

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

На правах рукописи



Щербаков Иван Михайлович

**Динамический цефаломедуллярный остеосинтез в лечении пациентов старших
возрастных групп с чрезвертельными переломами**

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук
Дубров Вадим Эрикович

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ЧРЕЗВЕРТЕЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ БЕДРЕННОЙ КОСТИ У ПОЖИЛЫХ ПАЦИЕНТОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	13
1.1 Функциональная анатомия и биомеханика тазобедренного сустава и проксимального отдела бедра.....	13
1.2 Применение математического моделирования для изучения свойств проксимального отдела бедренной кости.....	16
1.3 Эпидемиология, механизмы травмы при чрезвертельных переломах, их диагностика и классификация.....	19
1.4 Методы лечения пациентов с чрезвертельными переломами бедренной кости.....	21
1.5 Результаты и осложнения лечения чрезвертельных переломов.....	25
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	33
2.1 Дизайн исследования.....	33
2.2 Методики обследования.....	35
2.3 Статистическая обработка результатов.....	42
2.4 Характеристика пациентов в группах исследования.....	44
2.5 Хирургическое лечение пациентов.....	53
ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ «БЕДРЕННАЯ КОСТЬ – ДИНАМИЗИРУЕМЫЙ МЕТАЛЛОФИКСАТОР» В УСЛОВИЯХ УМЕНЬШЕНИЯ РАЗМЕРА ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРА.....	59
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ В ГРУППАХ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	67
4.1 Лечение пациентов в группе динамической фиксации (группа исследования).....	67
4.2 Лечение пациентов в группе статической фиксации (группа сравнения).....	74
4.3 Ошибки и осложнения лечения чрезвертельных переломов в группах исследования.....	78
ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	106
ВЫВОДЫ	116
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	117
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	141

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Большинство переломов проксимального отдела бедренной кости (ПОБК) и, в частности, чрезвертельных переломов, происходит у пациентов пожилого, старческого возраста и у долгожителей [133], являясь одной из самых частых причин для госпитализации в этих возрастных группах и представляя серьезную медицинскую и социально-экономическую проблему в современном мире [13, 16, 68, 82, 155, 164, 178, 179, 220, 230, 240]. По данным ряда авторов, до трех четвертей этих повреждений приходится на пациентов старше 75 лет [121, 178]. Абсолютное число пациентов с переломами ПОБК растет в связи с повышением продолжительности жизни населения и увеличением доли лиц старше 65 лет, страдающих остеопорозом различной этиологии [70, 177, 178, 230, 244]. По оценкам экспертов, к 2050 г. в мире ежегодно будет происходить до 4,5 млн переломов ПОБК, около половины которых будут составлять чрезвертельные переломы [152, 236].

Стратегия раннего хирургического вмешательства (остеосинтеза) при чрезвертельных переломах бедренной кости в настоящее время завоевывает все больше и больше сторонников [16, 25, 27, 42, 49, 54, 55, 68, 74, 130, 178] и включена в ряд зарубежных и отечественных клинических рекомендаций [29, 79, 185, 191, 218]. Остеосинтез позволяет достичь стабилизации отломков и дает возможность ранней мобилизации пациента, тем самым разрывая порочные гипостатические патофизиологические круги [164, 178, 220, 239, 240].

Несмотря на это, результаты лечения пациентов с чрезвертельными переломами далеки от идеальных [8, 13, 62, 73, 74, 81, 164, 177, 181]. Смертность в группе пациентов с переломами ПОБК составляет до 10% через 1 месяц после травмы и до 30% через 1 год после травмы даже при оперативном лечении, а при консервативном достигает 63% [6, 82, 121, 181, 220, 230, 244]. Однако среди выживших около 60% пациентов, которые до травмы вели самостоятельный образ жизни, после перелома полностью себя обслуживать уже не могут, а 25% становятся беспомощны и нуждаются в постоянном уходе [68, 98, 150, 178].

Одной из основных причин неудовлетворительных исходов лечения является снижение функциональных возможностей и коморбидность пациентов этих возрастных групп [135], а также наличие у многих пациентов состояния, описываемого в литературе по гериатрии термином «хрупкость», или «frailty» [147, 197]. Это состояние обуславливает низкий реабилитационный потенциал, высокий риск тяжелых нарушения гомеостаза организма даже при незначительных внешних воздействиях и повышенный риск сердечно-сосудистых, легочных, тромбоэмболических,

инфекционных осложнений и кровотечений [9, 33, 42, 61, 68, 82, 97, 111, 178]. Развитие вышеупомянутых осложнений приводит к неудовлетворительному результату лечения, что неизбежно снижает качество жизни и мешает возврату к дотравматическому уровню физической и социальной активности [26, 51, 68, 118, 121, 155, 203].

Особую группу пациентов составляют больные, которые при сохранении способности ходить не могут полностью следовать реабилитационной стратегии после выполнения операции, из-за чего при ходьбе полностью опираются на оперированную ногу. До сих пор среди травматологов встречается мнение, что у таких пациентов хирургическое лечение противопоказано из-за крайне высокого риска осложнений ортопедического характера – несращение переломов, миграция элементов фиксатора и вторичное смещение отломков, периимплантные переломы и т.п. [8, 121, 181]. Возникновение этих осложнений определяется комплексом как биологических (нарушение кровообращения в зоне перелома, замедление процессов репарации костной ткани), так и биомеханических (недостаточная прочность костной ткани на фоне остеопороза, неблагоприятное перераспределение нагрузок в кости и фиксаторе с формированием зон концентрации напряжений, превышающей прочность конструкции) факторов [73, 104, 121, 159]. Развитие ортопедических осложнений значительно снижает качество жизни пациента и нередко требует повторных операций.

Именно осложнения ортопедического характера, по мнению многих авторов, нуждаются в дальнейшем изучении для поиска способа снижения их частоты [16, 85, 155, 164, 169, 171, 177, 181, 203], что делает актуальной тему настоящего исследования.

Степень разработанности проблемы

Частота ортопедических осложнений после остеосинтеза чрезвертельных переломов достаточно высока и ухудшает результаты лечения пожилых пациентов [181, 236]. Причинами таких осложнений могут быть недостаточная репозиция отломков и нарушения технологии имплантации фиксатора [42, 82, 240], однако даже в случае полного соблюдения хирургических технологий полностью избежать возникновения осложнений не удастся [39, 121, 155, 203].

Среди возможных причин выделяют снижение надежности фиксации из-за остеопороза, повышенный риск повторных падений [73, 121, 175]. Однако в общем риск возникновения механических осложнений для каждой конкретной системы определяется соотношением предельно допустимой нагрузки и её реальных значений на различных этапах репарации кости в процессе послеоперационной реабилитации [43, 189, 211]. Важным производящим фактором для развития осложнений может быть полная нагрузка на оперированную конечность при ходьбе. У молодых

пациентов можно модифицировать степень нагрузки на конечность в зависимости от качества костной ткани и способа фиксации отломков, поскольку они могут ходить с использованием дополнительных средств опоры (костыли, ходунки) и осознанно регулировать степень нагрузки на конечность в течение всего периода реабилитации [162]. Пожилые пациенты зачастую этого делать не могут, но отказ от раннего начала ходьбы сопряжен с увеличением частоты развития осложнений и смертности [164, 166, 187, 220, 238]. В последнее десятилетие в литературе, в международных и отечественных клинических рекомендациях говорится о максимально раннем после операции начале ходьбы с полной нагрузкой на оперированную конечность [16, 79, 134, 164, 218, 191]. В свете этих рекомендаций решение проблемы ортопедических осложнений у пациентов старших возрастных групп должно вестись в рамках полной нагрузки на систему «кость – металлофиксатор».

Авторы многих исследований, сравнивающих результаты применения фиксаторов различной конструкции, сообщают лишь о разрешении пациентам ходить с полной нагрузкой на оперированную ногу с указанием «по переносимости» (по-английски «as tolerated»), однако часто публикации не содержат информации о реальной величине и динамике этой нагрузки [39, 171, 186, 220, 223]. Поскольку часть пациентов пожилого возраста физически в состоянии в различной степени ограничивать нагрузку на оперированную ногу из-за боли или страха [157], это делает сравнения результатов применения фиксаторов различной конструкции в неопределенной степени зависимыми от этого фактора [155]. В изученной литературе нет четких критериев, позволяющих на предоперационном этапе оценить способность ходить без опоры на оперированную ногу после остеосинтеза [220]. Существует ряд исследований, в которых рассматривается измерение величины нагрузки на оперированную ногу при ходьбе с помощью датчиков [220, 238, 240], однако эти исследования основываются на небольших выборках пациентов и содержат противоречивые результаты. В одних публикациях сообщается, что пациенты не могут ходить без нагрузки, даже если им рекомендуют её ограничивать [239, 240], в других – пациенты после цефаломедулярного остеосинтеза по поводу чрезвертельных переломов всегда недогружают ногу, даже если им рекомендуют ходить с полной нагрузкой [238]. Таким образом, неоднозначность рекомендаций по степени опоры на конечность не позволяет сформулировать полноценный алгоритм применения различных способов фиксации и послеоперационной реабилитации.

Повышенные нагрузки на начальном этапе консолидации могут стимулировать процессы резорбции в зоне перелома и приводить к появлению между отломками дефекта костной ткани и постепенному уменьшению размеров ПОБК по оси его шейки [120], однако в литературе не обнаружено оценки этого процесса как осложнения или как физиологические приспособления, также как нет данных, насколько это явление в условиях остеосинтеза может вносить свой вклад в

развитие ортопедических осложнений. Потенциальная возможность для этого есть, поскольку потеря костной ткани неизбежно приведет к изменению пространственных взаимоотношений фрагментов кости и элементов фиксатора и к перераспределению механических нагрузок. Однако в литературе недостаточно исследований, посвященных биомеханическим аспектам этих изменений.

Стратегия уменьшения ортопедических осложнений путем жесткой фиксации отломков элементами имплантата без возможности изменения их положения может ассоциироваться с большей частотой вторичного смещения отломков и миграции винтов [132, 154]. Динамическую фиксацию фрагментов кости давно использует для лечения замедленной консолидации диафизарных переломов [123, 212]. Идея использовать динамизацию отломков при чрезвертельных переломах привела к разработке динамизируемых цефаломедуллярных штифтов, в конструкции которых заложено скольжение шеечных винтов относительно втулки штифта [120]. Существуют работы, в которых выполнено сравнение результатов применения динамизируемых и статических фиксаторов [120, 126, 175], но в них не указан характер послеоперационной нагрузки на конечность и нет акцента на происходящих в проксимально отделе бедренной кости изменениях, так что определить только по клиническим данным, использование каких фиксаторов предпочтительнее, не получается.

Таким образом, выбор оптимального с биомеханической точки зрения способа фиксации отломков в зависимости от способности пациента следовать реабилитационной программе потенциально мог бы уменьшить риск осложнений и повысить качество лечения, что делает актуальной целью настоящего исследования.

Цель исследования

Цель настоящего исследования – улучшить результаты лечения пациентов старше 65 лет с чрезвертельными переломами бедренной кости за счет рационального выбора способа фиксации отломков при оперативном лечении.

Задачи исследования

1. Определить с помощью методов математического моделирования изменения, происходящие в системе «бедренная кость – динамизируемый цефаломедуллярный штифт» при укорочении оси шейки бедренной кости в условиях полной нагрузки на ногу весом тела.

2. Определить изменения анатомии проксимального отдела бедренной кости после цефаломедуллярного остеосинтеза чрезвертельного перелома у пациентов старше 65 лет в условиях полной нагрузки на оперированную конечность.

3. Определить частоту и причины ортопедических осложнений, возникающих при цефаломедуллярном остеосинтезе чрезвертельных переломов бедренной кости у пациентов старше 65 лет.

4. Сравнить функциональные результаты применения статической и динамической фиксации отломков бедренной кости у пациентов старше 65 лет с чрезвертельными переломами в условиях полной нагрузки на оперированную конечность.

Научная новизна

1. Впервые с помощью метода конечных элементов показано положительное влияние укорочения оси шейки бедренной кости на механическую стабильность системы «бедренная кость – динамизируемый цефаломедуллярный штифт» во время консолидации чрезвертельных переломов при ходьбе с полной нагрузкой на ногу.

2. Впервые выявлены статистически значимо лучшие результаты применения динамической фиксации по сравнению со статической при хирургическом лечении чрезвертельных переломов у пациентов старше 65 лет, которые не способны ограничивать нагрузку на оперированную конечность при ходьбе.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Математически и клинически доказано, что уменьшение оси шейки бедренной кости повышает стабильность системы «бедренная кость – цефаломедуллярный штифт» при консолидации чрезвертельных переломов в условиях полной нагрузки на оперированную ногу при ходьбе.

2. Сформулированы клинические критерии отбора пациентов старше 65 лет с чрезвертельными переломами, у которых применение динамической фиксации отломков приводит к значимому снижению частоты осложнений и улучшению функциональных результатов оперативного лечения по сравнению со статической.

3. Сформулированы рекомендации по технике операции, позволяющие после выполнения динамического остеосинтеза чрезвертельных переломов бедренной кости при полной нагрузке на

оперированную ногу уменьшить риск развития варусной деформации в области тазобедренного сустава и предотвратить трансформацию фиксации в статическую.

Методология и методы исследования

В ходе выполнения исследования применена методология системного анализа с использованием следующих методов – математического моделирования, клинического обследования, применение методов инструментального обследования, статистической обработки математических данных.

Изначально методология построена на сборе и критическом анализе научной литературы, посвященной проблеме лечения чрезвертельных переломов у пожилых пациентов, с последующей оценкой актуальности темы и наличия нерешенных научных вопросов. В соответствии со сформулированными целью и задачами диссертационного исследования был составлен план работы, определен объект исследования и подобраны методы обследования, позволяющие собрать необходимые для последующего анализа научные данные. Проспективное клиническое исследование построено на анализе результатов лечения 137 пациентов 65 лет и старше с чрезвертельными переломами бедренной кости, проходивших лечение на клинических базах кафедры общей и специализированной хирургии факультета фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова» в период с 2009 по 2021 гг. (Клиническая больница №123 ФГБУ ФНКЦ ФХМ ФМБА России, обособленное подразделение Медицинский научно-образовательный центр Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова).

В процессе клинического исследования проводили сбор данных анамнеза, клиническое обследование пациентов, в том числе с применением различных шкал, анализ результатов проведения инструментальных методов диагностики. Определение различных анатомо-топографических показателей проводили путем нанесения на рентгенограммы референтных линий с последующим изменением расстояний и углов.

Для изучения характера изменения биомеханических свойств системы «кость – металлофиксатор» в зависимости от положения фрагментов кости и импланта использовали математическое моделирование. Построение математической объемной модели стабильного чрезвертельного перелома бедренной кости проводили с помощью модуля Abaqus/CAE программного комплекса Abaqus (версия 6.10 2010 г., Dassault Systèmes Simulia Corp., Франция), далее с помощью метода конечных элементов производили сбор необходимой биомеханической информации.

Для статистической обработки данных использовали программы Statistica 10.0 (StatSoft, США) и Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, США). Для определения статистической значимости различий использовались параметрический двухвыборочный критерий Стьюдента и непараметрические критерии Манна-Уитни и Kruskal-Wallis, критерий независимости χ^2 . Для выявления корреляций использовали вычисление параметрического коэффициента корреляции Пирсона и непараметрического коэффициента корреляции Спирмена. Во всей работе уровень значимости, при котором нулевая гипотеза об отсутствии различий отвергалась, был равен $p = 0,05$.

Личный вклад автора

Автору принадлежит ведущая роль в выборе направления исследования, определении его цели и задач, разработке дизайна исследования. Автор исследовал причины развития осложнений после оперативного лечения чрезвертельных переломов у пациентов старше 65 лет, самостоятельно обработал результаты математического моделирования системы «кость-металлофиксатор» в условиях уменьшения размеров шейки бедренной кости и дал им клиническую оценку. Лично выполнил 107 операций (78%) у пациентов исследования, осуществлял послеоперационное ведение и динамическое наблюдение пациентов в течение 12 месяцев после операции, проводил сбор информации на всех этапах лечения. Автор лично провел анализ полученной информации, оценил степень значимости полученных различий с помощью программ статистической обработки результатов, сформулировал выводы и практические рекомендации. Результаты исследования оформлены автором в виде диссертации лично.

Положения, выносимые на защиту

1. Развитие ортопедических осложнений после проведения цефаломедуллярного остеосинтеза по поводу чрезвертельных переломов бедренной кости у пациентов старше 65 лет связано с разрушением системы «бедренная кость – металлофиксатор» из-за несоответствия между её механическими свойствами и прилагаемыми к ней циклическими нагрузками при ходьбе с полной опорой на оперированную ногу.

2. После динамической фиксации отломков бедренной кости при чрезвертельных переломах у пациентов старше 65 лет полная нагрузка на оперированную ногу приводит к уменьшению шеечно-диафизарного угла и длины оси шейки бедренной кости, что сопровождается снижением

деформационных изменений в системе под нагрузкой, в связи с чем понижается риск ортопедических осложнений и улучшаются функциональные результаты лечения.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.8. Травматология и ортопедия, область исследований п. 4 – Экспериментальная и клиническая разработка и совершенствование методов лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы, их последствий, а также предупреждение, диагностика и лечение возможных осложнений.

Степень достоверности и апробация результатов

Уровень доказательности С и уровень убедительности рекомендаций Пв, в соответствии со Шкалой оценки качества доказательств и силы рекомендаций применения медицинских технологий GRADE [234]. Достоверность данных определяется количеством пациентов (137 человек), достаточным для реализации цели и задач диссертационного исследования. Для математической обработки числовых данных применены современные методы статистического анализа результатов. Выводы и практические результаты исследования аргументированы, логически вытекают из результатов исследования и соответствуют положениям, выносимым на защиту.

Основные результаты настоящей работы обсуждены на заседаниях кафедры общей и специализированной хирургии МГУ имени М.В. Ломоносова и представлены в виде докладов и тезисов на Научной конференции молодых ученых по медицинской биологии ФГБУ ФНКЦ ФХМ ФМБА (19 – 20 апреля 2016 г.), III Всероссийской научно-практической конференции хирургов ФМБА России (2018 г.), VI Всероссийской научно-практической конференции «Приоровские чтения» (3–4 декабря 2018 г.), Конференции молодых учёных «Виноградовские чтения. Актуальные проблемы хирургии, травматологии, анестезиологии и реаниматологии» (2016 г.), совместном заседании кафедры общей и специализированной хирургии факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, отделения травматологии и ортопедии и отдела травматологии, ортопедии и реабилитологии МНОЦ МГУ имени М.В. Ломоносова и Центра травматологии-ортопедии государственного бюджетного учреждения здравоохранения ГБУЗ «ГКБ им. С.С. Юдина» ДЗМ (2022 г.).

Публикация результатов исследования

По результатам исследования автором опубликовано 8 работ, в том числе 4 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus, PubMed, MathSciNet, zbMATE, Chemical Abstrac, Springer; 4 – иные публикации по материалам исследования.

Внедрение полученных данных

Разработанная тактика лечения пациентов старших возрастных групп с чрезвертельными переломами бедренной кости внедрена в работу отделения травматологии и ортопедии обособленного подразделения Медицинского научно-образовательного центра Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва). Результаты исследования используются при обучении студентов, ординаторов и аспирантов на кафедре общей и специализированной хирургии МГУ им. М.В. Ломоносова.

Объем и структура работы

Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста, состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, библиографического списка, содержащего 97 отечественных и 147 иностранных источников, 2 приложений. Диссертация иллюстрирована 48 рисунками, 15 таблицами.

ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ЧРЕЗВЕРТЕЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ БЕДРЕННОЙ КОСТИ У ПОЖИЛЫХ ПАЦИЕНТОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Функциональная анатомия и биомеханика тазобедренного сустава и проксимального отдела бедра

Тазобедренный сустав – самый крупный и один из самых подвижных диартрозов в организме человека, обеспечивающий сопряжение осевого скелета и всей нижней конечности, широкий спектр движений и участвующий в поддержании вертикального положения тела, перемещении тела в пространстве и передачи нагрузок на нижние конечности [122, 147, 176, 178, 207, 217, 228]. Проксимальный метаэпифиз бедренной кости имеет сложную геометрическую форму, определяемую особенностями передвижения человека в пространстве (стопхождение и прямохождение на нижних конечностях), что определило формирование шейки бедренной кости, соединяющей головку с вертельной областью [67, 116, 131].

Положение продольной оси шейки бедренной кости относительно оси её диафиза характеризуется двумя углами. Во фронтальной плоскости это шеечно-диафизарный угол, который определяется как угол между осью диафиза и осью шейки бедренной кости и уменьшается от 150° у новорожденных до значения $125 \pm 5^\circ$ у взрослых. В горизонтальной плоскости это угол антеверсии (торсии кпереди, в норме $12 - 14^\circ$), образуемый эпикондиллярной линией мышечков и осью шейки бедренной кости в горизонтальной плоскости. Движения в каждом тазобедренном суставе обеспечиваются 21 мышцей, действие которых осуществляется вокруг центра ротации головки в трех взаимно перпендикулярных плоскостях – фронтальной, сагиттальной и горизонтальной [69, 149, 188, 193, 205, 217, 224, 237].

Для расчета сил, прилагаемых к головке бедренной кости, используется классическая статическая математическая модель, описывающая распределение сил во фронтальной плоскости [224]. При статической опоре на одну ногу вес тела \vec{W} (за вычетом веса опорной нижней конечности, что составляет примерно $5/6$ веса тела) стремится ротировать таз во фронтальной плоскости по часовой стрелке относительно центра ротации головки бедренной кости (Рисунок 1), при этом момент вращения $M_1 = \vec{W} \times w$, где w – плечо силы (соответствует длине перпендикуляра, опущенного из центра ротации головки БК к вектору силы).

Сила отводящих мышц \vec{A} противодействует этому движению, ротируя таз против часовой стрелки, как указано на Рисунке 1. Момент вращения $M_2 = \vec{A} \times a$, где a – плечо силы (соответствует длине перпендикуляра, опущенного из центра ротации головки бедренной кости к вектору силы

– 8 раз – при беге, подъеме и спуске по лестнице [156]. При прыжках и спортивных нагрузках величина этой силы может в 12 раз превосходить вес тела.

Исследования *in vivo* с помощью измерителей давления, имплантированных в компоненты тотального эндопротеза тазобедренного сустава, показали, что теоретические расчеты нагрузок, возникающих в области ПОБК и таза, близки к истине [156]. Одним из открытий этого исследования стал факт, что при опоре на обе нижние конечностей сила, прикладываемая к каждой головке бедренной кости, составляет от 80 до 100% веса тела, а не половину, как могло бы показаться. Это подтверждает факт, что значительном источником прилагаемой к ПОБК нагрузки является тяга абдукторов бедра [176].

Увеличение длины плеча действия мышц-абдукторов приводит к уменьшению их работы для компенсации веса тела и, соответственно, снижению суммарной нагрузки на тазобедренный сустав и наоборот. Учитывая сложность определения точной длины плеча силы мышц-абдукторов, было введено понятие «оффсет», который может быть вычислен по переднезадним рентгенограммам тазобедренного сустава как расстояние от центра ротации головки бедренной кости до оси диафиза, составляя в среднем от 41 до 44 мм [139]. Это расстояние зависит от длины шейки бедра и величины шеечно-диафизарного угла. При уменьшении «оффсета» происходит как сближение точек начала и прикрепления ягодичных мышц, так и укорочение плеча их действия этих мышц, что приводит к их перегрузке и функциональной недостаточности, следствием чего является формирование хромоты и симптома Тренделенбурга [3]. Наблюдаемый при этом наклон таза в здоровую сторону приводит к уменьшению длины плеча веса тела, что теоретически позволяет для достижения равновесия снизить силы тяги абдукторов и суммарно уменьшает нагрузку на головку бедренной кости, а клинически приводит к уменьшению болей.

Поддержание равновесия в сагиттальной плоскости происходит при участии мышц-разгибателей тазобедренного сустава и мышц живота. Они участвуют в поддержании таза в положении стоя, противодействуя силе тяжести, стремящейся наклонить таз кпереди относительно головок бедренных костей, и напряжению подвздошно-бедренной связки, ограничивающей разгибание [192].

Все это, в совокупности, предъявляет очень высокие требования к механическим свойствам ПОБК как в норме, так и после остеосинтеза отломков бедренной кости при переломах, если разрешается полная нагрузка на оперированную ногу.

Из-за наличия шеечно-диафизарного угла и антеверсии шейки бедренной кости, значительная часть нагрузок оказывается не только на головку, но и на шейку бедра, образованных костной тканью [156]. Кортикальная, или компактная, кость является плотным материалом, формирующим

внешний остов кости [80]. Губчатая, или трабекулярная, кость представляет собой пористую структуру, заключенную внутрь кортикального экзокаркаса [47, 195]. Внутренняя архитектура губчатого вещества ПОБК определяется распределением нагрузок, возникающих при суммированном приложении веса тела и действия прикрепляющихся мышц (эта закономерность была открыта ещё в XIX веке и получила название закон Вольфа) [57, 106, 195]. Действие сил приводит к утолщению кортикального слоя и формированию нескольких пучков более мощных трабекул в области возникновения максимальных напряжений [57, 115, 147].

С возрастом в структуре костной ткани происходят изменения, снижающие прочность кости и предрасполагающие к появлению переломов [177]. Количество пор в кортикальном слое кости увеличивается по объему с 4 – 5% у молодых здоровых людей до 50% у пожилых, кроме того, с возрастом, особенно у женщин, отмечается накопление в структуре кости микротрещин и неферментативное образование «сшивок» молекул коллагена [170].

Все это приводит к снижению упругости и прочности костной ткани, а главное – к снижению так называемой трещиностойкости кортикальной кости, что повышает риск низкоэнергетических переломов [177]. Особенно подвержена разрушению вследствие компрессии верхнелатеральная часть шейки бедренной кости, которая всегда испытывает меньшие нагрузки по сравнению с нижней частью, после чего плоскость перелома может распространяться на другие части ПОБК в случае продолжающегося травматического воздействия [86, 170].

Сложность биомеханики ПОБК предопределяет необходимость тщательного изучения распределения нагрузок в этой области для предсказания возникновения переломов и поведения кости и фиксирующих устройств при их заживлении.

1.2 Применение математического моделирования для изучения свойств проксимального отдела бедренной кости

Биомеханические параметры системы «кость – металлофиксатор» (абсолютная величина и направления действующих на систему сил, распределение напряжений в различных точках системы и возникающие в ответ деформации) можно измерить в экспериментах *in vitro*, применяя в качестве объекта трупную человеческую кость, кости животных или пластмассовые модели костей [1, 18, 47, 92, 104, 129, 235]. Однако во всех этих моделях есть существенные недостатки: отсутствие учета изменений механических свойств системы, происходящих непрерывно в процессе консолидации переломов (резорбция костной ткани, формирование и созревание костной мозоли, изменение

положения отломков и элементов фиксатора и т.д.) и роли сил, создаваемых прикреплёнными к отломкам мышцами [129, 145].

Этот недостаток можно устранить при применении методов математического моделирования, позволяющих учитывать изменения величины и направления нагрузок в системе «кость – металлофиксатор» при любых заданных положениях фрагментов кости и элементов фиксатора [189].

Метод конечных элементов (МКЭ) как один из вариантов математического моделирования стал стандартным вычислительным средством для анализа поведения кости в ортопедической биомеханике [154, 211]. Этот метод длительно используют для оценки прочности кости [104, 145], определения риска возникновения переломов [104, 141, 209], оценки состояния кости под нагрузкой после установки имплантов [7, 10, 117, 137, 199, 208].

Базовая концепция конечно-элементного моделирования заключается в виртуальном разделении объекта на конечное число маленьких и управляемых по свойствам частей, называемых элементами [58]. Поведение каждого элемента описывают с помощью математического аппарата, для чего применяют различные компьютерные программы [23, 214].

Конечно-элементную модель строят в виде трехмерной виртуальной копии человеческого бедра с помощью срезов компьютерной томографии, предоставляющих информацию о форме кости и о распределении внутри неё тканей с различной плотностью на основе [154, 228].

Создание конечно-элементной модели на основе компьютерных микромограмм позволяет представить губчатую ткань в виде трехмерной сети трабекул. Использование моделей с высоким разрешением структуры кости позволяет увеличить точность измерений за счет устранения переоценки критических значений напряжения, свойственной сплошным моделям [57, 154].

Для создания сетки конечных элементов существуют две основные техники: с использованием геометрических объектов и вокселей [208]. В случае использования геометрической сетки происходит её построение из конечных элементов тетраэдрической [226] или гексаэдрической [104] формы. Наложение сетки, в основу которой положен воксел, производится всего в один этап – сегментированные данные вокселей напрямую конвертируются в конечно-элементную модель с блокообразными элементами. Воксельная сетка элементов обеспечивает точный расчет внутренних напряжений и деформаций, но неровные поверхности автоматически показывают пик по напряжениям и деформациям [141]. Для рентгеновских микромографических моделей губчатой кости показано, что тетраэдрическая и воксельная сетки дают приблизительно равные по точности результаты при большом разрешении, которые хорошо согласуются с экспериментальными данными [104].

Далее при применении МКЭ необходимо решить следующие задачи: преобразование количественных данных компьютерной томографии в модуль упругости точек модели; выбор линейной или нелинейной зависимости напряжения и деформации; придание модели изотропных или анизотропных свойств; выбор теории разрушения [71, 145].

Оценку модуля упругости элемента, основываясь на данных компьютерной томографии, проводят в два этапа: преобразование данных компьютерной томографии в цифровые показатели костной плотности и оценку модуля упругости по этой плотности. Различные свойства тканей человеческого организма в отношении поглощения рентгеновского излучения позволяют построить изображения в шкале оттенков серого цвета [215], что позволяет косвенно оценить костную плотность. Взаимосвязь между костной плотностью и модулем упругости ткани сложнее [208]. В губчатой кости общая упругость и прочность на 64% зависят непосредственно от свойств костной ткани и на 36% – от трехмерной организации трабекул [92, 184]. При включении в расчет параметров микроархитектуры предсказательная сила вычислений для костной прочности повышается на 90% [195].

Как кортикальная, так и губчатая костная ткань по своим свойствам относятся к ортотропным материалам [184], в связи с чем их механические свойства описывают с помощью основных ортотропных осей (определяемых на основе микроархитектуры костной ткани), и степенного закона для расчета значений ортотропных эластических констант [20, 47, 215]. В такой ситуации направление трабекул часто описывают тензором второго ранга, который описывает усредненное направление трабекул и позволяет значительно упростить вычисления ввиду объединения в себе различных физических характеристик [34, 92].

После придания модели необходимых свойств производят виртуальное приложение сил, различных по величине, точке воздействия, направлению и длительности действия. Результатом моделирования является получение информации о распределении и величине напряжений в объеме модели и расчет величины и направления деформаций в каждой точке модели [40]. На основании этой информации можно сделать выводы о прочности конструкции и её слабых местах, а также спрогнозировать её разрушение [71, 105]. Подобные статические модели проксимального отдела бедренной кости в условиях остеосинтеза различными металлоконструкциями одними из первых в России создавались на базе Первого Московского медицинского университета имени И.М. Сеченова [43], в настоящее время они активно изучаются многими авторскими коллективами [23, 40, 141, 145, 215, 226].

1.3 Эпидемиология, механизмы травмы при чрезвертельных переломах, их диагностика и классификация

Чрезвертельные переломы бедренной кости составляют до 17 – 24% от всех травм опорно-двигательного аппарата [68] и от 20 до 53% от всех переломов бедренной кости [25]. Ожидаемое количество переломов ПОВБ во всем мире составит около 2,6 миллионов случаев ежегодно к 2025 году и не менее 4,5 миллионов – к 2050 г. [152, 179]. Среди них доля пациентов старше 65 лет составит более 90%, а основным механизмом травмы будет падение из положения стоя на поверхность опоры [2, 87, 129].

Данных по эпидемиологии чрезвертельных переломов бедренной кости в Российской Федерации в настоящее время немного. По данным одного исследования частота всех переломов ПОВБ у мужчин, старше 50 лет, составляет 174,8, а у женщин той же возрастной группы – 275,9 случаев на 100 тысяч населения [95]. В работе [74] для г. Санкт-Петербурга указана расчетная потребность в оперативном лечении, что соответствует ежегодному количеству пострадавших с данным видом переломов, 1 случай на 1000 взрослого населения или для всего города 4098 случаев в год. В последней работе указан уровень чрезвертельных переломов 41,9% среди всех переломов ПОВБ.

В мире наибольшее число переломов ПОВБ регистрируется в развитых странах, особенно в Скандинавии [157, 179]. В США в год регистрируют 250 тыс. случаев переломов ПОВБ при населении около 330 млн человек, в Великобритании – 70 – 75 тыс. случаев при населении около 68 млн. человек [125]. В Швеции, которая является одним из мировых лидеров по количеству переломов ПОВБ, в год регистрируется 3,5 тыс. случаев чрезвертельных переломов при населении около 10,5 млн человек [179].

Доля чрезвертельных переломов среди всех переломов ПОВБ составляет около 45% [147, 182]. Средний возраст пациентов с этими переломами составляет 80 – 83 года, при этом подавляющее большинство пациентов старше 60 лет [179, 230]. Среди пострадавших преобладают женщины (около 70%), соотношение женщин и мужчин достигает 3:1, однако в группе моложе 60 лет статистически достоверно преобладают мужчины, что может быть связано с большей частотой высокоэнергетических травм в этой категории населения [165, 230].

У пациентов старших возрастных групп чрезвертельные переломы чаще всего являются результатом низкоэнергетической травмы в результате падения из положения стоя или сидя на поверхность опоры, чаще всего в месте проживания [16, 36, 178, 179]. Повышение частоты подобных травм связано с так называемым синдромом падений, обусловленным когнитивными

расстройствами, саркопенией, снижением зрения, нарушением координации движений, сопутствующими заболеваниями опорно-двигательного аппарата и последствиями переломов [78, 146, 149, 178, 197].

Диагностика чрезвертельных переломов бедренной кости основывается на характерных жалобах, анамнезе и механизме травмы, данных осмотра и результатах рентгенологического исследования. Боли локализуются в паховой области, иногда в области большого вертела. При осмотре часто выявляют абсолютное укорочение поврежденной конечности за счет длины бедра, наружную ротацию голени и стопы. Пальпаторно выявляется резкая болезненность в паховой области, нагрузка на вертельную область и поколачивание по пяточной области приводят к иррадиации болей в паховую область [77]. Активные движения в пораженном тазобедренном суставе невозможны, пассивные резко ограничены из-за боли. Отмечено смещение вертушки большого вертела проксимально относительно линии Розера-Нелатона [77].

Рентгенография является первичным методом лучевой диагностики при всех остро возникших болях в области проксимального отдела бедра [52, 125, 179, 188, 200]. Целесообразно проводить рентгенографию таза с захватом обоих тазобедренных суставов и проксимальных отделов бедер, что позволяет выявлять сопутствующие повреждения костей тазового кольца и дает возможность сравнить пораженную сторону с неповрежденной при сомнениях [178].

По оценкам различных авторов от 2 до 10% переломов ПОБК не видны на первичных рентгенограммах [129]. Для пациентов старше 50 лет или при наличии подтвержденного остеопороза для оценки состояния ПОБК при наличии острой боли в области тазобедренного сустава и негативных результатах рентгенографии в литературе есть рекомендации выполнения магнитно-резонансной томографии и мультиспиральной компьютерной томографии [103, 178].

Для классификации переломов вертельной области предложено и продолжает предлагаться большое количество систем [147], при этом ни одна из них не получила всеобщего признания ввиду различных недостатков [206]. Наиболее важной классификацией чрезвертельных переломов бедренной кости является подразделение на стабильные и нестабильные, поскольку это свойство перелома определяет его поведение после выполнения остеосинтеза, таким образом, влияя на выбор имплантата и частоту осложнений [164, 177]. Основным признаком стабильности перелома является непрерывность заднемедиального фрагмента кортикальной кости, в состав которого входит малый вертел [164]. Такие переломы легко репозируются и после фиксации могут переносить физиологические нагрузки без вторичного смещения отломков. Фрагментация заднемедиального участка кортикального слоя ассоциируют с нестабильностью перелома [241]. Также к нестабильным

относят все межвертельные переломы (поперечные и обратные косые), общим признаком которых является выход линии перелома на латеральный кортикальный слой ПОБК [147, 181, 182, 211].

Наиболее часто за критерии классификации принимают расположение плоскости перелома и количество фрагментов [182]. Самыми популярными классификациями для подразделения чрезвертельных переломов на типы считают классификации Evans/Jensen и АО/ОТА [107, 108, 129]. Среди переломов наиболее часто встречаются переломы 31А2 (до 50%), затем по частоте идут переломы типа 31А1 (около 30%) и 31А3 (около 20%) [179].

Таким образом, чрезвертельные переломы бедренной кости встречаются часто и максимально поражают пациентов именно старших возрастных групп, что определяется актуальность исследований этой патологии именно на вышеуказанной когорте пациентов [45].

1.4 Методы лечения пациентов с чрезвертельными переломами бедренной кости

Подходы к лечению чрезвертельных переломов исторически менялись. Эти изменения были связаны как с изменением общих принципов травматологии, появлением новых методов лечения и фиксаторов, так и изменением демографической структуры пациентов, среди которых начали преобладать лица пожилого возраста, что превратило проблему из чисто травматологической в междисциплинарную, ортогериатрическую [178, 196].

Первым методом лечения чрезвертельных переломов был функциональный метод, который, к сожалению, до сих пор применяется в некоторых регионах [32, 74]. Метод заключается в соблюдении постельного режима до стихания болевого синдрома с последующей ранней активизацией (ходьба с дополнительной опорой) для профилактики жизнеугрожающих осложнений. Исходами этого типа лечения при чрезвертельных переломах со смещением отломков всегда является выраженная посттравматическая деформация и резкое ограничение функции нижней конечности, приводящее к инвалидизация пациента и снижению качества жизни [25, 68].

Применение метода постоянного скелетного вытяжения за мышелки бедренной кости может уменьшить частоту развития грубых деформаций, однако требует соблюдения длительного постельного режима (не менее 5 – 6 недель) с последующей реабилитацией. Частота гипостатических осложнений при этом виде лечения может быть выше, чем при функциональном, поэтому у пожилых пациентов метод постоянной скелетной тракции на современном этапе рассматривается как неприемлемый [25, 68, 180].

В настоящее время максимально раннюю оперативную стабилизацию перелома и начало вертикализации и ходьбы рассматривают как единственный шанс снизить риски летального исхода,

гипостатических осложнений и вернуться к дотравматическому уровню активности [13, 22, 25, 31, 66, 83, 85, 88, 136, 151, 177, 179, 185, 236].

Большинство авторов признают, что раннее хирургическое вмешательство (в первые 24 – 48 часов после травмы) приводит к снижению смертности (до 20%), частоты осложнений (пролежни, тромбоз глубоких вен нижних конечностей, тромбоэмболия легочной артерии, пневмония и инфекция мочевыводящих путей) и продолжительности стационарного лечения [14, 84, 160, 161, 178, 179, 181]. Основаниями для того, чтобы отложить операцию, могут быть следующие состояния – анемия с уровнем гемоглобина менее 80 г/л, концентрация натрия в плазме менее 120 и более 150 ммоль/л, концентрация калия в плазме менее 2,8 и более 6,0 ммоль/л, декомпенсация сахарного диабета, неконтролируемая или остро начавшаяся левожелудочковая сердечная недостаточность, сердечная аритмия с частотой сокращений сердца более 120 ударов в минуту, если возможна коррекция, пневмония с развитием сепсиса и коагулопатия, поддающаяся коррекции [136]. Неприемлемыми считаются задержки по причине минимальных электролитных нарушений у пациента, ожидания эхокардиографии, отсутствия оборудования, опыта у оперирующего хирурга или свободного места в операционной [151]. Также среди противопоказаний к операции называют острый инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровообращения, наличие гнойных заболеваний в области предполагаемой операции, кома любой этиологии [27].

Для хирургического лечения чрезвертельных переломов применяют различные по конструкции металлические импланты [4, 5, 24, 56]. Исторически первыми с 1950-х гг. массово стали использоваться экстрамедуллярные фиксаторы [190]. К ним относят различные варианты наkostных пластин с клинками или винтами, которые имплантируются через отверстия пластины в область шейки и головки бедренной кости. Наибольшую известность и распространение среди экстрамедуллярных фиксаторов получил динамический (скользящий) бедренный винт (dynamic (sliding) hip screw - DHS) [125, 178, 182]. В начале 1990-х гг. появились интрамедуллярные фиксаторы, которые при имплантации вводят через область большого вертела в костномозговой канал БК с последующим ретроградным ведением винтов в область шейки и головки бедренной кости [155]. Интрамедуллярные штифты (или, как называют их модификацию для переломов ПОВК, цефаломедуллярные) представлены несколькими поколениями и вариациями [172, 182].

Цефаломедуллярные штифты различают между собой по длине, диаметру, форме сечения, наличию и величине изгибов, способам дистального блокирования, количеству и характеру элементов имплантата, вводимых в шейку и головку бедренной кости через латеральный кортикальный слой ПОВК и специальные отверстия в штифте [13, 81, 127]. Существуют фиксаторы с введением в шейку и головку бедренной кости винтов, специальных клинков и пинов [198]. По

степени связанности шейных элементов и штифта фиксаторы различают в широких пределах: от полностью неподвижной фиксации шейного винта с помощью вводимой аксиально стопорной резьбовой заглушки до свободно перемещающегося шейного винта в специальной втулке, уменьшающей трение скольжения [120].

Экстрamedулярные конструкции по типу динамического бедренного винта обычно рекомендуют для лечения стабильных переломов, в то время как цефаломедулярные фиксаторы подходят как в случае нестабильных, так и в случае стабильных переломов [38, 64, 167, 201, 230]. По сравнению с экстрamedулярными фиксаторами цефаломедулярные стержни биомеханически более стабильны, что препятствует вторичному смещению отломков [46, 136]. Плечо силы, действующей на проксимальный отломков бедренной кости, при использовании штифта меньше, что позволяет цефаломедулярным фиксаторам выдерживать большие нагрузки до наступления механического разрушения [43, 177].

В случае выхода плоскости перелома на латеральную кортикальную стенку цефаломедулярные штифты берут на себя её биомеханическую функцию и предотвращают медиализацию диафиза бедренной кости [241]. При лечении нестабильных чрезвертельных переломов бедренной кости с использованием цефаломедулярных конструкций частота осложнений и риск повторных операций ниже [12, 107, 158, 168, 177, 188].

По данным Шведского регистра переломов, при стабильных чрезвертельных переломах (31A1 по классификации АО/ОТА) чаще применяют накостные фиксаторы по типу динамического бедренного винта (65%), далее по частоте следуют короткие версии цефаломедулярных фиксаторов (28%) [179]. Для нестабильных чрезвертельных переломов (31A1 по классификации АО/ОТА) соотношение обратное: доля накостного остеосинтеза составляет 33%, а доля коротких цефаломедулярных штифтов – 56%. Для переломов типа 31A3, которые в регистре объединены с подвертельными переломами, чаще применяются длинные версии цефаломедулярных штифтов (60%) [72], на долю накостных фиксаторов приходится всего 12% [179].

Эндопротезирование является основным альтернативным вариантом в случае развития ортопедических осложнений и неудачи первичной фиксации [94, 125]. Часть авторов предлагают при чрезвертельных переломах выполнять первичное эндопротезирование тазобедренного сустава [63, 68, 76, 93, 201, 223, 244].

В литературе есть сообщения о применении с положительными результатами наружных фиксаторов для лечения пожилых ослабленных пациентов с чрезвертельными переломами, которые не могут перенести большую операцию и анестезию [32, 68, 75, 83, 153].

После любых видов оперативного лечения наступает период послеоперационной реабилитации. Традиционно в случае переломов костей нижних конечностей пациентам рекомендовалось ограничение нагрузки при ходьбе на различный срок до достижения консолидации [50]. В случае реабилитации после переломов ПОБК у пациентов старших возрастных групп основным составляющим становится вертикализация пациента – пребывание в положении сидя, стоя и ходьба [164], при этом в последнее десятилетие в литературе, в международных и отечественных клинических рекомендациях все чаще встречаются рекомендации о максимально раннем после операции начале ходьбы с полной нагрузкой на оперированную конечность [16, 79, 164, 191, 218]. Задержка активизации пациента на 2 недели сопровождается снижением функциональной активности через 2 месяца и повышением смертности в период до 6 месяцев после операции [238].

В литературе выделяют три стратегии послеоперационного ведения пациентов: без нагрузки на конечность, с частичной (дозированной) и с полной нагрузкой на оперированную конечность [220]. Показаниями к ведению пациентов без нагрузки на конечность авторы считают отсутствие возможности ходить до травмы, деменцию, плохое состояние костной ткани, не позволяющее добиться путем операции репозиции и стабильной фиксации и выраженную болезненность при нагрузке. Частичную нагрузку выбирали при выраженном остеопорозе кости и имеющиеся до травмы нарушения функции (авторами не конкретизируются). Полную нагрузку разрешали пациентам с хорошим качеством костной ткани при условии отсутствия ограничений функции до травмы. Однако особенностью данного исследования является объединение в группы пациентов с переломами шейки бедренной кости и чрезвертельными переломами с различными способами фиксации и эндопротезированием, что затрудняет оценку реальных результатов лечения. Кроме того, в статье не указан способ контроля в послеоперационном периоде реальной нагрузки на конечность [220].

В отношении характера ходьбы в раннем послеоперационном периоде среди травматологов нет единой точки зрения [62]. Одни авторы избирают стратегию реабилитации (ходьба с нагрузкой на оперированную конечность или без неё) в зависимости от типа фиксации: после имплантации цефаломедуллярных фиксаторов (PFN) разрешается ходьба с полной нагрузкой на оперированную конечность, после фиксации отломков фиксатором DHS – ходьба без нагрузки на оперированную ногу [16]. Другие авторы сообщают лишь о разрешении пациентам ходить с полной нагрузкой на оперированную ногу с указанием «по переносимости» (по-английски «as tolerated»), однако точные параметры ходьбы не оцениваются, при этом отказ от ранней ходьбы с полной нагрузкой на оперированную ногу рассматривается как фактор, повышающий частоту осложнений и смертность

[39, 164, 171, 186]. Существует и промежуточная точка зрения, когда дозированную нагрузку при ходьбе разрешали через 1 месяц после проведения остеосинтеза, а полную – через 4 месяца [17, 28, 240]. Основной целью ограничения нагрузки является попытка предотвратить развитие ортопедических осложнений [240].

Некоторые авторы пишут, что пациенты старших возрастных групп в принципе не могут ограничивать нагрузку на оперированную конечность при ходьбе, но попытка заставить их ходить без нагрузки приводит к ухудшению функциональных результатов из-за ограничения пациентами собственной активности и уменьшения силы мышц, скорости ходьбы и суммарного уровня активности [134, 239, 240]. Однако отнесение пациентов к этой категории только на основе паспортного возраста делает показания к применению этих рекомендаций расплывчатыми.

Существуют работы, в которых авторы рассчитали параметры нагрузок на оперированную ногу с помощью метода конечных элементов [96, 221]. Выводом одного из них стала необходимость разгружать оперированную конечность в случае ожирения и при обратных косых переломах (31A3), в остальных случаях возможна нагрузка на ногу сразу после операции [221].

Проблема оценки реальной нагрузки на оперированную конечность поднимается в некоторых исследованиях [17, 238]. Для оценки нагрузки на оперированную ногу предложен метод использования напольных весов [15], педобарографии с использованием специальных датчиков давления в стельках [238, 239], датчиков давления, имплантированных в фиксатор [156]. Однако все эти методы достаточно трудоемки и малоприменимы в клинической практике за исключением научных изысканий.

Клинические признаки, позволяющие ещё на предоперационном этапе предсказать возможность пациента следовать реабилитационной программе, в литературе описаны обрывочно без формирования точных критериев отнесения пациентов к каждой группе, поэтому их поиск в настоящее время является актуальным.

1.5 Результаты и осложнения лечения чрезвертельных переломов

В доступной литературе среди критериев оценки результатов лечения чрезвертельных переломов называются:

1) степень восстановления функций пораженного тазобедренного сустава (опора, движение, выполнение различных действий), для оценки которой в отдаленном периоде используют различные функциональные шкалы [21, 63, 194];

2) уровень осложнений (потеря фиксации отломков, инфекция, миграция фиксаторов, периимплантные переломы – интраоперационные и поздние, ТЭЛА, пневмония, гематомы, повторные операции и др.) [121, 178];

3) уровень смертности [84];

4) длительность госпитализации и частота повторных госпитализаций [165];

5) параметры оперативного вмешательства (длительность, кровопотеря, время экспозиции рентгеновского излучения электронно-оптического преобразователя) [82, 201].

Функциональная оценка результатов лечения проводится комплексно на основе учета большого количества факторов. Для её оценки предложено несколько функциональных шкал, наиболее часто используемой из которых является шкала Харриса [44]. Существует шкала для оценки мобильности пациентов после травм и операций в области тазобедренного сустава – Parker Mobility Score [164]. Для косвенной оценки восстановления функции может использоваться индекс Бартель, позволяющий оценить степень повседневной активности пациента [164].

Смертность в группе пациентов с чрезвертельными переломами даже при проведении хирургического лечения составляет по данным разных авторов до 10% через 1 месяц после травмы и до 33% через 1 год после травмы [68, 82, 125, 164, 179, 220, 230, 238].

Осложнения после хирургического лечения чрезвертельных переломов можно подразделить на интраоперационные и послеоперационные [121].

Интраоперационные осложнения включают в себя неправильный выбор компонентов фиксатора или точки его ввода, повреждение нервов или сосудов, миграция элементов импланта в полость малого таза через дно вертлужной впадины, импинджмент и перфорация передней или задней поверхности шейки или головки бедренной кости во время введения штифта и ятрогенный перелом бедренной кости [125].

Послеоперационные медицинские осложнения отмечены у 20% пациентов с переломами ПОБК старше 60 лет и поражают различные органы и системы. К таким осложнениям относят острые сердечно-сосудистые заболевания (инфаркт миокарда, острые нарушения мозгового кровоснабжения, острая сердечно-сосудистая недостаточность, нарушения ритма), тромбоз глубоких вен и тромбоэмболия легочной артерии, бронхолегочные инфекции, декомпенсация сахарного диабета, инфекция мочевыводящих путей, делирий [30, 35, 85, 238], при этом наиболее часто встречаются пневмонии и сердечная недостаточность [243].

Послеоперационные локальные осложнения включают в себя вторичное смещение отломков из-за неадекватной фиксации или её вторичной потери, аваскулярный некроз головки бедренной кости, замедление консолидации, несращение перелома, консолидацию отломков в неправильном

положении, осложнения, связанные с нарушением целостности элементов импланта, периимплантные переломы, посттравматические деформации с развитием разницы в длине ног, гетеротопические оссификации, посттравматический коксартроз и инфекция [35, 53, 121, 127].

Несращение чрезвертельных переломов в сроки более 6 месяцев после операции наблюдается нечасто, в среднем в 1 – 4% случаев, благодаря хорошему кровоснабжению губчатой костной ткани вертельной области [9, 121]. Клиническими признаками несращения являются длительно существующие боли в паховой области, возникающие при нагрузке на конечность и не уменьшающиеся с течением времени, а также ограничение активных движений в тазобедренном суставе. Рентгенологическим признаком несращения перелома может быть длительное сохранение линии перелома со склерозированием прилежащих участков костной ткани [121].

«Cut-out»-эффект (в переводе с английского языка «cut-out» – вырезание или выпиливание) определяли как варусный коллапс шейки бедренной кости с прорезыванием шеечных винтов через верхнюю или заднюю стенку [198]. Это одно из наиболее частых «механических» осложнений оперативного лечения чрезвертельных переломов, наблюдаемое с частотой от 0 до 16% [128, 177, 186].

Клиническими признаками появления этого осложнения считали появление и нарастание болей при движениях в тазобедренном суставе, резкое ограничение их объема вплоть до отказа пациентов от активного передвижения, прогрессирующее укорочение конечности [203]. Наиболее важными факторами, предрасполагающими к развитию «cut-out» эффекта, являются недостаточная репозиция, неоптимальное расположение винтов в шейке и головке бедренной кости и нестабильный характер перелома [121, 128]. Это явление наблюдается при использовании как экстрamedулярных, так и цефаломедулярных конструкций и чаще встречается при использовании клинков по сравнению с винтами [121, 154, 177, 203].

Z-эффект определяли как разнонаправленную миграцию винтов в области головки и шейки бедренной кости. Z-эффект включает в себя латеральную миграцию нижнего шеечного винта и медиальное смещение верхнего винта [121]. При обратном Z-эффекте наблюдается противоположная ситуация: латеральная миграция верхнего винта и медиальная миграция нижнего.

Предрасполагают к развитию такого осложнения недостаточная репозиция, разрушение медиальной опоры бедренной кости, неправильный выбор точки ввода штифта и низкое качество костной ткани [101, 125]. Клиническим проявлением этого осложнения считают появление локальной болезненности в области латеральной поверхности большого вертела, пальпаторно определяемого болезненного уплотнения, затруднение и болезненность движений в тазобедренном суставе [121].

Аваскулярный некроз головки бедренной кости определяли как некроз костной ткани головки бедренной кости на фоне ишемии с последующим коллапсом, перестройкой костной ткани и развитием вторичного коксартроза и деформации ПОБК [121]. Клинические проявления этого состояния – боли в паховой области, медленно усиливающиеся по интенсивности и постепенно ограничивающие объем движений в тазобедренном суставе. Частота этого осложнения после чрезвертельных переломов составляет от 0,3 до 1,37% [121].

Нарушение целостности винтов и штифта происходит на фоне минимальной травмы и чаще всего наблюдалось в области дистального статического винта (или динамического, если он устанавливался в статическом положении), зачастую на фоне замедления консолидации перелома в условиях физиологической нагрузки на конечность [121, 125]. Клинически эти осложнения сопровождаются усилением болей в области паха и бедра. Рентгенологически отмечается нарушение целостности имплантатов.

Периимплантные переломы происходят на фоне минимальной травмы, их причиной может стать избыточная концентрация механических напряжений в области верхушки штифта. Клинически это осложнение соответствует диафизарному перелому бедренной кости. Частота периимплантных переломов по данным разных авторов составляет от 0,3 до 1,7% [121].

Доступная литература демонстрирует различную частоту ортопедических осложнений после цефаломедуллярного остеосинтеза фрагментов бедренной кости при чрезвертельных переломах. Следует отметить, что авторы признают трудности в объективной оценке частоты осложнений у этой категории пациентов, которые связаны с снижением мобильности этих пациентов и трудностью установления с ними контакта ввиду частого наличия у них когнитивных нарушений [121].

В работе [233] опубликованы данные о частоте осложнений ортопедического характера для штифта PFN 13% (семь из 53 пациентов), из них два в виде «cut-out»-эффекта, три – миграция винта в виде Z-эффекта и два несращения перелома. Авторы этой публикации указывают на возможность перемещения винтов фиксатора PFN относительно интрамедуллярного компонента при укорочении оси шейки бедренной кости (в среднем, для этого фиксатора до шести миллиметров), однако такая динамизация происходит спонтанно и не заложена в конструкции имплантата. Функциональные результаты лечения для штифта PFN по шкале Харриса в среднем составили 70,8 баллов (от 24,7 до 97,0 баллов).

Авторы статьи [119] в своей работе указали частоту осложнений по типу «cut-out»-эффекта 14% для статического фиксатора PFN и 5,7% – для PFNA в статическом режиме, однако эти данные приведены для срока три месяца после имплантации. Авторы заявляют о стремлении в реабилитации

пациентов после операции к ходьбе с полной нагрузкой на оперированную ногу, однако точные данные о характере послеоперационной реабилитации в статье не приведены.

В статье [186] сообщается об общей частоте развития осложнений механического характера («cut-out» и латерализация винтов и клинков) до 12%, при этом всем пациентам после операции разрешали ходить с полной нагрузкой на оперированную конечность. В исследовании [39] для штифта PFNA сообщается о 2,7% осложнений по типу «cut-out»-эффекта.

Поиск причин развития ортопедических осложнений и способов их профилактики ведется постоянно. Среди важных предпосылок для развития миграции имплантов и развития вторичного смещения отломков исследователи прежде всего рассматривают неправильное положение фиксатора в кости в момент имплантации [42, 82, 85]. Для объективизации этого фактора предложено несколько способов оценки положения компонентов имплантата по послеоперационным рентгенограммам и компьютерным томограммам. Наиболее известным параметром является показатель TAD (аббревиатура от английского словосочетания «tip-arex distance», что переводится как «расстояние от верхушки (винта) до апикальной части головки бедренной кости»), который равен сумме расстояний от верхушки шеечного винта до точки пересечения оси шейки бедренной кости с наружным контуром головки на рентгенограммах в прямой и аксиальной проекциях [225]. Суммарное значение этого показателя более 2,5 см ассоциируется со статистически значимо большей частотой ортопедических осложнений [227].

Для описания положения шеечного винта в головке бедренной кости на её сечении, перпендикулярном оси шейки бедренной кости, выделяют 9 зон (Кливленда): три передних (верхняя, центральная и нижняя), три центральных и три задних, аналогичных передним [242]. Положение винта в центральной и нижней центральной зонах ассоциируется с минимальным риском ортопедических осложнений, а положение винта в верхних зонах ассоциируется с максимальным риском развития «cut-out»-эффект [42, 121, 242], однако даже в случае полного соблюдения хирургических технологий полностью избежать возникновения осложнений не удастся [39, 154, 203].

На развитие осложнений оказывают влияние различные факторы, связанные с качеством костной ткани и характером перелома. Установлено, что частота ортопедических осложнений после остеосинтеза нестабильных переломов (31A3 по классификации АО/ОТА) значительно выше по сравнению со стабильными [121, 164, 211].

Одним из биологических явлений, возможно влияющих на процесс консолидации и развитие осложнений, может быть повышенная резорбция костной ткани в области, прилегающей к плоскости перелома [138]. В качестве причины такой ускоренной резорбции рассматривается

развитие некроза кости на фоне первичного травматического воздействия и последующего нарушения кровоснабжения. Степень выраженности этого процесса различна и зависит как от анатомической локализации перелома (размер кости, соотношение губчатой и кортикальной костной ткани), так и от исходного состояния костной ткани (остеопороз) и кровоснабжения [197].

При переломах ПОВК у пациентов старших возрастных групп отмечен целый комплекс неблагоприятных факторов: снижение прочности кости на фоне остеопороза, большой объем губчатой костной ткани, компрессирующейся в момент перелома, и действия повышенных стрессовых воздействий даже в отсутствии осевой нагрузки на конечность [112]. В этой связи резорбция костной ткани в области контакта отломков неизбежно приводит к формированию дефекта костной ткани, который может препятствовать консолидации перелома и приводить к развитию осложнений [112, 221].

В работе [140] показано, что после оперативного лечения чрезвертельных переломов бедренной кости возникает укорочение длины бедра, при этом степень укорочения напрямую зависит как от типа перелома (чем более нестабильный перелом, тем больше укорочение), так и от типа фиксации (при использовании DHS укорочение достоверно больше, чем при использовании цефаломедуллярных конструкций). Такое явление встречается не только у пожилых пациентов с низким качеством костной ткани и невозможностью соблюдения ортопедического режима в силу ментальных особенностей и саркопении, но и у молодых пациентов. По данным авторов этой публикации, укорочение наблюдали у 48% пациентов со средней величиной 11 мм и максимальными значениями до 25 мм, для чего оценивали длину бедренной кости от верхушки головки до середины линии, проведенной между наиболее выступающими частями мыщелков бедра [140].

Попытка повлиять на уровень осложнений путем изменения типа фиксации отломков привела к появлению двух противоположных стратегий – достижения статической или динамической фиксации отломков бедренной кости.

Повышение жесткости фиксации отломков элементами импланта, достигаемое путем фиксации винта специальной стопорной заглушкой или компрессии кости в области шеечного элемента (замена винта на клинок), может ассоциироваться с большей частотой вторичного смещения отломков и миграции винтов [132, 155]. Среди путей решения проблемы ортопедических осложнений предложено использование штифтов с аугментацией шеечных винтов и клинков с помощью костного цемента [102]. Этот метод позволяет увеличить прочность сцепления винтов с костной тканью и уменьшить риск прорезания элементов фиксатора при остеопорозе [39, 113, 121]. В небольших по количеству участников клинических исследования показано снижение количества

осложнений, однако и сами авторы указывают на необходимость изучения эффекта на большей выборке [102].

Другой стратегией является уменьшение жесткости фиксации путем динамизации фрагментов бедренной кости с помощью заложенной в конструкции возможности контролируемого смещения винта относительно втулки штифта [120].

В исследовании [120] проводилось изучение результатов применения штифта Targon PF с возможностью динамизации шеечного винта для лечения чрезвертельных переломов у пожилых пациентов. Авторы сообщают о ходьбе с полной нагрузкой на оперированную ногу сразу после операции. В исследовании среди 310 пациентов через 12 месяцев обнаружено лишь четыре осложнения механического характера: несращение перелома, периимплантный перелом бедренной кости, Z-эффект и латеральная миграция втулки шеечного винта, что суммарно составило всего 1,25%. Авторы объясняют столь низкую частоту осложнений именно способностью элементов штифта к динамизации, однако в этой статье не было дано объяснения, почему динамизация у пожилых пациентов лучше. О столь же низкой частоте осложнений (1,1%) пишут авторы статьи [126], однако в более поздней публикации [175] сообщается уже о более высокой частоте осложнений – только «cut-out» был обнаружен в 6,8% случаев.

Для выработки обоснованных рекомендаций к применению медицинских процедур на современном этапе развития науки используются методы доказательной медицины, основным из которых является проведение рандомизированных клинических исследований [173]. Основными способами, позволяющими добиться достоверности результатов, считаются рандомизация пациентов и однородность групп исследования [202]. В идеальных условиях пациенты должны различаться только по применяемому лечебному средству [222], а для обработки результатов исследований и установления различий необходимо использовать методы математической статистики, позволяющие объективно установить степень вероятности различий в наблюдаемых результатах [142].

Таким образом, анализ имеющейся литературы показал, что проблема лечения чрезвертельных переломов у пациентов старших возрастных групп далека от решения и сохраняет свою актуальность ввиду большого процента осложнений и неудач оперативного лечения, поэтому поиск способов уменьшения частоты ортопедических осложнений актуален до сих пор. Нерешенным остается вопрос о том, какой из методов фиксации фрагментов бедренной кости при чрезвертельных переломах – динамический или статический – меньше нарушает происходящие в ПОВК процессы регенерации в условиях полной нагрузки на конечность и способствует процессу консолидации перелома. Другой проблемой считается роль уменьшения размеров ПОВК в процессе консолидации

переломов – следует ли рассматривать это явление как осложнение или как приспособительный механизм, обеспечивающий сращение перелома в особых биомеханических условиях.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Дизайн исследования

В исследовании были выделены два этапа. На первом этапе было проведено построение конечно-элементной математической модели чрезвертельного перелома бедренной кости в условиях фиксации динамизируемым фиксатором и проведено оценка динамики изменений биомеханических параметров при прогрессирующем уменьшении размеров проксимального метаэпифиза бедренной кости в условиях нагрузки весом тела (см. Главу 3).

На втором этапе для клинического подтверждения гипотезы о преимуществах динамической фиксации в условиях нагрузки весом тела на оперированную конечность был осуществлен отбор пациентов в соответствии с критериями включения в исследование и распределение пациентов на группы. Дизайн клинического исследования представлен на Рисунке 2.

В исследование было включено 137 пациентов в возрасте 65 лет и старше с чрезвертельными и межвертельными переломами бедренной кости. **Критериями включения** пациентов в исследование были:

- 1) наличие чрезвертельного перелома бедренной кости (по классификации АО/ОТА 31A1-3, при этом пациенты с переломами типа A31A1.1 (отрывные переломы большого или малого вертела в исследование не включали) [108];
- 2) невозможность ограничивать нагрузку на травмированную ногу после операции (признаки описаны в разделе 2.2).
- 3) низкоэнергетический механизм травмы (падение из положения стоя на поверхность опоры; падения с кровати или стула на пол; некоординированное форсированное движение нижней конечностью, например, предотвращение падения);
- 4) возраст старше 65 лет;
- 5) способность к самостоятельному передвижению до травмы;
- 6) информированное добровольное согласие пациента или его законных представителей на участие в исследовании.

Пациентов старше 65 лет с чрезвертельными переломами **не включали в исследование** при наличии следующих обстоятельств:

- 1) множественные переломы костей скелета;
- 2) переломы на фоне метастатических изменений ПОБК;



Рисунок 2 – Дизайн клинического исследования. Уменьшение количества пациентов в группах исследования за период 12 месяцев после операции связано с летальностью и исключением пациентов в соответствии с критериями

- 3) рентгенологические признаки коксартроза 3 – 4 степени по классификации Kellgren на стороне перелома [174];
- 4) наличие сопутствующих заболеваний, не связанных с травмой, самостоятельно создающих угрозу здоровью и жизни пациента (острый инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровообращения, мезентериальный тромбоз, тромбоз глубоких вен нижних конечностей, тромбоэмболия легочной артерии и т.п.) и препятствующих выполнению хирургического лечения;
- 5) многооскольчатый характер перелома и крайне низкое качество костной ткани на первоначальных рентгенограммах, делающей фиксацию отломков бесперспективной;

б) пациенты с ожирением 3 степени (ИМТ более 40 кг/м²).

Пациенты случайным образом были распределены на две группы – группу динамической фиксации (ДФ), или группу исследования, и группу статической фиксации (СФ), или группу сравнения. Далее на стационарном этапе проводили хирургическое лечение – цефаломедуллярный остеосинтез бедренной кости, после его проводился комплекс реабилитационных мероприятий. После выписки из стационара осуществляли контрольный осмотр пациентов в сроки через 3 месяца (к моменту предполагаемого достижения консолидации перелома) и через 12 месяцев (к моменту окончания наблюдения и оценке результатов лечения).

Критериями **исключения** из исследования были:

- 1) развитие гнойно-воспалительных осложнений в области послеоперационной раны;
- 2) потеря связи с пациентом или его родственниками, препятствующая дальнейшему наблюдению за пациентом.

При осмотре через 3 месяца проводили сбор жалоб, анамнеза различных осложнений с анализом медицинской документации и рентгенограмм при лечении в других медицинских организациях, оценивали ортопедический статус, уровень физической активности, наличие хромоты при ходьбе, разницу в длине нижних конечностей и наличие симптома Тренделенбурга, выполняли рентгенографию тазобедренного сустава в двух проекциях для определения достижения консолидации перелома, а также вычисления шеечно-диафизарного угла и размера ПОБК по оси шейки бедренной кости.

Для сравнения групп исследования за период 12 месяцев после операции проводили сбор и последующий анализ следующей информации:

- 1) летальность на госпитальном и амбулаторном этапах и её структура
- 2) достижение консолидации/развитие несращения перелома
- 3) характер и частота осложнений (общих, инфекционных и ортопедических)
- 4) функциональный результат лечения по шкале Харриса
- 5) наличие симптома Тренделенбурга
- 6) рентгенологические результаты лечения – длина проксимального метаэпифиза бедренной кости по оси её шейки и величина шеечно-диафизарного угла.

2.2 Методики обследования

Клиническое обследование. После поступления пациента в приемное отделение стационара проводили диагностический поиск по стандартной схеме – сбор жалоб, анамнеза травмы и жизни,

общий осмотр и оценка местного статуса, производили обезболивание, проводили лучевую диагностику, дополнительное инструментальное и лабораторное обследование, консультации специалистов (терапевт, реаниматолог, невролог).

Клиническими признаками чрезвертельного перелома бедренной кости считали боли в паховой области и области большого вертела на стороне поражения, укорочение нижней конечности за счет бедра, деформацию в виде наружной ротации, выраженное ограничение и болезненность активных и пассивных движений в тазобедренном суставе, характерную иррадиацию болей в паховую область при поколачивании по пятке. При клиническом обследовании пациента активно выявляли жалобы на боли в других областях тела, появившиеся после травмы, а также различные висцеральные боли (за грудиной, в области живота, головные боли), жалобы на слабость в мышцах конечностей, головокружение, одышку, кашель и другие для уточнения характера сопутствующей патологии и возможной причины падения.

При сборе анамнеза травмы учитывали её давность, характер и обстоятельства (падение из положения стоя на бок дома или на улице, падение с кровати или стула, резкое движение в тазобедренном суставе без падения с последующим развитием вышеназванных симптомов, высокоэнергетические механизмы травмы – транспортная травма, кататравма). При сборе анамнеза жизни особое внимание уделяли таким перенесенным заболеваниям и травмам, которые могли повлиять на функциональные возможности верхних конечностей. К подобным состояниям относили острое нарушение мозгового кровообращения и вызванные им последствия (парез или паралич мышц), наличие в анамнезе переломов костей верхней конечности (чаще проксимального отдела плечевой кости или дистального отдела лучевой кости), несросшиеся или сросшиеся с формированием деформации и нарушением функции вовлеченных суставов и конечности в целом. Кроме того, оценивали наличие неврологических и психических заболеваний, сопровождающихся снижением когнитивных функций (вплоть до развития деменции) и препятствующих осознанному выполнению всех необходимых рекомендаций.

Считали, что пациент не сможет ограничивать нагрузку на оперированную конечность при ходьбе с ходунками при наличии хотя бы одного из следующих заболеваний и состояний:

- 1) перенесенные в прошлом переломы костей верхней конечности: несросшиеся или консолидированные с развитием деформаций и снижением функции конечности (оценка функции верхних конечностей по шкале DASH более 50 баллов [219]);

- 2) последствия перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения в виде монопареза мышц верхней конечности или гемипареза (снижение силы мышцы верхней конечности до 4 баллов и меньше (Таблица 1) [204]);

3) ожирение 2 степени (индекс массы тела (ИМТ), равный или более 35 кг/м^2 , но менее 40 кг/м^2) на фоне сенильной саркопении, при которой сила мышц верхних конечностей недостаточна для удержания веса тела во время переноса вперед здоровой ноги, что приводит к опоре на оперированную конечность. Индекс массы тела рассчитывали по формуле (1):

$$\text{ИМТ} = \frac{m}{h^2} \quad (1)$$

где

m – масса тела, кг;

h – рост тела, м.

4) выраженные когнитивные нарушения (оценка по шкале Mini-Mental State Examination (MMSE) менее 20 баллов), при которых пациент не может понять или запомнить рекомендации по ходьбе [109]. Обязательным перед проведением теста было максимально возможное обезболивание пациента (оценка боли в покое по визуально-аналоговой шкале менее 3 баллов), коррекция нарушений рефракции (очки), по возможности – коррекция нарушений слуха (Приложение А) [190].

Таблица 1 – Критерии оценки силы мышц

Признаки	Оценка в баллах
Полное отсутствие активных движений	0
Наличие минимальных движений, но невозможность преодолеть силу тяжести конечности	1
Способность преодолеть легкое сопротивление исследователя	2
Способность преодолеть достаточное сопротивление исследователя	3
Незначительное снижение силы конечности	4
Полное сохранение силы мышц	5

Для оценки влияния сопутствующих заболеваний на отдаленные результаты лечения пациентов использовали вычисление индекса коморбидности Чарльсона [99].

Для количественной оценки функционального восстановления после травмы использовали комплексную шкалу Харриса (Harris hip score) через 1 год после операции (Приложение Б) [44]. Для оценки боли использовали визуально-аналоговую шкалу [183]. Отсутствием боли считали значение 0 – 1 балл. Слабая боль определялась как 2 – 3 балла. Умеренную боль определяли при 4 – 5 баллов. Сильной считали боль в 6 – 8 баллов, невыносимой – 9 – 10 баллов. Для определения амплитуды движений и количественной оценки степени выраженности контрактур в суставе использовали ортопедический угломер, а для измерения длины конечностей – сантиметровую ленту. Для оценки сгибания в тазобедренном суставе и оценки сгибательной контрактуры в положении пациента лежа на спине ось угломера располагали в области большого вертела, неподвижную branшу располагали горизонтально, подвижную – вдоль оси бедра. Для оценки отведения в тазобедренном суставе в

положении пациента лежа на спине ось угломера располагали в области середины паховой связки, неподвижную браншу располагали параллельно длинной оси туловища, подвижную – вдоль оси бедра.

Для оценки ротации в тазобедренном суставе и количественной оценки ротационной контрактуры в положении пациента лежа на спине центр угломера располагали в области подошвенной поверхности пятки, неподвижную браншу располагали вертикально, подвижную – вдоль оси подошвенной поверхности стопы. Результаты измерения выражали в градусах.

Длину нижней конечности измеряли с помощью сантиметровой ленты в положении пациента лежа на спине от верхней передней подвздошной ости таза до внутренней лодыжки на этой же стороне, результат выражали в сантиметрах. В случае наличия сгибательной контрактуры вторую ногу располагали в положении такого же угла сгибания бедра в тазобедренном суставе.

Симптом Тренделенбурга оценивали через 3 и 12 месяцев после операции следующим образом. Пациент стоял на двух ногах, после чего его просили поднять ногу на противоположной от перелома стороне и простоять в этом положении как минимум 30 секунд. Положительным симптом считали в случае наклона таза вниз, отрицательным – в случае его подъема или горизонтального положения. В случае выраженной недостаточности мышц-абдукторов наклон таза в здоровую сторону наблюдался сразу при попытке встать на ногу и не требовал ожидания. Необходимо отметить, что в некоторых случаях проверить симптом Тренделенбурга было невозможно ввиду постуральной неустойчивости [3].

Лабораторные и инструментальные методы диагностики

После формирования клинического диагноза и госпитализации пациентов проводили предоперационное обследование, включавшее в себя применение лабораторных (общий анализ крови и мочи, биохимический анализ крови, коагулограмма) и инструментальных методов (электрокардиография, рентгенография органов грудной клетки, ультразвуковое дуплексное сканирование вен нижних конечностей), консультации специалистов (терапевт, анестезиолог, по показаниям – невролог, эндокринолог, кардиолог, сосудистый хирург).

Лучевая диагностика включала в себя обзорную рентгенографию таза с захватом тазобедренных суставов и верхней трети диафизов бедренных костей в прямой проекции. Рентгенографию выполняли в положении пациента лежа на спине с высоты 1,15 м на стационарном рентгеновском аппарате «Комплекс рентгенодиагностический РДК 50/6» (ОАО «Мосрентген», 2008 г.). Для уменьшения того, чтобы исключить различия в ротации бедренной кости, пациентов для выполнения рентгенографии после операции укладывали на край стола с согнутыми в коленном

суставах голенями. При наличии показаний (отсутствие однозначных признаков перелома ПОВБ или таза на рентгенограмме и наличие клинических признаков перелома) выполняли мультиспиральную компьютерную томографию тазобедренного сустава с шагом до 0,5 мм (аппарат Toshiba Aquilion Multi 64, Япония, 2010 г.). Кроме того, при наличии соответствующих жалоб, проводили рентгенографию других отделов скелета (плечевой сустав, лучезапястный сустав, предплечье).

Рентгенологическими признаками чрезвертельного перелома считали наличие на рентгенограмме линии просветления на фоне кости, начинающей в области большого вертела и идущей в область малого, с отрывом последнего или без.

Распределение пациентов по типам переломов в соответствии с классификацией АО проводили на основании данных рентгенографии ПОВБ [29]. По классификации АО переломы вертельной зоны относятся к типу 31А [108]. Для отнесения переломов к каждой из групп использовали следующие критерии. К группе 31А1.2 относили двухфрагментарные переломы, плоскость которых начинается в любой области большого вертела и заканчивается выше или ниже малого вертела. Схожие по положению морфологии переломы, сопровождающиеся отрывом малого вертела, относили к группе 31А1.3. Переломы с наличие промежуточных фрагментов в области большого вертела относили к группе 31А2.2 (при одном промежуточном фрагменте) и 31А2.3 (при оскольчатом характере фрагмента). Обе эти группы относили к чрезвертельным переломам. Подгруппа 31А2.1 в классификации отсутствует. Для различения чрезвертельных переломов типа А1 и А2 использовали показатель толщины латеральной стенки бедренной кости в области большого вертела. Этот показатель определяли как длину отрезка, проведенного из точки на наружном кортикальном слое, расположенной на 3 см ниже безымянного бугорка большого вертела, до линии перелома под углом 135°. При расстоянии (с учетом увеличения), большем 20,5 мм, перелом относили к группе 31А1, при меньшем расстоянии – к группе 31А2 [108].

Отдельно выделяли межвертельные переломы, у которых линия перелома проходила между вертелами. Их относили к группе 31А3. Среди них выделяли косые переломы (31А3.1), поперечные (31А3.2) и многофрагментарные (31А3.3) межвертельные переломы [108].

Оценку положения металлофиксаторов по рентгенограммам проводили путем оценки показателя tip-apex distance (TAD) – расстояние от верхушки шейечного винта до точки пересечения оси шейки бедренной кости с контуром головки на прямой и аксиальной рентгенограммах тазобедренного сустава с учетом увеличения (Рисунок 3). Для его учета при вычислении истинного показателя использовали следующие формулы.

Для группы ДФ формула имела следующий вид (2):

$$TAD = \left(X_{ap} \times \frac{7}{D_{ap}} \right) + \left(X_{lat} \times \frac{7}{D_{lat}} \right) \quad (2)$$

где

X_{ap} – измеренное расстояние от верхушки винта до точки пересечения оси шейки бедренной кости с контуром головки на рентгенограмме в прямой проекции, мм;

X_{lat} – измеренное расстояние от верхушки винта до точки пересечения оси шейки бедренной кости с контуром головки на рентгенограмме в аксиальной проекции, мм;

D_{ap} – измеренный диаметр шеечного винта на рентгенограмме в прямой проекции, мм;

D_{lat} – измеренный диаметр шеечного винта на рентгенограмме в аксиальной проекции, мм

7 мм – истинный диаметр шеечного винта для динамизируемого фиксатора.

В группе СФ для вычисления показателя TAD использовалась аналогичная формула (3):

$$TAD = \left(X_{ap} \times \frac{11}{D_{ap}} \right) + \left(X_{lat} \times \frac{11}{D_{lat}} \right) \quad (3)$$

где

X_{ap} – измеренное расстояние от верхушки винта до точки пересечения оси шейки бедренной кости с контуром головки на рентгенограмме в прямой проекции, мм;

X_{lat} – измеренное расстояние от верхушки винта до точки пересечения оси шейки бедренной кости с контуром головки на рентгенограмме в аксиальной проекции, мм;

D_{ap} – измеренный диаметр шеечного винта на рентгенограмме в прямой проекции в мм, D_{lat} – измеренный диаметр шеечного винта на рентгенограмме в аксиальной проекции, мм

11 мм – истинный диаметр шеечного винта для статического фиксатора.

Для оценки влияния показателя TAD на уровень осложнений проводилась его градация на случаи со значением до 18 мм включительно и случаи с большим, чем 18 мм значением. Качество репозиции оценивали по величине шеечно-диафизарного угла на прямой и боковой рентгенограммах, сопоставлению кортикальных слоев главных отломков (Рисунок 4).

Достижение консолидации или развитие несращения перелома оценивали по рентгенограммам тазобедренного сустава в двух проекциях на основании наличия линии просветления на фоне проксимального метаэпифиза и формированию костной мозоли.

К ортопедическим осложнениям относили несращение перелома, периимплантные переломы диафиза бедренной кости, миграцию компонентов фиксатора по типу cut-out и Z-эффекта, нарушение целостности элементов фиксатора и развитие авскулярного некроза головки бедренной кости. Дифференциальную диагностику всех вышеназванных состояний проводили на основании рентгенографии тазобедренного сустава.

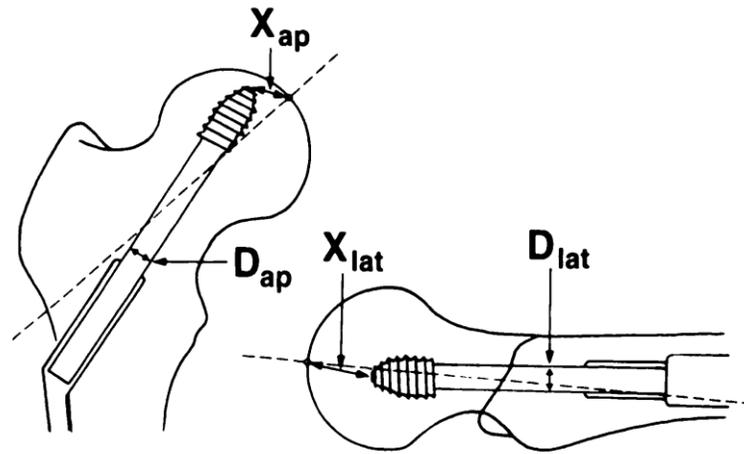


Рисунок 3 – Схема измерений на рентгенограммах тазобедренного сустава в прямой и аксиальной проекциях для вычисления показателя TAD (из [225])

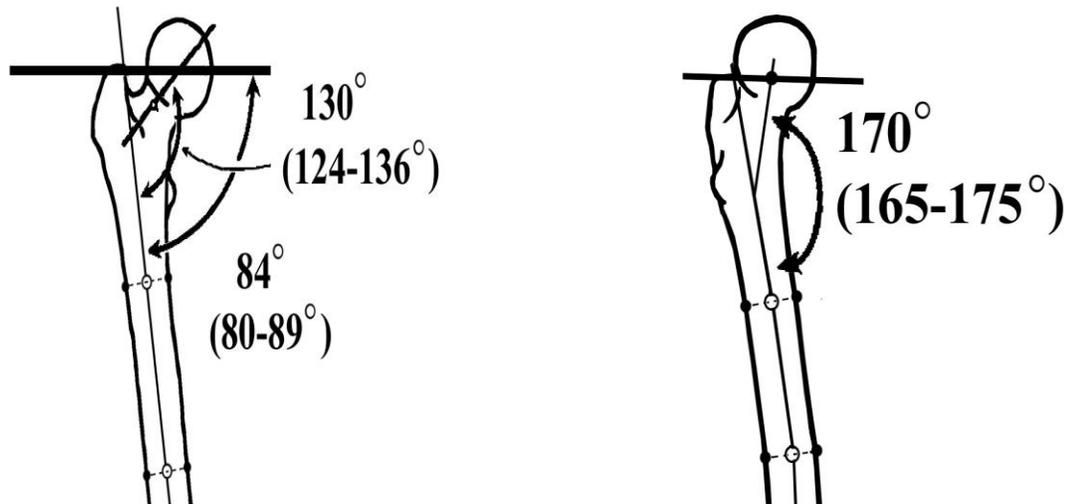


Рисунок 4 – Схема расчета шейчно-диафизарного угла на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях и его референтные значения [48]

Для вычисления уменьшения размера проксимального метаэпифиза бедренной кости использовали его ось, которую рисовали путем соединения центра шейки и головки бедренной кости. Длину измеряли между пересечением этой условной линии с контуром головки и кортикальным слоем наружной стенки бедренной кости или, в случае наличия деформации, её проекции (Рисунок 5). Для расчета степени уменьшения размеров ПОБК по оси шейки использовали для штифта Targon PF разницу в размерах ПОБК сразу после операции и через 1 год, а проекционную разницу нивелировали путем вычисления отношения измеренного диаметра динамического винта к его истинному диаметру (7 мм). Для этого использовали формулу (4):

$$x = \frac{7 \times l_1}{D_1} - \frac{7 \times l_2}{D_2} \quad (4)$$

где

l_1 – измеренный на рентгенограмме размер ПОБК сразу после имплантации, мм;

l_2 – измеренный на рентгенограмме размер ПОБК через 1 год, мм;

D_1 и D_2 – измеренный на рентгенограммах диаметр динамического винта (сразу после имплантации и через 1 год соответственно), мм.

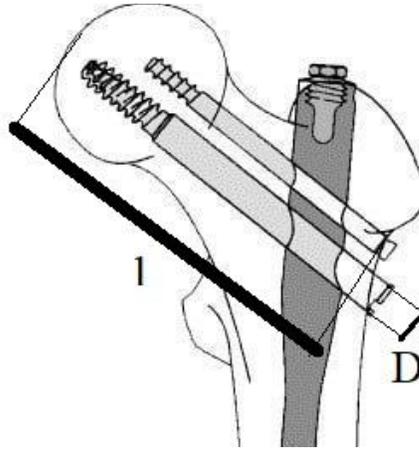


Рисунок 5 – Схема вычисления уменьшения размера ПОБК по оси шейки бедренной кости

Для штифта PFN использовали похожую формулу (5), где 11 мм – истинный диаметр шеечного винта:

$$X = \frac{11 \times l_1}{D_1} - \frac{11 \times l_2}{D_2} \quad (5)$$

где

l_1 – измеренный на рентгенограмме размер ПОБК сразу после имплантации, мм;

l_2 – измеренный на рентгенограмме размер ПОБК через 1 год, мм,

D_1 и D_2 – измеренный на рентгенограммах диаметр динамического винта (соответственно, сразу после имплантации и через 1 год), мм.

Измерение шеечно-диафизарного угла на рентгенограммах проводили способом, аналогичным описанному выше для оценки послеоперационного положения отломков.

В случае развития у пациента ортопедических осложнений, связанных со значительным вторичным смещением отломков (Z-эффект и «cut-out»-эффект), показатели изменения топографо-анатомических соотношений ПОБК не вычисляли.

2.3 Статистическая обработка результатов

Для определения наличия или отсутствия математических закономерностей между изучаемыми величинами были использованы методы математической статистики. Вычисление

значений всех нижеуказанных статистических параметров проводили с помощью пакета программ Statistica 10.0 (StatSoft, США) и Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, США).

Для описания массивов значений случайных величин использовались следующие параметры: для характеристики «центра» выборки - выборочное среднее и медиана, а для характеристики разброса значений вокруг «центра» – дисперсия и стандартное отклонение выборки [229]. В работе при представлении статистических результатов по умолчанию использовали показатели «выборочное среднее \pm выборочное стандартное отклонение», если не указано иное.

Для возможности применения параметрических критериев решали задачу по определению соответствия характера распределения случайной величины нормальному распределению для непрерывных величин с использованием критерия согласия Пирсона. Для этого проводили разбиение значений выборки на интервалы, соответствующие 0,5 стандартного отклонения, после чего вычисляли ожидаемые частоты распределения, после чего по формуле вычисляли значение χ^2 и сравнивали его с критическим значением. Если критическое значение для выбранного уровня значимости (в настоящей работе 0,05) больше вычисленного, то нулевую гипотезу о нормальном характере распределения выборки отвергали, если меньше – подтверждали [232].

Для определения статистической значимости различий между величинами использовали вычисление различных статистических критериев.

Во всех случаях за нулевую гипотезу принимали отсутствие различий между выборками и подразумевали, что они взяты из одной генеральной совокупности. Вычисленное значение критерия сравнивали с критическим значением описывающего его распределения для выбранной степени свободы и принятого в работе уровня значимости ($p = 0,05$) [231]. В случае, если абсолютное значение вычисленной статистики меньше критического, а уровень значимости $p > 0,05$, то нулевую гипотезу об отсутствии различий между выборками не отвергали. В противном случае, когда вычисленное значение $p < 0,05$, нулевую гипотезу отвергали, а различия между выборками признавали статистически значимыми [210].

В случае нормального распределения выборок или больших выборок с количеством наблюдений более 50 применяли параметрический двухвыборочный t-критерий Стьюдента. В случае малых размеров двух выборок (менее 40) и отсутствия данных об их нормальном распределении для сравнения результатов применяли методы непараметрической статистики: между двумя группами – ранговый критерий Манна-Уитни, а для сравнения трех групп данных – ранговый H-критерий Kruskal-Wallis [231]. Для сравнения категориальных переменных использовали критерий независимости χ^2 [210].

Для определения степени корреляции использовали таблицу Чедвика (Таблица 2) [229].

Таблица 2 – Градация силы корреляционной связи между величинами по значению коэффициента корреляции Пирсона

Абсолютное значение r	Сила корреляционной связи
менее 0,3	слабая
от 0,3 до 0,5	умеренная
от 0,5 до 0,7	заметная
от 0,7 до 0,9	высокая
более 0,9	весьма высокая

Для выявления взаимосвязи между величинами использовали вычисление коэффициентов корреляции [163]: параметрический коэффициент Пирсона и непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r). Коэффициент корреляции мог принимать значения от -1 до 1 включительно. При значении, равном 1 , предполагали сильную прямую линейную зависимость между переменными, а при значении, равном -1 , – сильную обратную линейную зависимость. При значении коэффициента, равном нулю, предполагали отсутствие корреляции между переменными величинами.

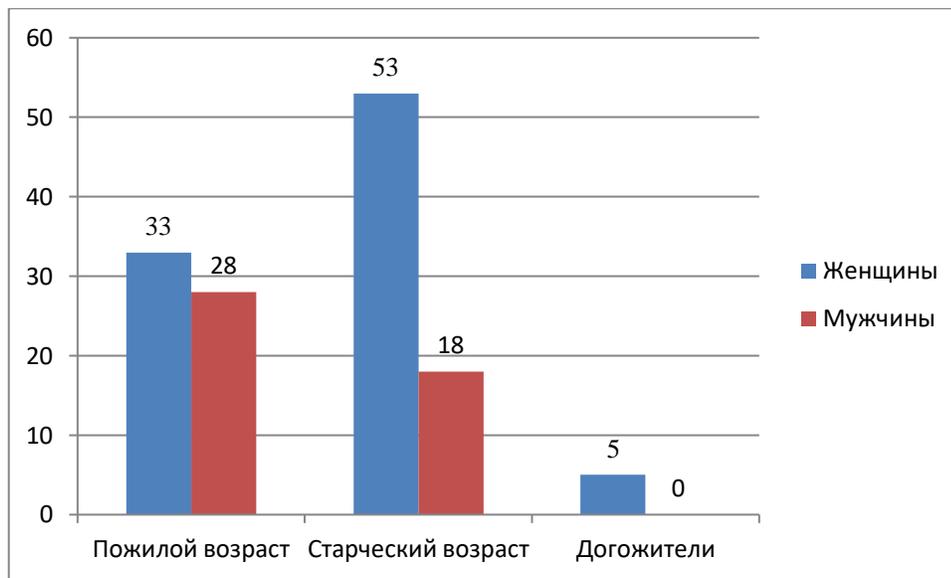
2.4 Характеристика пациентов в группах исследования

В исследование последовательно было включено 137 пациентов с чрезвертельными переломами бедренной кости в возрасте от 65 до 96 лет (средний возраст на момент включения составил $76,4 \pm 7,8$ лет), из них 46 мужчин (33,6%) и 91 женщина (66,4%). Распределение пациентов по возрастным группам и по полу представлено в Таблице 3 и на Рисунке 6.

Среди пациентов преобладали женщины (66,4%). В возрастной группе 65 – 75 лет доля мужчин и женщин была примерно одинакова, однако в более старших возрастных группах мужчин значительно меньше. В возрастной группе старше 85 лет проходил лечение всего 1 мужчина и 17 женщин.

Таблица 3 – Распределение пациентов по возрасту и полу на момент включения в исследование

Возраст, годы	Мужчины		Женщины		Всего	
	Количество	%	Количество	%	Количество	%
От 65 до 75	28	20,4	33	24,1	61	44,5
От 76 до 85	17	12,5	41	29,9	58	42,3
От 86 до 95	1	0,7	16	11,7	17	12,4
Старше 96	0	0	1	0,7	1	0,8
Всего	46	33,6	91	66,4	137	100



Пожилой возраст: 65 – 75 лет включительно; старческий возраст: 75 – 90 лет включительно; долгожители – старше 90 лет

Рисунок 6 – Половозрастная характеристика участников исследования на момент включения (количество человек)

Эти различия могли быть обусловлены как большей продолжительностью жизни у женщин и численным преобладанием их в старших возрастных группах, так и большим распространением среди женщин остеопороза, который определяется повышенный риск низкоэнергетических переломов. По этой причине данные демографические особенности групп исследования нельзя считать дефектом формирования когорты – о схожем распределении сообщают и другие авторы [179].

Распределение пациентов по характеру травмы представлено на Рисунке 7. У всех пациентов наблюдали непрямой низкоэнергетический механизм травмы – в большинстве случаев падение из положения стоя на бок или вперед на поверхность опоры. В небольшом количестве случаев (18 из 137) травма получена при падении с небольшой высоты (например, с кровати) или вообще при некоординированном движении, что свидетельствует о выраженном снижении прочности костной ткани на фоне тяжёлого остеопороза.

Распределение пациентов по типам переломов представлено на Рисунке 8. Наиболее часто встречались переломы типа А2 (53%), 28,5% приходилось на переломы типа А1, реже всего наблюдались переломы типа А3 (18,5% случаев). Соотношение пациентов по типам переломов в исследовании соответствуют данным литературы по эпидемиологии повреждений данной локализации [124, 179]. Таким образом, сформированная группа пациентов была репрезентативна реальной популяции пациентов старших возрастных групп с чрезвычайными переломами. Все пациенты были разделены на две группы случайным образом. Пациенты, для лечения которых

применяли фиксатор Targon PF (Aescular B.Braun, Германия), относили к группе исследования, или группе «динамической фиксации» (далее – группа ДФ). Пациенты, для лечения которых применяли стержень PFN (Synthes Depru, США), относили к группе сравнения, или группе «статической фиксации» (далее – группа СФ) (Рисунок 9).



Рисунок 7 – Распределение пациентов исследования по группам в зависимости от причины травмы (в процентах)

В фиксаторе Targon PF конструктивно заложена возможность контролируемого скольжения шеечного винта в гильзе (снижен коэффициент трения). Гильза фиксируется резьбой в штифте, что снижает вероятность миграции винта латерально. Без специального уменьшения силы трения шеечные клинки и винты могут застревать в отверстии штифта [155]. У фиксатора в группе СФ не заложена возможность миграции винтов после имплантации. Разделение фиксаторов на статический и динамический типы было проведено на основании описания и рекомендаций производителя по имплантации [110, 169]. Следует отметить, что оба типа фиксатора рекомендованы для лечения пациентов с чрезвертельными переломами всех типов без ограничений [110, 216].

Для сравнения сформированных групп исследования проводили сбор и анализ информации о пациентах по следующим параметрам:

- 1) пол и возраст (годы)
- 2) тип перелома по классификации АО/ОТА
- 3) ИМТ
- 4) срок с момента травмы до операции (дни)

- 5) наличие и характер сопутствующих заболеваний, индекс коморбидности Чарльсона
- 6) длительность операции (минуты) и длительность госпитализации (дни)
- 7) положение отломков после репозиции и положение фиксатора после имплантации.

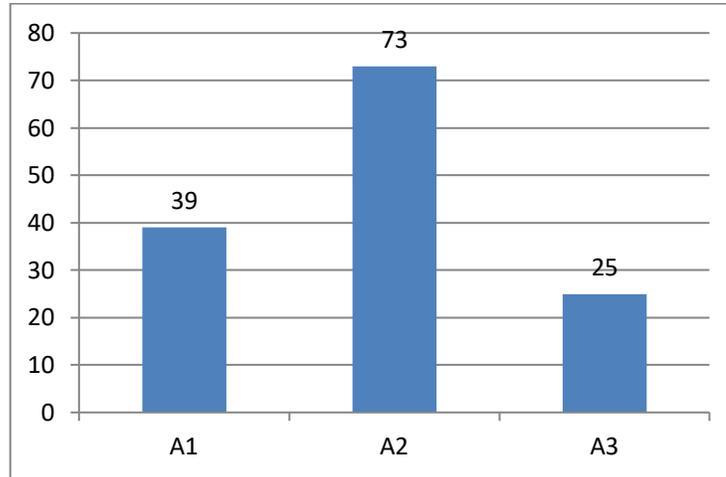


Рисунок 8 – Распределение пациентов исследования по типам переломов

Распределение пациентов по группам исследования представлено на Рисунке 10. Статистически значимых различий по полу между группами исследования не выявлено (χ^2 -тест, $p = 0,20$). Распределение пациентов по возрасту в группах исследования представлено на Рисунке 11. Между пациентами групп ДФ и СФ не выявлено статистически значимых различий по этому показателю (t-критерий, $p = 0,37$).



Рисунок 9 – Схематические изображения применяемых фиксаторов: слева – динамизируемый фиксатор, справа – статический фиксатор

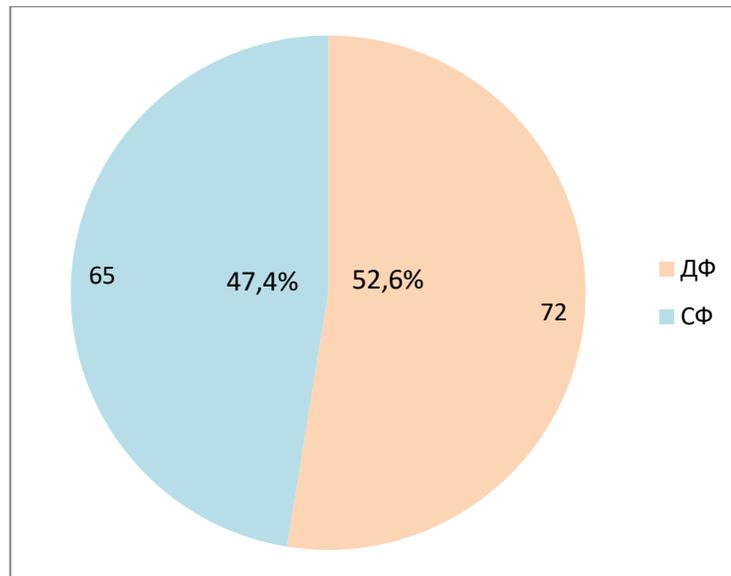


Рисунок 10 – Распределение пациентов по группам исследования (абсолютные значения и проценты)

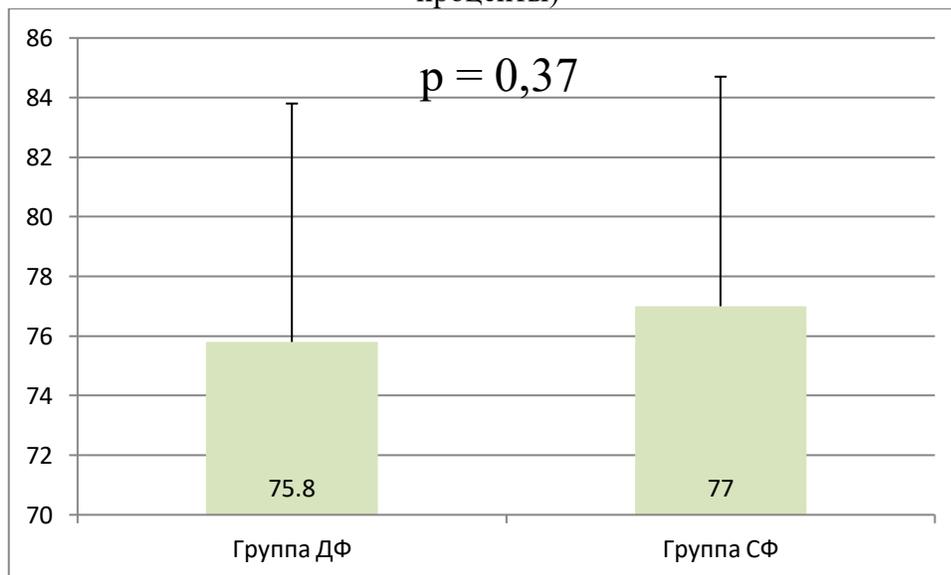


Рисунок 11 – Распределение пациентов по возрасту в группах исследования, годы

Распределение пациентов в группах по типам переломов представлено на Рисунке 12. Распределение пациентов между группами по типу переломов было независимым (χ^2 -тест; $p = 0,20$). Зависимость между полом пациента и типом перелома в группах отсутствует (χ^2 -тест, $p = 0,46$ для группы ДФ, $p = 0,16$ для группы СФ). Несмотря на отсутствие статистически значимых отличий, обращает на себя внимание преобладание в группах женщин нестабильных переломов 31A2. В группах мужчин распределение по типам переломов было более равномерное, что может носить случайный характер из-за меньшего количества пациентов в этих группах. Влияние на конечные результаты лечения данные различия не оказали.

Распределение сопутствующих заболеваний среди пациентов групп представлено на Рисунке 13. Статистически значимых различий не выявлено (χ^2 –тест, p от 0,09 до 0,89). На Рисунке 14 представлено сравнение групп исследования по индексу коморбидности Чарльсона; также не выявлено различий между группами (t-критерий; $p = 0,26$). Распределение пациентов по значению ИМТ представлено на Рисунке 15. Среди пациентов групп ДФ и СФ статистически значимых различий по показателю индекса массы тела на момент начала исследования не зафиксировано (t-критерий; $p = 0,95$). Распределение пациентов с ожирением второй степени между группами исследования было равномерное (χ^2 -тест; $p = 0,21$).

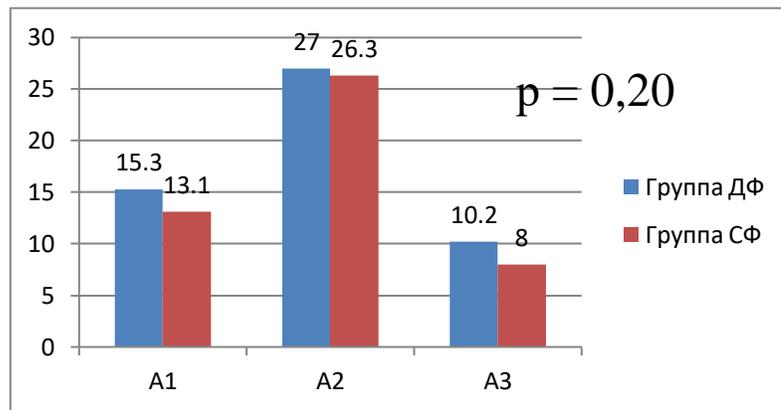
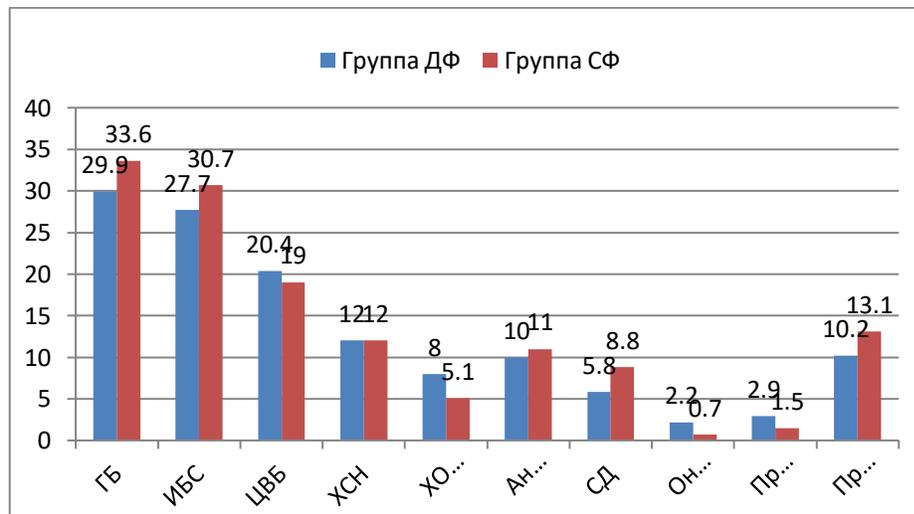


Рисунок 12 – Распределение пациентов в группах по типам переломов (в процентах от количества пациентов исследования)



Обозначения: ГБ – гипертоническая болезнь, ИБС – ишемическая болезнь сердца, ЦВБ – цереброваскулярная болезнь, ХСН – хроническая сердечная недостаточность, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, БА – бронхиальная астма, СД – сахарный диабет

Рисунок 13 – Распределение пациентов в группах исследования по наличию сопутствующих заболеваний (в процентах от общего числа пациентов исследования)

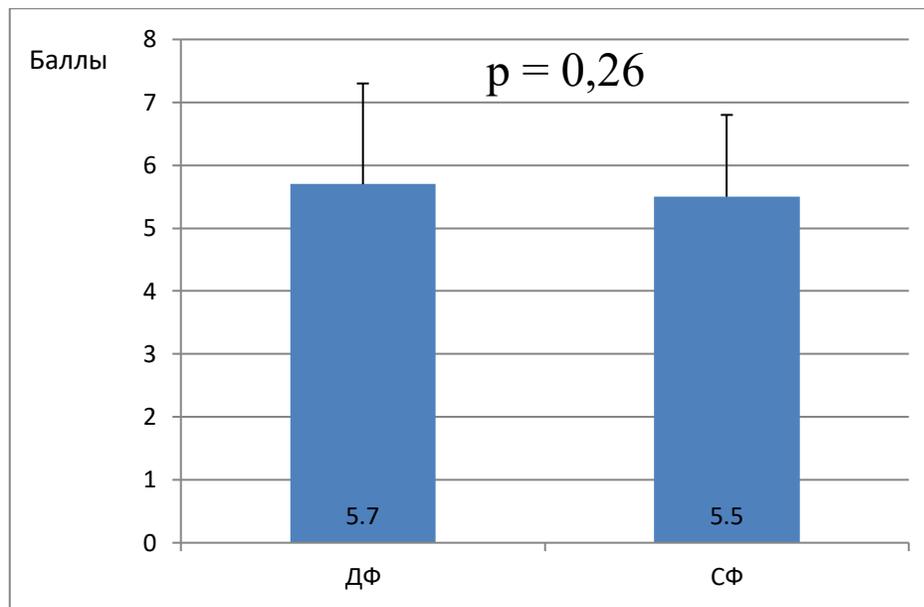


Рисунок 14 – Сравнение групп исследования по индексу коморбидности Чарльсона, баллы

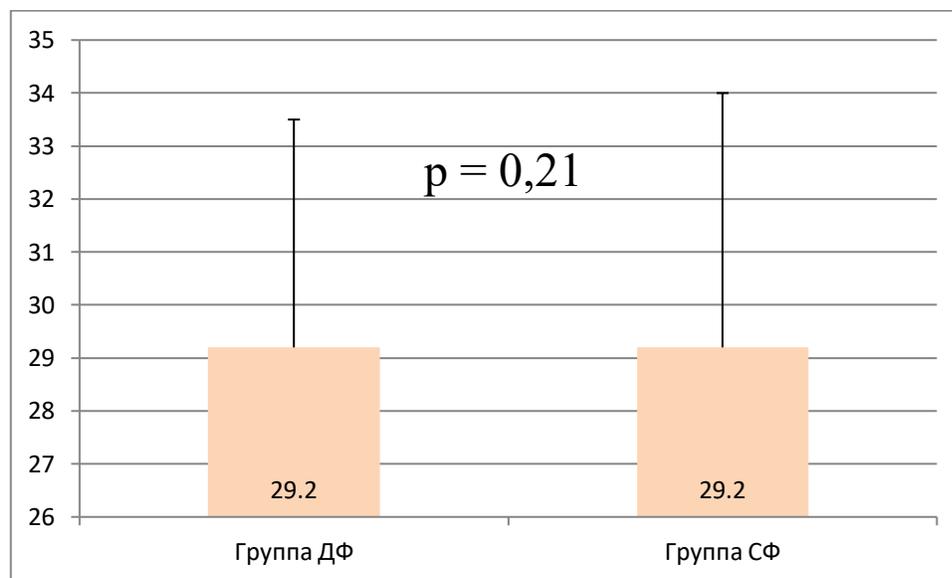


Рисунок 15 – Распределение показателя ИМТ по группам исследования, кг/м²

В Таблице 4 представлено распределение пациентов из разных групп по длительности предоперационного периода, операции и госпитализации.

Таблица 4 – Распределение пациентов из разных групп по длительности предоперационного периода, длительности операции и длительности госпитализации

	Группа ДФ	Группа СФ
Длительность предоперационного периода, дни	3,5 ± 3,3	3,0 ± 1,9
Длительность операции, мин	63,8 ± 20,3	58,3 ± 14,0
Длительность госпитализации, дни	11,3 ± 3,2	10,5 ± 3,0

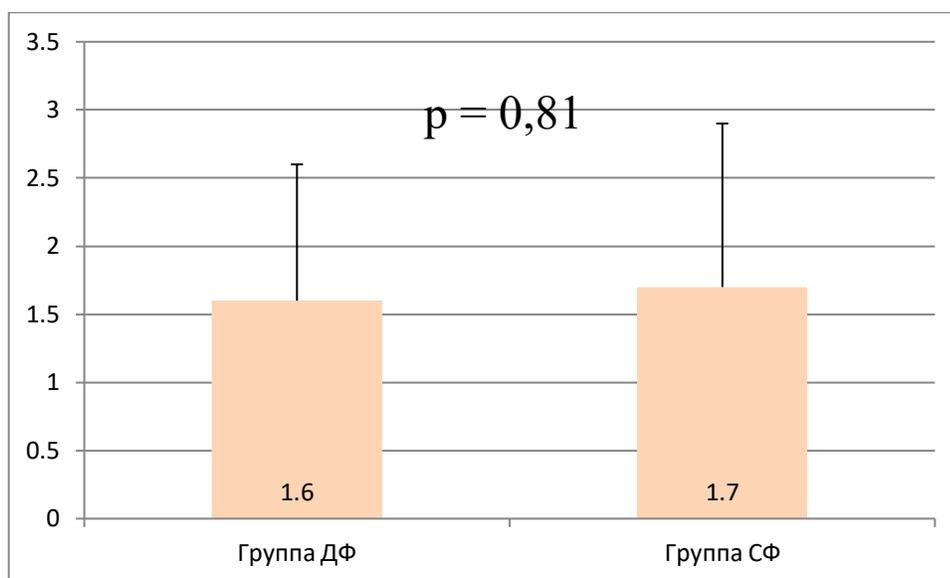


Рисунок 16 – Время от момента травмы до поступления в стационар, дни

У пациентов группы ДФ выявлена тенденция к большей длительности оперативного вмешательства, однако статистически значимых различий выявлено не было и на конечные результаты лечения данный показатель не повлиял. Тенденцию можно объяснить большим количеством этапов имплантации, предусмотренных производителем фиксатора.

Положение фиксатора в кости оценивали по показателю TAD, вычисленному на послеоперационных рентгенограммах в двух проекциях. Распределение этого показателя в группах исследования представлено на Рисунке 17. Значимых различий между группами СФ и ДФ не обнаружено (t-критерий, $p = 0,1$).

Распределение величины шеечно-диафизарного угла, измеренной по послеоперационным рентгенограммам в прямой проекции, по группам исследования и по полу представлено на Рисунке 18. Статистически значимых различий по этому показателю между группами исследования не выявлено (t-критерий; $p = 0,28$). Также в каждой из групп ДФ и СФ не выявлено значимых различий между мужчинами и женщинами по величине шеечно-диафизарного угла после операции (критерий Манна-Уитни, соответственно, $U = 522,5$; $p > 0,05$ и $U = 561$; $p > 0,05$).

Пациенты не могли ограничивать нагрузку на оперированную конечность по разным причинам (Таблица 5). Распределение пациентов по причинам отсутствия возможности активно ограничивать нагрузку на оперированную конечность между группами представлено в Таблице 6. Статистически значимых отличий между группами по распределению пациентов с различными причинами неспособности ограничивать нагрузку на оперированную конечность не выявлено (χ^2 -тест; $p = 0,80$). Таким образом, сформированные группы оказались однородными и сопоставимыми по

половозрастным и медицинским показателям, что делает сравнение результатов лечения в этих группах релевантным задачам исследования.

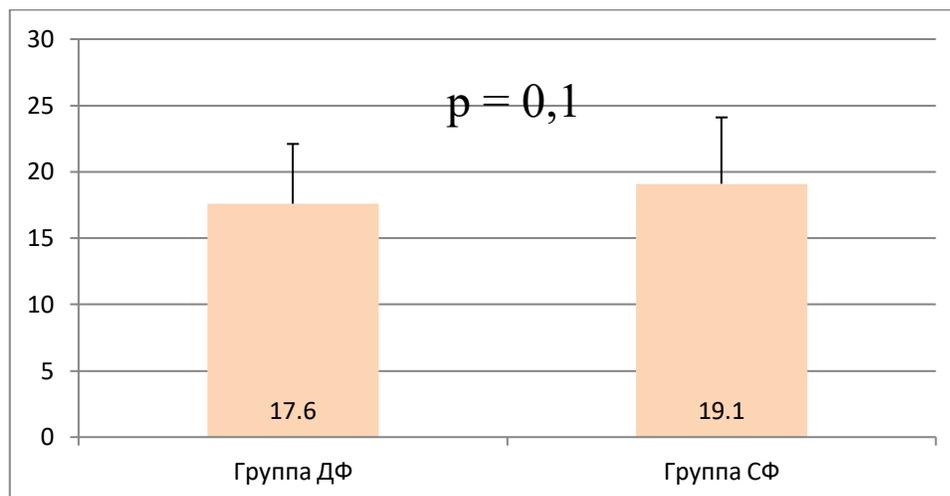


Рисунок 17 – Распределение пациентов из разных групп по показателю TAD сразу после операции (мм)

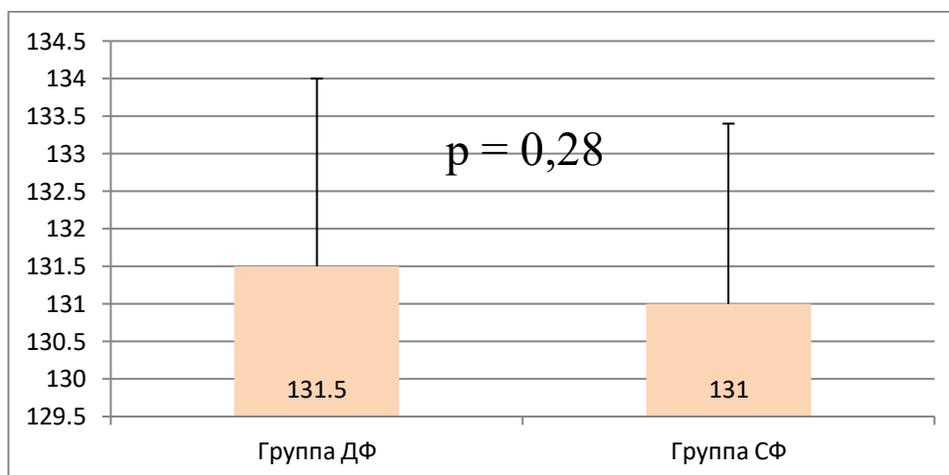


Рисунок 18 – Распределение величины шейно-диафизарного угла сразу после операции по группам исследования (градусы)

Таблица 5 – Распределение пациентов исследования по причинам отсутствия возможности ограничивать нагрузку на оперированную конечность

Причина отсутствия возможности ограничивать нагрузку на оперированную конечность	Количество пациентов, %
Последствия переломов костей верхней конечности в анамнезе с ограничением функции (оценка по шкале DASH более 50 баллов)	21 (15,3%)
Когнитивные расстройства (оценка по шкале MMSE20 баллов и менее)	47 (34,3%)
Неврологические заболевания с парезом мышц верхней конечности (сила 4 балла и менее)	11 (8,0%)
Ожирение 2 ст. в сочетании с относительной мышечной слабостью из-за сенильной саркопении	58 (42,4%)
Всего	137 (100%)

Таблица 6 – Распределение пациентов по причинам отсутствия возможности ограничивать нагрузку на оперированную конечность между группами исследования

	Группа ДФ	Группа СФ	Всего
Последствия переломов костей верхней конечности в анамнезе с ограничением функции (оценка по шкале DASH более 50 баллов)	13	8	21
Когнитивные расстройства (оценка по шкале MMSE20 баллов и менее)	23	24	47
Неврологические заболевания с парезом мышц верхней конечности (сила 4 балла и менее)	6	5	11
Ожирение 2 ст. в сочетании с относительной мышечной слабостью из-за сенильной саркопении	30	28	58
Итого	72	65	137

2.5 Хирургическое лечение пациентов

У 28 пациентов (20,4%) пациентов для временной иммобилизации сразу после поступления применяли скелетное вытяжение за бугристость большеберцовой кости на стороне повреждения, у остальных проводили иммобилизация положением (постельный режим с валиком в подколенной области для предотвращения избыточной наружной ротации). Необходимо отметить, что с 2012 г. у пациентов старше 65 лет скелетное вытяжение для временной иммобилизации перелома не применяли ввиду отсутствия влияния на результаты лечения и болезненности процедуры [213]. Наружные фиксирующие повязки по типу «деротационного сапожка» не использовали ни у одного пациента.

Для проведения операции в подавляющем большинстве случаев использовали нейроаксиальную анестезию (спинномозговую и эпидуральную). Лишь в трех случаях (2,2%) был применен комбинированный эндотрахеальный наркоз (в двух случаях – из-за невозможности выполнения люмбальной пункции вследствие перенесенных травм поясничного отдела позвоночника, в одном наблюдении – из-за наличия у пациентки тромбоцитопенической пурпуры, являющейся противопоказанием к проведению люмбальной пункции).

Операцию проводили на ортопедических столах «Медин» (Белоруссия) или Scandia SC440 (Lojër, Финляндия) в положении пациента на спине. В области промежности устанавливали упор, при этом стремились к тому, чтобы он находился по центру таза и не смещался в сторону оперируемой конечности, затрудняя репозицию. Стопу оперируемой ноги фиксировали в стоподержателе, после чего проводили закрытую непрямую репозицию с использованием вытяжения конечности по оси, изменения степени ротации, угла отведения/приведения в

тазобедренном суставе во фронтальной плоскости и угла сгибания/разгибания в сагиттальной плоскости (Рисунок 19).



Рисунок 19 – Проведение закрытой непрямой репозиции отломков чрезвертельного перелома левой бедренной кости на ортопедическом столе в условиях спинномозговой анестезии (фото автора)

Достижение репозиции контролировали с использованием рентгеновской хирургической С-дуги «КМС-950 FTP» (COMED Medical Systems Co, ltd, Южная Корея) или ZENITION 50 (Philips Healthcare, США). Критериями достижения репозиции считали восстановление взаиморасположения фрагментов большого вертела и диафиза с максимально возможным контактом между отломками в области перелома, восстановление длины конечности, достижение целевых значений шеечно-диафизарного угла в прямой проекции ($130\text{--}135^\circ$) с тенденцией к вальгусному положению, восстановление антеверсии шейки бедренной кости в боковой проекции, при этом к достижению репозиции малого вертела специальными средствами не стремились ввиду отсутствия влияния этого смещения на силу сгибания бедра в послеоперационном периоде [164]. При проведении репозиции избегали гиперкоррекции в виде избыточной внутренней ротации

дистального отломка бедренной кости для профилактики ограничения наружной ротации и болевого синдрома при движениях в тазобедренном суставе в послеоперационном периоде.

В 10 наблюдениях (7,3%) при межвертельных и некоторых чрезвертельных переломах закрытые не прямые методы репозиции не приводили к достижению анатомичной репозиции – проксимальный фрагмент оказывался в положении наружной ротации, отведения и сгибания из-за тяги комплекса мышц-абдукторов. В этих случаях выполняли малоинвазивный доступ к зоне перелома и производили его прямую репозицию и временную фиксацию костодержателем до заведения стержня и выполнения проксимального блокирования. Введение винтов шейки и головку бедренной кости осуществляли из того же доступа.

Имплантиацию металлофиксаторов производили по стандартным методикам, рекомендованным производителями [110, 216]. Через верхушку большого вертела проводили спицу-направитель, положение которой контролировали в двух проекциях при помощи электронно-оптического преобразователя. Точку введения выбирали в прямой проекции на верхушке большого вертела, в аксиальной – по оси диафиза (в прямой проекции отклонение спиц от оси диафиза составляло около 6°). Далее производили разрез кожи в области спицы длиной около пяти сантиметров, после чего разрезали подкожно-жировую клетчатку и широкую фасцию. Тупо раздвигали мягкие ткани до большого вертела, освобождая пространство для сверла и штифта. Выполнение разреза после проведения спицы позволяло избегать натяжения мягких тканей, которое возникало при неудачно выбранном доступе, особенно у тучных пациентов.

При применении статического фиксатора по спице проводили вскрытие костномозгового канала сверлом диаметром 13 мм с использованием направителя-защитника, а в случае штифта Targon – специальной разверткой, выбирающей кость вертельной зоны. В одном наблюдении применения статического фиксатора было отмечено заклинивание спицы в сверле и её проталкивание в канал бедренной кости, что потребовало интраоперационного удаления спицы и увеличило длительность операции.

Собранный направитель со штифтом вводили в костномозговой канал и погружали до уровня верхушки большого вертела. Во всех случаях избегали введения с использованием ударов молотком из-за риска перфорации кортикального слоя при несоответствии кривизны штифта и кости. Правильность положения штифта в канале контролировали в двух проекциях флюороскопически. Критерием правильного положения считали возможность проведения двух винтов в головку и шейку бедренной кости.

В группе СФ далее по направителю проводили спицу в шейку бедренной кости для обеспечения рассверливания канала под шеечный винт. Спицу в прямой и аксиальной проекции

располагали по центру шейки и головки бедренной кости, после этого производили разрез кожи и фасции и по спице проводили рассверливание канала под контролем электронно-оптического преобразователя и определение длины винта по измеряющему устройству на сверле, после чего закручивали винт выбранной длины, располагая его верхушку за несколько мм до субхондральной кости. Наружный конец винта располагали так, чтобы он выстоял из бедренной кости не более чем на пять миллиметров. После этого по направителю проводили спицу для деротационного пина, рассверливали кость и вводили пин так, чтобы его верхушка находилась на одном горизонтальном уровне с шеечным винтом. Положение винтов контролировали флюороскопически в двух проекциях.

В группе ДФ также проводили спицу, после чего рассверливали канал для динамического шеечного винта, в который вставляли специальный obturator. После этого по спице рассверливали канал в шейке и головке бедренной кости и вводили пин, после этого определяли длину втулки и вкручивали шеечный винт, вставленный в динамическую втулку. Втулку блокировали в резьбовом отверстии штифта.

Дистальное блокирование штифта проводили двумя винтами с использованием направителя. После демонтажа направляющего устройства проводили контрольную флюороскопию в двух проекциях. Особенно обращали внимание на положение дистальных блокирующих винтов, которые при неоптимальном положении направителя для сверла могли находиться кпереди или кзади от штифта, при этом полностью соответствуя отверстию при рентгеноскопии в прямой проекции. После этого раны обрабатывали антисептиками, послойно ушивали. На кожу накладывали внутрикожные швы. Дренажирование раны активным дренажом по Редону проводили только в случаях выраженного развития подкожно-жировой клетчатки (в 31 случае из 137, что составило 22,6%).

Для контроля достижения репозиции и положения металлофиксаторов после операции до прекращения действия анестезии выполняли рентгенографию тазобедренного сустава в двух проекциях – прямой и аксиальной. Для получения рентгенограммы в аксиальной проекции в положении пациента на спине и рентгеновской кассеты под тазом проводили максимальное сгибание и отведение бедра оперированной конечности.

В раннем послеоперационном периоде всех пациентов наблюдали в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии для своевременного выявления осложнений и контроля болевого синдрома. Попеременное сгибание и разгибание стоп в голеностопных суставах начинали сразу после прекращения действия нейроаксиальной анестезии для активизации мышечной помпы голени и профилактики венозного тромбоза. Для обезболивания в раннем послеоперационном периоде у 56 пациентов (40,9%) применяли продленное эпидуральное обезболивание, у остальных

– опиоидные анальгетики. В первые сутки после операции проводили антибиотикофилактику. У всех пациентов с момента поступления проводилось эластическое бинтование нижних конечностей от средней трети бедра до пальцев стопы.

Через сутки после операции при отсутствии осложнений и стабильности общего состояния пациентов переводили в травматологическое отделение, где проводили перевязки послеоперационных ран, удаляли дренаж (при его наличии). Пациенты получали анальгетики, ингибиторы протонной помпы для профилактики стрессовых язв верхнего отдела желудочно-кишечного тракта, низкомолекулярные гепарины в профилактических дозировках, а также терапию по поводу сопутствующих заболеваний. В послеоперационном периоде на 2 – 4 сутки в связи с развитием постгеморрагической анемии средней степени тяжести (гемоглобин менее 80 г/л) у 34 пациентов (24,8%) с сопутствующей кардиальной патологией потребовалось проведение гемотрансфузии (одна доза эритроцитарной взвеси) для профилактики гемической гипоксии и усугубления проявлений коронарной недостаточности.

Всех пациентов после перевода из отделения реанимации в травматологическое отделение начинали активизировать в процессе занятий с инструктором по лечебной физкультуре и лечащим врачом, при этом самостоятельные попытки активизации избегались ввиду высокого риска падений. В первые сутки все пациенты начинали сидеть в кровати, спустив ноги на специальную деревянную подставку для стоп, часть пациентов начали стоять или ходить с использованием ходунков для профилактики падений. Выбор объема активизации в первые сутки зависел от самочувствия пациента (наличие или отсутствие головокружения при вертикализации) и выраженности болевого синдрома. Все больные с первых суток начинали заниматься с инструктором лечебной физкультурой, которая включала себя активные движения в суставах верхних конечностей, активные движения в суставах неповрежденной нижней конечности, голеностопном суставе оперированной конечности. Начинали изометрические упражнения для укрепления четырехглавой и ягодичных мышц поврежденной стороны. Пациентов обучали дыхательной гимнастике, проводился вибрационный массаж грудной клетки для профилактики гипостатической пневмонии.

Все пациенты ходили при помощи дополнительной внешней опоры (ходунки). Пациентов обучали ходьбе с разгрузкой оперированной ноги, однако полностью добиться этого не удавалось. В случае выраженных когнитивных нарушений пациенты не могли освоить методику ходьбы с разгрузкой и быстро забывали рекомендации, продолжая ходить с полной опорой на ногу, двигая ходунки перед собой. Пациенты с ожирением могли правильно выполнять рекомендации в течение нескольких шагов, однако затем ввиду утомления мышц пояса верхних конечностей начинали полностью нагружать ногу. Пациентам с последствиями травм и парезом мышц верхней конечности

также не удавалось достичь разгрузки оперированной ноги, поскольку их опора на ходунки руками была неэффективна. Тем не менее, занятия с пациентами повторяли ежедневно, чтобы достичь максимально возможной разгрузки конечности. Дистанцию ходьбы увеличивали от нескольких шагов около кровати в первые дни до 10 метров по палате несколько раз в день к моменту выписки. После достижения максимально возможного уровня активизации, купирования болевого синдрома и неосложненного течения раневого процесса пациентов выписывали на амбулаторное лечение.

Контрольные осмотры обязательно проводили дважды: в срок от 2 до 3 месяцев и через 1 год после операции. Рентгенографический контроль проводили, в среднем, через 8 – 12 недель с момента операции, затем через 1 год при отсутствии жалоб, а также по показаниям при подозрении на развитие осложнений. При контрольном осмотре и проведении рентгенографии через 3 месяца оценивали достижение консолидации перелома и восстановление функции, после чего пациентам рекомендовали ходьбу с тростью или продолжение ходьбы с ходунками в случае выраженной постуральной неустойчивости и высокого риска падений. В случае выявления укорочения оперированной конечности более 2 см пациентам рекомендовали использование вкладышей в обуви для коррекции длины ног при ходьбе.

В ходе исследования были сформированы две группы пациентов с чрезвертельными переломами бедренной кости, у которых на предоперационном этапе были признаки отсутствия возможности ограничивать нагрузку весом тела при ходьбе в послеоперационном периоде. К таким признакам относили случаи абсолютной или относительной функциональной недостаточностью верхних конечностей. К абсолютной функциональной недостаточности относили случаи пареза и паралича мышц верхних конечностей вследствие неврологических заболеваний и комплексное нарушение работы в области суставов верхних конечностей в результате несросшихся или неправильно сросшихся переломов. К относительной недостаточности относили повышение нагрузки на верхние конечности при повышении массы тела вследствие ожирения при сохранной или несколько сниженной на фоне саркопении силы мышц верхних конечностей. Кроме того, независимым признаком считали отсутствие возможности понимать и активно следовать инструкциям по ограничению нагрузки вследствие когнитивных расстройств. По основным половозрастным параметрам и характеристикам лечения группы были однородны, поэтому основное различие между ними было в типе фиксации отломков – динамической и статической. Проведение оценки влияния этого фактора на результаты лечения необходимо для определения клинических преимуществ и недостатков каждого типа фиксации.

ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ «БЕДРЕННАЯ КОСТЬ – ДИНАМИЗИРУЕМЫЙ МЕТАЛЛОФИКСАТОР» В УСЛОВИЯХ УМЕНЬШЕНИЯ РАЗМЕРА ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БЕДРА

Для определения биомеханических изменений, происходящих в бедренной кости, фиксированной динамическим цефаломедуллярным фиксатором, при уменьшении размеров ПОБК по оси её шейки, проведено конечно-элементное моделирование системы «кость – металлофиксатор» в условиях нагрузки весом тела (Рисунок 20).

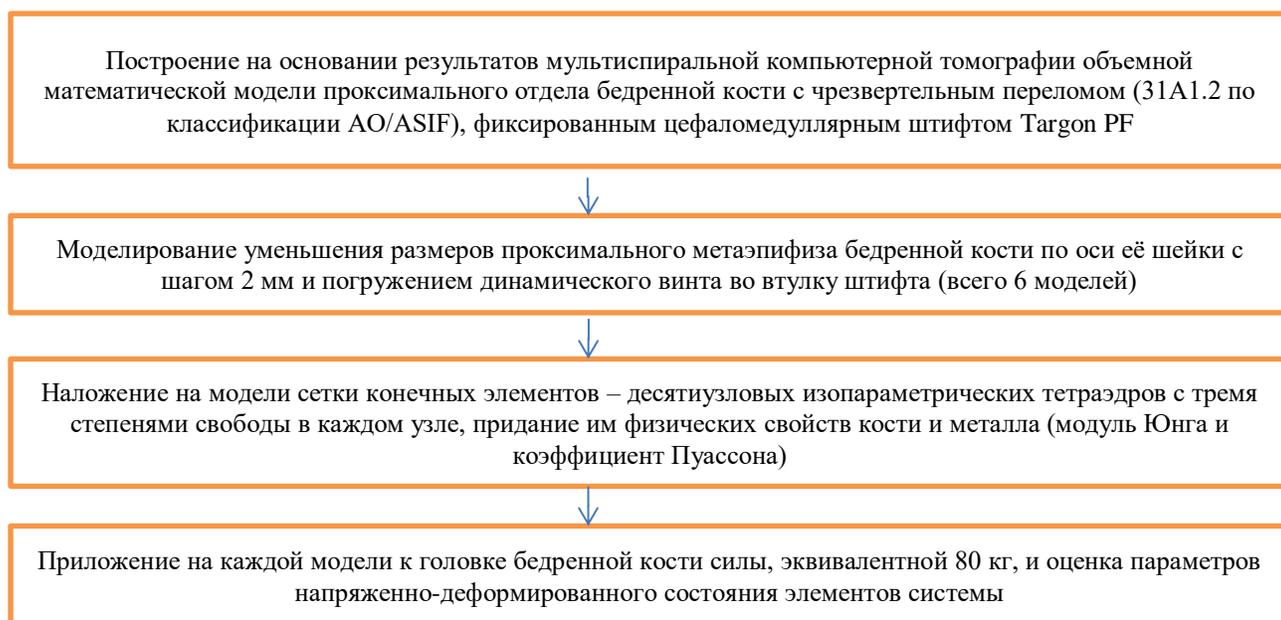


Рисунок 20 – Алгоритм проведения математического моделирования

Первым этапом в сотрудничестве с инженерами ООО «Хекса» в модуле Abaqus/CAE программного комплекса Abaqus (версия 6.10 2010 г., Dassault Systèmes Simulia Corp., Франция) провели построение математической объемной модели стабильного чрезвертельного перелома (31A1.2 по классификации АО/ASIF [108]). Для её построения использовали обобщенные результаты мультиспиральной компьютерной томографии, которые использовали для задания формы модели ПОБК, распределения в объеме кортикальной и губчатой костной ткани и расположения плоскости перелома [90].

Фрагменты кости в условиях анатомической репозиции были виртуально зафиксированы титановым цефаломедуллярным фиксатором Targon PF. В модели использовали штифт длиной 180 мм, диаметром 14 мм, шеечно-диафизарным углом 130° с длиной втулки фиксатора 100 мм, длиной динамического винта 70 мм и деротационного пина – 110 мм [11]. Особенностью этого фиксатора

является возможность свободного скольжения шейечного винта во втулке, фиксируемой в штифте резьбовым соединением [110].

За исходное положение в модели было принято состояние точной анатомической репозиции перелома в условиях фиксации цефаломедулярным штифтом, при этом динамический винт по отношению ко втулке был расположен с зазором 10 мм. В процессе моделирования рассматривали 5 вариантов погружения динамического винта во втулку фиксатора от исходного – на 2, 4, 6, 8 и 10 мм относительно втулки винта, что соответствовало различной степени уменьшения размеров проксимального метаэпифиза по оси шейки.

Вторым этапом провели построение конечно-элементной модели системы «кость – металлофиксатор». При помощи программных комплексов конечно-элементного анализа Abaqus (Dassault Systèmes Simulia Corp., Франция) была создана расчетная математическая модель с использованием в качестве конечных элементов десятиузловых изопараметрических тетраэдров с тремя степенями свободы в каждом узле. Общее их количество в системе с учетом реальных размеров бедренной кости и необходимых пространственных параметров распределения составило 242 тысячи, узлов – 112 тысяч. Поскольку упругие свойства материала могут быть полностью определены двумя показателями – модулем упругости Юнга и коэффициентом Пуассона, то конечным элементам с помощью программы были заданы физико-механические свойства, представленные в Таблице 7, при этом в костной ткани выделяли губчатый и кортикальный компоненты с разными признаками [143].

Таблица 7 – Физико-механические свойства материалов моделей

Материал	Модуль упругости Юнга E, МПа	Коэффициент Пуассона
Кортикальный слой кости	12000	0,3
Губчатая костная ткань	100	0,2
Титан (имплант)	112000	0,32

На третьем этапе к головке виртуально прикладывали силу, эквивалентную весу тела 80 кг, в направлении, соответствующем нагрузке на бедренную кость при опоре на конечность во время ходьбы [144]. Нижний конец модели, приходящийся на среднюю треть диафиза, был виртуально зафиксирован относительно всех шести степеней свободы. Для каждой модели вычисляли амплитуду смещения элементов системы под нагрузкой, давление между отломками и распределение напряжений по Мизесу в области металлофиксатора и кости (Таблица 8).

Для оценки напряженно-деформированного состояния материала использовали вычисление напряжения по Мизесу с учетом данных об основных тензорах напряженности [143], в качестве параметра предельного напряжения использовали предел текучести материала [41]. Согласно

теории разрушения Губера-Мизеса-Хенки при превышении эквивалентным напряжением предела текучести в материале возникают пластические деформации, что соответствует его разрушению [71].

Таблица 8 – Характеристика измеряемых параметров системы «кость – металлофиксатор»

Измеряемый параметр	Его характеристика
Смещение элементов системы под нагрузкой	Амплитуда смещений проксимального отломка относительно дистального, мм
Давление в зоне контакта костных отломков	Величина давления между проксимальным и дистальным отломком, возникающего в плоскости перелома при нагрузке, МПа
Напряжение Мизеса в элементах системы	Внутреннее напряжение, возникающее в элементах системы при деформациях, вызванных внешней нагрузкой, МПа

Относительные изменения параметров относительно случая полного погружения динамического винта (10 мм) вычисляли по формуле (6):

$$\Delta = 100\% \cdot (A_i - A_0) / A_0 \quad (6)$$

где

A_0 – значение параметра при полном погружении динамического винта;

A_i – значение параметра при данном положении динамического винта.

Для выявления корреляции между величиной погружения динамического винта и относительными изменениями параметров использовали вычисление коэффициента ранговой корреляции Спирмена (см. раздел 2.3).

В процессе проведения математического моделирования была построена серия конечно-элементных математических моделей системы «кость – металлофиксатор» при постепенном уменьшении размеров проксимального метаэпифиза по оси шейки бедренной кости и проведен анализ динамики изменений биомеханических параметров в ответ на воздействие одинаковой нагрузки, эквивалентной весу тела человека. Сводные данные результатов математического моделирования представлены в Таблице 9 [11].

Распределение деформационных напряжений по Мизесу оценивали отдельно для проксимального и дистального отломков, а также для металлофиксатора.

На Рисунке 21 графически представлено распределение максимальных напряжений по Мизесу в проксимальном отломке бедренной кости при нагрузке весом тела в двух крайних вариантах – исходное положение (слева) и полное погружение динамического винта во втулку фиксатора (справа).

Таблица 9 – Результаты вычисления механических параметров системы «кость – металлофиксатор», представленных в Таблице 8, при нагрузке весом тела в зависимости от величины уменьшения размера ПОБК по оси шейки

Погружение динамического винта во втулку фиксатора, мм	0 (исходное положение)	2	4	6	8	10 (полное погружение)
Амплитуда смещения элементов системы под нагрузкой, мм	2,2	2,13	2,07	2	1,91	1,88
Максимальное давление между отломками в зоне перелома, МПа	10,9	10,6	10,4	10	9,5	9,1
Максимальные напряжения в металлических имплантатах, МПа	272	261,4	250,5	237,8	228,2	226,3

Во всех моделях выявлены зоны повышенного деформационного напряжения (от 9 до 18 МПа) по Мизесу в верхнем полюсе головки бедренной кости с распространением на медиальную часть нижней поверхности шейки и примыкающую часть области малого вертела, где зафиксирована ограниченная по объему зона концентрации напряжений (от 37 до 46 МПа).

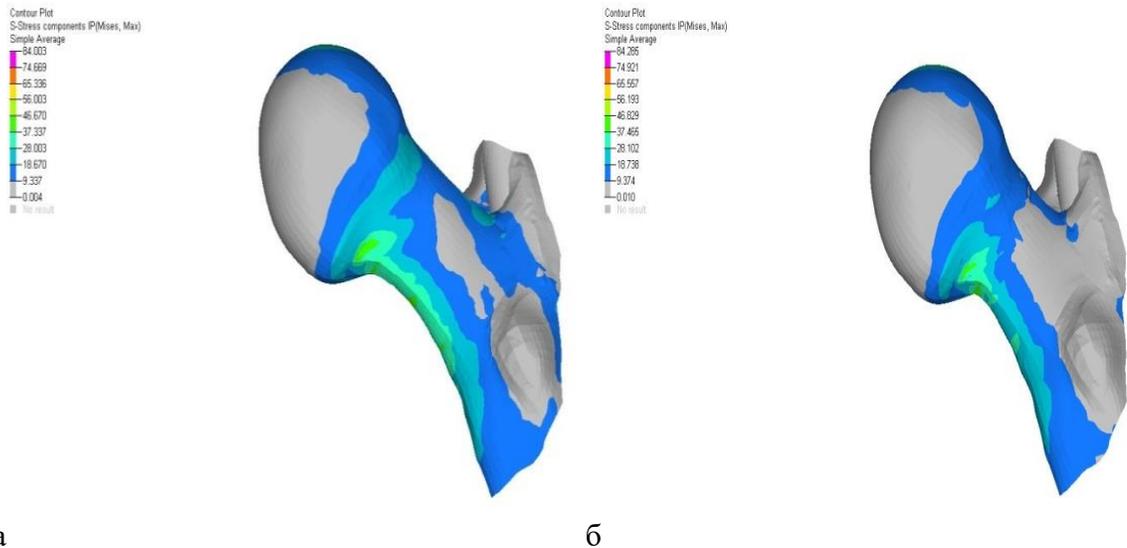


Рисунок 21 – Распределение максимальных напряжений по Мизесу в проксимальном отломке бедренной кости в исходном положении (а) и при погружении динамического винта на 10 мм (б), слева вверху – шкала напряжений по Мизесу, МПа (целая и дробная части чисел разделены точкой, дробная часть округлена до третьего знака после запятой)

Трехмерное распределение зон напряжений в моделях соответствует анатомическому расположению дуги Адамса и главного пучка трабекул губчатой кости вдоль линий компрессии в реальной бедренной кости. Параллельно уменьшению длины проксимального метаэпифиза бедра и погружению шейечного винта во втулку штифта происходит сокращение размеров зон повышенных напряжений в области медиальной поверхности шейки и на границе головки и шейки бедренной

кости, а также снижение напряжений в межвертельной зоне до абсолютных значений менее 9 МПа [91].

На Рисунке 22 представлено графическое изображение распределения напряжений по Мизесу в дистальном фрагменте бедренной кости при нагрузке весом тела в двух крайних вариантах – исходное положение (слева) и полное погружение динамического винта во втулку фиксатора (справа). Во всех моделях максимальное напряжение в костной ткани возникает на уровне малого вертела и достигает 21 МПа, при этом напряжения мало меняются при уменьшении размера ПОБК. Из изменений обращает на себя внимание снижение напряжений в области латеральной стенки ПОБК и большого вертела при уменьшении размера оси шейки бедренной кости (со значениями от 6,3 до 2 МПа) [90].

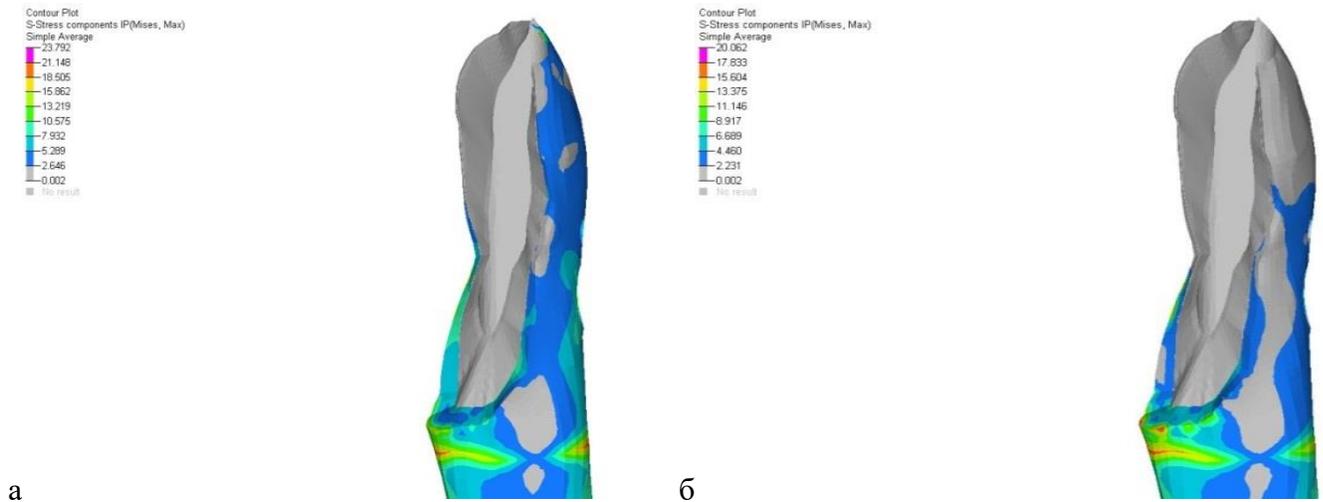


Рисунок 22 – Распределение максимальных напряжений по Мизесу в дистальном отломке в исходном положении (а) и при погружении динамического винта во втулку на 10 мм (б), слева вверху – шкала напряжений по Мизесу, МПа (целая и дробная части чисел разделены точкой, дробная часть округлена до третьего знака после запятой)

На Рисунке 23 показано распределение напряжений по Мизесу в области имплантата при нагрузке весом тела в исходном положении (слева) и при полном погружении шейечного винта во втулку фиксатора (справа). Максимальные напряжения растяжения отмечаются в области верхней поверхности деротационного пина и втулки с зоной максимума на границе со штифтом (до 272 МПа). Зоны напряжения средней интенсивности (от 40 до 80 МПа) обнаружены по медиальной и латеральной поверхностям штифта с формированием области максимума в области контакта штифта с дистальным блокирующим винтом и в области самого винта (до 240 МПа). При уменьшении размеров ПОБК и погружении динамического винта во втулку фиксатора на 10 мм отмечается снижение напряжений в области проксимальных (до 226 МПа) и – особенно – дистальных винтов (менее 68 МПа) [25].

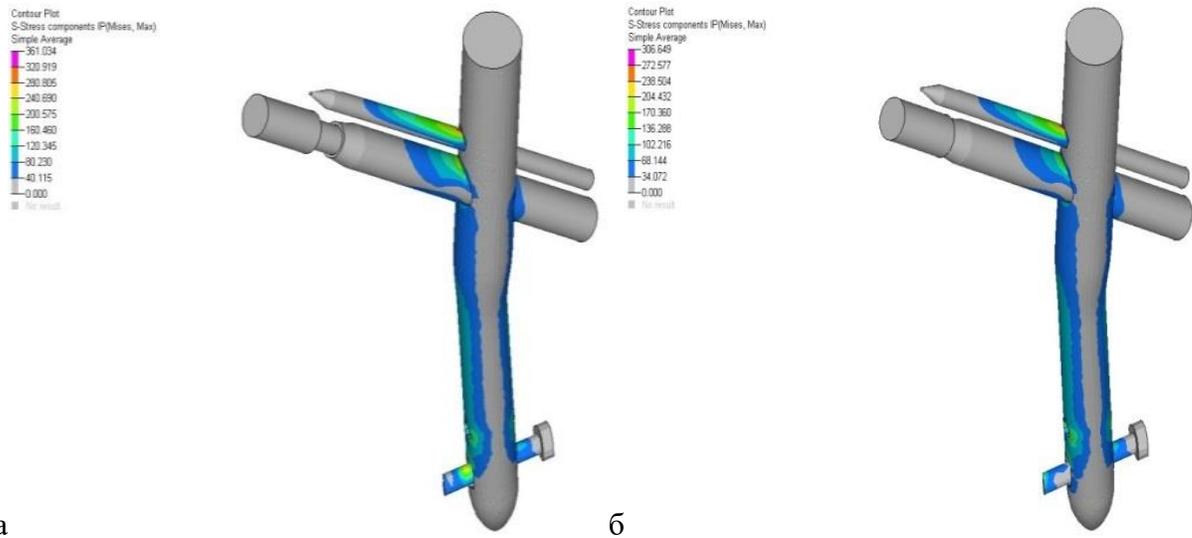


Рисунок 23 – Распределение максимальных напряжений по Мизесу в системе металлофиксаторов в исходном положении (а) и при погружении динамического винта на 10 мм (б), слева вверху – шкала напряжений по Мизесу, МПа (целая и дробная части чисел разделены точкой, дробная часть округлена до третьего знака после запятой)

При анализе напряженно-деформированного состояния системы «кость – металлофиксатор» ни в костной ткани, ни в элементах имплантата не было зафиксировано значений напряжения по Мизесу, соответствующих критическому уровню, при котором следовало бы ожидать разрушение объектов.

При уменьшении размера ПОБК по оси шейки бедра на 10 мм давление между отломками при нагрузке на систему весом тела постепенно уменьшается от 10,9 до 9,1 МПа. Также при этом уменьшается амплитуда деформационных смещений элементов системы с максимальными значениями от 2,2 мм до 1,9 мм (Таблица 9) [90].

В Таблице 9 и на Рисунке 24 представлены результаты вычисления механических параметров системы «кость – металлофиксатор». По результатам вычисления коэффициента корреляции была выявлена прямая линейная зависимость между степенью уменьшения размера ПОБК по оси шейки, эквивалентом которого было погружение динамического винта во втулку штифта, и изменением вычисленных параметров (максимальная амплитуда смещения в системе «кость – металлофиксатор», максимальное давление между отломками и максимальное напряжение в элементах фиксатора) [59]. Эта зависимость является весьма высокой – коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r = 0,99$ ($p < 0,05$).

Результаты математического моделирования можно интерпретировать следующим образом. Несмотря на то, что имплантация цефаломедуллярного фиксатора в бедренную кость стабилизирует отломки и позволяет системе «кость – металлофиксатор» частично восстановить функцию

тазобедренного сустава до наступления консолидации перелома, полностью считать такую систему механически тождественной неповрежденной кости нельзя, поскольку возникающие взаимодействия между фрагментами кости и фиксаторов приводят к снижению её прочности и появлению зон концентрации напряжений на границе раздела компонентов.

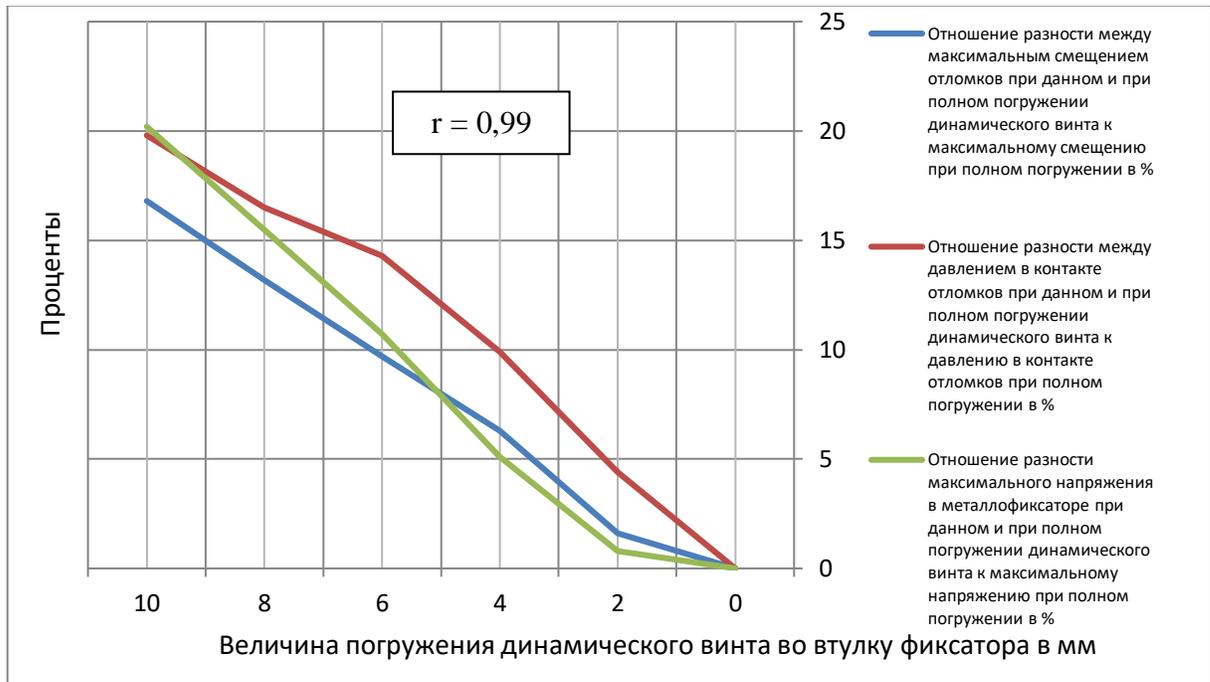


Рисунок 24 – Зависимость максимальной амплитуды смещения отломков, давления в контакте отломков и максимального напряжения в металлофиксаторе от величины погружения динамического винта во втулку штифта (значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена r для всех параметров 0,99)

Передача нагрузки веса тела с таза через головку на диафиз и мыщелки бедренной кости в условиях фиксации перелома металлическим имплантатом параллельно идет через кость и через фиксатор. Часть нагрузки передается напрямую с проксимального отломка бедренной кости, включающего в себя головку, шейку и часть вертельной области, на дистальный, содержащий часть вертельной зоны и диафиз, через плоскость перелома, при этом возникает давление между отломками. Другая часть нагрузки передается с проксимального отломка на шеечные винты, далее – на штифт в месте контакта с винтами в области проксимальных отверстий, затем – на диафиз в местах прямого контакта кортикальной кости со штифтом и с дистальными блокирующими винтами. В зоне контакта проксимального отломка и шеечных винтов возникают дополнительные напряжения, поскольку нагрузка весом тела стремится к смещению этого отломка кзади и в варусное положение по отношению к диафизу, чему препятствует сила упругости, возникающая в шеечных

винтах, из-за чего возникает повышенное давление и напряжение в зоне контакта винтов и штифта (Рисунок 20 – 22).

Циклическое повышение давления в зоне контакта костных отломков приводит к импрессии губчатой кости с её последующей резорбцией и формированием дефекта костной ткани. При сближении элементов имплантата, фиксированных в разных отломках, достигается постоянный контакт фрагментов бедренной кости в зоне перелома. Но при этом также происходит уменьшение размера проксимального метаэпифиза по оси шейки бедра и, следовательно, изменение механических свойств системы «кость – металлофиксатор». Выявленная по результатам математического моделирования перегрузка в области медиальной части нижней поверхности шейки бедренной кости на границе с вертельной областью может предопределять большую резорбцию костной ткани и, как следствие, уменьшение шеечно-диафизарного угла и варусное положение шейки после достижения консолидации.

Как было установлено в процессе математического моделирования, линейное уменьшение деформационных напряжений по Мизесу в системе «кость – металлофиксатор» отражает снижение риска накопления усталостных пластических микродеформаций и разрушения этих структур до завершения процесса консолидации. Понижение давления между отломками может быть следствием изменения геометрии передачи нагрузки, при этом оно может способствовать замедлению процесса укорочения, если рассматривать циклическое повышение нагрузки на зону перелома как причину ускоренной резорбции. Уменьшение амплитуды смещений отломков можно рассматривать как эквивалент повышения стабильности системы. Последний факт может косвенно способствовать консолидации, поскольку избыточная подвижность нарушает васкуляризацию и созревание костной ткани в зоне перелома.

Полученные экспериментальные данные могут свидетельствовать об отсутствии теоретически неблагоприятных биомеханических явлений при динамизации фрагментов чрезвертельного перелома. В процессе уменьшения размеров проксимального отдела бедренной кости по оси шейки стабильность системы теоретически прямо пропорционально возрастает и уменьшается риск наступления событий, связанных с механическим разрушением компонентов системы. Данное явление характеризует систему как механический объект и не зависит от её биологических свойств. Выявленная особенность на практике гипотетически должна приводить к снижению риска развития ортопедических осложнений при динамической фиксации отломков бедренной кости при оперативном лечении чрезвертельных переломов по сравнению со статической.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ В ГРУППАХ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Лечение пациентов в группе динамической фиксации (группа исследования)

В группу было включено 72 пациента в возрасте от 65 до 91 года с чрезвертельными переломами бедренной кости, из них женщин – 48 человек (66,7%) и мужчин – 24 человека (33,3%). Средний возраст пациентов на момент включения составил $76,3 \pm 7,1$ лет. Распределение пациентов по типам переломов в группе было следующее: А1 – 21 пациент (29,2%), А2 – 37 пациентов (51,4%), А3 – 14 пациентов (19,4%). У всех пациентов был проведен остеосинтез фрагментов перелома динамизируемым штифтом Targon PF (Aescular В. Braun, Германия). В послеоперационном периоде у всех пациентов лечение проводили стандартно по методике, описанной в разделе 2.5. Летальность на госпитальном этапе в группе составила 2,8% (2 пациента). В одном наблюдении причиной смерти был острый коронарный синдром, в одном – острая сердечная недостаточность на фоне ишемической болезни сердца. Во всех этих случаях было проведено патологоанатомическое вскрытие, расхождения клинического и патологоанатомического диагноза не зафиксировано. Остальные пациенты были выписаны на амбулаторное лечение.

К 3 месяцам после операции на амбулаторном этапе умерло 3 пациента (4,6%). Ещё два пациента были исключены из исследования в связи с развитием местных инфекционных осложнений. Таким образом, в срок к 3 месяцам после операции было осмотрено 65 пациентов. У 5 пациентов к указанному сроку было отмечено вторичное смещение отломков на фоне миграции элементов фиксатора, что более подробно будет описано в разделе 4.3.

Среди пациентов после операции самостоятельно не передвигались 7 человек (10,8% от числа пациентов в группе), однако все они самостоятельно садились в кровати. Остальные ходили с помощью ходунков с полной нагрузкой на оперированную ногу. Хромота при передвижении выявлена у 25 пациентов (38,5%). Укорочение оперированной конечности по сравнению со здоровой на 2 и более см выявлено у 10 человек (15,4%), укорочение в пределах 1-2 см – у 11 пациентов (16,9%), у остальных пациентов разница в длине ног не превышала 1 см и считалась клинически незначимой.

Симптом Тренделенбурга был выявлен у 24 пациентов, что составило 41,4% от числа пациентов в группе, у которых этот симптом удалось оценить. Следует отметить, что проверка этого симптома у большинства пациентов была затруднительна ввиду неустойчивости и слабости мышц, поэтому результаты по этому параметру сомнительны и в дальнейшем их анализ не проводили. У 7

пациентов оценить симптом Тренделенбурга вообще не удалось из-за постуральной неустойчивости, что составило 10,8%.

Консолидация по данным рентгенографии была достигнута у 60 пациентов (83,3%). У остальных пациентов процесс сращения был нарушен развитием ортопедических осложнений. Средний размер шейчно-диафизарного угла через 3 месяца после операции составил $128,6 \pm 2,6^\circ$, а его уменьшение составило $2,7 \pm 1,9^\circ$. Среднее уменьшение размера ПОБК по оси шейки через 3 месяца по данным рентгенографии составило $4,6 \pm 1,7$ мм.

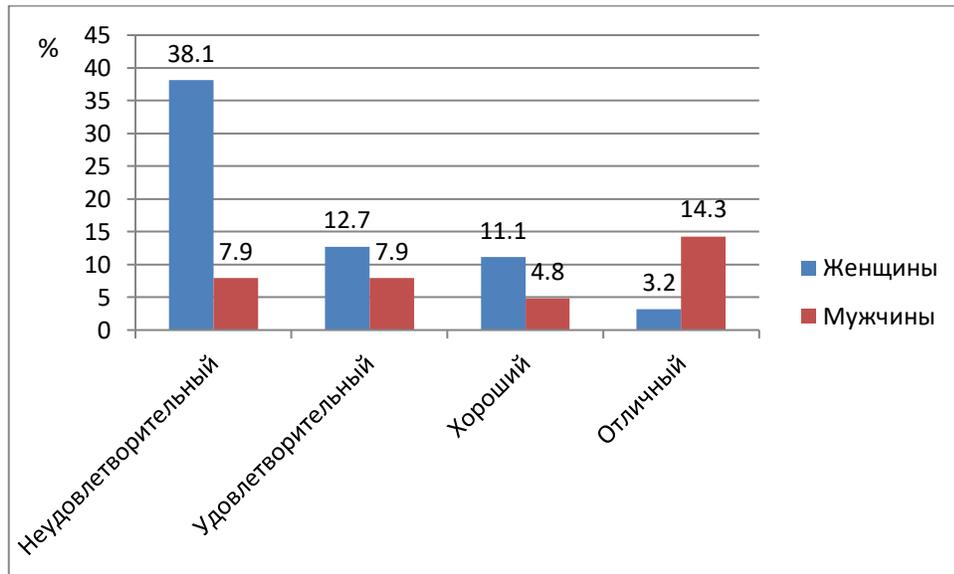
Через 12 месяцев результаты оценены у 63 пациентов. Общая летальность в течение всего срока наблюдения составила 9,7% (7 человек).

Средняя оценка функционального результата по шкале Харриса составила $69,5 \pm 18,2$ баллов с разбросом значений от 28 до 99 баллов. Распределение пациентов в зависимости от пола и функционального результата лечения представлено на Рисунке 25. Среднее значения оценки по шкале Харриса для мужчин составило $76,8 \pm 19,8$ баллов, а для женщин – $66,1 \pm 16,1$ баллов, при этом отмечена статистически значимая разница по результатам между мужчинами и женщинами – лучшие результаты наблюдали у мужчин (критерий Манна-Уитни, $U = 254,5$, $p < 0,05$). Объяснением этому факту может является большая мышечная сила у мужчин и, в связи с этим, более высокий реабилитационный потенциал, хотя различия в средних значениях показателя между мужчинами и женщинами небольшие (9,3 балла). Кроме того, количество женщин в группе к 12 месяцам после операции в 2 раза больше, чем мужчин, что наряду с относительно небольшой численностью группы делает статистический анализ затруднительным и для целенаправленного выявления характера различий требует формирования более однородных по численности и больших по размеру групп, что выходило за рамки задач исследования.

Большое количество неудовлетворительных результатов лечения (46,0%) можно объяснить особенностями контингента пациентов, многие из которых имели сниженные функциональные возможности ещё до травмы ввиду сенильных нарушений опорно-двигательного аппарата, когнитивного снижения и наличия сопутствующих заболеваний. Следует отметить, что несмотря на вышеуказанные факты, у более половины пациентов результат лечения можно охарактеризовать как положительный, особенно с точки зрения возможности обеспечения постороннего ухода.

В группе не было выявлено существенной корреляции между возрастом и функциональными результатами лечения ($r = - 0,26$) со слабой тенденцией к ухудшению результатов при увеличении возраста, что закономерно обусловлено снижением функциональных возможностей организма на фоне сенильных изменений. Между значениями ИМТ и функциональными результатами не было выявлено существенной линейной корреляции (коэффициент Пирсона, $r = - 0,1$), что можно

объяснить эффектом динамизации в области перелома, нивелирующим отрицательные последствия перегрузки.



Градация результатов: отличный – 90-100 баллов, хороший – 80-89 баллов, удовлетворительный – 70-79 баллов, неудовлетворительный – менее 70 баллов

Рисунок 25 – Распределение пациентов в группе ДФ в зависимости от пола и функционального результата лечения через 12 месяцев после операции (в процентах от общей численности группы через 12 месяцев после операции)

При сравнении результатов лечения между пациентами с различными типами переломов выявлены значимо лучшие результаты у больных с переломами типа А1 (критерий Kruskal-Wallis, $H = 13,5$, $p = 0,001$), что может быть обусловлено стабильным характером перелома, меньшим риском осложнений и изменением топографии ПОВК. При оценке влияния показателя TAD на функциональный результат лечения значимой корреляции выявлено не было (коэффициент Пирсона, $r = -0,03$), что доказывает отсутствие существенного влияния положения шеечного винта в ПОВК на отдаленные результаты при соблюдении рекомендаций по имплантации фиксатора.

К 12 месяцам после травмы самостоятельно не передвигались 8 пациентов (12,7%), однако все они могли садиться в кровати и с посторонней помощью пересаживаться на стул. Хромота при передвижении была выявлена у 8 пациентов (12,7%), при этом у всех пациентов при разнице в длине конечностей более 2 см применяли вкладыши в стельки для коррекции длины ног. По сравнению со сроком наблюдения в 3 месяца отмечено статистически значимое снижение частоты встречаемости хромоты у пациентов (χ^2 -тест, $p = 0,004$). Это явление может быть связано с адаптацией нервно-мышечного аппарата ПОВК к изменениям топографии за период наблюдения.

Укорочение оперированной конечности по сравнению со здоровой на 2 и более см выявлено у 12 человек (19%), укорочение в пределах 1-2 см – у 9 пациентов (14,3%), у остальных пациентов

разница в длине ног не превышала 1 см и считалась клинически незначимой. Динамика показателя в сроки наблюдения 3 и 12 месяцев представлена на Рисунке 26. Различия в распределении пациентов по степени укорочения оперированной конечности в сроки наблюдения 3 и 12 месяцев статистически не значимы (χ^2 -тест, $p = 0,82$). Изменение соотношения пациентов с укорочением связано с нарастанием деформации ПОБК и переходом двух пациентов из группы от 1 до 2 см в группу «укорочение более 2 см». Это свидетельствует о том, что уменьшение размеров ПОБК по оси шейки может происходить и после 3 месяцев с момента операции.

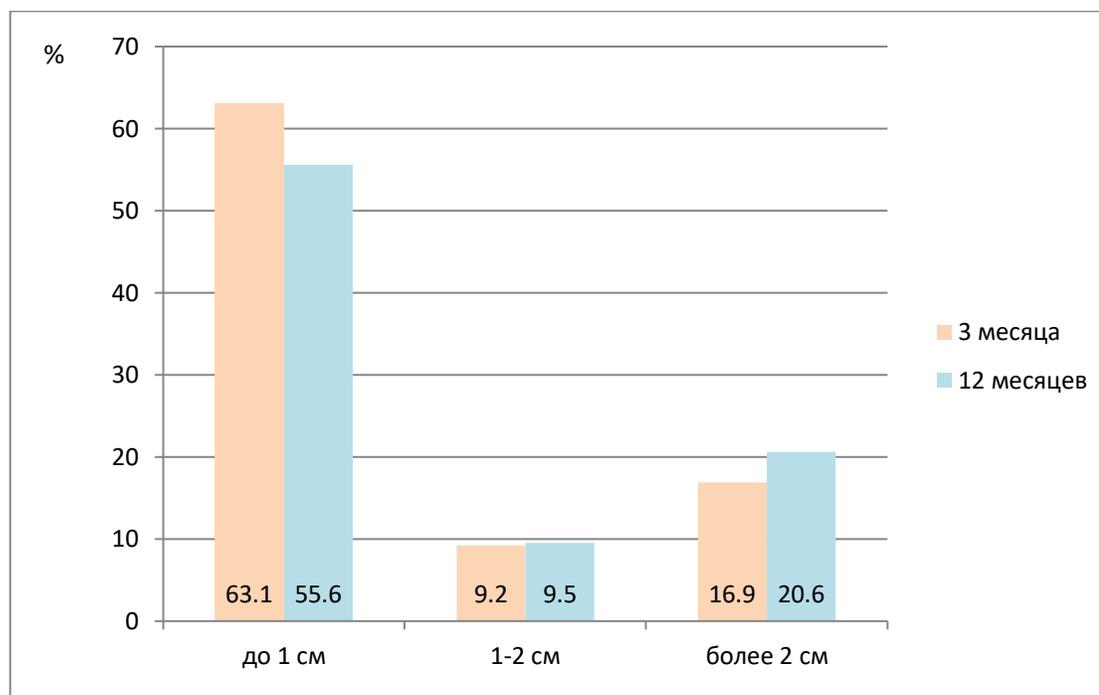


Рисунок 26 – Распределение пациентов в группе ДФ по величине укорочения оперированной конечности в сроки наблюдения 3 и 12 месяцев после операции (в процентах от общего количества пациентов в группе соответственно через 3 и 12 месяцев)

Среднее укорочение размера ПОБК по оси шейки составило $6,0 \pm 2,4$ мм. Между возрастом и степенью уменьшения размера ПОБК по оси шейки через 1 год после операции не выявлено линейной зависимости (коэффициент Пирсона, $r = -0,03$), поскольку это явление обусловлено характером фиксации отломков. По степени уменьшения этого параметра разницы между мужчинами и женщинами в группе ДФ выявлено не было (критерий Манна-Уитни $U = 245,5$, $p > 0,05$). По величине уменьшения размера ПОБК по оси шейки выявлено статистически значимо большая величина при переломах типа А2 (критерий Kruskal-Wallis, $H = 8,97$, $p = 0,01$) по сравнению с группами А1 и А3 (средние значения для переломов типа А1, А2 и А3 соответственно 4,8, 6,9 и 5,1 мм), что можно объяснить большей выраженностью резорбции костной ткани и формированию

большого дефекта губчатой кости при оскольчатых переломах, плоскость которых примерно перпендикулярна оси динамического винта.

Между значениями ИМТ и степенью укорочения оси шейки бедра не было выявлено существенной линейной корреляции (коэффициент Пирсона, $r = -0,1$). Не было выявлено существенного влияния показателя TAD сразу после операции на величину укорочения оси шейки бедренной кости через 1 год после операции (коэффициент Пирсона, $r = -0,05$), поскольку при правильной установке фиксатора дальнейшие процессы резорбции обуславливаются уже нагрузками в области ПОБК. Линейной корреляции между оценкой функционального результата лечения по шкале Харриса и степенью уменьшения размера ПОБК по оси шейки не выявлено (коэффициент Пирсона, $r = 0,02$). Последнее доказывает, что уменьшение оси шейки бедра не является однозначно предиктором ухудшения функционального результата.

Средний размер шеечно-диафизарного угла через 12 месяцев после операции в группе составил $125 \pm 3,7^\circ$, а его уменьшение за послеоперационный период составило $5,7 \pm 3,1^\circ$. Внутри группы между мужчинами и женщинами по этому показателю статистически значимых различий получено не было (критерий Манна-Уитни: $U = 224,5$, $p > 0,05$)

Тип перелома не оказал влияние на величину шеечно-диафизарного угла через 1 год после операции (критерий Kruskal-Wallis, $H = 2,35$, $p = 0,31$). Выявлена отрицательная статистически значимая линейная корреляция умеренной силы между ИМТ и величиной шеечно-диафизарного угла через 1 год после операции (коэффициент корреляции Пирсона $r = -0,32$; $p = 0,008$), что доказывает влияние величины механической нагрузки на область ПОБК на уменьшение этого угла. Между возрастом, оценкой функционального результата по шкале Харриса, степенью укорочения оси шейки и показателем TAD статистически значимой корреляции с величиной шеечно-диафизарного угла не выявлено (коэффициент корреляции Пирсона; r соответственно $-0,22$, $0,16$, $0,17$ и $-0,07$ при $p > 0,05$). Это согласуется с предположением, что только изменение каких-либо параметров на рентгенограммах однозначно не определяет ухудшение функции.

Клиническое наблюдение №1

Пациентка 71 лет, и/б №4657, ИМТ $35,8 \text{ кг/м}^2$. Травма получена на улице при падении на правый бок из положения стоя. Доставлена в приемное отделение бригадой скорой медицинской помощи через 2 часа после травмы. При поступлении выполнены рентгенограммы, выявлен чрезвертельный перелом правой бедренной кости со смещением отломков, тип 31A2.2 по классификации АО/ОТА (Рисунок 27).

Пациентка госпитализирована, обследована, подготовлена к операции. Скелетное вытяжение не применяли. Оценка по шкале MMSE 27 баллов. Индекс коморбидности Чарльсона 4 балла. Через

3 дня после госпитализации под спинномозговой анестезией выполнена операция – закрытая репозиция, остеосинтез фрагментов правой бедренной кости штифтом с блокированием Targon PF с возможностью динамизации в области проксимальных винтов. Длительность операции 85 минут. Послеоперационные рентгенограммы правого тазобедренного сустава представлены на Рисунке 28.



Рисунок 27 – Рентгенограмма правого тазобедренного сустава в прямой проекции: чрезвертельный перелом 31A2.2

Шеечно-диафизарный угол составлял 132° , TAD – 14 мм. Длина оси шейки бедренной кости составила: $l_1 = 7 \cdot 107/9 = 8,3$ см. Течение послеоперационного периода гладкое, раны зажили первичным натяжением. Пациентка начала ходьбу с ходунками с полной нагрузкой на правую ногу на второй день после операции. Выписан на амбулаторное лечение через 5 суток после оперативного вмешательства (общая длительность госпитализации 8 койко-дней).

Через 3 месяца после операции пациентка самостоятельно передвигалась с дополнительной опорой на ходунки с хромотой. При осмотре выявлено укорочение правой ноги на 2 см, симптом Тренделенбурга справа был положительный. На контрольных рентгенограммах выявили признаки консолидации перелома. Отмечено погружение винта во втулку фиксатора с укорочением длины оси шейки бедренной кости на 5 мм. Шеечно-диафизарный угол составил 129° . Были даны рекомендации по коррекции длины нижних конечностей, разрешена ходьба с тростью в левой руке.

Окончательный результат лечения оценен через 12 месяцев после операции. На контрольных рентгенограммах отмечена консолидация перелома (Рисунок 29). Осложнений в процессе лечения

не возникло. Отмечено погружение винта во втулку фиксатора с укорочением длины оси шейки бедренной кости на 9 мм ($l_2 = 8 \cdot 85/7 = 7,4$ см). Шеечно-диафизарный угол составил 125° .



Рисунок 28 – Послеоперационные рентгенограммы правого тазобедренного сустава в прямой (слева) и аксиальной проекции (на прямой проекции: отрезок АВ – длина проксимального отдела бедренной кости по оси шейки, угол АОС – шеечно-диафизарный угол)

Оценка функционального состояния по шкале Харриса 87 баллов. Боли при ходьбе и в покое не выражены. Ротационной деформации не зафиксировано. Амплитуда движений составила: сгибание 110° , разгибание 5° , наружная и внутренняя ротация по 20° , отведение 20° . Отмечено абсолютное укорочение правой нижней конечности около 2 см с незначительной хромотой. Симптом Тренделенбурга справа положительный. Пациент передвигался самостоятельно с использованием трости в левой руке и компенсацией длины правой ноги с помощью ортопедической обуви на толстой подошве. Результатом лечения довольна – обслуживала себя самостоятельно, выходила в магазин рядом с домом.

Этот пример иллюстрирует возможность достижения хороших функциональных результатов оперативного лечения чрезвертельных переломов, несмотря на выраженные изменения топографо-анатомических соотношений в ПОБК в исходе консолидации перелома

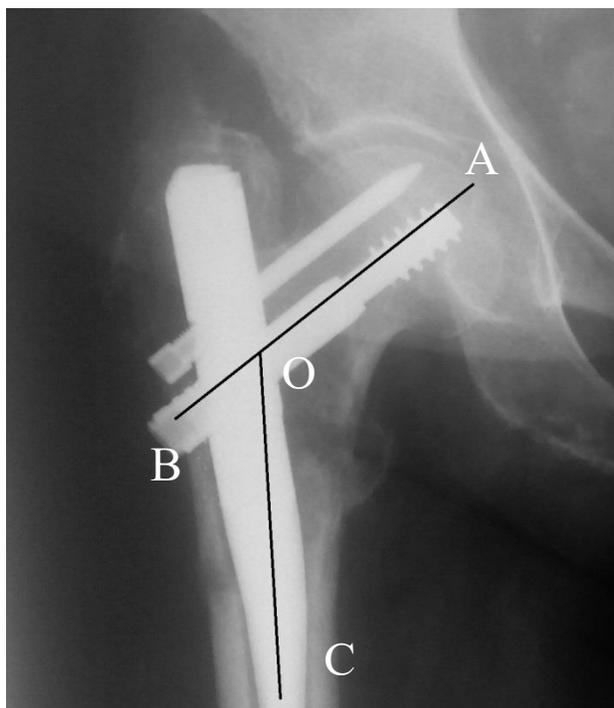


Рисунок 29 – Рентгенограммы правого тазобедренного сустава в прямой проекции через 12 месяцев после операции (отрезок АВ – длина проксимального отдела бедренной кости по оси шейки, угол АОС – шейчно-диафизарный угол)

4.2 Лечение пациентов в группе статической фиксации (группа сравнения)

В группу было включено 65 пациента в возрасте от 65 до 97 лет с чрезвертельных переломами бедренной кости, из них женщин – 43 человека (66,2%) и мужчин – 22 человека (33,8%). Средний возраст пациентов на момент включения составил $77,2 \pm 7,3$ лет. Распределение пациентов по типам переломов в группе было следующее: А1 – 18 пациентов (27,7%), А2 – 36 пациентов (55,4%), А3 – 11 пациентов (16,9%). У всех пациентов был проведен остеосинтез фрагментов бедренной кости штифтом PFN (Synthes Deruy, США). В послеоперационном периоде у всех пациентов лечение проводили стандартно по методике, описанной в разделе 2.5. Летальность на госпитальном этапе в группе составила 4,6% (3 пациента). В одном наблюдении причиной смерти был острый коронарный синдром, в одном – острая сердечная недостаточность на фоне ишемической болезни сердца, в одном – прогрессирование полиорганной недостаточности у пациентки с раком поджелудочной железы. Во всех этих случаях было проведено патологоанатомическое вскрытие, расхождения клинического и патологоанатомического диагноза не зафиксировано. Остальные пациенты были выписаны на амбулаторное лечение.

К 3 месяцам после операции на амбулаторном этапе умерло 4 пациента (6,2%). Один пациент был исключен из исследования в связи с развитием инфекционных осложнений. Таким образом, в

срок к 3 месяцам после операции было осмотрено 58 пациентов. У 10 пациентов (17,2%) к указанному сроку было отмечено вторичное смещение отломков на фоне миграции элементов фиксатора, а у одного пациента – перелом статического дистального блокирующего винта, что более подробно будет описано в разделе 4.3.

Среди пациентов самостоятельно не передвигались 13 человек (22,4%), однако все они самостоятельно садились в кровати. Остальные передвигались с помощью ходунков с полной нагрузкой на оперированную ногу. Хромота при передвижении выявлена у 9 пациентов (15,5%). Укорочение оперированной конечности по сравнению со здоровой на 2 и более см выявлено у 11 человек (19,0%), в пределах 1 – 2 см – у 6 пациентов (10,3%), у остальных пациентов разница в длине ног не превышала 1 см и считалась клинически незначимой.

Симптом Тренделенбурга был выявлен у 6 пациентов, что составило 13,3% от числа пациентов в группе, у которых удалось оценить наличие этого симптома. Следует отметить, что проверка этого симптома у большинства пациентов было затруднительно ввиду неустойчивости и слабости мышц, поэтому результаты по этому параметру сомнительны и в дальнейшем не анализировались. У 13 пациентов (22,4%) оценить наличие симптома Тренделенбурга вообще не удалось ввиду постуральной неустойчивости.

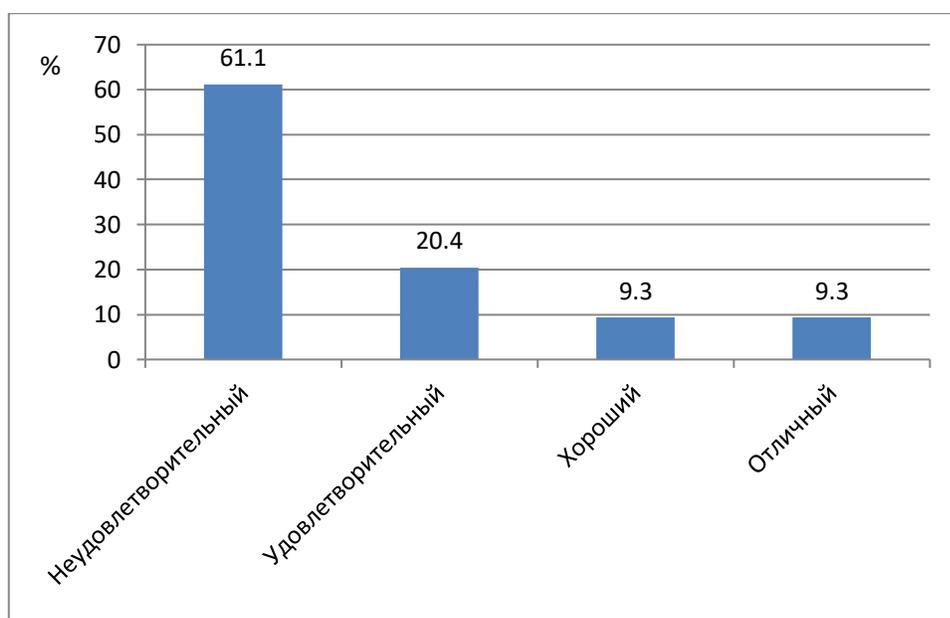
Неосложненная консолидация перелома по данным рентгенографии была достигнута у 45 пациентов (77,6%). У двух пациентов выявлено замедление консолидации перелома при правильном положении отломков и элементов имплантата. Средний размер шейчно-диафизарного угла через 3 месяца после операции составил $129,7 \pm 2,1^\circ$, а уменьшение составило $1,1 \pm 1,0^\circ$. Среднее уменьшение размера ПОБК по оси шейки через 3 месяца составило $2,5 \pm 1,6$ мм.

Через 12 месяцев результаты оценены у 54 пациентов. Общая летальность в течение всего срока наблюдения составила 15,4% (10 человек).

Средняя оценка функционального результата по шкале Харриса составила $61,4 \pm 19,6$ баллов с разбросом значений от 17 до 96 баллов. Среднее значения оценки по шкале Харриса для мужчин составило $60,1 \pm 21,8$ баллов, а для женщин – $61,5 \pm 15,9$ баллов, при этом статистически значимой разницы выявлено не было (критерий Манна-Уитни, $U = 295,5$, $p > 0,05$). Распределение пациентов в зависимости от функционального результата лечения представлено на Рисунке 30.

Большое количество неудовлетворительных результатов лечения (61,1%) можно объяснить особенностями контингента пациентов, многие из которых имели сниженные функциональные возможности ещё до травмы ввиду сенильных нарушений опорно-двигательного аппарата, когнитивного снижения и наличия сопутствующих заболеваний. В группе не было определено значимой линейной корреляции между возрастом и функциональными результатами лечения

(коэффициент Пирсона, $r = - 0,11$) с некоторой тенденцией к ухудшению результатов при увеличении возраста, что закономерно обусловлено снижением функциональных возможностей организма на фоне сенильных изменений. Между значениями ИМТ и результатами по шкале Харриса выявлена отрицательная линейная корреляция умеренной силы (коэффициент Пирсона, $r = - 0,37$), что может быть объяснено повышенными нагрузками на зону ПОБК с увеличением ИМТ и отсутствием возможности к компенсации этих воздействий.



Градация результатов: отличный – 90-100 баллов, хороший – 80-89 баллов, удовлетворительный – 70-79 баллов, неудовлетворительный – менее 70 баллов

Рисунок 30 – Распределение пациентов в группе СФ в зависимости от функционального результата лечения через 12 месяцев после операции (в процентах от численности группы через 12 месяцев после операции)

При сравнении результатов лечения в зависимости от типа перелома статистически значимой разницы между пациентами с разными типами переломов не выявлено (критерий Kruskal-Wallis, $H = 0,69$, $p = 0,71$), что можно объяснить отсутствием проявления эффекта динамизации при переломах с разной стабильностью. При оценке влияния показателя TAD на функциональный результат лечения значимой корреляции выявлено не было (коэффициент Пирсона, $r = - 0,01$), что доказывает отсутствие существенного влияния положения шейного винта в ПОБК на отдаленные результаты при соблюдении рекомендаций по имплантации фиксатора.

К 12 месяцам после травмы самостоятельно не передвигались 13 пациентов (24,1%), из них 9 человек могли самостоятельно садиться в кровати и с посторонней помощью пересаживаться на стул, а 4 пациента требовали постоянного ухода в пределах постели и помощи при присаживании. Хромота при передвижении была выявлена у 14 пациентов (25,9%), при этом у всех пациентов при

разнице в длине конечностей более 2 см применяли вкладыши в стельки для коррекции длины ног. По сравнению со сроком наблюдения 3 месяца отмечено увеличение частоты выявления хромоты при ходьбе, однако различия статистически не значимы (χ^2 -тест, $p = 0,17$).

Укорочение оперированной конечности по сравнению со здоровой на 2 и более см выявлено у 13 человек (24,1%), укорочение в пределах 1-2 см – у 6 пациентов (11,1%), у остальных пациентов разница в длине ног не превышала 1 см и считалась клинически незначимой. Динамика показателя в сроки наблюдения 3 и 12 месяцев представлена на Рисунке 31. Различия в распределении пациентов по степени укорочения оперированной конечности в сроки наблюдения 3 и 12 месяцев статистически не значимы (χ^2 -тест, $p = 0,78$).

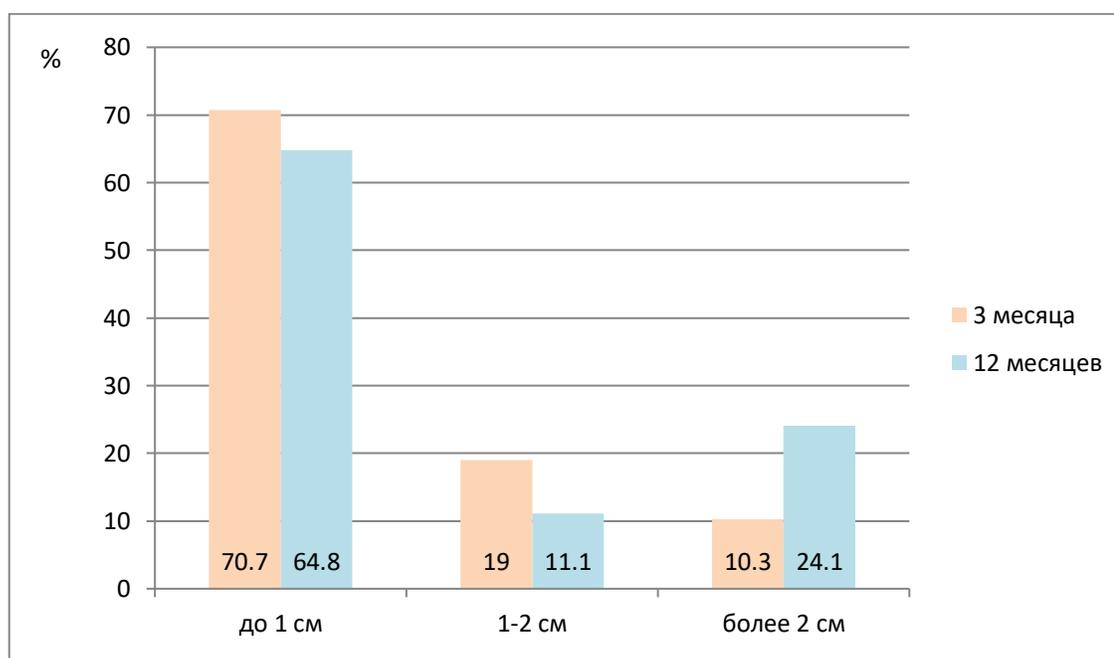


Рисунок 31 – Распределение пациентов в группе СФ по величине укорочения оперированной конечности в сроки наблюдения 3 и 12 месяцев после операции (в процентах от общего количества пациентов в группе соответственно через 3 и 12 месяцев)

Среднее укорочение размера ПОВК по оси шейки составило $4,1 \pm 1,7$ мм. Между возрастом и степенью уменьшения размера ПОВК по оси шейки через 1 год линейной зависимости не обнаружено (коэффициент Пирсона, $r = 0,08$), поскольку это явление обусловлено характером фиксации отломков. Статистически значимой разницы между мужчинами и женщинами по этому показателю также выявлено не было (критерий Манна-Уитни $U = 148$, $p > 0,05$).

Между степенью уменьшения размера ПОВК по оси шейки и ИМТ пациентов значимой линейной зависимости обнаружено не было (коэффициент Пирсона, $r = - 0,15$). У пациентов с разными типами переломов величина уменьшения размера ПОВК статистически значимо не различалась (критерий Kruskal-Wallis, $H = 1,33$, $p = 0,51$), что может быть связано со статическим

типом фиксации и ограничением возможности для динамизации отломков. Выявлена положительная линейная зависимость слабой степени между показателем TAD сразу после операции и величиной укорочения оси шейки бедра через 1 год после операции (коэффициент Пирсона, $r = 0,26$), что, вероятно, носит случайный характер и в рамках биомеханических изменений объяснения найти не удастся. Линейной корреляции между оценкой функционального результата лечения по шкале Харриса и степенью уменьшения размера ПОБК по оси шейки не выявлено (коэффициент Пирсона, $r = 0,03$), что доказывает, что уменьшение длины оси шейки бедренной кости не является однозначно предиктором ухудшения функционального результата.

Средний размер шеечно-диафизарного угла через 12 месяцев после операции составил $129,0 \pm 2,3^\circ$, а уменьшение за период 12 месяцев составило $1,2 \pm 1,1^\circ$. Тип перелома не оказал влияние на величину шеечно-диафизарного угла через 1 год после операции (критерий Kruskal-Wallis, $H = 3,04$, $p = 0,22$). Выявлена отрицательная статистически значимая линейная корреляция умеренной силы между ИМТ и величиной шеечно-диафизарного угла через 1 год после операции (коэффициент корреляции Пирсона; $r = -0,37$; $p = 0,01$), что доказывает влияние величины механической нагрузки на область ПОБК в его уменьшении. Между величиной шеечно-диафизарного угла и такими показателями, как возраст, оценка функционального результата по шкале Харриса, степень укорочения оси шейки бедра и показатель TAD, статистически значимой корреляции не выявлено (коэффициент корреляции Пирсона; r соответственно $0,26$, $-0,07$, $0,18$ и $-0,15$ при $p > 0,05$). Это согласуется с предположением, что изменение каких-либо параметров на рентгенограммах само по себе не определяется ухудшением функции.

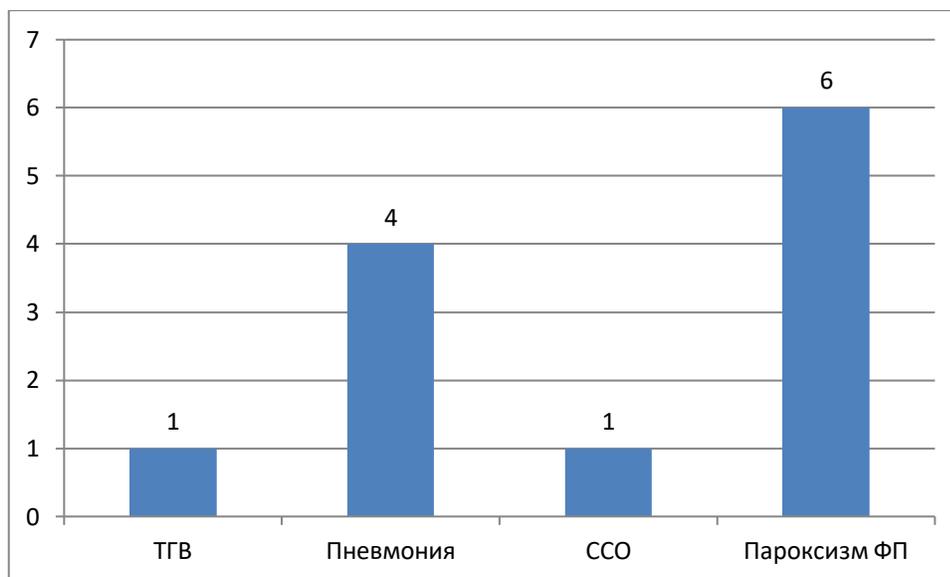
4.3 Ошибки и осложнения лечения чрезвертельных переломов в группах исследования

В ходе исследования проведен анализ осложнений, зафиксированных в разные сроки после остеосинтеза по поводу чрезвертельных переломов бедренной кости у пациентов в группах исследования. Частота неортопедических неинфекционных осложнений среди всех пациентов на госпитальном этапе составила 19% (26 случаев из 137). Инфекционные осложнения в области операции были выявлены у трёх пациентов, что составило 2,2%. Общая частота ортопедических осложнений составила 19,7% (23 наблюдения).

В группе ДФ на госпитальном этапе зафиксировано 12 неортопедических неинфекционных осложнений (16,7%). Распределение пациентов по видам осложнений представлено на Рисунке 32.

Наиболее частым осложнением в послеоперационном периоде было пароксизмальное нарушение ритма по типу фибрилляции предсердий (6 наблюдений), подтвержденное характерными

клиническими проявлениями (учащение пульса, неправильный ритм сердца, снижение артериального давления, резкое ухудшение общего самочувствия) и электрокардиографией. Во всех случаях в условиях отделения реанимации в ближайшие часы после начала пароксизма проведено медикаментозное восстановление синусового ритма (внутривенное введение амиодарона). Острый коронарный синдром зарегистрирован у одного пациента, который для проведения интенсивной терапии был переведен в отделение реанимации кардиологического профиля.



ТГВ – тромбоз глубоких вен, ССО – сердечно-сосудистые осложнения, ФП – фибрилляция предсердий

Рисунок 32 – Распределение пациентов с неортопедическими неинфекционными осложнениями в группе ДФ

Развитие тромбоза глубоких вен нижней конечности отмечено в послеоперационном периоде в одном наблюдении, при этом наблюдался окклюзивный тромбоз вен бедренно-подколенного сегмента оперированной конечности без флотации, после консультации сосудистого хирурга проводили консервативное лечение с положительным эффектом.

В одном наблюдении в группе ДФ у пациентки 73 лет на предоперационном этапе был обнаружен илеофemorальный тромбоз с флотацией, что потребовало в срочном порядке имплантации кава-фильтра, после чего был проведен остеосинтез по поводу чрезвертельного перелома бедренной кости. В послеоперационном периоде проводили антикоагулянтную терапию, на фоне которой отмечена положительная динамика течения тромбоза, тромбозэмболических осложнений не зафиксировано.

У четырех пациентов в послеоперационном периоде было отмечено развитие пневмонии, подтвержденное результатами рентгенографии органов грудной клетки. У всех пациентов на фоне антибактериальной терапии, дыхательной гимнастики и вертикализации отмечено улучшение,

развития дыхательной недостаточности, требующей кислородной поддержки и перевода в отделение интенсивной терапии, выявлено не было.

В группе ДФ выявлено два инфекционных осложнения. В одном случае это было поверхностное нагноение в области послеоперационной раны, зафиксированное на 8 сутки после операции. Его проявлениями было гиперемия, отечность в области проксимальной раны, появление сукровичного отделяемого. Края раны были разведены до подкожно-жировой клетчатки, проводились ежедневные перевязки с растворами антисептиков, антибактериальная терапия (цефтриаксон 1 г внутривенно 2 раза в сутки) в течение 8 дней. Общих симптомов интоксикации (лихорадка) и изменений в общем анализе крови не зафиксировано. На фоне лечения явления воспаления полностью купировались. Рана зажила вторичным натяжением.

У другого пациента уже после заживления ран и выписки из стационара зафиксировано глубокое нагноение гематомы с инфицированием зоны перелома в срок 3 недели после операции с формированием свища в проекции послеоперационных рубцов. При фистулографии выявлено затекание контраста к бедренной кости, что потребовало удаления металлофиксаторов, длительного местного лечения в условиях отделения гнойной хирургии с установкой промывной системы в области верхней трети бедра и антибиотикотерапии. Явления воспаления купировались в течение 4 месяцев, достигнута консолидация перелома, однако в исходе лечения сформировалась посттравматическая деформация ПОВБ с неблагоприятным функциональным исходом (результат по шкале Харриса 43 балла).

В группе ДФ частота ортопедических осложнений составила 9,7% (7 наблюдений). Структура осложнений графически представлена на Рисунке 33.

Среди ортопедических осложнений выявлен один диафизарный периимплантный перелом бедренной кости, возникший в результате низкоэнергетического воздействия через пять месяцев после операции. Перелом потребовал проведения ревизионного вмешательства – удаления имплантата и установки интрамедуллярного штифта большей длины (до нижней трети бедренной кости). После этого перелом консолидировался с хорошим функциональным результатом по шкале Харриса.

Развитие аваскулярного некроза отмечено у одного пациента после достижения консолидации перелома в сроки до 12 месяцев после операции, что привело к ухудшению функциональных результатов из-за ограничения объема движений и сохранения болей. В дальнейшем это осложнение потребовало удаление металлофиксатора и выполнение тотального эндопротезирования тазобедренного сустава из-за выраженного болевого синдрома и ограничения функции.

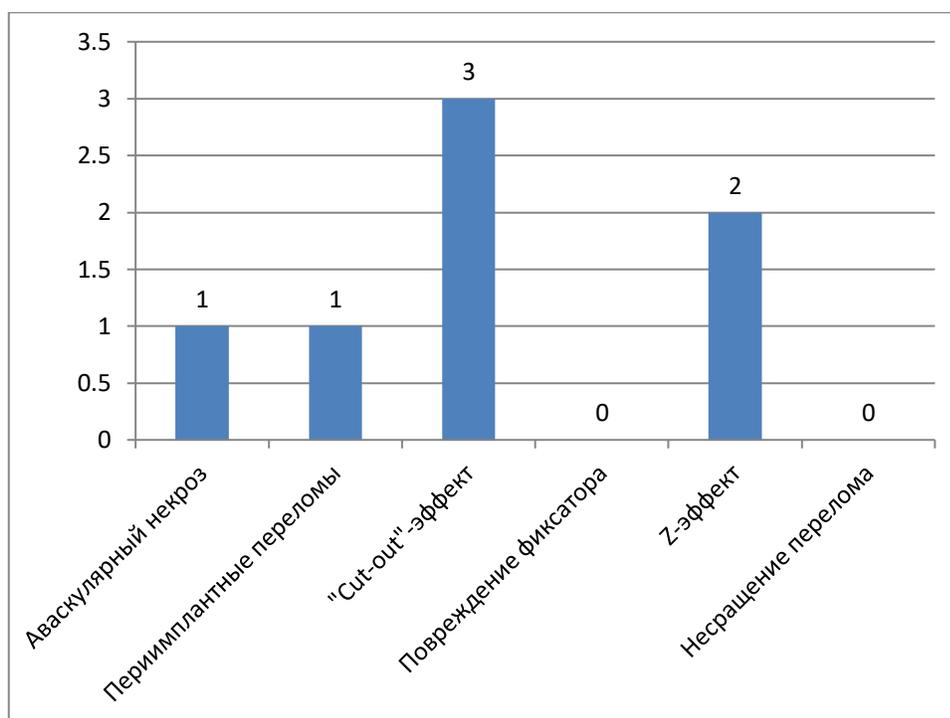


Рисунок 33 – Распределение пациентов с ортопедическими осложнениями в группе ДФ

Явления «cut-out» и Z-эффект в области шейки и головки бедренной кости были обнаружены у 5 пациентов, все они зафиксированы в первые три месяца после выполнения остеосинтеза.

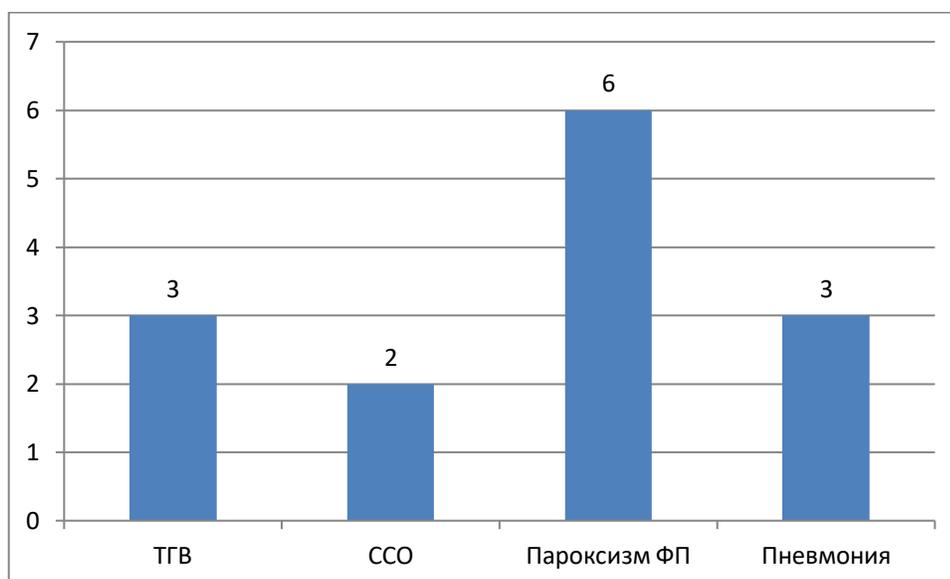
Во всех трех наблюдениях «cut-out»-эффекта была отмечена протрузия винтов через задневерхние отделы головки и шейки бедренной кости с формированием варусной деформации ПОБК. У всех этих больных потребовалось удаление металлофиксаторов для купирования болевого синдрома и профилактики повреждения мягких тканей при движениях. В одном случае выполнено биполярное эндопротезирование тазобедренного сустава. В остальных случаях на фоне выраженных соматических и когнитивных нарушений после удаления имплантатов проводили мероприятия консервативной терапии (анальгетики, коррекции длины конечностей ортопедической обувью, лечебная физкультура).

Z-эффект выражался в миграции винтов и потере стабильности фиксации отломков, что приводило к потере репозиции и формированию варусной деформации ПОБК. Развитие Z-эффекта можно объяснить короткой шейкой бедренной кости, что привело к полному погружению динамического винта во втулку, из-за чего возможность к дальнейшей динамизации исчезала. При продолжении нагрузок произошло выкручивание втулки и латеральное смещение винта и втулки и медиальная миграция пина. В этих случаях динамический фиксатор соответствовал по свойствам статическому. В обоих случаях Z-эффекта выполняли удаление мигрировавших винтов. У одного пациента выполнено биполярное эндопротезирование тазобедренного сустава после удаления

штифта с хорошим восстановлением функции (оценка по шкале Харриса 84 балла). У другой пациентки хирургическая помощь была ограничена удалением винтов ввиду повышенных рисков повторных вмешательств на фоне выраженной сопутствующей патологии, когнитивных нарушений и восстановления активности, достаточного для обеспечения ухода.

В группе ДФ осложнения чаще развивались при переломах типа А3 (при А1 – 1 наблюдение, при А2 – 2 наблюдения, при А3 – 4 наблюдения, χ^2 -тест, $p = 0,03$). Последний факт можно объяснить нестабильностью переломов этой группы и сложным распределением нагрузок в ПОБК с повышением их на границе раздела между костью и фиксатором. Между мужчинами и женщинами статистически значимой разницы по частоте развития осложнений не выявлено (χ^2 -тест, $p = 0,36$). Величина показателя TAD в группе ДФ не показала влияния на уровень осложнений (χ^2 -тест, $p = 0,19$).

В группе СФ на госпитальном этапе зафиксировано 16 неортопедических неинфекционных осложнений. Распределение пациентов по видам осложнений представлено на Рисунке 34.



ТГВ – тромбоз глубоких вен, ССО – сердечно-сосудистые осложнения, ФП – фибрилляция предсердий

Рисунок 34 – Распределение пациентов с неортопедическими неинфекционными осложнениями в группе СФ

Наиболее частым осложнением в послеоперационном периоде также было пароксизмальное нарушение ритма по типу фибрилляции предсердий (6 наблюдений), диагностика и лечение которого проводили аналогично таковому в группе ДФ. Острый коронарный синдром зарегистрирован у двух пациентов, который для проведения интенсивной терапии был переведен в отделение реанимации кардиологического профиля.

Развитие тромбоза глубоких вен нижней конечности отмечено в послеоперационном периоде в трех наблюдениях, при этом был выявлен окклюзивный тромбоз суральных вен оперированной конечности без флотации, после консультации сосудистого хирурга проводили консервативное лечение с положительным эффектом.

У трех пациентов в послеоперационном периоде было отмечено развитие пневмонии, подтвержденное результатами рентгенографии органов грудной клетки. У всех пациентов на фоне антибактериальной терапии, дыхательной гимнастики и вертикализации отмечено улучшение, развития дыхательной недостаточности, требующей кислородной поддержки и перевода в отделение интенсивной терапии, выявлено не было.

В группе СФ выявлено одно инфекционное осложнение. У пациента после заживления послеоперационной раны и выписки из стационара зафиксировано глубокое нагноение гематомы с инфицированием зоны перелома через 4 недели после операции с формированием свища в проекции послеоперационных рубцов. При фистулографии выявлено затекание контраста к бедренной кости, что потребовало удаления металлофиксаторов, длительного местного лечения в условиях отделения гнойной хирургии с установкой промывной системы в области верхней трети бедра и антибиотикотерапии. Явления воспаления купировались в течение 3 месяцев, достигнута консолидация перелома, однако в исходе лечения сформировалась посттравматическая деформация проксимального отдела БК с неблагоприятным функциональным исходом (результат по шкале Харриса 47 баллов).

В группе СФ частота ортопедических осложнений составила 24,6% (16 наблюдений). Структура осложнений графически представлена в Рисунке 35. Среди ортопедических осложнений выявлено два диафизарных перимплантных перелома бедренной кости, возникшие в результате низкоэнергетического воздействия через четыре и семь месяцев после операции. Переломы потребовали проведения ревизионных вмешательств – удаления имплантата и установки интрамедуллярного штифта большей длины (до нижней трети бедренной кости). После этого переломы консолидировались с удовлетворительными функциональными результатами по шкале Харриса.

Развитие аваскулярного некроза отмечено у одного пациента после достижения консолидации перелома в сроки до 12 месяцев после операции, что привело к ухудшению функциональных результатов из-за ограничения объема движений и сохранения болей. Однако повторные оперативные вмешательства не выполняли из-за отказа пациента ввиду удовлетворенности результатами лечения.

У одного пациента из группы СФ был зафиксирован перелом дистального статического блокирующего винта в срок два месяца после операции, при этом отмечено замедленное сращение перелома и длительный болевой синдром, ограничивающий движения в тазобедренном суставе.

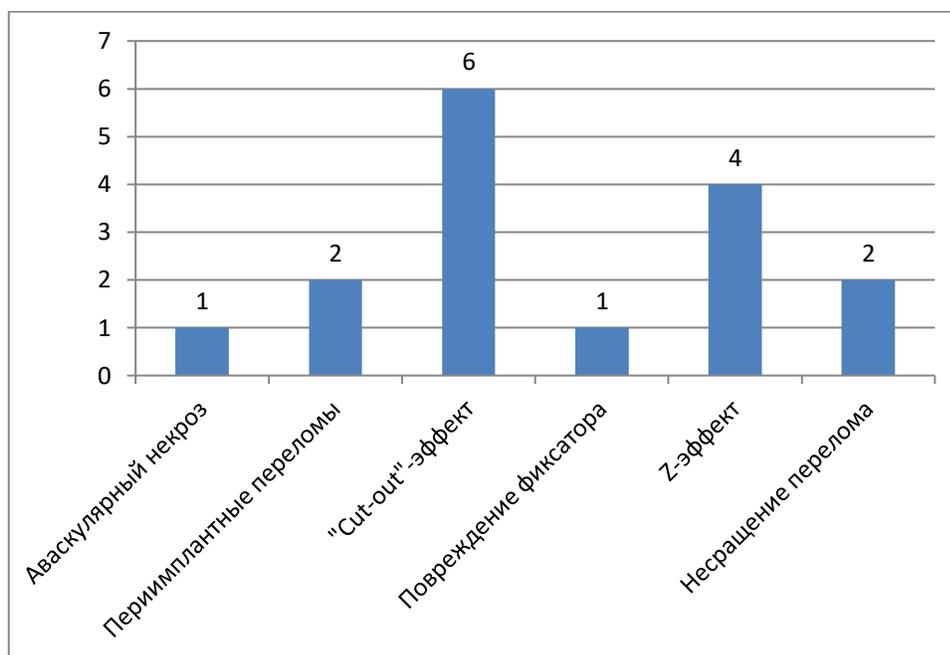


Рисунок 35 – Распределение пациентов с ортопедическими осложнениями в группе СФ

Несращение перелома при отсутствии других осложнений к 12 месяцам после операции выявлено у двух пациентов. В обоих случаях пациентов беспокоили боли в паху, резко усиливающиеся при нагрузке, хромота, ограничение объема движений в тазобедренном суставе за счет сгибания, отведения и ротации. В одном случае выполнено удаление фиксатора и тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава. Во втором случае у пациентки с выраженными когнитивными нарушениями родственники приняли решение от операции воздержаться ввиду адаптации пациентки к уходу и страха перед развитием серьезных осложнений после эндопротезирования при несоблюдении пациенткой ортопедического режима.

Z-эффект выявлен у 4 пациентов в период до трех месяцев после операции. Во всех случаях выполняли удаление мигрировавших винтов. У одного больного был выполнен реостеосинтез динамизируемым цефаломедулярным штифтом, что в дальнейшем привело к консолидации перелома с хорошим восстановлением функции (оценка по шкале Харриса 77 баллов). У остальных больных хирургическая помощь была ограничена удалением винтов ввиду повышенных рисков повторных вмешательств на фоне выраженной сопутствующей патологии, когнитивных нарушений и восстановления активности, достаточного для обеспечения ухода (Клиническое наблюдение №2).

«Cut-out»-эффекта в виде протрузии винтов через задневерхние отделы головки и шейки бедренной кости с формированием варусной деформации ПОБК зарегистрирован у 6 пациентов. У всех этих больных потребовалось удаление металлофиксаторов для купирования болевого синдрома и профилактики повреждения мягких тканей при движениях. В двух наблюдениях выполнено биполярное эндопротезирование. В остальных случаях на фоне выраженных соматических и когнитивных нарушений после удаления имплантов проводили мероприятия консервативной терапии (анальгетики, коррекции длины конечностей ортопедической обувью, лечебная физкультура) (Клиническое наблюдение №3).

В группе СФ не выявлено статистически значимых различий по уровню осложнений между пациентами с разными типами переломов (χ^2 -тест, $p = 0,10$) и между мужчинами и женщинами (χ^2 -тест, $p = 0,62$). Величина показателя TAD в группе СФ не показала влияния на уровень ортопедических осложнений (χ^2 -тест, $p = 0,71$).

Иллюстрацией различных вариантов осложнений статической фиксации отломков при оперативном лечении чрезвертельных переломов могут служить нижеприведенные два клинических наблюдения. В первом наблюдении рассмотрен случай развития Z-эффекта с миграцией шеечных винтов в послеоперационном периоде, во втором – более тяжелое осложнение, представляющее собой комбинацию Z-эффекта и «cut-out»-эффекта.

Клиническое наблюдение №2

Пациентка 76 лет, и/б № 6541, ИМТ 38,8 кг/м². До травмы проживала одна, самостоятельно себя обслуживала, вела домашнее хозяйство. Травма в быту, получена в собственной квартире при падении на левый бок из положения стоя. Доставлена в приемное отделение бригадой скорой медицинской помощи через 5 часов после травмы. При поступлении выполнены рентгенограммы, выявлен чрезвертельный перелом левой бедренной кости со смещением отломков, тип 31A2.3 по классификации АО/ОТА (Рисунок 36).

Пациентка госпитализирована, обследована, подготовлена к операции. Скелетное вытяжение не применялось. Оценка по шкале MMSE 26 баллов. Из сопутствующих заболеваний – ожирение 2-й ст., хроническая ишемическая болезнь сердца, нарушение ритма по типу постоянной формы фибрилляции предсердий, хроническая сердечная недостаточность, недостаточность кровообращения 2А. Через два дня после госпитализации под спинномозговой анестезией выполнена операция – закрытая репозиция, остеосинтез фрагментов левой бедренной кости цефаломедулярным штифтом PFN с использованием статической фиксации. Длительной операции 60 минут. Послеоперационные рентгенограммы представлены на Рисунке 37. Величина шеечно-диафизарного угла составила 133°, TAD – 18 мм.

Течение послеоперационного периода гладкое, раны зажили первичным натяжением. Пациентка начала ходьбу по палате с использованием ходунков на второй день после операции. При попытке разгрузить ногу при ходьбе пациентка быстро уставала, отмечала появление болей в руках и в области плечевых поясов, а также одышки. Однако, несмотря на это, пациентке настоятельно рекомендовали разгрузить оперированную ногу путем сокращения дистанции непрерывной ходьбы. Выписана на амбулаторное лечение через восемь суток после оперативного вмешательства (общая длительность госпитализации 11 койко-дней).



Рисунок 36 – Рентгенограмма левого тазобедренного сустава в прямой проекции: чрезвертельный перелом 31A2.2

Со слов пациентки продолжала ходить с полной нагрузкой на ногу. Постепенно начали появляться боли по наружной поверхности левого бедра, усиливающиеся при движениях, в левой паховой области. Через полтора месяца после операции отметила появление болезненной припухлости в левой вертельной области.

Через два месяца после операции в связи с вышеописанными жалобами были выполнены рентгенограммы, на которых выявлена миграция фиксатора по типу Z-эффекта с несращением перелома и укорочением оси шейки левой бедренной кости (Рисунок 38).

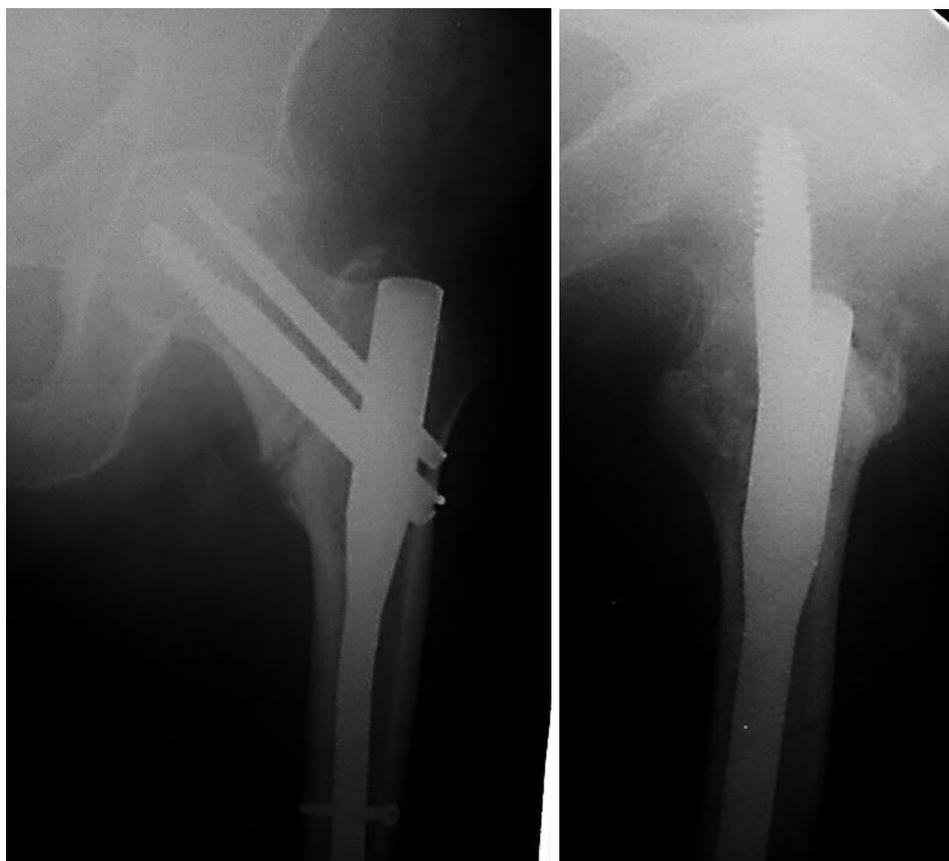


Рисунок 37 – Послеоперационные рентгенограммы левого тазобедренного сустава в прямой (слева) и аксиальной проекции

Пациентка предъявляла жалобы на боли по наружной поверхности левого бедра, в левой паховой области. При осмотре отмечалось укорочение левой нижней конечности до трех сантиметров. Выраженные боли в левой паховой области при пальпации. По наружной поверхности левого бедра в верхней трети под кожей пальпировался винт. Пациентка активно поднять выпрямленную левую ногу не могла из-за боли. Амплитуда движений ограничена – сгибание до 80° , отведение до 5° , ротация в пределах 5° . Неврологических и сосудистых нарушений в левой нижней конечности не отмечено. Пациентка могла перемещаться с использованием ходунков в пределах комнаты, полностью нагружая левую ногу, однако нагрузка приводит к усилению болей в левой паховой области. Оценка функции по шкале Харриса составила 41 баллов.

Под местной анестезией было выполнено удаление из мягких тканей мигрировавшего винта. От выполнения реостеосинтеза пациентка категорически отказалась, мотивируя отказ страхом перед повторными операциями и относительной удовлетворенностью результатом лечения в рамках обеспечиваемого ухода со стороны дочери. Данное клиническое наблюдение демонстрирует драматическое ухудшение функционального результата лечения при развитии осложнения и, как следствие, потерю пациенткой самостоятельности в бытовой активности и появление

необходимости постороннего ухода за ней со стороны родственников. Развитие осложнения может быть связано с разрушением кости на фоне перегрузок области ПОБК в условиях статической фиксации отломков.



Признаки миграции шейного винта латерально в мягкие ткани по типу Z-эффекта
Рисунок 38 – Рентгенография левого тазобедренного сустава в прямой проекции через 2 месяца после операции

Отмечена латеральная миграция шейного винта с резким укорочением оси шейки бедренной кости, что потребовало повторного вмешательства – удаления винта из мягких тканей. Следует отметить, что в этом случае представлен вариант не совсем «классического» Z-эффекта, поскольку второй винт также мигрировал латерально, однако в меньшей степени.

Клиническое наблюдение №3

Пациентка 82 лет, и/б №8765, ИМТ 22,2 кг/м². Травма в быту, получена при падении из положения стоя на правый бок. В день травмы за медицинской помощью родственники не обращались ввиду слабо выраженного болевого синдрома. Доставлена в приемное отделение бригадой скорой медицинской помощи через 26 часов после травмы. При поступлении выполнены рентгенограммы, выявлен чрезвертельный перелом правой бедренной кости со смещением отломков, тип 31A2.3 по классификации АО/ОТА (Рисунок 39).

Пациентка госпитализирована, обследована, подготовлена к операции. Скелетное вытяжение не применялось. Пациентка страдает болезнью Альцгеймера с исходом в деменцию, оценка

когнитивного статуса по шкале MMSE составила 10 баллов. Пациентка сама себя до травмы не обслуживала, из дома не выходила, проживала с сиделкой. Через 3 дня после госпитализации под спинномозговой анестезией выполнена операция – закрытая репозиция, остеосинтез отломков правой бедренной кости штифтом PFN с применением статической фиксации. Длительность операции 50 минут.



Рисунок 39 – Рентгенограмма правого тазобедренного сустава в прямой проекции: чрезвертельный перелом 31A2.3

Послеоперационные рентгенограммы представлены на Рисунке 40. Шеечно-диафизарный угол после операции составил 127° , величина TAD – 13 мм. Течение послеоперационного периода гладкое, раны зажили первичным натяжением. Пациентка начала ходьбу с ходунками на правую ногу на второй день после операции. Несмотря на рекомендации лечащего врача и инструктора по лечебной физкультуре, пациентка регулярно забывала пользоваться внешней опорой и разгружать оперированную ногу. Выписана на амбулаторное лечение через 5 суток после оперативного вмешательства (общая длительность госпитализации 8 койко-дней). Со слов родственников продолжала ходить с полной нагрузкой на ногу, периодически отказываясь от использования ходунков.

Через 2 месяца появилось и постепенно прогрессировало укорочение правой ноги с наружной ротацией, однако пациентка не предъявляла жалоб на боли и продолжала передвигаться с ходунками. Через 3 месяца после операции были выполнены рентгенограммы, на которых была обнаружена миграция фиксатора по типу "cut-out" с формированием варусной деформации проксимального отдела правой бедренной кости (Рисунок 41).

Пациентка активно жалоб не предъявляет. При осмотре отмечается укорочение правой нижней конечности до 7 см, фиксированная наружная ротация. Слабо выраженные боли в правой паховой области при пальпации. Пациентка активно поднимает выпрямленную правую ногу. Амплитуда движений резко ограничена – сгибание до 40°, отведение до 5°, ротация отсутствует.

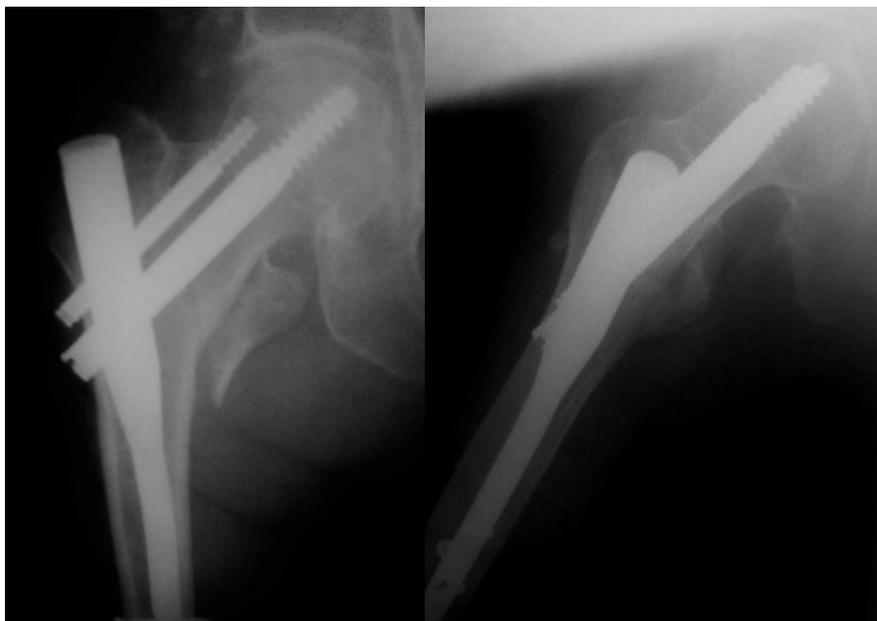


Рисунок 40 – Послеоперационные рентгенограммы правого тазобедренного сустава в прямой (слева) и аксиальной проекции

Неврологических и сосудистых нарушений в правой нижней конечности не зафиксировано. Пациентка может перемещаться ходунками в пределах комнаты, полностью нагружая правую ногу. Оценка функции по шкале Харриса составила 46 баллов. Выполнено удаление винтов, после чего болевые ощущения уменьшились. Раны зажили без воспаления. Учитывая отсутствие у пациентки жалоб и полную локомоторную адаптацию к перемещению в пределах квартиры и уходу, а также высокие риски осложнений ввиду невозможности пациенткой соблюдать предписанный режим, от выполнения реконструктивных вмешательств было принято решение воздержаться.

В этом наблюдении в развившемся у пациентки осложнении сочетаются признаки «cut-out»-эффекта и Z-эффекта. Вероятной причиной является неконтролируемая полная нагрузка на оперированную конечность, связанная с когнитивными нарушениями, при этом пациентка не обладала избыточным весом. Несмотря на наличие у пациентки выраженных когнитивных нарушений, неудовлетворительные результаты лечения по поводу чрезвертельных переломов дополнительно ухудшили качество жизни пациентки и создали для родственников трудности, связанные с организацией ухода за пациенткой.



Рисунок 41 – Рентгенограммы правого тазобедренного сустава в прямой (слева) и аксиальной проекции через 5 месяцев после операции

Оба клинических примера иллюстрируют развитие ортопедических осложнений после статической фиксации у пациентов, ходивших после операции с полной нагрузкой на оперированную ногу, и то неблагоприятное влияние на качество жизни пациентов старших возрастных групп, оказываемое развитием этих осложнений. Анализу причин развития ортопедических осложнений и сравнение групп исследования между собой посвящена Глава 5.

ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для определения клинических особенностей применения динамической и статической фиксации отломков в условиях полной нагрузки на оперированную конечность у больных старше 65 лет с чрезвертельными переломами бедренной кости в соответствии с задачами исследования было проведено сравнение результатов лечения в группах исследования через 3 и 12 месяцев после операции.

Для определения характера изменений топографо-анатомических соотношений в области ПОБК после остеосинтеза фрагментов бедренной кости цефаломедуллярными штифтами проводили измерение размера ПОБК по оси шейки и шеечно-диафизарного угла на рентгенограммах непосредственно после операции и через 3 и 12 месяцев по методикам, описанным в Главе 2.

В ходе исследования выявлено, что у пациентов обеих групп происходит уменьшение размера ПОБК по оси шейки (Таблица 10) [89]. Наличие укорочения оси шейки бедренной кости за период наблюдения 12 месяцев после операции в обеих группах подтверждает, что при циклической нагрузке весом тела на область перелома в процессе сращения происходит потеря костной ткани за счет её компрессии и резорбции независимо от способа фиксации.

Таблица 10 – Распределение величины уменьшения размера ПОБК по оси шейки через 1 год после операции среди пациентов в группах исследования

Показатель	Женщины ДФ	Мужчины ДФ	Женщины СФ	Мужчины СФ
Число пациентов	38	18	26	12
Выборочное среднее	5,5	6,8	4,1	4,3
Медиана	5	6,5	4	4
Выборочное стандартное отклонение	2,1	2,8	1,6	1,9
Минимальное значение	2	2	2	2
Максимальное значение	9	12	8	9

Однако в группе ДФ через 1 год уменьшение размера ПОБК по оси шейки статистически значимо больше, чем в группе СФ (соответственно, $6,0 \pm 2,4$ мм и $4,1 \pm 1,7$ мм; t-критерий Стьюдента $t = 4,36$, критическое значение 1,99, $p < 0,05$). Это доказывает, что при отсутствии противодействия сближению отломков со стороны элементов имплантата, как это наблюдается в случае

динамического фиксатора, резорбция протекает более интенсивно и в итоге приводит к потере большего объема кости.

Укорочение оси шейки бедренной кости в обеих группах происходит максимально до наступления консолидации перелома в первые 3 месяца после операции (Рисунок 42). Однако в дальнейшем этот процесс не прекращается, о чем говорит изменение показателя к 1 году после операции в каждой группе. Это может быть связано с преобладанием резорбции костной ткани над ее образованием во вновь сформированной кости на месте зоны перелома из-за циклических нагрузок на ногу при ходьбе.

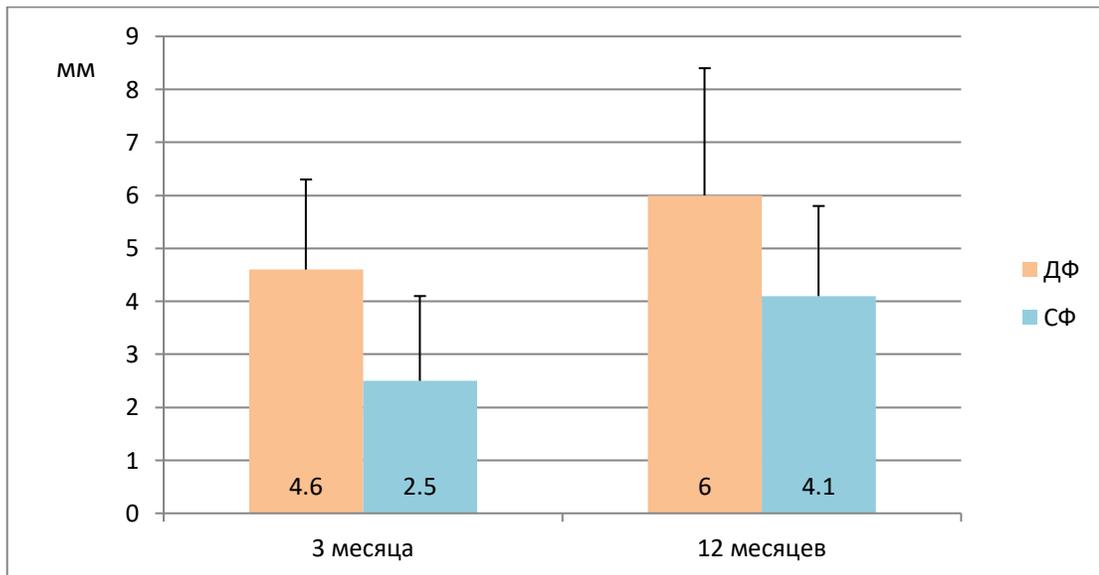


Рисунок 42 – Уменьшения размеров ПОБК по оси шейки у пациентов в группах исследования через 3 и 12 месяцев после операции

В течение 12 месяцев после операции в обеих группах наблюдалось уменьшение шеечно-диафизарного угла бедренной кости (Таблица 11). Причина этого явления может состоять в ускоренной резорбции кости в области малого вертела на фоне циклических нагрузок весом тела. В этой области, по данным математического моделирования, находится зона повышенного механического напряжения (Рисунок 21 и 22). Средние значения шеечно-диафизарного угла в обеих группах укладываются в диапазон нормы ($124 - 136^\circ$), однако в группе ДФ отмечены статистически значимо меньшие значения по сравнению с группой СФ через 12 месяцев после операции (соответственно, $125 \pm 3,7^\circ$ и $129 \pm 2,3^\circ$, t-критерий, $p < 0,05$). По абсолютной величине уменьшения шеечно-диафизарного угла через 1 год после операции в группе ДФ также обнаружены статистически значимые различия с группой СФ (соответственно, $5,7 \pm 3,1^\circ$ и $1,2 \pm 1,1^\circ$, t-критерий, $p < 0,05$).

Данная разница может быть связана с большим укорочением оси шейки бедренной кости в группе ДФ, при котором различия в резорбции кости медиальной и латеральной области зоны перелома проявляются в большей степени. Динамика процесса уменьшения шеечно-диафизарного угла в группах исследования неодинакова. К 3 месяцам после операции существенной разницы в уменьшении шеечно-диафизарного угла между группами не выявлено, однако через 12 месяцев в группе СФ значимого уменьшения величины показателя не происходит, в то время как в группе ДФ уменьшение выражено отчетливо (Рисунок 43).

Таблица 11 – Распределение величины шеечно-диафизарного угла через 1 год после операции среди пациентов в группах исследования

Показатель	Женщины ДФ	Мужчины ДФ	Женщина СФ	Мужчины СФ
Число пациентов	38	18	26	12
Выборочное среднее	125	126,9	130,4	127,8
Медиана	124	125	131	129
Выборочное стандартное отклонение	3,4	4,1	1,7	2,4
Минимальное значение	118	116	127	124
Максимальное значение	130	134	134	130

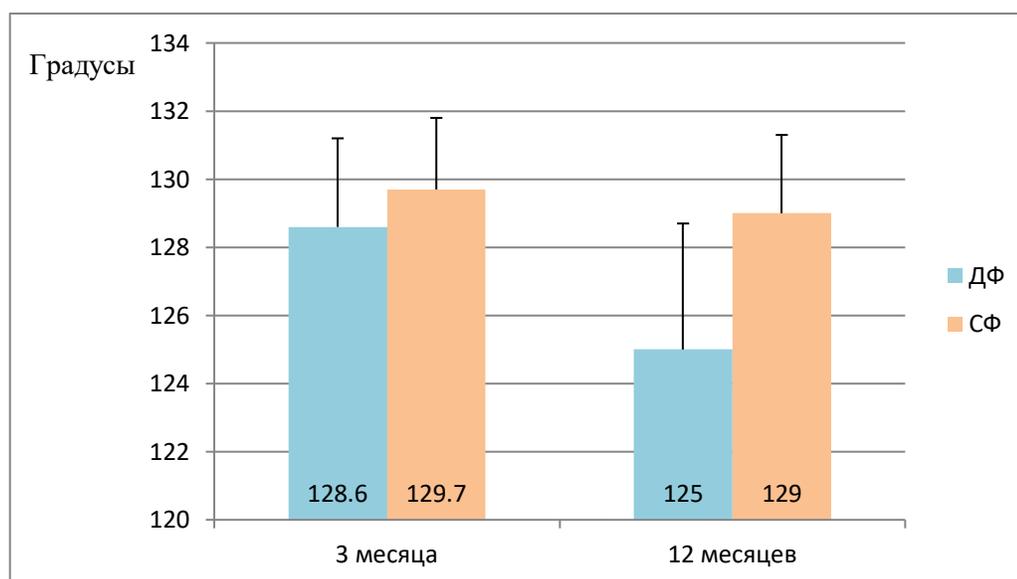


Рисунок 43 – Распределение величины шеечно-диафизарного угла бедренной кости через 3 и 12 месяцев после операции в группах исследования (градусы)

Взаимосвязь формирования варусного положения шейки бедренной кости с механическими факторами видна на основе выявления отрицательной корреляции этого показателя с величиной ИМТ как в группе ДФ, так и в группе СФ (Глава 4).

Таким образом, при консолидации чрезвертельных переломов после цефаломедуллярного остеосинтеза у пациентов старше 65 лет в условиях полной опоры на оперированную ногу из-за циклических нагрузок на проксимальный метаэпифиз бедренной кости отмечается потеря костной ткани в зоне перелома, что приводит к укорочению ПОБК по оси шейки и уменьшению шеечно-диафизарного угла. Эти изменения более выражены в группе динамического фиксатора, что связано с возможностью его элементов изменять положение под нагрузкой.

Для оценки влияния статической и динамической фиксации на уровень осложнений оперативного лечения чрезвертельных переломов проведено сравнение групп исследования по этим показателям.

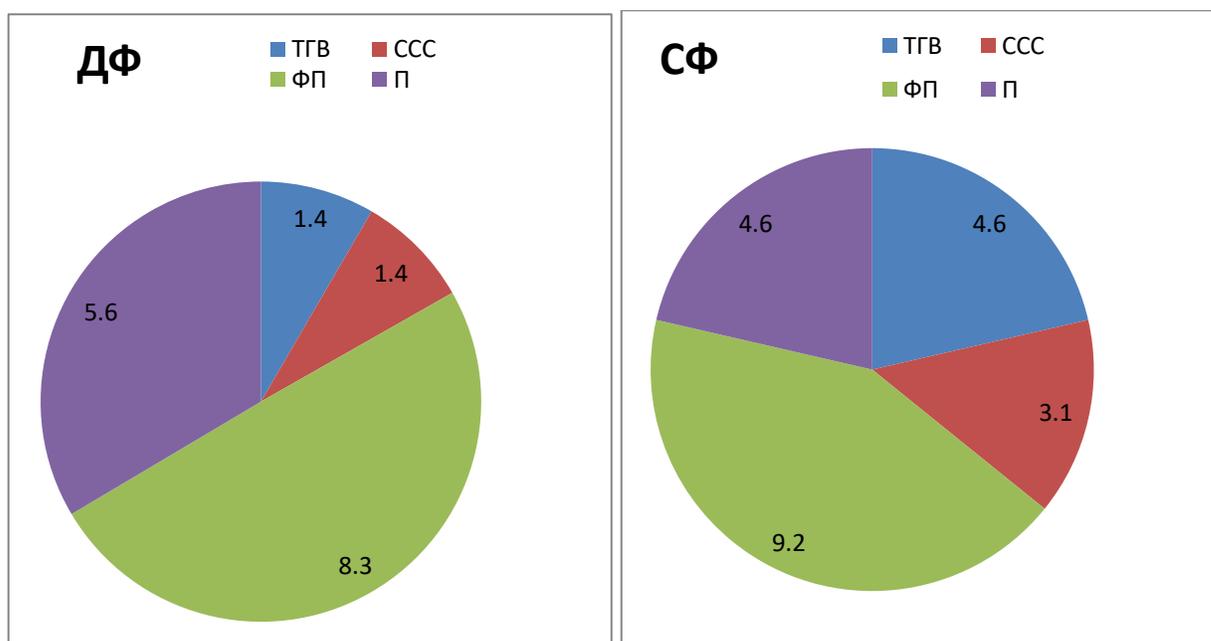
Общая летальность в течение первого года после операции, госпитальная летальность и летальность после выписки из стационара представлены в Таблице 12. Группы не отличались по уровню общей, госпитальной и амбулаторной летальности (χ^2 -тест; соответственно, $p = 0,77$, $p = 0,06$ и $p = 0,92$), из чего можно заключить, что тип фиксации отломков при активной реабилитационной тактике ведения пациентов после операции на выживаемость достоверно не влияет.

Таблица 12 – Госпитальная летальность, летальность после выписки из стационара и общая летальность в течение года после операции среди пациентов исследования (количество человек и доля от общего количества пациентов в исследовании на момент включения)

	Динамическая фиксация	Статическая фиксация	Всего
Госпитальная летальность	2 (1,5%)	3 (2,2%)	5 (3,6%)
Летальность после выписки из стационара	5 (3,6%)	7 (5,1%)	12 (8,8%)
Общая летальность	7 (5,1%)	10 (7,3%)	17 (12,4%)

При сравнении групп исследования по частоте неортопедических осложнений (Рисунок 44) статистически значимой разницы обнаружено не было (χ^2 -тест, $p = 0,78$). Отсутствие различий по гипостатическим осложнениям между группами можно объяснить ранней активизацией пациентов и эффективностью предпринимаемых профилактических мер (эластическая компрессия нижних конечностей, применение антикоагулянтов, активная дыхательная гимнастика и ранняя вертикализация пациентов, активная профилактика пролежней).

Значимой разницы между группами по уровню инфекционных осложнений (Таблица 13) зафиксировано не было (χ^2 -тест, $p = 0,66$).



Обозначения: ТГВ – тромбоз глубоких вен нижних конечностей, ССС – сердечно-сосудистые осложнения (острый коронарный синдром, инфаркт миокарда, острая сердечная недостаточность), ФП – пароксизм фибрилляции предсердий, П – пневмония
 Рисунок 44 – Распределение неортопедических осложнений в группах исследования (в процентах от числа пациентов в группе на момент включения)

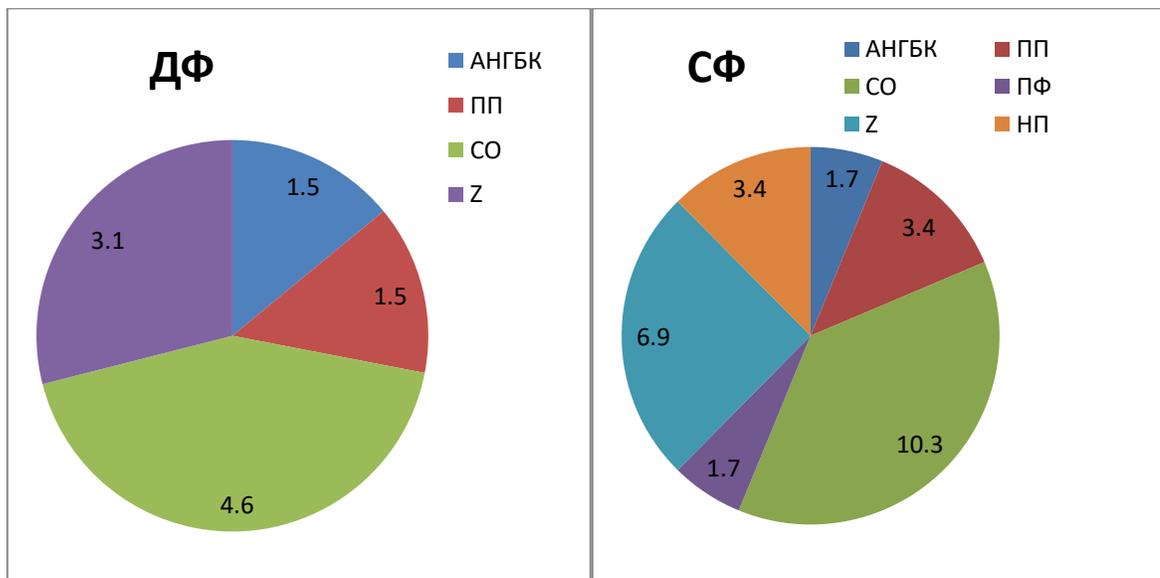
Таблица 13 – Распределение инфекционных осложнений по группам исследования, количество человек и доля от численности группы на момент 3 месяцев после операции

Распределение по полу	Динамическая фиксация	Статическая фиксация	Всего
Женщины	1 (1,5%)	1 (1,7%)	2
Мужчины	1 (1,5%)	0	1
Итого	2 (3%)	1 (1,7%)	3 (2,4%)

Графически распределение пациентов в группах исследования по видам ортопедических осложнений представлено на Рисунке 45. Частота ортопедических осложнений в группе ДФ была статистически значимо ниже по сравнению с группой СФ (ДФ – 9,7%, СФ – 24,6%, χ^2 -тест, $p = 0,04$) [37, 89].

Различия в уровне ортопедических осложнений можно объяснить разными биомеханическими свойствами систем «бедренная кость – металлофиксатор» при динамической и статической фиксации в условиях полной нагрузки на оперированную конечность.

Как уже было показано выше, в зоне контакта отломков ПОБК после остеосинтеза в условиях циклической механической нагрузки при ходьбе происходит компрессия губчатой костной ткани и её последующая резорбция. Это приводит к появлению диастаза между фрагментами кости и потере механического контакта между ними.



АНГБК – аваскулярный некроз головки бедренной кости, ПП – периимплантный перелом, СО – "Cut-out"-эффект, Z – Z-эффект, ПФ – повреждение фиксатора, НП – несращение перелома
 Рисунок 45 – Распределения ортопедических осложнений в группах исследования (в процентах от численности группы на момент 3 месяцев после операции)

При использовании статической фиксации отломки сблизиться не могут, поскольку их положение жестко зафиксировано элементами имплантата. Как уже обсуждалось в Главе 3, в этом случае при опоре на ногу передача всей нагрузки с головки бедренной кости на её диафиз происходит через элементы фиксатора. Зоны повышенного давления формируются в месте контакта с костью шеечных винтов в области ПОБК и дистальных блокирующих винтов в области диафиза бедренной кости. Зоны повышенного напряжения возникают в области контакта шеечных винтов с отверстиями проксимального конца штифта, в области контакта стержня с дистальными винтами и в кортикальной кости в области дистального конца штифта, потому что сюда передается практически вся энергия веса тела при опоре. Наличие этих зон подтверждено проведенным математическим моделированием (Глава 3), при этом следует учесть, что в моделях контакт между отломками сохранен, следовательно, при отсутствии взаимодействия фрагментов кости значения показателей будут ещё выше.

Клинически подобные перегрузки будут проявляться ортопедическими осложнениями. При однократных нагрузках, превышающих прочность материала (кости или металла), или в случае длительных субкритических воздействий, приводящих к накоплению усталостных микродеформаций, происходит разрушение дистальных блокирующих винтов, проксимального отдела штифта или периимплантный диафизарный перелом бедренной кости при повторной минимальной травме. В зависимости от преимущественного приложения сил по отношению к элементам имплантата происходит вторичное смещение отломков по одному из следующих

вариантов. В случае приложения нагрузки по оси шейки бедренной кости один из проксимальных винтов может перфорировать головку и мигрировать в тазобедренный сустав с последующим «схлопыванием» диастаза в зоне перелома и смещением другого винта латерально (Z-эффект или обратный Z-эффект). В случае приложения сил под углом к шейке бедренной кости может случиться смещение дистального отломка со штифтом и винтами кзади с разрушением кости в задневерхней зоне шейки и головки («cut-out»-эффект).

Длительное сохранение диастаза между отломками при сохранении способности всей системы «бедренная кость – металлофиксатор» противостоять нагрузкам без разрушения приводит к замедлению консолидации перелома с последующим формированием ложного сустава. Перегрузки в области ПОБК могут отрицательно сказываться на кровоснабжении головки и в дальнейшем приводить к формированию аваскулярного некроза.

В случае динамической фиксации отломков за счет скольжения динамического винта во втулке под нагрузкой происходит сближение костных фрагментов, поэтому механический контакт между ними не теряется. Энергия веса тела при опоре на ногу передается на дистальные отделы частично через плоскость перелома по кости, частично через элементы фиксатора, что приводит к сокращению нагрузок на каждый компонент в отдельности. Из-за этого риски разрушения и неконтролируемой миграции всех компонентов системы становятся меньше, чем можно объяснить меньшую частоту ортопедических осложнений в группе ДФ. Кроме того, как показало математическое моделирование (Глава 3), укорочение шейки бедренной кости само по себе сопровождается уменьшением напряжений в костях и имплантате и снижением давления между отломками, что также благоприятно сказывается на устойчивости системы к перегрузкам.

Влияние положение фиксаторов после имплантации на уровень осложнений не зафиксировано, о чем свидетельствует отсутствие корреляции величины TAD на послеоперационных рентгенограммах и уровня осложнений в обеих группах. Однако при проведении остеосинтеза целенаправленно избегали имплантации шеечных винтов в положения, отклоняющиеся от центральной области головки и шейки бедренной кости, о чем свидетельствует соответствие величины TAD у большинства пациентов рекомендуемым значениям (менее 25 мм).

В обеих группах не выявлено взаимосвязи частоты осложнений с наличием или отсутствием ожирения (χ^2 -тест; для группы СФ $p = 0,37$, для группы ДФ $p = 0,30$). Вероятно, это связано с выбором когорты пациентов (ожирение не более 2 степени), у которых ограничение нагрузки на конечность уже затруднено, но при этом при опоре ещё не наступает перегрузка ПОБК, приводящая к разрушению системы «кость – металлофиксатор» независимо от типа фиксации.

Из анализа полученных результатов можно сделать вывод, что причиной развития ортопедических осложнений в обеих группах является несоответствие между механическими нагрузками, прилагаемыми к фиксированному цефаломедулярным штифтом ПОБК, и прочностью этой системы. Динамическая фиксация отломков биомеханически более целесообразна, поскольку теоретически сопровождается уменьшением давления, напряжений и подвижности фрагментов кости (Глава 3), а практически приводит к достоверному снижению частоты ортопедических осложнений по сравнению со статической фиксацией.

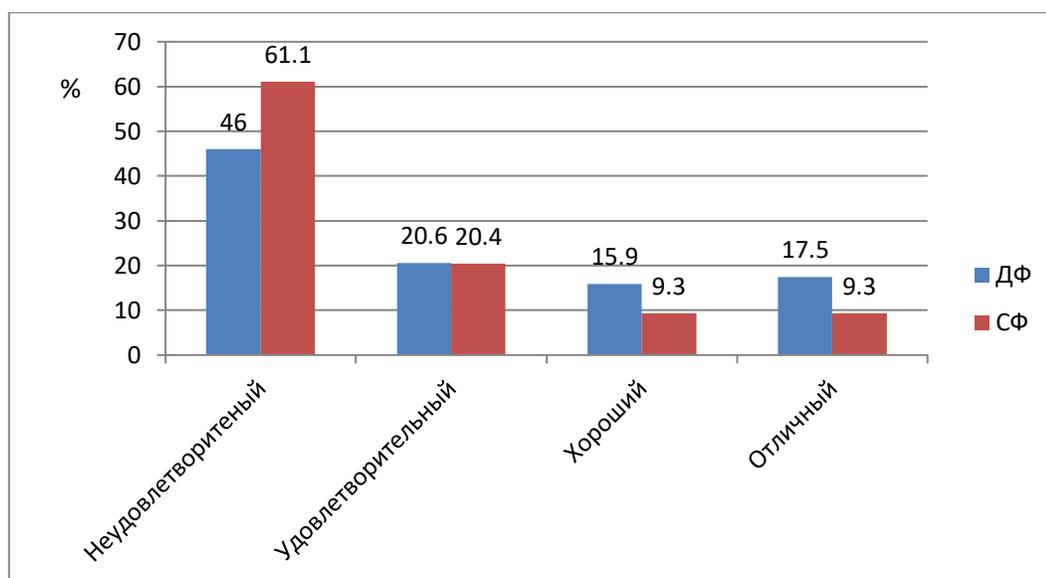
Для определения влияния типа фиксации отломков на функциональные результаты лечения пациентов с чрезвертельными переломами бедренной кости проведено сравнение групп по этим показателям.

Положительное влияние динамической фиксации отломков на процесс консолидации подтверждается сравнением групп по этому показателю. Доля пациентов, у которых достигнута консолидация по данным рентгенографии через 3 месяца после операции, в группе ДФ была статистически значимо выше (χ^2 -тест, $p = 0,02$), при этом основной причиной замедления сращения было вторичное смещение отломков и миграция фиксатора, то есть развитие осложнений.

У всех пациентов была произведена оценка функционального результата лечения по шкале Харриса через 12 месяцев после операции. В группе ДФ были выявлены статистически значимо лучшие функциональные результаты по шкале Харриса по сравнению с группой СФ – соответственно, $69,5 \pm 18,2$ и $61,4 \pm 19,6$ баллов (t-критерий Стьюдента 2,294, $p = 0,02$) [37]. О схожих функциональных результатах лечения чрезвертельных переломов у пациентов старше 65 лет сообщают многие авторы [100, 122, 123, 168, 169].

Статистически значимых различий в распределении пациентов по градациям функционального результата лечения (отличный, хороший, удовлетворительный, неудовлетворительный) между группами не выявлено (χ^2 -тест, $p = 0,30$), однако доля пациентов с хорошими и отличными результатами в группе ДФ выше, а доля пациентов с неудовлетворительными результатами – ниже (Рисунок 46).

По уровню активности пациентов в группе ДФ как через 3 месяца, так через 12 месяцев после операции показатели лучше – выявлено меньше пациентов, которые не могли передвигаться самостоятельно, хотя эти различия и были статистически не значимы (χ^2 -тест; $p = 0,08$ через 3 месяца и $p = 0,1$ через 12 месяцев). Эту разницу можно связать в первую очередь с большим количеством ортопедических осложнений в группе СФ.



Градация результатов: отличный – 90-100 баллов, хороший – 80-89 баллов, удовлетворительный – 70-79 баллов, неудовлетворительный – менее 70 баллов

Рисунок 46 – Распределение пациентов в группах исследования по функциональным результатам (в процентах от численности каждой группы через 12 месяцев после операции)

В группе ДФ через 3 месяца после операции статистически значимо чаще выявлялась хромота, однако к 12 месяцам различия между группами уже статистически незначимы (χ^2 -тест; соответственно, $p = 0,002$ и $p = 0,07$). Эти изменения связаны как с использованием ортопедических стелек для коррекции длины ног, адаптацией нервно-мышечного аппарата к ходьбе в новых топографо-анатомических условиях в группе ДФ, так и с увеличением доли пациентов с хромотой в группе СФ на фоне развития ортопедических осложнений.

Сравнительное распределение пациентов по степени укорочения оперированной конечности через 3 месяца после операции представлено на Рисунке 47, а через 12 месяцев – на Рисунке 48. Статистически значимых различий между группами исследования по распределению пациентов с укорочением оперированной ноги выявлено не было (χ^2 -тест; соответственно $p = 0,54$ и $p = 0,75$). В группе СФ наиболее частой причиной укорочения оперированной конечности была посттравматическая деформация ПОВК после вторичного смещения отломков, а в группе ДФ – изменения ПОВК на фоне динамизации перелома и уменьшения шеечно-диафизарного угла. Таким образом, укорочение конечности после цефаломедуллярного остеосинтеза чрезвертельных переломов бедренной кости нельзя считать особенностью динамической фиксации, данное явление наблюдается, хоть и по другим причинам, и при статической фиксации отломков.

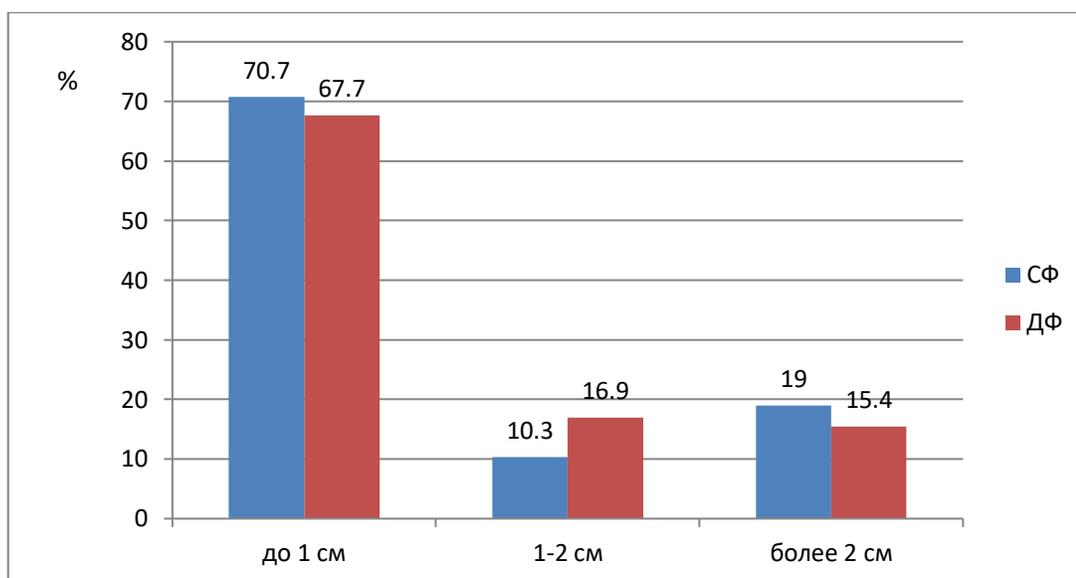


Рисунок 47 – Распределение пациентов в группах исследования по величине укорочения оперированной конечности через 3 месяца после операции (в процентах от численности группы)

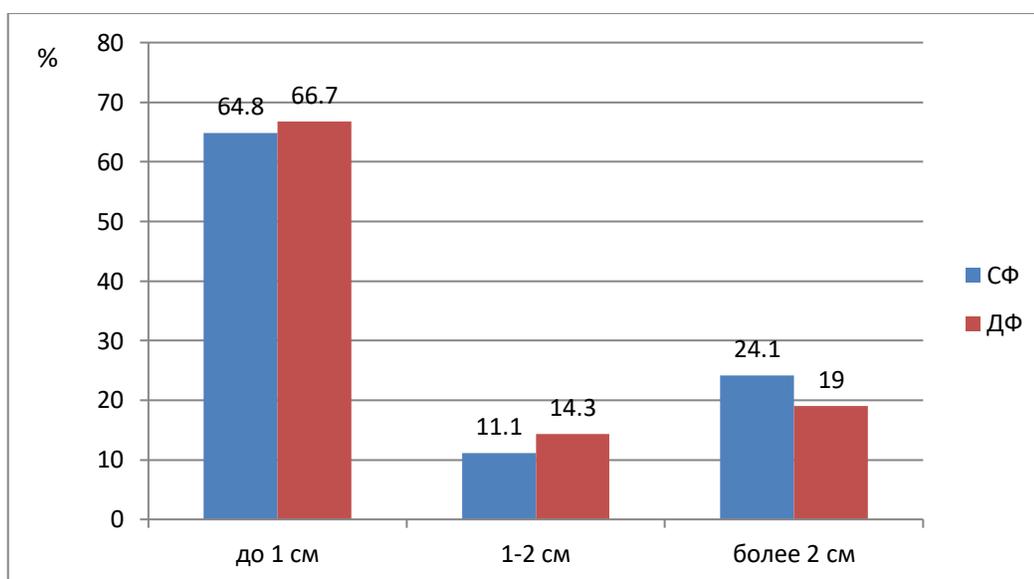


Рисунок 48 – Распределение пациентов в группах исследования по величине укорочения оперированной конечности через 12 месяцев после операции (в процентах от численности каждой группы)

Одним из возможных объяснений отсутствия отрицательного влияния изменения топографо-анатомических изменений в ПОБК на функциональные результаты лечения в группе ДФ может быть одновременное уменьшение и шейчно-диафизарного угла, и размера проксимального метаэпифиза по оси шейки бедра, что в сочетании не приводит к выраженному уменьшению «оффсета» тазобедренного сустава до уровня, при котором функция прилегающих мышц будет грубо нарушаться. Следует отметить, что незначительная разница в длине ног легко компенсируется ортопедической обувью и не оказывает на функциональный результат такого отрицательного

действия, как развитие повторных переломов или миграции элементов фиксатора. В группе СФ обнаружена отрицательная корреляция между функциональными результатами и ИМТ, чего не наблюдается в группе ДФ (Глава 4). Это свидетельствует в пользу того, что динамические свойства элементов фиксатора нивелируют отрицательное влияние повышенной нагрузки на зону перелома у пациентов с более высоким ИМТ и способствуют более физиологичному процессу консолидации перелома.

Широкий разброс и большая доля неудовлетворительных функциональных результатов связаны не только с характером лечения, но и с функциональным статусом пациентов до травмы. Например, часть пациентов до травмы передвигались только по квартире и не выходили на улицу. После травмы они также не выходили на улицу, но считать это функциональным снижением в результате лечения нельзя. Кроме того, на снижение функциональных результатов могли оказывать влияние декомпенсация соматических заболеваний (например, сердечной недостаточности и хронической обструктивной болезни легких) и низкий реабилитационный потенциал пациентов, в большей своей части гериатрических.

Несмотря на большой диапазон возраста у пациентов в группах исследования (от 65 до 97 лет), не было выявлено значимой корреляции возраста больных с результатами лечения. Этот факт может быть объяснен особенностями формирования когорты исследования, поскольку у всех пациентов наблюдались общие признаки – способность самостоятельно ходить и отсутствие возможности ограничивать нагрузку весом тела на оперированную ногу. Эта закономерность ещё раз подтверждает, что паспортный возраст сам по себе не является определителем исходов оперативного лечения.

Таким образом, применение динамической фиксации отломков при лечении чрезвертельных переломов у пациентов старше 65 лет, соответствующих критериям включения, сопровождается лучшими функциональными результатами и меньшей частотой развития ортопедических осложнений по сравнению с использованием статической фиксации и не сопровождается увеличением частоты развития укорочения конечности и развития хромоты.

Выявленное среднее уменьшение размера ПОБК по оси шейки на $6,0 \pm 2,4$ мм в группе ДФ делает целесообразным установку шеечного винта и втулки при имплантации динамического фиксатора у пациентов таким образом, чтобы запас для погружения винта был не менее 9 мм. В противном случае фиксация до завершения процессов резорбции и консолидации становится статической, из-за чего преимущества динамической фиксации могут теряться. Учитывая значимое уменьшение шеечно-диафизарного угла в процессе консолидации перелома при динамической фиксации фрагментов кости (в среднем, $5,7^\circ$), кажется целесообразным изначально проводить

репозицию с гиперкоррекцией шеечно-диафизарного угла (до 135°) для профилактики развития варусной деформации после завершения процесса консолидации перелома.

Исследование доказало взаимосвязь клинических признаков отсутствия возможности ограничивать нагрузку на оперированную конечность (парез верхних конечностей со снижением силы мышц до 4 баллов и менее; последствия переломов костей верхних конечностей со снижением функции по шкале DASH более 50 баллов; ожирение 2 степени в сочетании с сенильной саркопенией; когнитивные расстройства с оценкой по шкале MMSE менее 20 баллов) и улучшением результатов лечения при использовании динамической фиксации. Несмотря на то, что выделение признаков было гипотетическим и прямых измерений нагрузки на ногу при ходьбе не проводили, отобранные на предоперационном этапе по вышеназванным признакам пациенты старше 65 лет получают достоверное клиническое преимущество при использовании у них при остеосинтезе динамической фиксации отломков.

Важным преимуществом настоящего исследования является акцент на послеоперационной реабилитации – ходьба с полной нагрузкой на оперированную ногу у всех пациентов. Вероятно, при исследовании свойств различных типов фиксации попадание в группы исследований пациентов, которые по-разному нагружали ногу после операции, могло затруднять выявление преимуществ и недостатков каждого из них из-за отсутствия учета этого важного фактора.

Однако в исследовании не учитывался другой очень важный фактор, который может оказывать влияние на биомеханические параметры системы «бедренная кость – имплант» – остеопороз, который в каждом случае индивидуально определял механические свойства и предельные биомеханические параметры, при которых система разрушалась. Именно выраженным остеопорозным изменением костей можно объяснить присутствие осложнений в группе ДФ. В некоторых случаях эти изменения могут достигать степени, при которой, независимо от типа фиксации, отмечается разрушение кости в зоне контакта с металлическими элементами импланта на фоне полной нагрузки на конечность.

Сравнительные исследования с конечно-элементными моделями чрезвертельного перелома в условиях статической фиксации не проведены ввиду не заложенной в их конструкции возможности изменения положения винтов относительно штифта. В случае развития избыточной резорбции костной ткани смещение винтов носит неконтролируемый характер и уже является осложнением.

Дальнейшего изучения заслуживает методика точной оценки возможности ограничивать нагрузку на ногу после остеосинтеза ещё в предоперационном периоде, поскольку это позволит выбирать тактику хирургического лечения с учетом индивидуальных особенностей пациента. В настоящем исследовании подтвержден факт отсутствия этой способности у пациентов с

неправильно сросшимися и несросшимися переломами костей верхних конечностей (оценка функции по шкале DASH более 50 баллов), последствиями острого нарушения мозгового кровообращения и другими неврологическими заболеваниями (снижение мышечной силы верхних конечностей до 4 баллов и менее), ожирением 2 степени (индекс массы тела 35 – 40 кг/м²), когнитивными расстройствами (оценка ментального статуса по шкале MMSE менее 20 баллов), то есть с теми заболеваниями и состояниями, которые были критериями включения в исследование. Однако поиск всего круга возможных показаний к применению динамической фиксации может стать темой отдельного исследования.

Возможными направлениями дальнейших исследований может стать изучение поведения различных типов фиксаторов в группе пациентов, которые в процессе реабилитации могут ограничивать нагрузку весом тела на ногу и поиск возможных преимуществ и недостатков каждого типа фиксации. В подобных условиях статическая фиксация, возможно, будет иметь преимущества в виде сохранения топографо-анатомических соотношений ПОБК после достижения консолидации перелома.

Важным показателем, позволяющим предсказывать риск развития ортопедических осложнений, может быть определение состояние костной ткани в области ПОБК непосредственно перед операцией. Таким образом, разработка методики определения свойств костной ткани и оценка связанного с этим показателем уровня осложнений при применении фиксаторов различной конструкции при различных типах переломов и реабилитационных стратегиях могло бы помочь значительно снизить уровень ортопедических осложнений путем дальнейшего повышения персонализации выбора лечебной тактики.

Кроме того, нельзя оставлять без внимания изменение свойств самого фиксатора, адаптированных к конкретными биомеханическим условиям. Например, для предотвращения избыточного уменьшения размера ПОБК по оси шейки в результате резорбции кости и динамизации возможно использование механических приспособлений, упруго ограничивающих этот процесс, например, использование пружин с заданной упругостью в динамизируемых шеечных винтах.

Суммарно полученные клинические и экспериментальные данные подтверждают, что при использовании динамической фиксации фрагментов бедренной кости при лечении чрезвертельных переломов по сравнению со статической у пациентов старше 65 лет в условиях ранней полной нагрузки на оперированную ногу отмечается значимое уменьшение размера ПОБК по оси шейки и величины шеечно-диафизарного угла, но при этом регистрируется меньшая частота ортопедических осложнений и лучшие функциональные результаты. Контролируемая динамизация отломков бедренной кости в группе ДФ является основным фактором, позволяющим снизить риски

осложнений. Положительное влияние этого процесса доказано в ходе проведенного математического моделирования системы «бедренная кость – металлофиксатор», показавшего, что при динамизации зоны перелома и уменьшении размеров ПОБК по оси шейки наблюдается уменьшение значений всех параметров, связанных с разрушением компонентов.

Исследование подтвердило гипотезу о том, что пациенты с когнитивными расстройствами (оценка ментального статуса по шкале MMSE менее 20 баллов), ожирением второй степени (индекс массы тела 35 – 40 кг/м²), неправильно сросшимися и несросшимися переломами костей верхних конечностей (оценка функции по шкале DASH более 50 баллов), последствиями острого нарушения мозгового кровообращения и другими неврологическими заболеваниями (снижение мышечной силы верхних конечностей до 4 баллов и менее) не могут ограничивать нагрузку на оперированную ногу после операции. Более ценно то, что по итогам исследования абстрактное понятие «пациенты, которые не могут ограничивать нагрузку на оперированную ногу» конкретизировано. Определены четкие предоперационные критерии отбора пациентов, у которых применение динамической фиксации отломков при остеосинтезе по поводу чрезвертельных переломов сопровождается статистически значимо лучшими функциональными результатами и меньшей частотой осложнений по сравнению со статической.

Выявленные в процессе исследования количественные параметры изменений топографии ПОБК позволяют дать четкие рекомендации по проведению репозиции (достижения шеечно-диафизарного угла не менее 130°) и имплантации динамического фиксатора (возможность погружения динамического винта на глубину не менее 9 мм), позволяющие избежать негативных последствий избыточной динамизации и трансформации динамической фиксации в статическую при полном погружении динамического винта. Подтверждена роль раннего начала ходьбы для достижения положительного отдаленного результата лечения, кроме того, показана важность коррекции длины нижних конечностей для компенсации негативных последствий динамической фиксации отломков.

Таким образом, использование вышеуказанного алгоритма применения динамической фиксации для лечения пациентов старше 65 лет с чрезвертельными переломами бедренной кости позволяет достоверно улучшить результаты лечения и снизить частоту ортопедических осложнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Клинико-экспериментальное исследование проведено в период с 2009 по 2021 г. на кафедре общей и специализированной хирургии факультета фундаментальной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова». Основной целью работы было улучшение результатов лечения чрезвертельных переломов путем выбора оптимального типа фиксации отломков бедренной кости у пациентов старше 65 лет, вынужденных после цефаломедуллярного остеосинтеза ходить с полной опорой на ногу.

В исследовании были выделены два этапа. На первом этапе было выполнено построение шести конечно-элементных математических моделей чрезвертельного перелома бедренной кости, фиксированного динамическим фиксатором, с прогрессирующим уменьшением размеров проксимального метаэпифиза бедренной кости по оси шейки с шагом в 2 мм. Затем для каждой модели была произведена оценка биомеханических параметров под нагрузкой весом тела и выполнен анализ динамики этих изменений.

В модуле Abaqus/CAE программного комплекса Abaqus (версия 6.10 2010 г., Dassault Systèmes Simulia Corp., Франция) провели построение объемной модели стабильного чрезвертельного перелома бедренной кости (31A1.2 по классификации AO/ASIF или типа I по классификации Evans/Jensen). Для задания формы проксимального отдела бедренной кости, определения взаиморасположения кортикальной и губчатой костной ткани, а также локализации плоскости перелома при построении моделей использовали результаты мультиспиральной компьютерной томографии. Фрагменты кости были виртуально зафиксированы титановым цефаломедуллярным штифтом Targon PF в положении анатомической репозиции. За исходное было принято положение фиксатора в кости, при котором динамический винт был выдвинут по отношению к втулке на 10 мм. В процессе моделирования рассматривали 5 вариантов погружения динамического винта во втулку фиксатора с шагом 2 мм от исходного (на 2, 4, 6, 8 и 10 мм относительно втулки винта). Это соответствовало постепенному уменьшению размера проксимального метаэпифиза бедренной кости по оси её шейки в процессе консолидации перелома.

Затем при помощи программных комплексов Abaqus (Dassault Systèmes Simulia Corp., Франция) на виртуальную модель была нанесена сетка конечных элементов в виде десятиузловых изопараметрических тетраэдров с тремя степенями свободы в каждом узле. Каждому конечному элементу с помощью программы в зависимости от расположения были заданы физико-механические свойства костной ткани (губчатой или кортикальной) и титана. Нижний конец модели был

виртуально зафиксирован относительно шести степеней свободы. К головке бедренной кости виртуально прикладывали силу, эквивалентную весу тела 80 кг, при этом для каждой модели определяли амплитуду смещения элементов системы под нагрузкой, давление между отломками в зоне перелома и вычисляли распределение напряжений по Мизесу в области металлофиксатора и кости. В качестве параметра предельного напряжения использовали предел текучести материала и теорию разрушения Губера-Мизеса-Хенки.

Во всех моделях в проксимальном отломке выявлены зоны повышенного деформационного напряжения по Мизесу в верхнем полюсе головки бедренной кости с распространением на медиальную часть нижней поверхности шейки бедренной кости и примыкающую часть области малого вертела, где зафиксирована ограниченная по объему зона концентрации напряжений. По мере уменьшения размера проксимального метаэпифиза бедренной кости и погружения шеечного винта во втулку штифта происходит снижение напряжений во всех вышеуказанных областях. В области дистального отломка максимальное напряжение в костной ткани возникает на уровне малого вертела, при этом значения напряжений мало меняются при уменьшении размера ПОБК.

В модели фиксатора максимальные напряжения растяжения отмечаются в области верхней поверхности деротационного пина и втулки с зоной максимума на границе со штифтом (до 272 МПа). Зоны напряжения средней интенсивности (от 40 до 80 МПа) обнаружены по медиальной и латеральной поверхностям штифта с формированием области максимума в области контакта штифта с дистальным блокирующим винтом и в области самого винта (до 240 МПа). При уменьшении размеров ПОБК и погружении динамического винта во втулку фиксатора на 10 мм отмечается линейное снижение напряжений в области проксимальных (до 226 МПа) и – особенно – дистальных винтов (менее 68 МПа)

При анализе напряженно-деформированного состояния системы «кость – металлофиксатор» ни в костной ткани, ни в элементах имплантата не было зафиксировано значений напряжения по Мизесу, при котором следовало бы ожидать разрушение объектов. При уменьшении размера ПОБК на 10 мм давление между отломками бедренной кости при нагрузке на систему весом тела постепенно уменьшается от 10,9 до 9,1 МПа. Также при этом уменьшается амплитуда деформационных смещений элементов системы с максимальными значениями от 2,2 мм до 1,9 мм. По результатам вычисления коэффициента корреляции была выявлена прямая линейная зависимость между степенью уменьшения размера ПОБК по оси шейки и изменением вычисленных параметров. Эта зависимость является весьма высокой – коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r = 0,99$ ($p < 0.05$).

Полученные экспериментальные данные могут свидетельствовать об отсутствии неблагоприятных биомеханических явлений при динамизации фрагментов чрезвертельного перелома. В процессе уменьшения размеров ПОБК по оси шейки стабильность системы теоретически пропорционально возрастает и уменьшается риск наступления событий, связанных с механическим разрушением компонентов системы. Данное явление характеризует систему как механический объект и не зависит от её биологических свойств. Выявленная особенность на практике гипотетически должна приводить к снижению риска развития ортопедических осложнений при динамической фиксации отломков бедренной кости в случае полной нагрузки на оперированную конечность при ходьбе.

На втором этапе для клинического подтверждения гипотезы о преимуществах динамической фиксации в условиях нагрузки весом тела на оперированную конечность был осуществлен отбор пациентов, проходившие лечение на клинических базах кафедры общей и специализированной хирургии (Клиническая больница №123 ФГБУ ФНКЦ ФХМ ФМБА России, обособленное подразделение «Медицинский научно-образовательный центр» Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова). В исследование было включено 137 пациентов в возрасте 65 лет и старше с чрезвертельными и межвертельными переломами бедренной кости, полученными в результате низкоэнергетической травмы. Все пациенты до перелома были способны передвигаться самостоятельно. Учитывая тот факт, что пожилые пациенты могут в различной степени нагружать конечность после операции, акцент был сделан на группе пациентов, которые заведомо не могли ограничивать опору на ногу, что приводило к полной нагрузке на область перелома и имплантата при ходьбе. Задачей исследования было формирование максимально однородных групп, различающихся только по одному признаку – типу фиксации.

У всех пациентов на предоперационном этапе были выявлены признаки отсутствия возможности ограничивать нагрузку весом тела при ходьбе в послеоперационном периоде. К таким признакам относили абсолютную или относительную функциональную недостаточность верхних конечностей. К абсолютной функциональной недостаточности относили случаи пареза и паралича мышц верхних конечностей вследствие неврологических заболеваний и комплексное нарушение функции суставов верхних конечностей в результате несросшихся или неправильно сросшихся переломов. Оценку мышечной слабости верхней конечности проводили по стандартной 5-тибальной шкале для выявления парезов и параличей верхних и нижних конечностей. Для оценки функции верхних конечностей использовали вычисление оценки по шкале DASH. К относительной недостаточности относили повышение нагрузки на верхние конечности при повышении массы тела вследствие ожирения при сохранной или несколько сниженной на фоне саркопении силы мышц

верхних конечностей. Степень ожирения оценивали путем вычисления индекса массы тела. Кроме того, независимым признаком считали отсутствие возможности понимать и активно следовать инструкциям по ограничению нагрузки вследствие когнитивных расстройств. Оценку интеллектуального снижения проводили по шкале Mini-Mental State Examination (MMSE). Критериями включения были снижение силы мышц верхних конечностей 4 балла и менее, оценка функции верхней конечности по шкале DASH более 50 баллов (удовлетворительно и неудовлетворительно), индекс массы тела 35 – 40 кг/м², оценка когнитивного статуса по шкале MMSE менее 20 баллов. Для включения пациента в исследование было достаточно одного из приведенных выше критериев.

В исследование последовательно было включено 137 пациентов с чрезвертельными переломами бедренной кости в возрасте от 65 до 97 лет (средний возраст на момент включения составил $76,4 \pm 7,8$ лет), из них 46 мужчин (33,6%) и 91 женщина (66,4%). Наиболее часто встречались переломы типа A2 (53%), 28,5% приходилось на переломы типа A1, реже всего наблюдались переломы типа A3 (18,5% случаев).

Все пациенты были разделены на две группы случайным образом. Пациенты, для лечения которых применяли фиксатор Targon PF (Aescular В. Braun, Германия), относили к группе исследования, или группе «динамической фиксации». Пациенты, для лечения которых применяли стержень PFN (Synthes Depuy, США), относили к группе сравнения, или группе «статической фиксации». Сформированные группы были однородны и статистически не различались по следующим показателям: пол (χ^2 -тест, $p = 0,20$), возраст (t-критерий, $p = 0,37$), тип перелома по классификации АО/ОТА (χ^2 -тест; $p = 0,20$), ИМТ (t-критерий; $p = 0,95$), срок с момента травмы до операции (t-критерий, $p = 0,81$), наличие и характер сопутствующих заболеваний (χ^2 –тест, p от 0,09 до 0,89), длительность операции (t-критерий, $p = 0,07$), длительность госпитализации (t-критерий; $p = 0,12$), положение отломков после репозиции (величина ШДУ, t-критерий; $p = 0,28$), положение фиксатора после имплантации (показатель TAD, t-критерий, $p = 0,1$), распределение пациентов по причинам неспособности ограничивать нагрузку на оперированную конечность (χ^2 -тест; $p = 0,80$), что позволяет считать сравнение результатов лечения в этих группах релевантным задачам исследования.

Для проведения хирургического лечения пациентов использовали нейроаксиальную или общую анестезию. С помощью ортопедического стола проводили закрытую репозицию и имплантацию фиксатора по методике, рекомендованной производителем. Контроль положения фрагментов бедренной кости и элементов фиксатора осуществляли интраоперационно с помощью рентгеновской С-дуги. В раннем послеоперационном периоде всех пациентов наблюдали в условиях

отделения реанимации и интенсивной терапии для своевременного выявления осложнений и контроля болевого синдрома. Через сутки после операции при отсутствии осложнений и стабильности общего состояния пациентов переводили в травматологическое отделение. Всех пациентов после перевода из отделения реанимации в травматологическое отделение начинали активизировать в процессе занятий с инструктором по лечебной физкультуре и лечащим врачом, при этом самостоятельные попытки активизации избегались ввиду высокого риска падений. В первые сутки все пациенты начинали сидеть в кровати, спустив ноги на специальную деревянную подставку для стоп, часть пациентов начали стоять или ходить с использованием ходунков для профилактики падений. Выбор объема активизации в первые сутки зависел от самочувствия пациента и выраженности болевого синдрома. Все пациенты ходили при помощи дополнительной внешней опоры (ходунки). Пациентов обучали ходьбе с разгрузкой оперированной ноги, однако полностью добиться этого не удавалось. В случае выраженных когнитивных нарушений пациенты быстро забывали рекомендации, продолжая полностью нагружать оперированную ногу, перемещая ходунки перед собой. Пациенты с ожирением могли правильно выполнять рекомендации на протяжении нескольких шагов, однако затем из-за утомления мышц верхних конечностей начинали полностью опираться на ногу. Пациентам с последствиями травм и парезом мышц верхней конечности изначально не удавалось достичь разгрузки оперированной ноги, поскольку их опора на ходунки руками была неэффективна. Тем не менее, занятия с пациентами повторяли ежедневно, чтобы достичь максимально возможной разгрузки конечности. После достижения максимально возможного уровня активизации, купирования болевого синдрома и неосложненного течения раневого процесса пациентов выписывали на амбулаторное лечение.

Через 3 месяца после операции оценивали достижение консолидации перелома и восстановление функции оперированной конечности, после чего пациентам рекомендовали ходьбу с тростью или продолжение ходьбы с ходунками в случае выраженной постуральной неустойчивости и высокого риска падений. В случае выявления укорочения оперированной конечности более 2 см пациентам рекомендовали использовать вкладыши в обувь для коррекции длины ног при ходьбе.

Через 12 месяцев после операции проводили сбор и последующий анализ следующей информации: летальность на госпитальном и амбулаторном этапах и её структура, достижение консолидации перелома, характер и частота осложнений (общих, инфекционных и ортопедических), функциональный результат лечения по шкале Харриса, наличие симптома Тренделенбурга, хромоты и укорочения конечности, рентгенологические результаты лечения – длина проксимального метаэпифиза бедренной кости по оси её шейки и величина шеечно-диафизарного угла. Ось

проксимального метаэпифиза бедренной кости на рентгенограммах рисовали путем соединения центров шейки и головки. Длину измеряли между пересечением этой линии с контуром головки и кортикальным слоем наружной стенки бедренной кости. Для расчета степени уменьшения размеров ПОБК по оси шейки использовали разницу в размерах ПОБК сразу после операции и через 3 и 12 месяцев, а проекционные изменения нивелировали путем введения поправочного коэффициента с помощью вычисления отношения измеренного диаметра проксимального винта к его истинному диаметру.

Для выявления математических закономерностей между изучаемыми величинами были использованы методы параметрической и непараметрической статистики. Вычисление значений всех статистических параметров проводили с помощью пакета программ Statistica 10.0 (StatSoft, США) и Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, США).

В группу ДФ было включено 72 пациента в возрасте от 65 до 91 года с чрезвертельными переломами бедренной кости, из них женщин – 48 человек (66,7%) и мужчин – 24 человека (33,3%). Средний возраст пациентов на момент включения составил $76,3 \pm 7,1$ лет. Распределение пациентов по типам переломов в группе было следующее: тип А1 – 21 пациент (29,2%), тип А2 – 37 пациентов (51,4%), тип А3 – 14 пациентов (19,4%). Летальность на госпитальном этапе в группе составила 2,8% (2 пациента). К 3 месяцам после операции на амбулаторном этапе умерло 3 пациента (4,6%). Ещё два пациента были исключены из исследования в связи с развитием местных инфекционных осложнений. Таким образом, в срок к 3 месяцам после операции было осмотрено 65 пациентов. Общая летальность в течение всего срока наблюдения составила 9,7% (7 человек). Через 12 месяцев результаты оценены у 63 пациентов.

В группу СФ было включено 65 пациента в возрасте от 65 до 97 лет с чрезвертельными переломами, из них женщин – 43 человек (66,2%) и мужчин – 22 человека (33,8%). Средний возраст пациентов на момент включения составил $77,2 \pm 7,3$ лет. Распределение пациентов по типам переломов в группе было следующее: тип А1 – 18 пациентов (27,7%), тип А2 – 36 пациентов (55,4%), тип А3 – 11 пациентов (16,9%). Летальность на госпитальном этапе в группе составила 4,6% (3 пациента). К 3 месяцам после операции на амбулаторном этапе умерло 4 пациента (6,2%). Один пациент был исключен из исследования в связи с развитием инфекционных осложнений. Таким образом, в срок к 3 месяцам после операции было осмотрено 58 пациентов. Общая летальность в течение всего срока наблюдения составила 15,4% (10 человек). Через 12 месяцев результаты оценены у 54 пациентов.

В группах исследования через 12 месяцев после операции не наблюдали статистически значимых различий по возрасту и полу (для пола: χ^2 -тест, $p = 0,97$; для возраста: t-критерий, $p = 0,63$).

В ходе исследования выявлено, что у пациентов обеих групп происходит уменьшение размера ПОВК по оси шейки, что подтверждает гипотезу о потере костной ткани в области перелома из-за её компрессии под нагрузкой и последующей резорбции независимо от способа фиксации. Однако в группе ДФ через 1 год после операции уменьшение размера ПОВК по оси шейки было статистически значимо больше, чем в группе СФ (соответственно, $6,0 \pm 2,4$ мм и $4,1 \pm 1,7$ мм; t-критерий Стьюдента $t = 4,36$, критическое значение 1,99, $p < 0,05$). Это доказывает, что при отсутствии противодействия сближению отломков со стороны элементов имплантата рассасывание кости протекает более интенсивно и в итоге приводит к потере большего объема ткани.

В течение 12 месяцев после операции в обеих группах наблюдали уменьшение шеечно-диафизарного угла бедренной кости, что связано с ассиметричной резорбцией кости в области перелома с преобладанием в медиальных отделах, где находится зона повышенного механического напряжения, определенная при математическом моделировании. В группе ДФ отмечено статистически значимое уменьшение шеечно-диафизарного угла по сравнению с группой СФ (величина через 1 год соответственно, $125 \pm 3,7^\circ$ и $129 \pm 2,3^\circ$, t-критерий, $p < 0,05$; абсолютное уменьшение, соответственно, $5,7 \pm 3,1^\circ$ и $1,2 \pm 1,1^\circ$, t-критерий, $p < 0,05$). Данную разницу можно объяснить большим укорочением оси шейки бедренной кости в группе ДФ, из-за чего разная скорость резорбции кости медиальной и латеральной области перелома проявляется ярче.

Таким образом, при консолидации чрезвертельных переломов после цефаломедуллярного остеосинтеза у пациентов старше 65 лет в условиях полной опоры на оперированную ногу из-за циклических нагрузок на проксимальный метаэпифиз бедренной кости отмечается потеря костной ткани в зоне перелома, что приводит к укорочению ПОВК по оси шейки и уменьшению шеечно-диафизарного угла. Эти изменения более выражены в группе динамического фиксатора, что связано с возможностью его элементов смещаться под нагрузкой.

Группы не отличались по уровню общей, госпитальной и амбулаторной летальности (χ^2 -тест; соответственно, $p = 0,77$, $p = 0,06$ и $p = 0,92$), из чего можно сделать вывод об отсутствии влияния типа фиксации отломков на выживаемость пациентов после операции при активной реабилитационной тактике. При сравнении групп исследования по частоте инфекционных и неортопедических осложнений статистически значимой разницы обнаружено не было. Отсутствие различий по гипостатическим осложнениям между группами можно объяснить ранней активизацией пациентов и эффективностью предпринимаемых профилактических мер (эластическая компрессия нижних конечностей, применение антикоагулянтов, активная дыхательная гимнастика и ранняя вертикализация пациентов, активная профилактика пролежней).

Частота ортопедических осложнений в группе ДФ была статистически значимо ниже по сравнению с группой СФ (ДФ – 10,8%, СФ – 27,6%, χ^2 -тест, $p = 0,04$). Различия в частоте ортопедических осложнений можно объяснить разными биомеханическими свойствами систем «бедренная кость – металлофиксатор» при динамической и статической фиксации в условиях полной нагрузки на оперированную конечность. Компрессия губчатой костной ткани и её последующая резорбция приводят к появлению диастаза между фрагментами бедренной кости и потере контакта между ними. При использовании статической фиксации положение отломков зафиксировано элементами имплантата и измениться не может. В этом случае при опоре на ногу передача всей нагрузки с головки бедренной кости на её диафиз происходит через элементы фиксатора, что приводит к появлению зон перегрузки и повышенного давления в областях, описанных в Главе 3 при математическом моделировании. Клинически подобные перегрузки будут проявляться ортопедическими осложнениями: переломами имплантата, кости, развитие вторичного смещения отломков с миграцией элементов фиксатора по типу Z-эффекта или «cut-out»-эффекта. Длительное сохранение диастаза между отломками при сохранении способности всей системы «бедренная кость – металлофиксатор» противостоять нагрузкам без разрушения приводит к замедлению консолидации перелома с последующим формированием ложного сустава.

В случае динамической фиксации отломков за счет скольжения динамического винта во втулке под нагрузкой происходит сближение костных фрагментов, поэтому механический контакт между ними не теряется. Энергия веса тела при опоре на ногу передается на дистальные отделы частично через плоскость перелома по кости, частично через элементы фиксатора, что приводит к сокращению нагрузок на каждый компонент в отдельности. Из-за этого риски разрушения и неконтролируемой миграции всех компонентов системы сокращаются, что сопровождается меньшей частотой ортопедических осложнений. Укорочение шейки бедренной кости, как показало математическое моделирование (Глава 3), сопровождается уменьшением напряжений в костях и имплантате и снижением давления между отломками, что должно благоприятно сказываться на устойчивости системы к перегрузкам.

Анализ полученных результатов показал, что причиной развития ортопедических осложнений может считаться несоответствие между механическими нагрузками, прилагаемыми к фиксированному цефаломедуллярным штифтом ПОБК, и прочностью этой системы. Динамическая фиксация отломков биомеханически более выгодна, потому что в теории сопровождается уменьшением давления, напряжений и подвижности фрагментов кости (Глава 3), а на практике приводит к значимому снижению частоты ортопедических.

У всех пациентов была проведена оценка функционального результата лечения по шкале Харриса через 12 месяцев после операции. В группе ДФ были выявлены статистически значимо лучшие функциональные результаты по шкале Харриса по сравнению с группой СФ – соответственно, $69,5 \pm 18,2$ и $61,4 \pm 19,6$ баллов (t-критерий Стьюдента 2,294, $p = 0,02$). Статистически значимых различий в распределении пациентов по градациям функционального результата лечения между группами не выявлено (χ^2 -тест, $p = 0,30$), однако доля пациентов с хорошими и отличными результатами в группе ДФ выше, а доля пациентов с неудовлетворительными результатами – ниже. По уровню активности пациентов в группе ДФ как через 3 месяца, так через 12 месяцев после операции показатели были лучше – выявлено меньше пациентов, которые не могли передвигаться самостоятельно, хотя эти различия и были статистически не значимы (χ^2 -тест; $p = 0,08$ через 3 месяца и $p = 0,1$ через 12 месяцев). Эту разницу можно связать в первую очередь с большим количеством ортопедических осложнений в группе СФ. Несмотря на изначально большую частоту выявления хромоты у пациентов группы ДФ, в дальнейшем к 12 месяцам после операции значимых различий уже не выявлено при использовании ортопедических стелек для коррекции длины ног, адаптации нервно-мышечного аппарата к ходьбе в новых топографо-анатомических условиях в группе ДФ и увеличении доли пациентов с хромотой в группе СФ на фоне развития ортопедических осложнений.

Статистически значимых различий между группами исследования по распределению пациентов с укорочением оперированной конечности через 3 и 12 месяцев выявлено не было (χ^2 -тест; соответственно $p = 0,54$ и $p = 0,75$). В группе СФ укорочения оперированной ноги чаще наступало из-за посттравматической деформации ПОВК после вторичного смещения отломков, а в группе ДФ – из-за изменений ПОВК на фоне динамизации перелома и уменьшения шеечно-диафизарного угла. Следовательно, укорочение конечности после цефаломедулярного остеосинтеза чрезвертельных переломов бедренной кости нельзя считать особенностью динамической фиксации, данное явление наблюдается и при статической фиксации отломков.

Исследование выявило отсутствие отрицательного влияния топографо-анатомических изменений ПОВК на функциональные результаты лечения в группе ДФ из-за одновременного уменьшения шеечно-диафизарного угла и размера проксимального метаэпифиза по оси шейки бедра. Эти изменения компенсируют друг друга, из-за чего не происходит значимого для функции мышц уменьшения «оффсета» тазобедренного сустава. Незначительная разница в длине ног легко компенсируется ортопедической обувью и не оказывает на функциональный результат такого отрицательного действия, как развитие повторных переломов или миграции элементов фиксатора. Кроме того, в группе ДФ не наблюдается отрицательная корреляция между функциональными

результатами лечения и ИМТ, выявленная в группе СФ, потому что динамические свойства элементов фиксатора нивелируют негативное влияние повышенной нагрузки на зону перелома у пациентов с более высоким ИМТ.

По результатам исследования можно сделать вывод, что применение динамической фиксации отломков при лечении чрезвертельных переломов у пациентов старше 65 лет, полностью нагружающих оперированную ногу при ходьбе после операции, сопровождается лучшими функциональными результатами и меньшей частотой развития осложнений по сравнению с использованием статической фиксации и не сопровождается увеличением частоты развития укорочения конечности и развития хромоты. Исследование подтвердило, что клинические признаки, на основании которых осуществлялось включение в исследование (парез верхних конечностей со снижением силы мышц до 4 баллов и менее; последствия переломов костей верхних конечностей со снижением функции по шкале DASH более 50 баллов; ожирение 2 степени в сочетании с сенильной саркопенией; когнитивные расстройства с оценкой по шкале MMSE менее 20 баллов), позволяют осуществлять дифференцированный подход к выбору способа оперативного лечения, достоверно улучшающий результаты лечения.

Выявленное среднее уменьшение размера ПОБК по оси ШБК на $6,0 \pm 2,4$ мм делает целесообразным установку винта и втулки при имплантации у пациентов этой категории таким образом, чтобы было не менее 9 мм запаса для последующего погружения динамического винта, иначе фиксация становится статической до завершения процессов резорбции и консолидации, а преимущества динамической фиксации утрачиваются. Учитывая значимое уменьшение ШДУ в процессе консолидации перелома при динамической фиксации фрагментов ЧВП (в среднем, $5,7^\circ$), кажется целесообразным изначально проводить репозицию с гиперкоррекцией ШДУ (до 135°) для профилактики развития варусной деформации после завершения процесса консолидации перелома.

ВЫВОДЫ

1. Методом математического моделирования показано, что в условиях нагрузки весом тела человека в процессе уменьшения размера проксимального отдела бедренной кости по оси шейки на 10 мм давление между фрагментами кости снижается по сравнению с исходным на 16,5%, а напряжение в отломках и элементах фиксатора на 17%; при этом амплитуда смещений фрагментов кости становится меньше на 14,5%, что достоверно характеризует повышение механической стабильности системы «кость – металлофиксатор» и обуславливает снижение риска её разрушения.

2. При ходьбе с полной нагрузкой после динамической цефаломедуллярной фиксации чрезвертельного перелома у пациентов старше 65 лет среднее значение уменьшения размера проксимального метаэпифиза бедренной кости по оси её шейки было больше, чем при статической фиксации, на 1,9 мм, а величина шеечно-диафизарного угла – меньше на 4°.

3. Несоответствие между механическими свойствами системы «бедренная кость – металлофиксатор» и прилагаемыми к ней нагрузками при активизации пациентов старше 65 лет с полной опорой на оперированную ногу приводит к развитию ортопедических осложнений в 10,8 % случаев после динамической цефаломедуллярной фиксации и в 27,6 % случаев – при статической фиксации, то есть при динамической фиксации частота ортопедических осложнений снизилась в 2,5 раза.

4. При цефаломедуллярном остеосинтезе по поводу чрезвертельных переломов бедренной кости у пациентов старше 65 лет использование динамической фиксации отломков по сравнению со статической в условиях полной нагрузки на оперированную ногу весом тела приводит к улучшению функциональных результатов лечения по шкале Харриса в среднем на 8,1 балла.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациенты старше 65 лет, ввиду повышенного риска гипостатических осложнений, после операции остеосинтеза чрезвертельного перелома нуждаются в ранней вертикализации и начале ходьбы.

2. Пациенты, неспособные ограничивать нагрузку на оперированную ногу при ходьбе, составляют группу высокого риска развития ортопедических осложнений при проведении цефаломедулярного остеосинтеза чрезвертельных переломов бедренной кости, что обуславливает необходимость особого подхода при определении для них хирургической тактики.

3. При неспособности пациентов соблюдать дозированную нагрузку на оперированную конечность методом выбора при чрезвертельных переломах бедренной кости должен являться цефаломедулярный остеосинтез с динамической фиксацией, так как при этом создаются максимально безопасные условия для раннего начала ходьбы с полной опорой на оперированную конечность и использованием дополнительных приспособлений для уменьшения риска падений.

4. Выполняя цефаломедулярный остеосинтез с динамической фиксацией костных отломков по поводу чрезвертельного перелома бедренной кости, во время репозиции следует добиваться вальгусной гиперкоррекции шейечно-диафизарного угла до 135° для сохранения к концу процесса консолидации величины этого угла, близкого к исходному, а при имплантации металлофиксатора стремиться к тому, чтобы исходное погружение шейечного винта во втулку штифта позволяло дальнейшую динамизацию на глубину не менее 9 мм.

5. Во всех случаях укорочения оперированной конечности более 2 см у пациентов с чрезвертельными переломами после цефаломедулярного остеосинтеза следует использовать стельки-вкладыши в обуви при ходьбе даже при использовании дополнительной опоры для устранения разницы в длине ног, что способствует улучшению функциональных результатов и уменьшению хромоты.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ПОБК – проксимальный отдел бедренной кости

МКЭ – метод конечных элементов

TAD – tip-apex distance

ИМТ – индекс массы тела

ДФ – динамическая фиксация

СФ – статическая фиксация

МПа – мегапаскаль

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулич, Ю.В. Предоперационное определение индивидуальных физических характеристик губчатой костной ткани проксимального отдела бедра человека / Ю.В. Акулич, А.Ю. Акулич, А.С. Денисов // Российский журнал биомеханики. – 2011. – Т. 15. – № 1. – С. 33–41.
2. Анализ функций и качества жизни пожилых пациентов с переломами бедренной кости / М.Н. Джаксыбаев, С.С. Альходжаев, К.М. Тезекбаев [и др.] // Вестник Казахского Национального Медицинского университета. – 2016. – Т. 3. – № 1. – С. 200–208.
3. Башуров, З.К. Фридрих Тренделенбург и симптом Тренделенбурга / З.К. Башуров // Травматология и ортопедия России. – 2010. – Т. 58. – № 4. – С. 111–115.
4. Белинов, Н.В. Малоинвазивный металлоостеосинтез чрезвертельных переломов / Н.В. Белинов, Н.И. Богомоллов // Бюллетень Восточносибирского научного центра Сибирского отделения Академии Медицинских наук. – 2012. – Т. 86. – № 4. – С. 20.
5. Белинов, Н.В. Устройство для малоинвазивного остеосинтеза чрезвертельных переломов / Н.В. Белинов // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – Т. 20. – № 3. – С. 153–156.
6. Белов, М.В. Современный взгляд на оказание медицинской помощи при переломах проксимального отдела бедра у лиц пожилого и старческого возраста / М.В. Белов, К.Ю. Белова // Российский журнал гериатрической медицины. – 2021. – № 2. – С. 186–195.
7. Биомеханический подход к выбору вида интрамедуллярного фиксатора при смоделированном переломе бедренной кости / Ю.А. Барабаш, Д.В. Иванов, В.Б. Богатов [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2021. – Т. 25. – № 2. – С. 209–217.
8. Вакуленко, В.М. Исходы оперативного лечения пострадавших с вертельными переломами бедра / В.М. Вакуленко, А.В. Вакуленко, А.А. Неделько // Травма. – 2013. – № 4. – С. 38 – 40.
9. Валиева, Р.И. Травматологический аспект лечения политравмы у пациентов пожилого и старческого возраста / Р.И. Валиева, П.А. Иванов // Журнал им. Н. В. Склифосовского. Неотложная медицинская помощь. – 2021. – Т. 10. – № 3. – С. 530–539.
10. 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. 75–90.
11. Виртуально-экспериментальное обоснование динамического остеосинтеза при лечении переломов проксимального отдела бедренной кости / В.Э. Дубров, И.А. Кузькин, И.М. Щербаков [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2017. – Т. 163. – № 2. – С. 261–264.

12. Гильфанов, С.И. Внутренний остеосинтез вертельных переломов / Гильфанов С.И., Ключевский В.В., Даниляк В.В. // Травматология и ортопедия России. – 2009. – Т. 51. – № 1. – С. 86–90.
13. Гильфанов, С.И. Лечение переломов проксимального отдела бедра : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Гильфанов Сергей Ильсуверович ; Ярославская государственная медицинская академия. – Москва, 2010. – 32 с.
14. Гиниятов, А.Р. Сравнительная оценка летальности при оперативном и консервативном лечении чрезвертельных переломов бедренной кости / А.Р. Гиниятов, А.Д. Доника // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – Т. 5. – № 1. – С. 135.
15. 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. – Т. 34. – № 4. – С. 26–28.
16. Дулаев, А.К. Особенности хирургического лечения и реабилитации пациентов пожилого возраста с чрезвертельными переломами бедренной кости / А.К. Дулаев, А.А. Потапчук, А.Н. Цед // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2011. – Т. 18. – № 3. – С. 40–43.
17. Емельянов, С.А. Оптимизация нагрузки на конечность при лечении чрезвертельных переломов : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Емельянов Сергей Александрович ; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина». – Тамбов, 2021. – 27 с.
18. Ерошин, В.А. Напряженно-деформированное состояние биомеханической системы имплантат – упругое основание / В.А. Ерошин, М.В. Джалалова // Российский журнал биомеханики. – 2012. – № 3. – С. 82–95.
19. Загородний, Н.В. Преимущества использования проксимального бедренного антиротационного гвоздя (PFNA) с аугментацией при остеосинтезе переломов бедра на фоне остеопороза / Н.В. Загородний, А.А. Волна, И.И. Панфилов // Клиническая практика. – 2016. – Т. 26. – № 2. – С. 75–78.
20. Имплантат для фиксации вертельных переломов бедренной кости / О.А. Корзун, В.А. Кукареко, А.В. Шмелев [и др.] // Механика машин, механизмов и материалов. – 2020. – Т. 51. – № 2. – С. 74–82.
21. Исходы интрамедуллярного остеосинтеза околоуставных переломов проксимального отдела бедренной кости / О.А. Кауц, Ю.А. Барабаш, А.П. Барабаш [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – Т. 10. – № 3. – С. 484–487.

22. Кавалерский, Г.М. Риски хирургических вмешательств у пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости в пожилом и старческом возрасте / Г.М. Кавалерский, А.Д. Ченский, М.Ю. Прохорова // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2014. – № 4. – С. 9–19.
23. Калашников, А.В. Компьютерное моделирование напряжений на различные металлические фиксаторы при выполнении остеосинтеза по поводу чрезвертельных переломов типа А3 / А.В. Калашников, В.Д. Малик, И.А. Лазарев // Biomedical and biosocial anthropology. – 2016. – Т. 27. – № 2. – С. 177–186.
24. Калашников, А.В. Эффективность внедрения новых технологий в оперативном лечении чрезвертельных переломов бедренной кости / А.В. Калашников, В.Д. Малик, О.В. Калашников // Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. – 2016. – Т. 21. – № 2. – С. 74–78.
25. Кауц, О.А. Анализ методов лечения околоуставных переломов проксимального отдела бедренной кости и их последствий (обзор литературы) / О.А. Кауц, А.П. Барабаш, А.Г. Русанов // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2010. – № 1. – С. 154–159.
26. Кашковский, И.С. Осложнения в послеоперационном периоде у пациентов с переломами проксимального отдела бедра / И.С. Кашковский // Polish journal of science. – 2021. – Т. 38. – № 1. – С. 16–17.
27. Кезля, О.П. Оперативное лечение переломов проксимального отдела бедренной кости / О.П. Кезля // Медицинский журнал. – 2018. – Т. 63. – № 1. – С. 80–85.
28. Климовицкий, В.Г. Малоинвазивный остеосинтез при переломах проксимального отдела бедренной кости у больных пожилого возраста / В.Г. Климовицкий, Д.В. Бородин // Травма. – 2013. – Т. 14. – № 1. – С. 68.
29. Клинические рекомендации. Переломы проксимального отдела бедренной кости [электронный ресурс]. – URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/729_1#doc_b (Дата обращения: 23.01.2022 г.).
30. Клиническое применение номограммы для оценки риска развития осложнений у пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости / Р.Р. Якубджанов, М.Ю. Каримов, И.Ф. Ахтямов [и др.] // Политравма. – 2020. – №3. – С. 20–27.
31. Ключников, М.Ю. Оперативное лечение чрезвертельного перелома бедренной кости / М.Ю. Ключников, А.В. Попков // Гений ортопедии. – 2011. – № 1. – С. 121–123.
32. Кобелев, И.А. Сравнительная оценка методов лечения внесуставных переломов проксимального отдела бедренной кости у пациентов пожилого и старческого возраста / И.А. Кобелев, В.Г. Виноградов // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2011. – Т. 80. – № 4. – С. 87–91.

33. Комплексное лечение проксимальных переломов бедренной кости / С.А. Амраев, У.М. Абуджазар, Ы.А. Алмабаев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 2. – С. 138 – 139.
34. Коренев, Г.В. Тензорное исчисление : учеб. пособие / Г.В. Коренев. – М.: Издательство МФТИ, 2000. – 240 с.
35. Кристеа, С. Современные методы лечения вертельных переломов и переломов шейки бедра (Обучающая лекция) / С. Кристеа // Гений ортопедии. – 2014. – № 1. – С. 99–105.
36. Лечение пострадавших с чрезвертельными переломами бедренной кости в травмацентре 1-го уровня Ленинградской области / Б.А. Майоров, А.Э. Тульчинский, И.Г. Беленький [и др.] // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2021. – № 3. – С. 68–76.
37. Лечение чрезвертельных переломов у пожилых пациентов – насколько важна динамическая фиксация? / И.М. Щербаков, В.Э. Дубров, А.С. Шкода [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27. – № 5. – С. 502–507.
38. Лечение чрезвертельных переломов: выбор оптимальной металлоконструкции / Амраев С.А., Абуджазар У.М., Абдуразаков У.А. [и др.] // Вестник Казахского Национального Медицинского университета. – 2018. – № 2. – С. 138–139.
39. Малько, А.В. «Cut-out» эффект как причина осложнений малоинвазивного остеосинтеза переломов проксимального отдела бедренной кости конструкцией PFN-A / А.В. Малько, А.М. Савинцев // Вестник СПбГУ. Медицина. – 2014. – №. 1. – С. 214–220.
40. Математическое моделирование остеосинтеза чрезвертельных переломов типа А1 с применением различных металлических фиксаторов / А.В. Калашников, В.Д. Малик, И.А. Лазарев [и др.] // Травма. – 2016. – Т. 17. – № 6. – С. 81–90.
41. Математическое моделирование состояния системы «кость-металлофиксатор» в процессе лечения чрезвертельных переломов бедренной кости / В.Э. Дубров, И.М. Щербаков, К.А. Сапрыкина [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2019. – Т. 25. – № 1. – С. 113–121.
42. Медико-правовые аспекты оказания травматологической помощи пациентам пожилого и старческого возраста с переломами проксимального отдела бедра / М.В. Лядова, Е.С. Тучик, Г.В. Коробушкин [и др.] // Журнал клинической и экспериментальной ортопедии им. Г.А. Илизарова. – 2015. – № 1. – С. 17–21.
43. Межидов, Э.С.-М. Оперативное лечение вертельных переломов бедренной кости : специальность 14.00.22 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук / Эли Саид-Магомедович Межидов ; Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова. – Москва, 2009. – 18 с.

44. Методические рекомендации для Пилотного проекта «Развитие системы медицинской реабилитации в Российской Федерации» [электронный ресурс]. – URL: <https://vrachirf.ru/storage/db/6d/b8/10/6e/89/38/92/49b0-0eaacd-8fd4e7.pdf> (Дата обращения 02.09.2021 г.).

45. Морально-этические аспекты хирургической профилактики патологических переломов проксимального отдела бедренной кости при остеопорозе, онкологических и других заболеваниях костной ткани / А.Л. Матвеев, В.Э. Дубров, Б.Ш. Минасов [и др.] // Жизнь без опасностей. Здоровье. Профилактика. Долголетие. – 2014. – Т. 9. – № 2. — С.42 – 48.

46. Наш опыт малоинвазивного остеосинтеза при чрезвертельных переломах бедренной кости / В.К. Пионтковский, Б.С. Денисюк, Ю.М. Малевич [и др.] // Травма. – 2012. – Т. 13. – № 4. – С. 140–142.

47. О приложении теории перестройки трабекулярной костной ткани / А.А. Киченко, В.М. Тверье, Ю.И. Няшин [и др.] // Российский Журнал Биомеханики. – 2012. – Т. 16. – № 4. – С. 53–72.

48. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей : пособие для врачей / Л.Н. Соломин, Е.А. Щепкина, П.Н. Кулеш [и др.] – 2-е изд. – СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2012. – 48 с.

49. Оптимизация лечения пациентов с переломами шейки бедренной кости / А.М. Файн, А.Ю. Ваза, С.Ф. Гнетецкий [и др.] // Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft. – 2021. – № 13. – С. 6–15.

50. Особенности послеоперационной реабилитации у пациентов с переломами тиббиального плато / Г.М. Кавалерский, А.В. Гаркави, А.И. Найманн [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2013. – № 2. – С. 19–22.

51. Отдаленные результаты оперативного лечения пациентов старческого возраста с вертельными переломами бедренной кости / Б.Г. Завьялов, Н.Н. Карчебный, В.П. Солодкий [и др.] // Московская медицина. – 2019. – Т. 30. – № 2. – С. 71–72.

52. Оценка степени ротационных смещений при чрезвертельных переломах бедренной кости по прямой проекции / А.Г. Русанов, А.П. Барабаш, Т.Д. Максюшина [и др.] // Классика и инновации в травматологии и ортопедии: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию профессора А.П. Барабаша. – 2016. – С. 292–294.

53. Ошибки и осложнения послеоперационного ведения больных с чрезвертельными переломами / О.Н. Ямщиков, С.А. Емельянов, С.А. Мордовин [и др.] // Политравма. – 2021. – № 1. – С. 60–66.

54. 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.
55. Плюсы и минусы остеосинтеза в неотложном порядке / И.Г. Беленький, В.А. Мануковский, А.Н. Тулупов [и др.] // Неотложная хирургия им. Ю.Ю. Джанелидзе. – 2022. – Т. 7. – № 2. – С. 5–11.
56. Поливода, А.Н. Результаты лечения переломов вертельной области с использованием проксимальной бедренной пластины с угловой стабильностью винтов / А.Н. Поливода, Д.С. Чабаненко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2019. – Т. 616. – № 3. – С. 5–9.
57. Постановка начально-краевой задачи о перестройке трабекулярной костной ткани / А.А. Киченко, В.М. Тверье, Ю.И. Няшин [и др.] // Российский Журнал Биомеханики. – 2012. – Т. 58. – № 4. – С. 36–52.
58. Применение метода конечных элементов при моделировании биологических систем в травматологии и ортопедии / В.Э. Дубров, Д.А. Зюзин, И.А. Кузькин [и др.] // Сборник работ Всероссийской научно-практической конференции «Приоровские чтения» и конференции молодых учёных под редакцией профессора Очкуренко А.А., Москва, 3–4 декабря 2018 года. – М., 2018– С. 45–46.
59. Применение метода конечных элементов при моделировании биологических систем в травматологии и ортопедии / В.Э. Дубров, Д.А. Зюзин, И.А. Кузькин [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2019. – Т. 23. – № 1. – С. 140–152.
60. Проблемы и трудности раннего лечения пациентов с переломами проксимального отдела бедра / Науменко М.В., Литвина Е.А., Чарчян А.М. [и др.] // Московская медицина. – 2019. – Т. 34. – № 6. – С. 75–76.
61. Прогностическая модель потенциального риска развития осложнений у пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости / В.В. Агаджанян, А.Ю. Милюков, Д.Д. Устьянцев [и др.] // Политравма. – 2018. – № 3. – С. 6–19.
62. Реабилитация больных с чрезвертельными переломами бедренной кости после блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза / Калашников А.В., Рой И.В., Баяндина Е.И. [и др.] // Вісник ортопедії, травматології та протезування. – 2016. – Т. 91. – № 4. – С. 35–41.
63. Результаты лечения пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости / С.А. Амраев, У.М. Абуджазар, У.А. Абдуразаков [и др.] // Вестник Казахского Национального Медицинского университета. – 2017. – № 4. – С. 161–163.

64. Результаты оперативного лечения вертельных переломов бедра у пациентов старческого и пожилого возраста / В.А. Фищенко, В.И. Кириченко, Б.Б. Леськив [и др.] // *Biomedical and biosocial anthropology*. – 2017. – Т. 28. – № 1. – С. 120–123.
65. Результаты первичного эндопротезирования тазобедренного сустава в сочетании с нестабильным чрезвертельным переломом бедренной кости (клинический случай) / З.Д. Менькин, С.С. Билык, А.Н. Коваленко [и др.] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2019. – № 2. – С. 166.
66. Реконструктивно-восстановительная операция остеосинтеза перелома проксимального отдела правой бедренной кости / А.А. Антонов, Э.И. Солод, А.Ф. Лазарев [и др.] // *Врач*. – 2021. – Т. 32. – № 7. – С. 78–82.
67. Синельников, Р.Д. Атлас анатомии человека: учебное пособие в 4-х томах. / Р.Д. Синельников, Я.Д. Синельников. – 2-е изд., стереотипное. – М.: Медицина, 1996. – 344 с. – Т. 1.
68. Слободской, А.Б. Лечение переломов вертельной зоны на современном этапе (обзор литературы) / А.Б. Слободской, В.А. Кирсанов, А.Ю. Попов // *Современная медицина*. – 2018. – № 2. – С. 63–67.
69. Сократительная способность мышц бедра при биомеханических нарушениях условий их функционирования у пациентов с патологией тазобедренного сустава / Е.В. Олейников, Т.И. Долганова, Д.В. Долганов [и др.] // *Гений Ортопедии*. – 2012. – № 3. – С. 94–96.
70. Солод, Э.И. Комплексное лечение внутри- и околосуставных переломов у больных пожилого и старческого возраста на фоне остеопороза : специальность 14.01.22 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук : / Солод Эдуард Иванович ; Центральная клиническая больница Медицинского центра Управления делами Президента Российской Федерации. – М., 1999. – 26 с.
71. Соппротивление материалов / В.А. Хохлов, Н.А. Куцубина, Н.А. Куприянов [и др.] – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – С. 89–93.
72. Сравнительный анализ надежности фиксации чрезвертельных переломов бедренной кости с применением обычного и удлиненного проксимального бедренного стержня / И.А. Лазарев, А.В. Калашников, В.Д. Малик [и др.] // *Травма*. – 2017. – Т. 18. – № 4. – С. 35–47.
73. Стафеев, Д.В. Клинико-экономическое обоснование комплексного лечения пациентов с внесуставными переломами проксимального отдела бедренной кости на фоне инволютивного остеопороза : специальность 14.01.15, 14.02.03 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Стафеев Дмитрий Викторович ; ГУН "Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии". – Санкт-Петербург, 2013. – 25 с.

74. Структура контингента больных с переломами проксимального отдела бедренной кости и расчет среднегодовой потребности в экстренном хирургическом лечении / Т.Н. Воронцова, А.С. Богопольская, А.Ж. Чёрный [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2016. – Т.1. – № 1. – С. 7–20.
75. 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.
76. Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава при застарелом чрезвертельном переломе левой бедренной кости / А.Ф. Лазарев, Э.И. Солод, А.А. Антонов [и др.] // Врач. – 2021. – Т. 32. – № 1. – С. 73–77.
77. Травматология и ортопедия : учебник / под ред. К.А. Егизаряна, И.В. Сиротина. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 576 с.
78. Фармакологическая коррекция нарушений ремоделирования при замедленной консолидации чрезвертельного перелома бедренной кости на фоне системного остеопороза / Ю.В. Буклемишев, Е.В. Огарев, Ж.В. Хоранова [и др.] // Боль. Суставы. Позвоночник. – 2013. – Т. 12. – № 4. – С. 19–23.
79. Федеральные клинические рекомендации. Переломы проксимального отдела бедренной кости [электронный ресурс]. – URL: <https://www.rnmot.ru/public/uploads/RNMOT/clinical/2019/Федеральные%20клинические%20рекомендации%20Переломы%20проксимального%20отдела%20бедренной%20кости%20утверждены%20в%202019%20году.pdf> (дата обращения 03.09.2021).
80. Фигурска, М. Структура компактной костной ткани / М. Фигурска // Российский Журнал Биомеханики. – 2007. – № 3. – С. 28–38.
81. Фролов, А.В. Интрамедуллярный остеосинтез вертельно-подвертельных переломов бедренной кости : специальность 14.01.22 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Фролов Александр Владимирович ; Российский университет дружбы народов. – Москва, 2008. – 19 с.
82. Функциональное состояние больных с чрезвертельными переломами бедра в зависимости от лечебных технологий / Б.Ш. Минасов, Н.Н. Аслямов, Р.Р. Якупов [и др.] // Гений Ортопедии. – 2013. – № 2. – С. 16–21.
83. Хирургическое лечение больных с внесуставными переломами бедренной кости / О.А. Кауц, Ю.А. Барабаш, К.А. Гражданов [и др.] // Вестник Ивановской медицинской академии. – 2019. – № 1. – С. 51–54.

84. Хирургическое лечение перелома проксимального отдела бедра у больных пожилого и старческого возраста / М.В. Цымбал, А.В. Осипов, Д.А. Хряпин [и др.] // Клиническая геронтология. – 2009. – № 4 – С. 56 – 59.
85. Цед, А.Н. Особенности хирургического лечения пациентов пожилого возраста с внесуставными переломами проксимального отдела бедра : специальность 14.01.15 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Цед Александр Николаевич ; ГБУ «Санкт-Петербургский государственный научно-исследовательский институт скорой помощи имени Ю.Ю. Джанелидзе». – Санкт-Петербург, 2012. – 27 с.
86. Чигарев, А.В. Диффузионная модель разрушения элементов опорно-двигательного аппарата человека / А.В. Чигарев, А.В. Борисов // Российский Журнал Биомеханики. – 2012. – № 1. – С. 22–37.
87. Чуев, И.Н. Особенности переломов проксимального отдела бедренной кости / И.Н. Чуев, Н.Д. Чуев, Л.М. Рязева // Интегративные тенденции в медицине и образовании. – 2021. – № 1. – С. 112–116.
88. Шубняков, И.И. Остеосинтез переломов проксимального отдела бедренной кости в порядке экстренной помощи : специальность 14.00.22 «Травматология и ортопедия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Шубняков Игорь Иванович ; ГУН "Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии". – Санкт-Петербург, 1999. – 19 с.
89. Щербаков, И.М. Влияние выбора фиксатора при чрезвертельных переломах бедренной кости у пожилых пациентов на исходы лечения / И.М. Щербаков, Д.А. Зюзин, К.А. Сапрыкина // Сборник работ Всероссийской научно-практической конференции «Приоровские чтения» и конференции молодых учёных под редакцией профессора Очкуренко А.А., Москва, 3–4 декабря 2018 года. – М., 2018. – С. 148–149.
90. Щербаков, И.М. Моделирование свойств динамического фиксатора в процессе консолидации переломов бедренной кости / И.М. Щербаков, И.А. Кузькин // Сборник трудов конференции молодых учёных по медицинской биологии ФГБУ ФНКЦ физико-химической медицины ФМБА России. – М., 2016. – С.160-161.
91. Щербаков, И.М. Преимущества динамического остеосинтеза при лечении чрезвертельных переломов бедренной кости / И.М. Щербаков, Д.А. Зюзин, И.А. Кузькин // Виноградовские чтения. Актуальные проблемы хирургии, травматологии, анестезиологии и реаниматологии. Материалы конференции молодых учёных. Российский университет дружбы народов. – М., 2016. – С.19-20.

92. Экспериментальное определение тензора структуры трабекулярной костной ткани / А.А. Киченко, В.М. Тверье, Ю.И. Няшин [и др.] // *Российский Журнал Биомеханики*. – 2011. – Т. 15. – № 4. – С. 78–93.
93. Эндопротезирование тазобедренного сустава при чрезвертельных переломах у пациентов пожилого возраста в стационаре скорой медицинской помощи / А.К. Дулаев, А.Н. Цед, И.Г. Джусоев [и др.] // *Скорая медицинская помощь*. – 2015. – Т. 16. – № 4. – С. 77–79.
94. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентки с чрезвертельным переломом на фоне костного анкилоза / А.В. Шевченко, К.С. Полюшкин, А.В. Нестеренко [и др.] // *Политравма*. – 2021. – № 1. – С. 74–79.
95. Эпидемиология переломов проксимального отдела бедренной кости у городского населения Российской Федерации: результаты многоцентрового исследования / О.Б. Ершова, К.Ю. Белова, М.В. Белов [и др.] // *Материалы научно-практической конференции «Остеопороз – важнейшая мультидисциплинарная проблема здравоохранения XXI века»*. – 2012. – С. 23–27.
96. Ямщиков, О.Н. Применение расчета максимальной допустимой нагрузки на бедренную кость после остеосинтеза / О.Н. Ямщиков, С.А. Емельянов, Н.В. Емельянова // *Политравма*. – 2019. – № 4. – С. 36–41.
97. Ямщиков, О.Н. Современный взгляд на лечение чрезвертельных переломов / О.Н. Ямщиков, С.А. Емельянов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2020. – № 4. – С. 162.
98. A critical review of the long-term disability outcomes following hip fracture / S.M. Dyer, M. Crotty, N. Fairhall [и др.] // *BMC geriatrics*. – 2016. – Т. 16. – № 1. – С. 158.
99. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation / M.E. Charlson, P. Pompei, K.L. Ales, C.R. MacKenzie // *Journal of chronic diseases*. – 1987. – Т. 5. – № 5. – С. 373–383.
100. A Retrospective Study of 98 Elderly Patients with High-Risk Lateral Femoral Wall Intertrochanteric Hip Fractures to Compare Outcomes Following Surgery with Proximal Femoral Nail Antirotation (PFNA) Versus Dynamic Hip Screw (DHS) / Z. Tian, J. Chen, Y. Zhang [и др.] // *Medical Science Monitor*. – 2022. – Т. 28. – С. 1–7
101. Abrahamsen, C. Patients' perspectives on everyday life after hip fracture: A longitudinal interview study / C. Abrahamsen, B. Viberg, B. Nørgaard // *International journal of orthopaedic and trauma nursing*. – 2022. – Т. 44. – С. 100918.
102. Absorbable and non-absorbable cement augmentation in fixation of intertrochanteric femur fractures: systematic review of the literature / S. Namdari, R. Rabinovich, J. Scolaro [и др.] // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. – 2013. – Т. 133. – № 4. – С. 487–494.

103. ACR Appropriateness Criteria Acute Hip Pain—Suspected Fracture / R.J. Ward, B.N. Weissman, M.J. Kransdorf [и др.] // *Journal of the American College of Radiology*. – 2014. – Т. 11. – № 2. – С. 114–120.
104. Analysis of loading to the hip joint in fall using whole-body FE model / Y. Aoshima, S. Murakami, K. Mizuno [и др.] // *Journal of biomechanics*. – 2022. – Т. 142. – С. 111262.
105. Analysis of the Surgical Outcomes in Elderly Patients with Hip Fractures Combined with Hemiplegia / J. Wang, H. Luo, Q. Wang [и др.] // *Clinical interventions in aging*. – 2022. – Т. 17. – С. 1093–1098.
106. Anil, G. Radiology of Osteoporosis / G. Anil, G. Guglielmi, W.C.G. Peh // *Radiologic Clinics of North America*. – 2010. – Т. 48. – № 3. – С. 497–518.
107. Antirotation proximal femoral nail versus dynamic hip screw for intertrochanteric fractures: A meta-analysis of randomized controlled studies / L. Shen, Y. Zhang, Y. Shen [и др.] // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. – 2013. – Т. 99. – № 4. – С. 377–383.
108. AO/OTA Fracture and dislocation classification compendium - 2018 / J.F. Kellam, E.G. Meinberg, J. Agel [и др.] // *Journal of Orthopaedic Trauma*. – 2018. – № 1. – С. 1–173.
109. Assessing cognitive changes in the elderly: reliable change indices for the Mini-Mental State Examination / J. Stein, M. Lippa, W. Maier [и др.] // *Acta psychiatrica Scandinavica*. – 2012. – Т. 126. – № 3. – С. 208–218.
110. В Braun Aesculap Orthopaedics Targon ® PF intramedullary Nail for Proximal Femoral Fractures [электронный ресурс]. – URL: <https://www.bbraun.com.my/en/products/b/proximal-femur-targonpf.html> (дата обращения: 12.01.2016 г.).
111. Bhandari, M. Management of Acute Hip Fracture / M. Bhandari, M. Swiontkowski // *The New England journal of medicine*. – 2017. – Т. 377. – № 21. – С. 2053–2062.
112. Biomechanical comparison of fracture site stabilities of femur nails after fracture site resorption / A.A. Karaarslan, N. Acar, H. Aycan [и др.] // *Acta Orthopaedica Belgica*. – 2019. – Т. 85. – № 2. – С. 218–223.
113. Biomechanical effect of bone cement augmentation on rotational stability and pull-out strength of the Proximal Femur Nail Antirotation / S. Erhart, W. Schmoelz, M. Blauth [и др.] // *Injury*. – 2011. – Т. 42. – № 11. – С.1322–1327.
114. Brinckmann, P. Musculoskeletal Biomechanics / L.G. Brinckmann P., Frobin W. – New York: Thieme New York, 2002. – 69–84 с.
115. Calcar Femorale in Patients with Osteoarthritis of the Hip Secondary to Developmental Dysplasia / T. Tetsunaga, K. Fujiwara, H. Endo [и др.] // *Clinics in orthopedic surgery*. – 2017. – Т. 9. – № 4. – С. 413–419.

116. Capsular ligaments of the hip: anatomic, histologic, and positional study in cadaveric specimens with MR arthrography / F.V. Wagner, J.R. Negrão, J. Campos [и др.] // *Radiology*. – 2012. – Т. 263. – № 1. – С. 189–198.
117. Cement augmentation of the proximal femoral nail antirotation for the treatment of two intertrochanteric fractures - a comparative finite element study / L. Zheng, X. Chen, Y. Zheng [и др.] // *BMC musculoskeletal disorders*. – 2021. – Т. 22. – № 1. – С. 1010.
118. Çepni, S.K. A simple minimally invasive technique providing anterior and medial reduction in intertrochanteric femur fractures: a case-control study / S.K. Çepni // *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery*. – 2022. – Т. 28. – № 9. – С. 1328–1334.
119. Clinical comparison of the second and third generation of intramedullary devices for trochanteric fractures of the hip--Blade vs screw / A. Lenich, H. Vester, M. Nerlich [и др.] // *Injury*. – 2010. – Т. 41. – № 12. – С. 1292–1296.
120. Clinical results of trochanteric fractures treated with the TARGON® proximal femur intramedullary nailing fixation system / Y. Kawatani, K. Nishida, Y. Anraku [и др.] // *Injury*. – 2011. – Т. 42. – № 4. – С. 22-27.
121. Common complications in hip fracture surgery: Tips/tricks and solutions to avoid them / T.H. Tosounidis, R. Castillo, N.K. Kanakaris [и др.] // *Injury*. – 2015. – Т. 46. – С. 3–11.
122. Comparison of a twin interlocking derotation and compression screw cephalomedullary nail (InterTAN) with a single screw derotation cephalomedullary nail (proximal femoral nail antirotation): a systematic review and meta-analysis for intertrochanteric frac / L. Nherera, P. Trueman, A. Horner [и др.] // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. – 2018. – Т. 13. – № 1. – С. 46
123. Comparison of clinical outcomes with proximal femoral nail anti-rotation versus bipolar hemiarthroplasty for the treatment of elderly unstable comminuted intertrochanteric fractures / Q.C. Song, S.J. Dang, Y. Zhao [и др.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2022. – Т. 23. – № 1. – С. 1–7
124. Comparison of intramedullary fixation and arthroplasty for the treatment of intertrochanteric hip fractures in the elderly / B. Nie, D. Wu, Z. Yang [и др.] // *Medicine (United States)*. – 2017. – Т. 96. – № 27. – С. 7446.
125. Complications After Hip Nailing for Fractures / A.F. Mavrogenis, G.N. Panagopoulos, P.D. Megaloikonomos [и др.] // *Orthopedics*. – 2016. – Т. 39. – № 1. – С.108–116.
126. Complications and fixation techniques of trochanteric fractures with the TARGON(®) PF / N. Takigawa, H. Moriuchi, M. Abe [и др.] // *Injury*. – 2014. – Т. 45. – № 1. – С. 44-48.
127. Complications of hip fractures: A review / P. Carpintero, J.R. Caeiro, R. Carpintero R. [и др.] // *World journal of orthopedics*. – 2014. – Т. 5. – № 4. – С. 402–411.

128. Critical factors in cut-out complication after gamma nail treatment of proximal femoral fractures / A.J. Bojan, C. Beimel, G. Taglang [и др.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2013. – Т. 14. – № 1. – С. 1.
129. CT-based finite element models can be used to estimate experimentally measured failure loads in the proximal femur / J.E.M. Koivumäki, J. Thevenot, P. Pulkkinen [и др.] // *Bone*. – 2012. – Т. 50. – № 4. – С. 824–829.
130. Demographic and clinical profile of patients treated with proximal femoral nails – a 10-year analysis of more than 40,000 Cases / C.G. Finkemeier, C.E. Holy, J.W. Ruppenkamp [и др.] // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2022. – Т. 23. – № 1. – С. 1–9.
131. Diagnosis and Management of Hip Abductor Insufficiency / S.E. Marcaccio, J.M. Babu, K. Shah [и др.] // *Rhode Island medical journal (2013)*. – 2018. – Т. 101. – № 10. – С. 46–50.
132. Does bone compaction around the helical blade of a proximal femoral nail anti-rotation (PFNA) decrease the risk of cut-out? / J.M. Goffin, P. Pankaj, A.H. Simpson [и др.] // *Bone & Joint Research*. – 2013. – Т. 2. – № 5. – С. 79–83.
133. Dyussenbayev, A. Age periods of human life / A. Dyussenbayev // *Advances in Social Sciences Research Journal*. – 2017. – Т. 4. – № 6. DOI: <https://doi.org/10.14738/assrj.46.2924>.
134. Early weight bearing after lower extremity fractures in adults / E.N. Kubiak, M.J. Beebe, K. North [и др.] // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2012. – Т. 21. – № 12. – С. 727–738.
135. Epidemiology of hip fractures / K. Rapp, G. Büchele, K. Dreinhöfer [и др.] // *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*. – 2019. – Т. 52. – № 1. – С. 10–16.
136. Falaschi, P. Orthogeriatrics: The Management of Older Patients with Fragility Fractures / P. Falaschi, D. Marsh. – 2-е изд. – Cham: Springer, 2021. – 357 с. – ISSN 2509-6079.
137. Fan, J. The lateral femoral wall thickness on the risk of post-operative lateral wall fracture in intertrochanteric fracture after DHS fixation: A finite element analysis / J. Fan, X. Xu, F. Zhou // *Injury*. – 2022. – Т. 53. – № 2. – С. 346–352.
138. Fan, S. Observation of bony resorption during scaphoid fracture healing: a case series / S. Fan, N. Suh, R. Grewal // *Journal of Hand Surgery: European Volume*. – 2020. – Т. 45. – № 8. – С. 874–876.
139. Femoral offset: Anatomical concept, definition, assessment, implications for preoperative templating and hip arthroplasty / G. Lecerf, M.H. Fessy, R. Philippot [и др.] // *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research*. – 2009. – Т. 95. – № 3. – С. 210–219.
140. Femoral Shortening After Surgical Treatment of Trochanteric Fractures in Nongeriatric Patients / P. Platzer, G. Thalhammer, G.E. Wozasek [и др.] // *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. – 2008. – Т. 64. – № 4. – С. 982–989.

141. Femoral strength and strains in sideways fall: Validation of finite element models against bilateral strain measurements / J. Kok, L. Grassi, A. Gustafsson [и др.] // *Journal of biomechanics*. – 2021. – Т. 122. – С. 110445.
142. Filiatreault, S. An umbrella review of clinical practice guidelines for the management of patients with hip fractures and a synthesis of recommendations for the pre-operative period / S. Filiatreault, M. Hodgins, R. Witherspoon // *Journal of Advanced Nursing*. – 2018. – Т. 74. – № 6. – С. 1278–1288.
143. Finite element analysis and CT-based structural rigidity analysis to assess failure load in bones with simulated lytic defects / L. Anez-Bustillos, L.C. Derikx, N. Verdonschot [и др.] // *Bone*. – 2014. – Т. 58. – С. 160–167.
144. Finite element analysis modelling of proximal femoral fractures, including post-fixation periprosthetic fractures / S. Noor, C. Pridham, T. Fawcett [и др.] // *Injury*. – 2013. – Т. 44. – № 6. – С.791–795.
145. Finite Element Analysis of Proximal Femur Bionic Nail (PFBN) Compared with Proximal Femoral Nail Antirotation and InterTan in Treatment of Intertrochanteric Fractures / Y. Wang, W. Chen, L. Zhang [и др.] // *Orthopaedic surgery*. – 2022. – Т. 14. – № 9. – С. 2245–2255.
146. Finite element analysis of two cephalomedullary nails in treatment of elderly reverse obliquity intertrochanteric fractures: zimmer natural nail and proximal femoral nail antirotation-II / J. Chen, J.-X. Ma, Y. Wang [и др.] // *Journal of orthopaedic surgery and research*. – 2019. – Т. 14. – № 1. – С. 422.
147. Fragility fractures of the proximal femur: review and update for radiologists / K.K. Kani, J.A. Porrino, H. Mulcahy [и др.] // *Skeletal Radiology*. – 2019. – Т. 48. – № 1. – С. 29–45.
148. Frailty in elderly people / A. Clegg, J. Young, S. Iliffe S. [и др.] // *Lancet (London, England)*. – 2013. – Т. 381 (9868). – С. 752–762.
149. Gluteus medius muscle pathologies - A case series / A. Saad, E. McLoughlin, S S. Kalia [и др.] // *Journal of orthopaedics*. – 2020. – Т. 21. – С. 270–274.
150. Grigoryan, K.V. Orthogeriatric Care Models and Outcomes in Hip Fracture Patients / K.V. Grigoryan, H. Javedan, J.L. Rudolph J.L. // *Journal of Orthopaedic Trauma*. – 2014. – Т. 28. – № 3. – С.49–55.
151. Guideline for the management of hip fractures 2020: Guideline by the Association of Anaesthetists / R. Griffiths, S. Babu, P. Dixon P. [и др.] // *Anaesthesia*. – 2021. – Т. 76. – № 2. – С.225–237.
152. Gullberg, B. World-wide Projections for Hip Fracture / B. Gullberg, O. Johnell, J.A. Kanis // *Osteoporosis International*. – 1997. – Т. 7. – № 5. – С.407–413.
153. Guo, L. [Minimal invasion and closed reduction with external fixation for elderly femoral intertrochanteric fracture] / L. Guo, S. Fan // *Zhongguo gu shang = China journal of orthopaedics and traumatology*. – 2015. – Т. 28. – № 11. – С.1048–1052.

154. Hazrati Marangalou, J. A new approach to determine the accuracy of morphology-elasticity relationships in continuum FE analyses of human proximal femur / J. Hazrati Marangalou, K. Ito, B. van Rietbergen // *Journal of biomechanics*. – 2012. – Т. 45. – № 16. – С. 2884–2892.
155. Helical Blade Versus Screw Fixation in the Treatment of Hip Fractures With Cephalomedullary Devices: Incidence of Failure and Atypical "Medial Cutout" / T. Chapman, B. Zmistowski, J. Krieg [и др.] // *Journal of orthopaedic trauma*. – 2018. – Т. 32. – № 8. – С. 397–402.
156. Hip contact forces and gait patterns from routine activities / G. Bergmann, G. Deuretzbacher, Heller M. [и др.] // *Journal of biomechanics*. – 2001. – Т. 7. – № 7. – С. 859–871.
157. [Hip fracture in the elderly: epidemiology and costs of care] / B.A. Pech-Ciau, E.A. Lima-Martínez, G.A Espinosa-Cruz. [и др.] // *Acta ortopedica mexicana*. – 2021. – Т. 35. – № 4. – С. 341–347.
158. Huang, C.-G. [Comparison of three methods for the treatment of aged femoral intertrochanteric fracture] / C.-G. Huang, J.-J. Ye // *Zhongguo gu shang = China journal of orthopaedics and traumatology*. – 2012. – Т. 25. – № 7. – С. 549–553.
159. Huang, J.-W. Early prediction of implant failures in geriatric intertrochanteric fractures with single-screw cephalomedullary nailing fixation / J.-W. Huang, X.-S. Gao, Y.-F. Yang // *Injury*. – 2022. – Т. 53. – № 2. – С. 576–583.
160. Identification of preoperative factors and postoperative outcomes in relation to delays in surgery for hip fractures / B. Fluck, K. Yeong, R. Lisk [и др.] // *Clinical medicine (London, England)*. – 2022. – Т. 22. – № 4. – С. 313–319.
161. Impact of timing of surgery in elderly hip fracture patients: a systematic review and meta-analysis / T. Klestil, C. Röder, C. Stotter [и др.] // *Scientific reports*. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 13933.
162. Inability of older adult patients with hip fracture to maintain postoperative weight-bearing restrictions / C. Kammerlander, D. Pfeufer, L.A. Lisitano [и др.] // *Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume*. – 2018. – Т. 100. – № 11. – С. 936–941.
163. Indrayan, A. Reporting of Basic Statistical Methods in Biomedical Journals: Improved SAMPL Guidelines / A. Indrayan // *Indian pediatrics*. – 2020. – Т. 57. – № 1. – С. 43–48.
164. Inferior outcome after unstable trochanteric fracture patterns compared to stable fractures in the elderly / J. Gleich, C. Neuerburg, C. Linhart [и др.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2021. – Т. 10. – № 2. – С. 1–9.
165. Influence of Fracture Stability on Early Patient Mortality and Reoperation After Pertrochanteric and Intertrochanteric Hip Fractures / M.J. Chehade, T. Carbone, D. Awwad [и др.] // *Journal of orthopaedic trauma*. – 2015. – Т. 29. – № 12. – С. 538–543.

166. Influence of mobilization and weight bearing on in-hospital outcome in geriatric patients with hip fractures / M. Baer, V. Neuhaus, H.C. Pape [и др.] // SICOT-J. – 2019. – № 5. – С. 4.
167. Internal fixation of intertrochanteric hip fractures: a clinical comparison of two implant designs / R. Tao, Y. Lu, H. Xu [и др.] // The Scientific World Journal. – 2013. – Т. 2013. – С. 834-825.
168. INTERTAN nail versus proximal femoral nail antirotation-Asia for intertrochanteric femur fractures in elderly patients with primary osteoporosis / H. Zhang, X. Zeng, N. Zhang [и др.] // Journal of International Medical Research. – 2017. – Т. 45. – № 4. – С. 1297–1309.
169. InterTan nail versus Proximal Femoral Nail Antirotation-Asia in the treatment of unstable trochanteric fractures / S. Zhang, K. Zhang, Y. Jia [и др.] // Orthopedics. – 2013. – Т. 36. – № 3. – С. 288-294.
170. Intracortical remodelling and porosity in the distal radius and post-mortem femurs of women: a cross-sectional study / R.M.D. Zebaze, A. Ghasem-Zadeh, A. Bohte [и др.] // Lancet (London, England). – 2010. – Т. 9727. – № 375. – С. 1729–1736.
171. Is helical blade nailing superior to locked minimally invasive plating in unstable pertrochanteric fractures? / M. Knobe, W. Drescher, N. Heussen [и др.] // Clinical orthopaedics and related research. – 2012. – Т. 470. – № 8. – С. 2302–2312.
172. Jawad, M.J. Evaluation of using PFN (proximal femoral nailing) in treatment of unstable intertrochanteric fractures in elderly patients / M.J. Jawad // JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association. – 2021. – Т. 71. – № 8. – С. 179–184.
173. Knight, S.R. The Value of Systematic Reviews and Meta-Analyses in Surgery / S.R. Knight // European Surgical Research. – 2021. – Т. 62. – № 4. – С. 221-228.
174. Kohn, M.D. Classifications in Brief: Kellgren-Lawrence Classification of Osteoarthritis / M.D. Kohn, A.A. Sassoon, N.D. Fernando // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 2016. – Т. 474. – № 8. – С. 1886–1893.
175. Local Postoperative Complications after Surgery for Intertrochanteric Fractures Using Cephalomedullary Nails / K.-H. Kim, K.Y. Han, K.W. Kim [и др.] // Hip & pelvis. – 2018. – Т. 30. – № 3. – С. 168–174.
176. Lower limb biomechanics in femoroacetabular impingement syndrome: a systematic review and meta-analysis / M.G. King, P.R. Lawrenson, A.I. Semciw [и др.] // British journal of sports medicine. – 2018. – Т. 52. – № 9. – С. 566–580.
177. Lu, Y. Hip Fractures: Relevant Anatomy, Classification, and Biomechanics of Fracture and Fixation / Y. Lu, H.S. Uppal // Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation. – 2019. – Т. 10. – С.1–10.

178. Management of proximal femur fractures in the elderly: current concepts and treatment options / H. Fischer, T. Maleitzke, C. Eder [и др.] // *European journal of medical research*. – 2021. – Т. 26. – № 1. – С. 86.
179. Mattisson, L. Epidemiology, treatment and mortality of trochanteric and subtrochanteric hip fractures: Data from the Swedish fracture register / L. Mattisson, A. Bojan, A. Enocson // *BMC Musculoskeletal Disorders*. – 2018. – Т. 19. – № 1. – С. 1–8.
180. Matullo, K.S. Review of Lower Extremity Traction in Current Orthopaedic Trauma / K.S. Matullo, A. Gangavalli, C. Nwachuku C. // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2016. – Т. 24. – № 9. – С.600–606.
181. Mears, S.C. A Guide to Improving the Care of Patients with Fragility Fractures, Edition 2 / S.C. Mears, S.L. Kates // *Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation*. – 2015. – Т. 6. – № 2. – С. 58–120.
182. Mears, S.C. Classification and Surgical Approaches to Hip Fractures for Nonsurgeons / S.C. Mears // *Clinics in Geriatric Medicine*. – 2014. – Т. 30. – № 2. – С. 229–241.
183. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP) / G.A. Hawker, S. Mian, T. Kendzerska T. [и др.] // *Arthritis care & research*. – 2011. – Т. 63 – С. 240-252.
184. Medial support nail and proximal femoral nail antirotation in the treatment of reverse obliquity intertrochanteric fractures (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesfragen/Orthopedic Trauma Association 31-A3.1): a finite-element analysis / S.-B. Nie, Y.-P. Zhao, J.-T. Li [и др.] // *Chinese medical journal*. – 2020. – Т. 133. – № 22. – С. 2682–2687.
185. Miclau, T. Hip Fracture Management: Global Approaches and Systems / T. Miclau // *OTA International: The Open Access Journal of Orthopaedic Trauma*. – 2020. – Т. 3. – № 1. – С. 69.
186. Migration of the Lag Screw after Intramedullary Treatment of AO/OTA 31.A2.1-3 Pertrochanteric Fractures Does Not Result in Higher Incidence of Cut-Outs, Regardless of Which Implant Was Used: A Comparison of Gamma Nail with and without U-Blade (RC) Lag Screw and Proximal Femur Nail Antirotation (PFNA) / N.W. Lang, R. Breuer, H. Beiglboeck [и др.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2019. – Т. 8. – № 5. – С.615.
187. Mittal, R. Proximal femoral fractures: Principles of management and review of literature / R. Mittal, S. Banerjee S. // *Journal of clinical orthopaedics and trauma*. – 2012. – Т. 3. – № 1. – С.15–23.

188. Multicenter Randomized Control Trial Comparing a Novel Intramedullary Device (InterTAN) Versus Conventional Treatment (Sliding Hip Screw) of Geriatric Hip Fractures / D. Sanders, D. Bryant, C. Tieszer [и др.] // *Journal of orthopaedic trauma*. – 2017. – Т. 31. – № 1. – С. 1–8.
189. Munckhof, S. van den. How accurately can we predict the fracture load of the proximal femur using finite element models? / S. van den Munckhof, A.A. Zadpoor // *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. – 2014. – Т. 29. – № 4. – С. 373–380.
190. Murray, J.N. The American Academy of Orthopaedic Surgeons appropriate use criteria for management of hip fractures in the elderly / J.N. Murray, R. Pezold // *Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume*. – 2016. – Т. 98. – № 14. – С. 1222–1225.
191. National Institute of Health and Care Excellence, Hip fracture: management. NICE. Clinical Guideline [электронный ресурс]. – URL: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg124> (дата обращения 08.09.2021 г.).
192. Neumann, D.A. Kinesiology of the hip: A focus on muscular actions / D.A. Neumann // *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. – 2010. – Т. 40. – № 2. – С. 82–94.
193. Ng, K.C.G. Hip Joint Capsular Anatomy, Mechanics, and Surgical Management / K.C.G Ng., J.R.T. Jeffers, P.E. Beaulé // *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. – 2019. – Т. 101. – № 23. – С. 2141–2151.
194. Nilsson, A. Measures of hip function and symptoms: Harris Hip Score (HHS), Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS), Oxford Hip Score (OHS), Lequesne Index of Severity for Osteoarthritis of the Hip (LISOH), and American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS) Hip and Knee Questionnaire / A. Nilsson, A. Bremander // *Arthritis care & research*. – 2011. – Т. 63. – № 11. – С. 200–207.
195. Nordin, M. Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System / M. Nordin, V.H. Frankel. – 3-е изд. – Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2001. – 203–221 с.
196. Orthogeriatric care: improving patient outcomes / F.J. Tarazona-Santabalbina, Á. Belenguier-Varea, E. Rovira [и др.] // *Clinical interventions in aging*. – 2016. – Т. 11. – С. 843–856.
197. Predictive factors associated with thirty-day mortality in geriatric patients with hip fractures / M. Kavak, S. Oğuz, Z. Akkoyun [и др.] // *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. – 2022. – Т. 56. – № 4. – С. 240–244.
198. Predictors of cut-out after cephalomedullary nail fixation of pertrochanteric fractures: a retrospective study of 813 patients / L. Murena, A. Moretti, F. Meo [и др.] // *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. – 2018. – № 138. – С. 351–359.

199. Prevention of excessive medialisation of trochanteric fracture by a buttress screw: a novel method and finite element analysis / B. Mahaisavariya, N. Chantarapanich, K. Riansuwan [и др.] // *Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmaihet thangphaet*. – 2014. – Т. 97. – № 9. – С. 127-132.
200. Proximal femoral fractures: What the orthopedic surgeon wants to know / S.E. Sheehan, J.Y. Shyu, M.J. Weaver [и др.] // *Radiographics*. – 2015. – Т. 35. – № 5. – С. 1563–1584.
201. Proximal femoral nails antirotation, Gamma nails, and dynamic hip screws for fixation of intertrochanteric fractures of femur: A meta-analysis / K.-L. Ma, X. Wang, F.-J. Luan [и др.] // *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR*. – 2014. – Т. 100. – № 8. – С. 859–866.
202. Quality indicators for hip fracture care, a systematic review / S.C. Voeten, P. Krijnen, D.M. Voeten [и др.] // *Osteoporosis International*. – 2018. – Т. 29. – № 9. – С. 1963–1985.
203. Radiographic Review of Helical Blade Versus Lag Screw Fixation for Cephalomedullary Nailing of Low-Energy Peritrochanteric Femur Fractures: There is a Difference in Cutout / L.C. Stern, J.T. Gorczyca, S. Kates [и др.] // *Journal of orthopaedic trauma*. – 2017. – Т. 31. – № 3. – С. 305–310.
204. Reliability and validity of the Medical Research Council (MRC) scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy / T. Paternostro-Sluga, M. Grim-Stieger, M. Posch [и др.] // *Journal of Rehabilitation Medicine*. – 2008. – Т. 40. – № 8. – С. 665–671.
205. Reliability of hip muscle strength measured in principal and intermediate planes of movement / B.A.M. Goncalves, D.J. Saxby, A. Kositsky [и др.] // *Peer J*. – 2021. – Т. 9. – С. e11521.
206. Reliability of the classification of proximal femur fractures: Does clinical experience matter? / T.J. Crijns, S.J. Janssen, J.T. Davis [и др.] // *Injury*. – 2018. – Т. 49. – № 4. – С. 819–823.
207. Ries, M.D. Relationship Between Functional Anatomy of the Hip and Surgical Approaches in Total Hip Arthroplasty / M.D. Ries // *Orthopedics*. – 2019. – Т. 42. – № 4. – С. 356–363.
208. Risk of proximal femoral nail antirotation (PFNA) implant failure upon different lateral femoral wall thickness in intertrochanteric fracture: a finite element analysis / L. Zheng, D.W.-C. Wong, X. Chen. [и др.] // *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 512–520.
209. Sarai, T. Dynamic Finite Element Analysis of Impulsive Stress Waves Propagating from the Greater Trochanter of the Femur by a Sideways Fall / T. Sarai, A. Tokumoto // *Acta medica Okayama*. – 2015. – Т. 69. – № 3. – С. 165–171.
210. Selection of appropriate statistical methods for data analysis / P. Mishra, C.M. Pandey, U. Singh [и др.] // *Annals of cardiac anaesthesia*. – 2019. – Т. 22. – № 3. – С. 297–301.
211. Selection of internal fixation method for femoral intertrochanteric fractures using a finite element method / J.X. Mu, S.Y. Xiang, Q.Y. Ma [и др.] // *World Journal of Clinical Cases*. – 2021. – Т. 9. – № 22. – С. 6343–6356.

212. Shih, K.-S. A biomechanical investigation of the effects of static fixation and dynamization after interlocking femoral nailing: a finite element study / K.-S. Shih, C.-C. Hsu, T.-P. Hsu // *The journal of trauma and acute care surgery*. – 2012. – Т. 72. – № 2. – С. 46-53.
213. Skin traction and placebo effect in the preoperative pain control of patients with collum and intertrochanteric femur fractures / B. Saygi, K. Ozkan, E. Eceviz [и др.] // *Bulletin of the NYU hospital for joint diseases*. – 2010. – Т. 68. – № 1. – С. 15–17.
214. Stops, A. Computational modelling of the natural hip: A review of finite element and multibody simulations / A. Stops, R. Wilcox, Z. Jin // *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. – 2012. – Т. 15. – № 9. – С. 963–979.
215. Subject-specific FE models of the human femur predict fracture path and bone strength under single-leg-stance loading / A. Gustafsson, M. Tognini, F. Bengtsson [и др.] // *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. – 2021. – Т. 113. – С. 104118.
216. Synthes PFN – Proximal Femoral Nail - Surgical Technique [электронный ресурс]. – URL: <https://osteosyntese.dk/PROXIMAL%20FEMORAL%20NAIL%20PFN.pdf> (дата обращения 15.06.2016 г.).
217. Systematic review and meta-analysis of gait mechanics in young and older adults / K.A. Boyer, R.T. Johnson, J.J. Banks [и др.] // *Experimental gerontology*. – 2017. – Т. 95. – С. 63–70.
218. The American Academy of Orthopaedic Surgeons Evidence-Based Guideline on Management of Hip Fractures in the Elderly / W.T. Brox, K.C. Roberts, S. Taksali [и др.] // *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. – 2015. – Т. 97. – № 14. – С. 1196–1199.
219. The DASH Outcome Measure User’s Manual / S. Solway, D.E. Beaton, S. McConnell, C. Bombardier. – 2-е изд. – Toronto, Ontario: Institute for Work & Health, 2002. – 23 с.
220. The effect of postoperative weight-bearing status on mortality rate following proximal femoral fractures surgery / R. Atzmon, M. Drexler, N. Ohana [и др.] // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. – 2021. – DOI: [org/10.1007/s00402-020-03721-y](https://doi.org/10.1007/s00402-020-03721-y).
221. The Effect on the Fracture Healing following Femoral Neck Shortening after Osteoporotic Femoral Neck Fracture Treated with Internal Fixation: Finite Element Analysis / X. Yu, P.-Z. Rong, Q.-J. Pang [и др.] // *BioMed research international*. – 2021. – Т. 2021. – С. 3490881.
222. The efficacy and safety of fast-track surgery (FTS) in patients after hip fracture surgery: a meta-analysis / M. Jiang, S. Liu, H. Deng [и др.] // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. – 2021. – Т. 16. – № 1. – С. 1–24.
223. The hip prosthesis in lateral femur fracture: current concepts and surgical technique / S. Giannotti, V. Bottai, G. Dell’Osso [и др.] // *Clinical cases in mineral and bone metabolism: the official journal of the*

- Italian Society of Osteoporosis, Mineral Metabolism, and Skeletal Diseases. – 2014. – Т. 11. – № 3. – С. 196–200.
224. The Human Pelvis: Variation in Structure and Function During Gait / C.L. Lewis, N.M. Laudicina, A. Khuu [и др.] // *Anatomical record* (Hoboken, N.J.: 2007). – 2017. – Т. 300. – № 4. – С. 633–642.
225. The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of peritrochanteric fractures of the hip / M.R. Baumgaertner, S.L. Curtin, D.M. Lindskog [и др.] // *The Journal of Bone & Joint Surgery*. – 1995. – Т. 77. – № 7. – С. 1058–1064.
226. Three-dimensional finite element analysis of intramedullary nail with different materials in the treatment of intertrochanteric fractures / C. Wang, X. Li, W. Chen [и др.] // *Injury*. – 2021. – Т. 52. – № 4. – С. 705–712.
227. Tip-apex distance, hip screw placement, and neck shaft angle as potential risk factors for cut-out failure of hip screws after surgical treatment of intertrochanteric fractures / H. Andruszkow, M. Frink, C. Frömke [и др.] // *International orthopaedics*. – 2012. – Т. 36. – № 11. – С. 2347–2354.
228. Titanium Alloy Gamma Nail versus Biodegradable Magnesium Alloy Bionic Gamma Nail for Treating Intertrochanteric Fractures: A Finite Element Analysis / M. Li, K. Zhao, K. Ding [и др.] // *Orthopaedic surgery*. – 2021. – Т. 13. – № 5. – С. 1513–1520.
229. Torres, D. Biostatistics: essential concepts for the clinician / D. Torres, D. Normando // *Dental press journal of orthodontics*. – 2021. – Т. 26. – № 1. – С. 21.
230. [Trochanteric femoral fractures] / P. Douša, O. Čech, M. Weissinger M. [и др.] // *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca*. – 2013. – Т. 80. – № 1. – С. 15–26.
231. Turner, D.P. Overview of Common Statistical Tests and their Assumptions / D.P. Turner, H. Deng // *Headache*. – 2020. – Т. 60. – № 5. – С. 826–832.
232. Understanding the literature: Complexity of statistical methods used in high-impact cardiothoracic surgery research / M. Gritti, A. Jegatheeswaran, D. Yissar [и др.] // *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. – 2022. – Т. 163. – № 3. – С. 1116–1124.
233. [Unstable peritrochanteric femur fractures. Failure rate, lag screw sliding and outcome with extra- and intramedullary devices (PCCP, DHS and PFN)] / M. Knobe, R. Munker, R.M. Sellei [и др.] // *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. – 2009. – Т. 147. – № 3. – С. 306–313.
234. Use of GRADE for assessment of evidence about prognosis: rating confidence in estimates of event rates in broad categories of patients / A. Iorio, F.A. Spencer, M. Falavigna [и др.] // *BMJ (Clinical research ed.)*. – 2015. – Т. 350. – С. 870.
235. Validation of a parametric finite element human femur model / K.F. Klein, J. Hu, M.P. Reed [и др.] // *Traffic injury prevention*. – 2017. – Т. 18. – № 4. – С. 420–426.

236. Veronese, N. Epidemiology and social costs of hip fracture / N. Veronese, S. Maggi // *Injury*. – 2018. – Т. 49. – № 8. – С. 1458–1460.
237. Weber, A.E. Hip Abductor and Peritrochanteric Space Conditions / A.E. Weber, J.A. Bell, I.K. Bolia // *Clinics in sports medicine*. – 2021. – Т. 40. – № 2. – С. 311–322.
238. Weight bearing in patients with femoral neck fractures compared to pertrochanteric fractures: A postoperative gait analysis / D. Pfeufer, C. Grabmann, S. Mehaffey [и др.] // *Injury*. – 2019. – Т. 50. – № 7. – С. 1324–1328.
239. Weight-bearing recommendations after operative fracture treatment—fact or fiction? Gait results with and feasibility of a dynamic, continuous pedobarography insole / B.J. Braun, N.T. Veith, M. Rollmann [и др.] // *International Orthopaedics*. – 2017. – Т. 41. – № 8. – С. 1507–1512.
240. Weight-bearing restrictions reduce postoperative mobility in elderly hip fracture patients / D. Pfeufer, A. Zeller, S. Mehaffey [и др.] // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. – 2019. – Т. 139. – № 9. – С. 1253–1259.
241. What makes an intertrochanteric fracture unstable in 2015? Does the lateral wall play a role in the decision matrix? / A.A. Tawari, H. Kempegowda, M. Suk [и др.] // *Journal of orthopaedic trauma*. – 2015. – Т. 29. – № 4. – С. 4-9.
242. Yam, M. Rewriting the tip apex distance for the proximal femoral nail anti-rotation / M. Yam, A. Chawla, E. Kwek // *Injury*. – 2017. – Т. 48. – № 8. – С. 1843–1847.
243. Yu, Y. Determination of risk factors of postoperative pneumonia in elderly patients with hip fracture: What can we do? / Y. Yu, P. Zheng // *PloS one*. – 2022. – Т. 17. – № 8. – С. e0273350. DOI: 10.1371/journal.pone.0273350.
244. Zarattini, G. Osteosynthesis and hip replacement in proximal femur fractures / G. Zarattini // *Aging Clinical and Experimental Research*. – 2013. – Т. 25. – № 1. – С. 55–58.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Шкала MMSE (Mini-mental State Examination) для оценки когнитивных нарушений [109]

Когнитивная сфера	Оценка в баллах
Ориентация во времени (назовите год, время года, месяц, число, день недели)	0 – 5
Ориентация в пространстве (где мы находимся: страна, регион, город, больница, этаж)	0 – 5
Восприятие: повторение трех слов – яблоко, дом, монета	0 – 3
Концентрация внимания и счет: серийный счет – от ста отнять по 7 пять раз или скажите слово «земля» наоборот	0 – 5
Память: вспомните три слова (см. пункт 3)	0 – 3
Речевые функции:	
а. Назовите предмет (ручка, часы)	0 – 2
б. Повторение сложного предложения («Никаких если, и или но»)	0 – 1
в. Трехэтапная команда («Возьмите лист бумаги правой рукой, сложите вдвое и положите на стол»)	0 – 3
г. Прочтите и выполните: «Закройте глаза»	0 – 1
д. Напишите предложение под диктовку	0 – 1
е. Срисуйте картинку (два пересекающиеся пятиугольника)	0 – 1
Общий балл	0 – 30

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Шкала Харриса для количественной оценки восстановления функции тазобедренного сустава

Параметры		Характеристики	Баллы	
Боль	Боль	Отсутствует	44	
		Слабая	40	
		Умеренная (временами)	30	
		Умеренная	20	
		Сильная	10	
		Невыносимая	0	
Функция	Хромота	Отсутствует	11	
		Слабая	8	
		Умеренная	5	
			Сильная	0
	Дополнительная опора	Отсутствует	11	
		Трость на длительное расстояние	7	
		Трость	5	
		Один костыль	3	
		Две трости	2	
		Два костыля	0	
Ходьба на расстояние	Без ограничения	11		
	6 кварталов	8		
	3 квартала	5		
	Внутри квартиры	2		
	Не способен ходить	0		
Функция	Одевание обуви и носков	Легко одевает	4	
		С трудом	2	
		Невозможно	0	
	Способность сидеть	В любом кресле 1 час	4	
		В высоком кресле	2	
		Невозможно сидеть	0	
	Общественный транспорт	Может пользоваться	2	
		Не может пользоваться	0	
Поднятие по лестнице	Шаг за шагом без поручней	4		
	Шаг за шагом, держась за поручни	2		
	С трудом поднимая одну ногу и ставя рядом другую	1		
	Невозможно	0		

Продолжение Таблицы Б.1

Деформация	Фиксированное приведение	Меньше 10° Больше 10°	1 0
	Фиксированная внутренняя ротация при полном разгибании	Меньше 10° Больше 10°	1 0
	Сгибательная контрактура	Меньше 15° Больше 15°	1 0
	Изменение длины конечности (разница со второй ногой)	Меньше 3 см Больше 3 см	1 0
Амплитуда движений	Сгибание	Больше 90° Меньше 90°	1 0
	Отведение	Больше 15° Меньше 15°	1 0
	Приведение	Больше 15° Меньше 15°	1 0
	Наружная ротация	Больше 30° Меньше 30°	1 0
	Внутренняя ротация	Больше 15° Меньше 15°	1 0
Всего баллов по шкале			
	РЕЗУЛЬТАТ ОЦЕНКИ	Отличный Хороший Удовлетворительный Неудовлетворительный	90-100 80-89 70-79 <70