

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи



ЛУЧШЕВ МАТВЕЙ ДМИТРИЕВИЧ

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЬЮ ФРАЙБЕРГА-
КЕЛЕРА IV–V СТАДИЙ

3.1.8 - Травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук,
Пахомов Игорь Анатольевич

Новосибирск – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Историческая справка, определения и термины	10
1.2 Особенности патогенеза болезни Фрайберга-Келера.....	11
1.3 Обследование пациентов с болезнью Фрайберга–Келера	14
1.4 Лечение пациентов с болезнью Фрайберга-Келера.....	18
1.4.1 Паллиативные методы хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера	19
1.4.2 «Сустав-разрушающие» методы хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера.....	21
1.4.3 «Сустав-сберегающие» методы хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера.....	24
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	34
2.1 Дизайн исследования	34
2.2 Ретроспективный блок исследования	35
2.3 Проспективный блок исследования	36
2.3.1 Материалы исследования	36
2.3.2 Методы исследования.....	38
2.3.3 Хирургическая техника	43
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ГРУППЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	52
ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ГРУППЫ ПРОСПЕКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	57
4.1 Результаты хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера в группе сравнения.....	57
4.1.1 Оценка клинических результатов лечения пациентов в группе сравнения.	57
4.1.2 Оценка рентгенологических результатов лечения пациентов в группе сравнения.....	58

4.1.3 Оценка функциональных результатов лечения пациентов в группе сравнения.....	60
4.1.4 Оценка исходов лечения пациентов в группе сравнения.....	61
4.2 Результаты хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера в группе исследования.....	63
4.2.1 Оценка клинических результатов лечения пациентов в группе исследования.....	64
4.2.2 Оценка рентгенологических результатов лечения пациентов в группе исследования.....	65
4.2.3 Оценка функциональных результатов лечения пациентов в группе исследования.....	66
4.2.4 Оценка исходов лечения пациентов в группе исследования.....	67
ГЛАВА 5 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ГРУПП ПРОСПЕКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	72
5.1 Сравнительная оценка результатов хирургического лечения пациентов обеих групп	72
5.2 Осложнения и неблагоприятные явления хирургического лечения пациентов в обеих группах.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
ВЫВОДЫ	85
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	86
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	87
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ А	101
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ В	103

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности

Проблеме лечения заболеваний и деформаций стопы во все времена уделялось исключительно большое внимание, что нашло свое отражение в многочисленных публикациях на всех языках [1, 17, 44, 47, 67, 106]. Не смотря на большое количество исследований в этой области, некоторые диагностические критерии, а также принципы лечения патологии стопы до сих пор остаются предметом дискуссий и споров [5].

Болезнь Фрайберга-Келера (далее БФК) — дегенеративно-дистрофическое заболевание группы остеохондропатий, поражающее головки II-V плюсневых костей.

В группе остеохондропатий БФК по частоте встречаемости располагается на четвертом месте, уступая поражениям тазобедренного, коленного и голеностопного суставов. Распространенность данной патологии в популяции составляет от 0,01% до 0,22% [4, 20]. Есть мнение, что БФК – единственная остеохондропатия, которая чаще встречается у женщин, чем у мужчин; соотношение составляет 5:1 [36]. Характерно, что заболевание начинается обычно в возрасте от 11 до 17 лет [82], но последствия БФК (которую можно рассматривать как асептический некроз головок плюсневых костей), конечно, приходится наблюдать в более позднем возрасте, в связи с чем пациенты обращаются на терминальных стадиях заболевания, когда в арсенал хирурга весьма ограничен.

Согласно литературным данным, ключевым элементом патогенеза БФК является эпифизарная ишемия, вследствие острой травмы или хронической микротравматизации на фоне особенностей кровоснабжения головок плюсневых костей [28, 93, 108]

За более чем вековую историю изучения данной патологии предложено большое количество разнообразных методов хирургического и консервативного лечения пациентов [25, 36, 95, 105, 108]. В свою очередь, все многообразие методов хирургического лечения пациентов с БФК можно разделить на 3 основных группы:

паллиативные, «сустав-разрушающие» и «сустав-сберегающие» [105]. К группе паллиативных методов относятся такие вмешательства как остеоперфорация головки плюсневой кости, дебридмент и хейлэктомия пораженного плюснефалангового сустава, артро-дистракция в аппарате наружной фиксации. К «сустав-разрушающим» методам хирургического лечения можно отнести артропластическую резекцию пораженной головки плюсневой кости, а также интерпозиционную артропластику плюснефалангового сустава. В группу «сустав-сберегающих» методов хирургического лечения можно отнести остеотомии плюсневой кости, остеохондропластику головки плюсневой кости, эндопротезирование плюснефалангового сустава.

В наше время корригирующая остеотомия головки плюсневой кости по типу «закрытый клин» (osteotomy Gauthier) заслуженно является наиболее распространенным методом хирургического лечения пациентов [25, 95]. Однако, метод обладает рядом существенных недостатков, таких как укорочение остеотомированной плюсневой кости, высокий риск асептического некроза головки плюсневой кости, невозможность восстановления суставной поверхности головки плюсневой кости при обширном ее дефекте, неизбежное нарушение кровоснабжения остеотомированной головки. Вторым по частоте встречаемости в литературе методом хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера является остеохондропластика головки плюсневой кости пациентов [25, 95]. Исследователями предложены различные донорские участки для взятия трансплантата, такие как ненагружаемая область мыщелка бедренной кости, шейка таранной кости и преахиллярная область пяточной кости [14, 54, 85]. Однако, из недостатков существующих методов стоит выделить нерадикальность резекции очага, резекцию латеральной и медиальной стенок головки плюсневой кости, несоответствие трансплантата суставной поверхности головки плюсневой кости. В свою очередь, не существует научно обоснованных правил выбора метода хирургического лечения. Важным фактором является малочисленность наблюдений в представленных в литературе исследованиях, что резко снижает доказательность эффективности лечения в представленных трудах.

Безусловно, в соответствии с тенденциями современной медицины, хирургия стопы должна быть ориентирована на максимально быстрое и комфортное лечение, которое позволяет свести к минимуму время социальной и профессиональной дезадаптации пациента [19].

Таким образом, актуальной задачей травматологии и ортопедии является разработка метода хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера, лишенного недостатков существующих в настоящее время. В связи с этим сформулирована цель исследования и задачи для ее достижения.

Цель исследования

Улучшить результаты лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий путем усовершенствования метода остеохондропластики головки плюсневой кости.

Задачи исследования

1. Изучить преимущества и недостатки существующих методов хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий.
2. Оценить результаты хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий методом остеохондропластики головки плюсневой кости в ретроспективной группе.
3. Усовершенствовать метод остеохондропластики головки плюсневой кости у пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий путем разработки способа подготовки ложа остеохондрального аутооттрансплантата, оценить результаты лечения пациентов через 12 месяцев и сравнить с результатами остеохондропластики в ретроспективной группе.
4. Провести сравнительный анализ результатов хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий усовершенствованным методом остеохондропластики и корригирующей остеотомией головки плюсневой кости (операцией Gauthier).

Научная новизна

Разработан «Способ подготовки ложа аутотрансплантата головки плюсневой кости для остеохондропластики при болезни Фрайберга-Келера».

Впервые проведено проспективное рандомизированное контролируемое исследования сравнения эффективности усовершенствованного метода остеохондропластики и остеотомии пораженной головки плюсневой кости у пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий.

Теоретическая и практическая значимость работы

Внедрение в клиническую практику разработанного «Способа подготовки ложа аутотрансплантата головки плюсневой кости для остеохондропластики при болезни Фрайберга-Келера» позволяет улучшить клинико-функциональные результаты лечения пациентов по сравнению с ранее разработанным в клинике методом остеохондропластики (базовый метод) и с остеотомией пораженной головки плюсневой кости (операция Gauthier).

Положения, выносимые на защиту

1. Использование остеохондропластики позволяет получить хорошие отдаленные результаты лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий.

2. Разработанный способ подготовки ложа аутотрансплантата головки плюсневой кости при остеохондропластике (усовершенствованный метод) позволяет снизить уровень болевого синдрома в сравнении с базовым методом остеохондропластики и улучшить результаты лечения пациентов по сравнению с корригирующей остеотомией головки плюсневой кости (операцией Gauthier).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Задачи и положения, выносимые на защиту диссертации, соответствуют п.4 паспорта научной специальности 3.1.8 - Травматология и ортопедия.

Апробация результатов

Основные результаты диссертационного исследования представлены и обсуждены на 5 российских и международных конференциях и съездах: на заседании Новосибирской ассоциации травматологов-ортопедов (Новосибирск, 2021); на XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цивьяновские чтения» (Новосибирск, 2021); на VI Съезде травматологов-ортопедов СФО (Барнаул, 2022); на XII Всероссийском съезде травматологов-ортопедов (Москва, 2022); на XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цивьяновские чтения» (Новосибирск, 2023); на V конгрессе Российской ассоциации хирургов стопы и голеностопного сустава (2025, Москва).

Внедрение результатов исследования в практику

Материалы диссертационного исследования имеют научно-практическое значение и внедрены в учебный процесс ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России по программам клинической ординатуры и аспирантуры, а также используются в клинической практике травматолого-ортопедического отделения № 6 и отделения детской ортопедии ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России.

Личный вклад автора

Состоит в формулировке цели, задач исследования и основных положений, выносимых на защиту. Автором проанализированы зарубежные и отечественные источники литературы по проблеме исследования, лично выполнено хирургическое лечение 18 (43,9 %) пациентам с болезнью Фрайберга-Келера,

осуществлено наблюдение всех пациентов в период исследования, проведена оценка результатов.

С участием автора разработан «Способ подготовки ложа аутотрансплантата головки плюсневой кости для остеохондропластики при болезни Фрайберга-Келера» (заявка на изобретение № 2025123099 от 21.08.2025, Российская Федерация), сформирована и зарегистрирована «база данных пациентов с болезнью Фрайберга-Келера, получивших хирургическое лечение методом остеохондропластики и остеотомии головки плюсневой кости» (свидетельство № 2025623413)

Публикации по теме диссертации

По теме исследования опубликовано 4 работы, из них 3 – в рецензируемых научных изданиях уровня К1-К2 по рейтингу ВАК Минобрнауки России, в том числе 2 в изданиях, входящих в МБД Scopus. Подана 1 заявка на изобретение РФ, получено свидетельство на 1 базу данных.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 104 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, приложений. Работа иллюстрирована 18 рисунками, 18 таблицами. Библиографический список содержит 110 источников, среди которых 21 отечественный и 89 иностранных.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Историческая справка, определения и термины

Болезнь Фрайберга-Келера — это дегенеративно-дистрофическое заболевание, относящееся к группе остеохондропатий, поражающее головки II-V плюсневых костей.

Процесс изучения данной патологии имеет более чем вековую историю. Так, первое упоминание заболевания датировано 1914 годом, в статье «Infracture of the second metatarsal – a typical injury». Американский хирург-ортопед А. Freiberg сообщил о результате лечения шести пациентов с поражением головок второй плюсневой кости. В свою очередь, независимо от американского коллеги, немецкий рентгенолог А. Köhler в 1915 году в трактате «Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbilde» приводит ряд наблюдений за пациентами с поражением головок плюсневых костей. Кроме того, спустя 9 лет А. Köhler публикует научный труд, в котором освещает накопившиеся знания о изучении данного страдания. А. Freiberg в 1926 году отмечает фундаментальность исследования немецкого коллеги [40, 50, 95, 105]. Таким образом, в американской ортопедической школе остеохондропатия головок плюсневых костей известна, как болезнь Фрайберга. В европейской же литературе и ортопедической практике заболевание носит название болезнь Келера II. Безусловно, оба исследователя внесли колоссальный вклад в изучение патологии, и оптимальным эпонимом для остеохондропатий головок плюсневых костей является болезнь Фрайберга-Келера.

В группе остеохондропатий БФК по частоте встречаемости располагается на четвертом месте, уступая поражениям тазобедренного, коленного и голеностопного суставов. Распространенность данной патологии в популяции составляет от 0,01% до 0,22% [3, 18]. Есть мнение, что БФК – единственная остеохондропатия, которая чаще встречается у женщин, чем у мужчин, при этом, согласно литературным данным, соотношение составляет от 3:1 до 5:1 [36, 48].

Характерно, что заболевание начинается обычно в возрасте от 11 до 17 лет, в то время, как развернутая картина заболевания раскрывается в более позднем возрасте [82]. Наиболее часто дегенеративный процесс поражает головку 2ой плюсневой кости – 68% случаев, головка 3-ей плюсневой кости поражается у 27% пациентов, головка 4ой плюсневой кости – у 3% пациентов, тогда как головка 5ой плюсневой кости поражается крайне редко [2, 53, 108]. Чаще всего патологическому процессу подвержена правая стопа [83]. Кроме того, в 10 % случаев у пациентов, страдающих болезнью Фрайберга-Келера отмечается двустороннее поражение головок плюсневых костей [26]. В свою очередь, в 2017 Привалов А.М. провел исследование историй болезни 132 пациентов, обратившихся в клинику с жалобами на метатарзалгию. Автор сообщил, что у 3 пациентов (2,3%) болевой синдром в области переднего отдела стопы был вызван болезнью Фрайберга-Келера [16].

1.2 Особенности патогенеза болезни Фрайберга-Келера

Стопа человека в результате прямохождения испытывает интенсивные нагрузки, при этом значительная их часть падает на головки 1-й, 2-й и 3-й плюсневых костей [56, 62, 66]. Основная роль анатомических образований, составляющих плюснефаланговый сустав, заключается в обеспечении функции переката стопы и оптимального перераспределения нагрузки на передний отдел стопы [66]. При этом, схожее анатомическое строение и биомеханические особенности 2-го, 3-го, 4-го лучей стопы обуславливает рассмотрение патологии этих структур совместно, тогда как деформации 1-го и 5-го лучей – отдельно [68].

Особенности кровоснабжения головок плюсневых костей обуславливают развитие ряда патологических процессов. Так, в кадаверном исследовании установлено, что внутрикостная артериальная сеть головки плюсневой кости отличается от диафизарной. В диафизе имеются многочисленные анастомозы между сосудистой сетью кости и надкостницы. Однако питательные артерии для головки являются терминальными концевыми артериями. В частности,

подошвенные плюсневые артерии пролегают по подошвенной поверхности плюсневых костей в дистальном направлении [68]. Проксимальнее головки плюсневой кости артерии делятся на медиальную и латеральную ветви, которые, в свою очередь, образуют анастомоз с соответствующими ветвями тыльных артерий. Ветви плюсневых артерий проникают в головку плюсневой кости с подошвенной и тыльной стороны в метафизарной ее части. «Подошвенные» артерии проникают в головку тотчас проксимальнее линии суставного хряща (рисунок 1) [91]. Анастомозы на внутренней и наружной поверхности головки плюсневой кости penetрируют ее в месте прикрепления коллатеральных связок, проксимальнее линии хряща, и являются основным источником кровоснабжения субхондральной кости (рисунок 2). При этом, медиальные, латеральные и подошвенные источники снабжают головку плюсневой кости в равной степени [68, 91, 93].

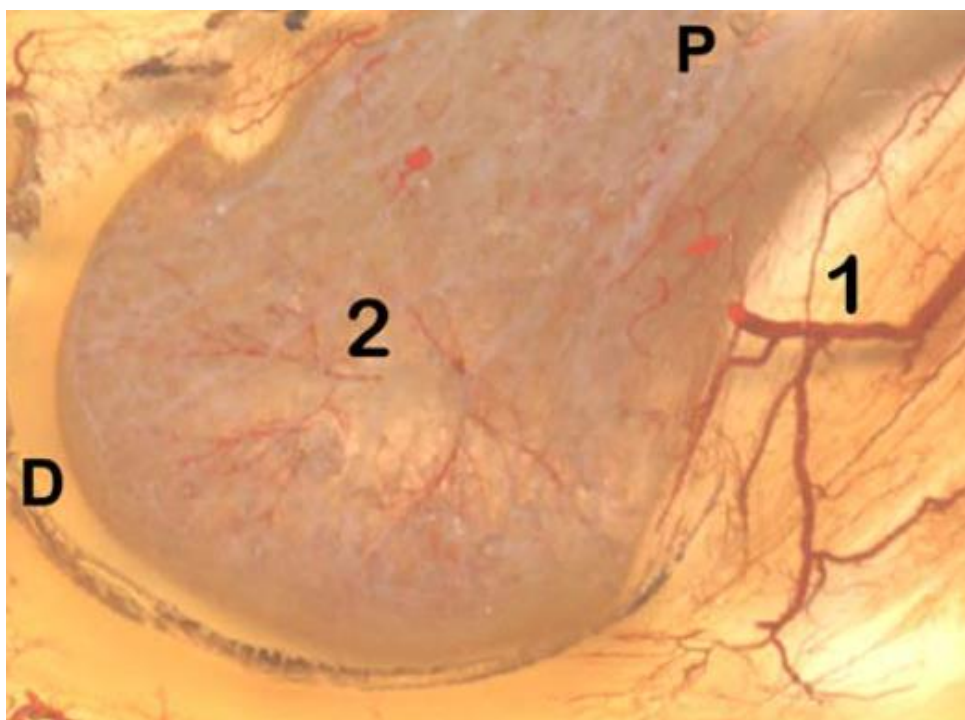


Рисунок 1 – Микрофотография, демонстрирующая поперечное сечение препарата головки 2-й плюсневой кости с контрастированными сосудами, где 1 – ветвь подошвенной плюсневой артерии, 2 – внутрикостные артерии, Р – проксимальный отдел плюсневой кости, D – дистальный отдел плюсневой кости [92]

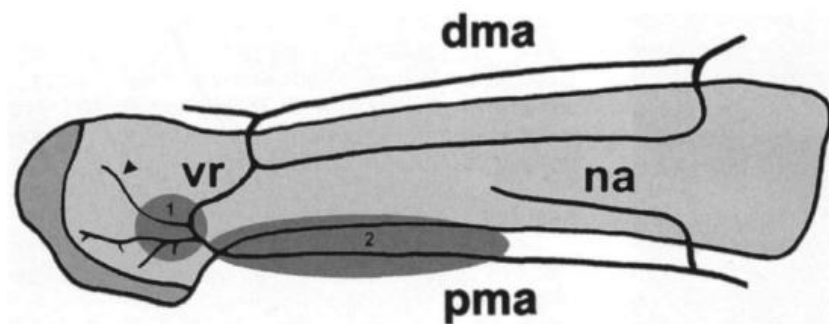


Рисунок 2 – Схематическое изображение, демонстрирующее питающие сосуды головки плюсневой кости, где dma - тильные плюсневые артерии, pma – подошвенные плюсневые артерии, vr - анастомоз в области прикрепления коллатеральных связок [90]

За время изучения заболевания исследователями было выдвинуто множество предположений относительно этиологии данного страдания [24, 27, 29, 33, 38, 52, 62, 66, 68, 79, 85, 100]. Согласно данным современной литературы, основными теориями происхождения БФК являются травматическая и сосудистая. Однако, все чаще авторы говорят, что в основе патогенеза БФК ключевую роль занимают сосудистые нарушения, вызванные острой травмой или хронической микротравматизацией области переднего отдела стопы [28, 108]. Кроме того, данная патология манифестирует в подростковом возрасте, что, безусловно, вызывает предположение о существовании взаимосвязи о развитии заболевания с ростом костей на фоне сопутствующих нарушений кровоснабжения. Таким образом, на фоне травматического отека головки плюсневой кости происходит сдавление внутрикостных питающих сосудов, обуславливая дисгемические нарушения на микрососудистом уровне и ишемию субхондральной кости. В свою очередь, начальные морфологические изменения в головке плюсневой кости, отмечаются уже на первой неделе. На второй неделе возникает гибель гемопоэтических клеток, эндотелиальных клеток капилляров и липоцитов костной ткани. В аваскулярных условиях кость утрачивает способность к регенерации, и, как следствие, прогрессирует ее деструкция с фрагментацией и склерозом. Таким

образом, заболевание начинается с эпифизарной ишемии, а затем прогрессирует до абсорбции губчатого вещества головки пораженной плюсневой кости, коллапса суставного хряща и, в конечном итоге, грибовидной деформации головки с выраженными артрозными изменениями плюснефалангового сустава [44, 98].

1.3 Обследование пациентов с болезнью Фрайберга–Келера

Известно, что БФК имеет в своем течение два основных периода: дебют заболевания и его исход. Дебют заболевания, как правило, встречается в подростковом возрасте на фоне незначительной травмы или длительной перегрузки. При клиническом обследовании такой пациент будет предъявлять жалобы на боль в области переднего отдела стопы. При визуальном осмотре может быть отмечен отек и гиперемия области заинтересованного плюснефалангового сустава, деформации, как правило, не отмечается. Пальпация области пораженного плюснефалангового сустава будет резко болезненна, как и движения в нем [25, 36, 105]. С целью оценки адаптации пальца к поверхности опоры проводится тест «бумажной полоски» [31, 33, 65]. Стандартная рентгенография при дебюте заболевания малоинформативна в силу того, что на ранних стадиях отсутствует резорбция костного вещества. В свою очередь, магнитно-резонансная томография (МРТ) является методом выбора в диагностике ранних стадий БФК. Диффузный отек костного мозга дает низкую интенсивность сигнала на T1-взвешенных изображениях и высокую интенсивность сигнала на T2, что позволяет обнаруживать признаки остеонекроза головок до рентгенологических проявлений [2, 63, 77].

Однако, в повседневной практике травматологам-ортопедам чаще приходится сталкиваться с пациентами, страдающими поздними стадиями заболевания. При проведении клинического обследования такие пациенты предъявляют жалобы на болевой синдром в области переднего отдела стопы (максимально в проекции пораженной головки плюсневой кости), болезненный конфликт с обувью, гиперкератозы в области пораженного плюснефалангового

сустава, кроме того, пациенты могут предъявлять жалобы на чувство «ходьбы по камню» или «шишки в носке». По мере прогрессирования заболевания, дегенеративный процесс приводит к уплощению головки плюсневой кости, образованию свободнолежащих некротических костных фрагментов, а также к дистрофическим изменениям капсульно-связочных структур, в связи с этим у пациентов можно отметить тыльных подвывих пальца и деформацию в проекции головки плюсневой кости. Пальпаторно определяются проминирующие экзостозы в области головки плюсневой кости и основной фаланги пальца, пальпация этой области болезненна. Движения в плюснефаланговом суставе резко ограничены, болезненны, нередко сопровождаются крепитацией [96, 110]. Известно, что основная функция малых пальцев стопы заключается в увеличении площади опоры переднего отдела стопы с целью правильного распределения нагрузки при ходьбе, особенно при перекате и в толчковой фазе шага [66]. В связи с этим, для оценки адаптации пальца к поверхности опоры у пациентов с БФК, проводится тест «бумажной полоски».

Лучевые методы исследования. Основным методом лучевой диагностики является рентгенография стопы в прямой и боковой проекции стоя в опоре [36, 40, 105, 108]. На снимках в прямой проекции оценивается степень поперечного плоскостопия, наличие вальгусного отклонения первого пальца, степень артроза пораженного плюснефалангового сустава, а также стадия заболевания, на боковых – степень продольного плоскостопия, наличие подвывиха пальца стопы в пораженном суставе, наличие свободнолежащего остеохондрального некротического фрагмента. Наиболее часто, систематизация заболевания осуществляется в соответствии с классификацией Smillie на основе рентгенограммы стопы в прямой проекции (рисунок 3) [98].

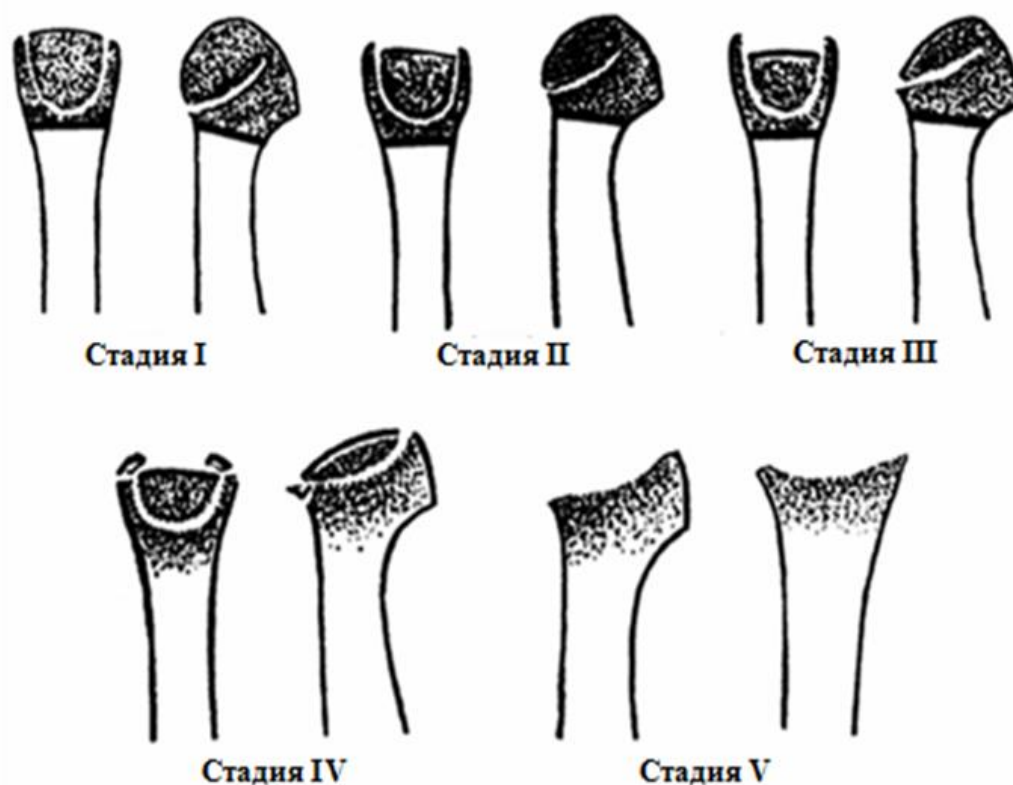


Рисунок 3 – Классификация БФК по Smillie (1967) [98]. Стадия I: «Трещина» в эпифизе, склероз губчатой кости. Стадия II: Резорбция губчатой кости проксимального фрагмента, вдавление суставного хряща. Стадия III: Прогрессирование резорбции кости, импрессия суставной поверхности, образование парартикулярных экзостозов. Стадия IV: Прогрессирование импрессии суставной поверхности, перелом краевых экзостозов с образованием свободных внутрисуставных тел. Восстановление нормальной анатомии невозможно. Стадия V: Остеоартроз с уплощением и деформацией головки плюсневой кости

Кроме того, в 2022 году отечественный исследователь Леонова С.Н. предложила оригинальный метод рентгенологического обследования пациентов с деформациями переднего отдела стопы. В частности, предложенный автором метод позволяет оценить пространственное взаимоотношение головок плюсневых костей, и, соответственно, выбрать оптимальную хирургическую тактику [8].

Метод мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) является наиболее информативным в диагностике заболевания, так как позволяет выявить

субхондральный перелом, свободные суставные тела и нарушенные взаимоотношения в плюснефаланговом суставе. Таким образом, МСКТ позволяет дать наиболее детальную оценку области некроза головки плюсневой кости и определить оптимальную тактику лечения [29, 42].

В свою очередь, в 2023 году британский рентгенолог Hogget с коллегами предложили оригинальную классификацию поражения головки плюсневой кости у пациентов с БФК, основанный на разделении на сагиттальном МСКТ-срезах головки плюсневой кости на 2 зоны. Выбор метода хирургического лечения, по мнению авторов, должен осуществляться в соответствии с локализацией поражения в первой или второй зоне [60]. В литературе встречаются сообщения об использовании сцинтиграфии в диагностике БФК, однако на практике применение такого метода исследования ограничено [27, 43]. В частности, Conesa. X и соавторы утверждают, что во время острой фазы заболевания, в связи с повышенной активностью остеобластов, пораженная головка плюсневой кости накапливает изотоп (дифосфонат, меченный технецием), тогда как на поздних стадиях становится очевидным гипоперфузионное некротическое ядро, окруженное ободком гиперинтенсивного сигнала [43]. Ультразвуковое исследование (УЗИ) позволяет оценить форму головки плюсневой кости, наличие дегенеративных изменений и выпот в плюснефаланговом суставе [21]. Безусловным преимуществом УЗИ является отсутствие лучевой нагрузки и относительная доступность метода, в то же время, данный метод исследования позволяет провести дифференциальную диагностику БФК с невромой Мортон и межплюсневым бурситом.

Кроме того, безусловно важным компонентом при проведении комплексного обследования пациентов перед хирургическим вмешательством является оценка функциональных показателей, связанных с деформацией стопы. В литературе предложено большое количество опросников и шкал, позволяющих оценить уровень болевого синдрома, функциональные показатели стопы, уровень качества жизни пациентов как до операции, так и после проведенного лечения [6, 9]. Наиболее распространенными из них, по сообщению Мо Ц., являются шкала VAS

(Visual Analogue Scale), шкала SF-36, а так же шкала AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society scale) [9].

1.4 Лечение пациентов с болезнью Фрайберга-Келера

Характерной особенностью БФК является ее стадийность во временном интервале. Консервативное лечение дает эффект в ряде случаев на ранних стадиях заболевания, когда процесс ограничен отеком и ишемией головки плюсневой кости, нет деструкции костной ткани, и сохранен потенциал к восстановлению [70]. Учитывая этиопатогенетические особенности БФК, основной целью консервативного лечения является замедление темпов ее прогрессии. В частности, прием пероральных противовоспалительных препаратов, физиотерапевтическое лечение, ограничение нагрузки на пораженную стопу, разгрузочное ортезирование с использованием ортопедических изделий составляют основу консервативного лечения данной патологии [36, 78, 87, 88, 90]. Кроме того, сообщается об эффективности применения препаратов группы бисфосфонатов в комплексе лечения ранних стадий аваскулярного некроза головки плюсневой кости [38]. В своей работе, посвященной консервативному лечению аваскулярных некрозов Agarwala сообщает, однократная инъекция 5мг золендроновой кислоты с последующим еженедельным приемом 70мг алендроната в течении года позволили замедлить прогрессирование заболевания [23]. Стоит отметить, что вплоть до 30-х годов XX века консервативное лечение было методом выбора при лечении таких пациентов [1], однако учитывая низкую его эффективность и возрастающую потребность пациентов в повышении качества жизни, хирурги-ортопеды начали внедрять в клиническую практику хирургические методы лечения. В литературе представлено большое количество методов хирургического лечения пациентов с БФК. В свою очередь, все их многообразие можно разделить на 3 основные группы: паллиативные, «сустав-сберегающие» и «сустав-разрушающие»

1.4.1 Паллиативные методы хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера

К паллиативным методам лечения пациентов относятся: остеоперфорация головки плюсневой кости, дебридмент и хейлэктомия пораженного плюснефалангового сустава, дозированная дистракция пораженного сустава в аппарате наружной фиксации.

Декомпрессивная остеоперфорация успешно применяется в хирургическом лечении пациентов с аваскулярными некрозами головки бедренной кости и таранной кости. Данное вмешательство способствует реваскуляризации некротической области, до формирования структурных изменений в кости [45]. На данный момент доступно ограниченное количество сообщений о применении декомпрессивной остеоперфорации в лечении пациентов с БФК. Так, в 1995 году A. Freiberg и R. Freiberg представили случай 5-ти летнего наблюдения пациента, получавшего хирургическое лечение методом остеоперфорации головки плюсневой кости [51]. По сообщению авторов, пациент избавился от болей и имел возможность активно заниматься легкой атлетикой без ограничений. В 2006 году M. Dolce также сообщили об успешном лечении 34-летнего пациента [45]. В обоих сообщениях патологическое состояние было выявлено на ранней стадии без структурных изменений. Однако, в литературе доступен ряд работ, сообщающих об эффективности консервативного лечения пациентов на ранних стадиях БФК. Таким образом, существует необходимость дальнейшего изучения целесообразности применения декомпрессивной остеоперфорации при лечении данной патологии.

В литературе встречаются сообщения как об открытом, так и об артроскопическом дебридменте 2-5 плюснефалангового сустава. Открытую санацию плюснефалангового сустава в 1914 году предложил сам A. Freiberg [52]. Операция включала в себя удаление параартикулярных экзостозов и свободных суставных тел. Более чем за 100 лет вмешательство не претерпело особых изменений, однако чаще используется как один из этапов хирургической сессии.

Тем не менее, и в современной литературе освещаются результаты лечения пациентов с изолированным применением данного метода [25, 95]. Так, в 2013 году М. Erdil и коллеги представили результат лечения 14 пациентов (8 женщин и 6 мужчин) с болезнью Фрайберга-Келера, которым был проведен дебридмент сустава [49]. Авторы отметили положительную динамику качества жизни пациентов и улучшение функции переднего отдела стопы по шкалам SF-36 и AOFAS, соответственно. Первое упоминание о применении артроскопического вмешательства в лечении пациентов с БФК датировано 1996 годом, когда G. Maresca с коллегами [83] описали технику дебридмента плюснефалангового сустава в сочетании с остеоперфорацией головки плюсневой кости под артроскопическим контролем. Позже, в 2004 году L. Carro и соавторы представили клинический случай пациента, пролеченного с помощью артроскопического дебридмента, с хорошим отдаленным результатом [37]. В свою очередь, португальские ортопеды Р. Atilano Carvalho с коллегами представили клинический случай лечения 12-ти летнего пациента с БФК. В комплексе лечения авторы использовали артроскопический дебридмент плюснефалангового сустава, кюрретаж зоны некроза головки плюсневой кости и остеопластику дефекта аутооттрансплантатом. Через 6 месяцев авторы, при проведении МРТ-исследования, отметили полное восстановление структуры головки плюсневой кости [39]. Безусловно, несомненным преимуществом артроскопических методов лечения является их малотравматичность. Однако, малый размер плюснефалангового сустава, на фоне выраженных дегенеративных изменений в нем, негативно сказывается на степени и качестве визуализации сустава, что чревато нерадикальной санацией сустава с оставлением патологических фрагментов.

Представлены единичные работы, посвященные хейлэктомии плюсневой кости при лечении пациентов с БФК. В 2010 году М. Air и коллеги опубликовали результаты лечения пациента вышеупомянутым методом [24]. Авторы сообщают, что через 12 месяцев после вмешательства у пациента значительно увеличился объем движений в пораженном суставе, снизился болевой синдром, а сам пациент вернулся к профессиональным танцам. Эффективность технически достаточно

простых и доступных дебридмента и хейлэктомии плюснефалангового сустава ограничена отсутствием воздействия на патогенетические механизмы заболевания. При этом, частичная резекция пораженной головки плюсневой кости в сочетании с дебридментом дорзальных отделов сустава, может приводить к тыльному подвывиху основной фаланги с последующим развитием тяжелых осложнений.

Незначительное количество публикаций посвящены применению метода distraction пораженного плюснефалангового сустава в аппарате внешней фиксации (АВФ) у пациентов с БФК. Так, в 2005 году А. В. Ральников представил результаты клинического наблюдения за 70 пациентами, при сроке наблюдения от 9 до 12 месяцев у всех пациентов отмечалось значительное снижение болевого синдрома [18]. В 2011 году Ю.Г. Шекунова провели ретро- и проспективное исследование результатов лечения пациентов, страдающих БФК, методом distraction в АВФ [21]. Отличительной особенностью работы авторов является применение ими транскутанной остеоперфорации головки плюсневой кости высокоинтенсивным лазерным излучением в дополнение к distraction в АВФ. На большом клиническом материале в объеме 104 пациентов (34 – группа исследования, 70 – группа контроля), авторы продемонстрировали высокую эффективность метода. Главными недостатками лечения пациентов с патологией переднего отдела стопы в условиях АВФ являются высокий риск инфекционных осложнений, необходимость длительной госпитализации, длительного и постоянного врачебного наблюдения за пациентом в ЛПУ.

1.4.2 «Сустав-разрушающие» методы хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера

К «сустав-разрушающим» методам хирургического лечения можно отнести артропластическую резекцию пораженной головки плюсневой кости в сочетании или по отдельности с интерпозиционной артропластикой плюснефалангового сустава.

Безусловно, резекция пораженной головки плюсневой кости является наиболее радикальным методом хирургического лечения пациентов с БФК. Однако, несмотря на травматичность вмешательства, в доступной литературе неоднократно встречаются сообщения об эффективности данного метода. Известен способ реконструктивного вмешательства Г.В. Хондрикова, заключающийся в резекции пораженной головки плюсневой кости и трансплантацией в область дефекта аутожировой ткани [11]. J.Hoskinson в 1974 году представил результаты хирургического лечения пациентов с БФК методом резекции головки плюсневой кости [61]. В своей работе автор сообщает, что 5 из 8 пациентов были не удовлетворены результатом лечения. При этом, основными жалобами были остаточные симптомы и деформации, которые имели тенденцию ограничивать такие виды деятельности, как ходьба на большие расстояния или бег, а также вызывали проблемы с обувью. Проанализировав результаты лечения, автор пришел к выводу, что основными причинами неудачных исходов послужили: неадекватная резекция головки плюсневой кости, рубцовая контрактура плюснефалангового сустава, повлекшая дорзальное смещение пальца и образование кератозов, а также усугубившаяся степень вальгусного отклонения 1го пальца стопы. В свою очередь, в 2019 году N. El. Mahboub сообщил, что все 20 пациентов, получивших хирургическое лечение методом резекции пораженной головки по поводу БФК, отметили улучшение в отдаленном периоде [47]. Однако, без сомнения остается тот факт, что резекция головки плюсневой кости является травмирующей операцией, применима в исключительных случаях и имеет, скорее исторический характер. Грубое нарушение анатомических взаимоотношений в переднем отделе стопы неминуемо влечет за собой изменение биомеханики в нем, обуславливая неудовлетворительный долгосрочный результат. По нашему мнению, резекция головки плюсневой кости применима как ревизионный метод при неудаче или невозможности реконструктивной хирургии.

Общеизвестно, что течение заболевания влечет за собой формирование дефекта по тыльной поверхности головки плюсневой кости. Кроме того, применение в качестве этапного лечения паллиативных хирургических техник

обуславливает создание дополнительного искусственного дефекта. Одним из способов устранения этих дефектов является интерпозиционная артропластика. В профессиональной литературе сообщается об использовании различных тканей в качестве интерпоната [25, 36, 40, 105, 108]. Применение в качестве интерпоната сухожилия короткого разгибателя пальца пораженного луча описал Y. Ozkan в 2008 году [89]. Автор отмечает, что результат лечения 1 из 10 пациентов можно считать удовлетворительным, в то время как остальные отличные и хорошие. Кроме того, показатель функции переднего отдела стопы по шкале AOFAS увеличился с 58,3 (44-77) до операции до 80,4 (67-100) после. На основании клинического наблюдения за 2 пациентами T. Lui представил технику артроскопической интерпозиционной артропластики плюснефалангового сустава, в качестве интерпоната так же используя сухожилие короткого разгибателя пальца [79]. Автор сообщил о хорошем результате лечения у обоих пациентов. Сухожилие длинной ладонной мышцы в качестве интерпоната предложили использовать C. Liao и коллеги в 2015 году [76]. Авторы сообщили о клиническом случае пациента 27-ми лет, страдающего БФК, при этом отметив, что болевой синдром по шкале ВАШ после операции снизился с 6-7 баллов до 0-1 балла. Коллективом отечественных авторов под руководством Х.А. Умханова предложен оригинальный способ интерпозиционной артропластики, заключающийся в «окутывании» пораженной головки плюсневой кости в аутооттрансплантат [13]. В качестве интерпоната авторы предлагают использовать лоскут из широкой фасции бедра. Авторы приводят клинический пример пациента, получившего хирургическое лечение оригинальным способом, и сообщают о хорошем результате. При этом, срок наблюдения составил 3 месяца, а отдаленные результаты отсутствуют. В 2018 W. Abdul и соавторы исследовали результаты лечения 23 пациентов с БФК оригинальным методом [22]. Авторы предложили использовать в качестве интерпоната местные ткани, а именно надкостницу основной фаланги пальца и дистальную часть капсулы плюснефалангового сустава на «жировой ножке» с целью обеспечения сохранности кровоснабжения. Отмечены хорошие отдаленные результаты лечения пациентов. Однако, по мнению E. Stautberg и коллег [102],

капсулярные ткани пораженного сустава неминуемо подвержены дегенеративно-дистрофическим изменениям и могут являться субстратом, поддерживающим воспаление, при их использовании в качестве интерпоната. В связи с этим, авторы провели ретроспективное исследование, в котором изучили результаты лечения 15 пациентов методом интерпозиционной артропластики плюснефалангового сустава аллотрансплантатом полусухожильной мышцы. Авторы отмечают, что трансплантат, подвергшийся замораживанию, обладает большей стабильностью, отсутствием реактогенности, а также его использование исключать такое осложнение как синдром «болезненного донорского места». Примечательно, что болевой синдром пациентов, прооперированных оригинальным методом, по шкале ВАШ снизился с 7 до 1, но, в то же время, 3 пациентам потребовалось дополнительное хирургическое вмешательство по причине осложнений. Стоит отметить, что закономерным исходом использования метода интерпозиционной артропластики является развитие фиброзного анкилоза плюснефалангового сустава, что неминуемо влечет к нарушению биомеханики переднего отдела стопы, неправильному перераспределению нагрузки на смежные лучи.

1.4.3 «Сустав-сберегающие» методы хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера

Пациентами, страдающими БФК и обращающимися за специализированной помощью, как правило, являются молодые женщины трудоспособного возраста. Данная особенность обуславливает необходимость проведения хирургических вмешательств, которые в наибольшей степени обеспечивали восстановление функции переднего отдела стопы. Таким образом, в группу «сустав-сберегающих» методов хирургического лечения можно отнести остеотомии плюсневой кости, остеохондропластику головки плюсневой кости, эндопротезирование плюснефалангового сустава.

В свою очередь, остеотомии плюсневой кости подразделяются на 2 группы – укорачивающие и ремоделирующие. В основе укорачивающих остеотомий лежит

принцип декомпрессии плюснефалангового сустава и разгрузка пораженной головки плюсневой кости [40]. Еще в 1932 профессор Р.Р. Вреден в своем труде предложил использование метафизарной остеотомии в лечении пациентов с БФК [1]. Ученый отмечает, что данная остеотомия, за счет укорочения, позволяет создать условия для реваскуляризации и регенерации некротического участка костной ткани. По сообщению автора, 18 из 20 пациентов, пролеченных данным методом, смогли вернуться к своей профессиональной деятельности и считали себя совершенно здоровыми. В 1991 году британский ортопед Т. Smith и соавторы осветили результаты наблюдения за пациентами с БФК [99]. Исследовали сообщают, что из наблюдаемых ими 28 пациентов у 13 было эффективно консервативное лечение, тогда как 15 пациентам потребовалось хирургическое вмешательство. Авторы использовали укорачивающую остеотомия плюсневой кости с фиксацией пластиной. Через 12 месяцев после проведенного вмешательства все пациенты отметили снижение болевого синдрома, однако, 7 из 15 пациентов предъявляли жалобы на ограничение движений в пораженном плюснефаланговом суставе, у 4 пациентов на контрольном осмотре отмечалось отсутствие адаптации пальца пораженного луча к поверхности опоры. Необходимо отметить, что укорочение плюсневой кости неминуемо ведет к нарушению парабола Лельевра, что вызывает нарушение биомеханики переднего отдела стопы. Укорочение более чем на 2 мм ведет к увеличению нагрузки на соседние плюсневые кости с развитием синдрома «трансферной метатарзалгии». Кроме того, нарушение адаптации пальца к поверхности и его укорочение может вызывать неудовлетворительный косметический результат.

Ремоделирующие остеотомии обеспечивают воссоздание конгруэнтности суставных поверхностей за счет поворота подошвенной части головки плюсневой кости в область сустава. В доступной литературе представлены как внесуставные, так и внутрисуставные остеотомии. В 1989 году Р. Kinnard и R. Lirette представили результаты лечения 10 пациентов методом внесуставной остеотомии плюсневой кости по типу «закрытый клин» [73]. На контрольном осмотре все пациенты отметили купирование болевого синдрома и были удовлетворены проведенным

лечением. При этом, авторы сообщают, что среднее укорочение плюсневой кости на рентгенограммах достигало 2,3 мм. В 2013 году Н. Лее и соавторы исследовали результаты лечения 13 пациентов вышеупомянутым методом [75]. По сообщению авторов, на контрольном осмотре через 12 месяцев результаты лечения были благоприятные, при этом, показатель функции переднего отдела стопы составил 92,2, болевой синдром по шкале ВАШ составлял 1 балл, а объем движений в пораженном плюснефаланговом суставе увеличился на 6°. В свою очередь, К. Пкота с коллегами в 2014 году получили схожие результаты при исследовании эффективности метода внесуставной остеотомии типа «закрытый клин» у 13 пациентов с поздними стадиями БФК [64]. Авторы отметили значительное снижение болевого синдрома у пациентов и увеличение объема движений в пораженном суставе. Ключевым недостатком техники внесуставной остеотомии является сохранение очага некроза в области головки плюсневой кости и его разворот в область остеотомии. Данное обстоятельство может негативно сказываться на консолидации искусственного перелома и быть источником остаточного болевого синдрома.

В 1979 году французские ортопеды G. Gauthier и R. Elbaz предложили использовать внутрисуставную остеотомию головки плюсневой кости по типу «закрытый клин» (рисунок 4) [53]. Данный способ лег в основу дальнейшего совершенствования методов хирургического лечения пациентов с данной патологией. В свою очередь, авторы представили отчет о результатах лечения 53 пациентов, получивших лечение оригинальным методом. Исследовали сообщили, что из всех пациентов только 1 беспокоил остаточный болевой синдром, при сроке наблюдения от 3 до 82 месяцев.

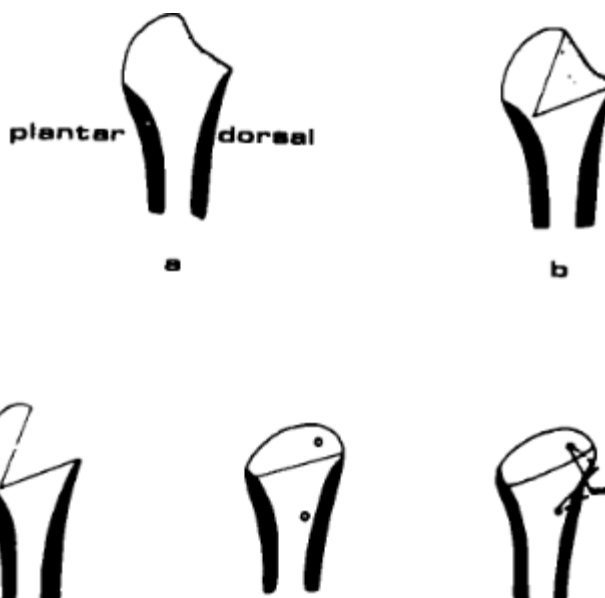


Рисунок 4 – Схематическое изображение, демонстрирующее хирургические прием при операции Gauthier (корректирующей остеотомии головки плюсневой кости по типу «закрытый клин») [50]

Стоит отметить, что метод предложенный французскими ортопедами актуален и в наше время, и негласно считается «золотым стандартом» лечения таких пациентов. Так, в 2015 М. Helix-Giordanino и соавторы провели исследование результатов лечения 28 пациентов, которым была выполнена остеотомия Gauthier (рисунок 5). Авторы сообщают о хорошем клиническом результате лечения [58].

В свою очередь, В. Pereira и коллеги получили схожие результаты лечения данной методикой 20 пациентов БФК [90]. При среднем сроке наблюдения в 23,4 года, 16 пациентов сообщили об «отличном» результате лечения, 4 пациента – о «хорошем». Безусловно, ключевым недостатком такого типа остеотомии является малый размер фрагмента головки плюсневой кости, обуславливающий трудности при фиксации и риски его фрагментации и некроза.

Кроме того, по мнению М. Edmondson и соавторов [46] важным недостатком классической остеотомии Gauthier является невозможность полноценной резекции очага некроза, что может негативно сказываться на отдаленных результатах. Принимая во внимание данное обстоятельство, авторы предложили оригинальный

способ остеотомии, включающий в себя комбинацию двух техник – остеотомии Weil и остеотомии Gauthier.

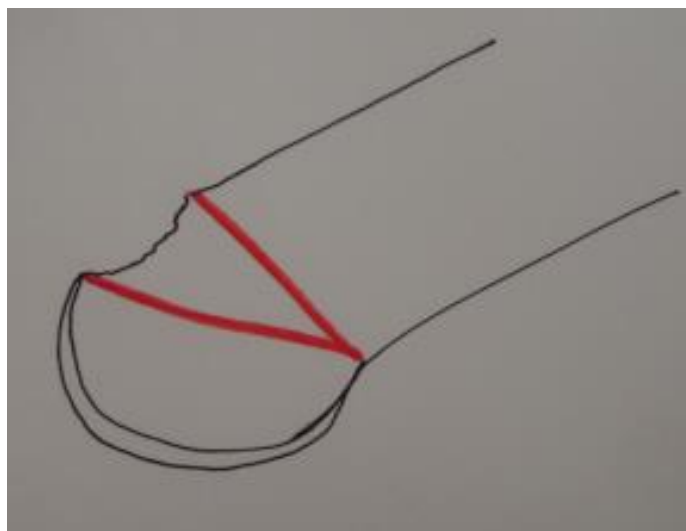


Рисунок 5 – Схематическое изображение, демонстрирующее хирургические прием при операции Gauthier (корректирующей остеотомии головки плюсневой кости по типу «закрытый клин») [57]

Суть предложенного авторами метода сводится к проведению более горизонтально-ориентированного дистального опилов, тем самым вершина клина остеотомии располагается более проксимально, что, в свою очередь, позволяет резецировать больший участок некроза и облегчает фиксацию подошвенного фрагмента. Авторы проанализировали результаты лечения 17 пациентов методом оригинальной модифицированной остеотомии Weil и отметили значительное улучшение функционального показателя переднего отдела стопы по шкале AOFAS с 51,6 до операции, до 87,6 после операции. Аналогичные результаты лечения 19 пациентов с БФК методом модифицированной остеотомии Weil получили в 2012 году J.Kim с коллегами [71]. Авторы сообщили, что у 18 пациентов результат лечения оценен как «отличный» или «хороший», у одного пациента – «удовлетворительный». Еще одно исследование эффективности метода модифицированной остеотомии Weil провели в 2016 году Н. Lee с коллегами [75]. Авторы сообщают, что хирургическое лечение данным методом получили 20

пациентов, страдающих БФК, при этом, через 24 месяца со дня вмешательства все пациенты отметили купирование болевого синдрома (ВАШ до операции 7,2, после операции 2,1) и улучшение функции переднего стопы (AOFAS до операции 52,4, после операции 78,2). Однако, в 2008 году В. Rath [93] в исследовании сосудистой анатомии головок плюсневых костей на трупном материале установил, что классическая остеотомия Weil вызывает повреждение сосудов, питающих головку плюсневой кости на ее латеральной и медиальной стороне. Из этого следует, что в условиях скомпрометированного кровоснабжения головки плюсневой кости, последнее может быть дополнительно ятрогенно нарушено при проведении опилов остеотомии. Таким образом малый размер подошвенного фрагмента на фоне патологического кровоснабжения головки плюсневой кости могут являться причиной нарушения консолидации и прогрессирования заболевания.

Актуальным и современным направлением в реконструктивной ортопедии являются хирургические вмешательства, направленные на замещения остеохондральных дефектов. Так, в 2002 году К. Hayashi и соавторы представили клинический случай лечения пациента с БФК [57]. Пациенту была выполнена остеохондропластика головки пораженной плюсневой кости аутооттрансплантатом, взятым из ненагружаемой части мыщелка бедренной кости. Через 12 месяцев был отмечен хороший клинический результат с полным купированием болевого синдрома. В свою очередь, Miyamoto и коллеги в 2015 году провели крупное ретроспективное исследование, в котором оценили результаты лечения 13 пациентов с БФК методом остеохондропластики головки плюсневой кости аутооттрансплантатом с ненагружаемой зоны мыщелка бедренной кости [85]. Авторы сообщили о значительном улучшении функции переднего отдела стопы по шкале AOFAS с 66,9 до 93,0 после операции и благоприятных клинических исходах лечения. Кроме того, при контрольном МРТ-исследовании наблюдалась тотальная консолидация аутооттрансплантата. Альтернативный донорский участок предложили использовать в своей работе D. Georgiannos и коллеги [54]. Хирурги провели остеохондропластику пораженной головки плюсневой кости 13 пациентам с БФК, 9 из которых был взят трансплантат из переднего края суставной

поверхности ипсилатеральной таранной кости под артроскопическим контролем. Примечательно, что одним из критериев включения в исследования была активная спортивная деятельность у пациентов, которая, в свою очередь, была снижена вследствие заболевания. Авторы сообщили, что все пациенты смогли вернуться к спортивной деятельности и были довольны результатом проведенного лечения. В ретроспективном исследовании S. Kim с коллегами [72] сравнили между собой результаты лечения пациентов с БФК двумя методами – остеохондропластика головки плюсневой кости аутооттрансплантатом из мыщелка бедренной кости (12 пациентов) и дорзальную остеотомию типа «закрытый клин» (15 пациентов). Авторы отмечают, что у всех пациенты обеих групп наблюдали улучшение функциональных показателей по шкалам AOFAS и ВАШ, однако, при межгрупповом сравнении показатели в группе пациентов с остеохондропластикой были лучше. Кроме того, в первой группе наблюдалось одно осложнение (синдром «болезненного «донорского места»), в то время как у 4 пациентов второй группы на контрольном осмотре были отмечены нежелательные явления (рецидив болевого синдрома, когтеобразная деформация пальца пораженного луча, контрактура плюснефалангового сустава, медиальная девиация пальца).

В клинике ФГБУ Новосибирский НИИТО им Я.Л. Цивьяна разработан и предложен оригинальный метод хирургического лечения – остеохондропластики головки плюсневой кости [14], основанный на предложенном здесь же методе забора аутооттрансплантата из преахиллярной области [12]. Примечательно, что приведенный метод остеохондропластики обладает рядом недостатков, в частности, резекцией латеральной и медиальной стенок ложа, создающих угрозу для кровоснабжения, пересеживаемого остеохондрального аутооттрансплантата, а также необходимостью усиленной фиксации по причине боковой и тыльной нестабильности пересеживаемого аутооттрансплантата по отношению к ложу.

Безусловно, нерешенным вопросом современной ортопедии является оценка регенераторных возможностей аутооттрансплантатов и то на сколько они способны сохранять свойства донорских участков. В доступной профессиональной литературе не представлены исследования, позволяющие на микроскопическом

уровне оценить морфологию пересаженного трансплантата у пациентов после остеохондропластики головки плюсневой кости. Кроме того, существующие системы для трепанобиопсии не способны в полной мере обеспечить деликатную работы с малыми суставами стопы. Так, в 2009 году немецкий исследователь Uhl M. с коллегами на кадеверном материале изучили существующие на рынке системы для трепанобиопсии. Авторы отмечают, что образцы, полученные инструментарием с диаметром трепанационной иглы 2мм и более являются оптимальными для исследования, в то время как, биоптаты, полученные при помощи игл диаметром от 1,5 до 2 мм получается худшего качества [106]. Отечественные исследователи Ким. В. И. и соавторы в 2015 представили разработанный ими инструментарий для трепанобиопсии тканей с возможностью сохранения пространственной ориентации образца [10]. Однако, безусловно важными компонентами проведения диагностической трепанобиопсии является уменьшение травматизации тканей и, а также проведение трепанобиопсии в строго намеченном направлении с недопущением осевых отклонений трепанационной фрезы.

Перспективным методом лечения пациентов с остеохондральными поражениями считается применение мембран, индуцирующих аутологичный хондрогенез [81]. Серию случаев лечения 10 пациентов с использованием подобной мембраны представили в 2023 году А. Rajeev с коллегами. Авторы оценили результаты лечения пациентов через 36 месяцев, и сообщили о уменьшении болевого синдрома, согласно шкале VAS, и улучшении качества жизни пациентов, согласно шкале MOXFQ. Кроме того, контрольные рентгеновские снимки продемонстрировали восстановление формы головки плюсневой кости в отдаленном периоде [92].

В профессиональной литературе неоднократно рассматривался вопрос о лечении поздних стадий БФК методом эндопротезирования [32, 84, 97]. Безусловно, эндопротезирование является методом выбора при лечении артроза крупных суставов, однако не нашло обширного применения в хирургии малых лучей стопы [108]. Эффективность силиконового имплантата в лечении пациентов

с БФК исследовали В. Brandao и коллеги [35]. В послеоперационном периоде пациенты отмечали улучшение качества жизни, согласно опросу по шкалам FAAM и MOXFQ, однако 4 из 6 пациентов потребовалось дополнительное хирургическое вмешательство. В свою очередь, М. Glazebrook с коллегами проводили исследование результатов лечения 5 пациентов с использованием того же силиконового имплантата. При этом, авторы доложили о хороших результатах лечения [55]. В 2007 году D. Townshend и M. Greiss представили работу, в которой осветили результаты эндопротезирования второго плюснефалангового сустава керамическими имплантатами 9 пациентам, 6 из которых были с БФК [103]. При этом, авторы сообщают, что 2 пациентам ранее уже проводилось хирургическое лечение с неудачным исходом. Исходы лечения оценили следующим образом: 6 «отличных» результатов, 2 «хороших» и 1 «плохой», который был связан с интраоперационным осложнением в виде перелома основной фаланги пальца. В 2021 году N. Saragas с коллегами разработали и представили трехкомпонентный эндопротез плюснефалангового сустава [94]. Конструкция протеза включает в себя титановые фалангеальный и плюсневый компоненты, а также полиэтиленовый вкладыш. Авторами были проведены механо-прочностные исследования разработанного имплантата, в том числе с использованием кадаверного материала, которые показали его стабильность при нагрузке и высокие прочностные характеристики. Авторы не внедрили эндопротез в клиническую практику, однако имплантат одобрен для испытаний этическим комитетом, и по заявлению разработчиков терминальные стадии БФК является одним из показаний для использования имплантата.

Отдельно можно выделить метод лечения пациентов, страдающих БФК с использованием микрохирургической техники. Так, в 2023 году F. Soldado представили клинический случай хирургического лечения 13-летнего пациента с БФК [100]. Авторы использовали костный лоскут на сосудистой ножке размером 7 мм × 3 мм, который был получен из латерального проксимального метафиза первой плюсневой кости. Этот лоскут был имплантирован в дорзальную часть головки пораженной плюсневой кости по направлению к ее центру, достигая

субхондральной области. По сообщению авторов, благоприятные клинические и рентгенологические результаты сохранялись в течение более 36 месяцев. Исследователи отмечают, что, основываясь на мощных васкулогенных и остеогенных свойствах костных лоскутов, эта новая методика может эффективно вызывать реваскуляризацию кости и предотвращать дальнейшее разрушение головки плюсневой кости. Однако, важно отметить, что данная методика применима лишь на ранних стадиях заболевания, при отсутствии дегенеративных изменений в суставе, и кроме того, требует особых навыков в микрохирургической технике.

Безусловно, систематизация подходов к хирургическому лечению имеет принципиальное значение в комплексной терапии пациентов с БФК. Анализируя все представленные в литературе методы хирургического лечения пациентов с БФК, японский исследователь I. Yoshimura с коллегами в 2023 году разработали алгоритм лечения таких пациентов в зависимости от стадии процесса [109]. Так, автор отмечает, что при первой стадии заболевания лечение исключительно консервативное. При второй и третьей стадии заболевания, сопровождающейся синовитом/свободными суставными телами/остеофитами методом выбора, служит дебридмент пораженного плюснефалангового сустава. При четвертой стадии заболевания, по мнению автора, при планировании хирургического вмешательства следует учитывать размер повреждения головки плюсневой кости: при маленьких размерах дефекта предпочтительно проведение корригирующей клиновидной остеотомии головки плюсневой кости, при больших размерах дефекта методом выбора служит остеохондропластика головки плюсневой кости. При пятой стадии заболевания авторы рекомендуют хирургам, планируя хирургическое вмешательство, учитывать потребности и ожидания пациента. Так, у пациентов, требующих восстановления адекватного объема движений, рекомендуется проводить интерпозиционную артропластику пораженного плюснефалангового сустава, в то время как, у пациентов с низким уровнем активности методом выбора служит эндопротезирование пораженного плюснефалангового сустава.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Дизайн исследования

Научная работа состоит из двух блоков, где первый – ретроспективное исследование результатов лечения пациентов, прооперированных в 2010-2020 г. на базе клиники, методом остеохондропластики, второй - рандомизированное проспективное сравнительное исследование результатов лечения двух групп пациентов усовершенствованным методом остеохондропластики и корригирующей остеотомией головки плюсневой кости (операция Gauthier). *Расчет выборки* для минимально необходимого количества пациентов проспективной части исследования был сделан исходя из гипотезы равенства (equality), и рассчитан исходя из первичных конечных точек (AOFAS). Для superiority сравнения с учетом 5% запланированных потерь потребуется по 16 пациентов при предполагаемых баллов AOFAS: 89.9 ± 7.1 в группе исследования и 81.8 ± 6.6 в группе сравнения, для выявления наличия или отсутствия 2 баллов превосходства (superiority margin) группы OAT над группой DSMWO, при 5% критическом уровне значимости и 80% мощности одностороннего U-критерия Манна-Уитни.

При расчете размера выборок использовалась формула [41]:

$$N = \left(\sigma \frac{z_{1-\alpha} + z_{1-\beta}}{\mu - \mu_0 - \delta} \right)^2,$$

$$1 - \beta = \Phi^{-1}(z - z_{1-\alpha}) + \Phi^{-1}(-z - z_{1-\alpha}), z = \frac{\mu - \mu_0 - \delta}{\sigma/\sqrt{N}}, \quad (1)$$

где

N – рассчитываемый размер выборки

σ – стандартное отклонение

Φ – функция распределения стандартного нормального распределения

Φ^{-1} – функция квантилей стандартного нормального распределения

α – ошибка первого рода (критический уровень значимости)

β – ошибка второго рода, где $1 - \beta$ – это мощность исследования.

δ – тестируемая величина превосходства

Распределение пациентов по группам проводилось методом простой рандомизации с использованием генерации случайной последовательности цифр.

В исследовании выделены две контрольных точки: 1-ая контрольная, при которой производили первичное обследование пациента, соответствовала моменту поступления пациентов стационар; 2-ая контрольная точка, при которой оценивали результаты лечения, соответствовала контрольному осмотру через 12 месяцев после лечения; промежуточные осмотры не учитывались.

2.2 Ретроспективный блок исследования

Проведен ретроспективный анализ историй болезни и амбулаторных карт и других материалов пациентов, страдающих болезнью Фрайберга – Келера, получивших хирургическое лечение в отделении патологии стопы и голеностопного сустава Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна в 2010–2020 годах. В исследование были включены 35 пациентов (4 (11 %) мужчин, 31 (89 %) женщина, средний возраст $38,6 \pm 11,5$), страдающих болезнью Фрайберга – Келера.

У всех пациентов болевой синдром оценивали по шкале VAS. Функциональные показатели оценивали по шкале AOFAS для малых лучей стопы, выбор данной шкалы для оценки, при всей присущей ей противоречивости, обусловлен ее безальтернативностью, так как не существует аналогов, оценивающих функциональные исходы хирургического лечения стопы [11]. Исследования проводили в день поступления пациента в стационар и через 12 месяцев после хирургического лечения путем анкетирования.

Сравнение изменений значений VAS и AOFAS до и после вмешательств проводилось критерием Вилкоксона. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости 0.05, т. е. различие считалось статистически значимым при достигнутом уровне $p < 0.05$.

2.3 Проспективный блок исследования

2.3.1 Материалы исследования

Материалом настоящего исследования послужил проспективный анализ историй болезни и амбулаторных карт 41 пациентов, страдающих БФК IV-V стадий, получивших хирургическое лечение на базе ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна в отделении патологии стопы и голеностопного сустава с 2020 по 2023 гг. Количество включенных в исследование пациентов обосновано статистическими методами. Из наблюдаемых пациентов мужчин было 3 (7,31%), женщин 38 (92,69%). В соответствии с дизайном исследования все пациенты были разделены на две группы методом простой рандомизации путем генерации случайной последовательности чисел. В группу исследования были включены 25 (61%) пациентов, в качестве метода хирургического лечения которым была выполнена остеохондропластика головки плюсневой кости аутооттрансплантатом (усовершенствованный метод остеохондропластики), в группу контроля было отобрано 16 (39%) пациентов, которым была проведена корригирующая остеотомия головки плюсневой кости по типу «закрытый клин» (операция Gauthier). В группу исследования вошли 2 (8%) мужчины и 23 (92%) женщины, средний возраст составил 36.0 ± 11.3 лет, в группу сравнения вошли 1 (6,25%) мужчина и 15 (93,75%) женщин, средний возраст составил 39.5 ± 13.6 лет. При этом, преимущественно отмечалось поражение головки 2ой плюсневой кости (35 пациентов (85,36%)), поражение головки третьей плюсневой кости встретилось у 6 пациентов (14,64%). Также отмечено существенное превалирование правой стороны поражения – 32 пациента (78,0%), левая стопа была поражена у 9 пациентов (22,0%).

Критерии включения в исследование:

- Пациенты с БФК головок плюсневых костей IV-V стадий.

Критерии невключения в исследование:

- Сопутствующие и фоновые заболевания стопы различного генеза (ревматоидная стопа, *pes cavus*, *pes planus*).
- Соматические заболевания на стадии декомпенсации (дыхательная, сердечно-сосудистая, почечная недостаточность и другая тяжелая соматическая патология, ограничивающая обычную трудовую и социальную активность пациентов)

Критерии досрочного выбывания из исследования:

1. Отзыв согласия пациента на участие в исследовании.
2. Нарушения пациентом протокола исследования.
3. Появление противопоказаний или любых состояний (событий), которые будут препятствовать проведению предусмотренных протоколом исследования лечебно-диагностических и реабилитационных мероприятий.
4. Нежелание или неспособность пациента выполнять требования протокола исследования, включая наличие любого состояния (физического, психического или социального), которое может повлиять на его способность соблюдать требования протокола.
5. Нежелательные явления, делающие участие пациента в исследовании невозможным либо приведшие к развитию неотложного медицинского состояния, требующего госпитализации.
6. Пациент выбыл из наблюдения (потерян контакт с пациентом).
7. Смерть пациента.

Пациенты двух исследуемых групп были сопоставимы по таким показателям как: пол, возраст, сторона поражения, пораженная головка плюсневой кости, количество койко-дней госпитализации, а также по клиническим, рентгенологическим и функциональным показателям ($p > 0,05$) (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика пациентов двух групп по отдельным показателям (N=41)

Название показателя	Сравнения N = 16	Исследования N = 25
пол, кол-во (%)	жен. – 15 (94%) муж. – 1 (6%)	жен. – 23 (92%) муж. – 2 (8%)
возраст, МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН – МАКС)	39.5 [31.8; 47.8] 39.5±13.6 (16.0 – 69.0)	36.0 [29.0; 44.0] 36.0±11.3 (14.0 – 59.0)
сторона поражения, (кол-во (%))	Л – 2 (12%) П – 14 (88%)	Л – 7 (28%) П – 18 (72%)
пораженная головка, (кол-во (%))	2 – 12 (75%) 3 – 4 (25%)	2 – 23 (92%) 3 – 2 (8%)
койко-дней, МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН – МАКС)	7.0 [4.8; 8.0] 6.6±2.4 (3.0 – 13.0)	7.0 [6.0; 7.0] 6.6±2.1 (3.0 – 12.0)

2.3.2 Методы исследования

При оценке результатов использовали клинический, рентгенологический, функциональный и статистический методы.

Клинический метод исследования

При клиническом исследовании оценивали жалобы на боль в области пораженного плюснефалангового сустава и переднего отдела стопы, на трудности и дискомфорт при ношении стандартной обуви, наличие проминирующего экзостоза в проекции пораженного плюснефалангового сустава. При визуальном осмотре оценивалось наличие тыльного экзостоза в области плюснефалангового сустава, наличие и вид деформации пальца, сопутствующая деформация переднего отдела стопы.

Измерение объема пассивных движений в пораженном плюснефаланговом суставе проводилось с использованием гониометра.

С целью оценки адаптации пальца к поверхности всем пациентам проводился тест «бумажной полоски» (рисунок 6). В ходе теста под подушечку ногтевой фаланги пальца подкладывали полоску бумаги (1х7см) и просили пациента прижать ее пальцем. Далее осуществляли тягу за свободный край бумажной полоски. Тест считался положительным, если бумажная полоска вынималась легко, что свидетельствовало о сниженной опороспособности пальца [15].



Рисунок 6 – Клинический пример пациентки У., 1998 г.р. из группы исследования, представлены фотографии, демонстрирующие проведение теста «бумажной полоски»: А – полоска уложена под палец пациента; Б – осуществлена тяга по оси, полоска вынимается без повреждений, тест считается положительным

Все пробы проводились при поступлении пациентов в стационар предоперационном периоде и через 12 месяцев после операции амбулаторно на контрольном осмотре.

Лучевые методы исследования

Рентгенография. Оценку рентгенологических показателей осуществляли путем рентгенографии обеих стоп в прямой и боковой проекциях в опоре до операции, через 6 недель и через один год после операции. На стандартных рентгенограммах оценивали сохранность линии Лельевра (высота головки), наличие параартикулярных экзостозов, вовлеченность основной фаланги в дегенеративный процесс, наличие и размер некротического фрагмента, наличие

подвывиха пальца, соответствующего пораженной головке. На прямой рентгенограмме стопы оценивалась высота и ширина головки пораженной плюсневой кости (рисунок 7). Кроме того, для оценки восстановления анатомии головки плюсневой кости и стабильности фиксации, всем проводили интраоперационный рентген-контроль.

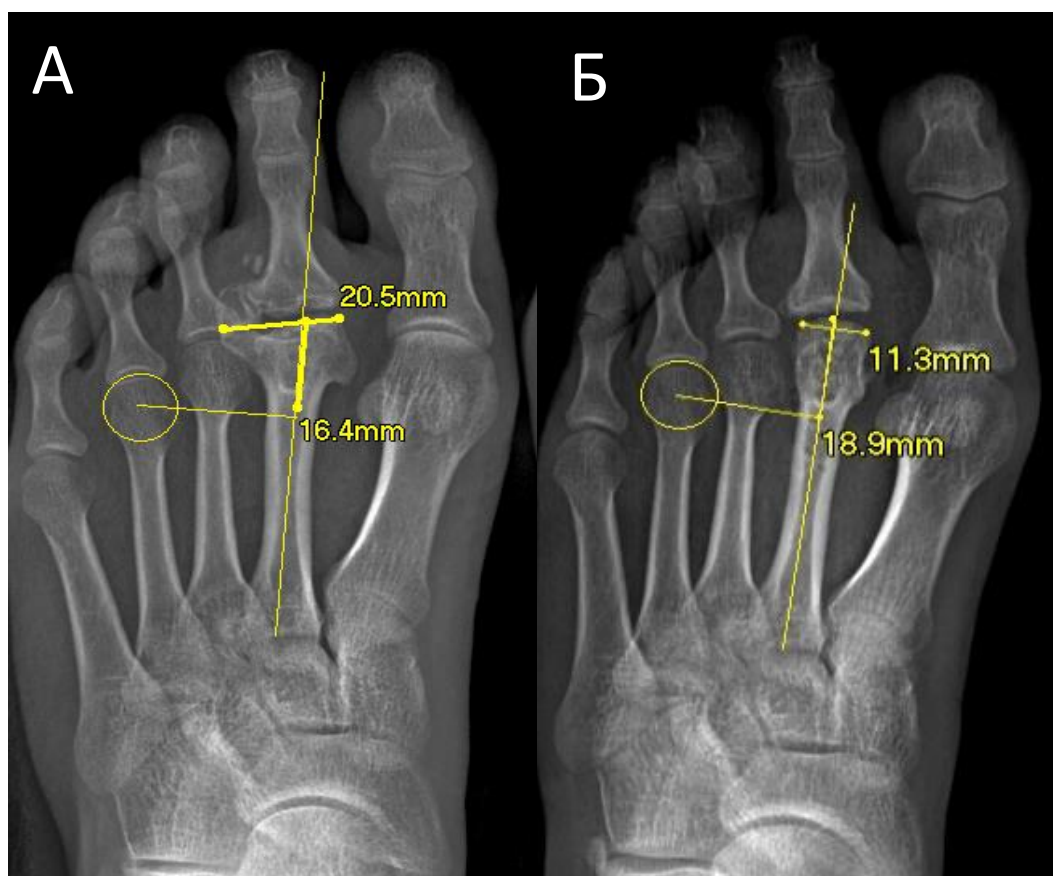


Рисунок 7 – Клинический пример пациентки У., 1998 г.р. из группы исследования, представлены рентгенограммы стопы пациента в прямой проекции: А – рентгенограмма до операции, на снимке продемонстрированы высота (16,4мм) и ширина (20,5мм) головки пораженной плюсневой кости; Б – рентгенограммы через 12 месяцев со дня операции, на снимке заметны изменения высоты(18,9мм) и ширины (11,3мм) головки плюсневой кости, металлофиксаторы удалены

Томографический метод. При планировании хирургического вмешательства всем пациентам проводилось МСКТ-исследование в предоперационном периоде, и

выборочно при оценке результата через 12 месяцев. На основании МСКТ-исследования определялось наличие и степень подвывиха пальца, величина и смещение тыльного некротизированного фрагмента, величина сохранной подошвенной части головки плюсневой кости (рисунок 8).



Рисунок 8 – Клинический пример пациентки З. 1967г.р. из группы сравнения, представлен сагиттальный МСКТ-срез стопы пациента; отмечается наличие тыльного экзостоза, сохранность нижней 1/3 головки плюсневой кости, склеротические изменения в ней

Функциональный метод исследования

Функциональный метод исследования проводился в день поступления пациента в стационар и через 12 месяцев после хирургического лечения путем анкетирования. Болевой синдром оценивали по шкале VAS (приложение А), функциональные показатели оценивали по шкале AOFAS для переднего отдела стопы (приложение Б), качество жизни пациента оценивали по шкале MOXFQ (приложение В).

Клинические, рентгенологические и функциональные результаты сводились в единую систему оценки, которые была разработана и принята в клинике (таблица 2) [15].

Таблица 2 – Варианты исходов хирургического лечения пациентов

	Общая характеристика
Хороший исход	Интраоперационно фиксация костных структур была надежная, без флотирующих фрагментов и щелей между ними; сочленяющиеся кости плотно прилегают друг к другу, согласно клинической оценке достигнута полная коррекция. Рентгенография стопы подтверждает коррекцию костных структур, правильность установки конструкции, отсутствие пустот между сочленяющимися костями, отсутствие остаточных деформаций, дислокаций костей; непосредственно сам пациент при этом удовлетворен функциональным и косметическим результатом операции.
Удовлетворительный исход	Интраоперационно фиксация костных структур была надежная, но определяются щели между сочленяющимися костями, при необходимости фиксация дополнительно осуществлялась при помощи дополнительных фиксаторов. Рентгенография стопы подтверждает частичную коррекцию костных структур, правильность установки конструкции, отсутствие пустот между сочленяющимися костями, а также частичное наличие остаточных деформаций и дислокаций костей. При всем этом пациент в таком случае все равно остается удовлетворен функциональным и косметическим результатом операции, то есть его качество жизни, несмотря на удовлетворительный результат хирургического лечения, не ухудшается.
Неудовлетворительный исход	Интраоперационно костные фрагменты были установлены с вынужденным искусственным деформированием, а также с привлечением дополнительных средств фиксации и/или костной аутопластики. Фиксация костных структур условная, определяются щели между сочленяющимися костями. Рентгенография стопы подтверждает недостаточную коррекцию костных структур, неточность установки конструкции, наличие пустот между сочленяющимися костями, а также остаточные деформации и дислокации костей. Сам пациент при этом остается не удовлетворен функциональным и косметическим результатом операции.

Статистический метод исследования

Для описания показателей, собираемых в ходе исследования, была использована описательная статистика.

Дескриптивные статистики непрерывных показателей рассчитывались в виде медиана [первый квартиль; третий квартиль] (МЕД [Q1; Q3]), среднее $\pm$ стандартное отклонение (СРЕД $\pm$ СО) и минимальное – максимальное значения (МИН – МАКС); у категориальных показателей определялось количество пациентов (частота) для каждой категории, у бинарного показателя негативных результатов вмешательства определялось количество и частота событий.

Сравнение изменений непрерывных значений до и после вмешательств проводилось критерием Вилкоксона. Сравнения между группами исследования и сравнения у непрерывных показателей проводилось U-критерием Манна-Уитни. Для оценки абсолютной и относительной величины различия производился соответственно расчет псевдомедианы и стандартизованного среднего разностей значений с построением 95% доверительных интервалов (95%ДИ). Парные связи оценивали расчетом коэффициентов корреляции Спирмена. Между группами исследования и сравнения значения категориальных и бинарных показателей сравнивали точным двусторонним критерием Фишера. Изменения категориальных и бинарных показателей до и после вмешательств в группах исследования и сравнения исследовали критерием Мак-Немара.

Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости 0.05, т.е. различие считалось статистически значимым при достигнутом уровне $p < 0.05$

2.3.3 Хирургическая техника

Все пациенты обеих групп были госпитализированы в отделение патологии стопы и голеностопного сустава ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна в плановом порядке. На амбулаторном этапе пациентам проводились все инструментальные и лабораторные исследования, консультации узких специалистов в соответствии с требованием предоперационного протокола. При поступлении пациентов в стационар проводился клинический осмотр пациента, анкетирование, а также рентгенологическое и томографическое исследование. На следующий день было

выполнено хирургическое лечение. Пациентам накануне назначалась предоперационная подготовка, а именно:

1. Феназепам 1 таблетка (500мг) на ночь
2. Компрессионный трикотаж на контралатеральную конечность.
3. Бритье волосяного покрова на оперируемой конечности до коленного сустава.
4. 3-х кратное мытье ноги с мылом.
5. Обработка ногтей лож антисептиком.
6. Бинтование оперируемой стопы стерильным бинтом.
7. Внутривенное введение антибиотика за 30 минут до кожного разреза

Хирургическое вмешательство проводилось в условиях чистой операционной под спинномозговой анестезией, в положение пациента «на спине», под оперируемую конечность подкладывался валик. Все хирургические вмешательства проводились в условиях регионарного обескровливания посредством «пневможгута» на верхней трети бедра. Оперируемая конечность трехкратно обрабатывалась кожным антисептиком до уровня коленного сустава.

Метод хирургического лечения пациентов группы сравнения

Всем пациентам группы сравнения с целью коррекции деформации пораженной головки плюсневой кости проводили операция Gauthier (удаление некротического очага, дебридмент плюснефалангового сустава, корригирующая внутрисуставная остеотомия головки по типу «закрытый клин» внутренняя фиксация).

После обработки операционного поля хирургический доступ длиной 5см проводили по тылу стопы над пораженным лучом от середины основной фаланги пальца на 3 см проксимальнее плюснефалангового сустава. Послойно рассекали кожу, подкожно-жировую клетчатку, выделяли и отсекали капюшонную связку, мобилизовали сухожилия разгибателей пальцев и отводили в сторону, чем обеспечивали доступ к суставной капсуле. Капсулу сустава вскрывали дугообразным разрезом и острым путем отслаивали от подлежащих костей, обнажали плюснефаланговый сустав. Далее проводили дебридмент

плюснефалангового сустава: удаляли свободнолежащие остеохондральные фрагменты, резецировали параартикулярные экзостозы и участки отслоенного суставного хряща. Далее под визуальным контролем локализовали границу интактного хряща с подошвенной поверхности головки плюсневой кости, чем определяли истинный размер дефекта головки плюсневой кости. Осциляторной пилой выполняли тыльный и подошвенный опил кости по границам некротического фрагмента в сходящемся направлении с вершиной на уровне метафиза плюсневой кости, тем самым резецируя некротический фрагмент. Далее резецированный фрагмент удаляли зажимом. Подошвенный фрагмент головки плюсневой кости сближали с тыльным, и транслировали дистально с целью сохранения длины плюсневой кости и, соответственно, формы метатарзальной параболы. Осуществляли фиксацию компрессирующим винтом. Далее проводили интраоперационный ЭОП-контроль, при котором оценивали угол наклона головки плюсневой кости, длина плюсневой кости и ее соответствие метатарзальной параболе длин, корректность установки металлоконструкций. Далее послойно ушивали разрез, узловые швы на кожу. Снимали турникет с целью оценки кровоснабжения пальца и контроля гемостаза. Накладывали асептическую повязку. В послеоперационном периоде проводились перевязки, физиотерапевтическое лечение, разгрузка оперированной конечности.

Метод хирургического лечения пациентов группы исследования

Всем пациентам группы исследования проводили хирургическое лечение болезни Фрайберга-Келера в объеме: полной некрэктомии, формирования ложа для остеохондрального аутотрансплантата предложенным способом (заявка на изобретение № 2025123099 от 21.08.2025, Российская Федерация), взятия остеохондрального аутотрансплантата из преахиллярной области, остеохондропластики головки плюсневой кости аутотрансплантатом с внутренней фиксацией.

После обработки операционного поля, выполняли хирургический доступ длиной 5см проводился по тылу стопы над пораженным лучом от середины основной фаланги пальца на 3 см проксимальнее плюснефалангового сустава.

Послойно рассекали кожу, подкожно-жировую клетчатку, выделяли и отсекали капюшонную связку, мобилизовали сухожилия разгибателей пальцев и отводили в сторону, чем обеспечивали доступ к суставной капсуле (рисунок 9 А, Б). Капсулу сустава вскрывали дугообразным разрезом и острым путем отслаивали от подлежащих костей по тылу плюснефалангового сустава, избегая ее отслойки от боковых стенок, обнажали плюснефаланговый сустав (рисунок 9 В).

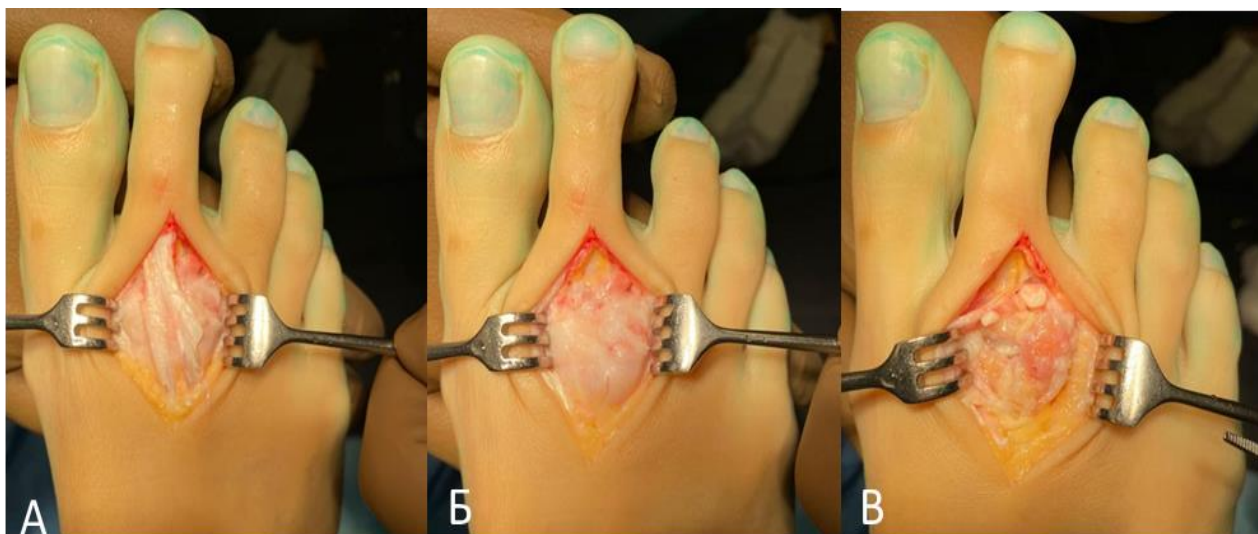


Рисунок 9 – Интраоперационное фото пациентки У. 1998 г.р., на фотографии представлены этапы хирургического доступа к плюснефаланговому суставу:

А – рассечены кожа и подкожно-жировая клетчатка, выделены сухожилия разгибателей, отмечены их выраженные дегенеративные изменения; Б – сухожилия мобилизованы и отведены в сторону, обнажена капсула сустава; В – капсула сустава вскрыта, отмечается наличие одного крупного и множества мелких свободнолежащих остеохондральных фрагментов

Далее проводили дебридмент плюснефалангового сустава: удаляли свободнолежащие остеохондральные фрагменты, резецировали параартикулярные экзостозы и участки отслоенного суставного хряща (рисунок 10 А-В). Далее под визуальным контролем локализовали границу интактного хряща с подошвенной поверхности головки плюсневой кости, чем определяли истинный размер как дефекта, так и зоны некроза головки плюсневой кости (рисунок 10, Г).



Рисунок 10 – Интраоперационное фото пациентки У. 1998 г.р. из группы исследования, на фотографиях представлен этап дебридмента второго плюснефалангового сустава: А – резекция и удаление свободнолежащих остеохондральных фрагментов; Б – вид головки плюсневой кости после дебридмента; В – резецированные экзостозы и удаленные остеохондральные фрагменты; Г – локализация границы интактного хряща с подошвенной поверхности головки плюсневой кости, визуализирована область дефекта головки

Удаление некротизированной части головки плюсневой кости проводили попеременно костными кусачками Люэра и осцилляторной пилой по границе здорового хряща с сохранением подошвенной опорной части головки и формированием костных боковых стенок, что становится ложем для

остеохондрального аутотрансплантата. При этом, избегали этап тотального скелетирования головки плюсневой кости, сохраняли интактными коллатеральные связки и боковые отделы капсулы сустава. Примечательно, что форма ложа пригодна для пресс-фит фиксации остеохондрального аутотрансплантата. Целью предлагаемого метода является сохранение сосудов, питающих головку плюсневой кости, а именно: ветвей подошвенных плюсневых артерий, а также анастомозов между подошвенными и тыльными артериями в области прикрепления коллатеральных связок.

Можно считать, приведенную аргументацию обоснованием преимуществ оригинального метода остеохондропластики над операцией Gauthier, в ходе которой существует высокий риск повреждения перечисленных сосудистых образований.

Таким образом, формировали ложе в головке плюсневой кости, состоящее из 3х взаимноперпендикулярных плоскостей костных опилов, формирующих опорную плантарную, латеральную и медиальную стенки. Далее острым инструментом кость обрабатывали до «кровяной росы», проводилась многонаправленная остеоперфорация и вскрывали костномозговой канал. Таким образом ложе трансплантата было сформировано (рисунок 11). Линейкой проводили замеры длины, ширины и глубины паза для определения размеров и формы предполагаемого остеохондрального трансплантата.

Следующим этапом проводили взятие остеохондрального трансплантата. Производили продольный доступ по наружной поверхности пяточной кости, отступя 1см от наружного края ахиллова сухожилия. Скелетировали пяточную кость и преахиллярную область, острым путем вскрывали преахиллярную сумку, визуализировали место инсерции ахиллова сухожилия. Проводили разметку забираемого остеохондрального трансплантата в соответствии с размерами ложа в головке плюсневой кости. Осцилляторной пилой производили два взаимно перпендикулярных распила кости. Таким образом получали остеохондральный аутотрансплантат (рисунок 12).

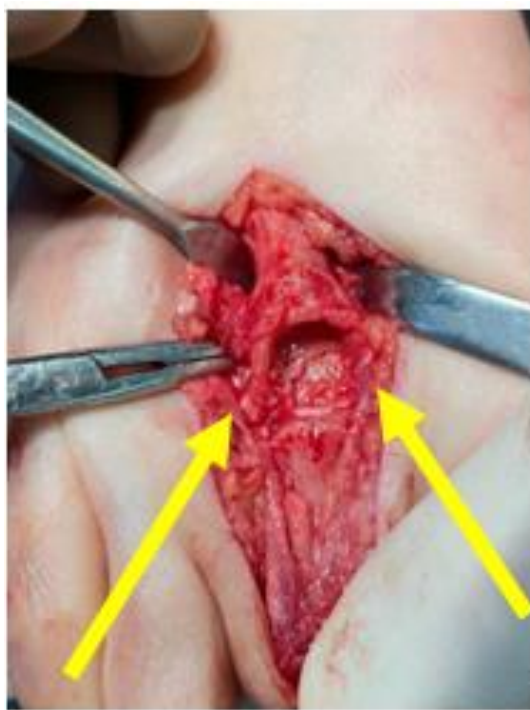


Рисунок 11 – Интраоперационное фото пациентки П. 1982 г.р. из группы исследования, на фотографиях представлен этап формирования ложа трансплантата по оригинальному методу (стрелками указаны латеральная и медиальные стенки головки плюсневой кости)

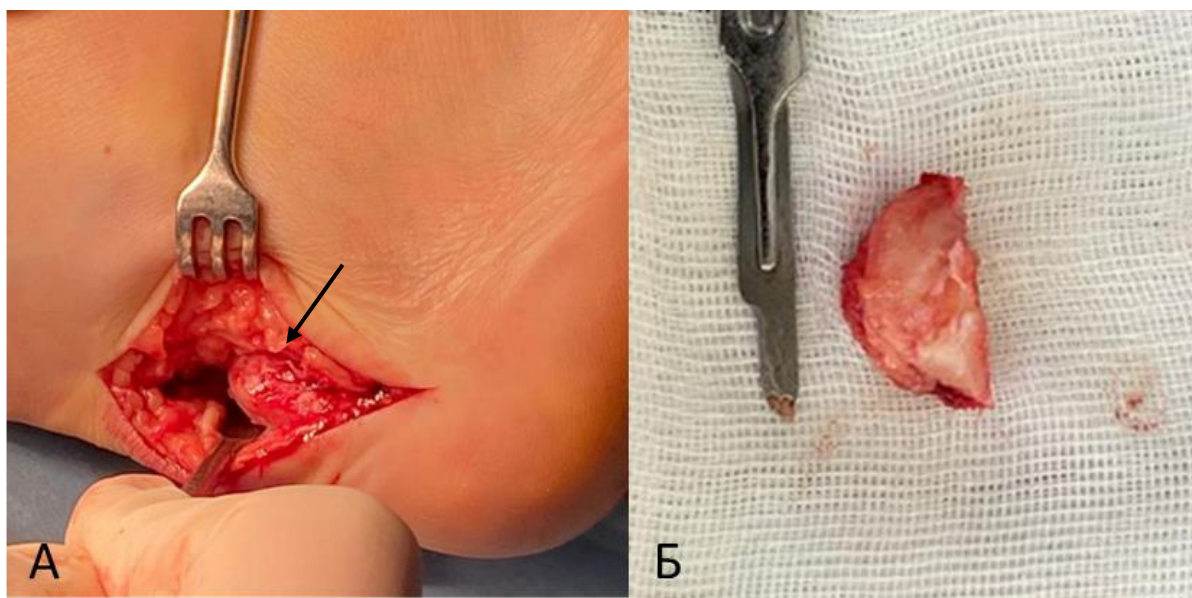


Рисунок 12 – Интраоперационные фото пациентки П. 1982 г.р. из группы исследования, на фотографиях представлен этап взяти аутотрансплантата: А – выделена преахиллярная область, визуализировано место инсерции ахиллова сухожилия (стрелка); Б – вид полученного аутотрансплатата, хрящевая часть обращена к хирургу

Далее производили окончательное моделирование трансплантата под область паза в головке плюсневой кости. Трансплантат укладывался в ложе, проводилась его пресс-фит фиксация импактором (рисунок 13). При этой манипуляции отмечали редукцию подвывиха пальца. Выполняли ЭОП-контроль, при котором оценивали достигнутую степень восстановления суставной поверхности, длину плюсневой кости и ее соответствие метатарзальной параболе длин. При благоприятном ЭОП-контроле проводилась окончательная фиксация трансплантата внутренними конструкциями.

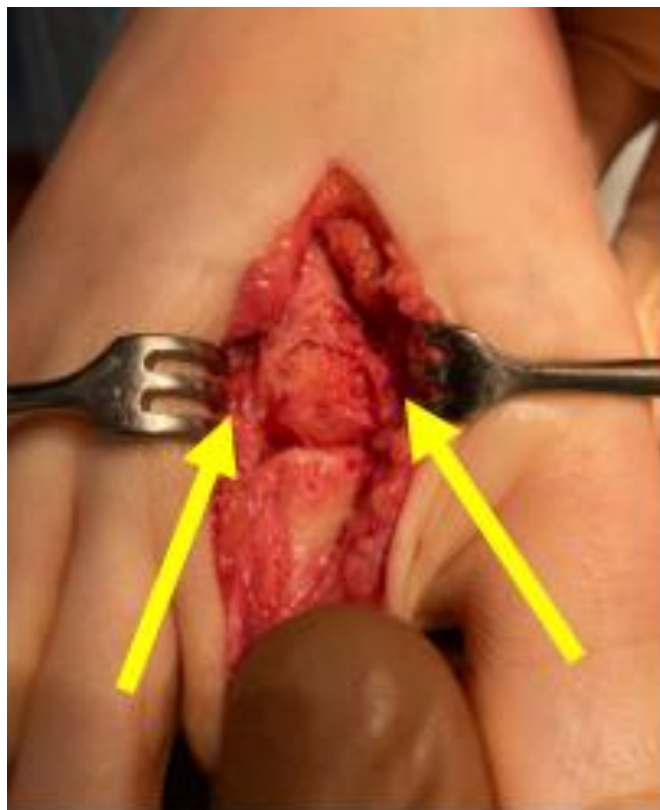


Рисунок 13 – Интраоперационное фото пациентки П. 1982 г.р. из группы исследования, на интраоперационных фотографиях представлен этап аутотрансплантата в ложе, сформированное в головке плюсневой кости (стрелками указаны латеральная и медиальные стенки головки плюсневой кости)

После окончательной фиксации трансплантата выполняли ЭОП-контроль, при котором оценивалась коррекция установки фиксаторов. С бедра снимали

турникет, оценивали кровоснабжение пальца стопы и гемостаз в ране. Рану ушивали послойно, узловые швы на кожу. Накладывали асептическую повязку.

В послеоперационном периоде всем пациентам проводились перевязки 1 раз в 2-3 дня, профилактическая антикоагулянтная терапия по протоколу, физиотерапевтическая терапия, а также осуществлялась работа с инструктором ЛФК. Всем пациентам был рекомендован ортопедический режим: 4 недели иммобилизации в гипсовой лангетной повязке без нагрузки на оперированную стопу, далее смена иммобилизации на ортопедический башмак с разгрузкой переднего отдела стопы (туфель Барука) и ходьба с тростью еще 2 недели. На контрольный осмотр пациенты были приглашены через 6 недель со свежими рентгенограммами оперированной стопы. При условии благоприятного течения послеоперационного периода и наличия признаков консолидации по рентгенограмме, пациентам расширяли ортопедический режим, разрешая допускать возрастающую нагрузку в стандартной обуви и давали рекомендации по восстановительному лечению.

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ГРУППЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В группу ретроспективного исследования вошли 35 пациентов, все пациенты были прооперированы с болезнью Фрайберга – Келера. Все пациенты были прооперированы способом остеохондропластики, ранее разработанным в клинике ФГБУ «ННИИТО им.Я.Л.Цивьяна» Минздрава России (патент на изобретение РФ № 2712005, 2020г.). Всем пациентам проводили ревизию зоны пораженной головки плюсневой кости, некрэктомию, взятие остеохондрального трансплантата из преахиллярной зоны ипсилатеральной стопы, замещение дефекта головки остеохондральным аутооттрансплантатом.

При оценке динамики рентгенологических показателей в 34 (97 %) клинических наблюдениях отмечено восстановление высоты головки (линии Леливра), устранение подвывиха пальца. У 10 пациентов (29 %) при рентгенологической оценке отмечено прогрессия дегенеративных изменений, преимущественно у пациентов с наиболее запущенными стадиями заболевания (рисунок 14).

Средний показатель интенсивности болевого синдрома по шкале VAS на момент поступления пациентов в стационар составлял – $59,1 \pm 13,7$ (40,0–80,0). Функция переднего отдела стопы на момент поступления оценивалась по шкале AOFAS, при этом средний показатель составил – $62,3 \pm 11,6$ (42,0–80,0). На контрольном осмотре через 12 месяцев средний показатель интенсивности болевого синдрома по шкале VAS составил $31,4 \pm 9,0$ (20,0–50,0). Показатель функции переднего отдела стопы по шкале AOFAS увеличился до $76,9 \pm 8,6$ (62,0–90,0) после операции (таблица 3).



Рисунок 14 – Клинический пример пациента П. 35 л. (а/к № 675620) из группы ретроспективного исследования, представлены рентгенограммы стопы в прямой проекции, где А – рентгенограмма стопы до операции, Б – рентгенограмма стопы через 16 месяцев, после удаления металлоконструкций, при этом можно отметить выраженные дегенеративные изменения плюснефлангового сустава, снижение высоты суставной щели, наличие параартикулярных экзостозов

Таблица 3 – Результаты хирургического лечения пациентов группы ретроспективного исследования

Показатель	до ME [Q1; Q3] M±SD (min – max)	после ME [Q1; Q3] M±SD (min – max)	<i>p</i>
VAS	60 [50; 70] 59,14 ± 13,75 (40–80)	30 [25; 40] 31,43 ± 8,96 (20–50)	< 0,001*
AOFAS	63 [54; 73] 62,34 ± 11,62 (42–80)	77 [69; 84] 76,91 ± 8,6 (62–90)	< 0,001*

Примечание: критерий Вилкоксона; *p* – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.

Клинический пример 1

Пациент А. (ИБ № 22368) обратился на амбулаторный прием 11.11.2013 с жалобами на боль в области переднего отдела правой стопы, болезненный конфликт в обуви, ограничение движений во 2-ом плюснефаланговом суставе. Установлен диагноз: болезнь Фрайберга – Келера 2-го луча правой стопы на стадии фрагментации (IV ст. по Smillie). Пациента направили на хирургическое лечение. При госпитализации пациенту проводили дообследование и предоперационную подготовку, согласно протоколу, принятому в клинике. Пациент оперирован. Пациенту проводили: ревизию зоны пораженной головки плюсневой кости, некрэктомию, замещение дефекта головки остеохондральным аутооттрансплантатом, фиксация пластиной, взятие остеохондрального трансплантата из преахиллярной зоны ипсилатеральной стопы. В послеоперационном периоде проводили перевязки, физиотерапевтическое лечение. Ортопедический режим включал в себя исключение нагрузки на стопу в течение 6 недель, иммобилизацию оперированной стопы гипсовой шиной. После окончания иммобилизации разрешали дозированную нагрузку на стопу и реабилитацию в условиях отделения восстановительного лечения. Пациента пригласили на контрольный осмотр через 12 месяцев со дня операции. При оценке результатов лечения, отметили снижение боли (VAS preOP – 60, VAS postOP – 20), хороший функциональный результат (AOFAS preOP – 46, AOFAS postOP – 82). Пациент носит стандартную обувь, отмечает отсутствие болезненного конфликта. При рентгенологическом исследовании отмечается восстановление линии Леливра, достаточная высота суставной щели, полная интеграция трансплантата (рисунок 15).

В ходе работы отметили ряд осложнений, а именно: у 3 (8,5%) пациентов в послеоперационном периоде наблюдалась клинически-значимая контрактура пораженного плюснефалангового сустава, у 1 (2,8%) пациента был отмечен коллапс латеральной части трансплантата, 1 (2,8%) пациент предъявлял жалобы на синдром «болезненного донорского места» и у 1 (2,8%) пациента в раннем

послеоперационном периоде развилась поверхностная инфекция области хирургического вмешательства, купированная консервативными методами.



Рисунок 15 – Клинический пример пациента А. 25л. (ИБ № 22368) из группы ретроспективного исследования, представлены рентгенограммы стопы в прямой проекции, где А – рентгенограмма стопы до операции, Б – рентгенограмма стопы через 12 месяцев, отмечается восстановление высоты головки плюсневой кости, равномерность суставной щели плюснефалангового сустава, хороший результат

Резюмируя проведенный ретроспективный анализ результатов лечения пациентов, можно сделать вывод, что разработанный ранее в ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России метод остеохондропластики головки плюсневой кости позволяет достичь благоприятных исходов, в частности улучшения функциональных показателей и снижения болевого синдрома при удовлетворительном косметическом результате. Однако, важно отметить, что анализ структуры осложнений, говорит о необходимости более деликатного отношения с мягкими тканями, а именно, с коллатеральными связками плюснефалангового сустава и суставной капсулой, а также о создании условий для

более стабильной фиксации трансплантата при уменьшении объема имплантируемых металлоконструкций.

ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ГРУПП ПРОСПЕКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Результаты хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера в группе сравнения

В группу сравнения вошли 16 пациентов – 1 (6%) мужчина и 15 (94%) женщин, средний возраст составил 39.5 ± 13.6 лет. Все пациентам группы сравнения в качестве метода лечения БФК операция Gauthier (удаление некротического очага, дебридмент плюснефалангового сустава, корригирующая внутрисуставная остеотомия головки по типу «закрытый клин» внутренняя фиксация).

4.1.1 Оценка клинических результатов лечения пациентов в группе сравнения

Проведен анализ динамики клинических данных у пациентов группы сравнения, оценка клинических исходов лечения проведена через 12 месяцев после хирургического вмешательства.

При оценке деформации пораженного луча стопы определили наличие тыльного проминирующего экзостоза над пораженным плюснефаланговым суставом у 12 (75%) пациентов.

Объем активных движений в пораженном плюснефаланговом суставе составил $7,27^\circ \pm 2,83$, тогда как, объем пассивных движений составил $12,62^\circ \pm 3,72$. Тест на удержание бумажной полоски был положительным у 13 (81,3%) пациентов.

При оценке клинических результатов лечения через 12 месяцев после операции все (100%) пациенты отметили отсутствие проминирующих экзостозов над пораженным плюснефаланговым суставом. Объем активных движений составил $10,82^\circ \pm 3,43$, пассивных движений – $15,56^\circ \pm 2,41$. Оценка опорной функции пальца стопы методом теста «бумажной полоски» продемонстрировала хороший результат у 8 (50%) пациентов. У 1 (6%) пациента отметили латеральную девиацию

пальца на уровне плюснефалангового сустава. Таким образом, у 8 (50%) пациентов отмечено значительное улучшение клинических показателей, что выражалось в отсутствии проминирующего экзостоза, снижении болевого синдрома, а также в улучшении функциональных показателей, а именно: увеличение объема активных и пассивных движений, восстановления адаптации пальца к поверхности опоры (таблица 4).

Таблица 4 – Клинические результаты лечения пациентов в группе сравнения

Параметры	До операции	Через 12 месяцев после операции	<i>p</i>
Объем активных движений, °. СРЕД±СО	7,27 ± 2,83	10,82 ± 1,43	<0,001*
Объем пассивных движений, °. СРЕД±СО	12,62 ± 2,72	15,56 ± 2,41	<0,001*
Положительный тест бумажной полоски, n (%)	13 (81,3%)	8 (50%)	0,132
Примечание: критерий Вилкоксона; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

4.1.2 Оценка рентгенологических результатов лечения пациентов в группе сравнения

Рентгенологическим методом проведена оценка качественных и количественных показателей хирургического лечения.

При рентгенологической оценке результатов лечения деформации малых лучей стопы использовали стандартные рентгенограммы стопы в прямой и боковой проекции в опоре. Так, в прямой проекции определяли высоту и ширину головки пораженной плюсневой кости. Средняя высота головки до операции составила – $14,34 \pm 2$ мм, средняя ширина головки – $15,02 \pm 1,37$ мм. В боковой проекции

оценивали наличие подвывиха пальца в плюснефаланговом суставе. Подвывих определен у 8 (50%) пациентов.

При рентгенологической оценке результатов лечения через 12 месяцев в группе сравнения отмечено во всех случаях отсутствие параартикулярных оссификатов и экзостозов. Примечательно, что хирургическая методика, применяемая у пациентов в группе сравнения, обеспечивала удаление свободнолежащих костно-хрящевых образований, являющихся производными некротического фрагмента головки плюсневой кости. При этом, у 5 (31,2%) пациентов связанная с основным массивом головки часть некротически измененной кости осталась в составе ротируемого дистального фрагмента головки.

Принципиальным моментом при оценке результата через 12 месяцев оказалось недостаточное восстановление высоты головки плюсневой кости (и, соответственно, длины плюсневой кости), что привело 6 (43,7%) случаев к нарушению линии Лельевра. Таким образом, не смотря на достоверное изменение высоты головки плюсневой кости, данный показатель расценен как недостаточный. Так, средняя высота головки плюсневой кости составила $15,57 \pm 1,08$ мм, средняя ее ширина – $10,86 \pm 0,6$ мм. У 1 (6%) пациента определялась латеральная девиация пальца на 10° . Кроме того, у 1 (6%) пациента отмечено прогрессирование дегенеративных изменений в плюснефаланговом суставе, узурация суставных поверхностей, снижение суставной щели (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика рентгенологических изменений в группе сравнения

Параметры	До операции	Через 12 месяцев после операции	<i>p</i>
Высота головки, мм СРЕД±СО	$14,34 \pm 2$	$15,57 \pm 1,08$	$<0,001^*$
Ширина головки, мм СРЕД±СО	$15,02 \pm 1,37$	$10,86 \pm 0,6$	$<0,001^*$
Подвывих пальца в боковой проекции, n (%)	8 (50%)	4 (25%)	0,057
Примечание: критерий Вилкоксона; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

4.1.3 Оценка функциональных результатов лечения пациентов в группе сравнения

Проведен анализ динамики функциональных результатов лечения у пациентов группы сравнения, который был проведен через 12 месяцев после хирургического вмешательства.

При оценке болевого синдрома в области пораженного плюснефалангового сустава, согласно шкале VAS, исходные данные в группе составляли $59,38 \pm 11,38$ баллов. При оценке через 12 месяцев после лечения отмечено снижение болевого синдрома, цифры которого по VAS составили $34,38 \pm 13,02$ балла.

Примечательно, что на исход лечения и динамику болевого синдрома влияла степень выраженности деформирующего артроза плюснефалангового сустава. У 1 (6%) пациента на контрольном осмотре показатель болевого синдрома ухудшился (достигая 70 баллов), что связано с осложнением хирургического лечения, а именно: прогрессированием аваскулярного некроза головки плюсневой кости и деформирующего артроза плюснефалангового сустава. При оценке функции переднего отдела стопы, согласно опроснику AOFAS, исходный показатель составлял $46,68 \pm 10,33$. В свою очередь, через 12 месяцев после хирургического лечения средний показатель функции переднего отдела стопы по шкале AOFAS увеличился до $63,5 \pm 12,7$ баллов.

Кроме того, отмечено статистически значимое повышение качества жизни пациентов, в виде того, что пациенты восстановили полноценный образ жизни (носят стандартную обувь, не имеют ограничений в повседневной и рекреационной активности), при этом показатель качества жизни MOXFQ улучшился с $64,54 \pm 7,75$ баллов в предоперационном периоде до $52,86 \pm 8,01$ баллов после лечения (таблица 6).

Таблица 6 – Динамика функциональных результатов лечения пациентов в группе сравнения

Параметры	До операции	Через 12 месяцев после операции	<i>p</i>
VAS, баллы СРЕД±СО	59,38 ± 11,38	34,38 ± 13,02	<0,001*
АOFAS, баллы СРЕД±СО	46,68 ± 10,33	63,5 ± 12,7	0,003*
МОХFQ, баллы СРЕД±СО	64,54 ± 7,75	52,86 ± 8,01	0,001*
Примечание: критерий Вилкоксона; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

Таким образом, анализ клинических, рентгенологических и функциональных результатов лечения выявил положительную динамику течения заболевания под влиянием операции Gauthier

4.1.4 Оценка исходов лечения пациентов в группе сравнения

Окончательные результаты клинических, рентгенологических и функциональных методов исследования сгруппированы для итоговой оценки и отображены в таблице 7.

Таблица 7 – Итоговая оценка результатов лечения пациентов в группе сравнения через 12 месяцев

Исход хирургического лечения	n(%)
хороший	8 (50%)
удовлетворительный	4 (25%)
неудовлетворительный	4 (25%)

У 8 (50%) пациентов получен хороший исход лечения. Неудовлетворительные результаты лечения получены у 4 пациентов (25%). Примечательно, что у 1-го (6,25%) пациента болевой синдром был в результате

асептического некроза головки плюсневой кости; у 1го (6,25%) – в связи с остаточным подвывихом и девиацией пальца; у 2-ух пациентов имелась трансферная метатарззальгия в связи с нарушением линии Лельевра.

Таким образом, итоговая оценка результатов лечения пациентов группы сравнения показала, что метод корригирующей остеотомии головки плюсневой кости по типу «закрытый клин», безусловно, имеет хорошие результаты, однако не позволяет в полной мере добиться коррекции деформации и не обеспечивает полноценного воздействия на патологический процесс.

Клинический пример 2

Пациентка Л. 1998 г.р. ИБ№182735. Обратилась на амбулаторный прием в ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна, где была амбулаторно обследована, установлен диагноз: Болезнь Фрайберга-Келера головки 2-ой плюсневой кости IV стадии. Пациентке проведена операция Gauthier (удаление некротического очага, дебридмент плюснефалангового сустава, корригирующая внутрисуставная остеотомия головки по типу «закрытый клин» внутренняя фиксация), в послеоперационном периоде без особенностей, заживление первичным натяжением, выписана на 3 сутки после операции, рекомендации выполнены в полном объеме. На контрольном осмотре через 12 месяцев пациентка предъявила жалобы на остаточную деформацию 2-го пальца стопы, а именно: на его латеральную девиацию, молоткообразную деформацию и отсутствие опорности. Пациентка была направлена на хирургическое лечение с целью коррекции деформации пальца (рисунок 16).



Рисунок 16 – Клинический пример пациентки Л. 1998 г.р. из группы сравнения. Представлены рентгенограммы стопы в прямой и боковой проекции, где А, Г – рентгенограммы стопы в прямой и боковой проекции до операции, Б – контрольная рентгенограмма стопы через 6 недель после операции, В, Д – контрольные рентгенограммы стопы через 12 месяцев после операции, на которых отмечается латеральная девиация пальца стопы, его молоткообразная деформация, а также подвывих в плюснефаланговом суставе

4.2 Результаты хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера в группе исследования

В группу исследования вошли 25 человек – 2 (8%) мужчины и 23 (92%) женщины, средний возраст составил $36,0 \pm 11,3$ лет, которым с целью коррекции

деформации была проведена остеохондропластика головки пораженной плюсневой кости аутотрансплантатом из преахиллярной области.

4.2.1 Оценка клинических результатов лечения пациентов в группе исследования

Изучена динамика изменений клинических показателей у пациентов группы исследования, контрольная оценка результатов проводилась через 12 месяцев после операции.

При клиническом обследовании у 22 (88%) пациентов был определен болезненный проминирующий экзостоз над пораженный лучом стопы. Объем активных движений в плюснефаланговом суставе составил $7,87 \pm 3,21^\circ$, объем пассивных движений составил $13,12 \pm 5,16^\circ$. Адаптация пальца к поверхности опоры, оцененная методом теста на удержание бумажной полоски, была нарушена у 21 (84%) пациента (таблица 8).

Таблица 8 – Клинические результаты лечения пациентов в группе исследования

Параметры	До операции	Через 12 месяцев после операции	<i>p</i>
Объем активных движений, °. СРЕД±СО	$7,87 \pm 3,21$	$15,06 \pm 3,94$	$<0,001^*$
Объем пассивных движений, °. СРЕД±СО	$13,12 \pm 5,16$	$17,04 \pm 5,27$	$<0,001^*$
Положительный тест бумажной полоски, n (%)	21 (84%)	5 (20%)	$<0,001^*$
Примечание: критерий Вилкоксона; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

Через 12 месяцев при контрольном осмотре все 25 (100%) пациентов отметили отсутствие проминирующего экзостоза в области головки пораженной плюсневой кости. При исследовании гониометром объема движений в

плюснефаланговом суставе определили, что средний объем активных движений составил $15,06 \pm 3,94^\circ$, средний объем пассивных движений – $17,04 \pm 5,27^\circ$. Нарушение адаптации пальца к поверхности опоры выявили у 5 (20%) пациентов, тест «бумажной полоски» был положительным.

4.2.2 Оценка рентгенологических результатов лечения пациентов в группе исследования

Динамика изменений клинической картины течения заболевания у пациентов группы исследования, на фоне преимуществ оригинального метода проявилась улучшением рентгенологических показателей (таблица 9).

Таблица 9 – Динамика рентгенологических изменений в группе исследования

Параметры	До операции	Через 12 месяцев после операции	<i>p</i>
Высота головки, мм. СРЕД $\pm$ СО	$17,56 \pm 1,99$	$19,36 \pm 1,16$	$<0,001^*$
Ширина головки, мм. СРЕД $\pm$ СО	$14,8 \pm 1,45$	$10,77 \pm 0,73$	$<0,001^*$
Подвывих пальца в боковой проекции, n (%)	17 (68%)	1 (4%)	0,019*
Примечание: критерий Вилкоксона; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

При проведении стандартного рентгенологического обследования пациентов группы исследования на рентгенограмме стопы в прямой проекции была определена средняя высота головки плюсневой кости – $17,56 \pm 1,99$ мм, средняя ширина головки составила – $14,8 \pm 1,45$ мм. На рентгенограмме стопы в боковой проекции подвывих пальца определили у 17 (68%) пациентов.

На контрольном осмотре через 12 месяцев после хирургического лечения наблюдалась положительная динамика рентгенологических показателей. Так,

средний показатель высоты пораженной головки плюсневой кости составил $19,36 \pm 1,16$ мм, средний показатель ширины головки – $10,77 \pm 0,73$ мм. Сохраняющийся подвывих пальца в боковой проекции был отмечен у 1 (4%) пациента. Оценка динамики качественных рентгенологических показателей через 12 месяцев после проведенного лечения у всех 25 (100%) пациентов продемонстрировала отсутствие параартикулярных оссификатов и экзостозов. В то же время, у 2 (8%) пациентов высота головки плюсневой кости не была восстановлена в достаточном объеме, что обусловило нарушение линии Лельевра.

4.2.3 Оценка функциональных результатов лечения пациентов в группе исследования

Проведена оценка показателей интенсивности болевого синдрома согласно шкалы VAS. Так, средний показатель у пациентов группы исследования в предоперационном периоде составил $50,4 \pm 13,38$, тогда как, через 12 месяцев показатель уровня болевого синдрома по шкале VAS снизился до $16,4 \pm 6,21$. Оценка функции переднего отдела стопы, а именно степени ограничения активности пациента, возможности ношения стандартной обуви, необходимости применения дополнительных ортопедических изделий, так же продемонстрировала положительный результат лечения в виде увеличения показателя AOFAS с $59,84 \pm 12,59$ перед операцией до $76,64 \pm 9,31$ баллов через 12 месяцев после лечения. Средний показатель качества жизни для пациентов с патологией стопы MOXFQ так же иллюстрирует положительный результат хирургического лечения, составляя на контрольном осмотре $32,64 \pm 7,57$ балла при исходных данных в $51,32 \pm 9,59$. При этом, все пациенты отметили отсутствие значимых ограничений в трудовой и бытовой деятельности.

Динамика изменений функциональных показателей в группе исследования в полной мере соответствует клиническим и рентгенологическим результатам лечения (таблица 10)

Таблица 10 – Динамика функциональных результатов у пациентов группы исследования

Параметры	До операции	Через 12 месяцев после операции	<i>p</i>
VAS, баллы СРЕД±СО	50,4 ± 13,38	16,4 ± 6,21	<0,001*
AOFAS, баллы СРЕД±СО	59,84 ± 12,59	76,64 ± 9,31	<0,001*
MOXFQ, баллы СРЕД±СО	51,32 ± 9,59	32,64 ± 7,57	<0,001*
Примечание: критерий Вилкоксона; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

4.2.4 Оценка исходов лечения пациентов в группе исследования

Итоговая оценка результатов хирургического лечения пациентов с БФК методом остеохондропластики головки пораженной плюсневой кости показывает, что предложенная методика позволяет получить высокое количество хороших исходов лечения – у 22 (88%) пациентов. Однако, результат лечения 1 (4%) пациентов оценен как «неудовлетворительный» и обусловлен осложнением. У 1 (4%) пациента на контрольных рентгенограммах сохранялся подвывих пальца в боковой проекции. Следующий удовлетворительный результат лечения был определен у пациента, у которого в раннем послеоперационном периоде развилась поверхностная инфекция области хирургического вмешательства, что потребовало антибиотикотерапии и санационных перевязок. Однако, на контрольном осмотре пациент не предъявлял жалоб и был удовлетворен хирургическим лечением.

Обобщенные клинические, рентгенологические и функциональные результаты пациентов сгруппированы и представлены в виде исходов хирургического лечения пациентов (таблица 11).

Таблица 11 – Итоговая оценка результатов лечения пациентов в группе исследования

Исход хирургического лечения	n(%)
хороший	22 (88%)
удовлетворительный	2 (8%)
неудовлетворительный	1 (4%)

Сравнение результатов лечения пациентов с помощью усовершенствованного метода остеохондропластики и базового метода показали преимущество усовершенствованного способа, с точки зрения клинικο-функционального результата, при сопоставимой частоте осложнений в послеоперационном периоде (таблица 12, 13).

Таблица 12 – Сравнение результатов базового и усовершенствованного способов остеохондропластики

Параметры	Группа исследования N=25	Группа ретроспективная N=35	<i>p</i>
Функциональный метод исследования			
VAS, баллы СРЕД±СО	16,4 ± 6,21	31,4 ± 9,0	< 0,001*
АOFAS, баллы СРЕД±СО	76,64 ± 9,31	76,9 ± 8,6	0,903
Примечание: U-критерий Манна-Уитни; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

Таблица 13 – Количество осложнений при использовании базового и усовершенствованного способов остеохондропластики

Параметр	Группа исследования N=25	Группа ретроспективная N=35	<i>p</i>
Осложнения, связанные с прогрессией заболевания			
Прогрессия дегенеративных изменений в суставе	0 (0%)	4 (11,3%)	0,133

Продолжение таблицы 13

Осложнения, связанные с хирургической техникой			
Синдром болезненного донорского места	0 (0%)	1 (2,8%)	$> 0,999$
Поверхностная инфекция области хирургического вмешательства	1 (4%)	1 (2,8%)	$> 0,999$
Нарушение консолидации	1 (4%)	0 (0%)	0,417
ИТОГО	2 (8%)	6 (16,9%)	0,449
Примечание: Точный критерий Фишера; p – статистическая значимость различий.			

Клинический пример 3

Пациент У. 1998г.р. (ИБ № 169385) была планово госпитализирована в отделение хирургии стопы ФГБУ ННИИТО им Я.Л. Цивьяна. Пациенту проводили дообследование в объеме: рентгенография обеих стоп в 2ух проекциях в опоре, МСКТ обеих стоп. По результатам дообследования установлен окончательный диагноз: Приобретенная плоская стопа. Двухстороннее продольно-поперечное плоскостопие. Аvascularный некроз (болезнь Фрайберга-Келера) головки 2ой плюсневой кости правой стопы (V стадия по Smillie). Комбинированная контрактура 2го плюснефалангового сустава правой стопы. При клиническом осмотре отметили: 7 градусов активных движений, 11 градусов активных движений в плюснефаланговом суставе, отрицательный тест удержания бумажной полоски. При рентгенологическом исследовании определили: высота головки плюсневой кости 16,4, ширина головки плюсневой кости 20,5, наличие подвывиха пальца в боковой проекции. Функциональные показатели пациента по результатам анкетирования составили: VAS – 60 баллов, AOFAS – 45 баллов, MOXFWQ – 59 баллов (рисунок 17).

Пациенту на следующий день проводили хирургическое лечение в объеме: некрэктомия головки плюсневой кости, формирование ложа для остеохондрального аутоотрансплантата оргиниальным методом,

остеохондропластика головки плюсневой кости аутоотрансплантатом из преахиллярной области с внутренней фиксацией, взятие остеохондрального аутоотрансплантата из преахиллярной области.

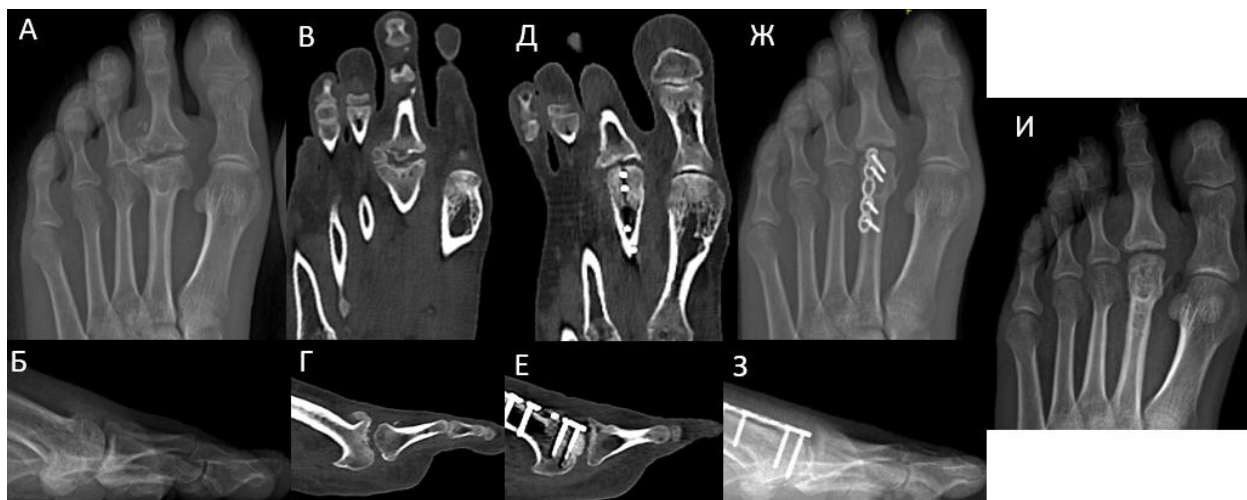


Рисунок 17 – Клинический пример пациента У. 1998г.р. (ИБ № 169385) из группы исследования. Представлены рентгенограммы и МСКТ-срезы стопы пациента, где А – рентгенограмма стопы в прямой проекции до операции, Б – рентгенограмма стопы в боковой проекции до операции, В – аксиальный МСКТ-срез стопы пациента до операции, Г – сагиттальный МСКТ срез стопы пациента до операции, Д – аксиальный МСКТ-срез стопы пациента через 12 месяцев после операции, Е – сагиттальный МСКТ-срез стопы пациента через 12 месяцев после операции, Ж – рентгенограмма стопы пациента в прямой проекции через 12 месяцев после операции, З – рентгенограмма стопы пациента в боковой проекции через 12 месяцев после операции, И – рентгенограмма стопы пациента в прямой проекции после удаления металлоконструкций

Послеоперационный период без особенностей, период госпитализации составил 6 койко-дней. На контрольном осмотре через 12 месяцев пациент отметил значительное улучшение, повышение качества жизни, удовлетворенность проведенным хирургическим вмешательством. При этом, клинические результаты лечения составили: увеличение объема активных движений до 11 градусов, пассивных движений до 18 градусов, положительный тест «бумажной полоски».

На контрольных рентгенограммах определили увеличение высоты головки плюсневой кости до 18,9 мм, уменьшение ее ширины до 11,3 мм, отсутствие подвывиха пальца. Функциональные показатели пациента составили: VAS – 20 баллов, AOFAS – 66 баллов, MOXFQ – 30 баллов. Пациент был направлен на плановое удаление металлоконструкций.

ГЛАВА 5 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ГРУПП ПРОСПЕКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

5.1 Сравнительная оценка результатов хирургического лечения пациентов обеих групп

При проведении сравнительной оценки исходов лечения пациентов обеих групп было отмечено, что оригинальный метод остеохондропластики головок плюсневых костей обеспечивает лучшие результаты по сравнению с корригирующей остеотомией головки плюсневой кости. Так, например, согласно оценке клинических результатов лечения, при проведении хирургического вмешательства 16 (64%) из 21 (84%) пациентам удалось восстановить адаптацию пальца ко поверхности опоры, в то время как, аналогичного результата смогла добиться лишь у 5 (31,5%) из 13 (81,5%) пациентов группа сравнения. Аналогичная тенденция наблюдается и в восстановлении объема активных и пассивных движений в пораженной плюснефаланговом суставе (таблица 14).

Таблица 14 – Сравнительная оценка клинических результатов лечения пациентов в обеих группах спустя 12 мес. после операции

Параметры	Группа исследования, N=25	Группа сравнения, N=16	<i>p</i>
Объем активных движений, °. СРЕД±СО	15,06 ± 3,94	10,82 ± 1,43	0,001*
Объем пассивных движений, °. СРЕД±СО	17,04 ± 5,27	15,56 ± 2,41	0,058
Положительный тест бумажной полоски, n (%)	5 (20%)	8 (50%)	0,03*
Примечание: критерий Манна-Уитни; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

Однако, невозможно подтвердить статистически значимую разницу в результатах в силу того, что все пациенты были оперированы на поздних стадиях заболевания, когда по причине длительно существующей контрактуры, сморщивания капсуло-лигаментарных тканей и продолжительного функционирования сустава в условиях патологической биомеханики, полноценное восстановление движений в суставе невозможно.

Надежность и эффективность метода остеохондропластики головки плюсневой кости при лечении пациентов с БФК подтверждаются рентгенографическими данными полученными у пациентов при контрольном осмотре через 12 месяцев со дня операции (таблица 15). Достоверно можно утверждать, что оригинальный метод позволяет в большей степени восстановить анатомические взаимоотношения в суставе и в области переднего отдела стопы. Отмечено, что у пациентов группы сравнения удалось восстановить высоту головки плюсневой кости ($19,36 \pm 1,16$ мм, против $15,57 \pm 1,08$ мм у группы сравнения ($p=0,020$)), что, в свою очередь, привело к уменьшению количества подвывихов пальца (1 (4%) в группе исследования, 4 (25%) в группе сравнения ($p=0,022$)).

Таблица 15 – Сравнительная оценка рентгенологических результатов лечения пациентов в обеих группах спустя 12 мес. после операции

Параметры	Группа исследования, N=25	Группа сравнения, N=16	<i>p</i>
Высота головки, мм. СРЕД±СО	$19,36 \pm 1,16$	$15,57 \pm 1,08$	0,020*
Ширина головки, мм. СРЕД±СО	$10,77 \pm 0,73$	$10,86 \pm 0,6$	0,748
Подвывих пальца в боковой проекции, n (%)	1 (4%)	4 (25%)	0,022*
Примечание: критерий Манна-Уитни; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

Оценка функциональных результатов лечения пациентов обеих групп так же демонстрирует лучшие результаты у пациентов группы исследования в отношении уровня болевого синдрома, функции переднего отдела стопы и показателя качества жизни (таблица 16).

Таблица 16 – Сравнительная оценка функциональных результатов лечения пациентов в обеих группах спустя 12 мес. после операции

Параметры	Группа исследования, N=25	Группа сравнения, N=16	<i>p</i>
VAS, баллы СРЕД±СО	16,4 ± 6,21	34,38 ± 13,02	<0,001*
АOFAS, баллы СРЕД±СО	76,64 ± 9,31	63,5 ± 12,7	0,045*
МОХFQ, баллы СРЕД±СО	32,64 ± 7,57	52,86 ± 8,01	<0,001*
Примечание: критерий Манна-Уитни; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

Итоговая сравнительная оценка исходов хирургического лечения пациентов обеих групп показала достоверно большее количество хороших исходов в группе исследования: 22 (88%) хороших исходов в группе исследования, против 8 (50%) – в группе сравнения (таблица 17).

Таблица 17 – Итоговая оценка исходов лечения пациентов в обеих группах спустя 12 месяцев после операции

Исход лечения	Группа исследования, N=25	Группа сравнения, N=16	<i>p</i>
Хороший, n (%)	22 (88%)	8 (50%)	0,03*
Удовлетворительный, n (%)	2(8%)	4 (25%)	0,035*
Неудовлетворительный, n (%)	1(4%)	4 (25%)	0,021*
Примечание: критерий Манна-Уитни; <i>p</i> – статистическая значимость различий, * - статистически значимая разница, т.е. $p < 0,05$.			

Резюме. Таким образом, применение метода остеохондропластики позволило получить на 38% больше хороших результатов. Удовлетворительных результатов получен несколько меньше, а именно на 17% по причине четкой тенденции увеличения количества хороших результатов. При этом, очевидно значительно меньшее количество плохих результатов в группе сравнения (на 21%), что подтверждает преимущества использования предлагаемого метода. Примечательно, что в группе сравнения причиной плохих результатов в 2-ух случаях были недостатки применяемого хирургического метода, а именно – укорочение плюсневой кости.

5.2 Осложнения и неблагоприятные явления хирургического лечения пациентов в обеих группах

В обеих группах пациентов зафиксированы ряд осложнений хирургического лечения (таблица 18). Наиболее проблемные осложнения встретились во время работы у пациентов группы сравнения. Самым тяжелым осложнением расценен послеоперационный асептический некроз головки плюсневой кости у пациента группы сравнения. Необходимо отметить, что возникновение некроза головки с высокой вероятностью связано с повреждением питающих сосудов головки плюсневой кости при проведении остеотомии. Примечательно, что осложнение потребовало ревизионного вмешательства; пациенту была проведена остеохондропластика головки плюсневой кости с хорошим окончательным исходом.

Трудным для коррекции осложнением было возникновение тыльного подвывиха 2-го пальца у 1 (6%) пациента группы сравнения, сопровождающегося его латеральной девиацией и молоткообразной деформацией, что так же потребовало ревизионного вмешательства.

Таблица 18 – Структура осложнений хирургического лечения пациентов обеих групп

Параметр	Группа исследования, N=25	Группа сравнения, N=16
Осложнения, связанные с прогрессией заболевания		
Прогрессирующий асептический некроз головки плюсневой кости	0 (0)	1 (6%)
Осложнения, связанные с хирургической техникой		
Остаточная деформация малого пальца	0 (0)	1 (6%)
Поверхностная инфекция области хирургического вмешательства	1 (4%)	2 (12%)
Нарушение консолидации	1 (4%)	0 (0)
ИТОГО	2 (8%)	4 (25%)

У 1 (4%) пациента группы исследования отмечено несращение остеохондрального аутотрансплантата с ложем головки плюсневой кости, что потребовали ревизионного вмешательства в объеме костной аутопластики с хорошим окончательным результатом.

В обеих группах у пациентов в раннем послеоперационном периоде развилась поверхностная инфекция области хирургического вмешательства, которую купировали консервативным лечением, и, в свою очередь, не повлиявшая на исход лечения.

Клинический пример 4

Пациентка М. 1970 г.р. ИБ№176429. Обратилась на амбулаторный прием в ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна, где была амбулаторно обследована, установлен диагноз: Болезнь Фрайберга-Келера головки 3-ей плюсневой кости V стадии. Пациентке проведена операция Gauthier (удаление некротического очага, дебридмент плюснефалангового сустава, корригирующая внутрисуставная остеотомия головки по типу «закрытый клин» внутренняя фиксация) (рисунок 18).



Рисунок 18 – Клинический пример пациентки М. 1970 г.р. Представлены рентгенограммы стопы в прямой проекции, где А – рентгенограмма до операции, Б – рентгенограмма на следующие сутки после операции Gauthier, В – рентгенограмма через 1 год после операции, на которой видно лизис дистального фрагмента головки, на фоне прогрессирования ее аваскулярного некроза, Г – рентгенограмма на следующий день после ревизионного вмешательства в объеме остеохондропластики головки плюсневой кости аутоотрансплантатом, Д – рентгенограмма через 1 год после остеохондропластики на следующий день после удаления металлоконструкций (можно отметить правильное положение пальца стопы, восстановленную метатарзальную параболу длин) – хороший окончательный результат

Ранний послеоперационный период протекал без особенностей, заживление первичным натяжением, выписана на 6 сутки после операции, рекомендации выполнены в полном объеме. На контрольном осмотре через 12 месяцев пациентка

предъявила жалобы на боль в области оперированной головки плюсневой кости, хромоту, трудности в подборе и ношении обуви. Пациентка обследована, выявлен асептический некроз головки плюсневой кости. Пациентка была направлена на повторное хирургическое лечение. Пациентка была госпитализирована в ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна, было проведено хирургическое лечение в объеме: остеохондропластика головки плюсневой кости аутооттрансплантатом из преахиллярной области. Послеоперационный период без особенностей, пациентка была выписана и наблюдалась амбулаторно. На контрольном осмотре через 12 месяцев после ревизионного вмешательства пациентка отмечала стойкое купирование болевого синдрома и улучшение клинических и функциональных параметров. Пациентка была направлена на удаление металлоконструкций, которое прошло в запланированном режиме, без осложнений.

Резюме. Осложнения при операции Gauthier тяжелее, и встречаются они чаще, в то время как метод остеохондропластики можно использовать как операцию резерва.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Болезнь Фрайберга-Келера — это заболевание из группы остеохондропатий. Актуальность проблемы обуславливается рядом причин. Очень важно, что страдают от данной патологии преимущественно пациенты молодого возраста (в большинстве — женщины). Не менее значим факт, что часто заболевание протекает бессимптомно или малосимптомно на ранних своих стадиях, когда можно рассчитывать на наилучший результат лечения. Актуальность так же, подчеркивается трудностью выбора тактики лечения в «запущенных» стадиях заболевания. Так, консервативная терапия, как правило, способная дать хороший эффект на стадии «отека» в дебюте заболевания и малоэффективна в период, когда пациенты обращаются за помощью на поздних стадиях заболевания. Безусловно, нет сообщения о случаях, когда заболевание приводит к инвалидности, но болевой синдром в области переднего отдела стопы, косметический дефект, трудности с подбором обуви, ограничение бытовой и социальной активности, психоэмоциональная лабильность значительно ухудшают качество жизни пациентов.

Несмотря на то, что в профессиональной литературе представлено большое количество хирургических методов лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера, многие из них не обеспечивают воздействия на патогенетические механизмы заболевания, а, следовательно, не могут обеспечивать положительный результат лечения, как например дебридмент и хейлэктомия плюснефалангового сустава. Наиболее распространенным методом хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера, согласно мировой литературе, является корригирующая остеотомия головки плюсневой кости по типу «закрытый клин», предложенная Gauthier в 1979 году. При всех неоспоримых достоинствах этого хирургического вмешательства, мы в своей хирургической практике столкнулись с невозможностью технического ее выполнения в случае распространенного некроза головки плюсневой кости, в результате которого остается менее $\frac{1}{4}$ интактной суставной поверхности в подошвенной части головки плюсневой кости. Очевидно,

что остеотомия головки плюсневой кости неспособна создать условия для полноценной регенерации головки плюсневой кости. Не менее важным недостатком такого метода лечения является часто возникающее укорочение плюсневой кости с нарушением парабола Лельевра, и, как следствие, патологическим перераспределением нагрузки в переднем отделе стопы с исходом в послеоперационную метатарзалгию, что подтверждается результатами лечения пациентов, полученными в ходе настоящего исследования. Кроме того, нерадикальная резекция очага некроза головки плюсневой кости может негативно сказываться на консолидации и на полноте купирования болевого синдрома. По нашему мнению, созвучному данным литературы, метод остеохондропластики является оптимальным при выборе тактики лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера, так как позволяет воздействовать на все звенья патогенеза заболевания. Применение метода остеохондропластики головки плюсневой кости аутооттрансплантатом из преахиллярной области, разработанного ранее в ФГБУ ННИИТО (патент РФ № № 2712005), в ретроспективном исследовании продемонстрировало хорошие отдаленные результаты лечения. Однако, анализ осложнений показал, что применение метода сопряжено с избыточной хирургической агрессией на головку плюсневой кости. Безусловно, тотальная резекция некротического очага, многонаправленная локальная остеоперфорация и т.д. создают благоприятные условия для консолидации трансплантата и восстановления кровоснабжения головки плюсневой кости, но при этом, важно сохранить сосуды, питающие головку плюсневой кости, а так же боковые стенки головки плюсневой кости, обеспечивающие бОльшую стабильность трансплантата, что достигается предложенным нами способом (усовершенствованный метод остеохондропластики), на который подана заявка на изобретение № 2025123099 от 21.08.2025 Российская Федерация.

Сохранение, а в ряде случаев и восстановление длины плюсневой кости обеспечивает правильные анатомические взаимоотношения и оптимальные биомеханические условия функционирования в переднем отделе стопы, что снижает риск трансферной метатарзалгии. Кроме того, существует проблема

тыльного подвывиха пальца стопы в пораженном суставе. К сожалению, в профессиональной литературе информация об этом аспекте проблемы отсутствует. Восстановление конгруэнтности суставных поверхностей, предлагаемым методом, устраняет подвывих основной фаланги за счет восполнения тыльного дефекта головки плюсневой кости, тем самым восстанавливая адаптацию пальца к поверхности опоры. Хочется подчеркнуть, что цель настоящей работы заключалась не только в улучшении результатов лечения пациентов, страдающих болезнью Фрайберга-Келера путем применения усовершенствованного метода остеохондропластики головки плюсневой кости. В работе представлен анализ результатов лечения 41 пациента с диагнозом «болезнь Фрайберга-Келера», получивших специализированную хирургическую помощь в условиях травматолого-ортопедического отделения № 5 ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна с 2020 по 2023 гг, что по количеству клинического материала является одним из самых наполненных исследований по данной проблеме. Имеется в виду, что клинический материал представлен в публикациях в мировой литературе совсем небольшими когортами исследований.

В пред- и после операционном периоде пациентов проводилось клиническое и рентгенологическое обследование, а также функциональные измерения. При клиническом обследовании у пациентов оценивался объем пассивных и активных движений в пораженном плюснефаланговом суставе, а также наличие адаптации пальца к поверхности опоры путем проведения теста «бумажной полоски». При рентгенологическом обследовании пациентов производили измерения высоты и ширины головки плюсневой кости, а также оценивали наличие подвывиха пальца в пораженном суставе. Функциональные методы обследования включали в себя исследование уровня болевого синдрома по шкале VAS, исследование уровня функции переднего стопы согласно опроснику AOFAS, а также оценку качества уровня жизни пациентов согласно опроснику MOXFQ.

В свою очередь, основные различия результатов лечения пациентов групп сравнения и исследования связаны с применением разных методов лечения БФК. Таким образом, пациенты были разделены на 2 группы: в группу исследования

вошли 25 (61%) пациентов, которым была выполнена остеохондропластика головки плюсневой кости разработанным методом, в группу сравнения вошли 16 (39%) пациентов, которым была выполнена операция Gauthier (корректирующая остеотомия головки плюсневой кости по типу закрытый клин).

Оценка результатов лечения пациентов обеих групп проводилась через 12 месяцев после операции. При оценке клинических результатов лечения пациентов группы сравнения было отмечено увеличение объема активных и пассивных движений, а также увеличение количества пациентов (5) с восстановлением адаптации пальца к поверхности опоры. Оценка рентгенологических результатов лечения пациентов группы сравнения продемонстрировала восстановление высоты и ширины головки плюсневой кости, а также устранение подвывиха пальца у 4 пациентов. Оценка функциональных результатов лечения пациентов группы сравнения показала статистически значимое уменьшение болевого синдрома по шкале VAS, улучшение функции переднего отдела стопы по шкале AOFAS, улучшение качества жизни по шкале MOXFQ. При окончательной оценке результатов лечения пациентов группы сравнения были сформулированы следующие исходы лечения: хороший исход наблюдался у 8 (50%) пациентов, удовлетворительный – у 4 (25%) пациентов, неудовлетворительный – у 4 (25%) пациентов.

При оценке клинических результатов лечения пациентов группы исследования выявлено статистически значимое увеличение объема активных и пассивных движений в пораженном плюснефаланговом суставе, а также статистически значимое увеличение количества пациентов (16) с восстановлением адаптации пальца к поверхности опоры. При оценке рентгенологических результатов лечения пациентов группы исследования было отмечено статистически значимое восстановление высоты и ширины головки плюсневой кости, а также статистически значимое устранение подвывиха пальца у 16 пациентов. Оценка функциональных результатов лечения пациентов группы исследования показала статистически значимое уменьшение болевого синдрома по шкале VAS, улучшение функции переднего отдела стопы по шкале AOFAS,

улучшение качества жизни по шкале MOXFQ. Сгруппированные клинические, рентгенологические и функциональные результаты лечения пациентов группы исследования интерпретированы в исходы лечения, так у 22 (88%) пациентов был отмечен хороший результат лечения, у 2 (8%) пациентов – удовлетворительный и у 1 (4%) – неудовлетворительный, связанный с возникшим осложнением. Структура осложнений хирургического лечения пациентов обеих групп выглядела следующим образом: в группе исследования зафиксированы осложнения у 2 (8%) пациентов (поверхностная инфекция области хирургического вмешательства, несращение остеохондрального аутотрансплантата с ложем), в группе сравнения осложнения зафиксированы у 4 (25%) пациентов (сохраняющийся болевой синдром с прогрессией асептического некроза головки плюсневой кости, остаточная деформация пальца, у 2-ух пациентов поверхностная инфекция области хирургического вмешательства).

При проведении сравнительной оценки клинических результатов хирургического лечения обеих групп было определено, что у пациентов группы исследования наблюдалось увеличение объема активных и пассивных движений в пораженном плюснефаланговом суставе, а также увеличение пациентов с восстановлением адаптации пальца к поверхности опоры, по сравнению с пациентами группы сравнения. Сравнительный анализ результатов рентгенологических показателей пациентов обеих групп продемонстрировал статистически значимое улучшение показателей высоты головки плюсневой кости и устранение подвывиха пальца в плюснефаланговом суставе, а также статистически незначимое улучшение показателей ширины головки у пациентов группы исследования. Сравнительная оценка функциональных результатов лечения пациентов обеих групп продемонстрировала лучшие показатели по шкале VAS, опросникам AOFAS и MOXFQ у пациентов группы исследования. Анализ исходов хирургического лечения пациентов обеих групп показал статистически достоверное увеличение хороших исходов лечения пациентов в группе исследования на 38%.

В диссертации затронут важный медико-социальный аспект. Учитывая возрастные и гендерные особенности пациентов, страдающих болезнью Фрайберга-Келера, важными требованиями к хирургическому лечению пациентов являются раннее восстановление трудоспособности, повышение качества жизни и функции пораженного сегмента.

Таким образом, применение усовершенствования метода остеохондропластики головки плюсневой кости позволяет улучшить результаты лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера.

ВЫВОДЫ

1. Общеизвестным методом хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий является остеотомия головки плюсневой кости по Gauthier, обладающая такими недостатками, как укорочение плюсневой кости, сохраняющийся подвывих пальца в плюснефаланговом суставе, риск повреждения питающих сосудов головки плюсневой кости.
2. Использование метода остеохондропластики головки плюсневой кости позволяет получить хорошие отдаленные результаты лечения пациентов, а именно снизить уровень болевого синдрома на 28% ($p < 0,001$) по шкале VAS и улучшить показатели функции переднего отдела стопы на 14% ($p < 0,001$) по шкале AOFAS через 12 месяцев после операции.
3. Разработан и внедрен в клиническую практику усовершенствованный метод хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий, позволяющий снизить уровень болевого синдрома на 34% ($p < 0,001$), улучшить функциональные показатели на 26% ($p < 0,001$), получить 96% хороших и удовлетворительных исходов лечения через 12 месяцев после операции, а также на 15 % снизить уровень болевого синдрома в сравнении с базовым методом остеохондропластики ($p < 0,001$) через 12 месяцев после операции.
4. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения пациентов с болезнью Фрайберга-Келера IV-V стадий через 12 месяцев после операции показал, что усовершенствованный метод остеохондропластики позволяет значительно увеличить объем активных движений в плюснефаланговом суставе ($p=0,001$), высоту головки плюсневой кости ($p=0,020$), снизить количество остаточных подвывихов пальца ($p=0,022$) и улучшить исходы лечения пациентов на 38% по сравнению с корригирующей остеотомией головки плюсневой кости (операцией Gauthier) ($p=0,03$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При лечении пациентов с болезнью Фрайберга-Келера рекомендуется применение метода остеохондропластики головки плюсневой кости аутооттрансплантатом из преахиллярной области.

2. При формировании ложа для трансплантата в головке плюсневой кости рекомендуется использование предложенного способа, позволяющего сохранить источники кровоснабжения головки плюсневой кости.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БФК - болезнь Фрайберга- Келера

ВАШ - визуально-аналоговая шкала.

МРТ - магнитно-резонансная томография;

МСКТ - мультиспиральная компьютерная томография;

ННИИТО - Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л.Цивьяна МЗ РФ (Новосибирск)

АOFAS - American Orthopaedic Foot and Ankle Society (шкала клинической оценки заболеваний стопы и голеностопного сустава Американской ассоциации ортопедов стопы и голеностопного сустава)

VAS - Visual analogue scale scale (визуально аналоговая шкала оценки уровня болевого синдрома)

MOXFQ - Manchester-Oxford Foot Questionnaire (Манчестер-Оксфордская шкала клинической оценки состояния результатов оперативного лечения ортопедических заболеваний стоп)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вреден, Р. Р. Практическое руководство по ортопедии / Р. Р. Вреден ; ред. коллегия: отв. ред. проф. А. А. Козловский, члены: проф. М. И. Куслик, доц. Е. К. Никифорова, проф. Г. Я. Эпштейн. — 3-е изд., испр. и доп. — [Ленинград] : Биомедгиз. Ленингр. отд-ние, 1936. — 605 с.
2. Гуди, С. Болезнь Фрайберга–Келера: клиника, диагностика, лечение (обзор литературы) / С. Гуди, М. Лучшев, В. Кузнецов [и др.] // Гений ортопедии. — 2022. — Т. 28, № 3. — С. 431–443.
3. Звездкина, Е. А. Магнитно-резонансная томография голеностопного сустава и стопы / Е. А. Звездкина, В. Н. Лесняк, А. Ю. Силин // Клиническая практика. — 2012. — № 1. — С. 74–80.
4. Ильиных, Е. В. Остеонекроз. Часть 1. Факторы риска и патогенез / Е. В. Ильиных, В. Г. Барскова, П. И. Лидов [и др.] // Современная ревматология. — 2013. — № 1. — С. 17–24.
5. Кенис, В. М. Мобильное плоскостопие у детей (обзор литературы) / В. М. Кенис, Ю. А. Лапкин, Р. Х. Хусаинов [и др.] // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. — 2014. — Т. 2, № 2. — С. 44–54.
6. Коробушкин, Г. В. Клинические системы оценки для заднего отдела стопы и лодыжек, среднего отдела стопы, первого пальца стопы, 2–5 пальцев стопы [Электронный ресурс] / Г. В. Коробушкин, Т. П. Холиков. — Режим доступа: <http://www.aofas.org/i4a/pages/index.cfm>
7. Кузнецов, В. В. Способ забора остеохондрального аутотрансплантата из преахиллярной области пяточной кости / В. В. Кузнецов, И. А. Пахомов, С. Б. Корочкин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — № 5. — С. 207.
8. Леонова, С. Н. Новый рентгенологический способ обследования пациентов с деформациями переднего отдела стопы / С. Н. Леонова, И. В. Усольцев, М. А. Косарева // Acta Biomedica Scientifica. — 2022. — Т. 7, № 6. — С. 239–249.

9. Мо, Ц. Анкеты и шкалы для оценки состояния стопы и голеностопного сустава / Ц. Мо, Н. В. Ригин, Д. С. Бобров [и др.] // Кафедра травматологии и ортопедии. — 2016. — № 4 (230). — С. 5–11.

10. Патент № 160731 С1 Российская Федерация, МПК А61В 10/02. Устройство для биопсии : № 2015125497/14 : заявл. 26.06.2015 : опубл. 27.03.2016 / В. И. Ким, А. Ю. Лашев, Е. Л. Дикарева [и др.]. — Бюл. № 9.

11. Патент № 2063718 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/56. Способ костно-пластической операции при болезни Келлера П : № 93018819/14 : заявл. 12.04.1993 : опубл. 20.07.1996 / И. М. Варшавский, Г. И. Варшавский. — EDN GLNGCI.

12. Патент № 2562706 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/56. способ забора остеохондрального аутоотрансплантата : № 2014142130/14 : заявл. 17.10.2014 : опубл. 10.09.2015 / И. А. Пахомов, В. В. Кузнецов, М. А. Садовой ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение "Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна" Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ "ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна" Минздрава России). — EDN CXWHVM.

13. Патент № 2641888 С1 Российская Федерация, МПК А61К 31/7048. Способ лечения болезни Келера П : № 2016117886 : заявл. 05.05.2016 : опубл. 10.11.2017 / Х. А. Умханов, Х. Х. Умханов. — Бюл. 31.

14. Патент № 2712005 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/56. Способ восстановления головки плюсневой кости стопы при болезни Келлера П — Фрайберга : заявл. 11.02.2019 : опубл. 23.01.2020 / В. В. Кузнецов, И. А. Пахомов, С. М. Гуди ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение "Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна" Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ "ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна" Минздрава России). — EDN FLACMQ.

15. Пахомов, И. А. Хирургическая тактика и организация специализированной помощи пациентам с ортопедической патологией стопы с голеностопного сустава : специальность 14.01.15 "Травматология и ортопедия" :

диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Пахомов Игорь Анатольевич. – Новосибирск, 2012. – 280 с.

16. Привалов, А. М. Опыт лечения хронического болевого синдрома переднего отдела стопы различного генеза / А. М. Привалов // Казанский медицинский журнал. — 2017. — Т. 98, № 6. — С. 1053–1057.

17. Процко, В. Г. Хирургическое лечение плосковальгусной деформации стоп у взрослых : автореферат дис. ... доктора медицинских наук : 14.01.15 / Процко Виктор Геннадиевич; [Место защиты: Рос. ун-т дружбы народов]. – Москва, 2018. – 34 с.

18. Ральников, А. В. К лечению болезни Келера II / А. В. Ральников, А. Н. Котляров, А. В. Чукичев [и др.] // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. — 2005. — № 1. — С. 125–129.

19. Сорокин, Е. П. Хирургическое лечение вальгусного отклонения 1-го пальца стопы и его возможные осложнения (обзор литературы) / Е. П. Сорокин, А. А. Карданов, С. А. Ласунский [и др.] // Травматология и ортопедия России. — 2011. — № 4. — С. 123–130.

20. Цыганова, Ю. В. Редкие заболевания детского возраста во взрослой практике / Ю. В. Цыганова, И. Б. Башкова, Д. О. Козлов // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – №. 11-5. – С. 124–128.

21. Шекунова, Ю. Г. Комплексное лечение болезни Келера II с применением высокоинтенсивного лазерного излучения в условиях distraction / Ю. Г. Шекунова, А. Н. Котляров, Е. А. Неизвестных [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. — 2012. — № 8. — С. 83–86.

22. Abdul, W. Functional outcomes of local pedicle graft interpositional arthroplasty in adults with severe Freiberg's disease / W. Abdul, B. Hickey, A. Perera // Foot & Ankle International. — 2018. — Vol. 39, № 11. — P. 1290–1300.

23. Agarwala, S. Bisphosphonate combination therapy for non-femoral avascular necrosis / S. Agarwala, M. Vijayvargiya // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. — 2019. — Vol. 14, № 1. — P. 112.

24. Air, M. E. Freiberg's disease as a rare cause of limited and painful relevé in dancers / M. E. Air, A. B. M. Rietveld // *Journal of Dance Medicine & Science*. — 2010. — Vol. 14, № 1. — P. 32–36.
25. Alhadhoud, M. A. Surgical interventions of Freiberg's disease: A systematic review / M. A. Alhadhoud, N. F. Alsiri, T. R. Daniels, M. A. Glazebrook // *Foot and Ankle Surgery*. — 2020. — Vol. 27, № 6. — P. 606–614.
26. Ary, K. R. Jr. Freiberg's infraction: an osteochondritis of the metatarsal head / K. R. Ary Jr, M. Turnbo // *Journal of the American Podiatric Medical Association*. — 1979. — Vol. 69, № 2. — P. 131–132.
27. Assouline-Dayana, Y. Pathogenesis and natural history of osteonecrosis / Y. Assouline-Dayana, C. Chang, A. Greenspan [et al.] // *Seminars in Arthritis and Rheumatism*. — 2002. — Vol. 32, № 2. — P. 94–124.
28. Beito, S. B. Freiberg's disease and dislocation of the second metatarsophalangeal joint: etiology and treatment / S. B. Beito, L. A. Lavery // *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*. — 1990. — Vol. 7, № 4. — P. 619–631.
29. Biz, C. Freiberg's infraction: A modified closing wedge osteotomy for an undiagnosed case / C. Biz, A. Zornetta, I. Fantoni [et al.] // *International Journal of Surgery Case Reports*. — 2017. — Vol. 38, № 1. — P. 8–12.
30. Blitz, N. M. Freiberg's infraction in identical twins: a case report / N. M. Blitz, H. Y. Jonathan // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. — 2005. — Vol. 44, № 3. — P. 218–221.
31. Boffeli, T. J. Surgical treatment guidelines for digital deformity associated with intrinsic muscle spasticity (intrinsic plus foot) in adults with cerebral palsy / T. J. Boffeli, R. C. Collier // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. — 2015. — Vol. 54, № 5. — P. 985–993.
32. Bordelon, R. L. Silicone implant for Freiberg's disease / R. L. Bordelon // *Southern Medical Journal*. — 1977. — Vol. 70, № 8. — P. 1002–1004.
33. Bouché, R. T. Combined plantar plate and hammertoe repair with flexor digitorum longus tendon transfer for chronic, severe sagittal plane instability of the lesser

metatarsophalangeal joints: preliminary observations / R. T. Bouché, E. J. Heit // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. — 2008. — Vol. 47, № 2. — P. 125–137.

34. Braddock, G. T. F. Experimental epiphysial injury and Freiberg's disease / G. T. F. Braddock // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. — 1959. — Vol. 41, № 1. — P. 154–159.

35. Brandao, B. Comparing the efficacy of Cartiva synthetic cartilage implant hemiarthroplasty vs osteotomy for the treatment of conditions affecting the second metatarsal head / B. Brandao, A. Fox, A. Pillai // *The Foot*. — 2019. — Vol. 41. — P. 30–33.

36. Carmont, M. R. Current concepts review: Freiberg's disease / M. R. Carmont, R. J. Rees, C. M. Blundell // *Foot & Ankle International*. — 2009. — Vol. 30, № 2. — P. 167–176.

37. Carro, L. P. Arthroscopic Keller technique for Freiberg disease / L. P. Carro, P. Golano, O. Fariñas [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. — 2004. — Vol. 20. — P. 60–63.

38. Carter, K. R. Freiberg Infraction / K. R. Carter, A. R. Chambers, M. A. Dreyer. — StatPearls, 2023.

39. Carvalho, P. Atilano. Arthroscopic Treatment of Freiberg Disease – Case Report / P. Atilano Carvalho, J. Teixeira, F. Oliveira [et al.] // *Revista Brasileira de Ortopedia*. — 2020. — Vol. 57, № 5. — P. 891–895.

40. Cerrato, R. A. Freiberg's disease / R. A. Cerrato // *Foot and Ankle Clinics*. — 2011. — Vol. 16, № 4. — P. 647–658.

41. Chow, S. Sample Size Calculations in Clinical Research / S. Chow, J. Shao, H. Wang. — 2nd ed. — Chapman & Hall/CRC Biostatistics Series, 2008. — 52 p.

42. Chun, K. A. Freiberg's disease: quantitative assessment of osteonecrosis on three-dimensional CT / K. A. Chun, H. K. Oh, K. H. Wang, J. S. Suh // *Journal of the American Podiatric Medical Association*. — 2011. — Vol. 101, № 4. — P. 335–340.

43. Conesa, X. Simultaneous development of Dieterich disease and Freiberg disease / X. Conesa, X. González, E. Siles [et al.] // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. — 2013. — Vol. 52, № 3. — P. 389–392.

44. DiGiovanni, C. W. Osteonecrosis in the foot / C. W. DiGiovanni, A. Patel, R. Calfee, F. Nickisch // JAAOS – Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. — 2007. — Vol. 15, № 4. — P. 208–217.
45. Dolce, M. The use of surgical core decompression as treatment for avascular necrosis of the second and third metatarsal heads / M. Dolce, L. Osher, P. McEneaney, D. Prins // The Foot. — 2007. — Vol. 17, № 3. — P. 162–166.
46. Edmondson, M. C. Case series of 17 modified Weil's osteotomies for Freiberg's and Köhler's II AVN, with AOFAS scoring pre- and post-operatively / M. C. Edmondson, K. R. Sherry, J. Afolayan [et al.] // Foot and Ankle Surgery. — 2011. — Vol. 17, № 1. — P. 19–24.
47. El Mahboub, N. Evaluation of treatment of Freiberg disease by debridement and metatarsal head resection / N. El Mahboub // The Egyptian Orthopaedic Journal. — 2019. — Vol. 54, № 2. — P. 187.
48. El-Amin, H. Freiberg's Disease Involving First Metatarsal Bone Bilaterally in an African Male Patient: A Case Report / H. El-Amin, A. M. Awad Ali, O. K. O. Elmansour [et al.] // Cureus. — 2023. — Vol. 15, № 11. — P. e49093.
49. Erdil, M. Joint debridement and metatarsal remodeling in Freiberg's infraction / M. Erdil, Y. Imren, K. Bilsel [et al.] // Journal of the American Podiatric Medical Association. — 2013. — Vol. 103, № 3. — P. 185–190.
50. Freiberg Infraction [Электронный ресурс] // Life in the Fast Lane. — Australia, 2021. — Режим доступа: <https://litfl.com/freiberg-infraction/>
51. Freiberg, A. H. Core decompression as a novel treatment for early Freiberg's infraction of the second metatarsal head / A. H. Freiberg, R. A. Freiberg // Orthopedics. — 1995. — Vol. 18, № 12. — P. 1177–1178.
52. Freiberg, A. H. Infraction of the second metatarsal bone—a typical injury / A. H. Freiberg // Transactions of the Southern Surgical and Gynecological Association. — 1914. — Vol. 26, № 11. — P. 171.
53. Gauthier, G. Freiberg's infraction: a subchondral bone fatigue fracture. A new surgical treatment / G. Gauthier, R. Elbaz // Clinical Orthopaedics and Related Research. — 1979. — № 142. — P. 93–95.

54. Georgiannos, D. Osteochondral autologous transplantation versus dorsal closing wedge metatarsal osteotomy for the treatment of Freiberg infraction in athletes: a randomized controlled study with 3-year follow-up / D. Georgiannos, K. Tsikopoulos, D. Kitridis [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. — 2019. — Vol. 47, № 10. — P. 2367–2373.
55. Glazebrook, M. Preliminary experience with polyvinyl alcohol hydrogel implant for pathology of the second metatarsal head / M. Glazebrook, J. Morash, M. Alhadhoud, T. R. Daniels // *Foot & Ankle International*. — 2019. — Vol. 40, № 11. — P. 1304–1308.
56. Golightly, Y. M. Association of foot symptoms with self-reported and performance-based measures of physical function: The Johnston County osteoarthritis project / Y. M. Golightly, M. T. Hannan, X. A. Shi [et al.] // *Arthritis Care & Research*. — 2011. — Vol. 63, № 5. — P. 654–659.
57. Hayashi, K. A new surgical technique for treating bilateral Freiberg disease / K. Hayashi, M. Ochi, Y. Uchio [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. — 2002. — Vol. 18, № 6. — P. 660–664.
58. Helix-Giordanino, M. Treatment of Freiberg's disease by Gauthier's dorsal cuneiform osteotomy: Retrospective study of 30 cases / M. Helix-Giordanino, E. Randier, S. Frey [et al.] // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. — 2015. — Vol. 101, № 6. — P. S221–S225.
59. Hill, J. Osteochondritis dissecans treated by joint replacement / J. Hill, A. L. Jimenez, J. H. Langford // *Journal of the American Podiatric Medical Association*. — 1979. — Vol. 69, № 9. — P. 556–561.
60. Hoggett, L. A new classification for Freiberg's disease / L. Hoggett, N. Nanavati, J. Cowden [et al.] // *Foot*. — 2022. — Vol. 51. — P. 101901.
61. Hoskinson, J. Freiberg's Disease a Review of the Long-Term Results / J. Hoskinson // *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. — 1974. — Vol. 67, № 2. — P. 106–107.

62. Hughes, J. The pattern of pressure distribution under the weightbearing forefoot / J. Hughes, P. Clark, R. R. Jagoe [et al.] // *The Foot*. — 1991. — Vol. 1, № 3. — P. 117–124.
63. Hungerford, D. S. Alcoholism associated ischemic necrosis of the femoral head. Early diagnosis and treatment / D. S. Hungerford, T. M. Zizic // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. — 1978. — Vol. 130. — P. 144–153.
64. Ikoma, K. Extra-articular dorsal closing-wedge osteotomy to treat late-stage Freiberg disease using polyblend sutures: technical tips and clinical results / K. Ikoma, M. Maki, M. Kido [et al.] // *International Orthopaedics*. — 2014. — Vol. 38, № 7. — P. 1401–1405.
65. Jastifer, J. R. Metatarsophalangeal joint instability of the lesser toes: review and surgical technique / J. R. Jastifer, M. J. Coughlin // *SA Orthopaedic Journal*. — 2014. — Vol. 13, № 2. — P. 35–41.
66. Kanatli, U. Evaluation of the transverse metatarsal arch of the foot with gait analysis / U. Kanatli, H. Yetkin, S. Bolukbasi // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. — 2003. — Vol. 123, № 4. — P. 148–150.
67. Katcherian, D. A. Treatment of Freiberg's disease / D. A. Katcherian // *The Orthopedic Clinics of North America*. — 1994. — Vol. 25, № 1. — P. 69–81.
68. Kelikian, A. S. Sarrafian's Anatomy of the Foot and Ankle: Descriptive, Topographic, Functional / A. S. Kelikian, S. K. Sarrafian (eds.). — Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
69. Kenny, L. Atypical Presentation of Acute Freiberg Disease / L. Kenny, B. Purushothaman, R. Teasdale [et al.] // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. — 2017. — Vol. 56, № 2. — P. 385–389.
70. Kilic, A. A comparative study between two different surgical techniques in the treatment of late-stage Freiberg's disease / A. Kilic, K. S. Cepni, A. Aybar [et al.] // *Foot and Ankle Surgery*. — 2013. — Vol. 19, № 4. — P. 234–238.
71. Kim, J. Modified Weil osteotomy for the treatment of Freiberg's disease / J. Kim, W. J. Choi, Y. J. Park, J. W. Lee // *Clinics in Orthopedic Surgery*. — 2012. — Vol. 4, № 4. — P. 300.

72. Kim, S. J. Comparison of Osteochondral Autologous Transplantation and Dorsiflexion Closing Wedge Metatarsal Osteotomy for Late-Stage Freiberg Disease in Adults / S. J. Kim, Y. W. Kim, J. H. Park, G. L. Kim // *Foot & Ankle International*. — 2020. — Vol. 41, № 5. — P. 529–535.
73. Kinnard, P. Dorsiflexion osteotomy in Freiberg's disease / P. Kinnard, R. Lirette // *Foot & Ankle*. — 1989. — Vol. 9, № 5. — P. 226–231.
74. Lee, H. J. Operative treatment of Freiberg disease using extra-articular dorsal closing-wedge osteotomy: technical tip and clinical outcomes in 13 patients / H. J. Lee, J. W. Kim, W. K. Min // *Foot & Ankle International*. — 2013. — Vol. 34, № 1. — P. 111–116.
75. Lee, H. S. Weil and dorsal closing wedge osteotomy for Freiberg's disease / H. S. Lee, Y. C. Kim, J. H. Choi, J. W. Chung // *Journal of the American Podiatric Medical Association*. — 2016. — Vol. 106, № 2. — P. 100–108.
76. Liao, C. Y. Interpositional arthroplasty with palmaris longus tendon graft for osteonecrosis of the second metatarsal head: a case report / C. Y. Liao, A. C. C. Lin, C. Y. Lin [et al.] // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. — 2015. — Vol. 54, № 2. — P. 237–241.
77. Lin, H. T. Freiberg's infraction / H. T. Lin, A. L. J. Liu // *BMJ Case Reports*. — 2013. — Vol. 2013. — P. bcr201.
78. Longworth, R. Conservative treatment of Freiberg's infraction using foot orthoses: A tale of two prescriptions presented as a case study to open debate / R. Longworth, L. Short, A. Horwood // *The Foot*. — 2019. — Vol. 41. — P. 59–62.
79. Lui, T. H. Arthroscopic interpositional arthroplasty for Freiberg's disease / T. H. Lui // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. — 2007. — Vol. 15, № 5. — P. 555–559.
80. Lui, T. H. Thompson and Hamilton type IV Freiberg's disease with involvement of multiple epiphyses of both feet / T. H. Lui // *BMJ Case Reports*. — 2015. — Vol. 2015. — P. bcr2014.
81. Malahias, M. A. Autologous matrix-induced chondrogenesis for the treatment of osteochondral lesions of the talus: A systematic review / M. A. Malahias, L.

Kostretzis, P. D. Megaloikonomos [et al.] // Orthopedic Reviews. — 2021. — Vol. 12, № 4. — P. 8872.

82. Mandell, G. A. Scintigraphic manifestations of infraction of the second metatarsal (Freiberg's disease) / G. A. Mandell, H. T. Harcke // Journal of Nuclear Medicine. — 1987. — Vol. 28, № 2. — P. 249–251.

83. Maresca, G. Arthroscopic treatment of bilateral Freiberg's infraction / G. Maresca, E. Adriani, F. Falez, P. P. Mariani // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. — 1996. — Vol. 12, № 1. — P. 103–108.

84. Miller, M. L. Surgical treatment of Freiberg's infraction with the use of total joint replacement arthroplasty / M. L. Miller, M. D. Lenet, M. Sherman // Journal of Foot Surgery. — 1984. — Vol. 23, № 1. — P. 35–40.

85. Miyamoto, W. Late-stage Freiberg disease treated by osteochondral plug transplantation: a case series / W. Miyamoto, M. Takao, Y. Uchio [et al.] // Foot & Ankle International. — 2008. — Vol. 29, № 9. — P. 950–955.

86. Myśliwiec, M. Co-segregation of Freiberg's infraction with a familial translocation t(5;7)(p13.3;p22.2) ascertained by a child with cri du chat syndrome and brachydactyly type A1B / M. Myśliwiec, B. Panasiuk, M. Dębiec-Rychter [et al.] // American Journal of Medical Genetics Part A. — 2015. — Vol. 167, № 2. — P. 445–449.

87. Okutan, A. E. Metatarsal Head Restoration With Tendon Autograft in Freiberg's Disease: A Case Report / A. E. Okutan, M. S. Ayas, K. Öner, A. U. Turhan // The Journal of Foot and Ankle Surgery. — 2020. — Vol. 59, № 5. — P. 1109–1112.

88. Oliveira, D. Freiberg disease: A rare cause of chronic foot pain / D. Oliveira, L. Costa, C. Vaz // Reumatología Clínica. — 2023. — Vol. 19, № 6. — P. 348.

89. Ozkan, Y. Interpositional arthroplasty with extensor digitorum brevis tendon in Freiberg's disease: a new surgical technique / Y. Ozkan, A. Öztürk, R. Özdemir [et al.] // Foot & Ankle International. — 2008. — Vol. 29, № 5. — P. 488–492.

90. Pereira, B. S. Long-term follow-up of dorsal wedge osteotomy for pediatric Freiberg disease / B. S. Pereira, T. Frada, D. Freitas [et al.] // Foot & Ankle International. — 2016. — Vol. 37, № 1. — P. 90–95.

91. Petersen, W. J. The arterial supply of the lesser metatarsal heads: a vascular injection study in human cadavers / W. J. Petersen, J. M. Lankes, F. Paulsen, J. Hassenpflug // *Foot & Ankle International*. — 2002. — Vol. 23, № 6. — P. 491–495.
92. Rajeev, A. Freiberg's disease of lesser metatarsals treated with bone grafting and autologous matrix induced chondrogenesis (AMIC) membrane – A series of 10 cases / A. Rajeev, W. Yallop, K. Devalia // *Foot and Ankle Surgery*. — 2023. — Vol. 29, № 2. — P. 136–142.
93. Rath, B. The microvascular anatomy of the metatarsal bones: a plastination study / B. Rath, H. P. Notermans, J. Franzen [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy*. — 2009. — Vol. 31, № 4. — P. 271–277.
94. Saragas, N. P. A new lesser metatarsophalangeal joint replacement arthroplasty design – in vitro and cadaver studies / N. P. Saragas, P. N. F. Ferrao, A. Strydom // *BMC Musculoskeletal Disorders*. — 2021. — Vol. 22, № 1. — P. 1–11.
95. Schade, V. L. Surgical management of Freiberg's infraction: a systematic review / V. L. Schade // *Foot & Ankle Specialist*. — 2015. — Vol. 8, № 6. — P. 498–519.
96. Shane, A. Second metatarsophalangeal joint pathology and Freiberg disease / A. Shane, C. Reeves, G. Wobst, P. Thurston // *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*. — 2013. — Vol. 30, № 3. — P. 313–325.
97. Shih, A. T. Treatment of Freiberg's infraction with the titanium hemi-implant / A. T. Shih, R. E. Quint, D. G. Armstrong, B. P. Nixon // *Journal of the American Podiatric Medical Association*. — 2004. — Vol. 94, № 6. — P. 590–593.
98. Smillie, I. S. Treatment of Freiberg's infraction / I. S. Smillie // *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. — 1967. — Vol. 60, № 1. — P. 29–31.
99. Smith, T. W. Treatment of Freiberg's disease. A new operative technique / T. W. Smith, D. Stanley, D. I. Rowley // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. — 1991. — Vol. 73, № 1. — P. 129–130.
100. Soldado, F. Treatment of Freiberg's disease using a reverse pedicled metatarsal bone flap: Case report / F. Soldado, F. Moreira Borim, J. Knörr // *Microsurgery*. — 2024. — Vol. 44, № 1. — P. 1–5.

101. Stanley, D. Assessment of etiologic factors in the development of Freiberg's disease / D. Stanley, R. P. Betts, D. I. Rowley, T. W. Smith // *The Journal of Foot Surgery*. — 1990. — Vol. 29, № 5. — P. 444–447.
102. Stautberg, E. F. III. Outcome of Lesser Metatarsophalangeal Joint Interpositional Arthroplasty With Tendon Allograft / E. F. Stautberg III, S. E. Klein, J. J. McCormick [et al.] // *Foot & Ankle International*. — 2020. — Vol. 41, № 3. — P. 313–319.
103. Townshend, D. N. Total ceramic arthroplasty for painful, destructive disorders of the lesser metatarsophalangeal joints / D. N. Townshend, M. E. Greiss // *The Foot*. — 2007. — Vol. 17, № 2. — P. 73–75.
104. Trnka, H. J. Dorsiflexion contracture after the Weil osteotomy: results of cadaver study and three-dimensional analysis / H. J. Trnka, M. Nyska, B. G. Parks, M. S. Myerson // *Foot & Ankle International*. — 2001. — Vol. 22, № 1. — P. 47–50.
105. Trnka, H. J. Freiberg's Infracrion: Surgical Options / H. J. Trnka, J. S. Lara // *Foot and Ankle Clinics*. — 2019. — Vol. 24, № 4. — P. 669–676.
106. Uhl, M. Die perkutane Knochenbiopsie: Experimentelle Studie zum Vergleich von Knochenbiopsiesystemen / M. Uhl, C. Theves, J. Geiger [et al.] // *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. — 2009. — Vol. 147, № 3. — P. 327–333.
107. Viladot, A. Osteochondroses: aseptic necrosis of the foot / A. Viladot, A. Viladot // *Disorders of the Foot and Ankle*. — 2nd ed. — Philadelphia: Saunders, 1991. — P. 617–638.
108. Wax, A. Freiberg Disease and Avascular Necrosis of the Metatarsal Heads / A. Wax, R. Leland // *Foot and Ankle Clinics*. — 2019. — Vol. 24, № 1. — P. 69–82.
109. Yoshimura, I. Evidence-Based Treatment Algorithm for Freiberg Disease / I. Yoshimura, M. Takao, E. Wagner [et al.] // *Cartilage*. — 2024. — Vol. 15, № 1. — P. 58–64.
110. Yu, G. V. Predislocation Syndrome: Progressive Subluxation/Dislocation of the Lesser Metatarsophalangeal Joint / G. V. Yu, M. S. Judge, J. R. Hudson, F. E.

Seidelmann // Journal of the American Podiatric Medical Association. — 2002. — Vol. 92, № 4. — P. 182–199.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Параметры	Количество баллов
Болевой синдром – 40 баллов	
Болевого синдрома нет или легкий эпизодический болевой синдром, не влияющий на физическую активность	40
Умеренный эпизодический болевой синдром, или легкий ежедневный болевой синдром(после длительной ходьбы)	30
Умеренный ежедневный болевой синдром	20
Тяжелый, постоянный болевой синдром	10
Функция – 45 баллов	
Ограничение активности	
Отсутствие ограничений как повседневной, так и спортивной активности	10
Нет ограничений повседневной, но имеются ограничения спортивной активности	7
Ограничение повседневной и спортивной активности	4
Выраженное ограничение повседневной и спортивной активности	0
Требования к обуви	
Возможность ношения разнообразной, модельной обуви (без ограничений) при отсутствии необходимости постоянного ношения ортопедических стелек.	10
Ношение обуви с ортопедическими стельками постоянно	5
Необходимость ношения специальной ортопедической обуви или <u>ортеза</u>	0
Объем движений в пораженном плюснефаланговом суставе в градусах(тыльное+подошвенное сгибание)	
Норма или небольшое ограничение(75° и более)	10
Умеренное ограничение (30°-74°)	5
Тяжелое ограничение (менее 30°)	0
Объем движений в межфаланговом суставе (подошвенное сгибание)	
Никакого ограничения	5
Умеренные ограничения (более 10°)	3
Выраженные ограничения (менее 10°)	0
Стабильность плюсне-фалангового и межфалангового суставов (во всех направлениях)	
Стабильный	5
Очевидна нестабильность или способность смещаться	0
Мозоль в области плюсне-фалангового и межфалангового суставов	
Отсутствует или присутствует, но без клинических проявлений	5
Мозоль с клиническими проявлениями	0
Оценка адаптации сегмента к плоской поверхности - 15 баллов	
<u>Опороспособные</u> 2-5 пальцы стопы хорошо адаптированы к поверхности	15
Некоторые нарушения адаптации 2-5 пальцев стопы к поверхности, при отсутствии симптоматики	8
Грубое снижение опороспособности, с наличием симптоматики.	0

Результат лечения с использованием шкалы AOFAS оценивается следующим образом: отличный 95–100 баллов, хороший 75–94, удовлетворительный 51–74 и плохой – 50 и менее баллов

Рисунок А.1 – Шкала оценки результатов лечения деформации переднего отдела стопы AOFAS

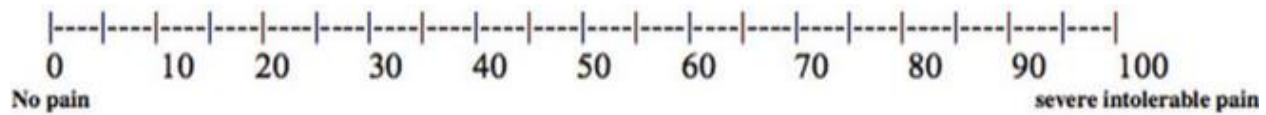
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Рисунок Б.1 – Визуально-аналоговая шкала боли (ВАШ)

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Шкала оценки качества уровня жизни пациентов с патологией стопы
MOXFQ

Обведите кругом Стопа ПРАВАЯ/ЛЕВАЯ В течение 4х последних недель меня беспокоит:	Поставьте ☐ ☒ в одном из квадратиков строки				
	Совсем нет	Редко	Иногда	Часто	Всегда
Боль в стопе/голеностопе	☐	☐	☐	☐	☐
Избегаю ходьбы на большую дистанцию, т.к возникает боль	☐	☐	☐	☐	☐
Выбираю дорогу т.к. возникает боль в стопе	☐	☐	☐	☐	☐
Хожу медленно из-за возникающих болей	☐	☐	☐	☐	☐
Останавливаюсь и отдыхаю из-за болей в стопе	☐	☐	☐	☐	☐
Избегаю ходить по жесткой и неровной поверхности	☐	☐	☐	☐	☐
Стараюсь долго не стоять из-за возникающих болей	☐	☐	☐	☐	☐
Использую общественный транспорт или машину вместо того, чтобы ходить пешком из-за болей	☐	☐	☐	☐	☐
Чувствую неловкость в голеностопе/стопе	☐	☐	☐	☐	☐
Чувствую неудобство при ношении обуви	☐	☐	☐	☐	☐
Боль в голеностопе/стопе больше беспокоит вечером	☐	☐	☐	☐	☐

Продолжение таблицы В.1

У меня стреляющая боль в стопе/голеностопе	☐	☐	☐	☐	☐
Боль препятствует выполнению моей работы или повседневной активности	☐	☐	☐	☐	☐
Не способен к выполнению к общественной работы или развлечениям из- за боли	☐	☐	☐	☐	☐
Как вы опишете боль, которая вас беспокоит в течении 4х последних недель в стопе/голеностопном суставе (отметьте один квадратик) Нет Слабая Умеренная Средняя Тяжелая ☐ ☐ ☐ ☐ ☐					
Беспокоила ли вас в течении 4х последних недель боль в стопе/голеностопном суставе лежа в кровати ночью? (отметьте один квадратик) Нет 1 или 2 ночи Несколько Большинство Все ночей ночей ночи ☐ ☐ ☐ ☐ ☐					