальная повторная первичная хирургическая обработка ран левого бедра, рана закрыта асептической повязкой с мазью левомеколь.



Рисунок 5.12 — Фотография раны левого бедра при поступлении раненого С.  
в клинику

На четвертые и седьмые сутки после госпитализации в клинику были выполнены повторные радикальные хирургические обработки раны, завершённые налаживанием системы вакуумного дренирования. На 23-е сутки после ранения лечение раны отрицательным давлением прекращено. Рана правого бедра представлена грануляционной тканью и готова к закрытию, гомеостаз раненого восстановлен. Рана закрыта местными тканями (рисунок 5.13).



Рисунок 5.13 — Фотография левого бедра раненого С. после пластического закрытия раны

На 33-и сутки после ранения и 26-е сутки после госпитализации в клинику выполнен демонтаж аппарата внешней фиксации КСВП и остеосинтез левой бедренной кости аппаратом Илизарова в предложенной спице-стержневой компоновке (патент на изобретение № 2821665) (рисунки 5.14, 5.15).

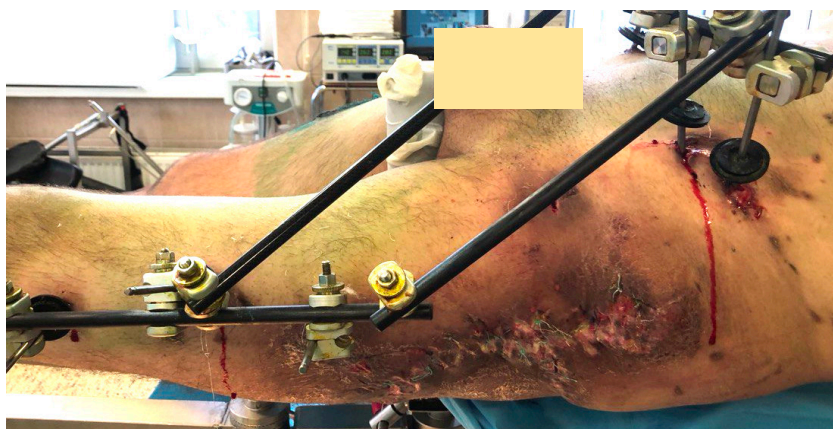


Рисунок 5.14 — Фотография левого бедра раненого С. после остеосинтеза левой бедренной кости аппаратом Илизарова

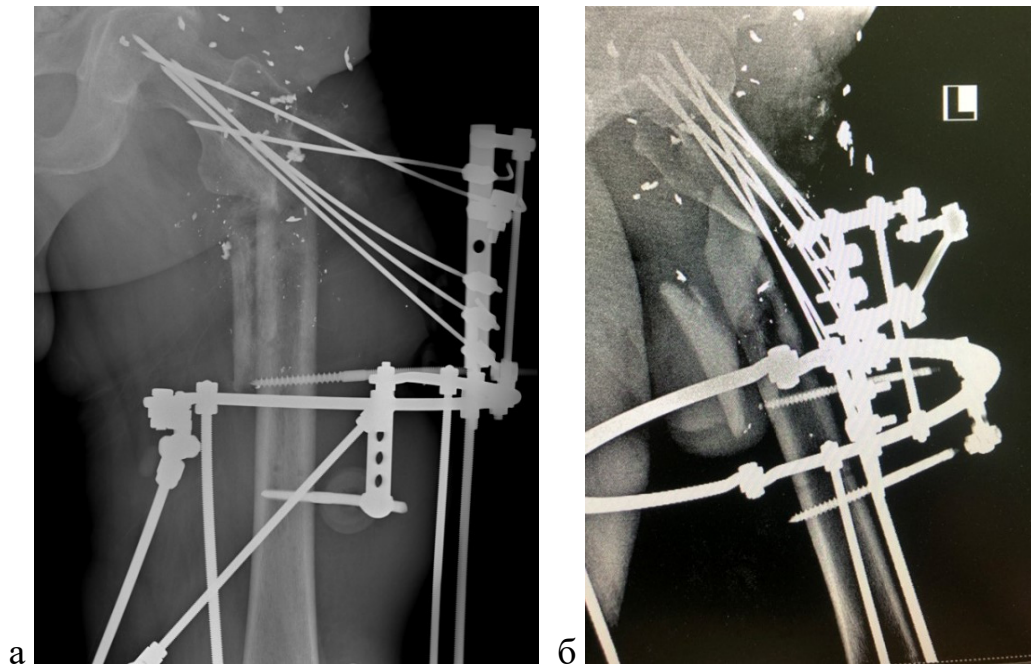


Рисунок 5.15 — Рентгенограммы левого тазобедренного сустава и бедра раненого С. в прямой переднезадней (а) и аксиальной (б) проекциях после выполнения остеосинтеза левой бедренной кости аппаратом Илизарова

Послеоперационный период протекал без осложнений, раны зажили первичным натяжением, швы сняты на 21-е сутки после операции. Для продолжения лечения и реабилитации раненый был переведен в профильную медицинскую организацию.

Осмотрен через 9 месяцев после операции, ходит при помощи трости с полной нагрузкой на левую нижнюю конечность, незначительно хромает. Рубцы по передненаружной поверхности бедра состоятельны, без признаков воспаления. Кожа вокруг спиц и стержней без признаков воспаления и отделяемого. Признаков нарушения периферического кровообращения в левой стопе нет, капиллярный ответ с ногтевых лож пальцев стопы удовлетворительный, стопа тёплая, без отёка. Амплитуда движений в тазобедренном суставе снижена: сгибание — до  $100^\circ$ , отведение — до  $20^\circ$ . Разгибание и наружная ротация в пределах нормы. Признаков нарушения периферического кровообращения и иннервации левой нижней конечности нет (рисунок 5.16).

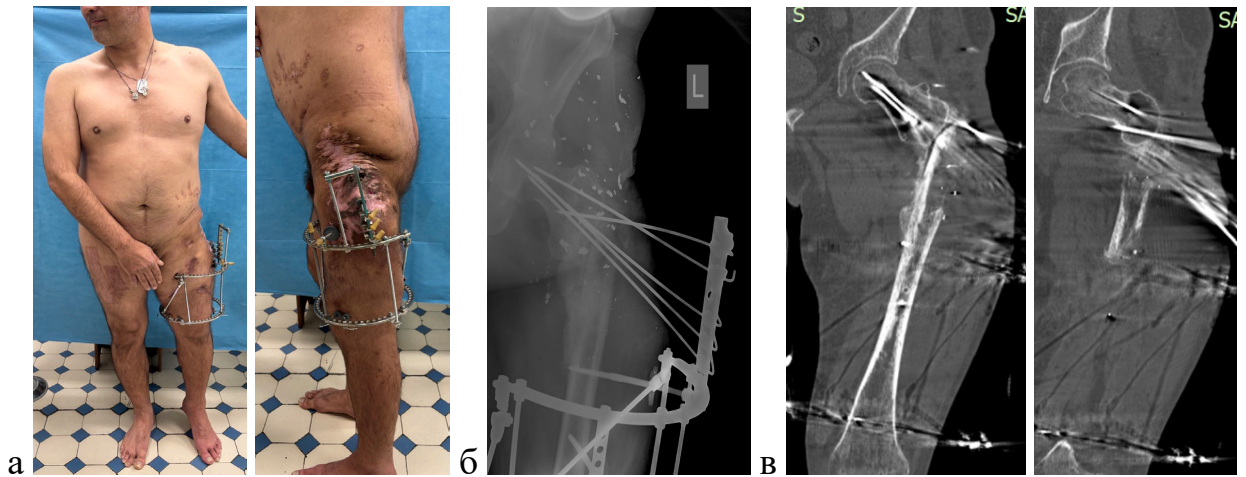


Рисунок 5.16 — Фотография (а) рентгенограмма (б), КТ (в) левого бедра раненого С. через 9 месяцев после выполнения остеосинтез левой бедренной кости аппаратом Илизарова. Демонстрация возможности полной опорной нагрузки на правую нижнюю конечность. Внешний вид спице-стержневого аппарата Илизарова и зажившей состоятельным рубцом огнестрельной раны.

#### Консолидация огнестрельного перелома

После выполнения контрольных рентгенографии и компьютерной томографии левого бедра были определены признаки консолидации огнестрельного перелома проксимального отдела бедренной кости. Аппарат Илизарова демонтирован (рисунок 5.17).



Рисунок 5.17 — Рентгенограмма левого бедра раненого С. после демонтажа аппарата Илизарова

Через двенадцать месяцев после демонтажа аппарата Илизарова оценен функциональный результат лечения (рисунок 5.18).



Рисунок 5.18 — Фотография раненого С. через 12 месяцев после демонтажа аппарата Илизарова

### 5.3 Сравнительный анализ результатов лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости аппаратом Илизарова с иммобилизацией тазобедренного сустава и разработанным способом

В первой группе пациентов (46 раненых), которым выполнили внешний остеосинтез разработанным способом, удалось получить сведения о результатах лечения в 40 клинических случаях. Во второй группе раненых (27 пациентов), у которых для внешнего остеосинтеза была применена компоновка аппарата Илизарова «таз — бедро», результаты лечения были оценены во всех клинических наблюдениях. С целью подтверждения эффективности разработанного способа лечения дана сравнительная оценка полученных исходов и проведено сопоставление результатов анкетирования по достижению консолидации, наличию и характеру осложнений, качеству жизни в период использования аппарата внешней фиксации, а также амплитуде движений в тазобедренном и коленном суставах.

Неудовлетворительные результаты лечения пациентов сравниваемых групп, причиной которых стали инфекционные осложнения, имели место у трех раненых из 40 пациентов первой группы (7,5%) и у двоих раненых из 27 пациентов второй группы (7,4%). Статистический анализ (точный критерий Фишера) не выявил статистически значимых различий между группами по этому признаку ( $p = 1,000$ ; таблица 5.4).

Таблица 5.4 — Анатомические результаты лечения пациентов первой и второй групп

Консолидация	I группа, n = 40 (%)	II группа, n = 27 (%)
Полноценное сращение	27 (67,5%)	14 (51,9%)
Сращение с деформацией	5 (12,5%)	5 (18,5%)
Сращение с укорочением	3 (7,5%)	2 (7,4%)
Ложный сустав	2 (5,0%)	4 (14,8%)
Остеомиелит (коксит)	3 (7,5%)	2 (7,4%)
Итого	40 (100,0%)	27 (100,0%)

Все раненые обеих сравниваемых групп на контрольных осмотрах предъявляли жалобы на ограничение движений в коленном суставе различной степени выраженности. При этом жалобы на боль при движении были характерны для пациентов в обеих группах только в крайних точках амплитуды.

Среди пациентов первой группы жалобы на боль в области тазобедренного сустава и на боль в области перелома зарегистрированы у 10 раненых (28,6%).

Все пациенты второй группы (100,0%) жаловались на выраженную хромоту на оперированную ногу, связанную с невозможностью движений в тазобедренном суставе, который был иммобилизован аппаратом Илизарова. Аналогичные жалобы среди раненых первой группы имели место только в 45,7% случаев (16 пациентов), что было статистически значимо реже, чем у раненых второй группы (точный критерий Фишера,  $p = 0,006$ ).

На момент контрольного осмотра пациенты обеих групп могли стоять и ходить в условиях выполненного внешнего остеосинтеза. Однако для раненых второй группы это было возможным только при помощи костылей, в то время как пациенты первой группы передвигались самостоятельно без дополнительных средств опоры (25 раненых, или 71,4%) или при помощи трости (10 раненых, или 28,6%). Этот факт свидетельствовал о значительно более высоком качестве жизни прооперированных раненых, которым внешний остеосинтез был выполнен разработанным способом.

При рентгенологическом исследовании признаки нарушения консолидации перелома в виде ложного сустава были диагностированы у двух раненых из пациентов первой группы, завершивших лечение в аппарате Илизарова, что составило 5,0%; у троих пациентов в ходе лечения развился огнестрельный остеомиелит центрального отломка бедренной кости — 7,5%. Среди пациентов второй группы ложный сустав и остеомиелит имели место у четверых и двух раненых — 14,8% и 7,4% соответственно. Эти клинические наблюдения были отнесены нами к категории неудовлетворительных результатов лечения. Таким образом, удельное количество неудовлетворительных исходов в первой и группе оказалось равным 12,5% и 22,2% соответственно. У остальных пациентов сравниваемых групп — 35 раненых первой группы из 40 прибывших на контрольный осмотр (87,5%) и 21 раненых второй группы из 27 (77,8%) — диагностирована консолидация огнестрельного перелома. Однако статистически значимых различий между группами по параметру «консолидация перелома» выявлено не было (точный тест Фишера,  $p = 0,574$ ).

При изучении амплитуды пассивных движений в коленном суставе, осуществленном после демонтажа аппарата Илизарова и проведения клинической пробы, подтверждающей достижение сращения, были выявлены статистически значимые различия между сравниваемыми группами по критерию «сгибание»:  $95^\circ [95; 105]$  в первой группе и  $120^\circ [110; 125]$  во второй ( $p = 0,000052$ ). У всех пациентов второй группы с наступившей консолидацией амплитуда пассивных движений соответствовала разделу «со значительным нарушением функций»

статьи 65 Расписания болезней [43]. Напротив, у 31 пациента первой группы (88,6%) значения амплитуды пассивных движений соответствовали разделу «с умеренным нарушением функций», и лишь у 4 пациентов (11,4%) — разделу «со значительным нарушением функций» (рисунок 5.19).

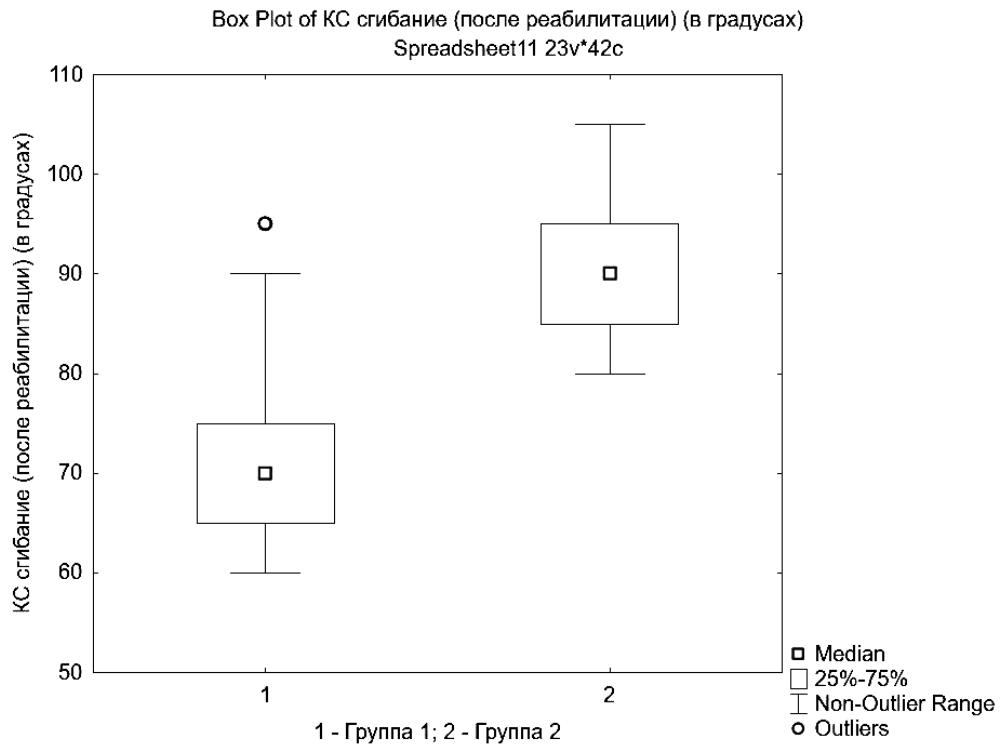


Рисунок 5.19 — Результаты исследования амплитуды пассивного сгибания в коленном суставе у раненых сравниваемых групп (I группа (n = 35) и II группа (n = 21)) до реабилитационного лечения (критерий Манна–Уитни;  $p < 0,001$ )

Изучение амплитуды движений в коленном суставе у пациентов сравниваемых групп после реабилитационного лечения свидетельствовало о преимуществах использования разработанного способа внешнего остеосинтеза. Медиана амплитуды сгибания в коленном суставе у пациентов первой группы была равна 70,0° [65,0; 75,0], в то время как во второй группе — 90,0° [85,0; 95,0]. У раненых первой группы клиническое исследование функций коленного сустава демонстрировало их соответствие требованиям разделов статьи 65 Расписания болезней [43] «с незначительным нарушением функций» (31 пациент, или 89,0%) и «с умеренным нарушением функций» (4 пациента, или 11%). Среди пациентов

второй группы требованиям раздела «с незначительным нарушением функций» соответствовали 9 пациентов, или 42,8%, а требованиям раздела «с умеренным нарушением функций» — 12 пациентов, или 57,2%. При этом статистически значимые различия (критерий Манна–Уитни;  $p < 0,001$ ) были получены по показателю «сгибание» (рисунок 5.20, таблица 5.5).

Таблица 5.5 — Амплитуда движений в коленном суставе (КС) после реабилитационного лечения

Сустав, движение	Группа I (n = 35) Me [Q25; Q75]	Группа II (n = 21) Me [Q25; Q75]	U	p	Размер эффекта (r)
КС, сгибание	70,0° [65,0; 75,0]	90,0° [85,0; 95,0]	21,0	$p < 0,001$	0,532 (большой)

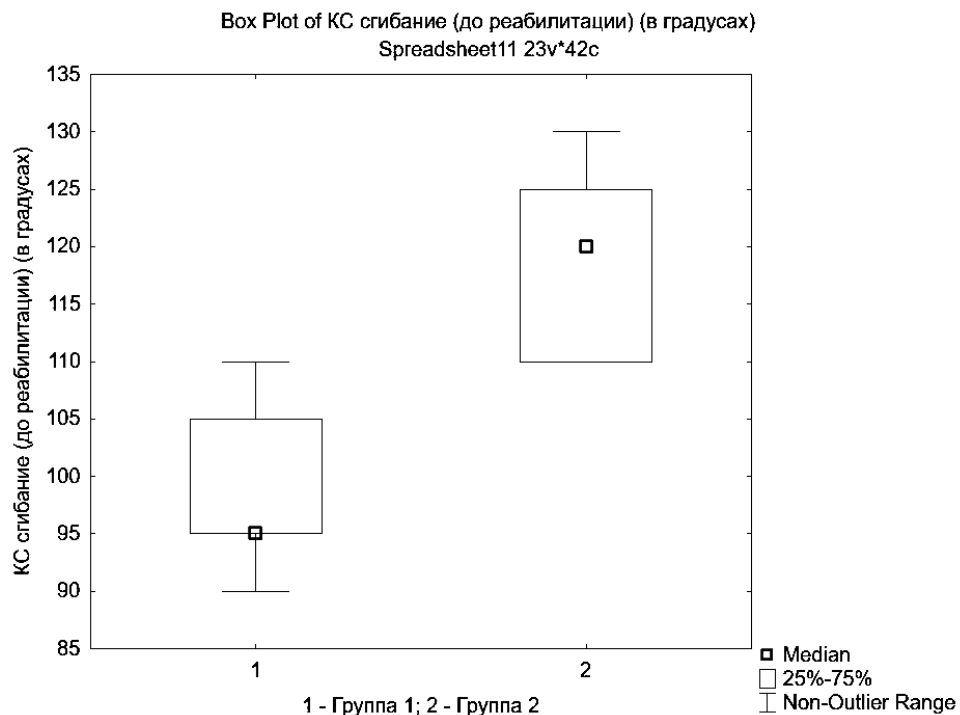


Рисунок 5.20 — Результаты исследования амплитуды пассивного сгибания в коленном суставе у раненых сравниваемых групп (I группа (n = 35) и II группа (n = 21)) после реабилитационного лечения (критерий Манна–Уитни;  $p < 0,001$ )

Все раненые второй группы после демонтажа аппарата Илизарова имели постиммобилизационную контрактуру тазобедренного сустава, при которой амплитуда движений в нем находилась в диапазоне, соответствующем разделу «со значительным нарушением функций» статьи 65 Расписания болезней [43]. Раненые первой группы, которым был выполнен внешний остеосинтез разработанным способом, позволявший осуществлять активные и пассивные движения в тазобедренном суставе в течение всего периода применения аппарата Илизарова, имели амплитуду движений, соответствующую разделу «с умеренным нарушением функций». Так, медиана значений амплитуды сгибания в тазобедренном суставе в первой группе составила  $115^\circ$  [110; 115], тогда как во второй группе была равна —  $120^\circ$  [120; 125]. Различия между группами являлись статистически значимыми ( $p = 0,00032$ ). Медиана амплитуды отведения в тазобедренном суставе у пациентов первой группы была равна  $16^\circ$  [16; 18], в то время как во второй группе —  $15^\circ$  [10; 15] ( $p < 0,0001$ ; рисунки 5.21, 5.22).

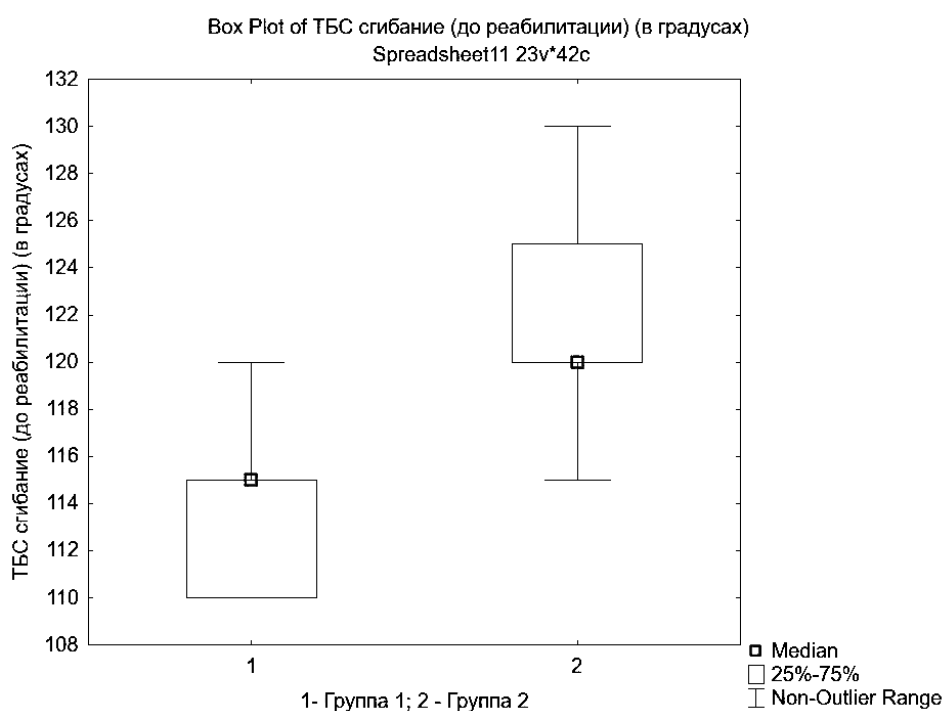


Рисунок 5.21 — Результаты исследования амплитуды пассивного сгибания в тазобедренном суставе у раненых сравниваемых групп (I группа (n = 35) и II группа (n = 21)) после демонтажа аппарата Илизарова (критерий Манна–Уитни;  $p = 0,001$ )

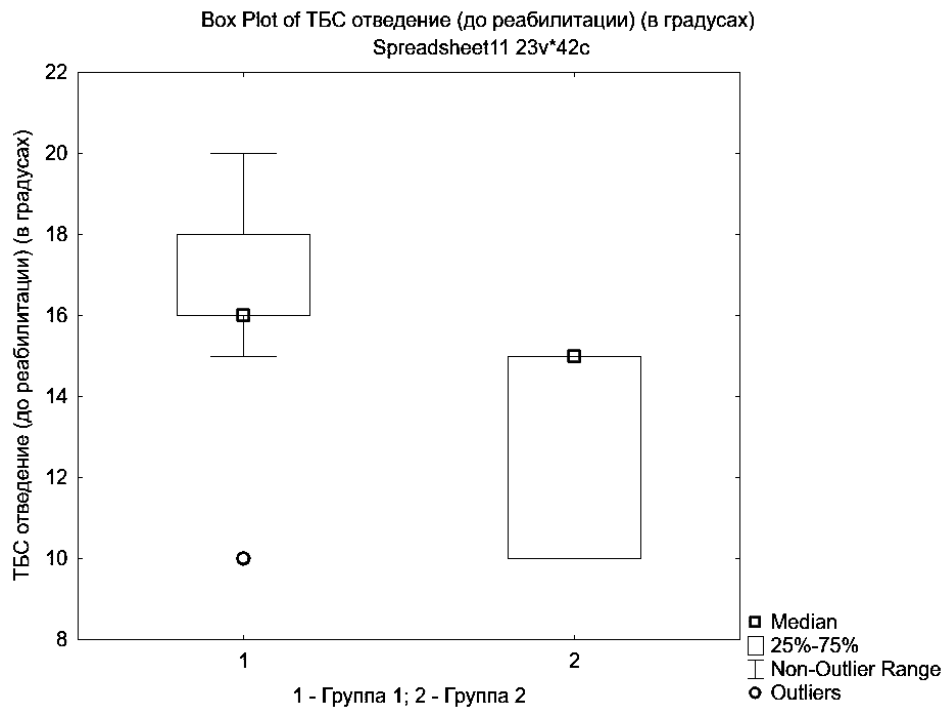


Рисунок 5.22 — Результаты исследования амплитуды пассивного отведения в тазобедренном суставе у раненых сравниваемых групп (I группа (n = 35) и II группа (n = 21)) после демонтажа аппарата Илизарова (критерий Манна–Уитни;  $p = 0,001$ )

Исследование амплитуды движений в тазобедренном суставе у раненых сравниваемых групп после реабилитационного лечения также продемонстрировало преимущество применения разработанного способа внешнего остеосинтеза. У пациентов первой группы клиническое исследование функций тазобедренного сустава свидетельствовало об их соответствии требованиям разделов статьи 65 Расписания болезней [43] «без нарушения функций» (6 раненых, или 17,1%) и «с незначительным нарушением функций» (29 раненых, или 82,9%). Среди пациентов второй группы требованиям раздела «с умеренным нарушением функций» соответствовали 15 раненых, или 71,4%, а требованиям раздела «со значительным нарушением функций» — шесть раненых, или 28,6%.

У пациентов первой группы после реабилитационного лечения выявлены статистически значимо лучшие показатели функции тазобедренного сустава по сравнению с ранеными, у которых применялся аппарат Илизарова в компоновке

«таз — бедро». Так, медиана значений амплитуды сгибания в тазобедренном суставе в первой группе составила  $95,0^\circ$  [90,0; 97,0], тогда как во второй группе была равна  $110,0^\circ$  [110,0; 115,0]. Различия между группами являлись статистически значимыми (критерий Манна–Уитни;  $p < 0,0001$ ; размер эффекта  $r = 0,648$ ), что свидетельствует о клинически существенном преимуществе разработанной компоновки аппарата Илизарова в отношении потенциала восстановления объема сгибания.

Медиана амплитуды отведения в тазобедренном суставе у пациентов первой группы была равна  $24,0^\circ$  [24,0; 25,0], в то время как во второй группе —  $18,0^\circ$  [15,0; 20,0]. Межгрупповые различия по данному показателю являлись также высоко значимыми (критерий Манна–Уитни;  $p < 0,0001$ ; размер эффекта  $r = 0,652$ ), что указывает на достоверную сравнительную эффективность разработанного способа лечения (рисунки 5.23, 5.24, таблица 5.6).

Таблица 5.6 — Амплитуда движений в тазобедренном суставе (ТБС) после реабилитационного лечения

Сустав, движение	Группа I (n = 35) Me [Q25; Q75]	Группа II (n = 21) Me [Q25; Q75]	U	p	Размер эффекта (r)
ТБС, сгибание	$95,0^\circ$ [90,0; 97,0]	$110,0^\circ$ [110,0; 115,0]	0,0	0,000026	0,648 (большой)
ТБС, отведение	$24,0^\circ$ [24,0; 25,0]	$18,0^\circ$ [15,0; 20,0]	0,0	0,000024	0,652 (большой)

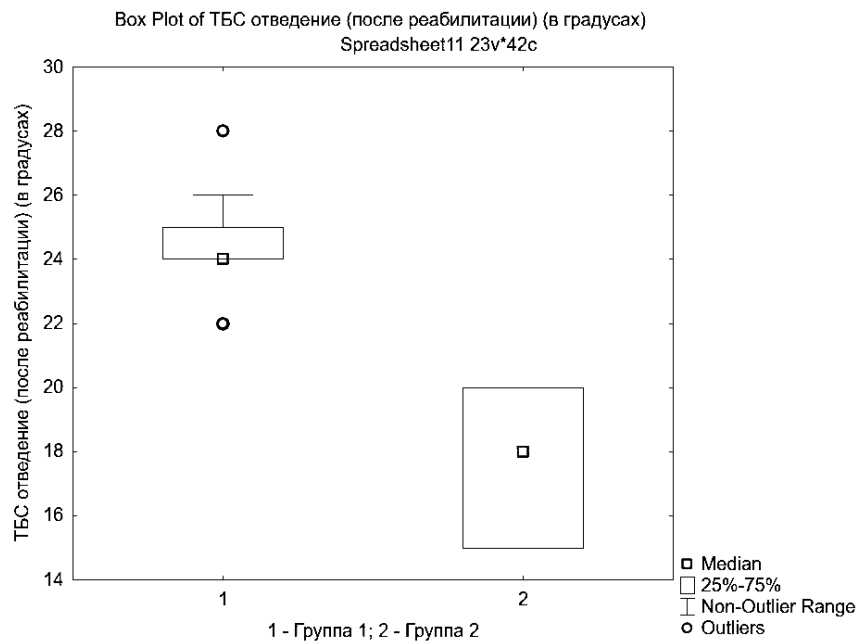


Рисунок 5.23 — Результаты исследования амплитуды пассивного отведения в тазобедренном суставе у раненых сравниваемых групп (I группа (n = 35) и II группа (n = 21)) после реабилитационного лечения (критерий Манна–Уитни;  $p < 0,001$ )

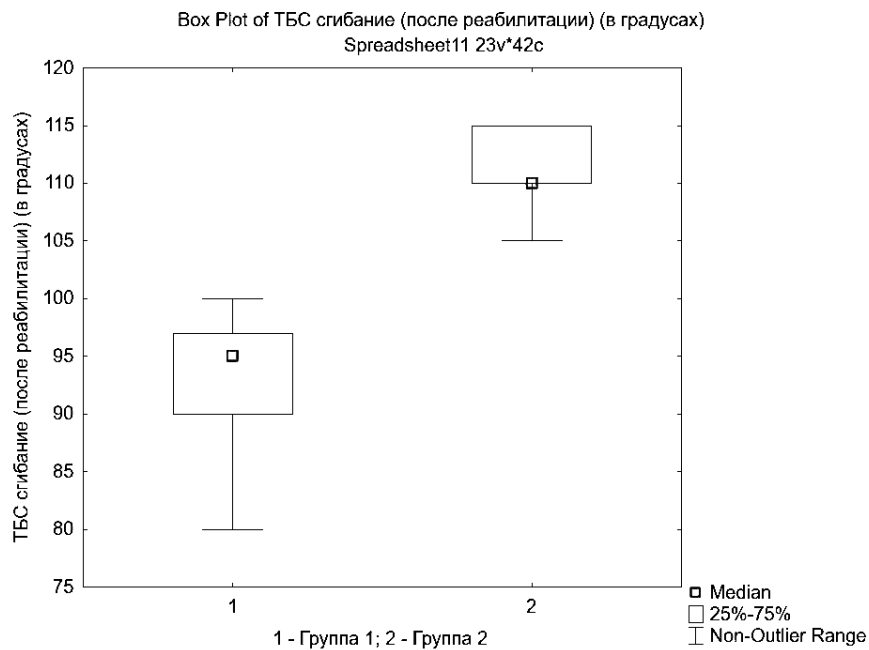


Рисунок 5.24 — Результаты исследования амплитуды пассивного сгибания в тазобедренном суставе у раненых сравниваемых групп (I группа (n = 35) и II группа (n = 21)) после реабилитационного лечения (критерий Манна–Уитни;  $p < 0,001$ )

При этом медиана значений прироста амплитуды отведения для раненых первой группы, изученная после курса реабилитационного лечения, направленного на устранение контрактуры тазобедренного сустава, была равна  $8,0^\circ$  [6,0; 9,0], в то время как во второй группе этот показатель составил  $5,0^\circ$  [3,0; 5,0]. Медиана значений увеличения амплитуды сгибания в тазобедренном суставе для раненых первой группы составила  $-20,0^\circ$  [-22,0; -15,0], в то время как во второй группе данный показатель был равен  $-10,0^\circ$  [-15,0; -5,0], что свидетельствует о меньшей степени восстановления амплитуды сгибания в тазобедренном суставе во второй группе. Медиана значений увеличения амплитуды сгибания в коленном суставе для раненых первой группы составила  $-30,0^\circ$  [-35,0; -22,5], а во второй группе данный показатель был равен  $-25,0^\circ$  [-45,0; -22,5] (таблица 5.7).

Таблица 5.7 — Прирост амплитуды движений в тазобедренном (ТБС) и коленном (КС) суставах в ходе реабилитационного лечения в группах сравнения

Сустав, движение	Группа I (n = 35) Me [Q25; Q75]	Группа II (n = 21) Me [Q25; Q75]	U	p	Размер эффекта (r)
ΔТБС, сгибание	$-20,0^\circ$ [-22,0; -15,0]	$-10,0^\circ$ [-15,0; -5,0]	27,5	0,001	0,503 (большой)
ΔТБС, отведение	$+8,0^\circ$ [+6,0; +9,0]	$+5,0^\circ$ [+3,0; +5,0]	31,0	0,002	0,479 (средний)
ΔКС, сгибание	$-30,0^\circ$ [-35,0; -22,5,0]	$-25,0^\circ$ [-45,0; -22,5]	121,0	0,973	0,005 (незначимый)

Таким образом, применение аппарата Илизарова в разработанной компоновке обеспечивает существенно более полное восстановление функции тазобедренного сустава после реабилитационного лечения, что подтверждается не

только статистической значимостью различий, но и крупным размером эффекта для обоих исследованных параметров.

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.

Следует отметить, что в обеих сравниваемых группах у пациентов, получивших хорошие и удовлетворительные результаты лечения, достигнутые функциональные исходы определялись, в первую очередь, остаточной контрактурой коленного, а во второй группе — коленного и тазобедренного суставов. Неудовлетворительные результаты лечения в обеих группах были обусловлены нарушениями процессов консолидации огнестрельного перелома или инфекционными осложнениями.

В целом проведенный комплексный анализ жалоб, клинических и рентгенологических исследований раненых сравниваемых групп после выполнения внешнего остеосинтеза свидетельствует о статистически значимом преобладании хороших результатов лечения у пациентов, которые были прооперированы разработанным способом. Это позволяет, на наш взгляд, рекомендовать предложенный способ внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова как предпочтительный для лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, сопровождающимися обширными дефектами мягких тканей, что и явилось целью нашего исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное диссертационное исследование было выполнено с целью разработки предпочтительного способа внешнего остеосинтеза огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости у раненых с обширными дефектами мягких тканей, реализовано на основании взаимосвязанных биомеханических и клинических исследований.

Основой проведения представленной работы и ее предварительным этапом послужил анализ профильных отечественных и зарубежных научных публикаций. В ходе данного этапа исследования было проведено целенаправленное изучение 124 источников отечественной и зарубежной научной литературы, посвященной лечению переломов проксимального отдела бедренной кости методом внешнего остеосинтеза, в том числе огнестрельных.

Изучение научной литературы свидетельствует об отсутствии единого подхода к вопросу выбора компоновок аппаратов внешней фиксации при лечении пациентов с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости. В то же время имеют место публикации, обосновывающие возможности и преимущества применения иных методов окончательной стабилизации костных отломков при переломах данной локализации, в том числе аппаратами внешней фиксации [2, 4, 11, 45, 55, 58, 59, 80, 96, 99, 104, 110, 125, 126, 138].

Очевидно, что для лечения пострадавших со сложными переломами огнестрельного генеза, сопровождавшихся обширными дефектами мягких тканей, развитием инфекционного процесса в ране и значительными нарушениями гомеостаза раненого, применение технологий внутреннего остеосинтеза является ограниченным. Данные литературы свидетельствуют о приоритете использования метода внешнего остеосинтеза в лечении пациентов с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, а также о необходимости научного поиска путей его дальнейшего совершенствования.

Основными разновидностями технологий внешней фиксации переломов данного типа являются аппараты с иммобилизацией тазобедренного сустава

(компоновка «таз — бедро») [11, 80, 125] и аппараты, при использовании которых введение опорных элементов осуществляется только в отломки бедренной кости, что делает возможными движения в тазобедренном суставе [45, 55, 58, 59, 96, 99, 104, 110, 126, 138].

Описываемыми исследователями недостатками первой группы способов стабилизации огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости являются техническая сложность их исполнения и необходимость обездвиживания тазобедренного сустава. Это значительно ограничивает возможности ранней реабилитации и снижает качество жизни пациента, особенно с учетом длительных сроков применения аппарата.

Существенным отличием и несомненным преимуществом фиксирующих устройств, не предполагающих введение спиц или стержней в кости таза, является отсутствие громоздкого тазового модуля и, соответственно, возможность ранних активных и пассивных движений в тазобедренном суставе. Однако встречающиеся в литературных источниках варианты такого внешнего остеосинтеза предназначены, в первую очередь, для закрытых простых переломов типа А и В (по международной классификация АО/ ASIF), а необходимая для сращения стабильность достигается за счет создания межотломковой компрессии. Работ, описывающих выполнение внешнего остеосинтеза сложных огнестрельных переломов, в доступной научной литературе практически мы не встретили.

Таким образом, на первом этапе нашей работы нам удалось проанализировать и выделить преимущества и недостатки известных вариантов внутреннего и внешнего остеосинтеза переломов рассматриваемой локализации и обосновать необходимость разработки и применения оригинальных компоновок аппарата Илизарова, требуемых для лечения раненых с современной боевой травмой. В целом проведение первого этапа исследования позволило обосновать его актуальность, сформулировать цель и решаемые задачи, а также определить дизайн представленного научного изыскания.

Во время выполнения первого этапа диссертационного исследования была решена его первая задача. Был проведен клинико-статистический анализ

входящего потока пациентов с тяжелыми ранениями костно-мышечной системы, поступивших для оказания специализированной хирургической помощи в центральную военно-медицинскую организацию из зоны современного вооруженного конфликта. Установлено, что в его структуре доля раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости составляет 4,4%. Применительно к выборке раненых с огнестрельными переломами бедренной кости удельный вес пациентов с травмой проксимального отдела составляет 13,1%. При этом доля пациентов с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, требующих выполнения внешнего остеосинтеза, составляет 1,5% всего входящего потока раненых с тяжелыми боевыми повреждениями опорно-двигательного аппарата.

Эти данные представляют интерес для планирования и организации работы травматологических отделений лечебных военно-медицинских организаций. Полученные сведения о частоте встречаемости профильных раненых принципиально соответствовали сведениям из изученной научной литературы. Так, по данным L. Celebi (2006), удельный вес подвертельных переломов в структуре переломов проксимального отдела бедренной кости составляет 7–34% [105]. По результатам исследований сербских авторов D. Nikolić и Z. Jovanović (1998), представивших исходы лечения 41 пациента с огнестрельными подвертельными переломами бедренной кости, прооперированных в период с 1991 по 1995 год (г. Белград), подвертельные переломы составили 20,0% всех переломов бедренной кости [126]. И. С. Боровой и соавт. в 2023 г. представили данные, свидетельствующие, что из 436 раненых с огнестрельными ранениями области таза и тазобедренного сустава 74-м потребовалось выполнение внешнего остеосинтеза, что соответствовало 17,0% входящего потока рассматриваемых пациентов [11].

В целом сведения, полученные в ходе первого этапа исследования, позволили дополнительно обосновать актуальность рассматриваемой проблемы для военной травматологии и ортопедии, а также сформировать группу профильных раненых, прооперированных разработанным способом внешнего

остеосинтеза, анализу результатов лечения которых был посвящен четвертый этап нашей работы.

В ходе второго этапа научного изыскания на основании анализа медицинской документации были изучены результаты лечения 27 раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости методом внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова с фиксацией тазобедренного сустава. Все пациенты проходили лечение в клинике военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ВМедА с 1994 по 2008 г. Данный способ позволил 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 обуславливало неудовлетворительные функциональные исходы у 77,8% раненых. Эти данные свидетельствовали о необходимости разработки модифицированных компоновок аппаратов внешней фиксации для профилактики послеоперационных контрактур и улучшения отдалённых функциональных результатов лечения указанной категории раненых.

Третий этап диссертационного исследования, направленный на решение его второй и третьей задач, включал стендовые и виртуальные испытания разработанных и известной компоновок аппарата Илизарова для остеосинтеза переломов проксимального отдела бедренной кости, а также биомеханические испытания модели остеосинтеза такого же перелома проксимальным бедренным гвоздем. В ходе этой части работы были изучены упруго-прочностные свойства трех компоновок аппарата Илизарова и проксимального бедренного гвоздя, механическая стабильность остеосинтеза перелома проксимального отдела бедренной кости (типа А3 по АО/ASIF), а также определены и проанализированы максимальные механические нагрузки, которые способен выдержать исследуемый фиксатор и система «бедренная кость — фиксатор». При этом модель остеосинтеза проксимальным бедренным гвоздем рассматривалась нами как эталонная с точки зрения достижения и обеспечения максимально возможной стабильности фиксации костных отломков и применялась для сравнительного

анализа полученных в построенных моделях параметров напряженно-деформированного состояния.

Затем в специальной программной среде методом конечных элементов была осуществлена разработка биомеханической (конечно-элементной) модели исследуемых аппаратов внешней фиксации и проксимального бедренного гвоздя. Далее выполняли биомеханическое моделирование остеосинтеза сложного перелома (типа А3 по АО/ASIF) проксимального отдела бедренной кости перечисленными фиксаторами. Следующим этапом было произведено компьютерное моделирование процессов нагружения бедренной кости с переломом рассматриваемого типа, стабилизированным аппаратом Илизарова в трех различных компоновках и проксимальным бедренным гвоздем.

В результате экспериментального изучения параметров напряженно-деформированного состояния исследуемых моделей, были выявлены значимые преимущества модели аппарата Илизарова № 2 (патент РФ № 2821665). Это стало возможным за счет шунтирования напряжений, возникающих при опорной нагрузке на нижнюю конечность, с проксимальной базы аппарата на его тело за счет усиливающих планку с проксимальными спицами вертикальной и косых штанг.

При решении задачи, предполагавшей изучение упруго-прочностных свойств фиксатора в эксперименте с использованием специальных испытательных машин на специально изготовленных моделях бедренных костей, приближенных по своим характеристикам к нативной кости, были получены результаты, подтверждающие достаточную прочность разработанной компоновки аппарата Илизарова. Наибольшие значения смещений, возникающих между отломками бедренной кости при нагрузке 200 Н, направленной через механическую ось нижней конечности, продемонстрировала компоновка аппарата Илизарова в варианте фиксации «таз — бедро», которые составили 8,5 мм. Наименьшие значения смещений были отмечены при использовании предложенной нами компоновки аппарата и составили 2,1 мм.

В целом сведения, полученные в результате данного этапа исследования, позволили подтвердить возможность применения разработанной компоновки аппарата Илизарова с позиции ее упруго-прочностных характеристик и сделали возможным проведение следующего этапа биомеханических исследований.

Результаты биомеханических испытаний на виртуальных моделях показали, что в случае применения для фиксации перелома проксимального отдела бедренной кости модели аппарата Илизарова № 2 (планка усилена вертикальной и кривой штангами, проксимальные спицы имеют диаметр 3 мм) эквивалентные напряжения, возникавшие в теле аппарата, оказывались ниже, чем при использовании первой и третьей моделей. Так, при нагрузке 100, 150, 200 Н эквивалентные напряжения в модели аппарата Илизарова № 2 составили 434, 656 и 874 МПа. При таких же условиях модель № 1 и модель № 3 продемонстрировали значительно более высокие эквивалентные напряжения, равные 1200, 1900, 2500 МПа (модель № 1) и 543, 815, 1087 МПа (модель № 3). Следует отметить, что более высокие изучаемые показатели в модели № 3 наблюдали в условиях иммобилизации тазобедренного сустава. При этом сравнение максимальных показателей этого параметра с моделью перелома, где для остеосинтеза был использован проксимальный бедренный гвоздь, свидетельствует, что эквивалентные напряжения в самом аппарате Илизарова превышают эквивалентные напряжения в имплантате для модели № 2 в 9,5 раза, то время как для модели № 1 в 27 раз и для модели № 3 в 11,8 раза.

Эти данные согласуются с результатами биомеханических исследований А. Ю. Верховода с соавт. (2006), который проводил аналогичные эксперименты для диафизарных переломов костей голени. Вместе с тем автор утверждает, что по полученным им данным накапливающиеся в компонентах аппарата Илизарова усталостные напряжения способны привести к их перелому [16]. Существенным отличием нашего исследования является то, что, несмотря на высокие значения рассматриваемых параметров в первой и второй компоновках аппарата Илизарова, нельзя говорить о том, что они могут приводить к усталостному

перелому его элементов, так как эти значения далеки от предела его прочности. Однако данные А. Ю. Верховода с соавт. (2006) подтверждаются для модели № 3.

Выявленный значительный рост эквивалентных напряжений, характерный для проксимальных спиц аппарата Илизарова диаметром 2 мм в компоновке без усиления планки (модель № 1), может стать причиной потери стабильности в системе «кость — аппарат» и привести к вторичному смещению костных отломков и нарушению консолидации.

По результатам нашего исследования, важной предпосылкой к потенциальному развитию нестабильности в области перелома в случае использования компоновки внешнего фиксатора № 1 представляется также максимальное значение эквивалентного напряжения в контактной паре «спицы — проксимальный отломок». Оно было равно для губчатого слоя 27 МПа, а для кортикального — 1694 МПа. Эти значения превышали пределы прочности костной ткани и являлись многократно бóльшими, чем параметры, достигаемые при использовании компоновок аппарата Илизарова № 2 и № 3 и интрамедуллярного гвоздя. Для модели № 2 значения данного параметра составили 12,6 и 129 МПа, а для модели № 3 — 14,7 и 104 МПа. Наименьшими они являлись для модели перелома проксимального отдела бедренной кости, фиксированного проксимальным бедренным гвоздем, — 6,0 и 68 МПа соответственно. Таким образом, наиболее близкими к «эталонному» являются параметры эквивалентного напряжения на границе контакта с фиксатором губчатой кости в модели аппарата Илизарова № 2. Полученные сведения, с нашей точки зрения, подтверждают и дополняют результаты исследования А. Верховода с соавт. (2006), а также обосновывают преимущества второго варианта компоновки аппарата Илизарова [16].

Известно, что прочность конструкции — это ее способность противостоять циклическим нагрузкам. В механике существует понятие предела выносливости для материала, который оценивают по результатам испытаний на усталость. По данным литературы, предел выносливости медицинской нержавеющей стали колеблется в диапазоне от 200 до 400 МПа [139]. Считается, что если напряжения

в конструкции не превышают предела выносливости материала, из которого она изготовлена, то при такой нагрузке изделие будет работать бесконечно долго.

С учетом вышесказанного и исходя из полученных результатов, при рассмотренных нагрузках модель № 4 способна работать бесконечно долго, что позволило нам рассматривать ее в качестве эталонной. Модели № 1 и 3, напротив, при циклическом нагружении даже силой 100 Н должны сломаться. Разработанная модель аппарата Илизарова № 2 способна работать без перелома его элементов при нагрузке 200 Н, при этом анализ полученных в эксперименте смещений отломков относительно друг друга свидетельствует о том, что в модели № 2 они оказались наименьшими и сопоставимыми с моделью № 4.

Анализ перемещений наиболее крупных центрального и периферического отломков бедренной кости, стабилизированных аппаратом Илизарова (модель № 2), также показал наилучший результат из всех рассмотренных компоновок аппаратов внешней фиксации, являвшийся наиболее близким к результатам применения проксимального бедренного гвоздя. Так, при нагружении в 100, 150 и 200 Н величина деформации области межотломкового диастаза составила 2,1 мм. Исследование этого параметра для других моделей аппарата Илизарова свидетельствовало о развитии макроподвижности: для модели № 1 при нагружении в 100 Н величина деформации области межотломкового диастаза достигала 9 мм, при 150 Н — 13,6 мм, а при 200 Н — 18,1 мм; для модели № 3 — 7,4; 11,0 и 14,7 мм соответственно.

Сопоставление данных, которые потенциально обосновывают более благоприятные условия для консолидации переломов типа А3 при внешнем остеосинтезе разработанным способом (модель № 2), и данных других клинических исследований по рассматриваемой тематике подтверждает результаты выполненных биомеханических экспериментов.

Таким образом, результаты проведенного на третьем этапе работы биомеханического моделирования свидетельствуют о том, что фиксатором выбора для остеосинтеза переломов типа А3 является проксимальный бедренный гвоздь. Параметры напряженно-деформированного состояния системы

«бедренная кость — ПБГ» являются неосуществимыми для аппарата Илизарова в любой из предлагаемых компоновок в сравнении с показателями проксимального бедренного гвоздя. Однако при отсутствии возможности выполнения внутреннего остеосинтеза компоновка аппарата Илизарова, предполагающая усиление его планки, фиксирующей проксимальные полиаксиальные напряженные спицы диаметром 3 мм вертикальной и кривой штангами, с позиции изученных параметров напряженно-деформированного состояния является оптимальной.

Совокупность полученных экспериментальных данных о характеристиках напряженно-деформированного состояния построенных моделей свидетельствовала о потенциальной возможности применения в клинической практике аппарата Илизарова с усилением планки для фиксации 3-миллиметровых спиц вертикальной и кривой штангами. Выполненное биомеханическое обоснование позволило осуществить клиническое применение разработанной компоновки № 2 аппарата Илизарова для остеосинтеза огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости, сопровождавшихся обширными дефектами мягких тканей области тазобедренного сустава, описание которого содержится в четвертой главе диссертации.

При исполнении завершающего четвертого этапа диссертационной работы была решена его четвертая задача, предполагавшая проведение клинической апробации разработанного способа внешнего остеосинтеза и доказательство его эффективности. Также было доказано третье положение, выносимое на защиту.

С целью реализации четвертой задачи удалось провести анализ результатов лечения 40 раненых из состава первой группы сравнения, которым был выполнен внешний остеосинтез огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости, сопровождавшихся дефектами мягких тканей.

Установлено, что отличных результатов лечения не было, а доля неудовлетворительных исходов составила 12,5% (5 пациентов). Последние были связаны с формированием ложных суставов (2 раненых, или 5,0%) и развитием инфекционных осложнений (3 пациента, или 7,5%).

Несмотря на то что рассматриваемые в нашем исследовании переломы являлись огнестрельными, количество и характер полученных неудовлетворительных результатов оказались сопоставимыми с данными научной литературы, описывающими исходы применения внешнего остеосинтеза закрытых латеральных переломов бедренной кости. Так, анализ серии случаев, представленный J. Buckley и S. Caiach (1993), показал, что консолидация отсутствовала в 10% (2 пациента из 20) [104]. Аналогичные результаты были описаны в 1996 г. A. Dhal и S. Singh, которые зафиксировали 3 клинических случая нарушения консолидации переломов проксимального отдела бедренной кости и одну рефрактуру у 51 прооперированного пациента [110].

Вместе с тем полученные нами данные оказались значительно лучше результатов лечения раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости, которые были представлены в 1998 г. D. Nikolić и Z. Jovanović с соавт. [126]. По материалам их исследований у 4-х из 23 прооперированных методом внешнего остеосинтеза раненых было получено несращение. Авторы подчеркивают, что причиной являлись биомеханические предпосылки к расшатыванию опорных элементов примененного фиксатора, приведшие к потере достигнутой стабильности. Они обусловлены наличием преимущественно губчатой костной ткани в вертельной области и унилатеральным типом используемых D. Nikolić и Z. Jovanović стержневых аппаратов, которые имеют «биомеханический предел» достигаемой стабильности [126].

Доля зарегистрированных в нашем исследовании инфекционных осложнений, ставших причиной неудовлетворительной оценки достигнутых результатов лечения, также оказалась сопоставимой с данными литературы. Удельное количество таких пациентов незначительно превысило описанные D. Mirić в 2002 г. 5,9% инфекционных осложнений, полученных автором при лечении методом внешнего остеосинтеза раненых с огнестрельными переломами проксимального отдела бедренной кости [125].

Хорошие результаты нам удалось достичь у 30 (75,0%), а удовлетворительные — у 5 (12,5%) раненых. Несмотря на консолидацию огнестрельного перелома, достигнутую у этих пациентов, такая оценка была дана в связи с сохраняющейся контрактурой коленного сустава (4 пациента, или 10%), а в одном случае (2,5%) — из-за имевшейся невропатии малоберцовой порции седалищного нерва.

Эти данные также были сопоставимы с результатами аналогичных исследований, представленными в изученной нами специальной литературе. Так, в статье, опубликованной в 1996 г. А. Dhal и S. Singh (Нью-Дели, Индия), содержащей анализ серии случаев хирургического лечения методом внешнего остеосинтеза пострадавших с подвертельными переломами бедренной кости, описано наличие у большинства пациентов послеоперационной контрактуры коленного сустава. Однако в 78% клинических наблюдений через 3 месяца после демонтажа аппарата внешней фиксации удалось достичь полной амплитуды движений [110].

Сравнение результатов клинического применения разработанного способа лечения и традиционной компоновки аппарата Илизарова у рассматриваемой категории раненых, проведенное нами в заключительной части четвертого этапа исследования, позволило выявить преимущества предложенного варианта внешнего остеосинтеза. Результаты лечения раненых сравниваемых групп свидетельствовали о большей доле хороших исходов 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. Межгрупповое сравнение удельного количества удовлетворительных и неудовлетворительных исходов свидетельствовало, что во второй группе их количество было почти в два раза выше, чем в первой.

Проведенное экспериментально-клиническое исследование обеспечило решение всех четырех поставленных задач и достижение его цели — 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. В ходе экспериментальной части исследования путем биомеханического моделирования был разработан оптимальный с точки зрения параметров напряженно-деформированного состояния системы «отломки бедренной кости — фиксатор» способ внешнего остеосинтеза перелома проксимального отдела бедренной кости. Одним из главных предъявляемых к нему требований являлось отсутствие тазового модуля аппарата Илизарова, что делает возможными ранние активные движения в тазобедренном суставе, относительно комфортное для пациента качество жизни в период использования аппарата внешней фиксации, а также передвижение на костылях с дозированной опорной нагрузкой на оперированную нижнюю конечность. В процессе проведения стендовых испытаний были доказаны преимущества стабильности фиксации костных отломков при использовании разработанной компоновки аппарата Илизарова.

При выполнении клинической апробации удалось полностью подтвердить результаты экспериментальной части нашего исследования, а также доказать преимущества применения внешнего остеосинтеза огнестрельных переломов проксимального отдела бедренной кости разработанным способом в сравнении с традиционной технологией внешнего остеосинтеза аппаратом Илизарова, предполагающей выполнение иммобилизации тазобедренного сустава.

В качестве дискуссии: в процессе клинической части нашей работы появилась идея компоновки аппарата Илизарова с возможностью комбинированного введения 3-миллиметровых спиц и стержней Шанца в проксимальный отломок бедренной кости. Эта идея была осуществлена при лечении нескольких пациентов по теме настоящего исследования, не вошедших в основную группу, что, по нашему мнению, станет продолжением дальнейших научных изысканий.

Результаты научной работы, полученные в ходе выполнения всех четырех взаимосвязанных ее экспериментальных и клинических этапов, позволили сформулировать и обосновать выводы и практические рекомендации.

## 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 IIIВ по Gustilo–Anderson) и костей (УКДДК ВD31А23 и ВD31А33), нарушениями гомеостаза (анемией, гипопротеинемией), 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 «бедренная кость — фиксатор». 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 клиничко-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 аутооттрансплантатом, 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.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВАШ	—	визуально-аналоговая шкала
ВВК	—	военно-врачебная комиссия
ВМедА	—	Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации
ВПХ-П(ОР)	—	военно-полевая хирургия — повреждения (огнестрельные ранения)
ВПХ-СП	—	военно-полевая хирургия — состояние при поступлении
ВПХ-СС	—	военно-полевая хирургия — состояние специализированное
КСВП	—	комплект стержневой военно-полевой
КСТ	—	комплект сочетанной травмы
КТ	—	компьютерная томография, компьютерная томограмма
МО РФ	—	Министерство обороны Российской Федерации
ПБГ	—	проксимальный бедренный гвоздь
ПХО	—	первичная хирургическая обработка
СМП	—	специализированная медицинская помощь
УЗДС	—	ультразвуковое дуплексное сканирование
УКДДК	—	универсальная классификация дефектов длинных костей
ЭОП	—	электронный оптический преобразователь
АО/ASIF	—	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen / Association for the Study of Internal Fixation (Рабочая группа по вопросам остеосинтеза / Ассоциация по изучению внутренней фиксации)
АО/ОТА	—	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen / Orthopedic Trauma Association

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверкиев, В. А. Огнестрельные ранения суставов : диссертация на соискание ученой степени д-ра. мед. наук / Аверкиев Вячеслав Аркадьевич. — Ленинград, 1988. — 484 с.
2. Аллахвердиев, А. С. оглы. Оптимизация технологии чрескостного остеосинтеза при лечении больных с переломами шейки бедренной кости : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» : диссертация на соискание ученой степени канд. мед. наук / Аллахвердиев Адалат Сахил оглы. — Санкт-Петербург, 2016. — 182 с.
3. Аллахвердиев, А. С. Сравнительный анализ результатов лечения больных с переломами шейки бедренной кости с применением монологатерального спице-стержневого устройства собственной конструкции и чрескостных фиксирующих спиц / А. С. Аллахвердиев, Ю. П. Солдатов // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2014. — Т. 10, № 4. — С. 627–635.
4. Аллахвердиев, А. С. Монологатеральное спице-стержневое устройство для остеосинтеза переломов проксимального отдела бедренной кости и их последствий / А. С. Аллахвердиев, Ю. П. Солдатов // Гений ортопедии. — 2013. — № 3. — С. 77–79.
5. Артемьев, А. А. Внешний остеосинтез по Г.А. Илизарову в комплексном лечении боевых повреждений голени / А. А. Артемьев, Ю. В. Гудзь, А. К. Дулаев // Всесоюзная конференция «Метод Илизарова: теория, эксперимент, клиника», 13–15 июня 1991 г., Курган : тезисы докладов. — Курган, 1991. — С. 487–488.
6. Артемьев, А. А. Реализация принципа демпферирования в аппаратах чрескостного остеосинтеза при лечении раненых с огнестрельными переломами костей голени в условиях военного конфликта : специальность 14.00.22 «Травматология и ортопедия»: диссертация на соискание ученой степени канд. мед. наук / Артемьев Александр Анатольевич. — Санкт-Петербург, 1992. — 325 с.

7. Артемьев, А. А. Современные принципы хирургического лечения огнестрельных переломов длинных костей, сочетающихся с повреждением магистральных сосудов / А. А. Артемьев, В. С. Дедушкин, И. А. Махлин // Актуальные вопросы последипломной подготовки военных врачей: (Методология и клиника) : тезисы докладов научно-методической конференции, посвященной 10-летию кафедры хирургии : в 2 т. — Москва : ВНИИСЭНТИ НПО «Медбиоэкономика», 1990. — Т. 1, С. 40.
8. Артемьев, А. А. Эстетическая и реконструктивная хирургия нижних конечностей / А. А. Артемьев, Д. М. Архипов, Ю. Г. Барановский ; под ред. А. А. Артемьева. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 248 с.
9. Ахмедов, Б. А. Оптимизация методов лечения раненых с огнестрельными переломами костей конечностей : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» ; 14.01.17 «Хирургия» : диссертация на соискание ученой степени д-ра мед. наук / Ахмедов Багавдин Абдулгаджиевич. — Санкт-Петербург, 2009. — 302 с.
10. Бобровский, Н. Г. Лечение переломов длинных костей при тяжелых сочетанных травмах универсальными стержневыми аппаратами комплекта КСТ-1 : автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. мед. наук : 14.00.27, 14.00.22 / Бобровский Николай Геннадьевич. — Москва, 1996. — 22 с.
11. Боровой, И. С. Хирургическое лечение огнестрельных повреждений области таза и тазобедренного сустава / И. С. Боровой, М. А. Герусов, А. В. Агарков, Г. В. Лобанов // Политравма. — 2023. — № 1. — С. 39–44.
12. Брижань, Л. К. Применение комплекта стержневого военно-полевого (КСВП) в двухэтапном последовательном остеосинтезе у раненых с огнестрельными переломами костей конечностей / Л. К. Брижань, Д. В. Давыдов, В. В. Хоминец [и др.] // Гений ортопедии. — 2015. — № 3. — С. 26–30.
13. Брижань, Л. К. Реализация общебиологических законов, открытых Г.А. Илизаровым, в лечении раненых и пострадавших с дефектами

- диафизов длинных костей нижних конечностей / Л. К. Брижань, М. И. Бабич, В. В. Хоминец [и др.] // Гений ортопедии. — 2016. — № 1. — С. 21–26.
14. Брюсов, П. Г. Боевые повреждения конечностей / П. Г. Брюсов, В. М. Шаповалов, А. А. Артемьев [и др.]. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 1996. — 128 с.
15. Быков, И. Ю. Военно-полевая хирургия : национальное руководство / И. Ю. Быков, Н. А. Ефименко, Е. К. Гуманенко. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 816 с.
16. Верховод, А. Ю. Применение метода конечных элементов для сравнительной оценки стабильности остеосинтеза оскольчатых диафизарных переломов костей голени блокируемыми интрамедуллярными стержнями и аппаратами наружной фиксации / А. Ю. Верховод, Д. В. Иванов // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 4. — С. 75.
17. Вовченко, В. И. Лечение раненых с огнестрельными переломами, осложненными дефектами бедренной и большеберцовой костей : специальность 14.00.22 «Травматология и ортопедия» : диссертация на соискание ученой степени канд. мед. наук / Вовченко Виктор Иванович. — Санкт-Петербург, 1994. — 208 с.
18. Грицанов, А. И. Взрывная травма / А. И. Грицанов, М. Мусса, И. П. Миннуллин [и др.]. — Кабул : Изд-во МО РА, 1987. — 165 с.
19. Грицанов, А. И. Ошибки и осложнения при лечении закрытых и открытых оскольчатых переломов костей методом внеочагового остеосинтеза / А. И. Грицанов, Г. В. Акимов, В. Р. Борисенко // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1975. — № 8. — С. 88.
20. Гуманенко, Е. К. Боевая хирургическая травма : учебное пособие для курсантов и слушателей академии / Е. К. Гуманенко. — Санкт-Петербург : ВМедА, 1997. — 72 с.

21. Гуманенко, Е. К. Военно-полевая хирургия локальных войн и вооруженных конфликтов : руководство для врачей / Е. К. Гуманенко, И. М. Самохвалов, В. И. Бадалов [и др.] ; под ред. Е. К. Гуманенко, И. М. Самохвалова. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 672 с.
22. Доль, А. В. Биомеханическое моделирование вариантов хирургического реконструктивного лечения спондилолистеза позвоночника на уровне L4–L5 / А. В. Доль, Е. С. Доль, Д. В. Иванов // Российский журнал биомеханики. — 2018. — Т. 22, № 1. — С. 31–44.
23. Дубров, В. Э. Переломы проксимального отдела бедренной кости. Клиника, диагностика и лечение (клинические рекомендации, в сокращении) / В. Э. Дубров, А. А. Шелупаев, Г. П. Арутюнов [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 2021. — Т. 28, № 4. — С. 49–89.
24. Зайцев, В. М. Практическая медицинская статистика : учебное пособие / В. М. Зайцев, С. И. Савельев ; под ред. А. И. Потапова, О. Г. Хурцилава. — Тамбов : ООО «Цифра», 2013. — 580 с.
25. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич ; пер. с англ. под ред. Б. Е. Победри. — Москва : Мир, 1975. — 542 с.
26. Иванов, Н. Г. Опыт медицинского обеспечения советских войск в Демократической Республике Афганистан : научный отчет. / Н. Г. Иванов. — Л., 1981. — Т. 1. — 255 с.
27. Иванов, Н. Г. Хирургическая помощь и лечение огнестрельных ранений в условиях высокогорья и жаркого климата : отчет / Н. Г. Иванов. — Ленинград, 1981. — 351 с.
28. Иванов, П. А. Оптимизация ортопедо-травматологической помощи раненым с огнестрельными переломами длинных трубчатых костей конечностей на этапах медицинской эвакуации в вооруженном конфликте : специальность 14.00.22 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. мед. наук / Иванов Павел Анатольевич. — Санкт-Петербург, 2002. — 30 с.

29. Илизаров, Г. А. Наш опыт остеосинтеза аппаратом автора / Г. А. Илизаров // Труды I съезда травматологов и ортопедов СССР. — Москва, 1963. — С. 166–168.
30. Илизаров, Г. А. Чрескостный остеосинтез при лечении множественных и сочетанных повреждений / Г. А. Илизаров, С. И. Швед, В. М. Шигарев // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1983. — № 1. — С. 1–4.
31. Касимов, Р. Р. Структура боевой хирургической травмы и особенности оказания хирургической помощи в передовых медицинских группах в активную фазу боевых действий / Р. Р. Касимов, В. А. Просветов, И. М. Самохвалов [и др.] // Военно-медицинский журнал. — 2024. — Т. 345, № 7. — С. 4–12.
32. Колчанов, С. Н. Дозированная тензометрическая нагрузка в восстановительном лечении больных с диафизарными переломами костей голени / С. Н. Колчанов, Л. С. Филипченков, М. Ф. Фадеев [и др.] // Тихоокеанский медицинский журнал. — 2008. — № 4(34). — С. 26–28.
33. Корж, А. А. Система внеочагового остеосинтеза стержневыми аппаратами / А. А. Корж, Б. А. Осыпив, О. К. Иванов // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1988. — № 7. — С. 1–7.
34. Крюков, Е. В. Этапное лечение раненых с повреждениями опорно-двигательной системы в современном вооруженном конфликте / Е. В. Крюков, Д. В. Давыдов, В. В. Хоминец [и др.] // Военно-медицинский журнал. — 2023. — Т. 344, № 3. — С. 4–17.
35. Крюков, В. Н. Судебная медицина : учебник / В. Н. Крюков, Л. М. Бедрин, И. В. Буромский [и др.] ; под ред. В. Н. Крюкова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Медицина, 1998. — 462 с.
36. Кудяшев, А. Л. Величина шеечно-диафизарного угла ножки эндопротеза тазобедренного сустава как биомеханическая предпосылка развития асептической нестабильности вертлужного компонента (экспериментальное исследование) / А. Л. Кудяшев, В. В. Хоминец, Д. В. Иванов [и др.] // Гений ортопедии. — 2022. — Т. 28, № 6. — С. 811–816.

37. Лакин, Г. Ф. Биометрия : учеб. пособие для биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. — Москва : Высшая школа, 1990. — 325 с.
38. Лесков, Н. И. Инфракрасная лазеротерапия раненых и больных с гнойными осложнениями травм конечностей : специальность 14.00.22 «Травматология и ортопедия» : автореферат на соискание ученой степени канд. мед. наук / Лесков Николай Иванович. — Санкт-Петербург, 1994. — 22 с.
39. Маслов, Л. Б. Конечно-элементный программный комплекс «Механика» — приложение в инженерном деле и биомеханике / Л. Б. Маслов, М. В. Козлов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. — 2001. — № 2. — С. 23–28.
40. Мельцер, Р. И. Послеоперационное ведение больных с неопорными переломами костей голени в условиях контролируемой осевой нагрузки / Р. И. Мельцер, Д. В. Иванов, И. П. Лозовик [и др.] // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. — 2013. — № 8(137). — С. 37–39.
41. Николенко, В. К. Лечение огнестрельных переломов бедра / В. К. Николенко, Ю. В. Аксенов, А. И. Дракин [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 1998. — № 3. — С. 3–9.
42. Николенко, В. К. Особенности тактики лечения огнестрельных переломов бедра / В. К. Николенко, Ю. В. Аксенов, В. П. Мишуринов, Л. К. Брижань // Гений ортопедии. — 2000. — № 2. — С. 14–17.
43. Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизе : постановление Правительства Российской Федерации от 04.07.2013 № 565 (с изменениями и дополнениями) // Правительство Российской Федерации : офиц. сайт. — URL: <http://government.ru/docs/all/87900/> (дата обращения: 29.05.2026).
44. Овденко, А. Г. Особенности огнестрельных диафизарных переломов костей предплечья, нанесенных современными ранящими снарядами, и способы фиксации отломков : специальность 14.00.22 «Травматология и ортопедия»

- : диссертация на соискание ученой степени канд. мед. наук / Овденко Андрей Григорьевич. — Санкт-Петербург, 1998. — 187 с.
45. Патент № 120354 U1 Российская Федерация, МПК А61В 17/60 (2006.01). Устройство для лечения больных с травмами и последствиями травм проксимального отдела бедра : № 2011154195/14 : заявлено 28.12.2011 : опубликовано 20.09.2012 Бюл. № 26 / Ю. П. Солдатов, А. С. Аллахвердиев оглы ; патентообладатель ФГБУ «Российский научный центр „Восстановительная травматология и ортопедия“ имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации. — 2 с.
46. Патент № 2119305 С1 Российской Федерации, МПК А61В17/56. Способ остеосинтеза вертельных переломов бедренной кости : № 97117229/14 : заявлено 24.10.1994 : опубликовано 27.09.1998 / А.И. Дракин, В. К. Николенко ; патентообладатель: А.И. Дракин, В. К. Николенко. — 8 с.
47. Патент № 2210996 С2 Российская Федерация, МПК А61В17/56. Способ лечения нестабильных чрезвертельных переломов : № 2001101257/14 : заявлено 12.01.2001 : опубликовано 27.07.2003 / С. И. Швед, Ю. М. Сысенко, А. В. Каминский ; патентообладатель Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. Г.А. Илизарова. — 6 с.
48. Патент № 2821665 С1 Российской Федерации, 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 [и др.] ; патентообладатель ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации (ВМедА). — 8 с.
49. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности / С. А. Айвазян, В. М. Буштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин ; под ред. С. А. Айвазяна. — Москва : Финансы и статистика, 1989. — 607 с.

50. Ревской, А. К. Огнестрельные ранения конечностей: руководство для врачей / А. К. Ревской, А. А. Люфинг, В. К. Николенко. — Москва : Медицина, 2007. — 272 с.
51. Рикун, О. В. Методы фиксации костных отломков при современных огнестрельных диафизарных переломах бедра : диссертация на соискание ученой степени канд. мед. наук / Рикун О. В. — Ленинград, 1982. — 198 с.
52. Рухман, Л. Е. Опыт советской медицины в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. / Л. Е. Рухман. — Москва : Детгиз, 1949–1955. — Т. 15 ; С. 331–387.
53. Рюди, Т. П. АО — Принципы лечения переломов : пер с англ. : в 2 т. / Т. П. Рюди, Р. Э. Бакли, К. Г. Моран. — Второе доп. и перераб. издание. — Минск : Вассамедиа, 2013. — 1103 с.
54. Сайф, Р. А. Особенности применения чрескостного остеосинтеза аппаратами внешней фиксации при лечении ложных суставов костей конечностей огнестрельного происхождения : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Сайф Р. А. — Санкт-Петербург, 1992. — 16 с.
55. Салохиддинов, Ф. Б. Оценка результатов лечения пациентов с переломами проксимального конца бедренной кости разработанным стержневым аппаратом в сравнении с различными видами остеосинтеза / Ф. Б. Салохиддинов // Гений ортопедии. — 2021. — Т. 27, № 2. — С. 175–181.
56. Сеппо, А. И. Металлоостеосинтез переломов костей на основе точных клиничко-технических наук / А. И. Сеппо. — Таллин : Периодика, 1978. — 80 с.
57. Слободской, А. Б. Хирургическая тактика при огнестрельных переломах костей конечностей в зависимости от возможностей этапа медицинской эвакуации / А. Б. Слободской // Раневой процесс в хирургии и военно-полевой хирургии : межвузовский сборник научных трудов. — Саратов, 1996. — С. 268–270.

58. Соломин, Л. Н. Основы чрескостного остеосинтеза. В 2 томах. Т. 2. Частные вопросы / Л. Н. Соломин, П. И. Бегун, М. В. Андрианов, А. М. Аранович ; под ред Л. Н. Соломина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : БИНОМ, 2015. — 696 с.
59. Талышинский, Р. Р. Остеосинтез чрезвертельных и подвертельных переломов бедренной кости стержневыми аппаратами наружной фиксации у лиц пожилого возраста / Р. Р. Талышинский, Ш. Ш. Гаджиев // Новости хирургии. — 2011. — Т. 19, № 3. — С. 82–85.
60. Ткаченко, С. С. Квалифицированная и специализированная хирургическая помощь раненым в конечности / С. С. Ткаченко, В. С. Дедушкин, А. Н. Ерохов // Хирургическая помощь раненым по опыту войны в Республике Афганистан : тематический сборник научных трудов каф. воен.-полевой хирургии. — Санкт-Петербург : [Б. и.], 1993. — С. 98–122.
61. Ткаченко, С. С. Общее и местное лечение раненых с огнестрельными переломами на этапах медицинской эвакуации / С. С. Ткаченко, В. К. Николенко, А. Н. Ерохов // Военно-медицинский журнал. — 1991. — № 2. — С. 24–26.
62. Ткаченко, С. С. Остеосинтез : руководство для врачей / С. С. Ткаченко. — Ленинград : Медицина, 1979. — 272 с.
63. Ткаченко, С. С. Современное состояние проблемы лечения огнестрельных переломов костей / С. С. Ткаченко, В. М. Гайдуков, А. Е. Белоусов // Военно-медицинский журнал. — 1990. — № 41. — С. 7–79.
64. Ткаченко, С. С. Современные принципы лечения огнестрельных ранений суставов на этапах медицинской эвакуации / С. С. Ткаченко, В. А. Аверкиев // Военно-медицинский журнал. — 1989. — № 10. — С. 18–21.
65. Ткаченко, С. С. Хирургическая обработка ран при огнестрельных переломах костей конечностей как проблема целостного организма / С. С. Ткаченко // Опыт советской медицины в Афганистане : тез. докл. Всеармейской научной конференции. — Москва : ВМОЛА, 1992. — С. 83–84.

66. Ткаченко, С. С. Чрескостный остеосинтез стержневыми аппаратами при лечении больных с тяжелыми повреждениями конечностей / С. С. Ткаченко, В. А. Иванов, Б. А. Осыпив // Военно-медицинский журнал. — 1992. — № 6. — С. 6–9.
67. Травматология : национальное руководство / под ред. Г. П. Котельникова, С. П. Миронова. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 808 с.
68. Тришкин, Д. В. Развитие концепции оказания медицинской помощи раненым с повреждениями опорно-двигательного аппарата в современных условиях / Д. В. Тришкин, Е. В. Крюков, Д. В. Давыдов [и др.] // Военно-медицинский журнал. — 2024. — Т. 345, № 5. — С. 4–11.
69. Тришкин, Д. В. Военно-полевая хирургия. Национальное руководство / Д. В. Тришкин, Е. В. Крюков, Д. Е. Алексеев [и др.]. — 2-е издание, перераб. и доп. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2024. — 1056 с.
70. Урбах, В. Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях / В. Ю. Урбах. — Москва : Медицина, 1975. — 295 с.
71. Хоминец, В. В. Лечение раненных в конечности в войнах и вооруженных конфликтах / В. В. Хоминец, В. М. Шаповалов, С. В. Михайлов, Л. К. Брижань. — Санкт-Петербург : Историческая иллюстрация, 2021. — 304 с.
72. Хоминец, В. В. Особенности лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей методом последовательного внутреннего остеосинтеза / В. В. Хоминец, А. В. Щукин, С. В. Михайлов, И. В. Фоос // Политравма. — 2017. — № 3. — С. 12–22.
73. Хоминец, В. В. Современное состояние, проблемы лечения пострадавших с открытыми переломами длинных костей конечностей / В. В. Хоминец, И. Г. Беленький, Д. И. Кутянов, С. И. Мальцев // Клиническая медицина. — 2011. — № 12(48). — С. 572–587.
74. Хоминец, И. В. Биомеханическое обоснование использования двухрядной пластины LCP при диафизарных переломах / И. В. Хоминец, К. Д. Мамедов,

- А. Л. Кудяшев // Известия Российской военно-медицинской академии. — 2019. — Т. 38, № S1–2. — С. 248–253.
75. Шагдуров, В. А. Лечение переломов шейки бедренной кости аппаратом наружной фиксации / В. А. Шагдуров, Г. А. Краснояров, Ч. С. Доржиев // Вестник Бурятского государственного университета. — 2012. — № 12. — С. 72–74.
76. Шаповалов, В. М. Анализ результатов лечения огнестрельных переломов длинных костей конечностей, полученных военнослужащими в ходе контртеррористической операции в Чечне / В. М. Шаповалов, А. К. Дулаев, П. А. Иванов // Человек и его здоровье = People & health : материалы Седьмого российского национального конгресса, Санкт-Петербург, 26–29 ноября 2002 г. — Санкт-Петербург : Человек и здоровье, 2002. — С. 159.
77. Шаповалов, В. М. Боевые повреждения конечностей: инфраструктура ранений и особенности состояния раненых в период локальных войн (сообщение 1) / В. М. Шаповалов // Травматология и ортопедия России. — 2006. — № 2(40). — С. 301–302.
78. Шаповалов, В. М. Боевые повреждения конечностей: применение современных медицинских технологий и результаты лечения раненых (сообщение 9) / В. М. Шаповалов // Травматология и ортопедия России. — 2006. — № 2(40). — С. 307–308.
79. Шаповалов, В. М. Боевые повреждения конечностей: сберегательная первичная хирургическая обработка огнестрельной костно-мышечной раны (сообщение 7) / В. М. Шаповалов, А. Н. Ерохов // Травматология и ортопедия России. — 2006. — № 2(40). — С. 305–306.
80. Шаповалов, В. М. Внешний остеосинтез при лечении раненых / В. М. Шаповалов, А. Г. Овденко, В. В. Хоминец. — Санкт-Петербург : НПО «Профессионал», 2013. — 284 с.
81. Шаповалов, В. М. Возможности последовательного остеосинтеза при лечении раненых с огнестрельными переломами длинных костей

- конечностей / В. М. Шаповалов, В. В. Хомянец // Гений ортопедии. — 2010. — № 3. — С. 5–12.
82. Шаповалов, В. М. Огнестрельный остеомиелит / В. М. Шаповалов, А. Г. Овденко. — Санкт-Петербург : МОРСАР АВ, 2000. — 143 с.
83. Шаповалов, В. М. Особенности применения внешнего и последовательного остеосинтеза у раненых с огнестрельными переломами длинных костей конечностей / В. М. Шаповалов, В. В. Хомянец // Травматология и ортопедия России. — 2010. — № 1(55). — С. 7–13.
84. Шаповалов, В. М. Современные принципы лечения огнестрельных ранений суставов конечностей на этапах медицинской эвакуации / В. М. Шаповалов, В. А. Аверкиев // Состояние и перспективы развития военной травматологии и ортопедии : сб. ст. — Санкт-Петербург : Морсар АВ, 1999. — С. 210–217.
85. Шаповалов, В. М. Структура и характеристика ранений у военнослужащих с огнестрельным переломом длинных костей конечностей во время вооруженного конфликта в Чечне в 1994–1996 гг. / В. М. Шаповалов, Е. К. Гуманенко, А. К. Дулаев // Особенности оказания медицинской помощи и лечение раненых и больных с боевой хирургической и терапевтической травмой в локальных конфликтах : материалы Всероссийской научно-практической конференции. — Санкт-Петербург : [Б. и.], 2002. — С. 220–221.
86. Шевцов, В. И. Аппарат Илизарова. Биомеханика / В. И. Шевцов, В. А. Немков, Л. В. Скляр. — Курган : Периодика, 1995. — 165 с.
87. Шевцов, В. И. Дефекты костей нижней конечности : Чрескостный остеосинтез по методикам Российского научного центра «ВТО» им. академика Г.А. Илизарова / В. И. Шевцов, В. Д. Макушин, Л. М. Куфтырев. — Курган : Изд.-полигр. предприятие «Зауралье», 1996. — 504 с.
88. Шевцов, В. И. Жесткость консольных спиц и стержней при чрескостном остеосинтезе / В. И. Шевцов, В. А. Немков, Э. В. Бурлаков // Гений ортопедии. — 1998. — № 1. — С. 45–47.

89. Шевцов, В. И. Метод чрескостного остеосинтеза в лечении больных хроническим остеомиелитом : кн. в 2 ч. / В. И. Шевцов, А. И. Лапынин, Н. М. Ключин. — Курган : Зауралье, 2001. — 221 с.
90. Шевцов, В. И. Оперативное удлинение нижних конечностей / В. И. Шевцов, А. В. Попков. — Москва : Медицина, 1998. — 192 с.
91. Шевцов, В. И. Чрескостный остеосинтез при лечении оскольчатых переломов / В. И. Шевцов, С. И. Швед, Ю. М. Сысенко. — Курган : ЗАО «Дамми», 2002. — 326 с.
92. Шумило, А. В. Профилактика послеоперационных местных осложнений при лечении больных с остеомиелитом и дефектами большеберцовой кости методом чрескостного остеосинтеза : специальность 14.000.22 «Травматология и ортопедия» : диссертация на соискание ученой степени канд. мед. наук / Шумило Александр Васильевич. — Санкт-Петербург, 1997. — 218 с.
93. Юнкеров, В. И. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований / В. И. Юнкеров, С. Г. Григорьев, М. В. Резванцев. — Санкт-Петербург : ВМедА, 2011. — 318 с.
94. Юшманов, Г. И. Огнестрельный остеомиелит: особенности этиологии, патогенеза, клиники и лечения / Г. И. Юшманов, А. Г. Овденко // Состояние и перспективы развития военной травматологии и ортопедии : сб. ст. — Санкт-Петербург : Морсар АВ, 1999. — С. 278–294.
95. Янсон, Х. А. Биомеханика нижней конечности человека / Х. А. Янсон ; АН Латв. ССР, Ин-т механики полимеров. Риж. науч.-исслед. ин-т травматологии и ортопедии. — Рига : Зинатне, 1975 — 324 с.
96. Alcivar, E. A new method of external fixation for proximal fractures of the femur / E. Alcivar // Injury. — 2001. — Vol. 32, Suppl. 1. — P. 107–114.
97. Aros, B. Is a sliding hip screw or IM nail the preferred implant for intertrochanteric fracture fixation? / B. Aros // Clin. Orthop. Relat. Res. — 2008. — Vol. 466(11). — P. 2827–2832.

98. Atesalp, A. S. Treatment of tibial bone defects with the Ilizarov circular external fixator in high-velocity gunshot wounds / A. S. Atesalp, M. Basbozkurt, E. Erler [et al.] // *Int. Orthop.* — 1998. — Vol. 22(6). — P. 343–347.
99. Badoo, A. R. External fixation of intertrochanteric fractures as an option in high risk geriatric patients / A. R. Badoo, N. Bashir, S. B. S. Shah, M. Ahsan // *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences.* — 2015. — Vol. 4, Issue 27. — P. 4629–4636.
100. Becker, V. V. Jr. Gunshot injuries to the hip and abdomen: the association of joint and intra-abdominal visceral injuries / V. V. Becker Jr, W. W. Brien, M. Patzakis, J. Wilkins // *J. Trauma.* — 1990. — Vol. 30(11). — P. 1324–1329.
101. Behrens, F. General theory and principles of external fixation / F. Behrens // *Clin. Orthop. Relat. Res.* — 1989. — Vol. 241. — P. 15–23.
102. Bessonov, L. V. Constructing the dependence between the Young's modulus value and the Hounsfield units of spongy tissue of human femoral heads / L. V. Bessonov, A. A. Golyadkina, P. O. Dmitriev [et al.] // *Izvestiya of Saratov University. Mathematics. Mechanics. Informatics.* — 2021. — Vol. 21, № 2. — P. 182–193.
103. Brammar, T. J. Reverse obliquity and transverse fractures of the trochanteric region of the femur: a review of 101 cases / T. J. Brammar // *Injury.* — 2005. — Vol. 36(7). — P. 851–857.
104. Buckley, J. R. External fixation in comminuted upper femoral fractures / J. R. Buckley, S. M. Caiach // *Injury.* — 1993. — Vol. 24(7). — P. 476–478.
105. Celebi, L. Indirect reduction and biological internal fixation of comminuted subtrochanteric fractures of the femur / L. Celebi // *Injury.* — 2006. — Vol. 37(8). — P. 740–750.
106. Characterization of novel intramedullary nailing method for treating femoral shaft fracture through finite element analysis / Y. Cui, W. Xing, Z. Pan [et al.] // *Experimental and Therapeutic Medicine.* — 2020. — Vol. 20(2). — P. 748–753.
107. Crawford, C. H. The trochanteric nail versus the sliding hip screw for intertrochanteric hip fractures: a review of 93 cases / C. H. Crawford,

- A. L. Malkani, S. Cordray [et al.] // *J. Trauma.* — 2006. — Vol. 60(2). — P. 325–328. — Discussion 328–329.
108. Cristofolini, L. Mechanical validation of whole bone composite tibia models / L. Cristofolini, M. Viceconti // *J. Biomech.* — 2000. — Vol. 33(3). — P. 279–288.
109. Demiralp, B. Total elbow arthroplasty in patients who have elbow fractures caused by gunshot injuries: 8 to 12-year follow-up study / B. Demiralp, M. Komurcu, C. Ozturk [et al.] // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* — 2008. — Vol. 128(1). — P. 17–24.
110. Dhal, A. Biological fixation of subtrochanteric fractures by external fixation / A. Dhal, S. S. Singh // *Injury.* — 1996. — Vol. 27(10). — P. 723–731.
111. Ding, M. Age variations in the properties of human tibial trabecular bone and cartilage / M. Ding // *Acta Orthop. Scand. Suppl.* — 2000. — Vol. 292. — P. 1–45.
112. Gill, J. B. Intertrochanteric hip fractures treated with the trochanteric fixation nail and sliding hip screw / J. B. Gill, L. Jensen, P. C. Chin [et al.] // *J. Surg. Orthop. Adv.* — 2007. — Vol. 16(2). — P. 62–66.
113. Gotfried, Y. Intertrochanteric fractures in high risk geriatric patients treated by external fixation / Y. Gotfried, E. Frish, D. G. Mendes, M. Roffman // *Orthopedics.* — 1985. — Vol. 8(6). — P. 769–774.
114. Grotz, M. R. Open pelvic fractures: epidemiology, current concepts of management and outcome / M. R. Grotz, M. K. Allami, P. Harwood [et al.] // *Injury.* — 2005. — Vol. 36(1). — P. 1–13.
115. Harrington, P. Intramedullary hip screw versus sliding hip screw for unstable intertrochanteric femoral fractures in the elderly / P. Harrington, A. Nihal, A. K. Singhania, F. R. Howell // *Injury.* — 2002. — Vol. 33(1). — P. 23–28.
116. Heiner, A. D. Structural properties of a new design of composite replicate femurs and tibias / A. D. Heiner, T. D. Brown // *J. Biomech.* — 2001. — Vol. 34(6). — P. 773–781.

117. Heinert, G. Intramedullary osteosynthesis of complex proximal femoral fractures with the Targon PF nail / G. Heinert, M. J. Parker // *Injury*. — 2007. — Vol. 38(11). — P. 1294–1299.
118. Hoffmann, R. Closed osteosynthesis with special reference to war surgery / R. Hoffmann // *Acta Chirurgica Scandinavica*. — 1942. — Vol. 86. — P. 235–266.
119. Jones, H. W. Are short femoral nails superior to the sliding hip screw? A meta-analysis of 24 studies involving 3,279 fractures / H. W. Jones, P. Johnston, M. Parker // *Int. Orthop.* — 2006. — Vol. 30(2). — P. 69–78.
120. Kata, N. Finite element analysis of external fixator for treating femur fracture: analysis on stainless steel and titanium as material of external fixator / N. Kata, N. Abidin, F. U. Abd Aziz [et al.] // *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*. — 2021. — Vol. 17. — P. 274–284.
121. Lee, P. C. Biologic plating versus intramedullary nailing for comminuted subtrochanteric fractures in young adults: a prospective, randomized study of 66 cases / P. C. Lee, P. H. Hsieh, S. W. Yu [et al.] // *J. Trauma*. — 2007. — Vol. 63(6). — C. 1283–1291.
122. Mattsson, P. Resorbable cement for the augmentation of internally-fixed unstable trochanteric fractures: a prospective, randomised multicentre study / P. Mattsson, A. Alberts, G. Dahlberg [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Br.* — 2005. — Vol. 87(9). — P. 1203–1209.
123. Mešić, E. Finite element analysis and experimental testing of stiffness of the Sarafix external fixator / E. Mešić, V. Avdić, N. Pervan, N. Repčić // *Procedia Engineering*. — 2015. — Vol. 100. — P. 1598–1607.
124. Miller, A. N. Transabdominal gunshot wounds of the hip and pelvis / A. N. Miller, E. A. Carroll, H. T.-P. Pilson // *J. Am. Academ. Orthop. Surg.* — 2013. — Vol. 21(5). — P. 286–292.
125. Miric, D. M. Pelvifemoral external fixation for the treatment of open fractures of the proximal femur caused by firearms / D. M. Miric, M. Z. Bumbasirevic,

- K. K. Senohradski, Z. P. Djordjevic // *Acta Orthop. Belg.* — 2002. — Vol. 68(1). — P. 37–41.
126. Nikolić, D. Subtrochanteric missile fractures of the femur / D. Nikolić, Z. Jovanović, G. Turković [et al.] // *Injury.* — 1998. — Vol. 29(10). — P. 743–749.
127. Parker, M. J. Gamma and other cephalocondylic intramedullary nails versus extramedullary implants for extracapsular hip fractures / M. J. Parker, H. H. G. Handoll // *Cochrane Database Syst Rev.* — 2004. — № 1. — Art. CD000093.
128. Pitkin, M. Mathematical modeling of fixation of a bone fragment in a new Double-needle external Fixator compared to Hoffmann II fixator / M. Pitkin, Y. Shukeylo, A. Gritsanov // *Ser. Biomech.* — 2007. — Vol. 23(1). — P. 96–103.
129. Pochrzast, M. Biomechanical analysis of limited-contact plate used for osteosynthesis / M. Pochrzast, M. Basiaga, J. Marciniak, M. Kaczmarek // *Acta Bioeng. Biomech.* — 2014. — Vol. 16(1). — P. 99–105.
130. Radcliffe, I. A. Investigation into the affect of cementing techniques on load transfer in the resurfaced femoral head: a multi-femur finite element analysis / I. A. Radcliffe, M. Taylor // *Clin. Biomech. (Bristol).* — 2007. — Vol. 22(4). — P. 422–430.
131. Saarenpää, I. Treatment of subtrochanteric fractures. A comparison of the Gamma nail and the dynamic hip screw: short-term outcome in 58 patients / I. Saarenpää, T. Heikkinen, P. Jalovaara // *Int. Orthop.* — 2007. — Vol. 31(1). — P. 65–70.
132. Sallah, M. Z. Numerical simulation of the femur fracture under static loading / M. Z. Sallah, S. Benbarek, S. Abderahmane [et al.] // *Structural Engineering and Mechanics.* — 2016. — Vol. 60(3). — P. 405–412.
133. Saudan, M. Pertrochanteric fractures: is there an advantage to an intramedullary nail? A randomized, prospective study of 206 patients comparing the dynamic hip screw and proximal femoral nail / M. Saudan, A. Lübbecke, C. Sadowski [et al.] // *J. Orthop. Trauma.* — 2002. — Vol. 16(6). — P. 386–393.

134. Schipper, I. B. Unstable trochanteric femoral fractures: extramedullary or intramedullary fixation. Review of literature / I. B. Schipper, R. K. Marti, C. van der Werken // *Injury*. — 2004. — Vol. 35(2). — P. 142–151.
135. Scott, I. H. Treatment of intertrochanteric fractures by skeletal pinning and external fixation / I. H. Scott // *Clin. Orthop.* — 1957. — Vol. 10. — P. 326–334.
136. Solomin, L. Universal long bone defect classification / L. Solomin, A. Komarov, A. Semenistyy [et al.] // *Journal of Limb Lengthening & Reconstruction*. — 2022. — Vol. 8(1). — P. 54–62.
137. Strauss, E. Helical blade versus sliding hip screw for treatment of unstable intertrochanteric hip fractures: a biomechanical evaluation / E. Strauss, J. Frank, J. Lee [et al.] // *Injury*. — 2006. — Vol. 37(10). — P. 984–989.
138. Subasi, M. Treatment of intertrochanteric fractures by external fixation / M. Subasi, C. Kesemenli, A. Kapukaya, S. Necmioglu // *Acta Orthop. Belg.* — 2001. — Vol. 67(5). — P. 468–474.
139. Teoh, S. H. Fatigue of biomaterials: a review / S. H. Teoh // *International Journal of Fatigue*. — 2000. — Vol. 22(10). — P. 825–837.
140. Vidall, J. La fixation externe d'Hoffmann / J. Vidall. — Genève : Diffinco SA, 1980. — 132 p.
141. Vitins, V. Flexural and creep properties of human jaw compact bone for FEA studies / V. Vitins, M. Dobelis, J. Middleton [et al.] // *Comput. Methods Biomech. Biomed. Engin.* — 2003. — Vol. 6(5–6). — P. 299–303.
142. Wang, C. Biomechanical evaluation of a new intramedullary nail compared with proximal femoral nail antirotation and InterTAN for the management of femoral intertrochanteric fractures / C. Wang, N. Duan, Z. Li [et al.] // *Front. Bioeng. Biotech.* — 2024. — Vol. 12. — Art. 1353677. — 11 p.