

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы»

На правах рукописи

Луценко Артем Михайлович

**ДИСТРАКЦИОННАЯ АРТИКУЛИРУЮЩАЯ АРТРОПЛАСТИКА В
КОМБИНИРОВАННОМ ЛЕЧЕНИИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО
ОСТЕОАРТРИТА ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА**

3.1.8. Травматология и ортопедия

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
Лазко Федор Леонидович
доктор медицинских наук, профессор

Москва – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО ОСТЕОАРТРИТА ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	10
1.1. Анатомические и биомеханические особенности голеностопного сустава	10
1.2. Классификация остеоартрита голеностопного сустава.....	13
1.3. Суставосберегающие операции	18
1.3.1. Артротомия голеностопного сустава	18
1.3.2. Остеотомии около голеностопного сустава	19
1.3.3. Интерпозиционная артропластика голеностопного сустава ..	20
1.4. Радикальные операции	20
1.4.1. Артродезирование голеностопного сустава	21
1.4.2. Тотальное эндопротезирование голеностопного сустава	22
1.5. Дистракционная артропластика голеностопного сустава.....	23
1.5.1. История дистракционной артропластики.....	23
1.5.2. Биомеханическое обоснование лечебного эффекта дистракционной артропластики	24
1.5.3. Лечение остеоартрита голеностопного сустава с применением дистракционной артропластики.....	26
Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	31
2.1. Дизайн исследования	31
2.2. Общая характеристика пациентов	34
2.3. Методы обследования.....	36
2.3.1. Клиническое обследование.....	36
2.3.2. Лабораторные исследования	38
2.3.3. Рентгенологическое обследование.....	39
2.3.4. Магнитно-резонансная томография голеностопного сустава .	42
2.3.5. Оценочные системы	43
2.4. Математико-статистические методы анализа результатов исследования.....	44
Глава 3. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ТЕРМИНАЛЬНЫМ ОСТЕОАРТРИТОМ ДИСТРАКЦИОННОЙ АРТРОПЛАСТИКОЙ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА	45
3.1. Подготовка к операции.....	45
3.2. Этапы операции.....	47
3.2.1. Укладка и оснащение	47
3.2.2. Комбинированные вмешательства	48

3.2.3. Основной этап хирургического лечения	53
3.3. Послеоперационное ведение	57
3.4. Анализ результатов лечения в период distraction	59
Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТЕРМИНАЛЬНЫМ ОСТЕОАРТРИТОМ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА	63
4.1. Анализ результатов в послеоперационном периоде.....	63
4.2. Анализ расчетного объема хрящевой ткани.....	70
4.3. Повторная артроскопия голеностопного сустава	72
4.4. Клинические примеры	75
4.5. Ошибки и осложнения	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
ВЫВОДЫ	100
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	101
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	102
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	103
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)	118
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)	119
ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное)	120
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное)	121
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное)	122
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (справочное)	123

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности

Число пациентов с остеоартритом голеностопного сустава (ОАГС) составляет 1% из всей популяции [106], а частота посттравматического терминального (Kellgren-Lawrence 4-й степени или Н. С. Косинской III стадии) остеоартрита (ОА) достигает 10% по данным различных авторов [88, 106, 122]. Проблема выбора оптимальной тактики и метода лечения с сохранением наилучшей функции нижней конечности, особенно важной для молодых пациентов, не вызывает сомнений в актуальности проблемы [36, 88, 106, 122].

Эпидемиологические расчеты позволяют судить о 9–15% ОАГС в общей популяции [104]. Среди всех видов ОАГС, доля посттравматического ОА достигает 60–70% [50, 122], что приводит к инвалидизации от 8,8 до 46% [5, 50]. Основными причинами развития ОАГС являются: травма в анамнезе 70–78%, ревматоидный артрит 11–13%, идиопатическая 7–9% [104, 122, 144]. Большинство травм области голеностопного сустава (ГС) являются низкоэнергетическими и несмотря на это приводят к развитию посттравматического ОАГС [118]. Посттравматический ОАГС поражает преимущественно молодых людей [35]. В свою очередь, причинами посттравматического ОА являются: переломы лодыжек 37%, переломы дистального метаэпифиза большеберцовой кости 9%, хроническая нестабильность ГС 14,6%, перелом таранной кости 8,3% [88, 122].

Повреждения в области ГС являются наиболее распространенными в структуре всех переломов и составляют 184 человека на 100 000 [12]. На долю переломов лодыжек приходится от 9% до 40% среди всех переломов по данным различных авторов [16, 22], а сопутствующее повреждение хряща таранной кости встречается в 12% [91]. По данным других исследователей, остеохондральные повреждения таранной кости встречаются в 73% случаев при переломах лодыжек [62]. Внутрисуставные переломы дистального отдела большеберцовой кости (переломы «пилона») достигают частоты от 1% до 10% [16]. Частота неудовлетворительных результатов лечения переломов области ГС, включающих переломы лодыжек и ди-

стального метаэпифиза большеберцовой кости, 7–38% [16, 22], а после проведенного оперативного лечения достигает 18,8% [12]. В последствии лечения переломов таранной кости, ввиду особенностей кровоснабжения таранной кости, имеется высокая частота неудовлетворительных результатов, достигая 50% даже после качественно проведенного лечения [7]. Общее число остеохондральных повреждений таранной кости в популяции достигает 4%, что занимает 3-е место после коленного и локтевого суставов [4, 6, 44].

Лечение ОАГС традиционно делится на консервативное и оперативное. Среди операций, выполняемых при терминальной стадии ОАГС, наиболее распространены методы артрорезирования и эндопротезирования ГС.

Долгие годы «золотым стандартом» лечения терминальной стадии ОАГС считалось артрорезирование. Современные исследования демонстрируют одинаковую эффективность, но разные функциональные результаты применения эндопротезирования и артрорезирования в лечении терминального ОА, однако выбор тактики лечения связан с особенностями пациента [100, 108]. Артрорезирование ГС связано с потерей функции, а также приводит к риску развития ОА смежных суставов стопы [34, 39], хотя в последнее время этот факт подвергается сомнению различными авторами [100, 116, 148]. Несмотря на отсутствие функции сустава, результаты лечения по данным объективных оценочных систем признаны хорошими, особенно в группе пациентов старше 55 лет и соответствуют таковым при эндопротезировании [36, 42, 100, 127].

Эндопротезирование ГС имеет аналогичную частоту серьезных осложнений с артрорезированием, около 9%, что приводит либо к ревизионному эндопротезированию, либо к артрорезированию [70, 85]. По мнению ряда авторов, частота осложнений после артрорезирования выше или соответствует таковой при эндопротезировании [25, 27, 36]. Эндопротезирование ГС сохраняет функцию сустава, но имеет высокий риск осложнений, в том числе у молодых пациентов, суммарно достигая 20% [27]. Противоречивые данные о выживаемости эндопротезов ГС имеются при наличии ассиметричного ОА [74, 79].

Альтернативными вмешательствами являются остеотомии около ГС, такие как супрамаллеолярная остеотомия или остеотомия пяточной кости с целью перераспределения нагрузки на сохранные отделы сустава. Показания к подобного рода вмешательствам достаточно узкие и связаны с сохранной амплитудой движений и асимметрией сустава [81, 141, 151]. На претерминальной стадии (Kellgren-Lawrence 3-й степени или Н. С. Косинской II стадии) и отсутствии асимметрии сустава хорошие результаты имеет артроскопическая санация сустава, не уступающая по своей эффективности дистракционной артропластики голеностопного сустава (ДАГС) [95].

Одним из методов отсрочки радикального вмешательства является ДАГС, в том числе в комбинации различных методик [17]. Методика дистракционной артропластики заключается во временном разобщении суставных поверхностей с помощью аппарата наружной фиксации (АНФ), с целью активации репаративных механизмов организма [17]. Существуют два типа компоновок АНФ с возможностью осуществления движений в ГС (артикулирующие) и без нее (фиксированные или неартикулирующие) [60]. Возможность отсрочить радикальное вмешательство, с учетом высокой частоты осложнений и неудовлетворительных долгосрочных результатов эндопротезирования или артрорезирования, является перспективным направлением, обуславливающим актуальность выбранной темы исследования [17, 113, 135].

Цель исследования

Улучшить результаты лечения терминального (Kellgren-Lawrence 4-й степени или Н.С. Косинской III стадии) посттравматического остеоартрита голеностопного сустава при помощи суставосберегающей дистракционной артропластики.

Задачи исследования

1. Оценить ближайшие и отдаленные результаты лечения пациентов с терминальным посттравматическим остеоартритом голеностопного сустава путем дистракционной артикулирующей артропластики.

2. Проанализировать влияние дистракционной артикулирующей артропластики голеностопного сустава на объем хрящевой ткани на основании расчетной сегментации результатов магнитно-резонансной томографии (МРТ).

3. Оценить влияние дистракционной артикулирующей артропластики на восстановление суставного хряща голеностопного сустава через 1 год с момента операции.

4. Разработать методические рекомендации по применению дистракционной артикулирующей артропластики голеностопного сустава в комбинированном лечении терминального посттравматического остеоартрита голеностопного сустава.

Научная новизна исследования

Впервые в мире проведено исследование расчетного объема хрящевой ткани после дистракционной артикулирующей артропластики голеностопного сустава по данным МРТ.

Исследованы регенеративные возможности суставного хряща голеностопного сустава после дистракционной артикулирующей артропластики на основании данных повторной артроскопии через 1 год.

Впервые в России оценены ближайшие и отдаленные результаты лечения пациентов с терминальным (Kellgren-Lawrence 4-й степени или Н. С. Косинской III стадии) посттравматическим остеоартритом голеностопного сустава путем дистракционной артропластики.

Практическая значимость

Анализ результатов лечения пациентов методом ДАГС с терминальным ОАГС, позволил выявить оптимальную технику и методологию его применения. Предложенная практическому здравоохранению техника применения ДАГС, позволила отсрочить выполнение радикальных вмешательств на голеностопном суставе в среднесрочном периоде наблюдений за счет снижения болевого синдрома, а также улучшения функции собственного сустава.

Теоретическая значимость

Анализ сегментации объема хрящевой ткани голеностопного сустава по данным МРТ, позволил определить изменения при среднесрочных наблюдениях, что имеет значимость для мировой науки в развитии понимания механизма действия дистракционной артропластики.

Оценка изображений повторной артроскопии голеностопного сустава при среднесрочных наблюдениях позволила подтвердить теорию о регенерации хрящевой ткани и также расширить понимание процессов, возникающих в суставе после дистракционной артропластики.

Методология и методы исследования

Для оценки возможностей применения ДАГС у пациентов с терминальным посттравматическим ОАГС было проведено проспективное нерандомизированное, экспериментальное, многоцентровое исследование 42 пациентов. Учитывая отсутствие аналогов суставосберегающих операций при терминальном ОАГС, изучались возможности метода. Методом исследования являлась комплексная оценка процесса и результатов ДАГС в комбинированном лечении посттравматического ОАГС.

Динамическое наблюдение пациентов после хирургического лечения проводилось на сроках до 12 месяцев с момента демонтажа аппарата Илизарова. С целью определения качества и результатов лечения использовались аналоговые шкалы оценки функции голеностопного сустава Foot and Ankle Ability Measure (FAAM), American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle – Hindfoot Scale (AO FAS), визуальная аналоговая шкала боли (ВАШ), лучевые методы диагностики (рентгенография и МРТ), а также повторная артроскопия ГС при наличии клинических показаний к ее выполнению.

Статистический анализ проводился на персональном компьютере с помощью статистических библиотек для Python 3.9.10 (Python Software Foundation, Delaware, USA).

Положения, выносимые на защиту

1. Дистракционная артропластика голеностопного сустава за счет разобщения суставных поверхностей уменьшает контакт участков с поврежденным хрящом, что позволяет улучшить функциональные результаты и купировать болевой синдром у пациентов с терминальным остеоартритом голеностопного сустава не менее, чем на 12 месяцев.

2. Артродиастаз голеностопного сустава в течение 8–12 недель при помощи аппарата Илизарова позволяет создать условия, способствующие восстановлению суставного хряща.

Внедрение и апробация полученных результатов

Результаты проведенного исследования используются в практической работе отделения травматологии и ортопедии ГБУЗ ГКБ имени В. М. Буянова ДЗМ г. Москвы, в отделении травматологии № 2 ГБУЗ ГКБ №13 ДЗМ г. Москвы, в отделении травматологии и ортопедии ГБУЗ ГКБ имени А. К. Ерамишанцева ДЗМ г. Москвы, в отделении ортопедии ГБУЗ ГКБ №31 ДЗМ г. Москвы.

По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, из них 4 в рецензируемых журналах, включенных в международную базу цитирования Scopus. Материалы диссертации были представлены и обсуждены на 5 научно-практических всероссийских и международных конференциях.

Личный вклад автора

Автор самостоятельно выполнил поиск и анализ мировой литературы. Участвовал на всех этапах лечения и обследования всех пациентов, вошедших в исследование, провел большинство операций по монтажу дистракционного аппарата наружной фиксации при лечении посттравматического ОАГС. Оценил клинические, артроскопические и инструментальные результаты хирургического лечения пациентов. Автором разработаны протоколы клинических наблюдений, проведена статистическая обработка полученных результатов, сформулированы выводы и практические рекомендации.

Структура и объем диссертации

Структура диссертации состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка использованной литературы, приложения. Работа содержит 123 страницы текста, 51 Рисунок, 13 таблиц. Библиографический список использованной литературы содержит 157 источников, из них 20 отечественных и 137 иностранных авторов.

Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО ОСТЕОАРТРИТА ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Анатомические и биомеханические особенности голеностопного сустава

ГС образован суставными поверхностями дистальных эпифизов большеберцовой и малоберцовой костей, таранной костью в ее верхней, латеральной и медиальной частях. Морфология этих поверхностей образует сложный сустав блоковидного типа с единственной осью движения: бималлеолярной осью. На бималлеолярной оси обеспечивается тыльное сгибание (сгибание) и подошвенное сгибание (разгибание) ГС и стопы в сагиттальной плоскости [11, 49].

Капсула ГС похожа на капсулу любого другого сустава, за исключением одной особенности: переднее прикрепление капсулы к большеберцовой и таранной кости происходит на расстоянии от хрящевого слоя примерно в 6–8 мм от большеберцовой кости и в 8–10 мм от таранной кости [136]. Эта особенность определяет наличие значительного переднего капсулярного углубления. Тем не менее размер этой области зависит от положения стопы. При тыльном сгибании стопы капсульное углубление становится выраженным, тогда как при подошвенном сгибании напряжение капсулы приводит к уменьшению углубления [138].

Средняя толщина хряща таранной кости составляет 1,3 мм (1,0–1,6 мм) [126]. ГС обладает специфическими особенностями строения хрящевых поверхностей, которые имеют высокую плотность при их относительно низкой толщине. Конгруэнтность сустава связана с толщиной хряща. ГС является наиболее конгруэнтным суставом нижней конечности и имеет самый тонкий хрящ (Рисунок 1.1) [49, 138].

Движения в ГС детально изучены Inman V. T. (Инман В. Т.). Согласно Инману В. Т., эмпирическая ось ГС проходит немного дистальнее верхушек лодыжек на 5 ± 3 мм (диапазон 0–11 мм): дистальнее верхушки медиальной лодыжки на 3 ± 2 мм и дистальнее и впереди на 8 ± 5 мм от верхушки латеральной лодыжки. В поперечной (горизонтальной) плоскости угол эмпирической оси ГС с поперечной осью коленного сустава составляет от 20° до 30° .

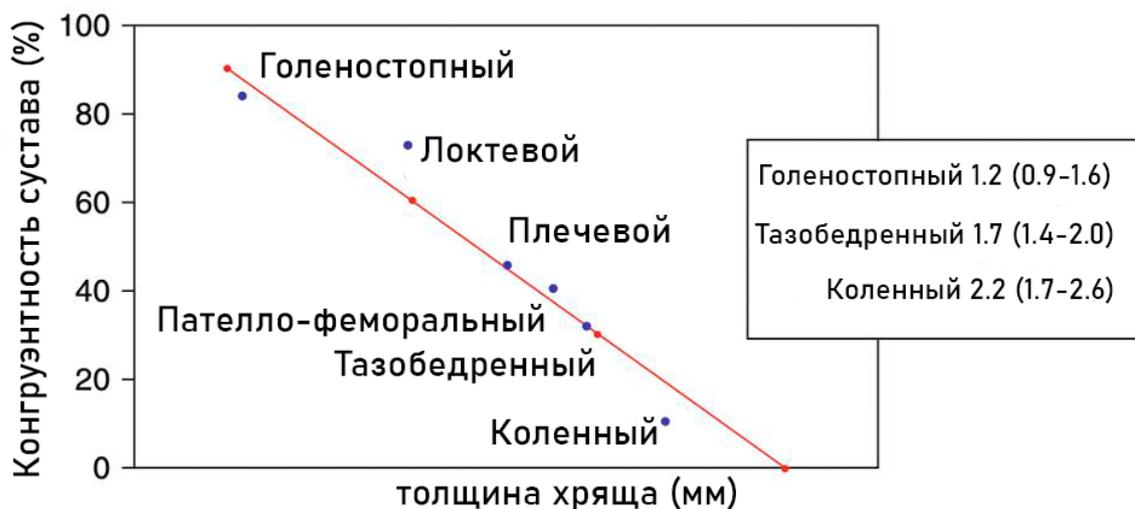


Рисунок 1.1 – Взаимосвязь толщины хряща (ось абсцисс) с конгруэнтностью сустава (ось ординат) [146]

Во фронтальной плоскости угол между эмпирической осью ГС и средней линией большеберцовой кости составляет $82,7 \pm 3,7^\circ$ (диапазон $74-94^\circ$) (Рисунок 1.2) [67].

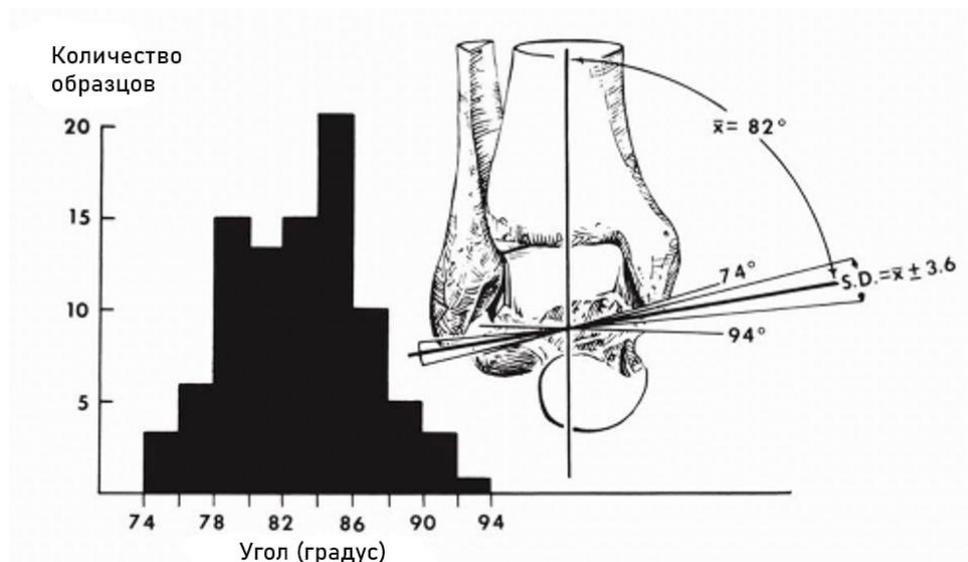


Рисунок 1.2 – Эмпирическая ось голеностопного сустава по Инману В. Т. [67]

Barnett С. Н., Napier J. R. и Nicks J. Н. различают две оси ГС: ось тыльного сгибания, наклоненная вниз и латерально, и ось подошвенного сгибания, наклоненная вверх и медиально. Переход между осями происходит в пределах нескольких градусов от нейтрального положения стопы. Barnett С. Н. и Napier J. R. основывали свои выводы на определении окружности, проходящей по краю латерального и медиального блока таранной кости. Центр окружности является осью движения. Латеральная

поверхность края блока таранной кости «почти всегда представляет собой дугу истинной окружности и во всех положениях таранной кости ось вращения проходит через центр этой окружности». По краю медиальной поверхности блока таранной кости образуется две окружности с разными радиусами в зависимости от положения стопы. Окружность меньшего радиуса занимает переднюю 1/3 медиальной поверхности блока и соответствует тыльному сгибанию, центр расположен проксимально. Окружность большего радиуса занимает задние 2/3 медиальной поверхности и соответствует подошвенному сгибанию, центр расположен дистально. [14, 61]

Lundberg A. и соавторы проанализировали ось ГС с помощью рентгеновской стереофотограмметрии у 8 здоровых добровольцев. При полной нагрузке на опорную платформу стопа перемещалась от 30° подошвенного сгибания до 30° тыльного сгибания с шагом в 10° . Была определена спиральная ось для каждой пары последовательных позиций. Их исследование «полностью подтверждает выводы Barnett C. H., Napier J. R. и Hicks J. H. о том, что таранно-большеберцовый сустав использует разные оси для подошвенного и тыльного сгибания» (Рисунок 1.3) [94].

Анатомические и биомеханические особенности ГС, такие как тонкий плотный хрящ, с высоким содержанием плотного внеклеточного матрикса, и высокая конгруэнтность суставных поверхностей имеют решающую роль в переносимости осевой нагрузки. Изменение конгруэнтности сустава приводит к увеличению контактного напряжения на хрящевую ткань до 300% [157]. Хрящевая ткань ГС обладает высокой активностью анаболических процессов, на фоне сниженной активности катаболизма из-за особенностей чувствительности рецепторов хондроцитов. Это является причиной низкой способности адаптации хрящевой ткани к изменению нагрузки [58]. В связи с этим в ГС посттравматический ОА встречается гораздо чаще, чем в других суставах. Разнообразие морфологических особенностей ОАГС явились поводом к созданию множества классификаций.

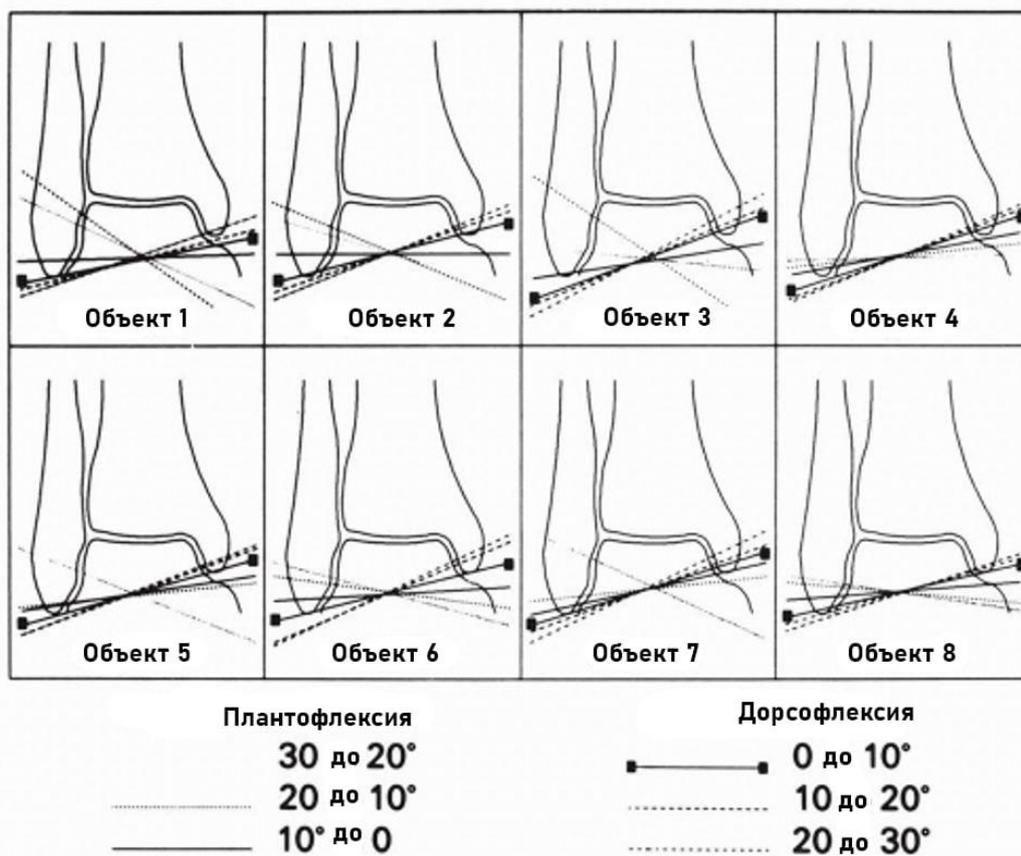


Рисунок 1.3 – Изменение оси голеностопного сустава в проекции коронарной плоскости в зависимости от положения стопы [94]

1.2. Классификация остеоартрита голеностопного сустава

Этиологически ОАГС подразделяется на первичный (идиопатический) и вторичный. Причинами вторичного ОА могут быть различные механизмы, такие как: повреждения в области сустава, дисплазия сустава, ревматоидный артрит, асептический некроз, гемофилия, гемохроматоз, болезнь Гоше, синдром Элерса – Данлоса, болезнь Педжета и многие другие [13, 32, 53].

ОАГС подразделяется на 2 основных вида: симметричный и асимметричный. Асимметричный ОАГС включает в себя варусный тип (медиальный ОА) и вальгусный тип (латеральный ОА), в зависимости от области преимущественного повреждения хряща и наличия сопутствующей деформации [104, 144]. Также асимметричный ОАГС можно подразделить по большеберцово-таранному наклону (talar tilt), где деформация составляет 4° или менее у конгруэнтных суставов и более 4° у неконгруэнтных [30, 78].

Основной рентгенологической классификацией ОА является модифицированная для ОАГС классификация Kellgren-Lawrence [63]. Классификация Kellgren-Lawrence не в состоянии учесть нарушение симметричности и конгруэнтности сустава, что послужило поводом к созданию альтернативных классификаций.

Классификация Takakura Y. применима для стадирования варусного типа ОАГС. Определение стадии процесса производится по рентгенограммам ГС в прямой и боковой проекции с нагрузкой (Таблица 1.1) [133].

Таблица 1.1 – Классификация варусного типа ОАГС Takakura Y.

<i>Стадия</i>	<i>Рентгенологические признаки</i>
I стадия	Нет сужения суставной щели, но есть начальный склероз и образование остеофитов
II стадия	Сужение суставной щели в медиальных отделах
III стадия	Отсутствие суставной щели с контактом субхондральной кости в медиальных отделах
IV стадия	Отсутствие суставной щели с контактом субхондральной кости на всем протяжении

Основным методом лечения ассиметричного ОАГС является корригирующая остеотомия и на основании ее эффективности была разработана модифицированная шкала Takakura или шкала Tanaka-Takakura. Ее отличие заключается в разделении III стадии на IIIА – сужение суставной щели в области медиальной лодыжки с контактом с субхондральной костью и IIIВ – сужение суставной щели над поверхностью купола таранной кости и контактом с субхондральной костью [63, 134]. Разделение III стадии позволяет определить показания к корригирующей остеотомии, которая обладает ограниченной эффективностью и отсутствием долгосрочного результата при IIIВ стадии.

Существует классификация посттравматического ОА, разработанная на результатах эффективности артроскопического дебрідмента, резекции остеофитов и удалении мягкотканого импиджмента. Классификация таранно-большеберцового посттравматического ОА «van Dijk classification system for posttraumatic tibiotalar osteoarthritis» или «van Dijk scale», основывается на данных рентгенографии ГС в прямой и боковой проекции (Таблица 1.2) [31]. Наиболее эффективно артроскопическое лечение на 0-й и 1-й степени, а ограниченная эффективность имеется на 2-й степени.

Таблица 1.2 – Шкала ОАГС «van Dijk classification system for posttraumatic tibiotalar osteoarthritis»

<i>Степень</i>	<i>Признаки</i>
0	Нормальный сустав или субхондральный склероз
1	Остеофиты без сужения суставной щели
2	Сужение суставной щели с или без остеофитов
3	Тотальное или субтотально исчезновение суставной щели или ее деформация

ОАГС при терминальных стадиях требует дополнительной оценки наличия деформаций и поражений смежных суставов, ввиду прямого влияния на выбор тактики лечения. Например, варусное или вальгусное отклонение таранной кости более 10° связано с худшими результатами после тотального эндопротезирования ГС. Для корректной оценки и выбора правильной тактики лечения разработана классификация Canadian Orthopaedic Foot & Ankle Society (Таблица 1.3) [82]. Классификация является основополагающей при планировании эндопротезирования ГС. В отличие от других она учитывает состояние суставов заднего и среднего отдела стопы, что влияет на выбор объема хирургического вмешательства.

Таблица 1.3 – Шкала терминального ОАГС COFAS

<i>Тип</i>	<i>Признак</i>
1-й тип	Изолированный остеоартрит голеностопного сустава
2-й тип	Остеоартрит голеностопного сустава с внутрисуставной варусной или вальгусной деформацией или контрактурой ахиллова сухожилия, или и тем, и другим
3-й тип	Остеоартрит голеностопного сустава с деформацией заднего отдела стопы, неправильным сращением большеберцовой кости, приведенным, отведенным или супинированным средним отделом стопы, плантофлексией первого луча стопы и т.д.
4-й тип	Типы 1–3 в сочетании с подтаранным, пяточно-кубовидным или таранно-ладьевидным остеоартритом

Для классификации остеохондральных повреждений таранной кости, основываются на данных МРТ, компьютерной томографии (КТ) или артроскопической картины. По размеру дефекты подразделяются на малый (область < 1,5 см² или диаметром < 15 мм) и большой (область ≥ 1,5 см² или диаметром > 15 мм). По локали-

зации суставной поверхности таранной кости: медиальный (передний, центральный или задний), латеральный (передний, центральный или задний), центральный (передний, центральный или задний) [44].

Herple S. в 1999 году предложил классификацию остеохондральных дефектов таранной кости на основании МРТ исследований (Таблица 1.4) [57].

Таблица 1.4 – Классификация остеохондральных повреждений по Herple S.

<i>Стадия</i>	<i>Характеристика</i>
I стадия	Повреждение суставного хряща
IIa стадия	Повреждение суставного хряща с импрессией субхондральной кости и отеком костного мозга (острое повреждение)
IIb стадия	Повреждение суставного хряща с импрессией субхондральной кости без отека костного мозга (хроническое повреждение)
III стадия	Отслоившийся фрагмент субхондральной кости, без его дислокации (суставная жидкость полностью окружает фрагмент)
IV стадия	Дислоцированный фрагмент субхондральной кости, участок дефекта от места дислокации
V стадия	IV стадия + наличие субхондральной кисты

A Ferkel R. D. и Cheng M. S. предложили артроскопическую классификацию костно-хрящевых повреждений ГС (Таблица 1.5) [40].

Таблица 1.5 – Артроскопическая классификация остеохондральных повреждений по Ferkel R. D.

<i>Уровень</i>	<i>Характеристика</i>
Уровень А	Хрящ в месте повреждения гладкий, интактный, но мягкий или баллотирующий
Уровень В	Поверхность хрящевого покрытия в месте повреждения грубая, шероховатая
Уровень С	Поверхность хрящевого покрытия в месте повреждения с наличием фибрилляций/трещин
Уровень D	Поверхность хрящевого покрытия в месте повреждения с наличием отслоения по краю или истончена до костной ткани

Классификации остеохондральных повреждений позволяют выбрать тактику замещения дефектов или их рефиксации.

Тем не менее существует наиболее распространенная универсальная классификация хондромалиции хряща, которая применима для любого сустава, а оценка возможна по данным МРТ и артроскопической картины. Исходно классификация

Outerbridge была разработана для повреждений хряща надколенника, но позже расширена и модифицирована для всех суставов (Таблица 1.6) [26, 112].

Таблица 1.6 – Классификация Outerbridge

<i>Степень</i>	<i>Характеристика</i>
0	Нормальный хрящ
1	Размягчение хряща и отек
2	Образование трещин и разволокнение, не превышающие ½ глубины хряща
3	Отграниченная фрагментация хряща с образованием дефекта, а также глубокими лоскутными отслоениями более чем на ½ его глубины
4	Эрозия хряща, достигающая до субхондрального слоя кости

Учитывая разнообразие морфологических вариантов ОАГС, важность сопутствующего ОА суставов заднего и среднего отдела стопы, разнообразие нарушений оси конечности и основанное на этих особенностях многообразие классификаций, выбор корректной тактики лечения зависит от диагностики.

Первичная диагностика требует комплексного осмотра пациента и выявление причины возникновения ОА. Характерными жалобами пациентов с ОАГС являются: боль при физических нагрузках, а на терминальных стадиях и в покое, утренняя скованность, ограничение амплитуды движений, отек в области лодыжек. Боль может быть локализованной в определенном отделе ГС или диффузной, а также затрагивать весь задний отдел стопы [13, 35]. Всех пациентов возможно разделить на 2 группы: с быстро прогрессирующим и медленно прогрессирующим ОАГС [13, 32].

Первой линией лечения является консервативная терапия, которую необходимо применять на любой стадии ОАГС. Отсутствие эффекта от лечения сроком более 6 месяцев с момента начала терапии, является показанием к выполнению оперативного вмешательства [59, 125]. Хирургическое лечение подразделяется на радикальное (с безвозвратной потерей нативного хряща, к которым относится артродезирование или эндопротезирование), применяемое на терминальных стадиях и нерадикальное (суставосберегающие вмешательства) направленное на улучшение функции ГС и купирование болевого синдрома с сохранением нативного хряща [124].

1.3. Суставосберегающие операции

К суставосберегающим операциям в области ГС относятся хирургические вмешательства, направленные на сохранение нативного сустава, купирование боли и поддержание нормальной функции ГС. На сегодняшний день существуют следующие виды суставосберегающего хирургического лечения ОАГС: артроскопический или открытый дебридмент, манипуляции, направленные на восстановление хряща, остеотомии около ГС, интерпозиционная артропластика и дистракционная артропластика.

1.3.1. Артроскопия голеностопного сустава

Артроскопический метод лечения позволяет устранить сопутствующие с ОАГС повреждения связочного аппарата, локальные хрящевые дефекты, а также выполнить дебридмент. Артроскопический дебридмент и устранение костного или мягкотканого импиджмента является эффективной процедурой на ранних стадиях ОАГС [56, 75, 101, 114]. Наличие ОАГС является отягощающим фактором долгосрочной эффективности процедуры. Исследование эффективности артроскопии при ранних стадиях ОАГС, указывают на отсутствие влияния фактора возраста пациента на эффективность и долгосрочность результата, в 5-летнем периоде наблюдений [56]. Около 1/3 пациентов в период наблюдения в 5 лет прибегают к необходимости выполнения радикального вмешательства [56]. Имеются немногочисленные данные об эффективности артроскопической стабилизации латерального связочного комплекса при медиальном ОАГС II и IIIA стадии по Tanaka-Takakura, что позволяет продлить положительный результат [114, 128]. Применение артроскопического дебридмента также обладает эффективностью и при терминальных стадиях посттравматического ОАГС, но долгосрочность положительного эффекта требует дальнейших исследований. На сегодняшний день имеются данные о положительном результате у 2/3 пациентов через год после оперативного лечения [75, 101, 114, 128]. Наилучший результат достигается при комбинации артроскопического дебридмента с другими процедурами инъекционной терапии и консервативного лечения [128].

Таким образом, использование артроскопического дебридмента наиболее целесообразно при претерминальной стадии симметричного ОАГС. Изолированное использование метода не обладает долгосрочным эффектом.

1.3.2. Остеотомии около голеностопного сустава

Надлодыжечная остеотомия выполняется для изменения механической оси конечности и перераспределения нагрузки на ГС с целью задержки или остановки дегенеративного каскада [35]. Выраженность надлодыжечной варусной или вальгусной деформации имеет значительное влияние на распределение нагрузки через суставную поверхность [35]. Остеотомии подразделяются на открытоугольные или закрытоугольные медиальные и латеральные. В комбинации с остеотомией большеберцовой кости, возможно выполнение остеотомии малоберцовой или пяточной кости. Этот метод позволяет лечить варусный и вальгусный ОАГС у пациентов с сохранной амплитудой движений в суставе [19, 72, 76, 78].

Надлодыжечная остеотомия демонстрирует высокую эффективность в среднесрочных наблюдениях, а также низкую частоту неудовлетворительных результатов (6,8%) при II и IIIA стадиях по Tanaka-Takakura [19]. После надлодыжечной остеотомии при II и IIIA стадиях по Tanaka-Takakura выживаемость сустава (отсутствие необходимости выполнения радикального вмешательства) в течение 5 лет достигает 90%, а при IIIB стадии 47%. 5-летняя выживаемость сустава у пациентов с наклоном таранной кости от 4° до 10° составляет 85%, а более 10° – 65%. [80]

У пациентов с предоперационной супрамаллеолярной деформацией рентгенологические результаты лучше, чем у пациентов с внутрисуставной деформацией [19]. Дополнительная остеотомия малоберцовой или пяточной кости требуется 55% и 23% пациентам соответственно [80]. Медиальная закрытоугольная надлодыжечная остеотомия демонстрируют удовлетворительный среднесрочный и долгосрочный рентгенологический и клинический результат у пациентов с посттравматическим вальгусным ОАГС [19, 76, 78, 80, 81, 83].

Кадаверное исследование перераспределения нагрузки в ГС при остеотомии пяточной кости, даже при значительном смещении пяточного бугра, по-видимому,

оказывает незначительное влияние на ГС и заднюю фасетку подтаранного сустава [30]. В серии наблюдений остеотомии пяточной кости с реконструкцией связочного комплекса на начальных стадиях ассиметричного ОАГС, углы наклона таранной кости улучшились с $7,4^\circ$ до $5,9^\circ$, что свидетельствует о недостаточной коррекции [87].

Таким образом ведущим хирургическим методом лечения ассиметричного ОАГС является супрамаллеолярная остеотомия в различных комбинациях, в зависимости от вида деформации, ее величины и стадии ОАГС.

1.3.3. Интерпозиционная артропластика голеностопного сустава

Для лечения терминальных стадий ОАГС у молодых пациентов, в качестве альтернативы артродезированию предложено выполнение интерпозиционной артропластики с помощью алло- или аутографтов, с целью закрытия хрящевых поверхностей и возможности отсрочить радикальное вмешательство, но долгосрочные исследования этой методики отсутствуют [9, 20, 77, 86]. В качестве аллогraftа возможно использование трупного ахиллова сухожилия, ацеллюлярного дермального матрикса, коллагеновых мембран [9, 20, 77]. Исследования демонстрируют уменьшение боли и увеличение амплитуды движений, в том числе и в среднесрочных наблюдениях [9, 20].

Интерпозиционная артропластика является малоизученным методом лечения с неизвестным долгосрочным результатом, а также отсутствием устоявшейся хирургической техники. Несмотря на это, метод интерпозиционной артропластики представляет интерес к его дальнейшему изучению.

1.4. Радикальные операции

К радикальным вмешательствам при терминальном ОАГС относятся те операции, которые приводят к безвозвратной потере хрящевой ткани нативного сустава. К ним относятся различные виды артродезирования ГС, которые приводят к полной потере функции таранно-большеберцового сустава. А также тотальное эн-

допротезирование ГС, которое позволяет сохранить подвижность в таранно-большеберцовом суставе, но имеет высокие риски ревизионных вмешательств в долгосрочной перспективе.

1.4.1. Артродезирование голеностопного сустава

Артродезирование является традиционным методом хирургического лечения при рефрактерном к консервативной терапии терминальном ОАГС. Предложено множество вариантов выполнения артродеза, в том числе минимально-инвазивным и артроскопическим методом [3, 39, 45, 47, 48, 64, 103]. Артроскопический артродез позволяет снизить частоту осложнений [64], но обладает ограниченными показаниями [35].

В среднесрочных наблюдениях артродезирование обладает хорошим функциональным результатом и эффективно купирует болевой синдром [1, 39, 45, 47, 103, 140]. Частота осложнений артродезирования при краткосрочных и среднесрочных наблюдениях превышает частоту осложнений эндопротезирования [119]. У пациентов старше 70 лет артродезирование не отличается от эндопротезирования по частоте осложнений и функциональному результату [131].

Более чем у половины пациентов после артродезирования возникает ОА смежных суставов стопы через 2 года после операции [39, 45, 47]. Долгосрочное наблюдение за пациентами после артродезирования ГС демонстрирует прогрессирование подтаранного ОА и увеличение гипермобильности переднего отдела стопы. Симптоматический ОА подтаранного сустава возникает в 1/3 случаев, при этом, около 60% пациентов имеют хороший или очень хороший результат [103]. Долгосрочное наблюдение за детьми с гемофилией, которым был выполнен артродез ГС, демонстрирует хороший функциональный результат и купирование боли спустя 10 лет с прогрессированием подтаранного ОА [33].

Артродезирование ГС является хорошо изученным и эффективным методом лечения терминальных стадий ОАГС, главные недостатки которого – прогрессиру-

ющий ОА смежных суставов стопы и полная потеря функции таранно-большеберцового сустава, которые не оправдывают ожиданий от лечения у молодых пациентов с сохранной амплитудой движений.

1.4.2. Тотальное эндопротезирование голеностопного сустава

Тотальное эндопротезирование ГС является альтернативой артродезированию при лечении терминального ОАГС [27, 119, 123, 130]. На сегодняшний день применяются эндопротезы 4-го поколения с фиксированным вкладышем и бесцементной фиксацией [35, 52]. Среднесрочные и краткосрочные наблюдения демонстрируют хорошие результаты эндопротезирования. Сведения о неудовлетворительных краткосрочных результатах с высокой частотой ревизионных вмешательств относятся к эндопротезам 1-го и 2-го поколения [35]. Деформации в области ГС при ассиметричном ОАГС ограничивают показания к эндопротезированию [119, 130, 145]. Тем не менее решение о выборе метода лечения должно приниматься в каждом случае индивидуально [27, 119, 123, 130, 145].

Эндопротезирование у пациентов моложе 50 лет с высокой физической активностью обладает более высоким функциональным результатом по сравнению с артродезированием, а также более высокой частотой ревизионных вмешательств [119]. Исследования пациентов, перенесших эндопротезирование с периодом наблюдения 10 лет, демонстрируют необходимость ревизионных вмешательств у пациентов младше 50 лет в 36,1% случаев, а старше 50 лет в 13,1% случаев [123, 130]. У пациентов младше 60 лет частота необходимости ревизионного вмешательства в 1,8 раза выше [119]. Однако, эндопротезирование позволяет предотвратить развитие ОА смежных суставов и сохранить подвижность в таранно-большеберцовом суставе [119, 123, 130, 145].

Эндопротезирование перспективный метод лечения терминального ОАГС, который лишен недостатков артродезирования, но долгосрочность выживаемости эндопротезов на сегодняшний день является ограничивающим фактором, учитывая сложность ревизионных вмешательств.

1.5. Дистракционная артропластика голеностопного сустава

ДАГС является альтернативой артродезированию или тотальному эндопротезированию у пациентов с терминальным ОАГС и сохранной амплитудой движений. ДАГС подразумевает использование АНФ для механической разгрузки ГС, потенциально способствуя восстановлению хряща. Дополнительные хирургические процедуры часто выполняются для устранения деформаций, контрактур, импиджмент-синдрома и сопутствующих повреждений в области ГС. Хотя первоначальной целью ДАГС является отсрочка радикального вмешательства, многие пациенты достигают длительного клинического эффекта [17].

Существуют различные виды компоновок аппарата Илизарова, с возможностью осуществления движений в суставе или без нее [2, 109]. Имеются данные о применении производственных дистракторов или наружных фиксаторов, как альтернативы аппарату Илизарова [107, 154].

1.5.1. История дистракционной артропластики

Одним из первых, описанных шарнирных аппаратов на ГС, можно считать аппарат Волкова-Оганесяна в 1975 году. Он применялся для лечения застарелых переломов лодыжек в комбинации с созданием артродиастаза [147].

В 1978 году для поиска альтернатив тотальному эндопротезированию ГС Judet R. и Judet T. впервые описали технику с применением АНФ с целью разобщения суставных поверхностей (артродиастаза) для лечения ОАГС [71].

Aldegheri R. в 1994 году сообщил о применении шарнирного дистрактора для разгрузки тазобедренного сустава при ОА тазобедренного сустава. Дистракция проводилась в течение 6–10 недель, на 5 мм позволяя осуществлять движения в одной плоскости. Период наблюдения составлял 5 лет, были получены хорошие клинические результаты. [10]

В 1995 году van Valburg A. A. опубликовал исследование ДАГС у 11 пациентов с тяжелым посттравматическим ОАГС и средним возрастом пациентов 35 лет. Средний срок дистракции составил 15 недель, артродиастаз до 5 мм. Уменьшение

болевого синдрома отмечено у всех пациентов. Рентгенологические изменения и увеличение амплитуды движений наблюдалось не у всех пациентов. [142]

В 1999 году, воодушевленные результатом, van Valburg A. A. и его соавторы провели еще одно проспективное исследование с минимальным сроком наблюдения в 2 года. Также они впервые описали применение артроскопического дебридмента в рамках комбинированного лечения. Клинические результаты через 2 года после удаления дистракционного аппарата были статистически значимо лучше, чем через 1 год [143].

Артикулирующие (шарнирные) компоновки использовались и раньше [120], а Paley D. в 2008 году опубликовал исследования с использованием модифицированной артикулирующей компоновки аппарата Илизарова. Ключевым моментом являлось расположение шарнирных узлов на уровне оси Инмана В. Т. (анатомической оси движения ГС). Период наблюдения в среднем составлял 5,3 года. Неудовлетворительный результат был получен только у 11% пациентов. [113]

Nakasa T. и соавторы в 2015 году впервые опубликовали исследование ДАГС и артроскопического микрофрактурирования дефектов хряща у пациента с ревматоидным ОА, сообщив о хорошем результате через 2 года, а также подтвердив восстановление хряща с помощью повторной артроскопии через 3 месяца в момент демонтажа аппарата Илизарова [107]. В последующем выполнив аналогичное исследование 7 пациентов в 2019 году [66].

В России на сегодняшний день существует 1 исследование ДАГС с описанием одного клинического случая в комбинированном лечении с артроскопическим дебридментом [89].

1.5.2. Биомеханическое обоснование лечебного эффекта дистракционной артропластики

Точный механизм действия ДАГС неизвестен [17]. Предположительно, биологические механизмы восстановления хряща возможны при механической разгрузке сустава и восстановленных механических и анатомических осях конечности [38].

Прочность конструкции АНФ может обеспечить достаточную разгрузку сустава, которая позволит remodelироваться субхондральной кости [69]. Гиалиновый хрящ испытывает дефицит кровоснабжения, нервной иннервации и лимфатического дренажа. Важнейшую роль играет внутрисуставная циркуляция синовиальной жидкости, которая осуществляет питание хряща путем диффузии. Нормальная циркуляция синовиальной жидкости возможна при наличии активных движений в суставе [17, 139].

Окружающая механическая среда контролирует метаболизм хондроцитов и, таким образом, может активироваться синтез деградирующих цитокинов, увеличивая катаболические ферменты (за счет механоэлектрохимических событий) [102]. Факторы, которые связывают с восстановлением хряща, это увеличение синтеза протеогликана, привлечение мезенхимальных стволовых клеток и оптимизация механической среды [95, 127, 138]. Также значимая роль отводится поддержанию избыточного отрицательного внутрисуставного давления [36].

Исследования на моделях животных с дефектами хряща или индуцированием ОА проводятся достаточно давно и позволяют лучше понять механизмы влияния артродиастаза на процессы в структуре хрящевой ткани. Острые повреждения хряща не моделируют имеющийся субхондральный склероз при ОА, но тем не менее позволяют получить сведения о биохимических и гистологических процессах внутри хрящевой ткани. На сегодняшний день имеется 8 исследований влияния артродиастаза на структуру хрящевой ткани, которые подтверждают повышение метаболической активности и восстановление коллагена II типа внутри хрящевого матрикса, а также повышение репаративных сигнальных молекул, соответствующих таковым у человека [21, 41, 55, 65, 68, 105, 110, 132, 137, 149].

В исследовании Chen Y. и соавторов 2015 года моделировался ОА коленного сустава крысы с помощью повреждения передней крестообразной связки и резекции медиального мениска. После развития ОА выполняли distraction сустава в АНФ сроком на 3 недели, после чего оценивали уровень интерлейкина-1 β в сыворотке и проводили гистологический анализ хрящевой ткани, микро-КТ и иммуногистохимический анализ субхондральной кости. Было продемонстрировано, что

артродиастаз снижает уровень вторичного воспаления, дегенерацию хряща и абертантные изменения субхондральной кости, а также снижает минеральную плотность субхондральной ткани [21].

Teunissen M. и соавторы в исследовании 2021 года моделировали ОА коленного сустава у собак с помощью создания дефекта хряща на мышцелке бедра, с последующим артрوديастазом на срок 8 недель, спустя 4 недели после создания дефекта. После лечения артрوديастазом исследовались гистологические препараты. В группе артродиастаза выявлена повышенная регуляция протеолитических генов ADAMTS5, MMP9, MMP13, а также (tgF)- β и сигнальных молекул, связанных с развитием клеток-предшественников, что указывает на увеличение катаболической и анаболической активности хрящевой ткани. [137]

Исследование Inori F. 2001 года доказывает возможность дистракционного артрогенеза. На экспериментальных кроликах выполнялась дистракция фрагмента мышцелки бедра после остеотомии (фрагмент включает хрящ и субхондральную кость). Гистологические результаты свидетельствуют о возможности образования новой хрящевой и субхондральной костной ткани в суставе с помощью дистракции [68].

1.5.3. Лечение остеоартрита голеностопного сустава с применением дистракционной артропластики

В большинстве исследований показанием к ДАГС является терминальный ОАГС, когда пациентам показано выполнение артродезирования или эндопротезирования [51, 60, 115, 121, 150]. Метод применяется в том числе и у детей [24, 54, 99, 120].

Наиболее часто ДАГС выполняют при посттравматическом ОАГС, но допустимо использование при любых этиологиях ОАГС. Возраст пациента как значимо ограничивающий фактор не обнаружен в множестве работ [99, 109, 113, 135, 154] Причину болевого синдрома при ОАГС, связывают с субхондральными кистами, которые регрессируют и уплотняются после применения ДАГС, а наличие субхондрального склероза не оказывает влияния на выраженность боли [69].

При сравнении ДАГС с изолированным артроскопическим дебридментом на претерминальных стадиях ОАГС, ДАГС обладает статистически значимым эффектом в уменьшении болевого синдрома на среднесрочных периодах наблюдения, однако эти отличия не существенны с учетом времени и тяжести лечения с помощью ДАГС [60, 95]. Рандомизированное исследование утверждает об отсутствии влияния дебридмента на уровень боли и амплитуду движений через 2 года между артикулирующими и фиксированными дизайнами АНФ [121].

Сведения о влиянии ДАГС на амплитуду движений ГС противоречивы. Увеличение амплитуды движений заявлено в большинстве исследований [17, 60, 95, 135]. Но в одном исследовании утверждают об уменьшении амплитуды движений [113].

Среди дополнительных хирургических манипуляций, описанных в исследованиях, выполнялись: открытый дебридмент с помощью артротомии [121, 135, 150], артроскопическая санация и дебридмент [69, 89, 95, 143], микрофрактурирование [107, 153, 154], остеохондральная аутооттрансплантация [15], надлодыжечные остеотомии [111, 113, 155, 156], удлинение ахиллова сухожилия [60, 135, 150], внутрисуставные инъекции [46, 51, 90], комбинация с интерпозицией коллагеновой мембраны [117], операция Брострома по стабилизации латерального связочного комплекса [156], остеотомия пяточной кости [150, 153], подтаранный артроэрез [29], подтаранный артродез [117].

Размер требуемого артродиастаза остается предметом дискуссий и отличается у различных авторов. Артродиастаз в 5 мм используется в большинстве исследований [69, 95, 107, 115, 153, 155]. Также целевым уровнем указывается: 7 мм [92], 6–8 мм [28], 5–6 мм [51], 8–10 мм [15]. В кадаверном исследовании FragoMen A. и соавторов рекомендуется минимальный уровень артродиастаза 5,8 мм, который позволяет поддерживать полное разобщение суставных поверхностей при полной осевой нагрузке в АНФ [43]. Стоит отметить, что нагрузочный режим сильно варьируется в зависимости от компоновки АНФ, от полного отсутствия нагрузки, до полной нагрузки [107, 113, 135].

Технически способ достижения артродиастаза разнообразен. Исследования, в которых указан метод достижения артродиастаза, можно подразделить на 3 типа:

одномоментный интраоперационный артродиастаз до достижения запланированного разобщения [69, 73, 135, 155], частичный артродиастаз до 3–4 мм, с последующим достижением запланированного до 2 недель после операции [28, 51], постепенное создание артродиастаза в послеоперационном периоде по 0,5–1 мм в сутки [46, 92, 153]. Контроль артродиастаза планируемой величины, если это указывалось, выполняли с помощью нагрузочных рентгенограмм или интраоперационной флюороскопии. Независимо от метода создания целевого артродиастаза, о серьезных осложнениях не заявлялось [46, 92, 107, 113, 135, 153, 155].

Необходимый период артродиастаза также различен и значительно отличается в разных исследованиях. Лечение сроком в 12 недель использовали в большинстве публикаций [29, 51, 60, 90, 121]. Существуют работы, которые описывают период лечения в 10–12 недель [156], в 8 недель [15, 89], в 15 недель [115] и в 17 недель [113]. При комбинации с надлодыжечной остеотомией период лечения длится до образования костного сращения [96, 111, 156]. Исследование Bernstein M. и соавторов рекомендует срок лечения от 8 до 12 недель, утверждая об отсутствии преимуществ свыше 12 недель лечения [17].

Протокол реабилитации в АНФ при ДАГС, если он указывался в исследованиях, разнообразен. Активные движения при применении артикулирующих компонентов начинаются на следующие сутки, либо через 2–3 недели с момента операции, после достижения необходимого уровня артродиастаза. Артикуляция осуществляется без осевой нагрузки (лежа или сидя). Существует несколько режимов реабилитации: 15 повторений 4 раза в сутки [28], 15 повторений 3 раза в сутки или более [29], или 20 повторений 3 раза в сутки, в том числе с использованием эспандера [121].

Среди осложнений при ДАГС, воспаление мягких тканей в области спиц является наиболее частым осложнением [24, 60, 95, 109, 111, 113, 150]. При использовании компонентов АНФ, где применяются спицы, проведенные через кости предплюсны или плюсны, сообщается о случаях поломки спиц [95, 143]. Другие осложнения, которые являлись редкими, включали: комплексный регионарный болевой синдром [54, 60, 96, 115], нейропатию [121], тромбоз вен голени [121].

Предложено множество дизайнов компоновок аппарата Илизарова для лечения с помощью ДАГС. Различные дизайны компоновок отличаются по функциональным результатам, выживаемости сустава и послеоперационному ведению. Например, женский пол является фактором, снижающим эффективность ДАГС и увеличивающим вероятность радикального вмешательства в течение 2 лет после оперативного лечения [51, 96]. Наличие артикулирующей компоновки АНФ устраняет влияние этого фактора [96]. Фиксированный дизайн АНФ обладает среднесрочным позитивным влиянием на выживаемость [109]. Рандомизированные клинические исследования утверждают о лучших ранних функциональных результатах и большей выживаемости артикулирующих компоновок АНФ [96, 109, 121]. В трудах Fragothen A. и соавторов представлена одна из наиболее современных артикулирующих компоновок аппарата Илизарова (Рисунок 1.4) [43].



Рисунок 1.4 – Пример компоновки Fragothen A. для дистракционной артропластики [43]

Анализ выживаемости ДАГС у пациентов с терминальным ОАГС, по данным Greenfield S. и соавторов, составляет 84% в 5-летний период наблюдений [51]. Исследование Marijnissen A. и соавторов указывает на 5-летнюю выживаемость ДАГС у мужчин в 88% случаев, а у женщин в 80% случаев [96]. Исследование Ploegmakers J. и соавторов демонстрирует 73% выживаемость в течение 7 лет [115]. При сравнении групп изолированного артроскопического дебримента и комбинированного

лечения с ДАГС у пациентов с терминальным ОАГС, выживаемость через 3 и 5 лет в группе ДАГС 74% и 59%, группа только артроскопического дебридмента 49% и 34% соответственно [60].

Аваскулярный некроз таранной кости, женский пол и угол наклона таранной кости больше 5° , без устранения деформации, а также индекс массы тела (ИМТ) $> 28 \text{ кг/м}^2$ являются факторами риска неудачи после ДАГС [51, 109, 135, 154]. Сведения об осложнениях и трудностях при последующем артродезироваии или эндопротезированием ГС после ДАГС отсутствуют [96, 113, 115, 121, 150].

Таким образом, учитывая анализ литературных данных, ДАГС является эффективным методом отсрочить радикальное хирургическое вмешательство, на срок более 5 лет и обладает большей эффективностью при комбинированном лечении. Наиболее рациональным считается использование артикулирующих компоновок на терминальных стадиях ОА, у молодых пациентов с сохранной или сниженной амплитудой движения ГС. Требуется придерживаться сроков distraction от 8 до 12 недель и достигать артродиастаза в 5–6 мм. В отличие от эндопротезирования ДАГС не создает сложностей для последующего артродезирования.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Дизайн исследования

Материалом проспективного нерандомизированного, экспериментального, многоцентрового исследования явились результаты комплексного обследования и лечения методом ДАГС 42 пациентов с терминальным посттравматическим ОАГС. Хирургическое лечение пациентов осуществлялось на базах кафедры травматологии и ортопедии медицинского института Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН) в отделении травматологии и ортопедии № 2 ГБУЗ «ГКБ № 13 ДЗМ», ортопедического отделения ГБУЗ «ГКБ № 31 ДЗМ», травматолого-ортопедического отделения ГБУЗ «ГКБ им. А. К. Ерамишанцева ДЗМ», травматологического отделения ГБУЗ «ГКБ им. В. М. Буянова ДЗМ» в период с 2021 года по 2023 год.

Каждому пациенту предоставлялся бланк информированного согласия участника исследования, а также согласие на обработку персональных данных в рамках научного исследования, в соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных». На проведение научной работы было получено разрешение локального этического комитета «Комитета по этике Медицинского института РУДН».

Критерии включения пациентов в исследование: наличие письменного информированного согласия на участие в исследовании, возраст от 18 лет до 65 лет, ОАГС 4-й степени по Kellgren-Lawrence или III стадии по Н. С. Косинской, наличие травмы ГС в анамнезе, сохранная суммарная амплитуда движений в ГС не менее 15°, неэффективность консервативного лечения в течение 6 месяцев.

Критерии невключения: возраст менее 18 лет или старше 65 лет, отсутствие травмы ГС в анамнезе, наличие специфического (ревматоидного, подагрического и др.) и инфекционного артрита ГС в анамнезе, подтвержденное расстройство психического здоровья, невозможность соблюдения ортопедического режима, невозможность заполнения формы оценочных систем.

Критерии исключения: отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании, пропуск контрольного осмотра более чем на 10 дней, пропуск контрольного рентгенологического исследования более чем на 10 дней.

Для выполнения поставленной цели и задач исследование было разделено на три этапа.

На первом этапе диссертационного исследования изучены имеющиеся литературные данные по применению ДАГС. Провели анализ комбинированных вмешательств, хирургической техники, компоновок аппарата Илизарова и осложнений после ДАГС. Изученные данные легли в основу реализации и публикации систематического обзора литературы. Произвели анализ методов оценки результатов лечения пациентов с терминальным ОАГС, изучили имеющиеся оценочные системы по литературным данным. В связи с отсутствием валидированных на русском языке оценочных систем, произвели кросс-культурную адаптацию и валидацию шкалы FAAM. Выполнили ДАГС пациентам с терминальным ОАГС и последующим анализом результатов лечения в отдаленном периоде. Пациенты были отобраны методом сплошного выбора. Всем пациентам выполнялся клинический осмотр, сбор анамнеза, лабораторные и инструментальные методы диагностики на предоперационном этапе. Контрольные осмотры проводились на следующие сутки после оперативного лечения, через 2 недели, 4 недели и 8–12 недель с момента операции. После чего проводился демонтаж аппарата Илизарова и последующие контрольные осмотры через 1, 3, 6, 12 месяцев. Контрольная рентгенография ГС выполнялась всем пациента перед оперативным лечением, через 4 недели с момента операции, после демонтажа аппарата Илизарова и через 1, 6 и 12 месяцев. Клинические данные и данные физикального осмотра пациентов вносились в разработанные бланки осмотра: «Осмотр в аппарате Илизарова» и «Осмотр без АНФ» (Приложения Г, Д). Также все пациенты заполняли оценочные системы (опросники) FAAM, АО FAS, ВАШ (Приложения А, Б, В) до оперативного лечения и через 1, 3, 6, 12 месяцев после демонтажа АНФ. Лабораторная диагностика включала в себя стандартное предоперационное обследование (общий анализ крови, общий анализ мочи, коагулограмма, биохимический анализ крови, анализ на парентеральные инфекции) и

выполнялась дважды: до монтажа АНФ и перед демонтажем АНФ через 8–12 недель. Всем пациентам выполнялось МРТ ГС до оперативного лечения и через 12 месяцев после демонтажа АНФ. При необходимости выполнения комбинированного вмешательства с применением артроскопии выполнялась фото и видео фиксация состояния хряща с последующей оценкой по Outerbridge. При наличии деформаций конечности, неправильно сросшихся или несросшихся переломов пациентам выполнялось КТ ГС.

Итогом проведения первого этапа диссертационной работы явился анализ отечественной и иностранной научной литературы, публикация систематического обзора литературы, разработка и публикация валидированной шкалы FAAM на русском языке. Оптимизация хирургической техники ДАГС с публикацией исследования. Анализ собственных результатов лечения ДАГС в рамках диссертационного исследования.

На втором этапе диссертационного исследования проводили оценку объема хрящевой ткани ГС с помощью полуавтоматической сегментации МРТ до ДАГС и через 12 месяцев после. Оценку выполняли с помощью существующих методов сегментации и последующим компьютерным моделированием трехмерной структуры хрящевой ткани таранной и большеберцовой кости в программе 3D Slicer 5.4.0 [37]. Расчетный объем хрящевой ткани определялся с помощью МРТ ГС, выполненного до оперативного вмешательства и через 12 месяцев после демонтажа с помощью полуавтоматической сегментации при условии отсутствия артефактов и надлежащего качества исследования у 10 пациентов.

Итогом проведения второго этапа диссертационной работы явился анализ объема хрящевой ткани до и после лечения ДАГС.

На третьем этапе исследования 10 пациентам, которым ранее проводилась артроскопия ГС в комбинации с ДАГС, при возникновении или рецидиве клинически значимого переднего импиджмент-синдрома через 12 месяцев после демонтажа АНФ выполнялось повторное артроскопическое (second-look) вмешательство с фото и видео фиксацией и последующей оценкой состояния хряща по Outerbridge. На основании имеющихся фото и видео материалов состояния хрящевой ткани ГС

производили клиническую оценку и классификацию имеющихся повреждений с последующим анализом результатов.

Итогом проведения третьего этапа диссертационной работы явился сравнительный анализ макроскопического состояния хрящевой ткани ГС по Outerbridge до и через 12 месяцев после ДАГС.

2.2. Общая характеристика пациентов

Всего в исследовании приняло участие 47 пациентов. 5 пациентов были исключены из исследования: 4 – пропуск контрольных осмотров, 1 – отказ от дальнейшего участия в исследовании. В конечном итоге в исследование было включено 42 пациента, из них женщин – 16 (38,9 %), мужчин – 26 (61,11 %), средний возраст пациентов составил 48,5 [26; 65] лет. Средний возраст женщин 42,14 [26; 60] лет, средний возраст мужчин 52,55 [33; 65] лет. Также у пациентов оценивался рост и вес с последующим расчетом ИМТ. Средний ИМТ составил 28,34 [21,56; 35,49] кг/м².

У всех пациентов имелся терминальный ОАГС. Также выполнялась оценка по классификации «van Dijk scale», которая составила 2-ю [1; 3] степень, по классификации COFAS 1-й [1; 4] тип. Конгруэнтный сустав (угол наклона таранной кости менее 4°) у 37 (88,89 %) пациентов, неконгруэнтный у 5 (11,11 %) пациентов. У пациентов с асимметричным ОАГС применялась классификация по Tanaka-Takakura и составила IIIA [0; IIIB] стадию. Основываясь на данных анамнеза и инструментальных исследований у всех пациентов выявлен вторичный посттравматический ОАГС. Этиологическими причинами явились: открытый перелом обеих лодыжек голени со смещением отломков 44-B3 АО/ASIF 1-й тип Gustilo-Anderson у 2 (4,6 %) пациентов, 44-C2 АО/ASIF 2-й тип Gustilo-Anderson у 2 (4,6 %) пациентов, 44-C2 АО/ASIF 3A тип Gustilo-Anderson у 1 (2,38 %) пациента, закрытый перелом наружной лодыжки голени со смещением отломков 44-B1 АО/ASIF у 1 (2,38 %) пациента, закрытый перелом обеих лодыжек голени со смещением отломков 44-B2 АО/ASIF у 4 (9,52 %) пациентов, 44-B3 АО/ASIF у 2 (4,6 %) пациентов, 44-C2 АО/ASIF у 2 (4,6 %) пациентов, закрытый перелом дистального отдела большеберцовой кости со смещением отломков 43-A2 АО/ASIF у 2 (4,6 %) пациентов,

закрытый перелом дистального отдела обеих костей голени со смещением отломков 43-B2 AO/ASIF у 2 (4,6 %) пациентов, 43-B3 AO/ASIF у 2 (4,6 %) пациентов, 43-C2 AO/ASIF у 1 (2,38 %) пациента, дисторсия ГС с разрывом латерального связочного комплекса у 18 (42,86 %) пациентов, разрывом медиального связочного комплекса у 2 (4,6 %) пациентов, разрывом дистального межберцового синдесмоза у 1 (2,38 %) пациента. Период возникновения терминального ОАГС с момента травмы составил 3 [1; 25] года. Таким образом, в анамнезе присутствовал открытый перелом в области ГС у 5 (11,9 %) пациентов, закрытый перелом в области ГС у 16 (38,89 %) пациентов, хроническая нестабильность ГС у 21 (50,0 %) пациента - послужили причинами развития терминального ОАГС. Первичное хирургическое лечение применялось у всех пациентов с открытыми переломами и в большинстве случаев закрытых переломов, кроме: 1 (2,38 %) пациента с переломом 44-B3 AO/ASIF, 1 (2,38 %) пациента с переломом 44-C2 AO/ASIF и 2 (4,6 %) пациентов с переломом 44-B2 AO/ASIF. Все пациенты с дисторсией ГС лечились консервативно.

Помимо терминального ОА, у пациентов была выявлена сопутствующая патология в области ГС: передний импиджмент-синдром у 28 (66,67 %) пациентов, массивные остеохондральные повреждения таранной кости у 4 (9,52 %) пациентов, задний импиджмент-синдром у 5 (11,9 %) пациентов, теносиновит сухожилия длинного сгибателя первого пальца у 3 (7,14 %) пациентов, хроническая нестабильность ГС вследствие разрыв латерального связочного комплекса у 7 (16,67 %) пациентов, хроническая нестабильность ГС вследствие разрыв медиального связочного комплекса у 3 (7,14 %) пациентов, застарелый разрыв дистальной порции межберцового синдесмоза у 2 (4,6 %) пациентов, плосковальгусная деформация стопы у 5 (11,11 %) пациентов, несросшийся перелом наружной лодыжки у 2 (4,6 %) пациентов, неправильно сросшиеся переломы большеберцовой кости у 2 (4,6 %) пациентов.

Сопутствующие соматические заболевания имелись у 26 (61,11 %) пациентов. К ним относились: гипертоническая болезнь у 14 (33,33 %) пациентов, ишемическая болезнь сердца у 5 (11,11 %) пациентов, хронический вирусный гепатит С у

2 (5,56 %) пациентов, подагра у 5 (11,11 %) пациентов, гипотиреоз у 4 (8,33 %) пациентов, дисгенезия гонад у 1 (2,78 %) пациента.

Известная непереносимость или аллергические реакции на лекарственные средства у пациентов не выявлены. Постоянный прием лекарственных средств был у 21 (50,0 %) пациента, к которым относились антигипертензивные препараты у 12 (27,78 %) пациентов, антиподагрические препараты у 2 (5,56 %) пациентов.

2.3. Методы обследования

2.3.1. Клиническое обследование

Клиническое обследование включало сбор жалоб, анамнеза заболевания, анамнеза жизни и аллергологического анамнеза, исследование локального статуса. В процессе сбора анамнеза заболевания уделялось внимание ранее полученной травме, обстоятельству травмы и методах лечения, которые выполнялись пациенту, а также о перенесенных оперативных вмешательствах в области ГС. Фиксировали период возникновения жалоб соответствующих ОАГС после полученной травмы, а также методы консервативного лечения, которые применялись пациентом.

Локальный статус исследовался, начиная с осмотра передвижения пациента и использования средств дополнительной опоры и ортезов. Затем проводили оценку кожных покровов на наличие отека мягких тканей, а также при наличии послеоперационных рубцов оценивали их состояние и заживление. Проводили оценку неврологического и сосудистого статуса, оценку чувствительности в области стопы и пульсации на тыльной артерии стопы. При клиническом осмотре выполняли оценку гипотрофии мышц голени. Визуальную оценку наличия деформаций на протяжении всей нижней конечности. Выполняли оценку активной амплитуды движений в ГС: дорсофлексия (в норме 0–30°), плантофлексия (в норме 0–40°), эверсия (в норме 0–20°), инверсия (в норме 0–30°). После чего проводили оценку пассивных движений в суставе по аналогичным характеристикам. Оценка амплитуды движений должна проводиться с помощью гониометра в состоянии

нагрузки, а также необходимо учитывать возможное ограничение амплитуды движений за счет укорочения пяточного сухожилия, определяемого с помощью Silfverskiöld теста [13, 53]. Далее выполняли специфические тесты для ГС.

Оценку состояния ахиллова сухожилия выполняли с помощью Silfverskiöld теста, основанного на анатомической фиксации икроножной мышцы к мышцелкам бедренной кости, вследствие чего происходит пересечение коленного и ГС. При пассивной дорсофлексии ГС и сгибании в коленном суставе происходит увеличение амплитуды дорсофлексии, что считается положительным результатом теста и обусловлено укорочением икроножной мышцы. Если увеличения дорсофлексии не происходит, то укорочение обусловлено икроножной и камбаловидной мышцами и результат теста считается отрицательным. При положительном результате оперативное лечение требуется дополнять тенотомией ахиллова сухожилия в 1-й зоне (операция Strayer), при отрицательном в 3-й зоне (операция Hoke).

Оценку импиджмент-синдрома проводили с помощью форсированной плантофлексии и дорсофлексии с последующим определением локализации болей в переднем или заднем отделе ГС. Тест считался положительным при появлении болевого синдрома.

Затем проводили оценку связочного аппарата ГС в сравнении с контрлатеральной конечностью. Тест переднего выдвижного ящика для оценки передней таранно-малоберцовой связки, инверсионный тест на оценку функции дельтовидной связки и эверсионный тест для оценки пяточно-малоберцовой связки [62].

Проводили исследование межберцового синдесмоза, которое включало: Kleiger тест (тест наружной ротации и дорсофлексии) – при форсированной наружной ротации стопы в нейтральном положении появление болевого синдрома при положительном результате; Squeeze тест – постепенная компрессия между малоберцовой и большеберцовой костью на уровне сустава с последующим резким расслаблением и оценки возникающего при этом болевого синдрома при положительном результате; поперечный выдвижной ящик – при согнутом коленном суставе до 90 градусов и расслабленной стопе смещение пяточной и таранной кости по ширине в медиальную и латеральную сторону, при наличии ощущения «глухого удара» и

наличии смещения тест считает положительным. Положительные тесты соответствуют признакам повреждения межберцового синдесмоза.

Далее выполняли оценку мобильности подтаранного сустава, таранно-ладьевидного сустава. После чего производился осмотр стоп с нагрузкой спереди, сбоку и сзади для оценки сопутствующей деформации стопы, наличия деформаций в области ГС, а также выполнялся тест подъема на носки для оценки функции сухожилия задней большеберцовой мышцы и ахиллова сухожилия.

Осмотр пациентов на этапе лечения в аппарате Илизарова включал в себя оценку боли, переносимости осевой нагрузки (ходьба на костылях с частичной нагрузкой или без нагрузки). Производили осмотр кожных покровов с целью оценки отека мягких тканей, воспаления мягких тканей в области чрескостных элементов (ЧКЭ) - спиц и стержней Шанца, натяжения мягких тканей в области ЧКЭ, осмотр на наличие отделяемого из послеоперационных ран. Оценка состояния аппарата Илизарова включала контроль натяжения спиц, контроль стабильности рамы аппарата, возможность осуществления активных движений в аппарате Илизарова и возможные помехи для них. Также оценивали сосудистый и неврологический статус, определяли пульсацию на тыльной артерии стопы и чувствительность в стопе. На контрольных осмотрах после выписки пациента из стационара оценивали качество гигиенического ухода: использование защитного чехла, загрязнение кожных покровов и стопы, загрязнение аппарата Илизарова.

2.3.2. Лабораторные исследования

Лабораторная диагностика выполнялась с целью исключения сопутствующей патологии (наличие анемии, воспалительных показателей, эндокринных заболеваний, белкового дефицита, патологии печени и других) и противопоказаний для планового хирургического лечения.

Лабораторные анализы включали развернутый общий клинический анализ крови, биохимический анализ с обязательным исследованием уровня глюкозы, общего белка, прямого и непрямого билирубина, креатинина, мочевины, мочевой

кислоты, ферментов печени (аспартатаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы), определение концентрации электролитов крови (K^+ , Na^+ , Cl^-), а также исследование коагулограммы крови, с определением уровня фибриногена, протромбинового индекса и активированного частичного тромбопластинового времени и показателя международного нормализованного отклонения. Помимо этого, у всех пациентов проводили реакцию Вассермана, анализ крови на вирус иммунодефицита человека и вирусные гепатиты (гепатит С и гепатит В). Общий анализ мочи с определением плотности, наличия белка и лейкоцитов, эритроцитов, бактерий.

Лабораторная диагностика выполнялась перед оперативным вмешательством, включающим монтаж АНФ и перед демонтажом аппарата Илизарова.

2.3.3. Рентгенологическое обследование

Стандартное рентгенологическое обследование включало рентгенографию ГС в прямой и боковой проекции и выполнялось всем пациентам. На рентгенограммах оценивалась конгруэнтность сустава, наличие деформаций, степень ОАГС по Kellgren-Lawrence, «van Dijk scale», COFAS и Tanaka-Takakura при необходимости, локализация остеофитов, наличие металлоконструкций, несращения переломов. Для более точной оценки ОА необходимо выполнение рентгенограмм с нагрузкой (стоя) [53, 63, 98]. Некоторые исследователи считают необходимым замену прямой проекции на косую проекцию «mortis view», при внутренней ротации стопы на 10° , как более информативную проекцию [98]. Боковую рентгенограмму необходимо проводить, направляя рентгеновский луч на медиальную лодыжку [63].

Контрольная рентгенография выполнялась на следующие сутки после монтажа АНФ и определялся размер достигнутого артродиастаза, симметричность суставной щели, положение ЧКЭ аппарата Илизарова. Затем в процессе лечения через 4 недели производили повторную рентгенографию ГС для оценки степени артродиастаза и исключения потери достигнутого разобщения суставных поверхностей. После демонтажа АНФ рентгенография выполнялась с целью исключения удаленных фрагментов ЧКЭ. Затем через 1, 6 и 12 месяцев контрольная рентгенография проводилась с целью рентгенологической оценки лечения, определения

размера суставной щели, конгруэнтности сустава и наличия остеофитов. Измерения величины суставной щели по результатам контрольной рентгенографии до оперативного лечения и через 12 месяцев проводилось на прямой проекции с помощью измерения расстояния от большеберцовой кости до верхней части купола таранной кости и оценивалось в мм.

При наличии деформации на уровне сустава и угла наклона таранной кости более 4° выполняли нагрузочные рентгенограммы с захватом коленного сустава, с целью определения вершины деформации и оценки истинной величины деформации (Рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Пример нагрузочной рентгенограммы голеностопного сустава с углом наклона таранной кости $19,2^\circ$

При сопутствующих деформациях заднего отдела стопы, выявленных при клиническом осмотре проводилась нагрузочная рентгенография стоп в прямой, боковой и аксиальной пяточной проекции (проекция Зальцмана) [53, 63]. На основании данных рентгенографии стоп устанавливался сопутствующий диагноз и степень деформации.

Пациентам с неправильно сросшимися переломами или несросшимися переломами, а также при наличии металлоконструкций в области ГС (последствия перелома малоберцовой или большеберцовой кости) выполнялась КТ с целью оценки состояния костного сращения [53].

Также по КТ определялись: локализация и размер остеофитов, наличие деформации костей и состояние межберцового синдесмоза с помощью оценки промежутка между малоберцовой и большеберцовой костью, наличие костно-хрящевых дефектов и субхондральных кист.

КТ позволяет визуализировать области, скрытые металлоконструкциями, оставшимися после ранее проведенного остеосинтеза для более точной диагностики состояния сустава (Рисунок 2.2).

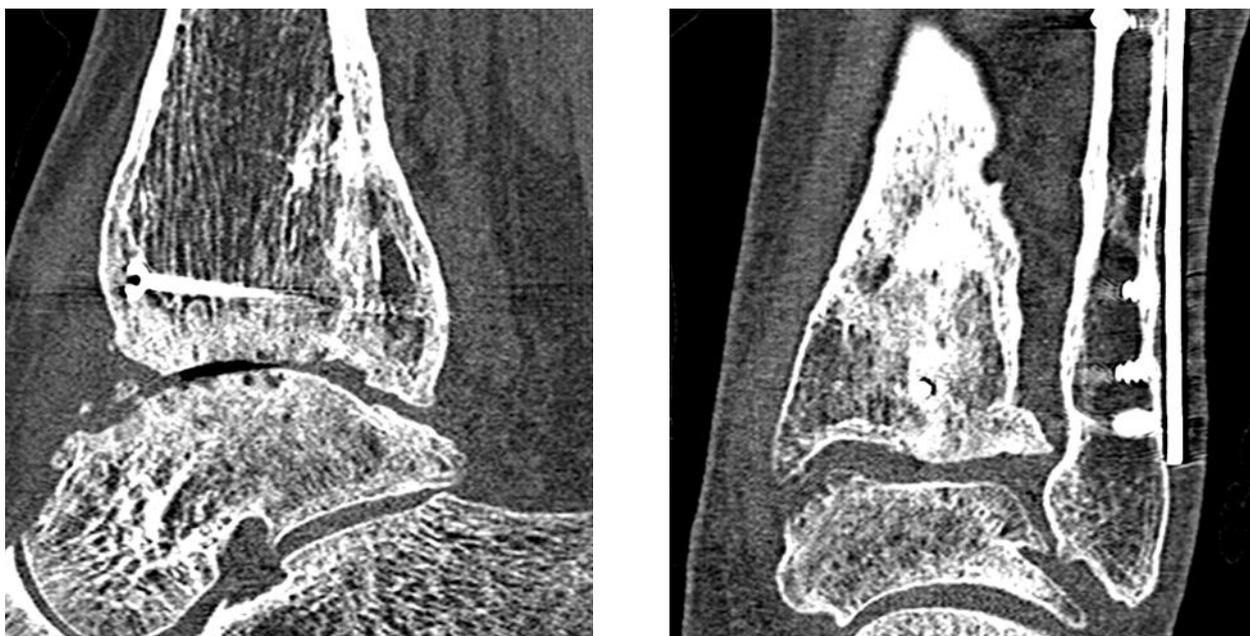


Рисунок 2.2 – Пример элементов металлоконструкций, сросшегося перелома лодыжек и свободного хондромного тела в переднем отделе голеностопного сустава на фоне терминального ОА по данным КТ

Таким образом стандартная рентгенография ГС, клиническая диагностика и дополнительная лучевая диагностика, основанная на данных клинического осмотра, являются основным методом обследования пациентов.

2.3.4. Магнитно-резонансная томография голеностопного сустава

Всем пациентам выполнялось МРТ в предоперационном периоде для диагностики сопутствующих повреждений. По результатам МРТ проводилась оценка состояния хряща таранной и большеберцовой кости, наличия субхондральных кист, передней таранно-малоберцовой связки, пяточно-малоберцовой связки, дельтовидной связки, наличия воспаления в области сухожилий, наличия свободных хондромных тел, рубцовых процессов в полости сустава. МРТ позволяло скорректировать тактику лечения в отношении артроскопического вмешательства и при необходимости, в соответствии с клинической картиной, дополнить пластикой поврежденного связочного комплекса.

Повторное МРТ рекомендовалось через 12 месяцев после демонтажа аппарата Илизарова. При отсутствии наводок от металлоконструкций, артефактов, шумов, удовлетворительном качестве результатов исследования (отсутствие помех, затрагивающих хрящевую ткань на всех сагиттальных срезах) и мощности томографа не менее 1,5 Тесла проводилась сегментация хряща.

По данным сагиттальных срезов МРТ выполнялась ручная сегментация изображений хрящевой ткани у 10 пациентов до и через 12 месяцев после лечения ДАГС. С помощью программного обеспечения 3D Slicer 5.4.0 на каждом сагиттальном срезе изображений, взвешенных по протонной плотности (PD-взвешенных изображений), выполнялось ручное выделение хрящевой ткани на таранной и большеберцовой костях в полуавтоматическом режиме допустимых значений цветового показателя с последующей программной корректировкой границ хряща на основании различия интенсивности цвета пикселей. Далее выполнялось создание трехмерного объекта на основании полученных данных [152]. Затем, с помощью имеющихся функциональных программных возможностей, выполняли измерение объема полученного трехмерного объекта для таранной и большеберцовой кости в кубических миллиметрах [18, 93]. Данные полученных объемов хрящевой ткани регистрировались в базе данных исследования для последующей статистической обработки.

2.3.5. *Оценочные системы*

Оценка результатов лечения проводилась с помощью специализированных опросников (Приложения А, Б, В). Все пациенты заполняли предложенные оценочные системы до оперативного лечения, после демонтажа аппарата Илизарова через 1, 3, 6, 12 месяцев. В исследовании использовалось 3 оценочные системы, которые позволяют оценить функциональный результат проведенного лечения, а также выраженность болевого синдрома: ВАШ, FAAM, АО FAS.

ВАШ – визуально аналоговая шкала, которая позволяет объективизировать степень выраженности болевого синдрома у пациента [84]. Для проведения оценки по ВАШ, пациенту предлагают чистый лист бумаги с линией в 10 см и началом отсчета, установленной в крайней левой части линии, подписанная как «0». Пациенту предлагается поставить черту на линии так, как, по его мнению, он испытывает боль за последние 10–14 дней. Перед этим пациенту поясняется, чем дальше ставится черта от начала линии, тем более выраженная боль. После чего производится измерение расстояния от начала линии до установленной черты пациентом. Результат оценивается в сантиметрах. Большой размер линии соответствует более выраженному болевому синдрому.

Комплексной оценочной системой для самооценки функции ГС являлся опросник «Foot and Ankle Ability Measure» (FAAM) [97]. Эта оценочная система состоит из 2 разделов, первый содержит 21 вопрос для характеристики повседневной активности – Activities of Daily Living (ADL), а второй раздел для оценки спортивной активности и состоит из 8 вопросов – Sports subscales. На каждый вопрос возможно 5 вариантов ответа с балльной оценкой результата (от 0 – невозможно выполнить до 4 – без затруднений). FAAM предполагает оценку по каждому разделу отдельно, а также допускает возможность пропуска вопросов. Результат оценки по каждому разделу выражается в процентном отношении от суммарного числа баллов за раздел повседневной активности или спортивной активности. Большой процент соответствует лучшей функции. В рамках проведения исследования данная шкала была адаптирована на русский язык и выполнена ее валидация с последующей публикацией исследования.

Оценочная система «American Orthopaedic Foot and Ankle Society Ankle – Hindfoot Scale» (AO FAS), также использовалась в исследовании и содержит 9 вопросов, состоящих из следующих показателей: боль (40 баллов), амплитуда движений и физические возможности пациента (50 баллов), прилегание стопы (10 баллов) – общая шкала от 0 до 100 баллов (100 соответствует наилучшей оценке) [129]. Эта шкала объединяет как субъективные вопросы об интенсивности боли, ограничениях двигательной активности максимальной дистанции при ходьбе, так и результаты объективного клинического обследования пациента (походка, амплитуда движений, прилегание стопы к поверхности при ходьбе, стабильность сустава). Поэтому часть опросника заполняется врачом-исследователем. Оценка результатов шкалы производится путем суммирования баллов ответов на каждый раздел (от 0 до 100). Большой балл соответствует лучшей функции.

Используемые оценочные системы комплексно дополняют друг друга и позволяют выполнить как самооценку, так и совместную оценку функционального результата лечения для объективизации результатов проведенного хирургического вмешательства.

2.4. Математико-статистические методы анализа результатов исследования

Данные пациентов собирались с помощью бумажных опросников и таблицы осмотра пациента, а затем заносились в электронную таблицу (базу данных) с использованием платформы Google Forms и Google Sheets (Alphabet Co., Mountain View, CA). Статистическая обработка данных проводилась с использованием статистических библиотек SciPy 1.12.0 и NumPy 1.24.2 для Python 3.9.10 (Python Software Foundation, Delaware, USA). Для каждой из непрерывных величин приведены медиана (Мед), верхний (25%) и нижний квартиль (75%). Достоверность отличий проверялась с помощью непараметрического Т-критерий Уилкоксона и расчетом р-уровня значимости. Статистически значимыми считали различия при значениях $p < 0,05$. Корреляционный анализ проводился с помощью коэффициента Спирмена. При последовательных сравнениях использовалась поправка на множественные сравнения Benjamini – Yekutieli.

Глава 3. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ТЕРМИНАЛЬНЫМ ОСТЕОАРТРИТОМ ДИСТРАКЦИОННОЙ АРТРОПЛАСТИКОЙ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА

После предварительной очной консультации пациента, клинического осмотра и анализа лучевых методов диагностики, устанавливали диагноз и проводили классификацию ОАГС. Пациентам, согласным на участие в исследовании, выполнялось хирургическое вмешательство – комбинированное лечение с применением ДАГС. В стационарных условиях проводили окончательную подготовку к оперативному лечению. После выполненного оперативного лечения пациент находился в стационаре под наблюдением от 2 до 4 дней, где выполняли обучение пациента уходу за аппаратом Илизарова, занятиям лечебной гимнастикой, перевязки и обезболивание, а также проводили динамическое наблюдение за ранними послеоперационными осложнениями. Пациенту выдавали памятки с рекомендациями по уходу и обслуживанию аппарата Илизарова (Приложение Е).

3.1. Подготовка к операции

Основной предоперационной подготовкой для ДАГС, является компоновка аппарата Илизарова, которая соответствует конституциональным особенностям пациента. В исследовательской работе применяли компоновку FragoMen A., ввиду ее простоты установки, минимального количества используемых ЧКЭ и наличия шарнирных узлов на биомеханической оси ГС. Компоновка аппарата Илизарова состоит из 1 кольца и U-образного полукольца для стопы, соединяющихся одноосным шарниром с медиальной и латеральной стороны. Кольцо фиксируется к большеберцовой кости с помощью 2 самонарезающихся стержней Шанца диаметром 6 мм. U-образное полукольцо фиксируется к пяточной и таранной кости с помощью 3 спиц диаметром 1,8 или 2,0 мм.

Для сборки необходимых компонентов аппарата Илизарова в рамках предоперационной подготовки пациенту предлагали встать на чистый лист бумаги больной конечностью. После чего обводили контуры стопы и отмечали положение латеральной и медиальной лодыжки (Рисунок 3.1).

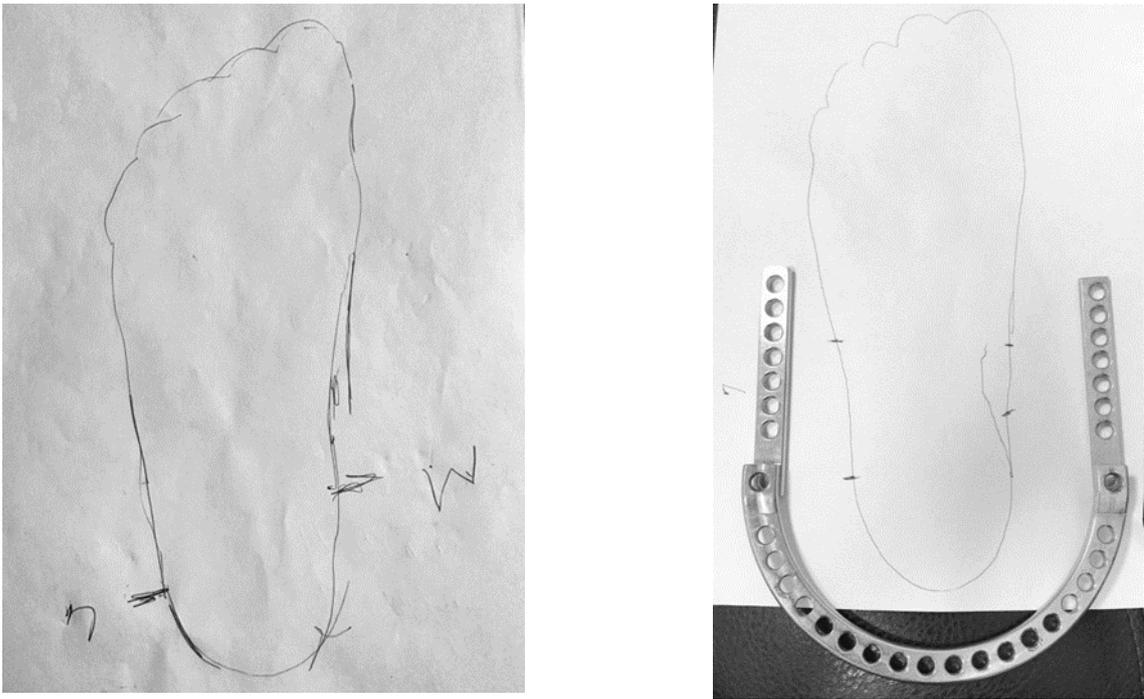


Рисунок 3.1 – Сборка элементов компоновки аппарата Илизарова для ДАГС по контуру стопы пациента

По имеющемуся контуру стопы подбирали компоненты аппарата Илизарова, с учетом стандартных правил расположения рамы аппарата относительно мягких тканей, с рекомендуемым промежутком от кожи до рамы аппарата 1,5–2 см или промежуток в «полтора-два пальца». После предварительной сборки аппарат примеряли на пациенте с целью возможной корректировки (Рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Собранный аппарат Илизарова для ДАГС

Далее проводили отдельную стерилизацию кольца и полукольца, опорных штанг с шарнирными узлами.

3.2. Этапы операции

Учитывая техническую сложность манипуляций с ГС при наличии установленной рамы аппарата Илизарова, ДАГС во всех случаях выполняли как финальный этап вмешательства. Оперативное вмешательство начинали с манипуляций, показанных при комбинированном лечении. Во всех случаях использовали спинномозговую анестезию.

3.2.1. Укладка и оснащение

Пациента укладывали на операционный стол в положении на спине, а стопу оперированной конечности располагали на краю операционного стола. Под ягодицу оперированной конечности помещали валик для устранения наружной ротации нижней конечности. В случае необходимости выполнения артроскопии заднего отдела ГС пациента располагали в положении на животе, с последующей сменной позиции на спину. Обработку операционного поля выполняли по стандартной методике до уровня нижней трети бедра.

Во всех случаях использовали электронно-оптический преобразователь (ЭОП) для интраоперационного рентгенологического контроля установки аппарата Илизарова и создания необходимой величины артрوديастаза. Из специфических инструментов применяли спиценатягиватель для создания корректного натяжения спиц, Т-образный ключ для ручной установки стержней Шанца и сверло диаметром 4,8 мм.

При выполнении артроскопии ГС использовали стандартную артроскопическую стойку, включающую в себя: помпу, электрохирургический блок и блок моторизованного инструмента. Артроскопическая помпа поддерживала постоянное давление 25 мм рт. ст. Использовали артроскопическую шахту диаметром 4 мм и оптику с углом наклона 30°.

3.2.2. Комбинированные вмешательства

Комбинированные вмешательства проводили по стандартным техникам, в зависимости от имеющихся сопутствующих изменений в ГС по общепризнанным методикам.

Артроскопию переднего отдела ГС проводили после предварительного введения в полость сустава 10–15 мл физиологического раствора. Выполняли стандартный антеромедиальный и антеролатеральный порт в положении дорсофлексии стопы для защиты хряща от ятрогенных повреждений. Дистракцию сустава для выполнения артроскопического этапа не использовали. После выполнения диагностического осмотра производили резекцию остеофитов с помощью артроскопического бура или узкого долота шириной 2 мм.

Рубцовые ткани удаляли, если таковы имелись. Выявленные локальные дефекты хряща, соответствующие 3–4-й степени по Outerbridge, обрабатывали шейвером с последующим выполнением микрофрактурирования 0,5 мм изогнутым шилом, решение о выполнении микрофрактурирования принималось индивидуально. При выявлении участков хондромалиции 2-й степени выполняли холодноплазменную абляцию.

При выявленной нестабильности латерального связочного комплекса проводили артроскопическую реконструкцию передней таранно-малоберцовой связки по технике «InternalBrace» с применением нерассасывающихся лент (Ultratape, Smith and Nephew) и анкерных биодеградируемых фиксаторов или титановых пуговиц. Ленту фиксировали в анатомические точки фиксации передней таранно-малоберцовой связки (Рисунок 3.3).

При выявленном повреждении передней нижней большеберцово-малоберцовой связки выполняли артроскопическую реконструкцию передней порции межберцового синдесмоза с применением биодеградируемых анкерных фиксаторов, лент и титановых пуговиц (Рисунок 3.4).



Рисунок 3.3 – Артроскопическая реконструкция передней таранно-малоберцовой связки лентами



Рисунок 3.4 – Рентгенологическая картина реконструкции передней нижней большеберцово-малоберцовой связки и ДАГС с помощью биodeградируемого винта с лентами в большеберцовой кости и пуговицы на малоберцовой кости

При выполнении артроскопии заднего отдела ГС выполняли стандартный заднемедиальный и заднелатеральный доступ. После диагностического осмотра структур голеностопного и подтаранного сустава выполняли резекцию остеофитов, гипертрофированного заднего края таранной кости и удаление рубцовых тканей по аналогичной методике. При выявлении теносиновита сухожилия длинного сгибателя большого пальца производили его релиз.

При наличии повреждений дельтовидной связки и хронической медиальной нестабильности ГС проводили стабилизацию с помощью лент и биодеградируемых анкерных фиксаторов [23]. Реконструкция позволяла выполнить стабилизацию независимо от поврежденных порций дельтовидной связки. Анкерный фиксатор с лентами устанавливали в медиальную лодыжку, ленты фиксировали к шейке таранной кости и опорной площадке пяточной кости из минидоступов (Рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Анкерная реконструкция дельтовидной связки

Массивные повреждения хрящевой и субхондральной костной ткани таранной кости на фоне терминального ОАГС восстанавливали с помощью комбинации костной аутопластики и установки коллагеновой мембраны. Доступ к суставу выполняли через остеотомию внутренней лодыжки с последующим дебридментом дефекта, микрофрактурированием и аутокостной пластикой из мыщелка большеберцовой кости (Рисунок 3.6). После заполнения костного дефекта таранной кости на область дефекта хряща устанавливали коллагеновую мембрану с помощью фибринового клея. Медиальную лодыжку фиксировали 2 кортикальными винтами 3,5 мм (Рисунок 3.7).

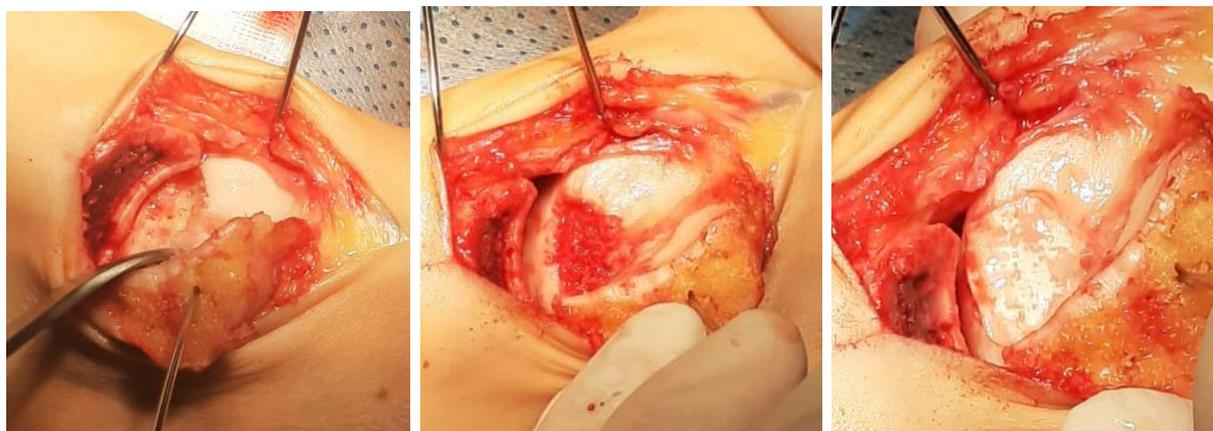


Рисунок 3.6 – Массивный костно-хрящевой дефект таранной кости с замещением коллагеновой мембраной и аутокостной пластикой

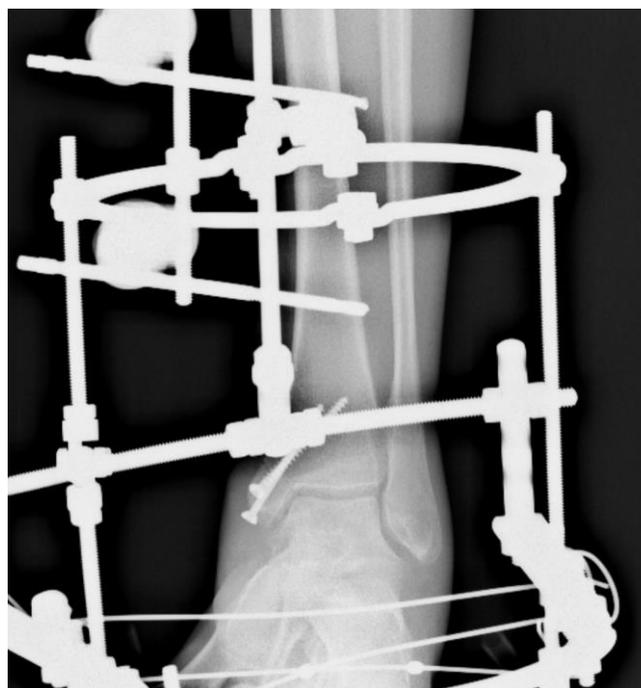


Рисунок 3.7 – Остеосинтез медиальной лодыжки после остеотомии в комбинации с ДАГС

Случай несросшегося перелома латеральной лодыжки в условиях остеосинтеза 1/3-трубчатой пластиной в исследовании встретился дважды. Выполняли удаление металлофиксаторов с последующей обработкой фрагментов малоберцовой кости (дебридмент и туннелизация), повторную репозицию и ригидную фиксацию 2 пластинами (Рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Реостеосинтез латеральной лодыжки в комбинации с ДАГС

Неправильно сросшийся перелом большеберцовой кости с неконгруэнтным асимметричным суставом в двух случаях потребовал выполнения надлодыжечной остеотомии большеберцовой кости с аутокостной пластикой из гребня подвздошной кости с последующей внутренней фиксацией пластиной и винтами (Рисунок 3.9).

При выявленной эквинусной контрактуре ГС и отрицательном Silfverskiöld тесте выполняли тенотомию ахиллова сухожилия в 3-й зоне (дистальной сухожильной части) посредством 3 проколов скальпелем по задней поверхности голени и трех частичных поперечных рассечений ахиллова сухожилия. Расстояние между насечками составляло около 2 см и выполняли тенотомию с медиальной и латеральной стороны от ахиллова сухожилия. Техника соответствует стандартной тенотомии по Ноке.

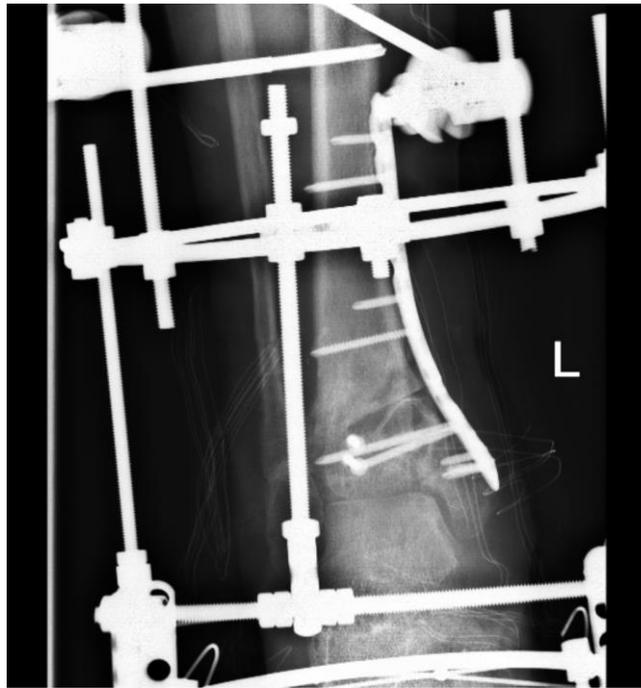


Рисунок 3.9 – Надлодыжечная остеотомия с аутокостной пластикой в комбинации с ДАГС

Комбинированные вмешательства выполняли у всех 42 пациентов. Часть пациентов перенесла несколько вмешательств, например артроскопическую резекцию остеофитов и тенотомию ахиллова сухожилия. Артроскопический дебридмент переднего отдела ГС проведен у 28 (66,67 %) пациентов. Микрофрактурирование выполняли у 6 (14,29 %) пациентов. Реконструкцию латерального связочного комплекса у 7 (16,67 %) пациентов. Реконструкцию дельтовидной связки произвели у 3 (7,14 %) пациентов. Артроскопический дебридмент заднего отдела ГС выполнили у 5 (11,9 %) пациентов, а релиз сухожилия длинного сгибателя большого пальца у 3 (7,14 %) пациентов. Реостеосинтез латеральной лодыжки у 2 (4,76 %) пациентов. Открытоугольная надлодыжечная корригирующая остеотомия большеберцовой кости с аутокостной пластикой у 2 (4,76 %) пациентов. Открытая хондропластика через остеотомию внутренней лодыжки у 4 (9,52 %) пациентов. Тенотомия ахиллова сухожилия по Ноке произвели у 11 (26,19 %) пациентов. После чего выполняли основной этап по монтажу аппарата Илизарова для ДАГС.

3.2.3. Основной этап хирургического лечения

К основному этапу приступали после зашивания послеоперационных ран предыдущих этапов. Выполняли повторную обработку операционного поля. После чего на VII

уровне голени [8] или 6 см проксимальнее от медиальной лодыжки в позиции 12–13 часов устанавливали стержень Шанца с соблюдением β_1 -угла в $95\text{--}100^\circ$. Производили фиксацию и позиционирование кольца Илизарова к стержню проксимально относительно кольца. Затем проводили установку второго стержня Шанца на VII–VIII уровне голени в позиции 3–4 ч с соблюдением β_2 -угла $85\text{--}80^\circ$. Кольцо позиционировали перпендикулярно к оси голени во фронтальной и сагиттальной плоскостях, а также проводили контроль расстояния между кожей и рамой аппарата, соответствующего 2 см. Допускали небольшое смещение кольца кпереди, для облегчения последующей фиксации к U-образному полукольцу. Между стержнями Шанца достигали α -угол $65\text{--}75^\circ$ при фиксации к кольцу. Затем в нейтральном положении стопы устанавливали временную спицу, проводя ее ниже середины вершущек медиальной и латеральной лодыжки, которая соответствует оси Инмана В. Т. (Рисунок 3.10).

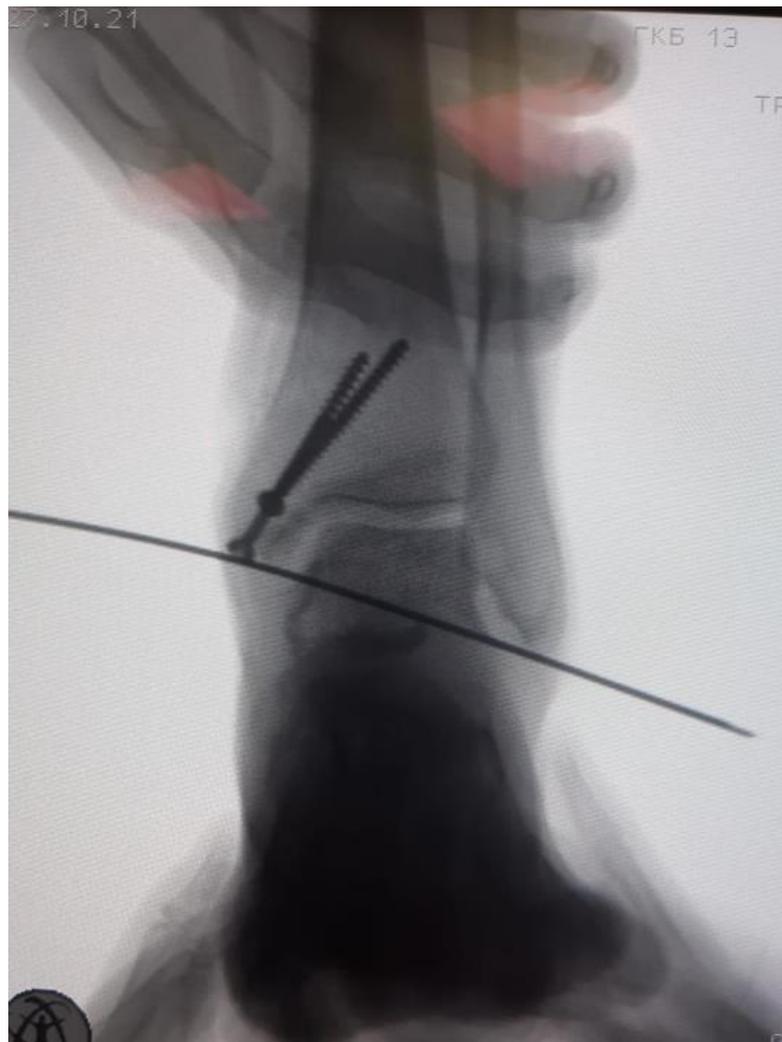


Рисунок 3.10 – Рентгенологическая картина временной спицы на оси Инмана В. Т.

Спицу использовали для будущей ориентации шарниров аппарата Илизарова.

Далее устанавливали 2 спицы диаметром 1,8 или 2,0 мм в область пяточного бугра и центр шейки таранной кости перпендикулярно фронтальной оси. Затем проводили монтаж U-образного полукольца к стопе, спицы натягивали. Спицу, проведенную через шейку таранной кости, фиксировали на выносных планках. U-образное полукольцо позиционировали относительно стопы в равноудаленных промежутках (Рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Позиционирование U-образного полукольца относительно стопы

Опорные штанги с шарнирными узлами фиксировали между кольцом и полукольцом так, чтобы центр шарнира соответствовал ранее проведенной спице на оси Инмана В. Т. После установки опорных штанг и их позиционирования, спицу

удаляли. Устанавливали блокирующий механизм по передней поверхности аппарата Илизарова, для контролируемого ограничения движений в суставе между кольцом и полукольцом, состоящий из опорной штанги.

Дополнительно проводили спицу через пяточную кость, натягивали и фиксировали к U-образному полукольцу. Затем выполняли создание артрوديастаза путем ручной тракции за U-образной полукольцо. Рентгенологический контроль позволял определить достигнут ли целевой уровень в 5–6 мм артрوديастаза, в случае недостаточной величины дистракции, ее увеличивали при помощи манипуляций с боковыми опорными штангами аппарата Илизарова (Рисунок 3.12).

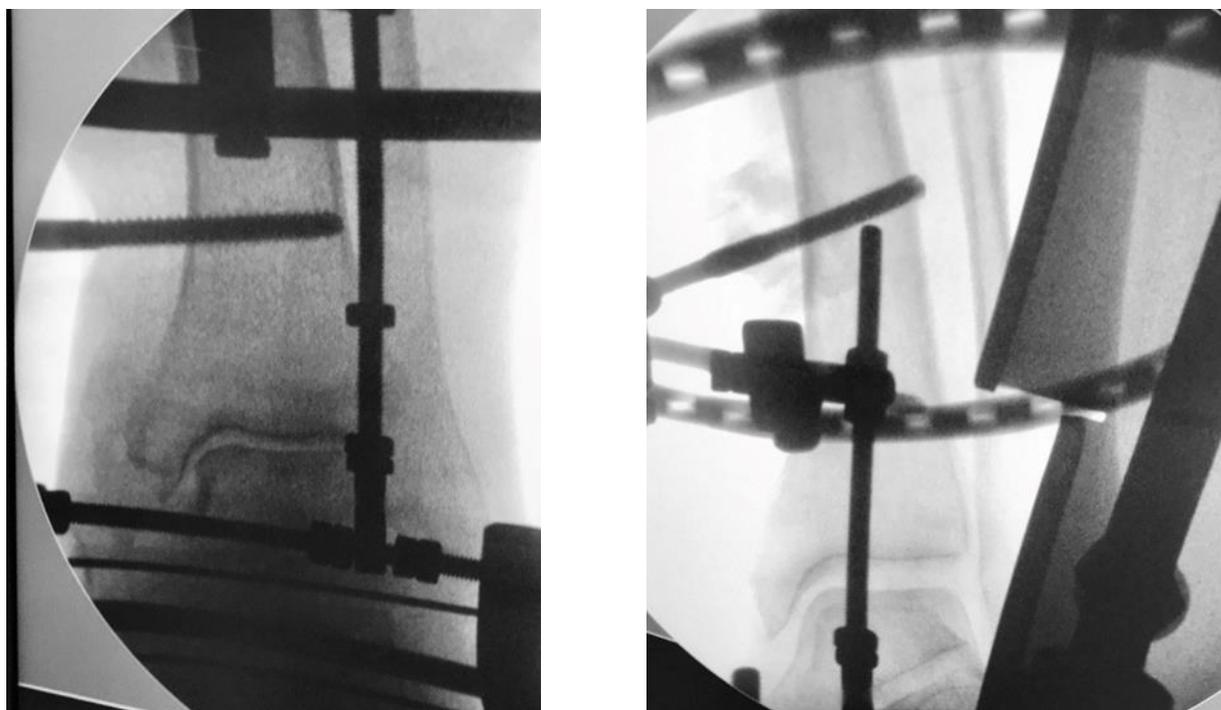


Рисунок 3.12 – Интраоперационная рентгенологическая картина до и после создания артрوديастаза

После этого проводили контрольную оценку движений в аппарате Илизарова, для возможной ротационной коррекции положения шарнирных узлов (Рисунок 3.13).

После контрольной оценки движений в суставе производили блокирование шарнирного механизма в нейтральном положении стопы и наложение асептических повязок.

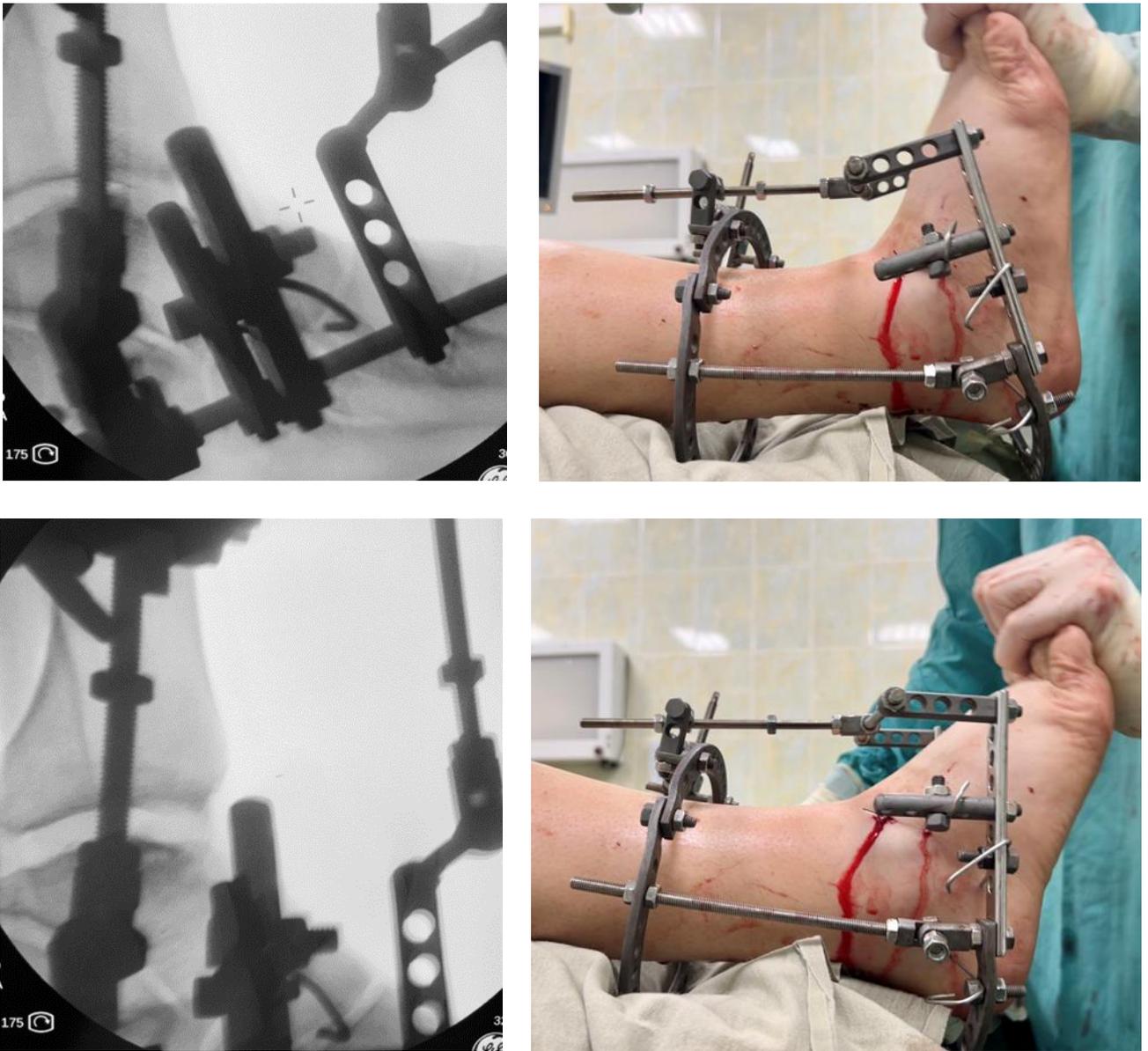


Рисунок 3.13 – Контроль движений в голеностопном суставе после монтажа аппарата Илизарова

3.3. Послеоперационное ведение

В послеоперационном периоде соблюдался постельный режим в первые сутки после вмешательства в связи с проведенной спинномозговой анестезией. На следующие сутки после оперативного вмешательства выполняли активизацию пациента с дополнительной опорой на костыли и частичной нагрузкой на оперированную конечность по мере переносимости болевого синдрома. Проводили обучение самостоятельной разблокировки шарнирного механизма для начала занятий лечебной гимнастикой. Выполняли перевязку послеоперационных ран и контроль-

ную рентгенографию ГС в прямой и боковой проекции. В зависимости от выраженности болевого синдрома начало разработки движений в ГС могло быть отложено до 5–7 дней с момента операции.

Лечебная гимнастика выполнялась 2–3 раза в сутки, лежа или сидя по 10–15 минут. Учитывая более частую встречаемость эквинусной контрактуры, а также биомеханическое расположение шарнирных узлов, пациенту рекомендовали преимущественное выполнение активной дорсофлексии (Рисунок 3.14). Ходьбу с разблокированным шарнирным механизмом запрещали. В послеоперационном периоде выполняли тромбопрофилактику пероральным антикоагулянтом ривароксабан 10 мг в течение 35 дней и эластичное бинтование здоровой нижней конечности. Профилактику развития комплексного регионарного болевого синдрома проводили с помощью перорального назначения витамина С в дозировке 500 мг в течение 7 недель.



Рисунок 3.14 – Занятия лечебной гимнастикой с разблокированным шарнирным механизмом

По данным контрольной рентгенографии, выполняли оценку величины артрдиастаза и при значении менее 5 мм проводили дополнительную дистракцию. Также пациентам рекомендовали возвышенное положение нижней конечности в первую неделю после вмешательства. В среднем период стационарного наблюдения составлял 2–3 дня, после чего пациента выписывали на амбулаторный этап.

Снятие послеоперационных швов проводили на 14-е сутки с момента операции. Контрольную рентгенографию выполняли через 4 недели с момента операции

с целью контроля величины артродиастаза и в случае ее изменения проводили коррекцию. Решение о демонтаже аппарата Илизарова принимали индивидуально в каждом случае, но не ранее 8 недель и не более 12 недель с момента операции. Критерием для более раннего демонтажа в 8 недель являлось наличие воспаления мягких тканей в области ЧКЭ, дискомфорт или болезненность от ЧКЭ.

Наиболее частым осложнением при ДАГС, является наличие воспаления мягких тканей в области ЧКЭ. Тактику лечения выбирали индивидуально, учитывая сроки после монтажа АНФ. Всем пациентам при обнаружении воспаления мягких тканей в области ЧКЭ рекомендовали исключить нагрузку на оперированную конечность и прекратить движения в шарнирном механизме, а также назначали пероральную антибиотикотерапию ципрофлоксацином 500 мг 2 раза в сутки в течение 10 дней. Ежедневно производили перевязки с водными растворами йода. При сохранении болевого синдрома, гипертермии и признаков воспаления через 3 дня с момента лечения производили удаление ЧКЭ.

Тракционная нейропатия – второе по частоте возможное осложнение при ДАГС, характеризующееся ощущением онемения в области пятки, жгучими болями в стопе, возникающее в первые сутки после операции. Развитие тракционной нейропатии являлось показанием к устранению дистракции, прекращением активных движений в АНФ. Далее выполняли постепенную дистракцию по 1–2 мм в сутки до достижения целевых значений.

3.4. Анализ результатов лечения в период дистракции

В процессе лечения ДАГС, в соответствии с контрольными точками осмотра пациента (1-е сутки после операции, 14 дней с момента операции, 4 недели и 8–12 недель перед демонтажем АНФ), результаты осмотра регистрировались на основании бланка осмотра «Осмотр в аппарате Илизарова» (Приложение Д). Сводные данные по контрольным осмотрам представлены в таблице, где указано количество положительных ответов в соответствии с бланком «Осмотр в аппарате Илизарова» (Приложение Д) (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Сводные данные по количеству положительных ответов бланка осмотра в период distraction

<i>Показатель</i>	<i>1-е сутки</i>	<i>14-е сутки</i>	<i>4 недели</i>	<i>Демонтаж</i>
Боль	16 (38,1 %)	9 (21,43 %)	5 (11,9 %)	9 (21,43 %)
Кожные покровы в области ЧКЭ	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	12 (28,57 %)	26 (61,9 %)
Натяжение мягких тканей в области ЧКЭ	5 (11,9 %)	5 (11,9 %)	9 (21,43 %)	0 (0,0 %)
Отделяемое из ран	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	14 (33,33 %)	19 (45,24 %)
Отек мягких тканей	0 (0,0 %)	16 (38,1 %)	35 (83,33 %)	30 (71,43 %)
Возможность нагрузки	35 (83,33 %)	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)
Стабильность аппарата	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)	37 (88,1 %)	42 (100,0 %)
Натяжение спиц	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)	37 (88,1 %)	42 (100,0 %)
Артикуляция в аппарате	33 (78,57 %)	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)
Ограничение движений в шарнирах	2 (4,76 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Положение шарниров	40 (95,24 %)	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)
Неврологический статус	37 (88,1 %)	42 (100,0 %)	40 (95,24 %)	42 (100,0 %)
Сосудистый статус	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)	42 (100,0 %)

Болевой синдром после оперативного лечения у большинства пациентов постепенно проходил к 4 неделям с момента операции. Основные жалобы на боли после 4 недель были связаны с наличием воспаления мягких тканей в области ЧКЭ. Учитывая мобильный характер АНФ, постепенное увеличение числа воспаления мягких тканей в области ЧКЭ связывалось с большим сроком после монтажа АНФ, суммарно достигая 26 (61,9 %) пациентов с воспалением мягких тканей в области ЧКЭ к моменту демонтажа. Среднее время distraction составило 9,76 [8; 12] недель. Натяжение мягких тканей в области ЧКЭ, чаще всего встречалось в области пяточной кости, усиливающееся при активных движениях в ГС. В последующем, к 4 неделям после операции, у 14 (33,33 %) пациентов возникали признаки серозного отделяемого из области введения ЧКЭ, с последующим ухудшением состояния мягких тканей, нарастанием отека, гиперемии и болевого синдрома в области ЧКЭ.

Все пациенты могли осуществлять осевую нагрузку на оперированную конечность к 2 неделям с момента операции. У 7 (16,67 %) пациентов в первые сутки

осевая нагрузка была болезненной и затруднительной. Аппарат Илизарова оставался стабилен в большинстве случаев, кроме 5 (11,9 %) пациентов, у 2 (4,76 %) пациентов возникла поломка спицефиксаторов, а также у 3 (7,14 %) пациентов произошло ослабление натяжения спиц. У 37 (88,1 %) пациентов, к 4-м неделям не было проблем со стабильностью АНФ.

Ограничение движений в ГС, связанное с положением шарнирных узлов, возникало только в 1-е сутки с момента операции у 2 (4,76 %) пациентов, что устранялось коррекцией их положения, с помощью ротации на U-образной раме.

Тракционная нейропатия, требующая уменьшения артрوديастаза, возникла у 1 (2,38 %) пациента. В первые сутки после операции в связи с выраженным онемением в области пятки и болевым синдромом выполнили полное устранение артродиастаза, с последующим постепенным созданием межсуставного промежутка в 6 мм с помощью дистракции по 1–2 мм в сутки и последующим рентгенологическим контролем. В 1-е сутки у 37 (88,1 %) пациентов не было никаких неврологических симптомов. У остальных пациентов были ощущения «мурашек» и легкие «покалывания» в пальцах стопы, которые не вызывали дискомфорта и исчезли к 2 неделям. К 4 неделям неврологические симптомы отсутствовали у 40 (95,2 %) пациентов, у оставшихся были ощущения легкого онемения и жжения, связанные с воспалением мягких тканей в области ЧКЭ и нарастшем отеком мягких тканей стопы и голени, которые купировались после начала лечения.

На контрольных осмотрах производили оценку ухода пациентом за аппаратом Илизарова, выполнения гигиенических процедур и качества исполнения рекомендаций по обработке области введения ЧКЭ. Данные регистрировались в соответствии с бланком осмотра (Приложение Д).

Только 9 (21,43 %) пациентов регулярно использовали защитные чехлы для аппарата Илизарова. Регулярную обработку области введения ЧКЭ с использованием стерильных салфеток для защиты мягких тканей проводили 35 (83,33 %) пациентов. Признаки загрязнения кожи стопы и голени, а также следы загрязнения рамы аппарата Илизарова в процессе эксплуатации наблюдали у 12 (28,57 %) пациентов. Правила и техника проведения гигиенических процедур разъяснялась устно,

а также дублировалась в памятке для пациентов (Приложение Ж). На 14-е сутки после оперативного лечения только 21 (50,0 %) пациент производил обработку рамы аппарата Илизарова, постепенно количество пациентов, уделяющих внимание гигиеническим процедурам, увеличивалось к 4 недели до 26 (61,9 %) пациентов и 30 (71,43 %) пациентов к моменту демонтажа АНФ. Лечебной гимнастикой с разработкой движений в ГС, регулярно занималось 42 (100,0 %) пациента. Физиопроцедуры (магнитотерапия) проводилась в период госпитализации в условиях стационара у 16 (38,1 %) пациентов, а на амбулаторном этапе к моменту демонтажа только 5 (11,9 %) пациентов.

Антибиотикотерапию проводили при выявленных признаках воспаления мягких тканей в области ЧКЭ через 4 недели с момента операции у 9 (21,43 %) пациентов с увеличением числа больных к дате демонтажа до 12 (28,57 %) пациентов. Аналогичным образом использовали локальные средства для лечения воспаления мягких тканей в области введения ЧКЭ к 4 неделям у 19 (45,24 %) пациентов и на момент демонтажа применяли у 23 (54,76 %) пациентов.

Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТЕРМИНАЛЬНЫМ ОСТЕОАРТРИТОМ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА

4.1. Анализ результатов в послеоперационном периоде

В соответствии с контрольными точками, проводилась регистрация данных клинических осмотров, амплитуды движений в ГС, результатов опросников (Приложения А, Б, В, Г, Д). Результаты градусов амплитуды движений ГС в различных контрольных точках представлены в таблице (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Сводные данные амплитуды движений в ГС

	<i>До ДАГС °</i>	<i>1 месяц °</i>	<i>3 месяца °</i>	<i>6 месяцев °</i>	<i>1 год °</i>
Активная дорсо-флексия	18° [10,0°; 23,75°]	14° [10,0°; 15,75°]	15° [13,0°; 20,0°]	16° [13,5°; 20,0°]	16° [13,0°; 21,5°]
Активная планто-флексия	30° [21,25°; 35,0°]	25° [17,75°; 30,0°]	28° [20,0°; 33,0°]	30° [21,25°; 35,0°]	29° [23,25°; 31,5°]
Активная эверсия	10° [8,5°; 15,0°]	9° [6,0°; 13,75°]	10° [8,5°; 15,0°]	10° [8,0°; 13,75°]	9° [7,25°; 14,75°]
Активная инверсия	20° [10,5°; 30,0°]	16° [10,0°; 20,0°]	15° [9,5°; 23,75°]	14° [8,5°; 23,75°]	13° [8,5°; 23,75°]
Пассивная дорсо-флексия	19° [12,5°; 25,0°]	15° [10,5°; 19,5°]	17° [14,25°; 20,0°]	20° [14,5°; 20,0°]	16° [14,25°; 23,0°]
Пассивная планто-флексия	30° [22,75°; 36,5°]	28° [18,75°; 31,5°]	30° [24,0°; 33,75°]	30° [24,25°; 35,0°]	30° [24,25°; 33,0°]
Пассивная эверсия	10° [8,5°; 16,5°]	10° [8,0°; 13,75°]	10° [8,0°; 15,0°]	10° [8,0°; 13,75°]	9° [8,0°; 15,0°]
Пассивная инверсия	20° [10,75°; 30,0°]	16° [10,25°; 20,0°]	16° [11,0°; 23,75°]	14° [10,0°; 23,75°]	14° [10,0°; 23,75°]

При ОАГС первоначально снижается амплитуда активной дорсофлексии, а также формируется эквинусная контрактура ГС. В 1 месяц после демонтажа АНФ наблюдается снижение амплитуды движений в ГС, как активной, так и пассивной, с постепенным возвратом к предоперационному уровню.

Проведен сравнительный анализ активной и пассивной амплитуды движений в ГС до ДАГС и после в соответствии с контрольными точками осмотра. Использован тест Уилкоксона с поправкой на множественные сравнения Benjamini-Yekutieli для оценки различий между амплитудой движений до ДАГС и после в соответствии с контрольными точками, р-уровень значимости отличий представлен в таблице (Таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Уровень значимости отличий амплитуды (p-уровень) до оперативного лечения и в различные контрольные точки осмотров

	1 месяц	3 месяца	6 месяцев	12 месяцев
Активная дорсофлексия	0,047*	1,000	1,000	1,000
Активная плантофлексия	0,025*	1,000	1,000	1,000
Активная эверсия	0,025*	1,000	0,446	0,736
Активная инверсия	0,025*	0,392	0,133	0,083
Пассивная дорсофлексия	0,025*	1,000	1,000	1,000
Пассивная плантофлексия	0,025*	1,000	1,000	1,000
Пассивная эверсия	0,071	1,000	0,446	0,739
Пассивная инверсия	0,025*	0,392	0,133	0,083

Примечание – * – статистически значимые отличия

Статистически значимые отличия амплитуды движений в ГС выявлены только в 1 месяце после демонтажа АНФ. В первый месяц амплитуда движений в ГС статистически значимо меньше, чем до оперативного лечения. В последующем амплитуда движений восстанавливается до уровня предоперационного. Изменения амплитуды характерны как для активных, так и для пассивных движений в ГС. График изменений амплитуды движений в 1 месяц после демонтажа аппарата Илизарова представлен на рисунке (Рисунок 4.1).

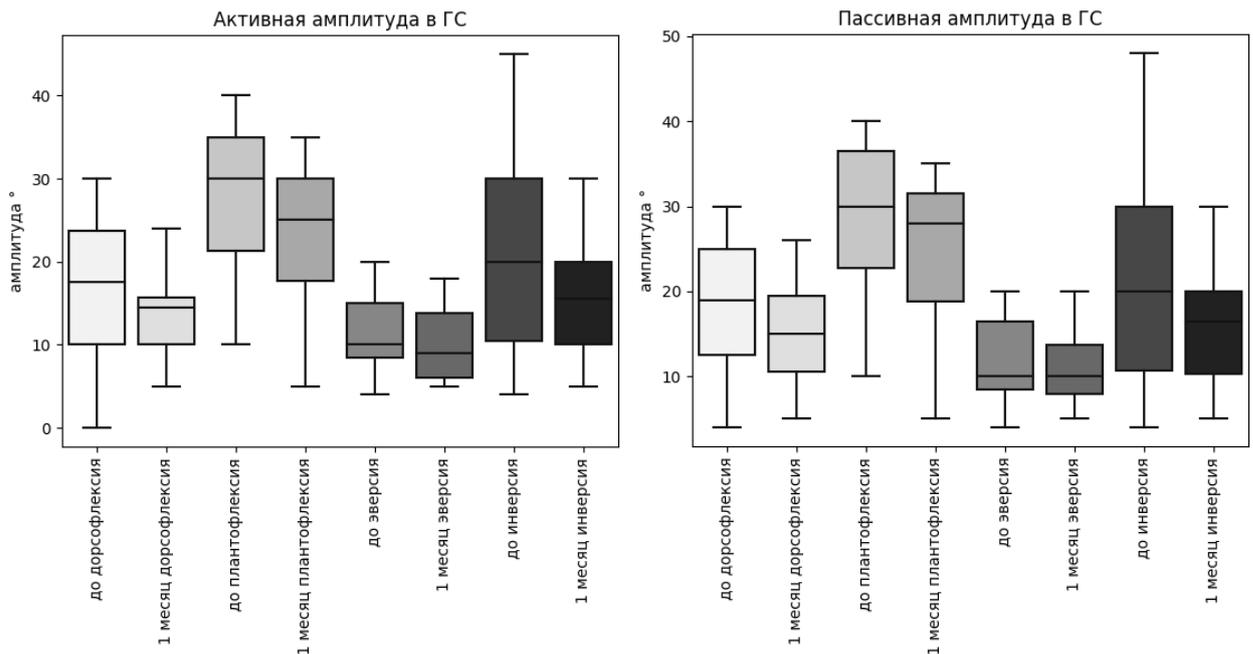


Рисунок 4.1 – Активная и пассивная амплитуда в ГС до и через 1 месяц после ДАГС (статистически значимые отличия)

Клинический осмотр включал в себя ряд специфических тестов для ГС. Учитывая комбинированный характер вмешательств, сопутствующие патологии с ОАГС оперировались одновременно. Исчезновение положительных тестов на нестабильность ГС в послеоперационных наблюдениях связано с восстановлением связочного аппарата ГС. На фоне ОАГС у пациентов наблюдали снижение мобильности заднего отдела стопы, проведенное лечение ДАГС не влияло на это. Отдельного внимания заслуживает тест на передний импиджмент-синдром. До оперативного лечения импиджмент-синдром встречался у 28 (66,67 %) пациентов. Несмотря на проведенное лечение к 12 месяцам наблюдались случаи рецидива переднего импиджмент-синдрома у 13 (30,95 %) пациентов.

Контрольные опросы с помощью оценочных систем проводились в тех же точках наблюдения. Анализ опросников FAAM, AO FAS, а также ВАШ до оперативного лечения и в сравнении с результатами контрольных точек исследовали с помощью теста Уилкоксона с поправкой на множественные сравнения Benjamini-Yekutieli с приведением *p*-уровня значимости. Результаты опросников и *p*-уровня значимости сравнения с предоперационным результатом представлены в таблице (Таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Сводные данные по результатам опросников и их сравнением с предоперационными результатами

	<i>FAAM (%)</i>	<i>AO FAS (баллы)</i>	<i>ВАШ (см)</i>
До	54 [45,25; 61,0]	57 [51,25; 61,75]	6 [5,0; 7,28]
1 месяц	47 [42,25; 53,5]	55 [46,25; 62,75]	5 [2,85; 6,15]
<i>p-уровень</i>	<i>0,357</i>	<i>1,000</i>	<i>0,188</i>
3 месяца	56 [48,0; 60,75]	58 [52,5; 68,5]	4 [3,28; 4,38]
<i>p-уровень</i>	<i>1,000</i>	<i>0,528</i>	<i>0,006*</i>
6 месяцев	67 [61,5; 73,5]	66 [57,25; 72,75]	3 [1,33; 3,32]
<i>p-уровень</i>	<i>0,001*</i>	<i>0,002*</i>	<i>0,001*</i>
12 месяцев	78 [74,0; 83,5]	73 [65,25; 79,0]	2 [1,4; 2,1]
<i>p-уровень</i>	<i>0,001*</i>	<i>0,001*</i>	<i>0,001*</i>
<i>Примечание – * – статистически значимые отличия</i>			

По результатам ВАШ наблюдается постепенное снижение болевого синдрома к 12 месяцам с момента оперативного лечения. В ранний период после демонтажа АНФ болевой синдром остается высоким, что связывали с сохраняющимся отеком мягких тканей и реабилитационным периодом, а также с постепенным отказом от дополнительной опоры и восстановлением нормальной механики ходьбы. Аналогичная ситуация соответствует результатам шкал-опросников, с постепенным повышением баллов к 12 месяцам. Снижение функциональных результатов в 1 месяц связано с необходимостью реабилитации после демонтажа АНФ.

В 1 месяц после ДАГС значимых отличий по боли и функциональным результатам по сравнению с предоперационным не выявлено. К 3 месяцам имеется статистически значимое снижение уровня боли. К 6 и 12 месяцам наблюдается снижение уровня боли и улучшение функциональных результатов, которые обладают статистически значимыми отличиями от предоперационного. Болевой синдром по ВАШ к 12 месяцам распределяется следующим образом и представлен на диаграмме (Рисунок 4.2).

Болевой синдром по ВАШ через 12 месяцев

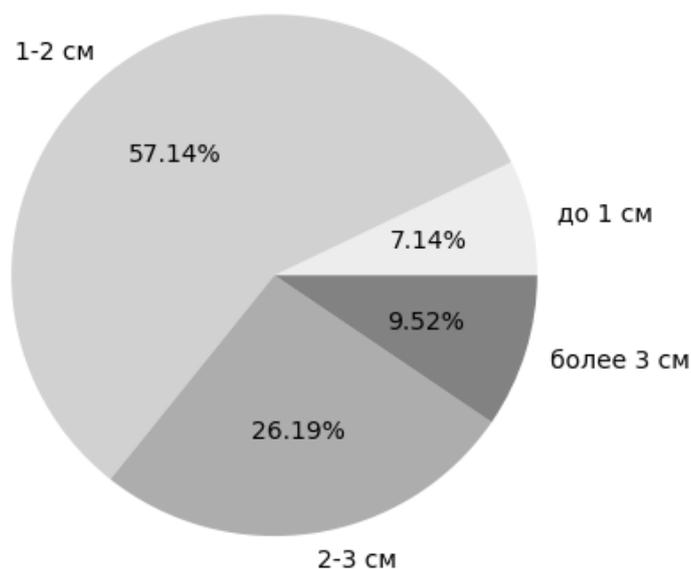


Рисунок 4.2 – Распределение болевого синдрома по ВАШ через 12 месяцев с момента операции

Функциональный результат по шкале FAAM в 1 месяц статистически не значимо снижается, с последующим постепенным восстановлением до предоперационного к 3 месяцам и статистически значимым улучшением функции к 6 и 12 месяцам. Аналогичные изменения функционального результата наблюдаются и при использовании шкалы AO FAS, статистически значимые отличия функции возникают к 6 месяцам после демонтажа АНФ. График функциональных результатов по шкалам FAAM и AO FAS представлен на рисунке (Рисунок 4.3).

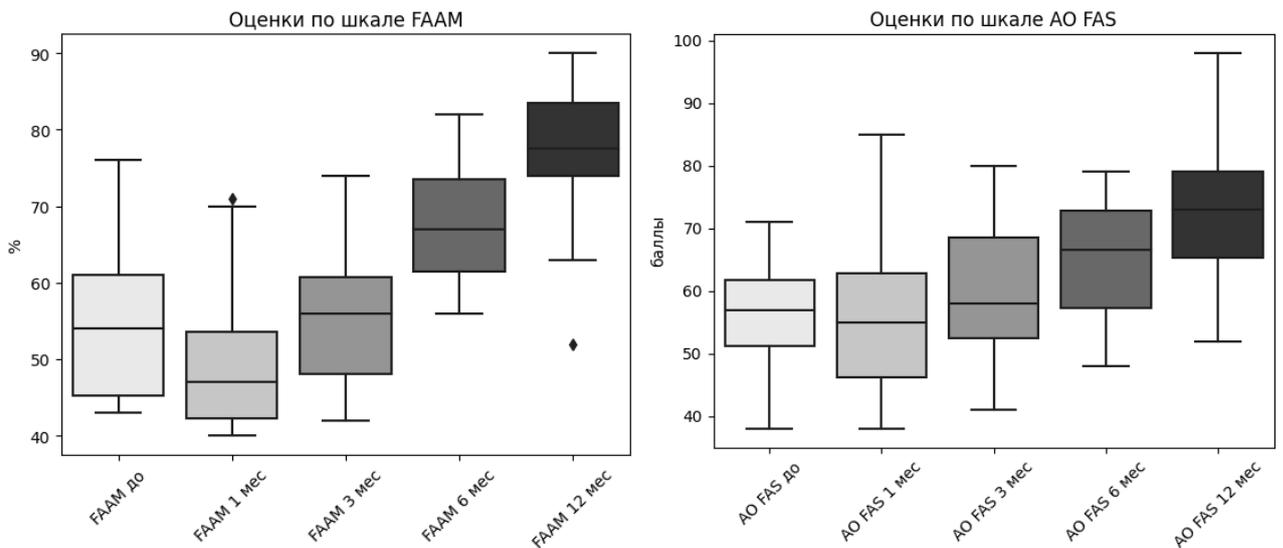
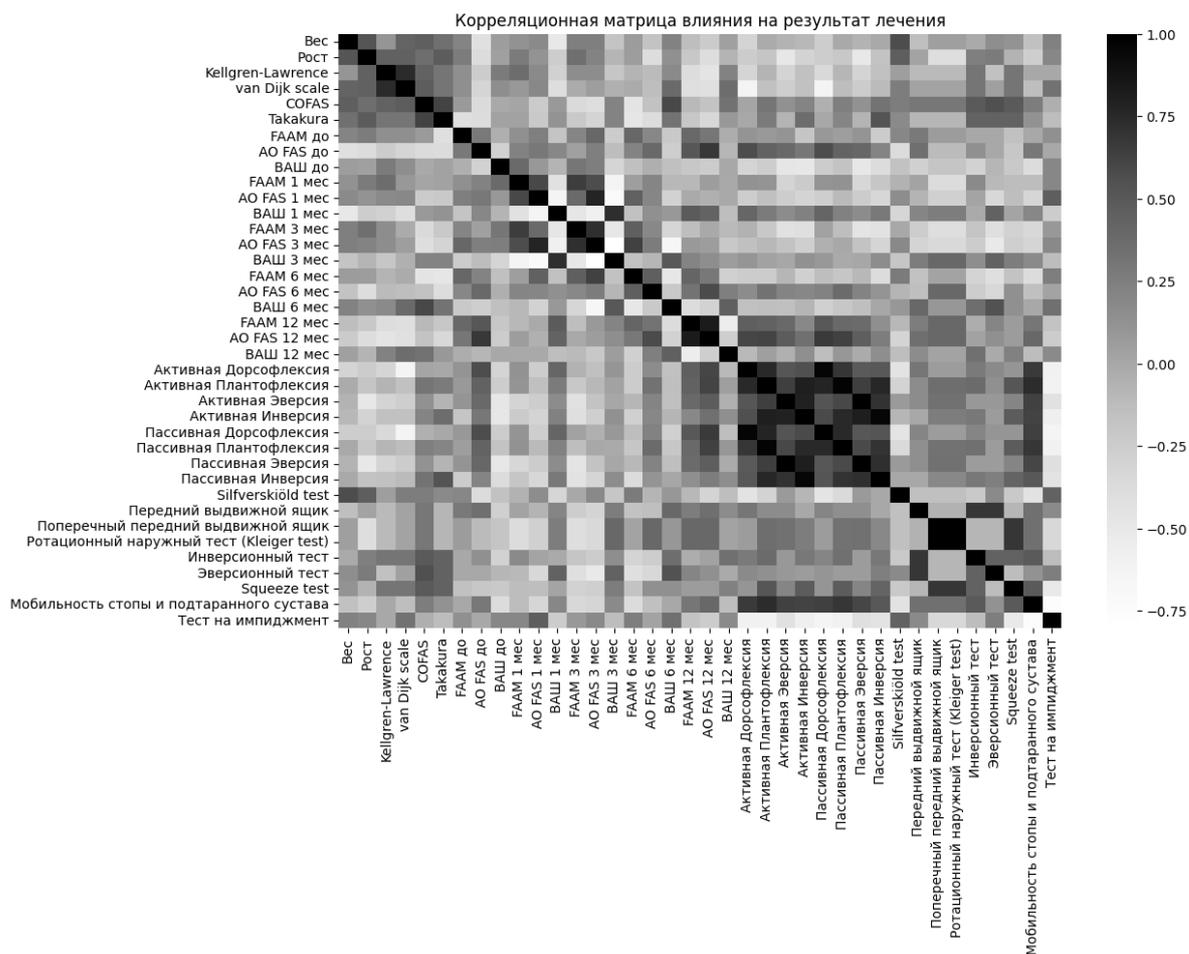
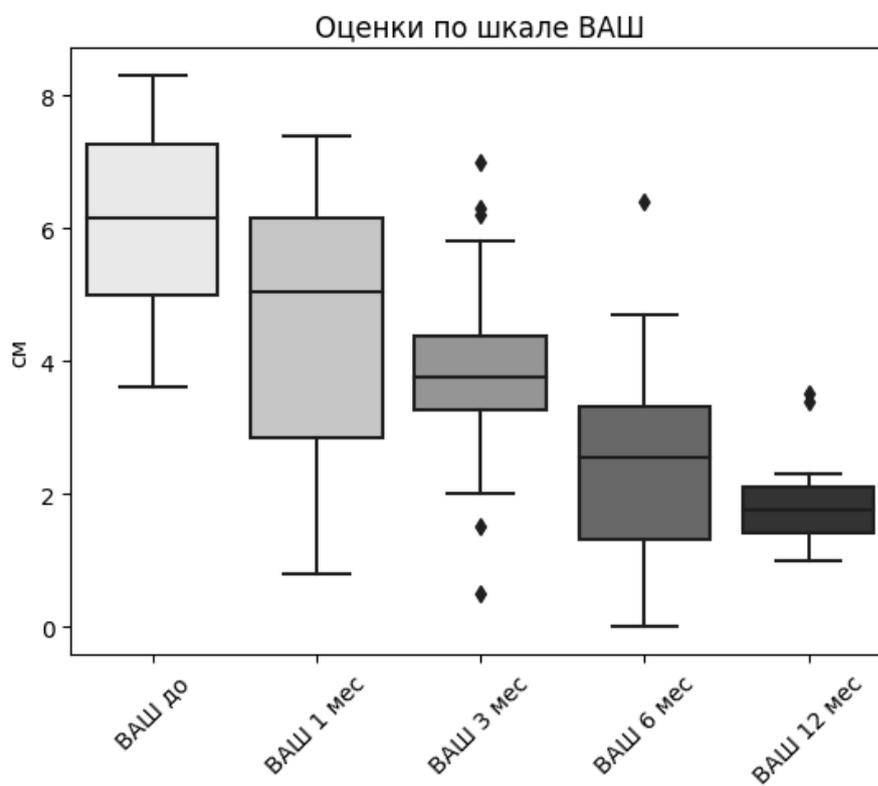


Рисунок 4.3 – Результаты оценки по шкале FAAM и AO FAS

Статистически значимое уменьшение болевого синдрома с помощью шкалы ВАШ наблюдали уже с 3 месяцев с момента демонтажа АНФ (Рисунок 4.4).

В соответствии с бланком осмотра до оперативного лечения и результатами по шкалам и опросникам в контрольных точках осмотра произведен корреляционный анализ Спирмена для анализа факторов, влияющих на результат лечения в различные сроки контрольных точек по шкалам FAAM, AO FAS и ВАШ. На основании полученных данных построена корреляционная матрица (Рисунок 4.5).



Факторы, обладающие средней силой корреляции со статистически значимым уровнем влияния (p -уровень $< 0,05$) представлены в таблице (Таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Корреляционный анализ факторов, влияющих на результат лечения в различные сроки по шкалам FAAM, АО FAS и ВАШ

<i>Фактор №1</i>	<i>Фактор №2</i>	<i>Корреляция (r)</i>	<i>p-уровень</i>
Kellgren-Lawrence	van Dijk scale	0,7	0,001
COFAS	ВАШ 6 месяцев	0,6	0,009
АО FAS до	АО FAS 12 месяцев	0,7	0,002
FAAM 1 месяц	FAAM 3 месяца	0,7	0,003
FAAM 1 месяц	ВАШ 3 месяца	-0,6	0,005
АО FAS 1 месяц	ВАШ 1 месяц	-0,6	0,005
АО FAS 1 месяц	ВАШ 3 месяца	-0,7	0,001
ВАШ 1 месяц	АО FAS 3 месяца	-0,6	0,012
ВАШ 1 месяц	ВАШ 3 месяца	0,7	0,001
АО FAS 3 месяца	ВАШ 3 месяца	-0,8	0,001
АО FAS 3 месяца	ВАШ 6 месяцев	-0,7	0,003
ВАШ 3 месяца	ВАШ 6 месяцев	0,5	0,032
FAAM 12 месяцев	ВАШ 12 месяцев	-0,5	0,019

Исходя из результатов корреляционного анализа, наблюдается высокая прямая связь ($r = 0,7$) между классификацией Kellgren-Lawrence и «van Dijk scale», что означает схожесть этих классификаций.

Более тяжелый тип по классификации COFAS связан с более высоким болевым синдромом через 6 месяцев после ДАГС ($r = 0,6$).

Таким образом в соответствии с результатами корреляции функциональных опросников и шкалы ВАШ, можно судить о том, что исходно высокая функция ГС после лечения станет еще лучше, а более низкая функция связана с более высоким болевым синдромом.

4.2. Анализ расчетного объема хрящевой ткани

Всем пациентам рекомендовалось выполнение МРТ ГС до операции и через 12 месяцев после проведенного лечения. Из 42 пациентов только 29 (69,05 %) пациентов выполнили оба МРТ исследования в соответствии с рекомендуемыми сроками. Из них у 10 (23,81 %) пациентов качество изображения на сагиттальных срезах МРТ позволило выполнить сегментацию хрящевой ткани. Остальные 19 (45,24 %) пациентов имели наводки от металлофиксаторов, шумы, артефакты либо ненадлежащее качество изображений (менее 1,5 Тесла).

По данным контрольного МРТ ГС до и через 12 месяцев после лечения с помощью ДАГС, производилась полуавтоматическая сегментация хряща таранной и большеберцовой кости в программе 3D Slicer. Зона хрящевой ткани выделялась вручную на каждом сагиттальном срезе МРТ, с последующей программной корректировкой границ хряща на основании различия интенсивности цвета пикселей. Сегментация успешно выполнена у 10 (23,81 %) пациентов. По результатам построенной 3D-модели произведено определение объема полученных фигур (Рисунок 4.6).

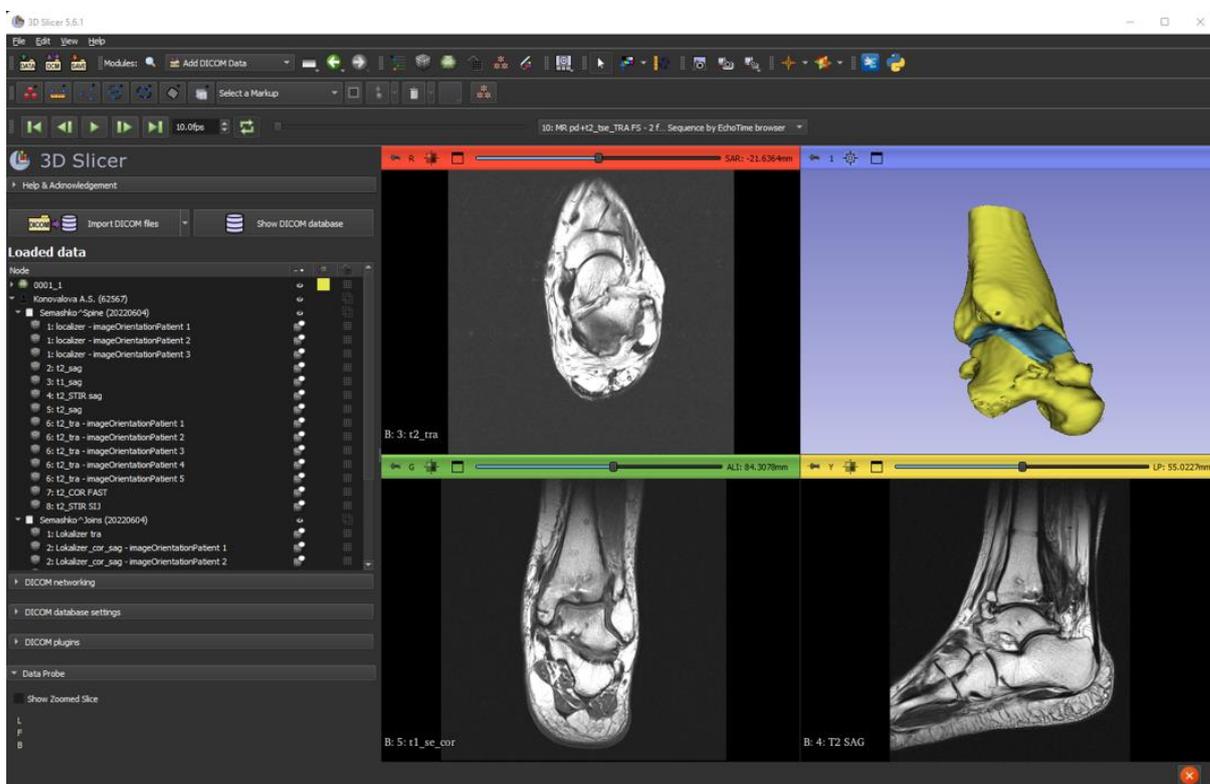


Рисунок 4.6 – Сегментация хряща таранной и большеберцовой кости в 3D Slicer

Выявлено среднее увеличение объема хрящевой ткани таранной кости на 272,65 мм³ и хрящевой ткани большеберцовой кости на 247,48 мм³. Произведен статистический тест Уилкоксона. Выявлена статистически значимая разница для изменения объема хряща таранной кости ($p = 0,019$) и большеберцовой кости ($p = 0,012$). Медианный объем хрящевых структур приведен в таблице (Таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Медианный объем хрящевой ткани по МРТ

	<i>До ДАГС мм³</i>	<i>Через 12 месяцев мм³</i>
Хрящ таранной кости	551 [389,32; 706,21]	792 [724,95; 885,12]
Хрящ большеберцовой кости	679 [470,97; 930,11]	965 [786,12; 1148,1]

Полученные данные свидетельствуют о статистически значимом увеличении объема хрящевой ткани ГС спустя 12 месяцев с момента операции, что говорит о существующем регенераторном потенциале хрящевой ткани на фоне проведенной дистракции сустава в АНФ.

Измерения величины суставной щели по результатам контрольной рентгенографии до оперативного лечения и через 12 месяцев после ДАГС выполнялось всем пациентам. Результаты свидетельствуют о статистически значимом увеличении суставной щели на 1,03 мм ($p = 0,03$). Медиана суставной щели до ДАГС составляла 1,3 [1,1; 1,4] мм, а через 12 месяцев после лечения 2,3 [2,25; 2,55] мм, что визуализировано на рисунке (Рисунок 4.7).

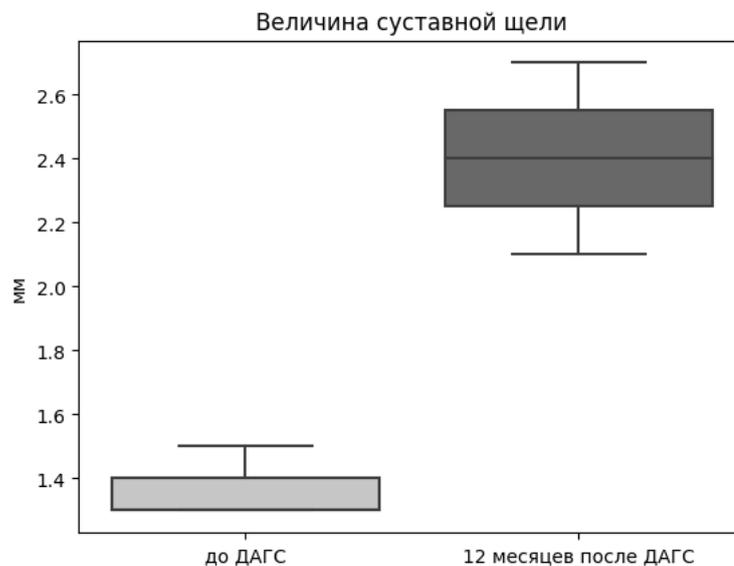


Рисунок 4.7 – Размер суставной щели до и через 12 месяцев после оперативного лечения по результатам рентгенографии

Рентгенологические изменения суставной щели до операции и через 12 месяцев продемонстрированы на рентгенограммах ГС в прямой проекции на рисунке, где слева состояние до операции, а справа результат через 12 месяцев после (Рисунок 4.8).

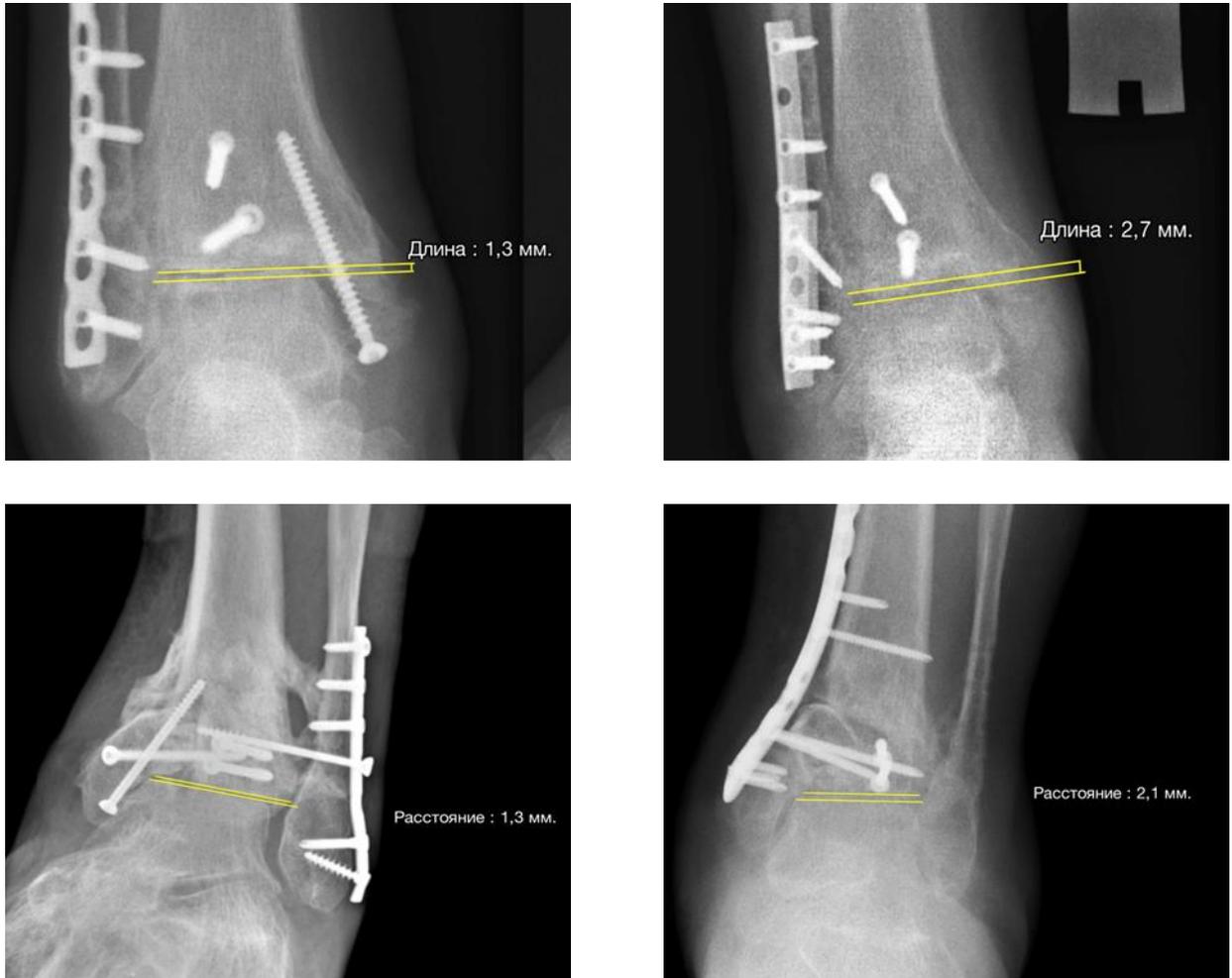


Рисунок 4.8 – Размер суставной щели до и через 12 месяцев после оперативного лечения

Полученные рентгенологические результаты подтверждают результаты сегментации МРТ ГС и свидетельствуют о существующем регенераторном потенциале хрящевой ткани на фоне лечения методом ДАГС.

4.3. Повторная артроскопия голеностопного сустава

Повторную артроскопию переднего отдела ГС через 12 месяцев после демонтажа АНФ выполнили 10 (23,81 %) пациентам. Показанием к артроскопии до ДАГС являлось наличие переднего импиджмент-синдрома. Производили фото и видео фиксацию состояния хрящевой ткани с последующей оценкой состояния хрящевой

ткани по Outerbridge. Показанием к повторной артроскопии являлось наличие рецидива переднего импиджмент-синдрома.

При выполнении повторной артроскопии ГС производили предварительное введение в полость сустава физиологического раствора в объеме 10 мл, с последующим созданием передне-медиального и передне-латерального порта. У всех пациентов на повторной артроскопии выявили выраженный артрофиброз переднего отдела ГС, признаки регенерации хрящевой ткани – уменьшение степени хондромалации до 2-й степени по Outerbridge у 2 (4,76 %) пациентов и 3-й степени по Outerbridge у 8 (19,05 %) пациентов (Рисунок 4.9).

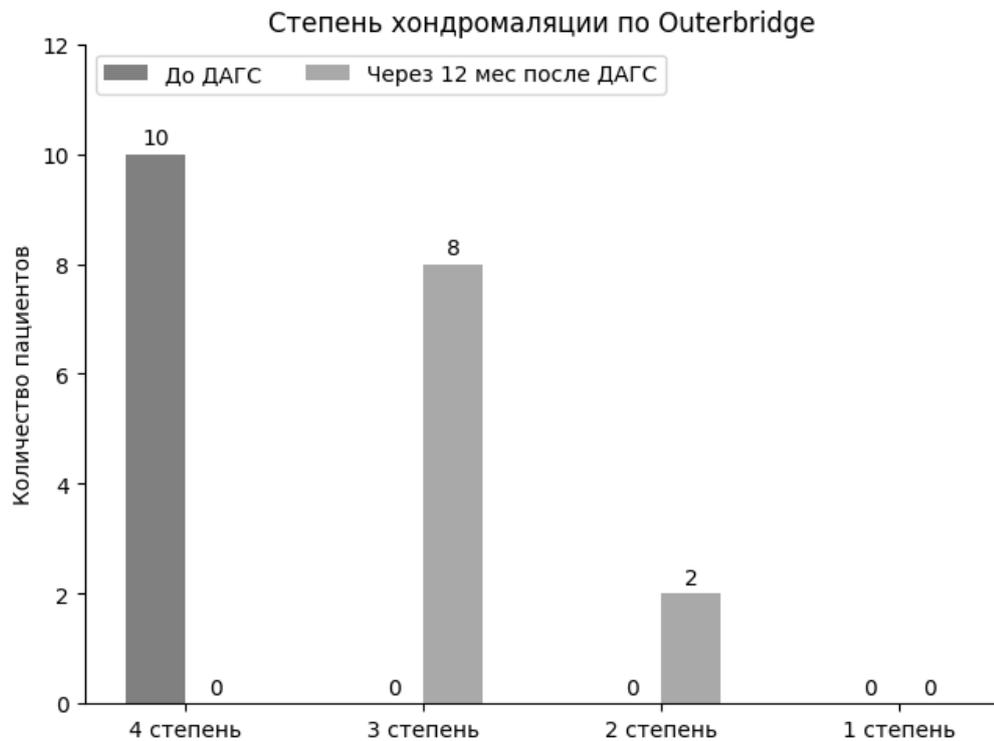


Рисунок 4.9 – Распределение пациентов на основании данных артроскопии до и через 12 месяцев после ДАГС по Outerbridge

При первичной артроскопии (Рисунок 4.10) выявлена хондромалация 4-й степени по Outerbridge у всех 10 пациентов, выраженный склероз таранной кости. Среди них 4 (9,52 %) пациентам выполнялось микрофрактурирование дефектов хряща. Через 12 месяцев с момента операции (Рисунок 4.11) визуализировались признаки регенерации хрящевой ткани, ворсинчатые изменения хряща таранной кости, по сравнению с предыдущим полным отсутствием.

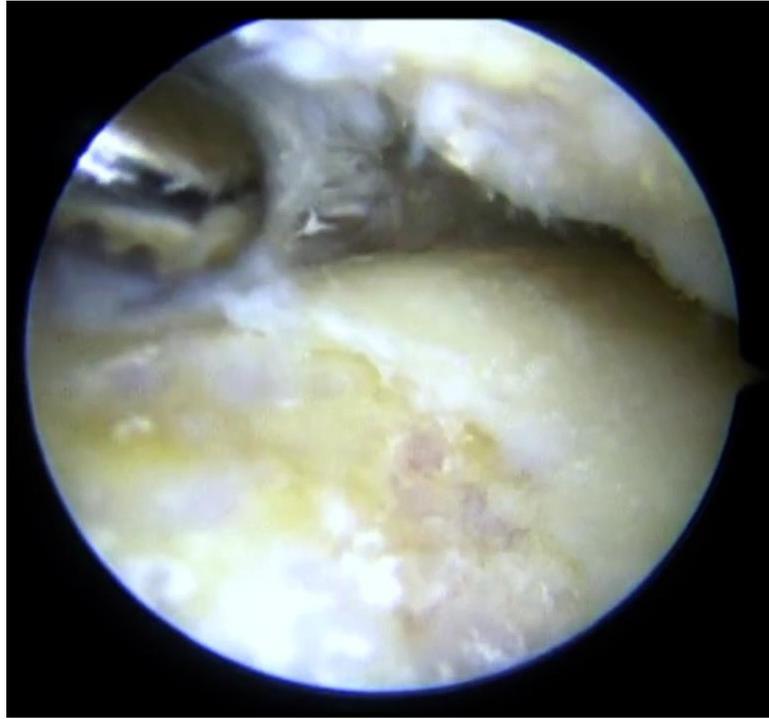


Рисунок 4.10 – Артроскопическая картина до ДАГС хондромалиция 4-й степени по Outerbridge

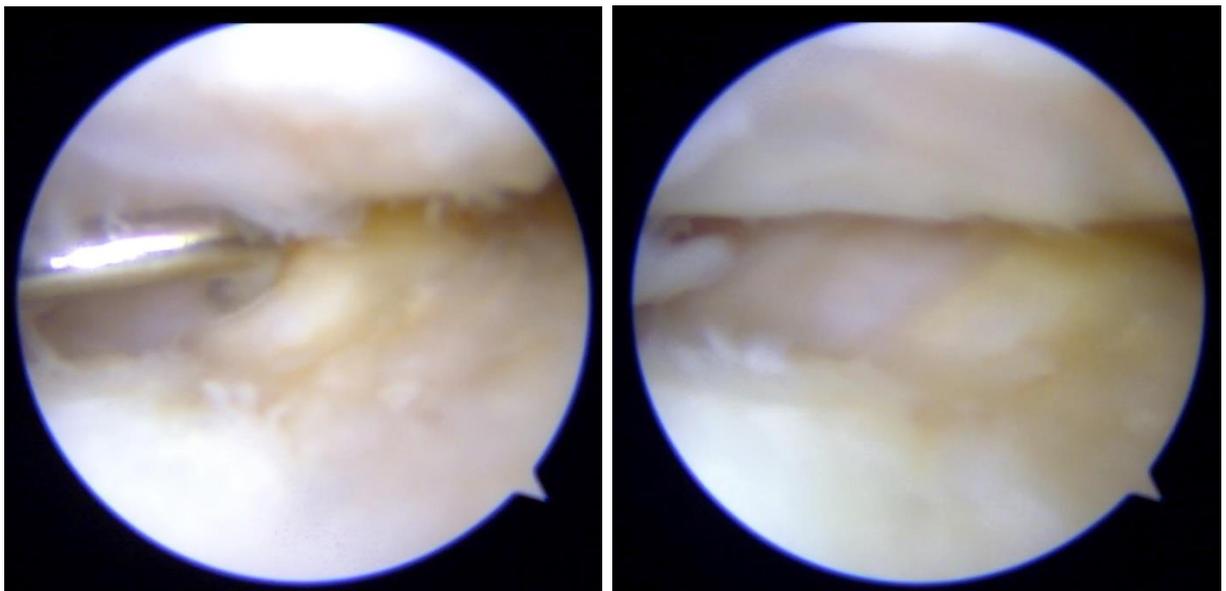


Рисунок 4.11 – Артроскопическая картина через 12 месяцев после ДАГС хондромалиция 3-й степени по Outerbridge

Произведен тест Уилкоксона между результатами степени хондромалиции до оперативного лечения и через 12 месяцев после, получена статистически достоверная разница уменьшения степени хондромалиции по Outerbridge ($p = 0,002$). Полученная артроскопическая картина и результаты статистического анализа демонстрируют признаки регенерации хрящевых поверхностей.

4.4. Клинические примеры

Клинический пример № 1

Пациент А., 39 лет, поступил в отделение травматологии № 2 ГБУЗ ГKB № 13 ДЗМ с диагнозом «Посттравматический ОА левого ГС 4-й степени, хроническая нестабильность в следствии разрыва дельтовидной и передней таранно-малоберцовой связок», «van Dijk scale» 2-я степень, COFAS 2-й тип. Пациент предъявлял жалобы на боли при ходьбе в левом ГС, усиливающиеся при физической нагрузке, ощущение нестабильности ГС, подворачивание стопы при ходьбе по неровностям.

В анамнезе: многократные травмы ГС при профессиональной игре в футбол, консервативное лечение не получал. С 2020 года беспокоят боли в ГС, ощущение нестабильности. Лечился консервативно без положительного эффекта. Болевой синдром по ВАШ на момент поступления 4,9 см, ИМТ 26,5 кг/м².

Клинически: болезненная пальпация в проекции верхушки малоберцовой кости и передне-латеральной области суставной щели. Амплитуда активных движений: дорсофлексия 25°, плантофлексия 35°, эверсия 15°, инверсия 20°. Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 25°, плантофлексия 35°, эверсия 15°, инверсия 20°. Функциональные тесты: передний выдвигной ящик, инверсионный и эверсионный положительные, тест на передний импиджмент-синдром положительный. Осмотр стоп с нагрузкой: вальгусная установка левой пяточной кости, заострение контура медиальной лодыжки (Рисунок 4.12).



Рисунок 4.12 – Осмотр стоп с нагрузкой пациента А.

Нейродисциркуляторных нарушений в нижних конечностях не выявлено.

Функциональная оценка по шкале FAAM составила 68 баллов, по шкале АО FAS 67 баллов. По данным рентгенографии ОАГС 4-й степени, вальгус-артроз по Tanaka-Takakura IIIA стадии (Рисунок 4.13).



Рисунок 4.13 –Рентгенография ГС пациента А.

По данным МРТ диагностики был диагностирован разрыв поверхностной и глубокой порции дельтовидной связки Grade 3, передней таранно-малоберцовой связки Grade 3, остеофиты переднего отдела, вальгусная установка таранной кости, остеохондральное повреждение латерального отдела ГС 4-й степени (Рисунок 4.14).



Рисунок 4.14 – МРТ исследование ГС пациента А.

После предоперационной подготовки больному была выполнена артроскопия переднего отдела ГС, дебридмент, удаление остеофитов, микрофрактурирование остехондральных дефектов, реконструкция передней таранно-малоберцовой связки по методике «InternalBrace». Из отдельных минидоступов реконструкция медиального связочного комплекса с помощью лент. После чего произведен монтаж аппарата Илизарова, достигнут артродиастаз 5,7 мм.

На 1-е сутки пациент приступил к активным движениям в ГС с разблокировкой шарнирного механизма, ходьбе с дополнительной опорой на костыли и частичной нагрузкой на оперированную конечность.

Через 14 дней с момента операции сняты послеоперационные швы. Пациент приступил к активным занятиям ЛФК с реабилитологом (Рисунок 4.15).

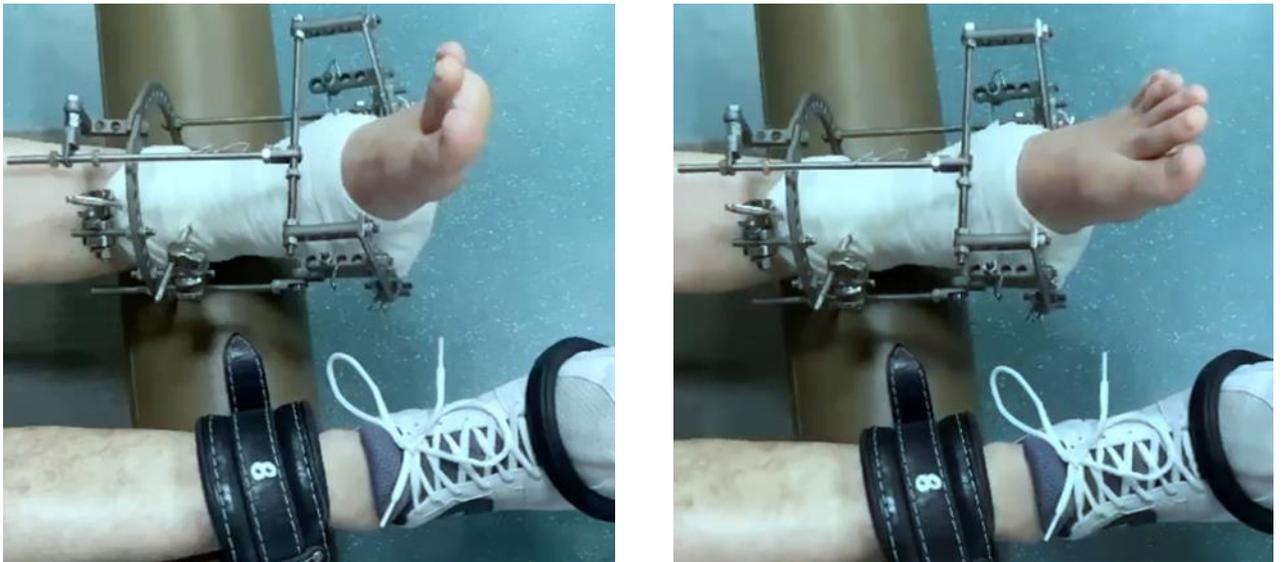


Рисунок 4.15 – Занятия лечебной гимнастикой пациента А.

На контрольных рентгенограммах через 4 недели с момента операции размер артродиастаза прежний (Рисунок 4.16). Признаков воспаления мягких тканей в области ЧКЭ на контрольных осмотрах не выявлено. Через 10 недель с момента операции выполнен демонтаж АНФ.

После демонтажа АНФ пациент отказался от дополнительной опоры на костыли через 2 недели с момента операции и пользовался тростью. Полный отказ от дополнительной опоры через 5 недель с момента демонтажа АНФ.

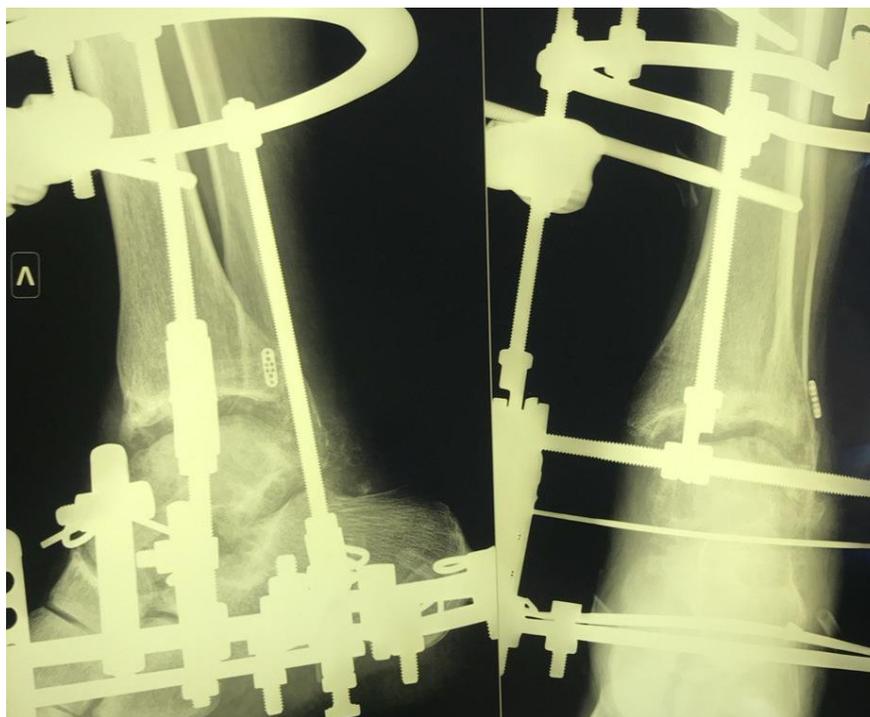


Рисунок 4.16 – Контрольная рентгенография ГС пациента А. через 1 месяц после ДАГС

На контрольном осмотре через 1 месяц с момента демонтажа АНФ мягкие ткани в области установленных ЧКЭ зажили вторичным натяжением. Сохранился отек мягких тканей стопы и голени +1,3 см (Рисунок 4.17).



Рисунок 4.17 – Отек мягких тканей голени и стопы после демонтажа АНФ у пациента А.

Пациент использовал дополнительную опору в виде трости. Болевой синдром по ВАШ составил 6,2 см. Амплитуда активных движений: дорсофлексия 15°, плантофлексия 25°, эверсия 15°, инверсия 20°. Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 15°, плантофлексия 25°, эверсия 15°, инверсия 20°.

Функциональные тесты: передний выдвигной ящик, инверсионный и эверсионный отрицательные, тест на передний импиджмент-синдром отрицательный. Осмотр стоп с нагрузкой: без особенностей. Нейродисциркуляторных нарушений в нижних конечностях не выявлено. Функциональная оценка по шкале FAAM составила 48 баллов, по шкале АО FAS 52 балла. Пациент продолжал реабилитационное лечение совместно с физиотерапией (магнитотерапия).

На контрольном осмотре через 3 месяца пациент ходит без дополнительной опоры. Отека мягких тканей голени и стопы нет. Болевой синдром по ВАШ составил 5,8 см. Преимущественно болевой синдром при начале активных движений. Амплитуда активных движений: дорсофлексия 15°, плантофлексия 25°, эверсия 15°, инверсия 20°. Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 15°, плантофлексия 25°, эверсия 15°, инверсия 20°.

Функциональные тесты: передний выдвигной ящик, инверсионный и эверсионный отрицательные, тест на передний импиджмент-синдром отрицательный. Осмотр стоп с нагрузкой: без особенностей. Нейродисциркуляторных нарушений в нижних конечностях не выявлено. Функциональная оценка по шкале FAAM составила 46 баллов, по шкале АО FAS 48 балла. Пациент продолжал реабилитационное лечение совместно с физиотерапией (электрофорез).

На контрольном осмотре через 6 месяцев. Болевой синдром по ВАШ составил 6,4 см, носит эпизодический характер, преимущественно стартовые боли. На контрольной рентгенограмме положение пуговицы после пластики передней таранно-малоберцовой связки правильное, признаки терминального ОАГС, остеофиты переднего отдела ГС (Рисунок 4.18).



Рисунок 4.18 – Контрольная рентгенография ГС пациента А. через 6 месяцев с момента демонтажа АНФ

Амплитуда активных движений: дорсофлексия 20° , плантофлексия 35° , эверсия 15° , инверсия 20° . Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 20° , плантофлексия 35° , эверсия 15° , инверсия 20° . Функциональные тесты: передний выдвигной ящик, инверсионный и эверсионный отрицательные, тест на передний импиджмент-синдром отрицательный. Осмотр стоп с нагрузкой: без особенностей. Нейродисциркуляторных нарушений в нижних конечностях не выявлено. Функциональная оценка по шкале FAAM составила 63 балла, по шкале AO FAS 61 балл.

На контрольном осмотре через 12 месяцев. Болевой синдром по ВАШ составил 2,1 см, носит эпизодический характер. Пациент ходит не хромя, занимается легким бегом. Пальпаторная болезненность в передне-латеральной области ГС. Амплитуда активных движений: дорсофлексия 25° , плантофлексия 35° , эверсия 15° , инверсия 20° . Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 25° , плантофлексия 35° , эверсия 15° , инверсия 20° . Функциональные тесты: передний выдвигной ящик, инверсионный и эверсионный отрицательные, тест на передний импиджмент-синдром положительный. Осмотр стоп с нагрузкой: без особенностей (Рисунок 4.19).



Рисунок 4.19 – Осмотр стоп с нагрузкой пациента А., вальгусное отклонение пяточной кости отсутствует

Нейродисциркуляторных нарушений в нижних конечностях не выявлено. Функциональная оценка по шкале FAAM составила 85 баллов, по шкале AO FAS 90 баллов. На контрольной рентгенограмме остеофит в передне-латеральной области таранной кости, признаки терминального ОАГС (Рисунок 4.20).



Рисунок 4.20 – Контрольная рентгенография ГС пациента А. через 1 год с момента демонтажа АНФ

От повторной артроскопической резекции остеофитов пациент отказался, сославшись на хороший результат проведенного лечения и незначительный дискомфорт от имеющегося импиджмент-синдрома.

Клинический пример №2

Пациентка Б., 38 лет, поступила в 2022 г. в отделение травматологии ГБУЗ ГКБ им. А. К. Ерамишанцева ДЗМ с диагнозом «Посттравматический ОА левого ГС 4-й степени, эквинусная контрактура левого ГС», «van Dijk scale» 2-я степень, СОFAS 1-й тип. Пациентка предъявляла жалобы на боли при ходьбе в левом ГС, усиливающиеся при физической нагрузке, ограничение амплитуды движений, нарушение прилегания пятки к полу. В анамнезе: закрытый перелом обеих лодыжек и заднего края левой голени со смещением отломков 44-B3 AO/ASIF, вывих стопы кзади в 2020 году, выполнен остеосинтез пластинами и винтами, перелом консолидирован без особенностей (Рисунок 4.21).



Рисунок 4.21 – Контрольная рентгенография ГС пациента Б. через 1,5 года после остеосинтеза

В 2022 году выполнено удаление металлофиксаторов по месту установки, в связи с сохраняющимся дискомфортом, болевым синдромом и ограничением амплитуды движений. Оперативное вмешательство и послеоперационный период без особенностей. На контрольной рентгенографии был выявлен, консолидированный

перелом обеих лодыжек и заднего края большеберцовой кости, посттравматический ОАГС 4-й степени (Рисунок 4.22).

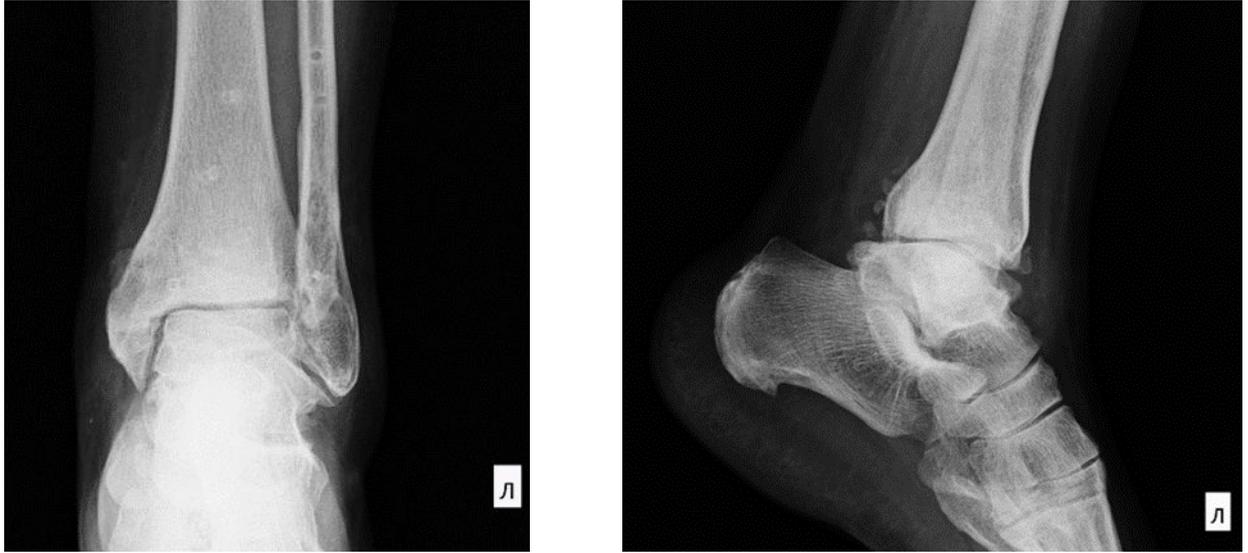


Рисунок 4.22 – Контрольная рентгенография ГС пациента Б. после удаления погружных металлофиксаторов

Пациентка лечилась консервативно без положительного эффекта более 6 месяцев. Болевой синдром по ВАШ на момент поступления 5,7 см, ИМТ 30,9 кг/м². Клинически: болезненная пальпация в проекции передней суставной щели спереди. Амплитуда активных движений: дорсофлексия 0°, плантофлексия 10°, эверсия 10°, инверсия 10°. Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 5°, плантофлексия 10°, эверсия 10°, инверсия 10°. Функциональные тесты: Silfverskiöld положительный, тест на передний импиджмент-синдром положительный. Осмотр стоп с нагрузкой: эквинусная контрактура (Рисунок 4.23). Нейродисциркуляторных нарушений в нижних конечностях не выявлено.



Рисунок 4.23 – Осмотр стоп с нагрузкой пациента Б.

Функциональная оценка по шкале FAAM составила 61 балл, по шкале АО FAS 51 балл. По данным МРТ были диагностированы остеофиты переднего отдела, костно-хрящевой дефект большеберцовой кости 4-й степени (Рисунок 4.24).



Рисунок 4.24 – МРТ ГС пациента Б. до ДАГС

После предоперационной подготовки пациентке выполнили артроскопию переднего отдела ГС в связи с клинически значимым передним импиджмент-синдромом, произвели дебридмент, удаление остеофитов, микрофрактурирование дефектов хряща. Выполнена тенотомия ахиллова сухожилия по Ноке, стопа выведена из эквинусного положения. После чего произведен монтаж аппарата Илизарова, достигнут артродиастаз в 5,1 мм.

На 1-е сутки пациентка приступила к активным движениям в ГС с разблокировкой шарнирного механизма, ходьбе с дополнительной опорой на костылях и частичной нагрузкой на оперированную конечность. Контрольная рентгенография с артродиастазом в 5,4 мм (Рисунок 4.25).

На контрольных рентгенограммах через 4 недели с момента операции размер артродиастаза прежний. Признаков воспаления ЧКЭ на контрольных осмотрах не выявлено. Через 10 недель с момента операции выполнен демонтаж АНФ и контрольная рентгенография, выявлено увеличение суставной щели с 1,5 мм до 2,4 мм (Рисунок 4.26).

На контрольном осмотре через 1 месяц с момента демонтажа АНФ мягкие ткани в области установленных ЧКЭ зажили вторичным натяжением. Сохранился отек мягких тканей стопы и голени +1,1 см. Пациентка использовала дополнительную опору в виде трости.



Рисунок 4.25 – Послеоперационная контрольная рентгенография ГС пациента Б.



Рисунок 4.26 – Изменение суставной щели с 1,5 мм (слева) до операции и 2,4 мм (справа) после ДАГС и демонтажа АНФ у пациента Б.

Болевой синдром по ВАШ составил 1,2 см. Амплитуда активных движений: дорсофлексия 5°, плантофлексия 5°, эверсия 5°, инверсия 5°. Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 5°, плантофлексия 5°, эверсия 5°, инверсия 5°. Функциональные тесты: тест на передний импиджмент-синдром отрицательный. Осмотр стоп с нагрузкой: без особенностей, полное прилегание стопы к полу. Нейродисциркуляторных нарушений в нижних конечностях не выявлено. Функциональная оценка по шкале FAAM составила 42 балла, по шкале AO FAS 85 балла. Пациентка продолжала реабилитационное лечение совместно с физиотерапией (магнитотерапия).

На контрольном осмотре через 3 месяца пациентка ходит с дополнительной опорой на трость. Сохранялся отек мягких тканей стопы и голени +0,5 см. Болевой синдром по ВАШ составил 2 см. Преимущественно болевой синдром при начале активных движений, утренняя скованность. Амплитуда активных движений: дорсофлексия 15°, плантофлексия 15°, эверсия 15°, инверсия 15°. Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 15°, плантофлексия 15°, эверсия 15°, инверсия 15°. Функциональные тесты: тест на передний импиджмент-синдром отрицательный. Осмотр стоп с нагрузкой: без особенностей, стопа полностью прилегает к поверхности пола. Нейродисциркуляторных нарушений в нижних конечностях не выявлено. Функциональная оценка по шкале FAAM составила 54 балла, по шкале AO FAS 78 баллов. Пациентка продолжала реабилитационное лечение совместно с физиотерапией (электрофорез).

На контрольном осмотре через 6 месяцев. Болевой синдром по ВАШ составил 0 см. На контрольной рентгенограмме признаки терминального ОАГС, остеофиты переднего отдела ГС. Амплитуда активных движений: дорсофлексия 4°, плантофлексия 10°, эверсия 10°, инверсия 10°. Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 6°, плантофлексия 15°, эверсия 10°, инверсия 10°. Функциональные тесты: тест на передний импиджмент-синдром отрицательный. Осмотр стоп с нагрузкой: без особенностей. Нейродисциркуляторных нарушений в нижних конечностях не выявлено. Функциональная оценка по шкале FAAM составила 79 баллов, по шкале AO FAS 48 балла.

На контрольном осмотре через 12 месяцев. Болевой синдром по ВАШ составил 1 см, носит эпизодический характер. Пациентка ходит не хромая. Пальпаторная болезненность в передней области ГС. Амплитуда активных движений: дорсофлексия 10°, плантофлексия 10°, эверсия 10°, инверсия 10°. Амплитуда пассивных движений: дорсофлексия 10°, плантофлексия 10°, эверсия 10°, инверсия 10°. Функциональные тесты: тест на передний импиджмент-синдром положительный. Осмотр стоп с нагрузкой: без особенностей (Рисунок 4.27). Функциональная оценка по шкале FAAM составила 82 балла, по шкале AO FAS 65 баллов.



Рисунок 4.27 – Осмотр стоп с нагрузкой через 12 месяцев с момента ДАГС у пациента Б., полное прилегание стопы к полу

Через 12 месяцев после ДАГС пациентка выполнила повторное МРТ ГС, выявлены остеофиты в переднем отделе ГС (Рисунок 4.28).



Рисунок 4.28 – Контрольное МРТ ГС пациента Б. через 12 месяцев с момента ДАГС

Произвели сегментацию хряща таранной и большеберцовой кости с помощью 3D Slicer, измерен объем хрящевой ткани до ДАГС и через 1 год после. До ДАГС расчетный объем хряща таранной кости $624,243 \text{ мм}^3$, большеберцовой кости $479,883 \text{ мм}^3$. Через 12 месяцев после ДАГС расчетный объем хряща таранной кости $786,289 \text{ мм}^3$, большеберцовой кости $718,445 \text{ мм}^3$. Выполнена повторная артроскопия ГС, дебридмент, удаление остеофитов переднего отдела. Болевой синдром в переднем отделе ГС купирован. Артроскопическая картина до ДАГС и через 12 месяцев после демонстрирует восстановление хрящевой структуры ГС, представлена на рисунке (Рисунок 4.29).

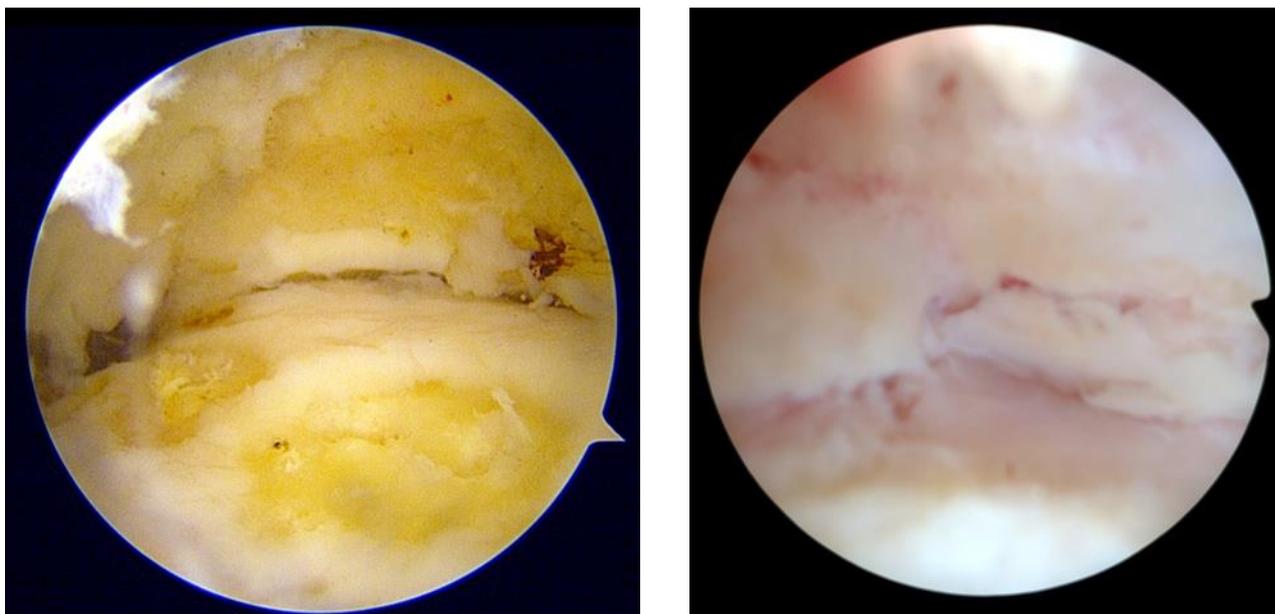


Рисунок 4.29 – Артроскопическая картина ГС до ДАГС (слева) и через 12 месяцев после (справа) у пациента Б.

4.5. Ошибки и осложнения

Общее число осложнений в исследование было низким, за исключением воспаления мягких тканей в области ЧКЭ. Серьезных осложнений, требующих повторных оперативных вмешательств, а также спицевого остеомиелита не выявлено. В период наблюдения 12 месяцев ни одному пациенту не была выполнена конверсия на эндопротезирование или артродезирование ГС. Сводные данные по осложнениям представлены в таблице (Таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Общее число осложнений при лечении методом ДАГС

<i>Осложнение</i>	<i>Количество (пациентов)</i>
Ограничение движений ГС в узлах АНФ	2 (4,76 %)
Поломка спицефиксаторов	2 (4,76 %)
Ослабление спиц	3 (7,14 %)
Тракционная нейропатия	1 (2,38 %)
Воспаление мягких тканей в области ЧКЭ	26 (61,9 %)
Боль в области ЧКЭ	2 (4,76 %)

Ограничение движений в ГС, связанное с расположением шарнирных узлов, возникло в 1-е сутки после операции у 2 (4,76 %) пациентов, которые ощущали механическую помеху для активных движений в суставе. Ограничение устранялось

ротацией опорной штанги с шарнирным узлом на приемлемую ось движения в суставе до исчезновения чувства «помехи».

У 2 (5,56 %) пациентов возникла поломка спицефиксатора на сроке в 4–5 недель с момента демонтажа, что потребовало повторного натяжения спицы с заменой спицефиксатора (Рисунок 4.30).



Рисунок 4.30 – Поломка спицефиксатора в процессе лечения

У 3 (7,14 %) пациентов на сроке в 4–5 недель при контрольном осмотре было выявлено ослабление натяжения одной спицы, проведенной через пяточную кость, что потребовало повторного натяжения.

Тракционная нейропатия возникла у 1 (2,38 %) пациента в 1-е сутки после операции, с проявлением неврологической симптоматики в виде выраженного онемения в области пятки. После чего был устранен артродиастаз и онемение купировалось к концу первых суток. Далее необходимый уровень артродиастаза был достигнут постепенным растяжением сустава по 1–2 мм в день, по мере переносимости пациентом. Достижение артродиастаза в 6 мм заняло 4 дня после операции с последующим отсутствием любых неврологических проявлений.

Боль в области ЧКЭ, не связанная с воспалением мягких тканей, встречалась у 2 (4,76 %) пациентов. У одной пациентки производилась дополнительная фиксация спицей через плюсневые кости стопы, что было связано с болевым синдромом в области спицы весь период лечения в АНФ. У другого пациента болевой синдром

был связан с расположенным дистальным стержнем Шанца чрезмерно медиально, который вызывал натяжением мягких тканей вблизи сухожилий разгибателей голени. Болевой синдром был не выражен и полностью купирован после демонтажа АНФ в обоих случаях.

Признаки воспаления мягких тканей в области ЧКЭ через 4 недели с момента операции имелись у 19 (45,24 %) пациентов с увеличением числа больных к дате демонтажа до 26 (61,9 %) пациентов. Чаще всего воспаление мягких тканей наблюдалось в области спиц, проведенных через пяточную и таранную кость (Рисунок 4.31).

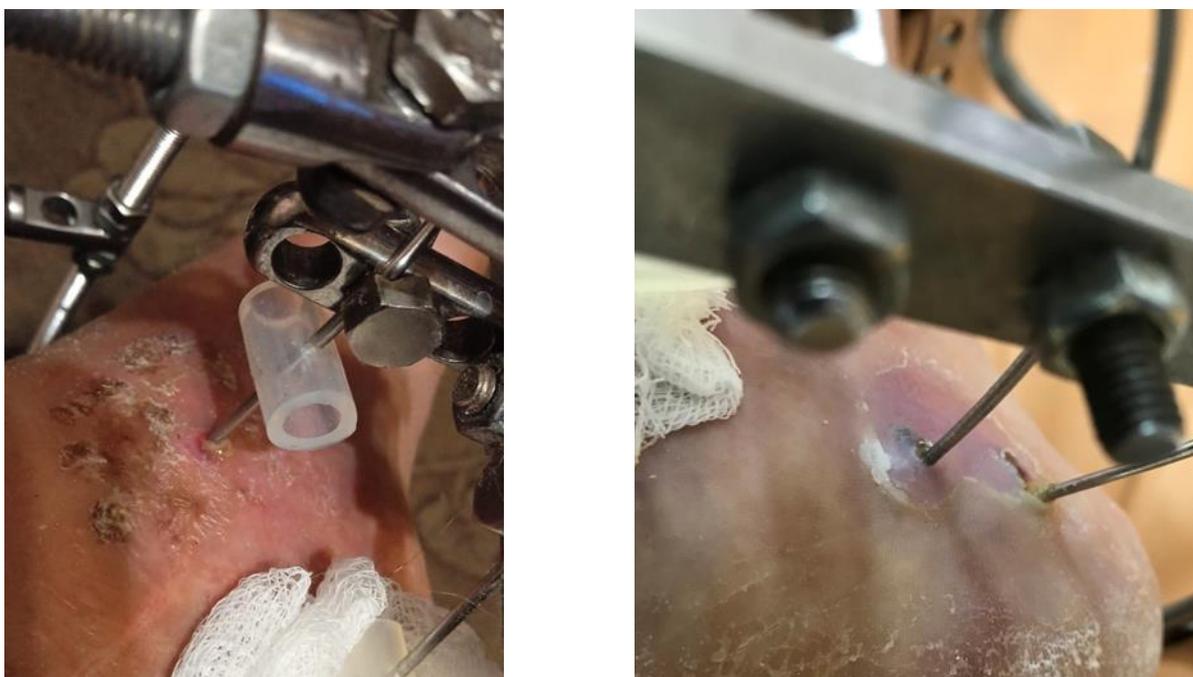


Рисунок 4.31 – Воспаление мягких тканей в области ЧКЭ

Учитывая мобильный характер компоновки АНФ, именно область введения спиц в таранную и пяточную кости подвергались наибольшему натяжению мягких тканей, что приводило к мацерации кожных покровов и развитию воспаления мягких тканей. Тактику лечения при признаках воспаления мягких тканей в области ЧКЭ выбирали индивидуально, учитывая сроки после монтажа АНФ. Если срок превышал 8 недель, то принимали решение в пользу демонтажа АНФ. В остальных случаях рекомендовали исключить нагрузку на оперированную конечность и прекратить движения в шарнирном механизме, а также проводили комплексное консервативное лечение. У всех пациентов в течение 2–3 дней болевой синдром и гиперемия купировались на фоне проведенного лечения. После чего пациентам вновь

разрешали осевую нагрузку и движения в ГС по мере переносимости болевого синдрома. Во всех случаях проведенное лечение воспаления мягких тканей в области ЧКЭ, позволяло сохранить имеющуюся компоновку АНФ до минимально рекомендуемого срока в 8 недель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДАГС это метод лечения терминального ОАГС с целью отсрочить радикальное хирургическое вмешательство на ГС. ДАГС считается альтернативной артродезированию или тотальному эндопротезированию у молодых пациентов с сохранной амплитудой движений в ГС. Метод подразумевает использование АНФ для разобщения суставных поверхностей (создание артродиастаза) с целью механической разгрузки ГС и потенциального восстановлению хряща. Несмотря на первоначальную цель отсрочить радикальное вмешательство, многие пациенты достигают длительного клинического эффекта.

В период с 2021 года по 2023 год на клинических базах кафедры травматологии и ортопедии медицинского института РУДН в государственных лечебных учреждениях города Москвы ГБУЗ «ГКБ № 13 ДЗМ», ГБУЗ «ГКБ №31 ДЗМ», ГБУЗ «ГКБ им. А. К. Ерамишанцева ДЗМ» и ГБУЗ «ГКБ им. В.М. Буянова ДЗМ» было проведено оперативное лечение 42 пациентов с терминальным ОАГС (4-й степени по Kellgren-Lawrence или III стадии по Н. С. Косинской) методом ДАГС в комбинированном лечении. В исследовании приняло участие 16 (38,9 %) женщин и 26 (61,11 %) мужчин. Средний возраст пациентов составил 48,5 [26; 65] лет. Средний возраст женщин 42,14 [26; 60] лет, а средний возраст мужчин 52,55 [33; 65] лет. Средний ИМТ составил 28,34 [21,56; 35,49] кг/м².

Научная работа имела дизайн проспективного нерандомизированного, экспериментального, многоцентрового исследования. Отбор пациентов осуществлялся методом сплошного выбора. Результаты исследования собирались с помощью бумажных опросников и таблиц осмотра пациента, а затем заносились в электронную базу данных. Статистическая обработка данных проводилась с использованием статистических библиотек Python 3.9.10. Достоверность отличий проверялась с помощью непараметрического Т-критерий Уилкоксона и расчетом р-уровня значимости. При последовательных сравнениях использовалась поправка на множественные сравнения Benjamini – Yekutieli.

Причинами развития терминального ОАГС у 21 (50 %) пациента явился перелом в области ГС в анамнезе, а у оставшихся 21 (50 %) пациента хроническая

нестабильность ГС вследствие разрыва связочного аппарата. Стоит отметить, что все пациенты в нашем исследовании с хронической нестабильностью имели длительный анамнез заболевания и лечились консервативно. Преимущественно встречалось повреждение латерального связочного комплекса ГС, которое было выявлено у 18 (42,86 %) пациентов. По структуре перенесенных переломов в области ГС, открытый перелом лодыжек в анамнезе имелся у 5 (11,9 %) пациентов, закрытый перелом лодыжек у 9 (21,43 %) пациентов, а закрытый перелом дистального отдела голени у 7 (16,67 %) пациентов. Все пациенты с переломами первично лечились хирургически, кроме 3 (7,14 %) пациентов с закрытыми переломами лодыжек типа В по АО/ASIF и 1 (2,38 %) пациента с закрытым переломом типа С по АО/ASIF. Терминальный ОАГС с момента полученной травмы развивался в среднем через 3 [1; 25] года.

Классификация терминального ОАГС проводилась рентгенологически. Учитывая многообразие морфологических форм ОАГС, использовались различные методы классификации. Таким образом у всех пациентов имелся ОАГС 4 степени по Kellgren-Lawrence, по классификации «van Dijk scale» 2-я [1; 3] степень, по классификации COFAS 1-й [1; 4] тип. При наличии ассиметричного ОАГС, который выявлен у 5 (11,11 %) пациентов применялась классификация по Tanaka-Takakura и в среднем составила IIIA стадию.

Всем пациентам выполнялся клинический осмотр, рентгенография и МРТ ГС, а также использовались оценочные системы ВАШ, FAAM и АО FAS. При наличии металлофиксаторов, несросшихся или неправильно сросшихся переломов выполнялась КТ ГС. Были разработаны специальные бланки клинического осмотра, представленные в приложении, которые включали специфические тесты для ГС.

Исследование имело множество контрольных точек с целью изучения течения лечения методом ДАГС. Первой контрольной точкой исследования являлся предоперационный осмотр, который включал в себя клинический осмотр, рентгенографию ГС, оценку по шкалам и МРТ ГС, а в случае необходимости КТ ГС. Далее выполнялся клинический осмотр и контрольная рентгенография ГС на 1-е

сутки после операции, через 4 недели после операции и через 8–12 недель в момент демонтажа аппарата Илизарова.

Дальнейшие осмотры выполнялись с оценкой по шкалам ВАШ, FAAM и АО FAS через 1, 3, 6 и 12 месяцев после демонтажа аппарата Илизарова. Контрольная рентгенография выполнялась через 1, 6 и 12 месяцев после демонтажа АНФ. Повторное МРТ ГС рекомендовали выполнять через 12 месяцев с момента демонтажа АНФ.

Помимо терминального ОАГС, у пациентов имелась сопутствующая патология ГС, коррекция которой проводилась одномоментно. Чаще всего встречался передний импиджмент-синдром, выявленный у 28 (66,67 %) пациентов, и хроническая нестабильность ГС вследствие разрыв латерального связочного комплекса у 7 (16,67 %) пациентов. У 2 (4,6 %) пациентов выявлен несросшийся перелом наружной лодыжки. Неправильно сросшийся перелом большеберцовой кости выявлен у 2 (4,6 %) пациентов.

Во всех случаях использовалось комбинированное лечение совместно с ДАГС. Чаще всего проводился артроскопический дебридмент переднего отдела ГС, который был выполнен у 28 (66,67 %) пациентов. У 10 (23,81 %) пациентов выполнена реконструкция латерального или медиального связочного комплекса ГС с помощью лент и анкерных фиксаторов либо пуговиц. Микрофрактурирование дефектов хряща выполняли у 6 (14,29 %) пациентов. Реконструкцию латерального связочного комплекса у 7 (16,67 %) пациентов. Реконструкцию дельтовидной связки произвели у 3 (7,14 %) пациентов. Артроскопический дебридмент заднего отдела ГС выполнили у 5 (11,9 %) пациентов, а релиз сухожилия длинного сгибателя большого пальца у 3 (7,14 %) пациентов. При выполнении артроскопии переднего отдела ГС производилась фото и видео фиксация повреждений хрящевой ткани ГС с ее оценкой по Outerbridge. Реостеосинтез латеральной лодыжки выполняли у 2 (4,76 %) пациентов. У 2 (4,76 %) пациентов проводили открытоугольную надлодыжечную корригирующую остеотомию большеберцовой кости с аутокостной пластикой. Учитывая высокую частоту встречаемости эквинусной контрактуры ГС, проводилась тенотомия ахиллова сухожилия по Ноке у 11 (26,19 %) пациентов.

ДАГС выполнялась как финальный этап оперативного вмешательства и осуществлялась с помощью аппарата Илизарова, который состоял из 1 кольца и U-образного полукольца для стопы. Кольцо фиксировалось к голени посредством 2 стержней Шанца диаметром 6 мм в разнонаправленных плоскостях. Первоначально устанавливали стержень Шанца на VII уровне голени в позиции 12–13 часов с соблюдением β_1 -угла в $95\text{--}100^\circ$. После чего фиксировали и позиционировали кольцо аппарата Илизарова к стержню Шанца. Затем устанавливали второй стержень Шанца на VII–VIII уровне голени в позиции 3–4 ч с соблюдением β_2 -угла $85\text{--}80^\circ$. Между стержнями Шанца достигали α -угол $65\text{--}75^\circ$ при фиксации к кольцу. Далее устанавливались 2 параллельных спицы диаметром 1,8 или 2,0 мм в таранную и пяточную кость. Затем выполнялось позиционирование и фиксация U-образного полукольца. С целью корректной ориентации шарнирных узлов на биомеханической оси ГС устанавливали временную спицу, проводя ее ниже середины вершук медиальной и латеральной лодыжки. После чего устанавливались опорные штанги с одноосным шарнирным узлом на уровне биомеханической оси движения ГС (оси Инмана В. Т.). Производилось создание артродиастаза величиной до 5–6 мм и дополнительная фиксация спицей через пяточную кость. При выполнении контрольных движений в ГС в конце монтажа аппарата Илизарова уделялось внимание ротационному положению шарнирных узлов на U-образной раме с ее коррекцией при необходимости. Компоновка аппарата Илизарова имеет блокирующий механизм, который предотвращает движения в ГС при необходимости. Период артродиастаза составлял от 8 до 12 недель в среднем 9,76 [8; 12] недель.

В послеоперационном периоде проводилась профилактика тромбоэмболических осложнений пероральным антикоагулянтом ривароксабан 10 мг 35 дней, а также профилактика развития комплексного регионарного болевого синдрома с помощью приема витамина С в дозировке 500 мг ежедневно в течение 7 недель. Допускалась ходьба с дополнительной опорой на костыли и частичной нагрузкой на оперированную конечность с заблокированным шарнирным механизмом. Разблокировка выполнялась только для занятий лечебной гимнастикой, которая проводи-

лась 2–3 раза в сутки, лежа или сидя по 10–15 минут. Движения в ГС рекомендовали осуществлять с преимущественным выполнением дорсофлексии, в связи с биомеханическим расположением шарнирных узлов и более высокой частотой эквинусной контрактуры ГС.

Наиболее частым осложнением в процессе лечения ДАГС является воспаление мягких тканей в области ЧКЭ (спицы или стержни Шанца), что связано с мобильным артикулирующим характером компоновки аппарата Илизарова. Вторым по частоте осложнением является тракционная нейропатия.

В нашем исследовании случай тракционной нейропатии встретился единожды у 1 (2,38 %) пациента. В послеоперационном периоде возникновение выраженного онемения в области пятки с болевым синдромом явилось показанием к полному устранению артродиастаза. Явления нейропатии были купированы, а артродиастаз создавался с помощью поэтапной ежедневной дистракции по 1–2 мм в сутки с достижением целевой величины в 5–6 мм.

Воспаление мягких тканей в области спиц или стержней Шанца является наиболее частым осложнением при лечении методом ДАГС и в нашем исследовании возникло у 26 (61,9 %) пациентов. Стоит отметить, что это не повлекло к развитию грозных осложнений и спицевого остеомиелита, а также не требовало повторных хирургических вмешательств. Тактику лечения выбирали с учетом времени с момента монтажа аппарата Илизарова. На сроках более 8 недель выполнялся демонтаж аппарата Илизарова. Своевременное консервативное лечение выявленного воспаления мягких тканей в области ЧКЭ приводило к полному купированию процесса в течение 2–3 дней от начала лечения. При выявлении воспаления мягких тканей в области ЧКЭ рекомендовали прекратить занятия лечебной гимнастикой, отказаться от осевой нагрузки на оперированную конечность, производить ежедневные перевязки с растворами антисептиков, а также начать антибиотикотерапию ципрофлоксацином в дозировке 500 мг 2 раза в сутки.

Учитывая артикулирующую компоновку аппарата Илизарова, возникало постепенное увеличение числа пациентов с воспалением мягких тканей в области ЧКЭ, что связывалось с большим сроком после монтажа АНФ. Натяжение мягких

тканей в области ЧКЭ, чаще всего встречалось в области пяточной кости, усиливающееся при активных движениях в ГС. В последующем, к 4 неделям после операции, у 14 (33,33 %) пациентов возникали признаки серозного отделяемого из области введения ЧКЭ, с последующим ухудшением состояния мягких тканей, нарастанием отека, гиперемии и болевого синдрома в области ЧКЭ.

Антибиотикотерапию проводили при выявленных признаках воспаления мягких тканей в области ЧКЭ через 4 недели с момента операции у 9 (21,43 %) пациентов с увеличением числа больных к дате демонтажа до 12 (28,57 %) пациентов. Аналогичным образом использовали локальные средства для лечения воспаления мягких тканей в области введения ЧКЭ к 4 неделям у 19 (45,24 %) пациентов, а на момент демонтажа аппарата Илизарова применяли у 23 (54,76 %) пациентов.

Несмотря на то, что в ряде исследований утверждается об увеличении амплитуды движений в ГС после ДАГС, в нашем исследовании улучшения амплитуды не было статистически значимым. При изучении амплитуды движений ГС до оперативного лечения и после демонтажа ДАГС, выявлено статистически значимое снижение в первый месяц после операции ($p < 0,05$). В последующем амплитуда движений восстанавливалась до предоперационного уровня. Эти наблюдения справедливы как для пассивной, так и активной амплитуды движений в ГС.

Исследование функционального результата лечения методом ДАГС, демонстрирует статистически значимое улучшение по шкалам АО FAS и FAAM через 6 и 12 месяцев после демонтажа АНФ в сравнении с предоперационным уровнем ($p < 0,01$). В среднем наблюдалось улучшение функции ГС по шкале FAAM с предоперационного уровня в 54 [45,25; 61,0] % до 78 [74,0; 83,5] % к 12 месяцам, а по шкале АО FAS с предоперационного уровня в 57 [51,25; 61,75] баллов до 73 [65,25; 79,0] баллов к 12 месяцам.

У всех пациентов наблюдалось уменьшение болевого синдрома по шкале ВАШ, которое было статистически значимым ($p < 0,01$) через 3, 6 и 12 месяцев после демонтажа АНФ в сравнении с предоперационным уровнем боли. В среднем болевой синдром по ВАШ до оперативного лечения составил 6 [5,0; 7,28] см. К 3 месяцам болевой синдром уменьшился до 4 [3,28; 4,38] см, а к 12 месяцам средний

уровень боли составлял 2 [1,4; 2,1] см по ВАШ ($p < 0,01$). Через 12 месяцев после демонтажа аппарата Илизарова болевой синдром по ВАШ в пределах 1–2 см выявлен у 24 (57,14 %) пациентов и имел эпизодический характер.

Стоит отметить, что в 1 месяц после демонтажа аппарата Илизарова наблюдалось статистически незначимое снижение функциональных результатов и болевого синдрома, с последующим постепенным улучшением результатов ($p < 0,01$) по ВАШ через 3 месяца и функциональных результатов через 6 месяцев.

Для анализа факторов, влияющих на результат лечения по шкалам FAAM, АО FAS и ВАШ был проведен корреляционный анализ Спирмена на основании собранной базы данных результатов осмотров пациентов. Были выявлены статистически значимые ($p < 0,05$) факторы, обладающие средней силой корреляции. В результате корреляционного анализа выявлена прямая связь ($r = 0,6$) между более тяжелым типом по классификации COFAS с более высоким болевым синдромом по ВАШ через 6 месяцев после демонтажа аппарата Илизарова. Вывод, полученный на основании корреляционного анализа функциональных результатов и уровня боли, свидетельствует о том, что исходно высокая функция ГС после лечения станет еще лучше, а более низкая функция связана с более высоким болевым синдромом.

Анализ результатов МРТ ГС до оперативного лечения и через 12 месяцев проводился у 10 (23,81 %) пациентов. Только у 29 (69,05 %) пациентов МРТ ГС было выполнено дважды в соответствии с контрольными точками. Среди них у 19 (45,24 %) пациентов имелись наводки от металлофиксаторов, шумы, артефакты, либо качество изображений было неудовлетворительным (менее 1,5 Тесла), в связи с чем выполнение сегментации хрящевой ткани было технически невозможно. На сагиттальных срезах МРТ ГС взвешенных по протонной плотности (PD-взвешенных изображений) проводилось ручное выделение хрящевой ткани на таранной и большеберцовой костях в полуавтоматическом режиме допустимых значений цветового показателя с последующей программной корректировкой границ хряща на основании различия интенсивности цвета пикселей (полуавтоматическая сегментация изображений) в программе 3D Slicer 5.4.0. На основании полученных

данных выполнялось создание 3D-моделей хрящевой ткани с последующим определением объема полученных фигур. Выявлено статистически значимое увеличение объема хрящевой ткани таранной кости на 272,65 мм³ и большеберцовой кости на 247,48 мм³ ($p < 0,05$).

На основании контрольных рентгенограмм ГС выполнялось измерение величины суставной щели в миллиметрах на прямой проекции. Сравнительный анализ между предоперационной величиной и через 12 месяцев после демонтажа аппарата Илизарова демонстрирует статистически значимое увеличение суставной щели на 1,03 мм ($p < 0,05$). В среднем до ДАГС величина суставной щели составляла 1,3 [1,1; 1,4] мм, а через 12 месяцев после лечения 2,3 [2,25; 2,55] мм.

Учитывая широкую распространенность применения артроскопического метода в комбинированном лечении ОАГС, состояние хрящевой ткани ГС оценивалось с помощью модифицированной шкалы Outerbridge. Наиболее часто артроскопический метод применялся для лечения переднего импиджмент-синдрома ГС, который был выявлен у 28 (66,67 %) пациентов. К 12 месяцам после демонтажа аппарата Илизарова у 13 (30,95 %) пациентов возник рецидив переднего импиджмент-синдрома. Диагноз устанавливался на основании клинического осмотра, который заключался в проведении теста на импиджмент-синдром. В случае появления болевого синдрома при пассивной форсированной плантофлексии или дорсофлексии тест считался положительным. Таким образом повторную (second-look) артроскопию ГС выполнили 10 (23,81 %) пациентам через 12 месяцев после демонтажа аппарата Илизарова. Учитывая наличие фото и видео фиксации изменений хрящевой ткани до ДАГС и через 12 месяцев после, выполнена оценка по Outerbridge с последующим сравнительным статистическим анализом. При первичной артроскопии ГС у всех пациентов выявлена хондромалация 4-й степени по Outerbridge. При повторной артроскопии ГС выявлена хондромалация 2-й степени по Outerbridge у 2 (4,76 %) пациентов и 3-й степени по Outerbridge у 8 (19,05 %) пациентов. Полученные изменения соответствуют статистически значимому уменьшению степени хондромалации через 12 месяцев после ДАГС ($p < 0,01$).

За 12 месяцев ни одному пациенту не была выполнена конверсия на артродезирование или эндопротезирование ГС. Не было выявлено серьезных осложнений, которые бы потребовали повторных хирургических вмешательств.

Таким образом комбинированное лечение терминального ОАГС методом ДАГС является безопасным и эффективным. Наилучший результат лечения достигается к 12 месяцам с момента демонтажа аппарата Илизарова. Улучшение функциональных результатов и купирование болевого синдрома происходит постепенно после проведенного лечения, достигая наилучшего результата к 12 месяцам.

Подводя итоги, ДАГС является эффективным методом отсрочить радикальное вмешательство (артродезирование или эндопротезирование ГС), что наиболее актуально для молодых пациентов с посттравматическим ОАГС и сохранной амплитудой движений в ГС. Метод обладает низкой частотой осложнений, легко воспроизводим. Возникающие процессы регенерации в ГС при лечении методом ДАГС позволяют увеличить объем хрящевой ткани и восстановить имеющиеся тяжелые хрящевые дефекты. Также метод не создает дополнительных трудностей при последующих оперативных вмешательствах. Оптимально применение метода в комбинированном лечении с одновременной коррекцией сопутствующих патологий ГС и восстановлением оси нижней конечности. ДАГС обладает высокой эффективностью снижения болевого синдрома и улучшения функции ГС.

ВЫВОДЫ

1. После проведенного комбинированного лечения с помощью дистракционной артикулирующей артропластики голеностопного сустава возникает статистически значимое уменьшение болевого синдрома через 3 месяца с момента операции ($p = 0,006$) и улучшение функции голеностопного сустава по шкалам FAAM ($p = 0,001$) и АО FAS ($p = 0,002$) через 6 месяцев. Постепенное улучшение результатов происходит к 12 месяцам с момента операции, достигая средних показателей боли по ВАШ в 2 см [1,4; 2,1] ($p = 0,001$) и функциональных результатов по FAAM 78 % [74,0; 83,5] ($p = 0,001$), а по АО FAS 73 балла [65,25; 79,0] ($p = 0,001$).

2. Дистракционная артропластика голеностопного сустава приводит к увеличению объема хрящевой ткани по результатам контрольных МРТ исследований и обладает статистически значимым увеличением хрящевой ткани таранной кости на $272,65 \text{ мм}^3$ ($p = 0,019$) и хрящевой ткани большеберцовой кости на $247,48 \text{ мм}^3$ ($p = 0,012$).

3. В соответствии с результатами повторной (second-look) артроскопии голеностопного сустава через 12 месяцев с момента операции дистракционная артропластика приводит к восстановлению участков хондромалиции 4-й степени по Outerbridge с покрытием их хрящеподобной тканью и регенерацией до 2–3-й степени по Outerbridge ($p = 0,002$).

4. Методика дистракционной артропластики голеностопного сустава применяется у пациентов с терминальным (Kellgren-Lawrence 4-й степени или Н. С. Косинской III стадии) посттравматическим остеоартритом. Методика заключается в разобщении суставных поверхностей (создании артродиастаза) на 5–6 мм с помощью аппарата Илизарова, состоящего из одного кольца и U-образного полукольца, а также шарнирного механизма для сохранения движений в суставе, который располагается на оси Инмана В.Т., в течение 8–12 недель, поддерживая заданный артродиастаз.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Дистракционная артропластика голеностопного сустава осуществляется с помощью аппарата Илизарова, состоящего из одного кольца, U-образного полукольца и одноплоскостных шарниров, которые располагаются на оси Инмана В. Т.

2. Размер артродиастаза должен быть минимум 4–5 мм, период дистракции от 8 до 10 недель, но не превышать 12 недель.

3. Начало активной лечебной гимнастики с разработкой движений в суставе начинается с первых суток после операции.

4. При возникновении тракционной нейропатии необходимо полностью устранить артродиастаз и достигать целевых значений поэтапно, с дистракцией 1–2 мм в сутки.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АНФ – аппарат наружной фиксации

ОА – остеоартрит

ГС – голеностопный сустав

ЧКЭ – чрескостный элемент (спица или стержень Шанца)

ОАГС – остеоартрит голеностопного сустава

ДАГС – дистракционная артропластика голеностопного сустава

МРТ – магнитно-резонансная томография

КТ – компьютерная томография

ФААМ – Foot and Ankle Ability Measure

АО FAS – The American Orthopedic Foot and Ankle Score Ankle-Hindfoot Scale

ВАШ – визуальная аналоговая шкала

ADAMTS5 – дезинтегрин и металлопротеиназа с мотивами тромбоспондина 5

ММР9 – матриксная металлопротеиназа 9

ММР13 – матриксная металлопротеиназа 13

(tgF)- β – трансформирующий фактор роста- β

COFAS – Canadian Orthopaedic Foot & Ankle Society

АО/ASIF – Универсальная классификация переломов (АО – Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen (немецкий), ASIF – Association for the Study of Internal Fixation (английский))

НПВС – нестероидные противовоспалительные средства

ЦОГ-2 – циклооксигеназа-2

ИМТ – индекс массы тела

ГКБ – Государственная клиническая больница

ДЗМ – Департамент здравоохранения Москвы

РУДН – Российский университет дружбы народов

ЭОП – электронно-оптический преобразователь

ЛФК – лечебная физкультура

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зоря, В. Артродез голеностопного сустава при посттравматическом деформирующем артрозе / В. Зоря, О. Аль-Боу, С. Хорошков // Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова. – 2004. – № 1. – С. 35–39.
2. Илизаров, Г. Лечение сгибательных контрактур коленного и голеностопного суставов / Г. Илизаров, А. Девятков // Метод. рекомендации. – 1971.
3. Илизаров, Г. Компрессионный артродез голеностопного сустава и близлежащих суставов стопы / Г. Илизаров, Г. Окулов // Ортопед., травматол. – 1976. – № 11. – С. 54–57.
4. Корышков, Н. А. Мозаичная аутологичная остеохондропластика в лечении локального асептического некроза блока таранной кости / Н. А. Корышков [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2014. – № 4. – С. 74.
5. Омельченко, Т. Н. Переломы лодыжек и быстро прогрессирующий остеоартроз голеностопного сустава: профилактика и лечение / Т. Н. Омельченко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2013. – № 4. – С. 35–40.
6. Скороглядов, А. В. Костно-хрящевые поражения таранной кости / А. В. Скороглядов [и др.] // Вестник РГМУ. – 2012. – № 5.
7. Скороглядов, А. В. Анализ результатов лечения повреждений таранной кости / А. В. Скороглядов, Г. В. Коробушкин, М. В. Науменко // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 5.
8. Соломин, Л. Метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза / Л. Соломин [и др.] // Основы чрескостного остеосинтеза. – 2014. – № 1. – С. 45–55.
9. Adams, H. Interposition ankle arthroplasty using Achilles tendon allograft (“the AAA procedure”): a case report / H. Adams, J. VanYperen // The Journal of foot and ankle surgery. – 2012.
10. Aldegheri, R. Articulated distraction of the hip. Conservative surgery for arthritis in young patients / R. Aldegheri, G. Trivella, M. Saleh // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1994.
11. van Amis, A. A. Surgical anatomy of the foot and ankle / A. A. van Amis, P. A.

J. Leeuw de, C. N. van Dijk // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2010. – № 5 (18). – P. 555–556.

12. Artem'ev, A. A. Ilizarov frame for final treatment of severe ankle fractures / A. A. Artem'ev [et al.] // *Journal of Clinical Practice*. – 2015. – № 1 (6). – P. 10–16.

13. Barg, A. Ankle Osteoarthritis / A. Barg [et al.] // *Foot and Ankle Clinics*. – 2013. – № 3 (18). – P. 411–426.

14. Barnett, C. H. The axis of rotation at the ankle joint in man. Its influence upon the form of the talus and the mobility of the fibula / C. H. Barnett, J. R. Napier // *J. Anat.* – 1952 Jan. – № 1 (86). – P. 1–9.

15. Belczyk, R. A case report of a simultaneous local osteochondral autografting and ankle arthrodiastasis for the treatment of a talar dome defect / R. Belczyk [et al.] // *Clin. Podiatr. Med. Surg.* – 2009.

16. Belenkiy, I. G. Modern views on surgical treatment of pilon fractures / I. G. Belenkiy [et al.] // *Modern Problems of Science and Education*. – 2018. – № 4. – P. 2018.

17. Bernstein, M. Ankle Distraction Arthroplasty: Indications, Technique, and Outcomes / M. Bernstein [et al.] // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2017. – № 2 (25). – P. 89–99.

18. Brem M. H. Longitudinal in vivo reproducibility of cartilage volume and surface in osteoarthritis of the knee / M. H. Brem [et al.] // *Skeletal Radiology*. – 2007. – № 4 (36). – P. 315–320.

19. Butler, J. J. Supramalleolar osteotomy for the treatment of ankle osteoarthritis leads to favourable outcomes and low complication rates at mid-term follow-up: a systematic review / J. J. Butler [et al.] // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2022.

20. Carpenter, B. Interposition ankle arthroplasty using acellular dermal matrix: a small series / B. Carpenter [et al.] // *J. Foot. Ankle. Surg.* – 2017.

21. Chen, Y. Joint distraction attenuates osteoarthritis by reducing secondary inflammation, cartilage degeneration and subchondral bone aberrant change / Y. Chen [et al.] // *Osteoarthritis and Cartilage*. – 2015. – № 10 (23). – P. 1728–1735.

22. Cherevatiy, N. I. Treatment of Patients with Ankle Fractures (Literature Review) / N. I. Cherevatiy, L. N. Solomin // *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. – 2019. – № 4 (6). – P. 77–88.

23. Choi, S.-M. Percutaneous Deltoid Ligament Augmentation Using Suture Tape for Medial Ankle Instability / S.-M. Choi, B.-K. Cho, K.-J. Park // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2016. – № 6 (55). – P. 1307–1311.

24. Cleary, G. Short-term outcome of surgical arthrodiastasis of the ankle with Ilizarov frame in a cohort of children and young people with juvenile idiopathic arthritis / G. Cleary [et al.] // *Rheumatol. Adv. Pract.* – 2019.

25. Clough, T. M. Total ankle arthroplasty: what are the risks?: A Guide to Surgical Consent and a Review of the Literature / T. M. Clough, F. Alvi, H. Majeed // *The Bone & Joint Journal*. – 2018. – № 10 (100-B). – P. 1352–1358.

26. Cole, B. J. Articular cartilage lesions: a practical guide to assessment and treatment / B. J. Cole, M. M. Malek. – Springer Science & Business Media, 2004.

27. Consul, D. W. Total Ankle Arthroplasty Survivorship, Complication, and Revision Rates in Patients Younger Than 55 Years / D. W. Consul [et al.] // *Foot & Ankle Specialist*. – 2022. – № 3 (15). – P. 283–290.

28. Dabash, S. Distraction arthroplasty in osteoarthritis of the foot and ankle / S. Dabash // *World Journal of Orthopedics*. – 2020. – № 3 (11). – P. 145–157.

29. D'Angelantonio, A. Ankle Distraction Arthroplasty Combined with Joint Resurfacing for Management of an Osteochondral Defect of the Talus and Concomitant Osteoarthritis: A Case Report / A. D'Angelantonio // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2013. – № 1 (52). – P. 76–79.

30. Davitt, J. S. The Effects of Medial and Lateral Displacement Calcaneal Osteotomies on Ankle and Subtalar Joint Pressure Distribution / J. S. Davitt, T. C. Beals, K. N. Bachus // *Foot & Ankle International*. – 2001. – № 11 (22). – P. 885–889.

31. van Dijk, C. N. Arthroscopy for problems after ankle fracture / C. N. van Dijk, R. A. W. Verhagen, J. L. Tol // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*.. – 1997. – № 2 (79-B). – P. 280–284.

32. DiStefano, J. G. Ankle Arthritis: Etiology and Epidemiology / J. G. DiStefano,

S. Pinney // *Seminars in Arthroplasty*. – 2010. – № 4 (21). – P. 218–222.

33. de l' Escalopier, N. Long-term results of ankle arthrodesis in children and adolescents with haemophilia / N. de l' Escalopier [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2017. – № 8 (41). – P. 1579–1584.

34. Espinosa, N. Treatment of ankle osteoarthritis: arthrodesis versus total ankle replacement / N. Espinosa, G. Klammer // *European Journal of Trauma and Emergency*. – 2010.

35. Ewalefo, S. O. Management of Posttraumatic Ankle Arthritis: Literature Review / S. O. Ewalefo // *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. – 2018. – № 4 (11). – P. 546–557.

36. Fanelli, D. End-stage ankle osteoarthritis: arthroplasty offers better quality of life than arthrodesis with similar complication and re-operation rates – an updated meta-analysis of comparative studies / D. Fanelli [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2021. – № 9 (45). – P. 2177–2191.

37. Fedorov, A. 3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network / A. Fedorov [et al.] // *Magnetic resonance imaging*. – 2012. – № 9 (30). – P. 1323–1341.

38. Felson, D. T. The futility of current approaches to chondroprotection / D. T. Felson, Y.-J. Kim // *Arthritis & Rheumatism*. – 2007. – № 5 (56). – P. 1378–1383.

39. Ferguson, Z. Ankle arthrodesis: A long term review of the literature / Z. Ferguson [et al.] // *Journal of Orthopaedics*. – 2019. – № 5 (16). – P. 430–433.

40. Ferkel, R. D. Arthroscopic Treatment of Chronic Osteochondral Lesions of the Talus: Long-Term Results / R. D. Ferkel [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. – 2008. – № 9 (36). – P. 1750–1762.

41. Flouzat-Lachaniette, C. Distraction to treat knee osteoarthritis / C. Flouzat-Lachaniette [et al.] // *Joint Bone Spine*. – 2017.

42. Fomichev, V. A. Ankle fusion is the optimal surgery for treatment of ankle arthritis (review) / V. A. Fomichev [et al.] // *The Department Of Traumatology And Orthopedics*. – 2019. – № 4 (38). – P. 18–26.

43. Fragomen, A. T. Minimum Distraction Gap: How Much Ankle Joint Space Is

Enough in Ankle Distraction Arthroplasty? / A. T. Fragomen // HSS Journal. – 2014. – № 1 (10). – P. 6–12.

44. Zeinalov, V. T. Recent methods of treatment of osteochondral lesions (osteochondritis dessicans) of the talus (literature review) / V. T. Zeinalov, K. V. Shkuro // The Department of Traumatology and Orthopedics. – 2018. – № 4. – P. 24–36.

45. Gaedke, I. E. Clinical and Radiological Mid- to Long-term Outcomes Following Ankle Fusion / I. E. Gaedke [et al.] // In Vivo. – 2018. – № 6 (32). – P. 1463–1471.

46. Gianakos, A. L. Effect of Microfracture on Functional Outcomes and Subchondral Sclerosis Following Distraction Arthroplasty of the Ankle Joint / A. L. Gianakos // Foot and Ankle International. – 2020. – № 6 (41). – P. 631–638.

47. Glazebrook, M. Clinical outcome results of total ankle replacement and ankle arthrodesis: a pilot randomised controlled trial / M. Glazebrook [et al.] // Foot and Ankle Surgery. – 2021. – № 3 (27). – P. 326–331.

48. Glick, J. Ankle arthrodesis using an arthroscopic method: long-term follow-up of 34 cases / J. Glick [et al.] // Arthroscopy. – 1996.

49. Golanó, P. Ankle Anatomy for the Arthroscopist. Part I: The Portals / P. Golanó [et al.] // Foot and Ankle Clinics. – 2006. – № 2 (11). – P. 253–273.

50. Gorbatov, R. O. Modern Operative Treatment of Malleolar Fractures and Associated Consequences (Review) / R. O. Gorbatov, D. V. Pavlov, E. E. Malyshev // Sovremennye tehnologii v medicine. – 2015. – № 2 (7). – P. 153–167.

51. Greenfield, S. Ankle distraction arthroplasty for ankle osteoarthritis: A survival analysis / S. Greenfield // Strategies in Trauma and Limb Reconstruction. – 2019. – № 2 (14). – P. 65–71.

52. Gross, C. E. A Prospective Evaluation of a 4th Generation Total Ankle Prosthesis with 2-Year Follow-Up / C. E. Gross [et al.] // Foot & Ankle Orthopaedics. – 2022. – № 4 (7). – P. 2473011421S00675.

53. Grunfeld, R. Ankle Arthritis / R. Grunfeld, U. Aydogan, P. Juliano // Medical Clinics of North America. – 2014. – № 2 (98). – P. 267–289.

54. Haelewijn, N. Clinical and Biomechanical Progression after Ankle Joint Dis-

traction in a Young Adolescent Patient with Haemophilia / N. Haelewyn [et al.] // International journal of environmental research and public health. – 2021. – № 18 (21).

55. Harada, Y. Combination therapy with intra-articular injection of mesenchymal stem cells and articulated joint distraction for repair of a chronic osteochondral defect in the rabbit / Y. Harada [et al.] // J. Orthop. Res. – 2015.

56. Hassouna, H. Arthroscopic ankle debridement: 5-year survival analysis / H. Hassouna, S. Kumar, S. Bendall. – 2007. – № 73. – P. 4.

57. Hepple, S. Osteochondral Lesions of the Talus: A Revised Classification / S. Hepple, I. G. Winson, D. Glew // Foot & Ankle International.. – 1999. – № 12 (20). – P. 789–793.

58. Herrera-Pérez, M. Ankle Osteoarthritis Aetiology / M. Herrera-Pérez [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2021. – № 10 (19). – P. 4489.

59. Herrera-Pérez, M. Ankle osteoarthritis: comprehensive review and treatment algorithm proposal / M. Herrera-Pérez [et al.] // EFORT Open Reviews. – 2022. – № 7 (7). – P. 448–459.

60. Herrera-Pérez, M. Hinged Motion Distraction Surgery for Ankle Osteoarthritis / M. Herrera-Pérez, J. García-Paños [et al.] // Foot & Ankle. – 2020.

61. Hicks, J. H. The mechanics of the foot / J. H. Hicks. – P. 13.

62. Hintermann, B. Arthroscopic findings in acute fractures of the ankle / B. Hintermann [et al.] // the journal of bone and joint surgery. – 2000. – № 3 (82). – P. 7.

63. Holzer, N. Radiographic evaluation of posttraumatic osteoarthritis of the ankle: the Kellgren-Lawrence scale is reliable and correlates with clinical symptoms / N. Holzer [et al.] // Osteoarthritis and Cartilage. – 2015. – № 3 (23). – P. 363–369.

64. Huang, Y.-Z. Arthroscopic Versus Open Ankle Arthrodesis / Y.-Z. Huang [et al.] // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 2018. – № 7 (34). – P. 2010.

65. Hung, S.-C. Effects of continuous distraction on cartilage in a moving joint: An investigation on adult rabbits / S.-C. Hung [et al.] // Journal of Orthopaedic Research.. – 1997. – № 3 (15). – P. 381–390.

66. Ikuta, Y. Clinical Outcomes of Distraction Arthroplasty with Arthroscopic Microfracture for Advanced Stage Ankle Osteoarthritis / Y. Ikuta [et al.] // *Foot & Ankle Orthopaedics*. – 2019. – № 4 (4). – P. 2473011419S00228.

67. Inman, V. T. *The joints of the ankle* / V. T. Inman. – Baltimore : Williams & Wilkins, 1976.

68. Inori, F. Possibility of “distraction arthrogenesis”: first report in rabbit model / F. Inori [et al.] // *Journal of Orthopaedic Science*. – 2001. – № 6 (6). – P. 585–590.

69. Intema, F. Subchondral bone remodeling is related to clinical improvement after joint distraction in the treatment of ankle osteoarthritis / F. Intema [et al.] // *Osteoarthritis and cartilage*. – 2011. – № 6 (19). – P. 668–675.

70. Jeyaseelan, L. Outcomes Following Total Ankle Arthroplasty / L. Jeyaseelan [et al.] // *Orthopedic Clinics of North America*. – 2019. – № 4 (50). – P. 539–548.

71. Judet, R. The use of a hinge distraction apparatus after arthrolisis and arthroplasty (author’s transl) / R. Judet, T. Judet // *Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot.* – 1978. – № 5 (64). – P. 353–365.

72. Jung, H.-G. Total Ankle Arthroplasty With Combined Calcaneal and Metatarsal Osteotomies for Treatment of Ankle Osteoarthritis With Accompanying Cavovarus Deformities: Early Results / H.-G. Jung [et al.] // *Foot & Ankle International*. – 2013. – № 1 (34). – P. 140–147.

73. Kaul, R. Distraction arthroplasty for post traumatic osteoarthritis of the ankle joint: A case report / R. Kaul, M. Prasad // *International Journal of Orthopaedics*. – 2018.

74. Kauts, O. A. Surgical approach to the treatment of patients with sequelae of intra-articular fractures of the distal tibia (literature review) / O. A. Kauts [et al.] // *Genij Ortopedii*. – 2022. – № 1 (28). – P. 133–140.

75. Kim, S.-W. Ligament stabilization improved clinical and radiographic outcomes for individuals with chronic ankle instability and medial ankle osteoarthritis / S.-W. Kim, H.-G. Jung, J.-S. Lee // *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. – 2020. – № 10 (28). – P. 3294–3300.

76. Kim, Y. S. Injection of Mesenchymal Stem Cells as a Supplementary Strategy of Marrow Stimulation Improves Cartilage Regeneration After Lateral Sliding Calcaneal

Osteotomy for Varus Ankle Osteoarthritis: Clinical and Second-Look Arthroscopic Results / Y. S. Kim, Y. G. Koh // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. – 2016. – № 5 (32). – P. 878–889.

77. Kline, A. Ankle Interpositional Xenograft Arthroplasty / A. Kline, C. T. Haselman // *Operative Techniques in Orthopaedics*. – 2010. – № 3 (20). – P. 195–200.

78. Knupp, M. Classification and Treatment of Supramalleolar Deformities / M. Knupp [et al.] // *Foot & Ankle International*. – 2011. – № 11 (32). – P. 1023–1031.

79. Kotelnikov, G. P. Total ankle replacement / G. P. Kotelnikov [et al.] // *Genij Ortopedii*. – 2021. – № 5 (27). – P. 645–657.

80. Krähenbühl, N. Extraarticular Supramalleolar Osteotomy in Asymmetric Varus Ankle Osteoarthritis / N. Krähenbühl [et al.] // *Foot & Ankle International*. – 2019. – № 8 (40). – P. 936–947.

81. Krähenbühl, N. Supramalleolar osteotomy in post-traumatic valgus ankle osteoarthritis / N. Krähenbühl [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2020. – № 3 (44). – P. 535–543.

82. Krause, F. G. Inter- and Intraobserver Reliability of the COFAS End-Stage Ankle Arthritis Classification System / F. G. Krause [et al.] // *Foot & Ankle International*. – 2010. – № 2 (31). – P. 103–108.

83. Lacorda, J. B. Supramalleolar Distal Tibiofibular Osteotomy for Medial Ankle Osteoarthritis: Current Concepts / J. B. Lacorda, H.-G. Jung, J.-M. Im // *Clinics in Orthopedic Surgery*. – 2020. – № 3 (12). – P. 271.

84. Langley, G. B. The visual analogue scale: Its use in pain measurement / G. B. Langley, H. Sheppard // *Rheumatology International*. – 1985. – № 4 (5). – P. 145–148.

85. Lawton, C. D. Modern total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis: A systematic review and meta-analysis / C. D. Lawton [et al.] // *Orthopedic Reviews*. – 2020. – № 3 (12).

86. Lee, D. Ankle arthroplasty alternatives with allograft and external fixation: preliminary clinical outcome / D. Lee // *The Journal of foot and ankle surgery*. – 2008.

87. Lee, H. S. [et al.] Ligament Reconstruction and Calcaneal Osteotomy for Osteoarthritis of the Ankle / H. S. Lee [et al.] // *Foot & Ankle International*. – 2009. – № 6

(30). – P. 475–480.

88. Lee, S. Epidemiological study of post-traumatic ankle osteoarthritis after ankle sprain in 195,393 individuals over middle age using the National Health Insurance Database: A retrospective design / S. Lee, K. Song, S. Y. Lee // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2022. – № 2 (25). – P. 129–133.

89. Leonchuk, S. Ankle distraction arthroplasty using the Ilizarov external fixation and arthroscopy: first clinical experience / S. Leonchuk, L. Ostrovskikh, N. Sazonova // *Genij Ortopedii*. – 2021.

90. Li, K. The effect of joint distraction osteogenesis combined with platelet-rich plasma injections on traumatic ankle arthritis / K. Li [et al.] // *American journal of translational research*. – 2021. – № 7 (13). – P. 8344–8350.

91. Lindsjö, U. Operative Treatment of Ankle Fracture-Dislocations: A Follow-up Study of 306/321 Consecutive Cases / U. Lindsjö // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1985 Oct. – № 199. – P. 28–38.

92. Liu, X. N. Ankle distraction arthroplasty for the treatment of severe ankle arthritis: Case report, technical note, and literature review / X. N. Liu // *Medicine*. – 2020. – № 39 (99).

93. Lockard, C. A. Accuracy of MRI-Based Talar Cartilage Thickness Measurement and Talus Bone and Cartilage Modeling: Comparison with Ground-Truth Laser Scan Measurements / C. A. Lockard [et al.] // *Cartilage*. – 2021. – № 1, suppl. 13. – P. 674S–684S.

94. Lundberg, A. The axis of rotation of the ankle joint / A. Lundberg [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*. – 1989. – № 1 (71-B). – P. 94–99.

95. Marijnissen, A. Clinical benefit of joint distraction in the treatment of severe osteoarthritis of the ankle: Proof of concept in an open prospective study and in a randomized controlled study / A. Marijnissen // *Arthritis and Rheumatism*. – 2002. – № 11 (46). – P. 2893–2902.

96. Marijnissen, A. C. A. Patient characteristics as predictors of clinical outcome of distraction in treatment of severe ankle osteoarthritis: prediction of outcome of ankle distraction / A. C. A. Marijnissen [et al.] // *Journal of Orthopaedic Research*. – 2014. – №

1 (32). – P. 96–101.

97. Martin, R. L. Evidence of Validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM) / R. L. Martin [et al.] // *Foot & Ankle International*. – 2005. – № 11 (26). – P. 968–983.

98. McDaniel, G. Association of knee and ankle osteoarthritis with physical performance / G. McDaniel [et al.] // *Osteoarthritis and Cartilage*. – 2011. – № 6 (19). – P. 634–638.

99. Meegeren, M. E. R. V. Joint distraction results in clinical and structural improvement of haemophilic ankle arthropathy: a series of three cases / M. E. R. V. Meegeren [et al.] // *Haemophilia : the official journal of the World Federation of Hemophilia*. – 2012. – № 5 (18). – P. 810–817.

100. Morash, J. Ankle Arthrodesis Versus Total Ankle Arthroplasty / J. Morash, D. M. Walton, M. Glazebrook // *Foot and Ankle Clinics*. – 2017. – № 2 (22). – P. 251–266.

101. Mosca, M. Management of early ankle osteoarthritis through anterior joint-preserving surgery: a retrospective evaluation at mid- to long-term follow-up / M. Mosca [et al.] // *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. – 2020. – № 7 (30). – P. 1171–1178.

102. Mow, V. C. The extracellular matrix, interstitial fluid and ions as a mechanical signal transducer in articular cartilage / V. C. Mow, C. C. Wang, C. T. Hung // *Osteoarthritis and Cartilage*. – 1999. – № 1 (7). – P. 41–58.

103. Muir, D. C. Long-term outcome of ankle arthrodesis / D. C. Muir, A. Amendola, C. L. Saltzman // *Foot and Ankle Clinics*. – 2002. – № 4 (7). – P. 703–708.

104. Murray, C. Population prevalence and distribution of ankle pain and symptomatic radiographic ankle osteoarthritis in community dwelling older adults: A systematic review and cross-sectional study / C. Murray [et al.] // *PLOS ONE*. – 2018. – № 4 (13). – P. e0193662.

105. Nakamura, E. Knee cartilage injury after tibial lengthening: Radiographic and histological studies in rabbits after 3-6 months / E. Nakamura, H. Mizuta, K. Takagi // *Acta Orthopaedica Scandinavica*. – 1995. – № 4 (66). – P. 313–316.

106. Nakamura, Y. Bone alterations are associated with ankle osteoarthritis joint

pain / Y. Nakamura [et al.] // *Scientific Reports*. – 2016. – № 1 (6). – P. 18717.

107. Nakasa, T. Distraction Arthroplasty With Arthroscopic Microfracture in a Patient With Rheumatoid Arthritis of the Ankle Joint / T. Nakasa [et al.] // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2015. – № 2 (54). – P. 280–284.

108. Nemat, N. Arthroscopic Ankle Arthrodesis: The New Gold Standard in Ankle Fusions / N. Nemat [et al.] // *Clinical Research on Foot & Ankle*. – 2021. – № 9 (10). – P. 8.

109. Nguyen, M. P. Intermediate-Term Follow-up After Ankle Distraction for Treatment of End-Stage Osteoarthritis / M. P. Nguyen [et al.] // *Journal of Bone and Joint Surgery*. – 2015. – № 7 (97). – P. 590–596.

110. Nishino, T. Joint distraction and movement for repair of articular cartilage in a rabbit model with subsequent weight-bearing / T. Nishino [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*. – 2010. – № 7 (92-B). – P. 1033–1040.

111. Nozaka, K. Effectiveness of distal tibial osteotomy with distraction arthroplasty in varus ankle osteoarthritis / K. Nozaka [et al.] // *BMC musculoskeletal disorders*. – 2020. – № 1 (21). – P. 31.

112. Outerbridge, R. The etiology of chondromalacia patellae / R. Outerbridge // *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. – 1961. – № 4 (43). – P. 752–757.

113. Paley, D. Distraction Arthroplasty of the Ankle-How Far Can You Stretch the Indications? / D. Paley [et al.] // *Foot and Ankle Clinics*. – 2008. – № 3 (13). – P. 471–484.

114. Phisitkul, P. Is There Any Value to Arthroscopic Debridement of Ankle Osteoarthritis and Impingement? / P. Phisitkul, J. N. Tennant, A. Amendola // *Foot and Ankle Clinics*. – 2013. – № 3 (18). – P. 449–458.

115. Ploegmakers, J. J. W. Prolonged clinical benefit from joint distraction in the treatment of ankle osteoarthritis / J. J. W. Ploegmakers [et al.] // *Osteoarthritis and cartilage*. – 2005. – № 7 (13). – P. 582–588.

116. Raikin, S. Trends in treatment of advanced ankle arthropathy by total ankle replacement or ankle fusion / S. Raikin [et al.] // *Foot Ankle Int*. – 2014.

117. Ramanujam, C. Subtalar joint arthrodesis, ankle arthrodiastasis, and talar dome resurfacing with the use of a collagen-glycosaminoglycan monolayer / C. Ramanujam, B. Sagray, T. Zgonis // *Clin. Podiatr. Med. Surg*. – 2010.

118. Rasmussen, C. G. Population-based incidence and epidemiology of 5912 foot fractures / C. G. Rasmussen [et al.] // *Foot and Ankle Surgery*. – 2021. – № 2 (27). – P. 181–185.

119. Ross, B. J. Complications Following Total Ankle Arthroplasty Versus Ankle Arthrodesis for Primary Ankle Osteoarthritis / B. J. Ross [et al.] // *Foot & Ankle Specialist*. – 2021. – P. 193864002098774.

120. Sabharwal, S. Five-year followup of ankle joint distraction for post-traumatic chondrolysis in an adolescent: a case report / S. Sabharwal, E. M. Schwechter // *Foot & ankle international*. – 2007. – № 8 (28). – P. 942–948.

121. Saltzman, C. L. Motion Versus Fixed Distraction of the Joint in the Treatment of Ankle Osteoarthritis: A Prospective Randomized Controlled Trial / C. L. Saltzman [et al.] // *Journal of Bone and Joint Surgery*. – 2012. – № 11 (94). – P. 961–970.

122. Saltzman, C. L. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center / C. L. Saltzman, T. Huff // *Iowa Orthop J*. – 2005. – № 25. – P. 44–46.

123. Samaila, E. M. Total ankle replacement in young patients / E. M. Samaila [et al.] // *Acta Biomedica Atenei Parmensis*. – 2020. – № 4–S (91). – P. 31–35.

124. Surgical approach to the treatment of patients with sequelae of intra-articular fractures of the distal tibia (literature review) / O.A. Kauts, Yu. M. Barabash, S. I. Kireev [et al.] // *Genij Ortopedii*. – 2022. – № 1 (28). – P. 133–140.

125. Schmid, T. Conservative treatment of asymmetric ankle osteoarthritis / T. Schmid, F. Krause // *Foot Ankle Clin*. – 2013.

126. Shepherd, D. E. T. Thickness of human articular cartilage in joints of the lower limb / D. E. T. Shepherd, B. B. Seedhom // *Annals of the Rheumatic Diseases*. – 1999. – № 1 (58). – P. 27–34.

127. Shih, C.-L. Clinical Outcomes of Total Ankle Arthroplasty Versus Ankle Arthrodesis for the Treatment of End-Stage Ankle Arthritis in the Last Decade: a Systematic Review and Meta-analysis / C.-L. Shih, S.-J. Chen, P.-J. Huang // *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2020. – № 5 (59). – P. 1032–1039.

128. Shimozone, Y. Arthroscopic Debridement and Autologous Micronized Adipose Tissue Injection in the Treatment of Advanced-Stage Posttraumatic Osteoarthritis of the Ankle / Y. Shimozone, J. F. Dankert, J. G. Kennedy // *Cartilage*. – 2021. – № 1, suppl. 13. – P. 1337S–1343S.

129. SooHoo, N. F. Evaluation of the Validity of the AOFAS Clinical Rating Systems by Correlation to the SF-36 / N. F. SooHoo, M. Shuler, L. L. Fleming // *Foot & Ankle International*. – 2003. – № 1 (24). – P. 50–55.

130. Stadler, C. High Reoperation Rate in Mobile-Bearing Total Ankle Arthroplasty in Young Patients / C. Stadler [et al.] // *Medicina*. – 2022. – № 2 (58). – P. 288.

131. Strasser, N. L. Functional Outcomes after Ankle Arthrodesis in Elderly Patients / N. L. Strasser, N. S. Turner // *Foot & Ankle International*. – 2012. – № 9 (33). – P. 699–703.

132. Stupina, T. A. Histomorphometric analysis of knee synovial membrane in dogs undergoing leg lengthening by classic Ilizarov method and rapid automatic distraction / T. A. Stupina [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2013. – № 10 (37). – P. 2045–2050.

133. Takakura, Y. Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients / Y. Takakura [et al.] // *J. Bone Joint Surg. Br.* – 1995.

134. Tanaka, Y. Low tibial osteotomy for varus-type osteoarthritis of the ankle / Y. Tanaka [et al.] // *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*. – 2006. – № 7 (88-B). – P. 909–913.

135. Tellisi, N. Joint Preservation of the Osteoarthritic Ankle Using Distraction Arthroplasty / N. Tellisi [et al.] // *Foot & Ankle International*. – 2009. – № 4 (30). – P. 318–325.

136. Testut, L. Tratado de anatomía / L. Testut, A. Latarjet // *Angiologia, Sistema Nervioso Central*. – 1985. – № 2. – P. 431–433.

137. Teunissen, M. Enhanced Extracellular Matrix Breakdown Characterizes the Early Distraction Phase of Canine Knee Joint Distraction / M. Teunissen [et al.] // *Cartilage*. – 2021. – № 2, suppl. 13. – P. 1654S–1664S.

138. Tol, J. L. Etiology of the Anterior Ankle Impingement Syndrome: A Descriptive Anatomical Study / J. L. Tol, C. N. van Dijk // *Foot & Ankle International*. – 2004.

– № 6 (25). – P. 382–386.

139. Torzilli, P. A. On the fundamental fluid transport mechanisms through normal and pathological articular cartilage during function—I the formulation / P. A. Torzilli, V. C. Mow // *Journal of Biomechanics*. – 1976. – № 8 (9). – P. 541–552.

140. Trichard, T. Évolution à très long terme de 25 arthrodèses talo-crurales / T. Trichard [et al.] // *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*. – 2006. – № 7 (92). – P. 701–707.

141. Usuelli, F. G. Inframalleolar Varus Deformity / F. G. Usuelli, L. Manzi // *Foot and Ankle Clinics*. – 2019. – № 2 (24). – P. 219–237.

142. Valburg, A. A. V. Can Ilizarov joint distraction delay the need for an arthrodesis of the ankle? A preliminary report / A. A. V. Valburg // *Journal of Bone and Joint Surgery - Series B*. – 1995. – № 5 (77). – P. 720–725.

143. Valburg, A. A. van Joint distraction in treatment of osteoarthritis: a two-year follow-up of the ankle / A. A. van Valburg [et al.] // *Osteoarthritis and Cartilage*. – 1999. – № 5 (7). – P. 474–479.

144. Valderrabano, V. Etiology of Ankle Osteoarthritis / V. Valderrabano [et al.] // *Clinical Orthopaedics & Related Research*. – 2009. – № 7 (467). – P. 1800–1806.

145. Vale, C. Complications after total ankle arthroplasty– A systematic review / C. Vale [et al.] // *Foot and Ankle Surgery*. – 2022. – P. S1268773122001989.

146. Van Dijk, C. N. *Ankle Arthroscopy: Techniques Developed by the Amsterdam Foot and Ankle School* / C. N. Van Dijk. – Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2014.

147. Volkov, M. V. Restoration of articular movement after injury using the Volkov-Oganesian appliance / M. V. Volkov, A. G. Szavcsenko // *Magyar traumatologia, orthopaedia es helyreallito sebeszet*. – 1975. – № 3 (18). – P. 161–166.

148. Wang, R. Ankle Joint Arthrodesis: Realities and Prospects against the Background of New Technologies. Literature Review / R. Wang [et al.] // *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. – 2022. – № 2 (21). – P. 115–126.

149. Wiegant, K. Evidence of Cartilage Repair by Joint Distraction in a Canine Model of Osteoarthritis / K. Wiegant [et al.] // *Arthritis & Rheumatology*. – 2015. – № 2

(67). – P. 465–474.

150. Xu, Y. Ankle joint distraction arthroplasty for severe ankle arthritis / Y. Xu // BMC Musculoskeletal Disorders. – 2017. – № 1 (18).

151. Xu, Y. Medial Open-Wedge Supramalleolar Osteotomy for Patients with Takakura 3B Ankle Osteoarthritis: A Mid- to Long-Term Study / Y. Xu, X. Xu // BioMed. Research International. – 2019. – № 2019. – P. 1–6.

152. Yushkevich, P. A. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability / P. A. Yushkevich [et al.] // NeuroImage. – 2006. – № 3 (31). – P. 1116–1128.

153. Zhang, K. Comparison of distraction arthroplasty alone versus combined with arthroscopic microfracture in treatment of post-traumatic ankle arthritis / K. Zhang // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2017. – № 1 (12).

154. Zhao, H. Functional analysis of distraction arthroplasty in the treatment of ankle osteoarthritis / H. Zhao // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2017. – № 1 (12).

155. Zhao, H. M. Supramalleolar Osteotomy With Distraction Arthroplasty in Treatment of Varus Ankle Osteoarthritis With Large Talar Tilt Angle: A Case Report and Literature Review / H. M. Zhao // Journal of Foot and Ankle Surgery. – 2017. – № 5 (56). – P. 1125–1128.

156. Zhao, H. M. Supramalleolar osteotomy with medial distraction arthroplasty for ankle osteoarthritis with talar tilt / H. M. Zhao // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2019. – № 1 (14).

157. Osteoarthritis: Pathogenesis, Diagnosis, Available Treatments, Drug Safety, Regenerative and Precision Medicine под ред. М. Kapoor, N. N. Mahomed, Cham : Springer International Publishing, 2015.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Шкала Foot and Ankle Ability Measure Russian – ADL

- 1. Стоять**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 2. Ходьба по ровной поверхности**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 3. Ходьба боком по ровной поверхности**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 4. Подъем в гору**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 5. Спуск с горы**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 6. Подниматься по лестнице**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 7. Спускать по лестнице**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 8. Ходьба по неровной поверхности**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 9. Подъем и спуск с тротуара**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 10. Приседать**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 11. Вставать на носки**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 12. Начало ходьбы**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 13. Ходьба до 5 минут**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 14. Ходьба около 10 минут**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 15. Ходьба 15 минут или больше**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 16. Работа по дому**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 17. Повседневная активность**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить
- 18. Уход за собой**
 Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

19. Легкие и умеренные нагрузки (стоять, ходить)

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

20. Тяжелые нагрузки (тянуть/толкать, поднимать, носить тяжести)

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

21. Активный отдых

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

Foot and Ankle Ability Measure Russian – Sport

1. Бег

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

2. Прыжки

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

3. Приземление

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

4. Челночный бег (резкое начало и конец движения)

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

5. Угловые/ротационные движения

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

6. Спортивная активность с низким уровнем интенсивности

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

7. Возможность заниматься спортом в обычном режиме

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

8. Возможность заниматься спортом столько, сколько хотелось бы

- Без затруднений | Легкие | Умеренные | Серьезные | Невозможно выполнить

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)

Шкала AOFAS ANKLE – HINDFOOT

ФИО: _____

Дата рождения: _____

Контрольная точка исследования:

- до операции
- 1 месяц после снятия аппарата
- 3 месяца после снятия аппарата
- 6 месяцев после снятия аппарата
- 12 месяцев после снятия аппарата

Дата заполнения опросника: _____

Боль (40 баллов):

- Нет боли 40
- Незначительно, иногда 30
- Умеренная, ежедневно 20
- Сильная, присутствует все время 0

Ограничение двигательной активности, потребность в дополнительной опоре или помощи:

- Без ограничений, помощь при ходьбе не требуется 10
- Нет ограничений, ограничения относятся к активному отдыху 7
- Ограничения повседневной активности, требуется трость 4
- Значительное ограничение активности, требуются костыли 0

Максимальная дистанция при хождении пешком:

- Больше 1 км 5 От 500 м до 1 км 4
- От 200 м до 500 м 2 Менее 200 м 0

Ходьба по поверхности:

- Не возникает трудности по любой поверхности 5
- Некоторые трудности по неровному полу, подъеме, спуске 3
- Значительные трудности при ходьбе по неровному полу, подъеме, спуске 0

Нарушение походки:

- Нет, незначительное 8
- Заметное 4
- Значительное, сильное 0

Сгибание в суставе (сгибание и разгибание):

- Нормальное или незначительное (30° или более) 8
- Умеренно ограниченное (15° - 29°) 4
- Значительное ограничение (менее 15°) 0

Движения стопой (инверсия и эверсия стопы):

- Нормальное или незначительное ограничение (75°-100° от нормы) 6
- Умеренно ограниченное (25%-74% от нормы) 3
- Значительно ограниченное (менее 25% от нормы) 0

Стабильность голеностопного сустава (переднезадняя, боковая):

- Стабильный 8
- Нестабильный 0

Прилегание стопы к поверхности при ходьбе (10 баллов):

- Хорошее 10
- Умеренно нарушено, наблюдается незначительное плоскостопие, без симптомов 5
- Плохое, тяжелая деформация, выражены симптомы 0

ИТОГО (суммарная оценка от 0 до 100): Общая оценка вычисляется суммированием балльных ответов.

Сумма баллов: _____

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Визуально-аналоговая шкала боли



ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное)

Осмотр без АНФ

Пациент:

Дата:

Контрольная точка: предоперационный | 1 месяц после снятия | 3 месяца после снятия | 6 месяцев после снятия | 12 месяцев после снятия

Активная амплитуда

Дорсофлексия 0-30		
Плантофлексия 0-40		
Эверсия 0-20		
Инверсия 0-30		

Пассивная амплитуда

Дорсофлексия 0-30		
Плантофлексия 0-40		
Эверсия 0-20		
Инверсия 0-30		

Осмотр

Silfverskiöld test	полож(+)/отрицат(-)	
Передний выдвижной ящик	полож(+)/отрицат(-)	
Поперечный передний выдвижной ящик	полож(+)/отрицат(-)	
Ротационный наружный тест [Kleiger test]	полож(+)/отрицат(-)	
Инверсионный тест	полож(+)/отрицат(-)	
Эверсионный тест	полож(+)/отрицат(-)	
Squeeze test	полож(+)/отрицат(-)	
Мобильность стопы и подтаранного сустава	(N) / (↓) / (-)	
Тест на импиджмент	передний/задний/(-)	

Осмотр с нагрузкой

Вид спереди	
Вид сбоку	
Вид сзади	
Тест на носках	

Общая часть

Контрактура	да / нет	
Отек мягких тканей	да / нет / эпизодически	
Использование средств дополнительной опоры	трость / костыли / нет	
Занятия ЛФК	да / нет	
Занятия ФЭТ	да / нет	
Ношение ортеза	да / нет	
Использование стелек	да / нет	
Рубцы	Все хорошо / другое	
Сосудистый статус	Все хорошо / другое	
Неврологический статус	Все хорошо / другое	

Дополнительно:

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное)

Осмотр в аппарате Илизарова

Пациент:

Дата:

Контрольная точка: 1-2 день | 2 недели | 4 недели | 8-12 недель

Критерий	<i>*Да – все хорошо, Нет – есть отклонения от нормы</i>	
	Все хорошо?	Комментарии или описание
Боль	Да Нет	
Кожные покровы в области ЧКЭ	Да Нет	
Натяжение мягких тканей в области ЧКЭ	Да Нет	
Отделяемое из ран	Да Нет	

Отек мягких тканей	Да Нет	
Возможность нагрузки	Да Нет	

Стабильность аппарата	Да Нет	
Натяжение спиц	Да Нет	

Артикуляция в аппарате	Да Нет	
Ограничение движений в шарнирах	Да Нет	
Положение шарниров	Да Нет	

Неврологический статус	Да Нет	
Сосудистый статус	Да Нет	

Уход пациентом за АНФ

Чехол	Есть Нет	
Шелушение кожи, корки	Есть Нет	
Повязки	Есть Нет	
Перевязки	Есть Нет	
Загрязнение кожи	Есть Нет	
Загрязнение АНФ	Есть Нет	
Мытье ноги и аппарата	Есть Нет	

**Да - делает; нет – не делает*

Занятия ЛФК	Да Нет	
Физиопроцедуры	Да Нет	

При наличии воспаления ЧКЭ

Антибиотикотерапия	
Локальные средства	

ПРИЛОЖЕНИЕ Е (справочное)

Рекомендации для пациентов с дистракционной артропластикой в аппарате Илизарова

Вам выполнена операция по разобщению суставных поверхностей голеностопного сустава с целью восстановления хрящевой ткани и лечения артроза. Как и любое лечение в аппарате Илизарова Вам требуется уход и контроль за аппаратом. На весь период лечения необходимо дозировать нагрузку на нижнюю конечность с помощью средств дополнительной опоры (костыли). В среднем срок лечения занимает от 8 до 12 недель, после чего выполняется демонтаж аппарата Илизарова. Конструкция позволит осуществлять движения в суставе, благоприятно влияя на процесс лечения и восстановление амплитуды движений в суставе.

Необходимо периодически контролировать за состояние аппарата, натяжением спиц и жесткостью конструкции (как минимум 1 раз в 3 недели). В процессе лечения может потребоваться повторное натяжение спиц, установка новых спиц и удаление старых.

Допускается мочить аппарат Илизарова и принимать душ с антибактериальным мылом с последующей сушкой конструкции феном и выполнением перевязки - только после заживления всех ран, при отсутствии воспаления в области чрескостных элементов и разрешения лечащего врача.

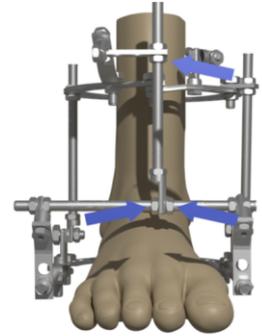
• Перевязка аппарата

Использовать цветные, красящие антисептики для перевязок запрещается! Перевязку необходимо выполнять 1 раз в 5-7 дней или по мере загрязнения. Ежедневно (1 раз в день) требуется смачивать марлю в области чрескостных элементов спиртовым раствором хлоргексидина!

1. Вымойте руки с антибактериальным мылом или наденьте одноразовые стерильные медицинские перчатки;
2. Обработайте стерильной марлей смоченной раствором 3% перекиси водорода аппарат Илизарова, спицы и стержни в случае их загрязнения. Повторите манипуляция с раствором спиртового хлоргексидина;
3. Обработайте руки спиртовым раствором хлоргексидина. Отодвиньте резиновые упоры и снимите марлю-штанишки в области чрескостных элементов;
4. Возьмите ватную палочку и при помощи 3% раствора перекиси водорода обработайте кожу в области чрескостных элементов, а затем и сам чрескостный элемент по направлению от кожи в раме аппарата;
5. Повторите процедуру со спиртовым раствором хлоргексидина;
6. Закройте кожу в области чрескостных элементов стерильной марлей-штанишками (салфетка должна быть частично разрезана; не накручивайте марлю на чрескостный элемент!) и прижмите резиновые упоры.

• Лечебная физкультура и разработка движений в суставе

В данном виде аппарата Илизарова возможны движения в суставе (тыльное сгибание – стопа на себя). Для осуществления движений необходимо ослабить аппарат в 3-х местах. Для этого Вам потребуется гаечный ключ размером М6 (стандартный ключ на 10 мм). Лечебная физкультура выполняется 2-3 раза в сутки, лежа или сидя по 10-15 минут. Ходить в ослабленном аппарате **запрещается**. Основное усилие делается при движении стопой на себя. Усиленно двигать стопой от себя **не требуется**.



• Возможные осложнения и Ваши действия в случае их обнаружения

1. Воспаление в области спиц или стержней (покраснение, отделяемое)

Уведомить об этом своего лечащего врача. Уделить внимание более качественной обработке и перевязкам аппарата. В области воспаленного чрескостного элемента применить мазь Левомеколь. Проверить температуру тела. Возможно ограничить количество занятий лечебной физкультурой и уменьшить нагрузку на оперированную конечность. Возможно Вам потребуется пройти курс таблетированных антибактериальных препаратов. В зависимости от тяжести воспаления может потребоваться удаление чрескостного элемента и проведение нового.

2. Поломка спиц, миграция чрескостных элементов

Необходимо полностью разгрузить конечность (безнагрузочный режим при ходьбе с дополнительной опорой). Незамедлительно сообщить лечащему врачу. Прекратить любые занятия лечебной физкультурой.

3. Нарастание боли, онемение, увеличение отека, повышение температуры тела

Сообщить лечащему врачу о значимых изменениях.

Эффективность лечения в аппарате Илизарова зависит от множества факторов. Этот метод лечения позволит Вам отсрочить радикальное хирургическое вмешательство, но не избавит полностью от необходимости его проведения.