

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы»

На правах рукописи

Оснач
Станислав Александрович

**Хирургическое лечение деформаций среднего отдела стопы
при нейроостеоартропатии Шарко**

3.1.8 Травматология и ортопедия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук
Процко Виктор Геннадьевич

Москва, 2026 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ДЕФОРМАЦИЯМИ СРЕДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ ПРИ НЕЙРООСТЕОАРТРОПАТИИ ШАРКО: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1. Определение остеоартропатии. Этиология и патогенез	13
1.2. Диагностика НОАП	14
1.3. Варианты классификации НОАП.....	16
1.4. Консервативное лечение.....	17
1.5. Хирургическое лечение	19
1.5.1. Выполнение ахиллотомии при реконструктивных вмешательствах на костях среднего отдела стопы при НОАП.....	25
1.5.2. Дефекты костей среднего отдела стопы при НОАП их замещение	26
1.5.3. Осложнения хирургических вмешательств	32
1.6. Трофические и гнойно-некротические осложнения	34
1.7. Резюме	38
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	40
2.1. Дизайн исследования	40
2.2. Общая характеристика пациентов	41
2.2.1. Общая характеристика пациентов ретроспективной группы	42
2.2.2. Общая характеристика пациентов проспективной группы	43
2.3. Характер (виды) деформаций проспективной и ретроспективной групп.....	45
2.4. Распределение пациентов проспективной и ретроспективной групп в зависимости от стадии остеоартропатии по классификации Eichenholtz–Shibata	46

2.5. Распределение пациентов проспективной и ретроспективной групп в зависимости от стадии язвенного дефекта по классификации Wagner	47
2.6. Методы обследования.....	48
2.6.1. Клиническое обследование	48
2.6.2. Ультразвуковое исследование артерий нижних конечностей	49
2.6.3. Рентгенологическая диагностика	49
2.6.4. Компьютерная томография	50
2.6.5. Магнитно-резонансная томография.....	50
2.6.6. Инфракрасная термометрия	50
2.6.7. Микробиологические исследования	51
2.7. Методы статистического анализа данных	52
ГЛАВА 3. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С НЕЙРООСТЕОАРТРОПАТИЕЙ ШАРКО.....	53
3.1. Медикаментозная терапия	53
3.1.1. Антибиотикопрофилактика и антибиотикотерапия	53
3.2. Консервативное лечение.....	53
3.3. Хирургическое лечение	55
3.3.1. Тактика оперативного лечения в ретроспективной группе	56
3.3.1.1. Тактика лечения при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata и язвенным дефектом 1-2 стадии по Wagner (25 пациентов)	56
3.3.1.2. Тактика лечения при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata и язвенным дефектом 3 стадии по Wagner (35 пациентов)	57
3.3.1.3. Тактика лечения при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata и язвенным дефектом 1–2 стадии по Wagner (47 пациентов).....	57
3.3.1.4. Тактика лечения при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata и язвенным дефектом 3 стадии по Wagner (45 пациентов)	58

3.3.2 Тактика оперативного лечения в проспективной группе	60
3.3.2.1 Тактика при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata	60
3.3.2.1.1 «Закрытая» коррекция деформаций	60
3.3.2.1.2. Открытые оперативные вмешательства	61
3.3.2.2 Тактика лечения пациентов при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata.....	62
3.3.2.2.1 Тактика без язвенных дефектов (Wagner 0) (35 пациентов)	62
3.3.2.2.2. Тактика при язвенных дефектах 1–2 по Wagner (18 пациентов)	62
3.3.2.2.3. Тактика при язвенных дефектах 3 стадии по Wagner (13 пациентов)..	63
3.3.2.3. Тактика лечения при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata.....	64
3.3.2.3.1. Тактика без язвенных дефектов (Wagner 0) (58 пациентов)	64
3.3.2.3.2. Тактика при язвенных дефектах 1–2 стадии по Wagner (53 пациента)	65
3.3.2.3.3. Тактика при язвенных дефектах 3 стадии по Wagner (17 пациентов)..	66
3.4. Распределение тактики лечения в ретроспективной и проспективной группе пациентов	67
3.5. Замещение костных дефектов	69
3.6. Хирургическое лечение без замещения костных дефектов.....	72
3.7. Используемый вариант компоновки аппарата внешней фиксации при деформациях среднего отдела стопы.....	74
3.8. Тенотомии при деформации среднего отдела стопы	75
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ	77
4.1. Анализ результатов лечения в ретроспективной группе	77
4.2. Анализ результатов лечения в проспективной группе	78
4.2.1. Результаты лечения пациентов с наличием костного дефекта в проспективной группе (56 пациентов)	82

4.2.2. Результаты лечения пациентов с наличием костного дефекта без его замещения в проспективной группе (16 пациентов).....	85
4.3. Результаты лучевой диагностики пациентов со стопой Шарко по данным компьютерной томографии с двухэтапным замещением костных дефектов системой РИА	87
4.4. Осложнения в ретроспективной группе оперированных пациентов	92
4.5. Осложнения в проспективной группе пациентов	94
4.6. Сравнение результатов консервативного и оперативного лечения пациентов при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata в двух группах	97
4.7. Сравнительный анализ частоты осложнений при 2 и 3 стадиях по Eichenholtz–Shibata в обеих группах.....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	103
ВЫВОДЫ.....	115
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	117
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	136
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)	136
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное)	137

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы исследования. Нейроостеоартропатия Шарко (НОАП) – прогрессирующая неинфекционная нейроартропатия, связанная с сенсорной нейропатией и поражающая кости и суставы стопы, включая голеностопный сустав, что приводит к их деструкции и нарушению архитектоники костной ткани [17]. Данная патология наблюдается относительно редко: в настоящее время она выявляется преимущественно при сахарном диабете, но возможна и при третичном сифилисе, синингомиелии и ряде других нейродегенеративных заболеваний [14]. Несмотря на длительность исследования этой патологии, её этиопатогенез остаётся до конца неясным, хотя ведущим фактором считается развитие нейропатии и не замеченной вовремя травмы конечности [37]. В структуре НОАП наиболее распространённой локализацией является поражение суставов среднего отдела стопы, которое встречается в 60% случаев [44]. Эта локализация наиболее часто приводит к клинически значимым деформациям, язвообразованию, инфицированию и сопровождается высоким риском потери конечности [64].

Учитывая наиболее частую вовлечённость среднего отдела стопы при НОАП и разноплановость деструкций и, соответственно, деформаций, неоднократно предпринимались попытки классифицировать эти поражения на основе типов смещения костных и суставных структур. К общим недостаткам этих работ относятся малые выборки, ретроспективный, моноцентровый и описательный характер исследований. Одной из самых больших работ является исследование Schon et al., но предложенные в ней 24 варианта поражения среднего отдела имеют скорее теоретическое, чем прикладное значение [118].

Консервативное лечение (иммобилизация и разгрузка конечности) эффективно преимущественно при ранних стадиях патологии, и в 40% случаев требуется хирургическое вмешательство [50]. Показаниями к хирургическому лечению являются развитие язвенных дефектов или их рецидив, наличие тяжёлых

деформаций стопы, препятствующих опороспособности конечности и возможности применения специальной обуви, а также нестабильность в суставах [67, 133]. Следует отметить, что практически во всех опубликованных исследованиях эффективности хирургического лечения НОАП отмечается высокая частота осложнений оперативного лечения, прежде всего гнойно-некротических, которые являются причиной повторных оперативных вмешательств с высоким риском потери конечности. Так, инфекционные осложнения отмечались в 12,5–24% случаев, а частота ампутаций может достигать 17% [106, 128]. Кроме того, нередкими осложнениями являются несостоятельность конструкций, стабилизирующих стопу, миграция или перелом фиксаторов, встречающиеся в 4–20% случаев [48, 49].

Анализ литературы показывает, что большинство исследований по хирургическому лечению НОАП представляют собой описание клинического случая или серию клинических случаев, проанализированных ретроспективно. Изученные когорты пациентов в этих работах, как правило, не превышают нескольких десятков. Обобщая накопленные данные, можно констатировать отсутствие структурированного подхода к тактике оперативного лечения в зависимости от характера деформации, а также отсутствие взаимосвязи между предлагаемыми классификациями НОАП и выбором тактики хирургического лечения [120].

Таким образом, представляется актуальным выявление закономерностей смещения костных фрагментов при НОАП среднего отдела стопы, структурирование на этой основе деформаций стопы для разработки приемлемой с клинической точки зрения классификации поражений среднего отдела, которая должна послужить основой для выбора тактики (алгоритма) лечения пациентов с различными деформациями костей среднего отдела стопы, стадиями активности нейроостеоартропатии и особенностями течения гнойного процесса.

Цель исследования – улучшить результаты лечения пациентов с нейроостеоартропатией Шарко путем создания алгоритма персонализированной хирургической коррекции деформаций среднего отдела стопы.

В исследовании были поставлены следующие **задачи**:

1. Выработать алгоритм выбора оптимальной хирургической тактики лечения нейроостеоартропатии Шарко с учетом стадии патологического процесса и наличия язвенных дефектов мягких тканей стопы.
2. Определить преимущества оперативного лечения пациентов с деформациями среднего отдела стопы при нейроостеоартропатии Шарко при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata в сравнении с консервативным лечением.
3. Разработать методику двухэтапного замещения костных дефектов среднего отдела стопы у пациентов с нейроостеоартропатией Шарко и определить показания к ее применению.
4. Оценить эффективность предложенного алгоритма в сравнении с результатами лечения пациентов без его применения.

Научная новизна:

1. Предложен алгоритм определения оптимальной лечебной тактики для пациентов с нейроостеоартропатией Шарко на основе комплексной оценки характера и тяжести патологии.
2. Разработан способ и определены показания двухэтапного замещения тотальных и субтотальных дефектов стопы при нейроостеоартропатии Шарко (Патент № RU 2776414 C1 от 12.01.2022).
3. Впервые произведена оценка оперативного лечения пациентов с нейроостеоартропатией Шарко методом «закрытой коррекции» при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata в сравнении с консервативным лечением.

Теоретическая и практическая значимость работы:

Предложенный алгоритм позволяет применять персонализированную лечебную тактику с учётом всех особенностей каждого клинического случая, определяемых локализацией и стадией патологического процесса, а также с учётом состояния мягких тканей стопы.

Разработанная методика двухэтапного хирургического вмешательства при обширных костных дефектах стопы, вне зависимости от глубины гнойного поражения по классификации Wagner, позволяет добиться хороших результатов.

Предложенный алгоритм лечения пациентов с нейроостеоартропатией Шарко был применен при лечении 236 пациентов.

Определение метода фиксации в зависимости от стадии по классификации Eichenholtz–Shibata позволяет уменьшить количество послеоперационных осложнений.

Методология и методы исследования. С целью определения актуальности, цели и задач диссертационного исследования были проанализированы научные статьи, посвященные лечению пациентов с нейроостеоартропатией Шарко среднего отдела стопы. Анализ литературы позволил выявить неосвещенные аспекты хирургической коррекции и алгоритма выбора тактики хирургического лечения пациентов с данной патологией. Было спланировано и проведено двухэтапное клиническое исследование, состоящее из ретроспективного и проспективного этапов. На каждом этапе все пациенты были разделены на подгруппы в зависимости от стадии процесса по классификации Eichenholtz–Shibata и гнойно-некротических поражений по классификации Wagner. На ретроспективном этапе проанализированы результаты лечения 163 пациентов, на проспективном этапе – 236 пациентов. Лечение пациентов на проспективном этапе проводили в соответствии с предложенным алгоритмом, для замещения костных дефектов применяли разработанную двухэтапную методику (патент на изобретение RU 2776414 C1 от 12.01.2022). Результаты лечения были систематизированы и проанализированы.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Предложенный алгоритм хирургического лечения деформаций среднего отдела стопы при нейроостеоартропатии Шарко в зависимости от стадии активности процесса и наличия гнойно-некротических осложнений позволяет снизить частоту ранних и среднесрочных осложнений.

2. Проведение «закрытой коррекции» деформаций при поражении среднего отдела стопы у пациентов при 1 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata сокращает сроки лечения в сравнении с консервативной тактикой лечения.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы представлены и обсуждены на следующих конференциях:

- IV (XXVII) Национальный конгресс эндокринологов с международным участием «Инновационные технологии в эндокринологии» (22–25 сентября 2021 г., Москва, Россия);
- Колокольцевские чтения (18–19 ноября 2021 г., Нижний Новгород, Россия);
- Международная научно-практическая конференция «Горизонты современной травматологии и ортопедии» (15–16 сентября 2022 г., Туркестан, Казахстан);
- Конференция «Стопа и голеностопный сустав» (29–30 апреля 2023 г., Ереван, Армения);
- III Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы регенеративной медицины. Клеточные и тканевые технологии, тканевая инженерия» (22–23 июня 2023 г., Самара, Россия);
- Научно-практическая конференция «Синдром диабетической стопы, особенности диагностики и методы лечения» (14 июля 2023 г., Алматы, Казахстан);
- Научная конференция «Диабетическая стопа» (20 января 2024 г., Ереван, Армения);
- Объединенная международная конференция Международной ассоциации хирургов диабетической стопы и Ассоциации диабетической стопы Индии (27–29 сентября 2024 г., Мумбаи, Индия);
- 10-й интернациональный симпозиум по реконструктивной хирургии диабетической стопы (14–17 ноября 2024 г., Анталья, Турция);
- 5-й конгресс Ассоциации хирургов стопы и голеностопного сустава (3–4 октября 2025 г., Москва, Россия).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании кафедры травматологии и ортопедии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» имени Патриса Лумумбы.

Внедрение результатов диссертационного исследования.

Усовершенствованный алгоритм реконструктивных вмешательств на среднем отделе стопы при остеоартропатии Шарко внедрён в клиническую практику Центра хирургии стопы и диабетической стопы на базе ГБУЗ «ГКБ им. С. С. Юдина ДЗМ», Центра гнойной хирургии филиала № 1 ГБУЗ ГКБ им. В. П. Демихова (ГКБ № 13) ДЗМ г. Москвы, и в обучающие курсы АНО дополнительного профессионального образования «Институт хирургии стопы».

Материалы диссертации используются в учебном процессе на курсах АНО дополнительного профессионального образования «Институт хирургии стопы», а также при обучении студентов, ординаторов и аспирантов на кафедре травматологии и ортопедии Медицинского института РУДН.

Личный вклад автора. Автор самостоятельно выполнил анализ иностранных и отечественных профильных научных публикаций, разработал дизайн и определил методологию исследования. В процессе работы он отобрал пациентов, включенных в ретроспективную группу исследования, а также принимал участие в оперативных вмешательствах у части пациентов, и прооперировал всех профильных пациентов проспективной группы, а также лично занимался их ведением на этапах стационарного лечения и амбулаторных осмотров, оценивал результаты лечения. Автор выполнил статистическую обработку данных, подготовил их графическое представление в виде диаграмм, таблиц, рисунков и схем, сформулировал выводы, практические рекомендации и основные положения, выносимые на защиту, и подготовил текст диссертации.

Публикации по теме диссертации. Опубликовано 7 статей в научных журналах, из них 4 статьи в журналах из перечня, индексируемых в RSCI, 1 статья из перечня ВАК и 2 статьи в журналах, входящих в перечень РУДН. Получено 2 патента РФ на способ лечения и 1 патент РФ на изобретение.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 137 страницах компьютерного текста и состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка

литературы, который включает 145 источников (20 – отечественных, 125 – зарубежных), 2 приложений. Работа иллюстрирована 31 рисунком и 30 таблицами.

ГЛАВА 1. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ДЕФОРМАЦИЯМИ СРЕДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ ПРИ НЕЙРООСТЕОАРТРОПАТИИ ШАРКО: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Определение остеоартропатии. Этиология и патогенез

Нейроостеоартропатия Шарко (НОАП, стопа Шарко) – прогрессирующая неинфекционная нейроартропатия, связанная с сенсорной нейропатией и поражающая кости и суставы стопы, включая голеностопный сустав, что приводит к их деструкции и нарушению архитектоники костной ткани [17]. НОАП в 75% клинических наблюдений [137] является осложнением сахарного диабета, поражающим от 0,1% до 2,5% пациентов с сахарным диабетом [18]. Вместе с тем, по данным литературы, артропатию выявляют у пациентов с сифилисом, ревматоидным артритом, синингомиелией, полиомиелитом, болезнью Паркинсона, псориазом, ВИЧ-инфекцией, врождёнными нейропатиями, рассеянном склерозом, а также при токсическом воздействии алкоголя и наркотиков [14]. Чаще всего НОАП развивается у пациентов, страдающих сахарным диабетом не менее 10 лет [12]. По данным литературы, двустороннее поражение встречается у 30% пациентов [4]. Но при оценке компьютерных томограмм J. Griffith с соавторами отметили двусторонние изменения, характерные для артропатии в 75% случаев [59].

Несмотря на длительность исследования данной патологии, этиопатогенез НОАП остаётся до конца неясным, хотя ведущим фактором считается развитие нейропатии [37]. В зависимости от того, какой отдел нервной системы поражается, выделяют нейрососудистую и нейротравматическую этиологии нейроостеоартропатии [11]. Согласно нейрососудистой теории, поражается вегетативная нервная система, что проявляется нарушением иннервации артериальных сосудов кости и приводит к увеличению перфузии через артериовенозные шунты [11]. Предполагается, что увеличенный сосудистый

кровооток ответственен за развитие резорбции костной ткани [20]. Нейротравматическая теория связана с поражением периферической нервной системы, а именно с развитием сенсомоторной полинейропатии, приводящей к увеличению риска повреждения тканей даже при незначительной травматизации [37]. В литературе имеются сведения об актуальности нейрососудистой и нейротравматической теорий [77].

1.2. Диагностика НОАП

Обращение к специалистам в острой стадии НОАП часто приводит к постановке неверного диагноза (48%), поэтому своевременная диагностика занимает одно из важных мест в лечении НОАП и является решающей для своевременного предотвращения развития грубых деформаций стопы [66].

Визуально острая стадия характеризуется отёком, гиперемией и локальной гипертермией поражённой стопы по сравнению с интактной стопой; разница локальной температуры составляет 2 C^0 и более [27].

Для контроля температуры обычно применяется бесконтактный инфракрасный термометр с измерением температуры в трёх симметричных точках поражённой и интактной стопы. Данный метод доказал свою эффективность и оказался наиболее надёжным [36].

В настоящее время из методов инструментальной диагностики рентгенологическое исследование является методом визуализации первой линии и наиболее доступным, однако оно не позволяет выявлять манифестацию заболевания при ранней стадии НОАП, а точность диагностики не превышает 50–60% [70].

Кроме того, рентгенография не считается оптимальным методом диагностики дефектов мягких тканей и эмфиземы тканей. В случаях поражения переднего отдела стопы выявляемость достигает 61,3%, тогда как при поражении среднего отдела этот показатель не превышает 21,0% [54, 123].

Магнитно-резонансная томография (МРТ) считается «золотым стандартом» диагностики НОАП и является одним из ключевых методов, который позволяет диагностировать отёк костного мозга [8] и начать своевременное лечение. Этапное проведение МРТ-исследования позволяет точно определять завершение иммобилизации поражённого сегмента и начало нагрузки на стопу [114].

От правильной рентгенологической укладки стопы при исследовании зависит полнота визуализации поражённого сегмента, а рентгенография стопы с нагрузкой позволяет оценить высоту продольного свода как при первичном обращении, так и в динамике [2].

В связи с трудностью оценки мелких костных изменений значение компьютерной томографии (КТ) в диагностике НОАП ограничено. Однако при проведении костно-пластических операций на стопе Шарко КТ позволяет оценить не только геометрию костных структур и наличие деструктивных процессов, но и зрелость костного регенерата [138].

Комплексная схема диагностического алгоритма НОАП представлена в работе D. K. Wukich и соавторов (см. рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Блок-схема диагностики активной нейроостеоартропатии Шарко [143]

1.3. Варианты классификации НОАП

Все классификации при нейроостеоартропатии Шарко можно разделить на анатомические и патофизиологические. Анатомические классификации характеризуют области стопы, вовлеченные в процесс, а патофизиологические отражают стадию остроты процесса поражения. К настоящему моменту были неоднократные попытки систематизировать процесс нейроостеоартропатии по анатомической составляющей [29, 34, 40, 97, 109, 117, 118, 119, 132]. Несмотря на большое количество классификаций, наиболее применяемыми являются анатомическая классификация L. Sanders и R. Frykberg и модифицированная классификация ДНОАП Eichenholtz–Shibata [112, 122] (см. таблицу 1.1, рисунок 1.2).

- I – плюснефаланговые суставы;
 - II – предплюсне-плюсневые суставы;
 - III – суставы предплюсны;
 - IV – голеностопный сустав,
 - V – пяточная кость.
- (+ частота встречаемости)

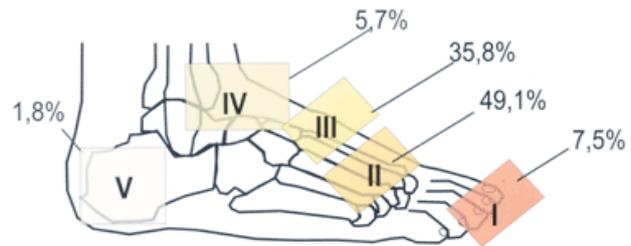


Рисунок 1.2 – Классификация L. Sanders и R. Frykberg [112]

Таблица 1.1 Модифицированная классификация ДНОАП Eichenholtz–Shibata

Стадия	Клиническая картина	Рентгенологическая картина
0.Продромальная	Горячая, отёчная, гиперемированная стопа (0–1 мес., острая).	Отсутствие видимых переломов, увеличение внутрисуставного объёма в виде увеличения расстояния между костями за счёт отёка. МРТ: отёк костного мозга как проявление трабекулярного микроперелома, выпот в сустав.
I.Растворение/рассасывание	Горячая, отечная, гиперемированная стопа (2–3 мес., острая).	Местная деминерализация, периартикулярная фрагментация, дислокация суставов.

Продолжение таблицы 1.1

II. Коалесценция (сращение)	Стихание воспаления, отсутствие эритемы, при сохранении отёка и гипертермии (3–6 мес., подострая).	Периостальная реакция, костные фрагменты в мягких тканях, участки остеонекроза, остеопролиферация, новообразованная костная ткань, признаки начинающейся консолидации деструкций.
III. Ремоделинг	Постоянная фиксированная деформация, отсутствие или минимальный отёк, связанный с ходьбой, отсутствие гипертермии (6–9 мес., хроническая).	Сглаживание краёв костных фрагментов, остеосклероз, костный или фиброзный анкилоз

1.4. Консервативное лечение

Целью лечебно-реабилитационного процесса у пациентов с НОАП является восстановление опороспособности конечности и устранение язвенных дефектов кожи [137]. По данным некоторых источников, артропатия среднего отдела стопы, как правило, лучше поддаётся консервативному лечению, чем поражение заднего отдела [100].

Вне зависимости от локализации НОАП при 0–2 стадии по Eichenholtz–Shibata лечение начинают с консервативного этапа, включающего уменьшение физической активности и разгрузку конечности. Ранняя разгрузка предотвращает риск развития патологических переломов и формирования деформации [16]. Напротив, задержка с началом разгрузки, в частности из-за несвоевременного распознавания артропатии, ведёт к учащению осложнений (формирование язв, развитие инфекции) и необходимости выполнения оперативного лечения [142]. Чаще всего для иммобилизации и разгрузки стопы используют полимерные повязки – Total Contact Cast (ТСС). Принцип их действия заключается в увеличении общей площади контакта ТСС с нижней конечностью и подошвенной поверхностью стопы, что способствует равномерному распределению нагрузки и снижению давления на стопу [113]. Использовать ТСС рекомендуют до шести месяцев, хотя есть сообщения о более продолжительных сроках – до двух лет [137]. В литературе преобладают рекомендации, согласно которым применение ТСС

продолжается до регресса отёка, гиперемии и локальной гипертермии, и достижения разницы температуры менее 2°C в сравнении с контралатеральной конечностью [7]; в среднем этот период занимает от двух до четырёх месяцев.

В течение этого времени производится этапная смена индивидуальной разгрузочной повязки (ИРП) каждые 2–3 недели по мере снижения отёка; одновременно проводится контроль местного статуса на предмет возможного развития осложнений (язвы, потёртости) и выполнение этапных рентгенограмм [137]. По данным M. S. Myerson и соавторов в 75% случаях использование ТСС при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata способствует купированию обострения с сохранением опорной и стабильной стопы [90].

Иммобилизация стопы ТСС может сопровождаться полным отсутствием нагрузки. Некоторые авторы не могли полностью исключить нагрузку на стопу, аргументируя это невозможностью полной разгрузки пациентов с нейропатией, низкой приверженностью к лечению [6] и повышенным риском развития артропатии на контралатеральной конечности из-за возросшей нагрузки [100]. В исследованиях, где выполняли иммобилизацию с применением ИРП и дозированной нагрузки с использованием ортезов и специализированных ортопедических изделий для пациентов с диабетом, значимого прогрессирования артропатии выявлено не было. Однако сроки купирования клинических проявлений не совпадали с регрессом рентгенологических изменений. По данным V. Zamra и соавторов, средние сроки купирования клинических симптомов составляли $6,8 \pm 2,3$ месяцев, в то время как регресс изменений на МРТ составлял $8,3 \pm 2,9$ месяцев [145]. Поэтому после купирования клинических симптомов острой стадии пациентам проводили замену полимерной повязки на ортезы, специальные фиксаторы или индивидуальную ортопедическую обувь [5].

По данным G. P. Guyton частота осложнений при использовании ТСС была 5,52%, причём в большинстве случаев развивались язвенные дефекты [60]. T. M. Owings и соавторы получили сопоставимую частоту осложнений – 4%, среди которых язвенные дефекты встречались в 38,5%, причём чаще преимущественно в пяточной области [93]. Среди остальных осложнений Owings отмечал развитие

фликтен в 17,8%, мацерации – в 17,4%, ссадин – в 16,4%, раздражения кожи – в 8,5% клинических наблюдений. Из всех случаев осложнений только в 1,4% выполнялись ампутации конечностей. При оценке отдалённых результатов консервативного лечения с использованием разгрузки и иммобилизации язвенные дефекты возникали в 37–67% наблюдений, рецидив процесса отмечали у 40–49% пациентов, а частота ампутаций варьировалась от 8,9% до 25,7% случаев [58, 91].

В 40% случаев консервативное лечение остаётся безуспешным и требует выполнения хирургических вмешательств [50]. Показания к хирургическому лечению включают наличие язвенных дефектов или их рецидив, наличие выраженных костных деформаций и нестабильности в суставах с нарушением опороспособности конечности [67, 133].

1.5. Хирургическое лечение

Хирургические вмешательства при деформациях среднего отдела стопы варьируются от выполнения экзостэктомии до больших реконструктивных вмешательств [10]. Хирургическое восстановление среднего отдела стопы остаётся сложным из-за изменения качества кости, её деструкции и лизиса, нейропатии, сопутствующих нарушений кровоснабжения, последствий инфекционных осложнений с формированием дефектов мягких и костных тканей. К принципам хирургического лечения относятся бережное отношение к мягким тканям, достижение и удержание выполненной коррекции, использование методов ортобиологии [124].

Хирургическое вмешательство во время острой фазы артропатии Шарко исторически считается противопоказанием. Опасения связаны с потенциальными осложнениями, такими как проблемы с заживлением ран, развитие инфекции, которые могут возникнуть в послеоперационном периоде на изначально отёчной и гиперемированной конечности. При активной фазе развития деструкции костной ткани имеются высокие риски нестабильности фиксаторов, формирования псевдоартрозов и замедленной консолидации [134]. Хотя в литературе встречаются

исследования, в которых 1 стадия по Eichenholtz–Shibata не являлась критерием исключения для оперативного лечения и в статистически незначимых группах выполняли хирургическую реконструкцию стопы [42]. В работе M. S. Myerson и соавторов из 18 пациентов с острой стадией 8 пациентам была выполнена операция [90]. Показанием к ней служило наличие выраженной нестабильности в суставах с возможностью ручной репозиции костных фрагментов. Наличие фрагментации, резорбции костной ткани, переломов костей при визуализации на рентгенограммах было противопоказанием для оперативного лечения. В течение 28 недель нестабильности в фиксированных суставах не отмечено.

В работе S. R. Simon и соавторов 14 пациентам с острой артропатией Шарко выполняли тщательный дебридмент, открытую репозицию с фиксацией внутренними и наружными фиксаторами и костной аутопластикой, осложнений не отмечено [125].

2 стадия по Eichenholtz–Shibata является оптимальной для хирургической реконструкции в виде открытой репозиции и выполнения артрореза, поскольку деформация ещё остаётся достаточно податливой для коррекции, а кость становится менее хрупкой в сравнении с 1 стадией [113]. Но как только процесс достигнет 3 стадии, выполнение артрореза становится более сложным из-за ригидной деформации, выраженности рубцовой ткани и необходимости резецирования большего объёма изменённой ткани, чтобы обеспечить коррекцию деформации. На этом этапе, в случае стабильной деформации, рекомендуется экзостэктомия или остеэктомия для удаления костных выступов, которые могут привести к изъязвлению мягких тканей [44].

Использование стандартных техник при хирургической реконструкции может быть недостаточным у пациентов с артропатией Шарко. Необходимость применения более стабильной фиксации привела к появлению «суперконструкций». К их принципам относятся: 1) включение в фиксацию неповреждённых суставов для усиления стабильности, 2) экономное резецирование изменённой кости для устранения деформации и без чрезмерного натяжения мягких тканей, 3) использование прочных фиксаторов, 4) установка

фиксаторов в положении, максимально обеспечивающем механическую функцию [110]. В качестве «суперконструкций» применяют подошвенные пластины, блокируемые пластины, интрамедуллярные винты.

Одним из методов выполнения артродеза суставов среднего отдела стопы является использование интрамедуллярных винтов. Данная методика впервые была предложена W. P. Grant и в последнее время получила широкое распространение [39, 55]. К преимуществам данного способа относятся малоинвазивность, возможность восстановления анатомии (насколько это возможно), фиксация вышеразположенного сустава, что увеличивает стабильность за счёт включения неповреждённой кости, прочная фиксация и сохранение длины стопы [68]. Также в большинстве случаев выполняли удлинение ахиллова сухожилия. В послеоперационном периоде пациентам накладывали заднюю лонгету или ИРП, и полная разгрузка конечности проводилась в течение 8–16 недель. Grant [56] дополнял фиксацию винтами установкой аппарата наружной фиксации, который оставался на 6–12 недель; после его демонтажа пациентам также выполняли иммобилизацию задней лонгетой сроком на 2 недели.

Сопоставить результаты проанализированных исследований весьма затруднительно из-за малого числа пациентов в выборках. Частота состоявшихся артродезов варьировалась от 46% до 98% случаев [48, 104]. Не во всех статьях определяли условия, при которых артродез считался состоявшимся. Так, по данным A. Mehlhorn, только в 57% случаев было достигнуто костное сращение, подтверждённое рентгенологически, а у 21% пациентов развился стабильный псевдоартроз, не требующий последующей хирургической коррекции [84]. D. A. Butt и соавторы отметили костное сращение во всех блокируемых суставах (предплюсне-плюсневом, ладьевидно-клиновидном, таранно-ладьевидном суставах) только в 22%, в остальных случаях – только частично [31]. Что касается развития осложнений при использовании канюлированных винтов, их частота в среднем составляла 65%. Среди наиболее распространённых отмечались миграция винтов с частотой от 6,4% [104] до 57% [84], перелом фиксаторов – до 40% случаев. D. K. Wukich в своих работах отмечал большую жесткость у неканюлированных

стальных винтов, используемых при реконструктивных вмешательствах при нейроостеоартропатии Шарко [140].

Развитие инфекционных осложнений (как поверхностных, так и глубоких нагноений) отмечали до 50%, при этом до 20% случаев, ввиду невозможности купирования инфекционного процесса, завершались ампутациями на различных уровнях, что соответствует данным литературы [23]. Рецидив язв и нарушение заживления послеоперационных ран встречались в 21% случаев.

Ещё одним вариантом фиксации среднего отдела стопы для артродеза было использование пластин. Оценивая результаты использования винтов, можно отметить, что имеется большой процент несращения, а также перелома или миграции фиксаторов. R. M. Marks и соавторы [80] провели биомеханическое исследование на кадаверном материале с имитацией нестабильности в суставе Лисфранка с последующей фиксацией подошвенной пластиной и винтами. Результаты исследования показали, что пластины по сравнению с винтами обладали большей стабильностью при значительно более выраженной нагрузке и обеспечивали меньшее начальное смещение, сохраняя достигнутую репозицию. При оценке перелома фиксаторов было отмечено, что при использовании винтов переломы происходили непосредственно в зоне предполагаемого сращения, в то время как при использовании пластин переломы фиксирующих элементов выявляли за пределами этой зоны. E. J. Pore и соавторы в исследовании сравнили использование подошвенной пластины и интрамедуллярных винтов [98]. Непосредственно переломов фиксаторов не было выявлено, значимой разницы в отношении жёсткости и сопротивления нагрузки отмечено не было. Но подошвенные пластины в проекции первого предплюсне-плюсневого сустава обладали большей жёсткостью, в то время как при использовании винтов выявляли их миграцию.

В литературе отмечено использование различных типов пластин: блокируемых и неблокируемых, предназначенных для остеосинтеза переломов пяточной кости, которые укладывали по подошвенной и тыльной поверхности стопы. Среди преимуществ авторы выделяли возможность моделировать пластину

и одновременно фиксировать несколько суставов, но фиксация нескольких суставов подвергала риску мягкие ткани из-за обширного доступа. Состоявшийся артродез был достигнут в 95% случаев и подтверждён рентгенологически. D. Garchar и соавторы при использовании пластин с фиксацией по подошвенной поверхности стопы отметили формирование костного блока, подтверждённого рентгенологически в 96% клинических ситуаций [52]. Среди осложнений были отмечены: развитие язвенных дефектов в 8% наблюдений, инфекционные осложнения у 16% пациентов, проблемы с заживлением ран у 4% пациентов.

Чаще всего при реконструкции среднего отдела стопы используют комбинацию фиксаторов. A. Eschler и соавторы при использовании интрамедуллярных винтов и пластин с угловой стабильностью отметили несостоявшийся артродез в 5% случаев, но не указали, во всех ли остальных случаях развилось сращение или имелись примеры стабильного псевдоартроза [41]. J. Frøkjær также использовал комбинацию интрамедуллярных винтов и пластин [50]. В 95% случаев был выявлен состоявшийся артродез. В 40% случаев отмечали осложнения, связанные с мягкими тканями (формирование некроза, расхождение краёв раны, формирование глубоких язвенных дефектов, контактировавших с пластинами), что, по мнению автора, может быть связано со временем проведения оперативного вмешательства при 1 и 2 стадиях по Eichenholtz–Shibata. У 20% пациентов выявляли проблемы с погружными фиксаторами, что потребовало повторных операций по удалению сломанных конструкций. Ампутация была выполнена у одного пациента (5%) из-за деструкции таранной кости и присоединившейся некупируемой инфекции.

Таким образом, применение на костных фиксаторов при 1 и 2 стадиях по Eichenholtz–Shibata при артропатии Шарко несёт достаточно высокие риски нестабильности металлоконструкций, инфекционных осложнений, формирования участков некроза мягких тканей в нагружаемых отделах стопы и контактирующих с пластинами. Это вызывает расхождение краёв раны, их инфицирование, формирование глубоких язвенных дефектов и в ряде случаев предопределяет

показания к ампутации, хотя, по мнению S. R. Sundararajan и соавторов, финальный успех лечения не зависит от стадии по Eichenholtz–Shibata [130].

По мнению одних авторов, вероятность рецидива при использовании погружных фиксаторов зависит от качества проведённого остеосинтеза, адекватной стабильности имплантов и разгрузки конечности в послеоперационном периоде [85]. Другие авторы считают целесообразным применять погружные фиксаторы только у пациентов без язвенных дефектов стопы [43]. В своих работах S. Ettinger и соавторы во всех случаях наличия инфекции использовали аппараты внешней фиксации [43]. J. Richman и соавторы, напротив, утверждали, что выбор метода интрамедуллярного блокирования не зависит ни от стадии процесса, ни от наличия язвенных дефектов. Однако данные, приведённые в их статье, представляют собой слишком малую выборку для подобных заключений: 11 пациентов с чрескостным остеосинтезом и 16 пациентов с интрамедуллярным блокированием [103].

Хорошие долгосрочные результаты с сохранением опороспособности через 5 лет после реконструкции аппаратом внешней фиксации показали A. M. S. Spraul и соавторы [127]. A. Teramoto и соавторы, несмотря на положительные результаты применения погружных фиксаторов, отдавали предпочтение чрескостному остеосинтезу в случаях грубых деформаций и выраженного остеопороза [131]. Согласно W. P. Bevan и M. P. Tomlinson, значение угла Meary (между осью таранной и первой плюсневой костями в боковой проекции) и угла между осями пяточной и пятой плюсневой костей (в боковой проекции) имеют значимую связь с формированием язвенных дефектов [24]. Эти углы коррелируют со снижением медиальной и латеральной продольных арок стопы и являются индикатором развития деформации по типу «стопа-качалка». Только у пациентов с углом Meary не более -27 градусов развились язвы. Таким образом, значение угла Meary менее -27 градусов может служить индикатором повышенного риска развития язвенных дефектов. D. K. Wukich и соавторы предлагали превентивное выполнение этапных рентгенограмм для выявления дестабилизации латеральной колонны стопы, смещения и снижения высоты кубовидной кости, уменьшения угла между

пяточной костью и пятой плюсневой костью, что может быть связано с вероятностью изъязвления и возможной потери конечности [141].

1.5.1. Выполнение ахиллотомии при реконструктивных вмешательствах на костях среднего отдела стопы при НОАП

Одним из важных этапов при хирургической реконструкции суставов среднего отдела стопы является удлинение ахиллова сухожилия. Достаточно часто артропатия Шарко сопровождается развитием укорочения трехглавой мышцы голени, что приводит к эквинусной установке заднего отдела стопы, потере опороспособности конечности и может определять тяжесть деформации стопы [30]. Укорочение трехглавой мышцы голени рассматривается как фактор, приводящий к коллапсу среднего отдела стопы из-за отсутствия адекватного подошвенного сгибания [88]. Также за счёт увеличения локального давления на передний и средний отделы стопы повышается риск развития язвенных дефектов этих локализаций. Соответственно, за счёт удлинения ахиллова сухожилия снижается давление на передний и средний отделы стопы, что увеличивает подошвенное сгибание [79]. Однако некоторые авторы не считают удлинение ахиллова сухожилия рутинной манипуляцией при реконструкции среднего отдела стопы и рекомендуют выполнять её только в случае, когда эквинусная установка стопы затрудняет коррекцию деформации [32].

По данным проспективного контролируемого клинического исследования М. J. Mueller с коллегами отмечено снижение частоты рецидивов язвенных дефектов после проведения удлинения ахиллова сухожилия: после семимесячного наблюдения – на 75%, после двухлетнего – на 53% по сравнению с группой пациентов, которым выполнялась разгрузка посредством ТСС (Total Contact Cast) без удлинения сухожилия [89].

Таким образом, выполнение ахиллотомии следует рассматривать как эффективный метод снижения риска развития или рецидива изъязвлений подошвенной поверхности стопы. Отдельного внимания заслуживает

малоинвазивная методика проведения ахиллотомии по Пирогову через проколы кожи без выполнения больших разрезов [15].

1.5.2. Дефекты костей среднего отдела стопы при НОАП их замещение

При оперативном вмешательстве одним из этапов является иссечение изменённой ткани, выполнение остеотомий, в результате чего формируются костные дефекты. Заполнение дефектов трансплантатом способствует заживлению, а также сохранению длины стопы. Среди возможных вариантов выделяют аутографты и аллографты, которые могут быть кортикальными, губчатыми и кортикально-губчатыми [101]. Кортикальные трансплантаты обладают плотной стабильной структурой, которую используют для обеспечения устойчивости к сжимающим силам, восстановления длины и более стабильной фиксации. Реваскуляризация данных графтов начинается после шестого дня имплантации и через несколько месяцев частично заменяется новой костью, но прочность снижается наполовину к 6–8 неделе.

Губчатая кость менее плотная и стабильная, но претерпевает органотопическую перестройку в более короткие сроки наблюдения. Её реваскуляризация начинается через несколько часов и со временем полностью заменяется новой костью, плотность и стабильность которой постепенно увеличивается [38]. При реконструкции при НОАП предпочтение отдают смешанным трансплантатам, которые совмещают преимущества кортикальной и губчатой кости.

Золотым стандартом является аутокость, поскольку она обладает остеокондуктивными и остеоиндуктивными свойствами, содержит остеогенные клетки и полностью совместима по гистотипу [101]. Наиболее часто используют графт из крыла подвздошной кости. Чаще всего кость забирают с передней или задней стороны крыла подвздошной кости [84]. К другим источникам относятся аутокость из проксимального отдела большеберцовой кости [111], резецированная кость медиальной колонны [38].

А. С. Masquelet в своих более поздних работах отмечал преимущества губчатого аутотрансплантата над кортикально-губчатым и нежелательность использования крупных блоков, отдавая предпочтение фрагментам до 1 мм. Он объяснял это отсутствием реваскуляризации мембраной крупного блока. Содержание аллотрансплантата не должно превышать 1/3 от общего объёма. При этом подчёркивалась невозможность мембраны купировать гнойный процесс без радикальной хирургической санации очага [81]. Вероятность рецидива инфекции, по данным некоторых авторов, при использовании методики Masquelet составлял до 9% [87].

К недостаткам забора аутотрансплантата относят развитие осложнений, частота которых варьируется от 6% до 30% [62]. Среди них – формирование гематомы, потеря чувствительности, инфекционные осложнения, пролонгированный болевой синдром, появление фантомных болей в донорской зоне, а также увеличение интраоперационного времени и ограниченный объём забираемой кости [47].

Ещё одним источником аутокости, получившим распространение в последнее время, является аутокость, забираемая из интрамедуллярного канала бедренной, реже – большеберцовой кости, при помощи Reamer-Irrigator-Aspirator system (RIA). Изначально эта система была разработана для снижения частоты жировой эмболии и термического некроза, которые могут осложнить рассверливание и остеосинтез штифтами переломов длинных костей [35]. Интрамедуллярный канал бедренных и большеберцовых костей относительно доступен и содержит большое количество губчатого костного трансплантата, в составе которого имеются клетки, способные к остеогенезу [83].

По данным количественного анализа G. Schmidmaier, в трансплантанте RIA выявлены более высокие уровни фактора роста фибробластов, фактора роста, производного тромбоцитов, инсулиноподобного фактора роста (IGF)-1, BMP-2 и трансформирующего фактора роста (TGF)-b1 по сравнению с костным трансплантатом гребня подвздошной кости [115]. В среднем при помощи RIA system можно получить от 40 до 90 мл трансплантата [35].

В метаанализе М. Laubach и соавторов частота осложнений составила 1,7%; чаще всего встречалась перфорация кортикального слоя [69]. Р. Haubruck и соавторы отметили развитие осложнений у 11% пациентов, среди которых в 6,45% случаев – длительный болевой синдром, связанный с процедурой RIA [61]. В 3% случаев потребовалась трансфузия, в 0,88% – перфорация кортикального слоя. В основном RIA использовалась при реконструкции заднего отдела стопы у пациентов с посттравматическим и деформирующим остеоартрозом, асептическим некрозом таранной кости [62, 92]. По данным метаанализа и результатам исследования S. R. Nodzo и соавторов, при сравнении частоты сращения в группе с аутографом из гребня подвздошной кости отмечалось больше случаев несращения, чем в группе с RIA [92]. RIA является надёжным вариантом трансплантата и хорошей альтернативой графту из гребня подвздошной кости, что особенно важно при лечении пациентов высокого риска [69].

Еще одна комбинация – техники Masquelet и несвободной костной пластики по Илизарову – применялась для замещения дефектов длинных трубчатых костей. Авторы отмечали отсутствие высокого риска воспаления мягких тканей в местах выхода фиксирующих элементов при чрескостном остеосинтезе [1]. Несмотря на хорошие результаты, данная методика трудновоспроизводима для замещения дефектов костей среднего отдела стопы.

В описании клинического случая при лечении артропатии Шарко среднего отдела стопы двухэтапно, с использованием кортикально-губчатого аутооттрансплантата из гребня подвздошной кости на втором этапе, был получен хороший клинический результат [78].

НОАП сопровождается деструкцией костной ткани с формированием рубцовой ткани, при иссечении которой образуются значительные дефекты. Для их заполнения использование только аутокости недостаточно. В подобных случаях прибегают к применению аллокости. К преимуществам аллографтов относятся отсутствие дополнительных разрезов и возможность использования большего объёма материала для закрытия значительных дефектов. К недостаткам

аллотрансплантатов относятся низкая иммунологическая совместимость, отсутствие живых клеток и высокая стоимость.

Ортобиологические материалы, такие как плазма, обогащённая тромбоцитами, аспират костного мозга, деминерализированный костный матрикс, костные морфогенетические белки, используются для усиления аллогенных костных трансплантатов или синтетических заменителей благодаря наличию факторов роста и остеоиндуктивных свойств, которые улучшают заживление [95]. Тромбоциты высвобождают несколько важных факторов роста, участвующих в заживлении костей, среди которых трансформирующий фактор роста- β , инсулиноподобный фактор роста и тромбоцитарный фактор роста. Эти факторы способствуют пролиферации мезенхимальных клеток, генерации остеоцитов, увеличению дифференцировки клеток-предшественников в сторону остеобластической линии, стимулируют остеогенез [57].

Аспират костного мозга может быть получен из гребня подвздошной кости, проксимального отдела большеберцовой кости или пяточной кости безопасным и минимально инвазивным способом [108]. М. Pinzur оценивал результаты сращения у пациентов с НОАП с использованием методов ортобиологии [96]. У 44 пациентов с язвенными дефектами и хроническим остеомиелитом выполнялась остеотомия с резекцией изменённой кости, остеосинтезом аппаратом наружной фиксации и введением в зону предполагаемого артродеза плазмы, обогащённой тромбоцитами, и аспирата костного мозга. По результатам исследования артродез состоялся в 91,3% случаев. По мнению автора, использование плазмы, обогащённой тромбоцитами, и аспирата костного мозга может быть столь же эффективны, как аутографт, при реконструкции стопы Шарко у пациентов высокого риска.

Деминерализированный костный матрикс представляет собой аллографт, подвергнутый декальцинации, но с сохранённым коллагеном и факторами роста [73]. Он доступен в различных формах – в виде геля, порошка, гранул, крошки, что обеспечивает удобное дополнение ко многим видам хирургических вмешательств [95].

Несмотря на широкое использование ауто- и аллокости, продолжается поиск идеального графта, который бы совмещал их преимущества и нивелировал недостатки. Для этих целей используют синтетические графты, комбинируя их с методами ортобиологии. Тромбоцитарный фактор роста (PDGF) – это вид графта, обладающий многими из желаемых качеств, включая стимуляцию фибробластической активности и каскада заживления. Рекомбинантный PDGF, в частности рекомбинантный гомодимер PDGF BB человека (rhPDGF-BB), является перспективным благодаря способности стимулировать рост костей и придавать остеоиндуктивные свойства. J. D. Loveland и соавторы использовали рекомбинантный гомодимер PDGF-BB в комбинации с трикальцийфосфатом, обладающим остеокондуктивными свойствами, у пациентов с НОАП. Реконструкция проводилась с использованием как внутренних, так и наружных фиксаторов. Артродез считался состоявшимся при наличии более 50% «костных мостиков» между контактирующими поверхностями по данным рентгенографии и компьютерной томографии. По результатам исследования сращение наступило в 97% клинических наблюдений в среднем за 13 недель [76].

Ещё одним вариантом синтетического графта является биоактивное стекло, представляющее собой неорганический непористый материал, состоящий из кальция, фосфора и диоксида кремния. Оно обладает остеокондуктивными и остеointеграционными свойствами за счёт образования слоя силикагеля на поверхности гранул, на который осаждается фосфат кальция и со временем кристаллизуется, образуя гидроксиапатит, являющийся каркасом для формирования новой костной ткани [141]. A. L. Godoy-Santos и соавторы представили клинический случай использования биоактивного стекла при реконструкции среднего отдела стопы [53]. У пациента с осложнённой остеомиелитом НОАП после тщательного дебридмента дефект был заполнен биоактивным стеклом. Через 12 недель после операции компьютерная томография показала интеграцию синтетического графта и полную консолидацию. В серии из шести клинических случаев у пациентов с диабетической стопой, осложнённой остеомиелитом, также выполнялось заполнение дефекта биоактивным стеклом

[105]. Полная интеграция через 24 месяца была успешна в четырёх случаях. В пилотном исследовании E. Iasori и соавторов при участии аналогичных пациентов частота заживления к 6 неделе составила 80%; отдалённые результаты не публиковались [65].

Нередко выполнить хирургическую реконструкцию в один этап не представляется возможным. При НОАП среднего отдела стопы, осложнённой остеомиелитом и наличием значительных дефектов мягких тканей при относительно сохранных переднем и заднем отделах стопы, пациентам зачастую предлагают ампутацию. Возможным вариантом сохранения стопы и её восстановления может служить техника Masquelet [82]. Её принцип заключается в двухэтапной реконструкции. На первом этапе проводится тщательный дебридмент с резекцией всех инфицированных и изменённых тканей и заполнение дефекта цементным спейсером с антибиотиком; при необходимости выполняется закрытие дефекта мягких тканей местными или свободными лоскутами. Через 6–8 недель выполняется второй этап, заключающийся в удалении спейсера с сохранением сформировавшейся индуцированной мембраны и заполнении дефекта костным графтом. Индуцированная мембрана предотвращает резорбцию губчатой кости и способствует васкуляризации и кортикализации губчатой кости даже в плохо васкуляризованном ложе. Чаще всего эта техника используется при лечении хронического остеомиелита костей голени, но также применима при осложнённой НОАП. M. F. Mak и соавторы представили клинический случай с повторной установкой спейсера и двухэтапным замещением костного дефекта аутооттрансплантатом из гребня подвздошной кости у пациента с острой стадией остеоартропатии и остеомиелитом костей среднего отдела стопы [78].

Несмотря на преимущества магнитно-резонансной томографии, особенно для выявления ранней стадии диабетической остеоартропатии Шарко, этот метод не позволяет достоверно оценить формирование и регенерацию костной ткани из-за низкой дифференцировки кальция на фоне постоперационных изменений.

Кость, несмотря на высокую степень минерализации, непрерывно перестраивается, восстанавливается и адаптируется к функциональным условиям.

Этот динамический процесс зависит главным образом от оптимального кровоснабжения, метаболической активности и скоординированной работы костных клеточных элементов. Ремоделирование кости происходит за счёт двух процессов – резорбции костной ткани остеокластами и её нового формирования остеобластами [45]. По такому же принципу происходит ремоделирование ауто- и аллотрансплантата (деминерализованного костного матрикса), что было продемонстрировано в гистологических исследованиях S. Bouaicha и соавторов [25]. Первым этапом является резорбция аллотрансплантата остеокластами и его реваскуляризация, затем – синтез новой кости остеобластами из ауто-трансплантата и сохранённых фрагментов здоровой кости. Этот процесс традиционно называют ползучей линией замещения.

В исследованиях зарубежных коллег гистологически определены реваскуляризация костного аллотрансплантата и его ремоделирование, включающее остеокластическую и остеобластическую активность, через 10 недель, а рентгенологические признаки перестройки – уже через 2 месяца [28].

Различия в тактике лечения и выборе метода оперативного вмешательства при стопе Шарко, а также высокая частота рецидивов при консервативной терапии и хирургических вмешательствах свидетельствуют о сложности данной проблемы и отсутствии единых алгоритмов лечения этой категории пациентов.

Анализ литературы показал отсутствие алгоритмов лечения пациентов с деформациями среднего отдела стопы при НОАП, которые бы учитывали совокупность наличия стадии остеоартропатии, наличие костных дефектов, сопутствующих гнойно-некротических процессов и окклюзионно-стенотических поражений артерий нижних конечностей. Все имеющиеся классификации деформаций носят описательный характер и не имеют прогностической ценности для практики ортопеда.

1.5.3. Осложнения хирургических вмешательств

Следует отметить, что практически во всех опубликованных исследованиях эффективности хирургического лечения НОАП отмечается высокая частота

осложнений оперативного лечения, в первую очередь гнойно-некротических, которые являются причиной повторных оперативных вмешательств с высоким риском потери конечности. Так, инфекционные осложнения отмечались с частотой 12,5–24% случаев, а частота ампутаций может достигать 17% [106, 128]. Кроме того, нередкими осложнениями являются несостоятельность конструкций, стабилизирующих стопу, миграция или перелом фиксаторов, встречающиеся в 4–20% случаев [48, 49].

В исследовании M. Regauer с соавторами при применении блокируемых и неблокируемых пластин отсутствие осложнений отмечалось только в 11% клинических наблюдений; у остальных пациентов регистрировали хотя бы одно осложнение, что в 46% случаев потребовало выполнения ревизионных операций [102]. Чаще всего (67,8% наблюдений) возникали проблемы с фиксаторами (перелом или миграция), в 21% клинических ситуаций встречались инфекционные осложнения, при этом только в 1% случаев выполнялась ампутация. J. S. Suh и соавторы использовали пластины для фиксации переломов пяточной кости [129]. По результатам исследования в 33% случаев отмечались проблемы с заживлением послеоперационных ран, в 22% – перелом фиксаторов.

При комбинированной фиксации осложнения, связанные с мягкими тканями, встречались у 76% пациентов, а в 43% случаев были выявлены проблемы с фиксаторами: нестабильность отмечали в 10%, перелом металлоконструкции – в 33% клинических наблюдений. В 24% случаев была выполнена ампутация, причём в четырёх наблюдениях – ампутация ниже коленного сустава, в одном случае – на уровне сустава Шопара. Как отмечают авторы, ампутация проводилась у пациентов высокого риска в среднем через 1 год после первичной реконструкции [41].

В проведённом анализе D. J. Lee и соавторы [72] оценивали частоту различных осложнений при использовании погружных и наружных фиксаторов после реконструкции среднего отдела стопы. Частота осложнений, связанных с заживлением ран, составила 12,2% (0–28,6%) и 3,7% (0–3,8%) соответственно, что приводило к возникновению глубокой инфекции в 9,4% (0–42,9%) в группе внутренних фиксаторов и 3,7% (0–3,8%) в группе аппаратов наружной фиксации

(АНФ). Частота ампутаций составила 5,6% при использовании внутренних фиксаторов (0–28,6%), при АНФ – 2,6% (0–3,8%). Большое количество осложнений при использовании погружных фиксаторов, вероятно, связано со значительной хирургической агрессией при их использовании.

Несмотря на уменьшение общего количества осложнений после реконструктивных вмешательств, в литературе появляются новые публикации с достаточно высокой частотой различных осложнений, что свидетельствует об отсутствии единых протоколов и алгоритмов лечения. Дополнительным фактором, вероятно, остаётся небольшое число случаев, представленных в публикациях, что может быть связано с отсутствием специализированных центров, занимающихся реконструкцией стопы Шарко [106, 128].

1.6. Трофические и гнойно-некротические осложнения

Язвенные дефекты мягких тканей – одно из осложнений сахарного диабета. Развитие язв может лежать в основе хронической или рецидивирующей инфекции мягких тканей или костей стопы, что может приводить к ампутации. У 30% пациентов, страдающих сахарным диабетом, в течение заболевания формируются язвенные дефекты [23]. Язвенные дефекты не развиваются спонтанно. В их развитии вовлечено несколько механизмов: периферическая нейропатия, которая является ведущим фактором, возрастающая биомеханическая нагрузка, травматизация, заболевания периферических артерий [26]. За счёт подвывихов в суставах и деформаций костей формируются «костные выступы», которые при ходьбе, особенно в обычной обуви, оказывают локальное давление на мягкие ткани подошвенной поверхности и вызывают развитие язвенных дефектов [3]. Пациенты с нейропатией из-за отсутствия или снижения чувствительности, не ощущая появления ран, продолжают оказывать нагрузку на конечность. По данным В. I. Rosenblum и соавторов, наличие язв по латеральному краю плантарной поверхности стопы менее благоприятно [107]. Смещённые кубовидная кость и основания IV и V плюсневых костей оказывают значимое давление на мягкие

ткани. Язвы этой локализации плохо поддаются лечению и склонны к рецидивированию.

Согласно L. Prompers, N. Schaper, J. Apelqvist и других, при должном лечении у 77% пациентов заживление язв происходит в течение 1 года. Риск рецидива язвенных дефектов остаётся высоким: примерно в 40% случаев рецидив язвы наступает в течение первого года после заживления, у 60% – в течение 3 лет, у 65% – в течение 5 лет после заживления [23]. Риск смерти через 5 лет у пациентов с сахарным диабетом, у которых есть язвенные дефекты, в 2,5 раза выше, чем у пациентов с диабетом без язв [139].

При этом более чем у 50% пациентов с язвами происходит их инфицирование, а у пациентов с сопутствующей патологией сосудов инфицирование достигает 63%, что в 20% случаев ввиду развившихся осложнений требует ампутации на различных уровнях [23, 99]. Риск повторной ампутации уже контралатеральной конечности через два года составляет 50%, а смертность пациентов в течение 5 лет после ампутации нижней конечности выше или ниже уровня коленного сустава достигает 70% [22, 23].

Оценка уровня смертности пациентов с сахарным диабетом и нейропатическими язвами показывает, что ожидаемая продолжительность жизни у таких пациентов снижена на 14 лет [134]. Зачастую это связано с неадекватностью проводимого лечения, низкой осведомлённостью врачей, работающих с подобными пациентами, и отсутствием междисциплинарного подхода к лечению данной патологии [75].

Существует несколько вариантов классификаций язвенных дефектов, учитывающих глубину, вовлечённость сухожилий, суставов и костей, наличие ишемии, сопутствующей инфекции и поражения периферических артерий [94]. Использование классификаций является важным инструментом для оценки дефекта и выбора тактики лечения, а также для организации междисциплинарного взаимодействия между врачами. В настоящий момент не существует единой системы или «золотого стандарта», позволяющего прогнозировать риск развития язв или ампутации.

Чаще всего в повседневной клинической практике у пациентов без гемодинамически значимых поражений артерий нижних конечностей используют классификацию Wagner. Она основана на глубине язвенного дефекта и наличии остеомиелита или гангрены и включает пять степеней (см. таблицу 1.2) [136].

Таблица 1.2 – Классификация раневых дефектов при СДС по F.W. Wagner [136]

Стадия	Характеристика
0	Отсутствие дефектов или наличие заживших дефектов, сухость кожи
1	Поверхностный язвенный дефект без признаков инфицирования
2	Глубокая язва, обычно инфицированная, но без вовлечения костной ткани
3	Глубокая язва с вовлечением в процесс костной ткани, наличием остеомиелита
4	Ограниченная гангрена (пальца или стопы)
5	Гангрена всей стопы

Стандартными мерами лечения язвенных дефектов являются купирование инфекционного процесса, дебридмент и разгрузка [116]. Инфицирование язвенных дефектов может происходить более чем в 50% случаев [23]. Факторы риска инфицирования включают: существование дефекта более 30 дней, рецидив язв, достижение костной ткани при зондировании дефекта, наличие заболеваний периферических артерий, сенсомоторной нейропатии, предшествующих ампутаций.

Согласно Американскому обществу инфекционных заболеваний, в зависимости от степени тяжести инфекционного процесса язвенных дефектов выделяют несколько форм: отсутствие инфекции, лёгкую, умеренную и тяжёлую [74]. Отсутствие клинических признаков инфекции не требует антибактериальной терапии.

При лёгкой форме инфекции при наличии как минимум двух признаков (гиперемия до 2,0 см вокруг раны, гипертермия, локальная болезненность, наличие гнойного отделяемого) проводится посев из раны и назначается эмпирическая антибактериальная терапия, направленная против золотистого стафилококка и β -

гемолитического стрептококка. В дальнейшем по результатам антибиотикограммы назначается специфическая антибактериальная терапия. При умеренной и тяжёлой форме язвенные дефекты более глубокие, в связи с чем существует особенность при заборе образцов для микробиологического исследования: посев следует брать не только с поверхностных участков язвы, но и из глубоких, поскольку, по данным литературы, может наблюдаться несоответствие между флорой поверхностных и глубоких слоёв [19], причём в последних преобладает грамотрицательная флора [63]. Соответственно, назначение антибактериальной терапии без учёта флоры глубоких слоёв может снижать её эффективность и замедлять заживление дефекта.

Важным принципом лечения язвенных дефектов является регулярная и тщательная обработка. Существует несколько способов обработки: механический, ферментный, ультразвуковой. Преимущества дебридмента заключается в стимулировании заживления, удалении нежизнеспособных тканей, возможности полностью осмотреть рану и улучшении контакта перевязочных материалов с раневой поверхностью [116].

Вероятно, наиболее важным принципом лечения язвенных дефектов является разгрузка и уменьшение давления на повреждённую часть стопы. Даже при соблюдении остальных принципов лечения заживление дефектов маловероятно без разгрузки конечности [126]. По данным С. Е. Fife и соавторов, частота выполняемых ампутаций в течение одного года у пациентов с язвенными дефектами, которым проводили разгрузку посредством ТСС (Total Contact Cast), была ниже, чем у пациентов без ТСС (2,2% против 5,2%), а частота инфицирования также была ниже у пациентов, получавших ТСС, по сравнению с пациентами без ТСС (1,6% против 2,6%) [46].

Использование ТСС и разгрузка конечности способствуют заживлению язвенных дефектов. При наличии костных экзостозов (выступов) эпителизации язвенного дефекта не происходит [71]. Одним из вариантов решения данной проблемы является выполнение экзостозэктомии. Несмотря на паллиативный характер реконструкции стопы, экзостозэктомия может быть достаточно эффективным видом оперативного вмешательства. Наиболее эффективно

выполнение данной манипуляции у пациентов со стабильной деформацией в неактивной стадии НОАП. При этом выполняется резекция выступающих частей костей при помощи осциллирующей пилы и/или остеотомов. Доступ может быть как прямым, так и непрямым по отношению к экзостозу [21]. Сложность экзостозэктомии заключается в обеспечении адекватной резекции кости, чтобы свести к минимуму вероятность повторного изъязвления, избегая при этом чрезмерной резекции, которая может привести к дестабилизации стопы [29].

Заживление язвенных дефектов после экзостэктомии, по данным литературы, в среднем составляет 75%, при этом первичное закрытие язвенного дефекта отмечали только в 60% случаев; в остальных ситуациях выполнялись повторные остеозэктомии [44, 86]. При этом количество рецидивов язвенных дефектов может достигать 60% [9]. Экзостэктомия, как правило, применима при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata, что ограничивает возможность выполнения вмешательства при других стадиях. Заживление дефектов после резекции в области латеральной колонны показывает менее благоприятные результаты, а частота неблагоприятных может достигнуть 41,7% [44, 86]. По данным А. R. Catanzariti и соавторов, заживление язв после экзостэктомии медиальной колонны составляло 92%, в то время как заживление мягких тканей в проекции латеральной колонны отмечалось у 37,5% пациентов [33]. Рецидив язвенных дефектов возникает в 37% клинических наблюдений, при этом в двух третях случаев – в латеральных отделах стопы [71].

Некоторые авторы допускают проведение реконструктивных вмешательств погружными фиксаторами при 2 стадии Eichenholtz–Shibata и сопутствующих язвенных дефектах стадии 2 Wagner [13].

1.7. Резюме

На основании анализа опубликованных работ можно отметить высокий процент послеоперационных рецидивов и осложнений, как связанных с септической патологией, так и не связанных с ней. Отсутствуют чёткий алгоритм

лечения НОАП среднего отдела стопы и рекомендации по выбору способа и метода фиксации в зависимости от стадии НОАП.

Отсутствие единого подхода и общепризнанной системы лечения побудило нас провести анализ результатов лечения пациентов с деформациями костей среднего отдела стопы, чтобы определить тактику (алгоритм) лечения в зависимости от стадии активности нейроостеоартропатии и особенностей течения гнойного процесса.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Дизайн исследования

Данное исследование проведено на базе двух больниц: ГКБ им. В. П. Демикова ДЗ г. Москвы (ГКБ №13 ДЗМ), ГКБ им. С. С. Юдина ДЗ г. Москвы, а также кабинета «Диабетическая стопа» СПб территориального диабетологического центра (Санкт-Петербург). Исследование состоит из двух этапов – ретроспективного и проспективного.

На первом, ретроспективном, этапе проводили сбор и анализ результатов лечения пациентов с деформацией среднего отдела стопы. При 1 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata проводили отбор пациентов, проходивших амбулаторное консервативное лечение при помощи ИРП в сочетании с использованием костылей в кабинете «Диабетическая стопа» СПб территориального диабетологического центра (Санкт-Петербург) в 2018–2020 гг. На базе ГКБ им. В. П. Демикова ДЗ г. Москвы (ГКБ №13 ДЗМ) с 2013–2019гг. проводили сбор и анализ результатов лечения пациентов с деформацией среднего отдела стопы при 2–3 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata.

На ретроспективном этапе были проведены анализ и оценка результатов лечения 163 пациентов, пациентов подбирали на основании анализа медицинских карт по принципу «случай-контроль».

152 стационарных истории болезни пациентов с ДНОАП Шарко при 2 и 3 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata были отобраны на базе ГКБ им. В. П. Демикова ДЗ г. Москвы (ГКБ №13 ДЗМ).

11 амбулаторных карт пациентов с ДНОАП Шарко при 1 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata были отобраны на базе кабинета «Диабетическая стопа» СПб территориального диабетологического центра (Санкт-Петербург).

Второй этап – проспективный. На данном этапе проводили лечение пациентов с деформацией среднего отдела стопы при 0–3 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata по предложенному алгоритму в 2020–2024 гг.

В данное исследование были включены 399 пациентов с нейроостеоартропатией Шарко среднего отдела стопы. Критерии включения и невключения в исследование представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Критерии включения, невключения в исследование

Критерии включения	Критерии невключения
<ul style="list-style-type: none"> • Возраст >18 лет; • Сахарный диабет I и II типа; • Остеоартропатия Шарко с локализацией в среднем отделе стопы 	<ul style="list-style-type: none"> • Комбинированное поражение заднего и среднего отделов стопы; • Явления критической ишемии нижней конечности и гангрены; • Длительная обездвиженность пациентов • Отсутствие приверженности к лечению • Гемодинамически значимые поражения артерий нижних конечностей • Терминальная фоновая патология

У всех пациентов собирали жалобы и анамнез, выполняли физикальный осмотр, чтобы оценить изменения кожных покровов и форму стопы, амплитуду движений в суставах стопы, пульсацию магистральных сосудов, а также проводили термометрию стоп, лабораторную и инструментальную диагностику.

Был проведен анализ результатов лечения в двух группах пациентов. Пациентов разделили на подгруппы в зависимости от стадии патологического процесса по классификации Eichenholtz–Shibata с учётом наличия язвенного дефекта и его стадии по классификации Wagner.

При анализе результатов лечения по подгруппам сравнивали длительность лечения, частоту рецидивов, инфекционных и неинфекционных осложнений.

2.2. Общая характеристика пациентов

Пациенты были разделены согласно полу, возрасту и типу сахарного диабета. Также проводилась оценка ИМТ на момент начала лечения (см. таблицу 2.2).

Таблица 2.2 – Характеристика обеих групп исследования

Показатель		Ретроспективная группа	Проспективная группа
Мужчин		86	127
Женщин		77	109
Средний возраст		53,9 ± 1,4	52,6 ± 0,8
Тип диабета	1 тип	40	40
	2 тип	123	192
Длительность диабета		11,5 ± 0,7	12,1 ± 0,9
Индекс массы тела (ИМТ)		31,8 ± 0,7	30,7 ± 0,4
Всего пациентов		163	236

Примечание – значение $\chi^2 = 9.334$ при уровне значимости $p < 0,05$, что говорит об отсутствии статистически значимых различий между группами.

2.2.1. Общая характеристика пациентов ретроспективной группы

Средний возраст исследуемых пациентов составил $53,9 \pm 1,4$ (27–72) лет (медиана 56).

Гендерное распределение было следующим: 86 мужчин и 77 женщин.

При оценке количества пациентов, ранее наблюдавшихся в кабинете диабетической стопы, было выявлено, что большинство пациентов ранее нигде не наблюдались (рис. 2.1).

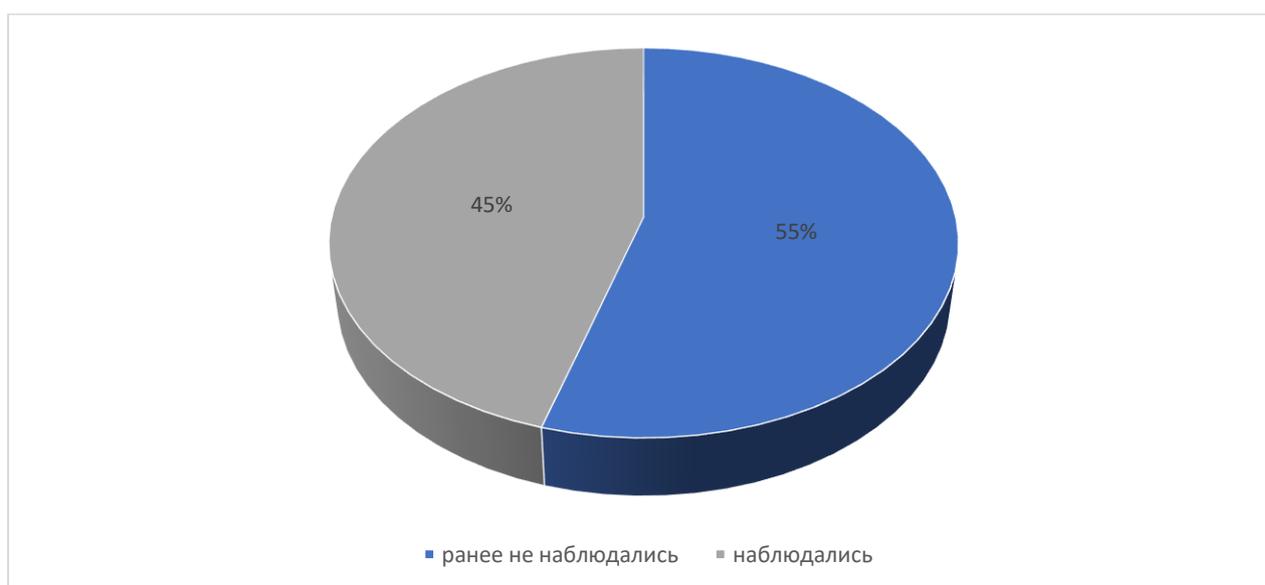


Рисунок 2.1 – Распределение пациентов по предшествующему наблюдению в кабинете диабетической стопы

Из 163 пациентов, включенных в исследование, 40 человек страдали сахарным диабетом (СД) 1 типа, у 123 был диагностирован СД 2 типа.

Срок от манифестации заболевания до начала лечения в среднем составил 10,7 лет.

Средний индекс массы тела (ИМТ) составил $32,7 \pm 0,7$ кг/м².

Средняя длительность верификации сахарного диабета составила $11,5 \pm 0,7$ лет.

2.2.2. Общая характеристика пациентов проспективной группы

Из 236 пациентов, включенных в исследование, 40 пациентов страдали сахарным диабетом (СД) 1 типа, у 192 был диагностирован СД 2 типа, у 4 пациентов нарушения углеводного обмена расценивались как нарушение толерантности к глюкозе.

Средний возраст исследуемых пациентов составил $52,6 \pm 0,8$ (21–85) лет.

Гендерное распределение было следующим: 127 мужчин и 109 женщин.

Средний индекс массы тела (ИМТ) составил $30,7 \pm 0,4$ кг/м².

Средняя длительность верификации сахарного диабета составила $12,1 \pm 0,9$ лет.

Срок от манифестации заболевания до начала лечения в среднем составил $1,7 \pm 0,1$ (медиана 1,4) года. Только 89 (39,6%) пациентов ранее находились под динамическим наблюдением в кабинете диабетической стопы (см. рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Распределение пациентов по предшествующему наблюдению в кабинете диабетической стопы

В результате сбора анамнеза заболевания выяснено: у 14 (5,94%) пациентов однократно выполняли вскрытие флегмоны на стопе, а у 42 (17,8%) – более 3 раз (см. рисунок 2.3); у 21 пациента (8,91%) была выполнена ампутация пальцев на скомпрометированной стопе.

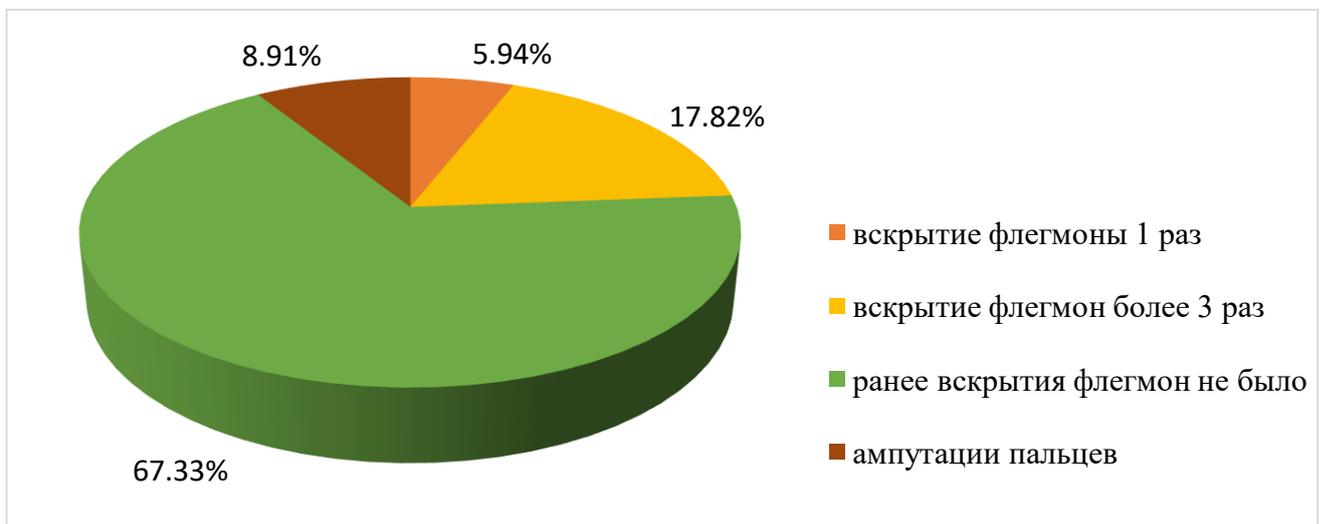


Рисунок 2.3 – Распределение пациентов по saniрующим операциям на стопе в анамнезе в процентах

2.3. Характер (виды) деформаций проспективной и ретроспективной групп

В ретроспективной группе в зависимости от вида деформации выделяли половарусную деформацию (23 пациента), плоско-вальгусную (77 пациентов) и «пресс-папье» (52 пациента); 11 пациентов, включенных в исследование, деформации не имели.

В проспективной группе в зависимости от вида деформации выделяли половарусную деформацию (11 пациентов), плоско-вальгусную (188 пациентов) и «пресс-папье» (17 пациентов); 20 пациентов, включенных в исследование, деформации не имели (см. таблица 2.3 и рисунок 2.4).

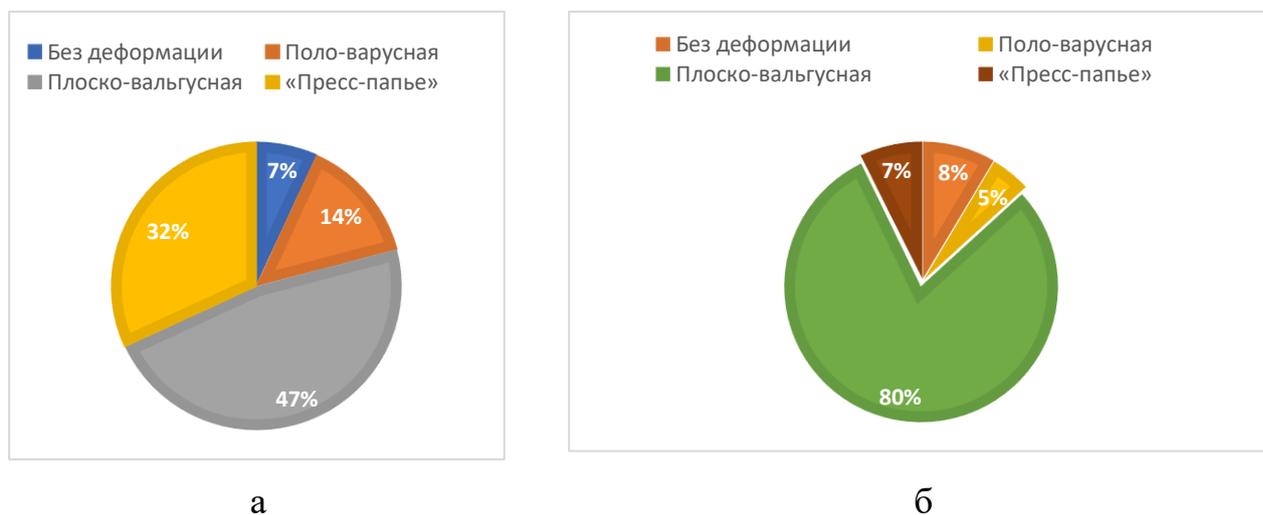


Рисунок 2.4 – Характер деформации среднего отдела стопы в ретроспективной (а) и проспективной (б) группах

Таблица 2.3 – Распределение пациентов в зависимости от характера деформации

Вид деформации	Количество пациентов				p
	Ретроспективная группа		Проспективная группа		
	абс.	%	абс.	%	
Без деформации	11	6,8	20	8,5	0.558
Поло-варусная	23	14,1	11	4,7	0.003
Плоско-вальгусная	77	47,2	188	79,6	0.002
«Пресс-папье»	52	31,9	17	7,2	<0,001
Всего	163	100,0	236	100,0	-

Примечание – при $p < 0,01$.

По оценкам клинико-рентгенологического статуса локализация патологического процесса была верифицирована в ретроспективной группе в суставе Лисфранка (2 тип по Sanders) у 86 пациентов, в суставе Шопара (3 тип по Sanders) у 42 пациентов, комбинированное поражение суставов (тип 2–3 по Sanders) было выявлено в 35 клинических наблюдениях.

В проспективной группе поражение в суставе Лисфранка (2 тип по Sanders) было выявлено у 67 пациентов, в суставе Шопара (3 тип по Sanders) у 18 пациентов, комбинированное поражение суставов (тип 2–3 по Sanders) было выявлено в 136 клинических наблюдениях (см. таблицу 2.4).

Таблица 2.4 – Распределение пациентов в зависимости от локализации поражения

Вид деформации	Количество пациентов				p
	Ретроспективная группа		Проспективная группа		
	абс.	%	абс.	%	
Сустав Лисфранка (Sanders 2)	86	52,8	75	30,3	0.007
Сустав Шопара (Sanders 3)	42	25,8	20	8,1	<0,001
Комбинированное поражение (Sanders 2-3)	35	21,4	141	61,6	<0,001
Всего	163	100,0	236	100,0	-

Примечание – при $p > 0,05$.

2.4. Распределение пациентов проспективной и ретроспективной групп в зависимости от стадии остеоартропатии по классификации Eichenholtz–Shibata

В обеих группах преобладало число пациентов при 3 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata. Наименьшее число пациентов в ретроспективной группе было при 1 стадии, в проспективной группе при 0 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata (см. таблицу 2.5).

Таблица 2.5 – Распределение пациентов в зависимости от стадии остеоартропатии с разделением по полу по подгруппам

Стадия остеоартропатии по Eichenholtz	Количество пациентов				p
	Ретроспективная группа		Проспективная группа		
	абс.	%	абс.	%	
Стадия 0	0	0	13	5,5	0,004
Стадия 1	11	6,6	24	10,2	0,276
Стадия 2	60	36,9	71	30,1	0,320
Стадия 3	92	56,5	128	54,2	0,816
Всего	163	100,0	236	100,0	-

Примечание – при $p > 0,05$.

2.5. Распределение пациентов проспективной и ретроспективной групп в зависимости от стадии язвенного дефекта по классификации Wagner

В ретроспективной группе у 11 пациентов отсутствовали язвенно-трофические дефекты мягких тканей на нагружаемой поверхности стоп (0 стадия по классификации Wagner). Язвенные поражения стопы 1 стадии по Wagner были выявлены у 25 пациентов, 2 стадии по Wagner – у 48 пациентов, 3 стадию по классификации Wagner имело 79 пациентов. У 129 пациентов проспективной группы отсутствовали язвенно-трофические дефекты мягких тканей на нагружаемой поверхности стопы (0 стадия по классификации Wagner). Язвенные поражения стопы 1 стадии по Wagner были выявлены у 21 пациента, 2 стадии по Wagner – у 55 пациентов, 3 стадию по классификации Wagner имел 31 пациент.

В ретроспективной группе превалировало число пациентов с 3 стадией по классификации Wagner, в проспективной группе – пациенты с 0 стадией по классификации Wagner. Большинство пациентов (54,7%) не имели дефектов мягких тканей (0 стадия по классификации Wagner), а среди пациентов, у которых эти дефекты выявлены (107 человек), чаще всего (23,3%) они соответствовали 2 стадии по классификации Wagner (см. таблицу 2.6).

Таблица 2.6 – Распределение пациентов по наличию и глубине язвенных дефектов с разделением по полу по подгруппам

Язвенные поражения стопы по Wagner	Количество пациентов				p
	Ретроспективная группа		Проспективная группа		
	абс.	%	абс.	%	
Стадия 0	11	6,7	129	54,7	<0,001
Стадия 1	25	15,3	21	8,9	0,080
Стадия 2	48	29,5	55	23,3	0,292
Стадия 3	79	48,5	31	13,1	<0,001
Всего	163	100,0	236	100,0	-

2.6. Методы обследования

В клиническое исследование было включено 399 пациентов: 163 в ретроспективную группу и 236 – в проспективную.

Для определения тактики и метода фиксации, а также алгоритма лечения пациентов применяли комплексную классификацию: для локализации процесса – классификацию Sanders, для определения остроты процесса – классификацию Eichenholtz–Shibata, для оценки наличия и глубины язвенных дефектов – классификация Wagner, а также учитали варианта деформации стопы (отсутствие деформации, половарусная, плоско-вальгусная, «пресс-папье»).

2.6.1. Клиническое обследование

Пациенты ретроспективной группы с нейроостеоартропатией Шарко при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata наблюдались амбулаторно, контрольный осмотр проводился 1 раз в месяц, выполняли этапное МРТ-исследование, проводили локальную термометрию с определением градиента температуры.

Пациенты ретроспективной группы при 2–3 стадиях по Eichenholtz–Shibata госпитализировались в плановом и в экстренном порядке.

Пациенты проспективной группы госпитализировались в плановом порядке после предварительной консультации и обследования на амбулаторном этапе, где

выполняли общеклиническое обследование, рентгенографию, МРТ стопы и голеностопного сустава, компьютерную томографию стопы и голеностопного сустава (при наличии грубых деформаций и костных дефектов), ультразвуковое исследование артерий и вен нижних конечностей. До начала стационарного лечения при плановой госпитализации пациентам рекомендовали полную разгрузку скомпрометированной конечности и обучение ходьбе с использованием дополнительных средств опоры (ходунки, костыли, подколенный костыль «свободные руки»).

У всех госпитализированных пациентов проводился сбор жалоб и анамнеза, физикальный осмотр для оценки изменений кожных покровов и формы стопы, амплитуды движений в суставах стопы, пульсации магистральных сосудов.

Все пациенты были консультированы терапевтом и эндокринологом.

2.6.2. Ультразвуковое исследование артерий нижних конечностей

Всем пациентам при предоперационном планировании выполняли ультразвуковое исследование артерий нижних конечностей на аппарате Toshiba Aplio MX. Выявляемые поражения артерий подразделяли на гемодинамически значимые и незначимые. Пациенты с гемодинамически значимыми поражениями артерий нижних конечностей в данное исследование не включены.

При сохранении магистрального или магистрально-изменённого дистального кровотока определяли тактику дальнейшего лечения.

2.6.3. Рентгенологическая диагностика

Всем пациентам на предоперационном этапе и после реконструктивного вмешательства выполняли рентгенографию стопы в прямой проекции и строго боковой с захватом голеностопного сустава. Исследования проводили на аппарате Toshiba RADREX-i DRAD-3000A.

2.6.4. Компьютерная томография

Пациентам, которым проводилось двухэтапное замещение костных дефектов ауто-, аллотрансплантатом и/или остеозамещающими препаратами, в качестве первичной диагностики и на этапах наблюдения, помимо рентгенографии стопы, выполняли компьютерную томографию (КТ) на аппарате Toshiba Aquilion Prime (160 срезов) в режиме «костного окна».

Компьютерную томографию выполняли через 3, 6, 9 и 12 месяцев после операции. Оценивали участки костного трансплантата с определением оптической плотности, архитектуру новообразованной костной ткани и остеопластических материалов. Плотность регенерированной кости оценивалась в единицах Хаунсфилда (HU). Для анализа использовалась программа RadiAnt Dicom.

2.6.5. Магнитно-резонансная томография

Пациентам проспективной группы при 0 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata (n=13) и пациентам с клиническими признаками острой фазы НОАП на диагностическом этапе, а также пациентам после двухэтапного замещения дефектов (n=8) выполняли магнитно-резонансную томографию (МРТ) на аппарате SIEMENS Magnetom Amira 1.5T, в режимах T₁ВИ в сагиттальной плоскости, PD FS ВИ (с подавлением сигнала от жировой ткани) в корональной, сагиттальной и аксиальной плоскостях, PD ВИ в корональной и сагиттальной плоскости. Также МРТ стопы проводилась всем пациентам ретроспективной группы при 1 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata (n=11).

2.6.6. Инфракрасная термометрия

Для оценки локальной гипертермии кожи стоп у пациентов при 0 и 1 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata ретроспективной и проспективной групп

измеряли температуру бесконтактным инфракрасным термометром (Berrcom JXB-178, Китай). Измерения проводились на обеих конечностях с расстояния 1,5 см в симметричных точках: по тыльной поверхности стопы в проекции таранно-ладьевидного сустава, по медиальной поверхности стопы в области медиальной клиновидной кости, латеральной поверхности стопы в области кубовидной кости и основания 5 плюсневой кости. Для каждой точки измерения вычисляли температурный градиент. При значении более 2⁰С стадию остеоартропатии оценивали как активную (см. рисунок 2.5). Термометрия применялась для оценки активности остеоартропатического процесса при консервативном лечении, а также после реконструктивных вмешательств и демонтажа АВФ.



Рисунок 2.5 – Термометрия стопы бесконтактным термометром (фото автора)

2.6.7. Микробиологические исследования

Всем пациентам с язвенными дефектами 1–3 стадии по Wagner (n=107) выполняли забор материала из язвы для микробиологического анализа на наличие микрофлоры и ее чувствительность к антибиотикам.

При язвенных дефектах 2 стадии по Wagner перед взятием биологического материала предварительно очищали язвы от раневого детрита и отделяемого.

При язвенных дефектах 3 стадии по Wagner, помимо предоперационного посева, выполняли повторный интраоперационный забор материала для микробиологического исследования. Для анализа использовали биоптат мягких и костных тканей, полученный путём иссечения визуально изменённых участков.

Микробиологическое исследование проводилось в лаборатории. При обнаружении клинически значимых микроорганизмов идентификация возбудителей осуществлялась методом матрично-активированной лазерной десорбции (ионизации на автоматизированной системе для масс-спектрометрического анализа Autof MS 1000).

Чувствительность выделенных культур к антибактериальным препаратам определяли с использованием автоматического микробиологического анализатора ВД Phoenix 100, а также с использованием МИС-тест-стрипов (Е-тестов) и/или систем Microlatest методом определения минимальных подавляющих концентраций.

2.7. Методы статистического анализа данных

Статистическую обработку и анализ клинических результатов выполняли с использованием методов описательной статистики. Анализ проводился на персональном компьютере в табличном процессоре Microsoft Excel 2024 для Windows, а также с помощью онлайн-калькуляторов (<https://medstatistic.ru/calculators/calchi.html>). На первом этапе определяли нормальность распределения выборки по тестам Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. В связи с ненормальным распределением большинства параметров и малыми выборками в подгруппах описательную статистику проводили с использованием медианы и межквартильного размаха (IQR) для количественных показателей и в процентах при описании качественных. Для сравнения качественных признаков применялся анализ таблиц сопряжённости с расчётом критерия χ^2 . Для малых выборок применяли критерий Фишера. Поскольку распределение количественных показателей во всех группах отличалось от нормального, для их сравнения использовали U-критерий Манна–Уитни для независимых выборок, а для оценки динамики и результатов в одной группе – критерий Вилкоксона для связанных выборок. Для визуализации и иллюстрации групп данных использовали табличный и графический методы.

ГЛАВА 3. ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С НЕЙРООСТЕОАРТРОПАТИЕЙ ШАРКО

3.1. Медикаментозная терапия

Все пациенты обеих групп в стационаре получали медикаментозную терапию сопутствующей терапевтической патологии. В случаях выявления декомпенсации сахарного диабета пациентам производили коррекцию сахароснижающей терапии.

3.1.1. Антибиотикопрофилактика и антибиотикотерапия

У пациентов проспективной и ретроспективной групп антибиотикопрофилактика не отличалась. Пациентам на стационарном этапе при отсутствии язвенных дефектов и признаков остеомиелита выполняли только интраоперационную внутривенную антибиотикопрофилактику цефалоспорином 1 генерации (цефазолином) с целью предотвращения контаминации операционного поля грамположительной кожной флорой. При наличии язвенных дефектов 1–2 стадии по классификации Wagner, помимо антибиотикопрофилактики, назначали антибактериальную терапию длительностью до 7 дней. При язвенном дефекте 3 стадии по Wagner и признаках остеомиелита костей среднего отдела стопы антибактериальную терапию проводили до 14 дней. Выбор препарата основывался на данных микробиологического исследования.

3.2. Консервативное лечение

11 пациентам ретроспективной группы при 1 стадии процесса по Eichenholtz–Shibata и 15 пациентам проспективной группы (13 – при 0 стадии по Eichenholtz–Shibata и 2 – при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata) без деформации и язв проводили консервативное лечение с фиксацией стопы в индивидуальной разгрузочной

повязке (ИРП) с заменой её на новую по мере уменьшения отёка конечности (см. таблицу 3.1).

Таблица 3.1 – Характеристика группы пациентов консервативной тактики лечения

Стадия по Eichenholtz–Shibata	Ретроспективная группа	Проспективная группа
Стадия 0	0	13
Стадия 1	11	0
Стадия 2	0	2
Всего	11	15

Примечание – $p=1,000$, различия между группами статистически не значимы.

При билатеральном поражении стоп пациенту рекомендовали передвижение на кресле-каталке. Температурный градиент менее 2°C при двух измерениях с интервалом 2 недели рассматривали, наряду с отсутствием отёка и гиперемии стопы, как клинический признак перехода артропатии в неактивную стадию; поэтому снятие ТСС и перевод пациента в съёмный ортез или обувь осуществляли только при достижении указанной величины температурного градиента. Отсутствие отёка костного мозга в зоне интереса по данным МРТ в сочетании с рентгенологической картиной, соответствующей завершению процесса, на фоне указанных клинических признаков служило показанием к завершению периода иммобилизации и переходу к ходьбе сначала в стандартном съёмном ортезе, затем в ортопедической обуви.

Для обеспечения полного разгружающего эффекта (non-weight bearing) применяли костыли (подколенный костыль «свободные руки» или ходунки). Рентгенологический контроль и термометрию с вычислением температурного градиента выполняли каждые 1,5 месяца.

У 2 пациентов проспективной группы с остеоартропатией Шарко при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata и 0 стадии по Wagner при отсутствии деформации и угрозы язвообразования применяли ИРП, рекомендовали полную разгрузку конечности и дополнительные средства опоры (костыли, ходунки). Тактика лечения была аналогична ведению пациентов при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata

без деформации и язв. Замена ИРП на новую при снижении отёка стопы и голени с возникновением явлений нестабильности повязки выполнялась от 1 до 3 раз. Продолжительность иммобилизации составила 7 месяцев. При клинических и МРТ признаках перехода патологического процесса в 3 стадию по Eichenholtz–Shibata пациентам рекомендовали ношение диабетической ортопедической обуви и диабетических стелек.

В проспективной группе при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata при отсутствии деформации и язв пациентам рекомендовали наблюдение в кабинете диабетической стопы по месту жительства с обязательной явкой 1 раз в 3 месяца, а также постоянное ношение диабетической ортопедической обуви увеличенного объёма с индивидуальными диабетическими ортопедическими стельками.

Пациентам при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata при наличии деформации, но без признаков формирования гиперкератозов, при отсутствии натёртостей, болевого синдрома и прогнозируемых рисков развития язвенных дефектов давали те же рекомендации; дополнительно рекомендовали исключить использование каркасных стелек.

Пациенты с консервативной тактикой ведения не были включены в данное исследование, поскольку после первичного консультативного приема направлялись на амбулаторное наблюдение в кабинеты диабетической стопы по месту жительства.

3.3. Хирургическое лечение

Оперативные вмешательства были выполнены у 152 пациентов ретроспективной группы и у 221 пациента проспективной группы.

В ретроспективной группе в большинстве случаев выполняли клиновидную резекцию костей с погружным остеосинтезом винтами ($n=80$), а также остеонекрэктомиию с погружной фиксацией пластинами ($n=9$) и без ($n=36$), а также резекционный артродез с применением АВФ ($n=27$) (рис. 3.1, а).

В проспективной группе варианты хирургической тактики разделялись на операции с использованием фиксаторов и без их использования. К первой

подгруппе относили остеонекрэктомия с различными видами фиксации стопы: погружным (n=67), внеочаговым чрескостным (n=100) или комбинированным остеосинтезом (n=31). Во вторую подгруппу входили остеонекрэктомия или резекция костных экзостозов по плоскости с иссечением язвенного дефекта или без него, а также другие виды вмешательства без выполнения остеосинтеза (n=23) (см. рисунок 3.1, б).



Рисунок 3.1 – Распределение хирургической тактики в ретроспективной (а) и проспективной (б) группах пациентов

3.3.1. Тактика оперативного лечения в ретроспективной группе

3.3.1.1. Тактика лечения при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata и язвенным дефектом 1-2 стадии по Wagner (25 пациентов)

Из всей подгруппы у 23 пациентов было поражение по Sanders 2, у 2 пациентов – комбинированное поражение по Sanders 2-3.

2 пациентам выполняли остеонекрэктомия с фиксацией стопы задней гипсовой лонгетой. 21 пациенту выполнена клиновидная резекция костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами. 2 пациентам проведен артродез аппаратом

внешней фиксации, после демонтажа аппарата фиксацию стопы продолжали в ИРП.

3.3.1.2. Тактика лечения при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata и язвенным дефектом 3 стадии по Wagner (35 пациентов)

Из всей группы у 13 пациентов было поражение по Sanders 2, у 11 – по Sanders 3, у 11 пациентов – комбинированное поражение по Sanders 2–3.

12 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с фиксацией стопы задней гипсовой лонгетой в течение 1,5 месяца. 2 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с погружным остеосинтезом пластинами. Пациенты передвигались с помощью дополнительных средств опоры без нагрузки на ногу в течение 4 месяцев, после чего им накладывали ИРП и разрешали дозированную постепенно увеличивающуюся нагрузку в течение 2 месяцев. 10 пациентам была выполнена клиновидная резекция костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами. Срок иммобилизации составил 4 месяца, после чего начинали дозированную нагрузку в ИРП. 11 пациентам проведен артродез аппаратом внешней фиксации. Срок фиксации составил 4 месяца.

3.3.1.3. Тактика лечения при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata и язвенным дефектом 1–2 стадии по Wagner (47 пациентов)

Из всей группы у 23 пациентов было поражение по Sanders 2, у 16 – по Sanders 3, у 8 пациентов – комбинированное поражение по Sanders 2–3.

12 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с фиксацией стопы задней гипсовой лонгетой. 4 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с погружным остеосинтезом пластиной. 23 пациентам была выполнена клиновидная резекция костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами. 8 пациентам проведен артродез аппаратом внешней фиксации.

3.3.1.4. Тактика лечения при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata и язвенным дефектом 3 стадии по Wagner (45 пациентов)

Из всей группы у 26 пациентов было поражение по Sanders 2, у 10 – по Sanders 3, у 9 пациентов – комбинированное поражение Sanders 2–3.

10 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с фиксацией стопы задней гипсовой лонгетой на срок до 1,5 месяца. 3 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с погружным остеосинтезом пластиной. 26 пациентам была выполнена клиновидная резекция костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами. 6 пациентам проведен резекционный артродез аппаратом внешней фиксации.

На рисунке 3.2 приведен пример клинической картины до и после клиновидной резекции костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами.



а



б



в



г



д



е

Рисунок 3.2 – Фото и рентгенограммы стопы до оперативного вмешательства (а, б, в) и через 4 месяца после проведения реконструктивного вмешательства (г, д, е) (фото автора)

3.3.2 Тактика оперативного лечения в проспективной группе

Тактику оперативного лечения в проспективной группе определяли в зависимости от стадии нейроостеоартропатии Шарко по классификации Eichenholtz–Shibata и стадии язвенных дефектов по классификации Wagner, согласно разработанному алгоритму лечения (приложение А).

Распределение лечебной тактики в зависимости от стадии по классификациям Eichenholtz–Shibata и Wagner представлены в итоговой таблице (приложение Б).

3.3.2.1 Тактика при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata

3.3.2.1.1 «Закрытая» коррекция деформаций

При диагностировании НОАП у пациента при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata при отсутствии деформации алгоритм лечения соответствовал консервативной тактике, как при 0 стадии по Eichenholtz–Shibata, с использованием ИРП и динамическим наблюдением.

У пациентов с деформацией стопы для стабилизации сегмента и коррекции деформации мы отдавали приоритет аппарату внешней фиксации.

После фиксации стопы в аппарате отмечали клинически более быстрый регресс отека и снижение разницы локальной температуры по сравнению с ИРП, что связывали с большей стабильностью между фрагментами. Фиксацию аппаратом производили «закрыто» без применения разрезов, с одноэтапным выведением стопы в нормокоррекцию и удержанием её в фиксированной позиции до появления рентгенологических признаков консолидации. Это позволяло пациентам без деформации стопы при переходе в 3 стадию по Eichenholtz–Shibata переходить к нагрузке не в сложной (индивидуально изготовленной), а в стандартной (готовой, подобранной) ортопедической обуви.

При изменении структуры стопы на фоне 1 стадии в варусную или вальгусную сторону мы всегда выполняли стабилизацию аппаратом внешней фиксации (n=8).

Контроль температурного градиента на этапе лечения соответствовал тактике, применяемой при 0 стадии по Eichenholtz–Shibata.

В раннем послеоперационном периоде (начиная с третьих суток) после выполнения контрольных рентгенограмм и при выявлении остаточной деформации её устраняли с помощью шарниров. С целью стимуляции остеорепарации на стыке костных отломков выполняли поддерживающую компрессию в парафрактурных опорах 1 раз в месяц по 1 мм.

На этапе фиксации в АВФ каждые 1,5 месяца выполняли осмотр пациента и рентгенологический контроль. Демонтаж аппарата производили при наличии положительной рентгенологической динамики и после проведения клинической пробы состоятельности артродеза; далее выполняли фиксацию сегментов конечности задней гипсовой лонгетой или съёмной ИРП. В период ношения съёмной лонгеты или ИРП пациентам изготавливали индивидуальную ортопедическую обувь и, в одном случае, индивидуальные туторы при билатеральном поражении.

Закрытая коррекция деформаций (репозиция и фиксация) методом чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова (АВФ) была проведена у 8 пациентов; у 4 из них были язвенные дефекты 2 стадии по классификации Wagner.

3.3.2.1.2. Открытые оперативные вмешательства

У 10 пациентов (9 – без язвенных дефектов, стадия 0 по Wagner, 1 – язва 1 стадии по Wagner) при невозможности закрытого вправления осуществляли открытое оперативное вмешательство. Погружную фиксацию (винты, пластины, коннекторы) применяли у 1 пациента, фиксацию АВФ – у 5 пациентов, гибридную фиксацию погружными фиксаторами и АВФ – у 4 пациентов. Выбор погружных фиксаторов был обусловлен отсутствием синовиальной жидкости, т.е.

продуктивного асептического воспаления, слабой приверженностью к лечению и риском неполного послеоперационного ухода за АВФ.

3.3.2.2 Тактика лечения пациентов при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata

3.3.2.2.1 Тактика без язвенных дефектов (Wagner 0) (35 пациентов)

В 35 случаях при наличии выраженной деформации, гиперкератозов, угрозы язвообразования и/или нарушения опороспособности стопы выполняли резекционный артродез с фиксацией погружными фиксаторами (5 пациентов), АВФ (13 человек) или комбинацией этих методов (12 случаев). У 5 пациентов произведено замещение костных дефектов с фиксацией в АВФ: с использованием фрагментов резецированных костей – у 4 пациентов, гетеротопической аллокости – у 1 пациента.

У 3 пациентов выполнена остеэктомия без замещения костного дефекта (см. подглаву 3.6).

При клинических и рентгенологических признаках консолидации пациентам рекомендовали ношение диабетической ортопедической обуви и диабетических стелек.

3.3.2.2.2. Тактика при язвенных дефектах 1–2 по Wagner (18 пациентов)

4 пациентам выполнили резекционный артродез с фиксацией АВФ, в 6 случаях – гибридный артродез погружными фиксаторами и АВФ. Для заживления трофических язв и профилактики рецидивов при выполнении резекционного артродеза устраняли угловые смещения костных фрагментов стопы и резецировали костные экзостозы. Таким образом было пролечено 10 пациентов.

В 6 случаях было произведено замещение костных дефектов с фиксацией в АВФ, у 5 пациентов – одноэтапно: использовались резецированные кости стопы (2 пациента), материал из гребня подвздошной кости (1 пациент) и гетеротопическую

аллокость (2 пациента). У 1 пациента произведено двухэтапное замещение аутотрансплантатом (RIA) из канала бедренной кости с установкой спейсера на 1 этапе.

При клинических и рентгенологических признаках консолидации выполняли демонтаж аппарата, после завершения реабилитации и перехода к полной нагрузке в ИРП и/или ортезе пациентам рекомендовали ношение диабетической ортопедической обуви и диабетических стелек.

У 2 пациентов произведена остеозомия без замещения костного дефекта (см. подглаву 3.6).

Характеристика данной подгруппы пациентов приведена в таблице 3.6.

3.3.2.2.3. Тактика при язвенных дефектах 3 стадии по Wagner (13 пациентов)

У 5 пациентов с выраженной деформацией и язвой 3 стадии по Wagner выполняли остеонекрэктомия с последующим резекционным артрорезом в АВФ, у 3 пациентов – с использованием погружных фиксаторов.

В 1 случае костный дефект был замещен одномоментно фрагментами резецированных костей стопы с фиксацией в АВФ.

У 1 пациента при язвенном дефекте 3 стадии по Wagner и активном остеомиелитическим процессом выполняли остеонекрэктомия с установкой на первом этапе антибактериального спейсера в полость дефекта, пластику раневого дефекта и фиксацию стопы в условиях чрескостного остеосинтеза. Замещение костного дефекта выполняли на втором этапе аутотрансплантатом, полученным системой Reamer Irrigation Aspirator (RIA).

В 3 случаях при двухэтапной тактике замещение костного дефекта выполняли с применением аллокости.

При клинических и рентгенологических признаках консолидации проводили демонтаж аппарата, после завершения реабилитации и перехода к полной нагрузке

пациенту рекомендовали ношение диабетической ортопедической обуви и диабетических стелек.

3.3.2.3. Тактика лечения при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata

3.3.2.3.1. Тактика без язвенных дефектов (Wagner 0) (58 пациентов)

При наличии плантарных гиперкератозов, болевого синдрома и/или элевации медиальной колонны при первичном осмотре пациенты с наличием деформации и при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata по рентгенологическим данным были разделены на две группы.

Первая группа пациенты, у которых в процессе перестройки сломанных костей среднего отдела стопы формировался единый костный конгломерат без четкой дифференцировки на суставы. Чаще это было присуще для сустава Лисфранка или 2 типу по классификации Sanders (n=38).

Вторая группа – пациенты, у которых переломо-вывих костей происходил в суставе Шопара или одновременно в суставах Шопара и Лисфранка, с переходом в 3 стадию по Eichenholtz–Shibata при сохранении костей в положении вывиха или подвывиха (n=20). При этом зона диастаза и полости суставов были заполнены грубой рубцовой тканью и оссификатами. Сращение происходило между костями без формирования единого конгломерата (см. рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Формы рентгенологической коалесценции: первая форма (а), вторая форма (б) (фото автора)

При первом варианте 3 пациентам без выраженной клинической деформации производили резекцию костных экзостозов по плоскости без внутренней или внешней фиксации, 21 пациенту – резекционный артродез с остеосинтезом погружными фиксаторами, 14 пациентам – с фиксацией в АВФ, в 3 случаях – с гибридной фиксацией.

При втором варианте у 20 пациентов проводили выделение дислоцированных костей, выделение из рубцов и вправление с выполнением артродезирования. При этом фрагменты выводились в положение, максимально приближенное к анатомическому, и фиксировались в АВФ (16 пациентов) или с использованием гибридной фиксацией (4 человека).

Доступ к дислоцированным костям осуществляли продольным переднемедиальным доступом к костям медиальной колонны и латеральным доступом к костям наружного отдела стопы. В зависимости от вектора и степени смещения дислоцированных ладьевидной и клиновидных костей плантаризация медиального доступа могла варьироваться.

3.3.2.3.2. Тактика при язвенных дефектах 1–2 стадии по Wagner (53 пациента)

Пациентам с деформацией среднего отдела стопы по типу «стопа-качалка» при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata и язвой при 1–2 стадиях по Wagner по плантарной поверхности выполняли резекцию по плоскости выступающих (пролабированных) плантарно костных структур и сформированных экзостозов без проведения корригирующих остеотомий и фиксации стопы имплантами – 10 пациентов.

16 пациентам выполняли резекционный артродез с остеосинтезом погружными фиксаторами, в 13 случаях – с фиксацией в АВФ, в 4 случаях – с гибридной фиксацией.

У 10 пациентов произведено замещение костных дефектов: одноэтапно с использованием фрагментов резецированных костей и погружных фиксаторов (4 пациента) или АВФ (1 пациент), гетеротопической аллокости и АВФ (2 пациента), двухэтапно с аутокостью и АВФ (2 пациента).

При выраженной элевации переднего отдела с формированием отрицательного продольного свода, при отсутствии явлений инфекции и при незначительных трофических нарушениях, а также при возможности одномоментно иссечь язвенный дефект при коррекции деформации и ушить края раны местными тканями выполняли клиновидный резекционный артродез с фиксацией погружными фиксаторами (16 человек), или АВФ с низведением переднего отдела и восстановлением свода стопы (13 пациентов), или комбинацией методов фиксации (4 случая).

Погружные фиксаторы применялись у 16 пациентов при наличии язвенных дефектов 1–2 стадии по Wagner вне зоны оперативного вмешательства, которые интраоперационно изолировали адгезивной стерильной плёнкой. При обширных язвах 2 стадии по Wagner в зоне вмешательства у 5 пациентов производили иссечение язвенного дефекта, а резекция костных фрагментов из отдельных доступов позволяла ушить края плантарной раны с адаптацией местными тканями без натяжения. Стабилизацию костных фрагментов проводили с помощью АВФ.

В 4 случаях при сохранении дифференцировки суставов среднего отдела стопы проводилось выделение дислоцированных костей, выделение из рубцов и вправление с проведением артродезирования. При этом фрагменты выводились в положение, максимально приближенное к анатомическому, с применением погружных фиксаторов и АВФ.

3.3.2.3.3. Тактика при язвенных дефектах 3 стадии по Wagner (17 пациентов)

Пациентам с деформацией среднего отдела стопы по типу «стопа-качалка» и язвой 3 стадии по Wagner на 3 стадии по Eichenholtz–Shibata по плантарной

поверхности выполняли резекцию по плоскости выступающих плантарно костных структур без проведения корригирующих остеотомий и фиксации стопы имплантами – 5 пациентов.

В 2 случаях остеонекрэктомии дополняли удалением ранее установленных инфицированных погружных металлоконструкций, а в 1 случае – цементного спейсера. У этих 3 пациентов после хирургической обработки гнойного очага проводили фиксацию в АВФ без замещения костных дефектов (см. подглаву 3.6).

У 2 пациентов с деформацией стопы по типу «пресс-папье» («стопа-качалка») и язвенными дефектами 3 стадии по классификации Wagner хирургический доступ осуществляли по подошвенной поверхности в косо-продольном направлении с иссечением язвенного дефекта. При этом проводили остеонекрэктомию, санацию раны с использованием метода ультразвуковой кавитации и пластику раны местными тканями с послойным ушиванием. Если плантарную язву не удавалось полностью закрыть интраоперационно, в дальнейшем заживление наступало вторичным натяжением. После остеонекрэктомии выполняли резекционный артродез с дальнейшей гибридной фиксацией погружными фиксаторами и АВФ.

3.4. Распределение тактики лечения в ретроспективной и проспективной группе пациентов

Проводили сравнительный анализ выбора тактики хирургического лечения в двух группах пациентов с наличием и отсутствием язвенных дефектов. Были выявлены статистически значимые различия в тактике лечения при 1–3 стадиях по Eichenholtz–Shibata в ретроспективной и проспективной группах (см. таблицы 3.2 и 3.3).

Таблица 3.2. – Тактика лечения в группах при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata

Тактика лечения	Ретроспективная группа		Проспективная группа		
	Wagner 1–2	Wagner 3	Wagner 0	Wagner 1–2	Wagner 3
Консервативная тактика - ИРП	0	0	2 (5%)	0	0
Остеонекрэктомия, резекция по плоскости	2 (8%)	12 (34,3%)	3 (7,5%)	2 (11,2)	0
Открыто артродез погружными фиксаторами	21 (84%)	12 (34,3%)	5 (12,5%)	0	3 (23%)
Открыто артродез АВФ	2 (8%)	11 (31,4%)	13 (32,5%)	4 (22,2)	5 (38,5%)
Открыто артродез с гибридной фиксацией	0	0	12 (30%)	6 (33,3%)	0
Открыто артродез в АВФ с замещением дефекта	0	0	5 (12,5%)	6 (33,3%)	5 (38,5%)
Всего	25	35	40	18	13

Примечание – различия в структуре тактики лечения в ретроспективной и проспективной группах достоверны при $p < 0,01$.

Таблица 3.3. – Тактика лечения в группах при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata

Тактика лечения	Ретроспективная группа		Проспективная группа		
	Wagner 1–2, n (%)	Wagner 3, n (%)	Wagner 0, n (%)	Wagner 1–2, n (%)	Wagner 3, n (%)
Остеонекрэктомия, резекция по плоскости	12 (25,6%)	10 (22,2%)	3 (5,2%)	10 (18,9%)	5 (29,4%)
Остеонекрэктомия, удал. МОС, АВФ	0	0	0	0	2 (11,8%)
Остеонекрэктомия, удал. спейсера, АВФ	0	0	0	0	1 (5,9%)
Открыто артродез погружными фиксаторами	27 (57,4%)	29 (64,4%)	21 (36,2%)	16 (30,2%)	0
Открыто артродез АВФ	8 (17%)	6 (13,4%)	14 (24,1%)	13 (24,5%)	0
Открыто артродез с гибридной фиксацией	0	0	3 (5,2%)	4 (7,5%)	2 (11,8%)
Открыто артродез в АВФ с замещением дефекта	0	0	17 (29,3%)	10 (18,9%)	7 (41,2%)

Примечание – различия в структуре тактики лечения в ретроспективной и проспективной группах достоверны при $p < 0,01$.

3.5. Замещение костных дефектов

В ретроспективной группе замещения костных дефектов не производилось.

У 56 пациентов проспективной группы при наличии костных дефектов выполняли костно-пластическое замещение: в 36 случаях – одноэтапно, в 20 – двухэтапно (см. таблицы 3.4 и 3.5).

Одноэтапную методику применяли в 36 случаях: у 29 пациентов с сахарным диабетом 2 типа, у 5 пациентов с сахарным диабетом 1 типа, в 2 случаях – при нарушении толерантности к глюкозе. У 24 пациентов выявлены дефекты суставов Шопара и Лисфранка, еще у 6 – только сустава Лисфранка, у 6 пациентов – изолированные дефекты медиальной колонны стопы с преимущественным формированием дефектов шейки и головки таранной кости и частичным дефектом ладьевидной кости.

Таблица 3.4 – Распределение пациентов по методам одноэтапного замещения костных дефектов

Одноэтапное замещение костных дефектов, n=36	Резецированная ортотопическая аутокость, n=25	Гетеротопическая аутокость, n=1	Гетеротопическая аллокость, n=10	всего
Eichenholtz–Shibata 1	2	0	0	2
Eichenholtz–Shibata 2	7	1	3	11
Eichenholtz–Shibata 3	16	0	7	23
Wagner 0	16	0	5	21
Wagner 1	4	0	1	5
Wagner 2	5	1	4	10

Примечание – $p > 0,05$.

При наличии язвенного дефекта, угрозы его формирования или остеомиелита замещение дефекта производили двухэтапно. На основании методики Masquelet нами разработан и внедрен способ двухэтапного замещения дефектов костей среднего отдела стопы. На втором этапе реконструктивного вмешательства 2 пациентам проводили замещение костного дефекта ортотопическим аутооттрансплантатом (из преахиллярной зоны пяточной кости), 3 пациентам – гетеротопической аутокостью из гребня подвздошной кости, в 4 случаях –

аллокостью, у 11 пациентов – аутотрансплантатом, полученным системой RIA из канала бедренной кости, в комбинации с аллокостью в виде спонгиозной крошки (9 случаев) или с гидроксипатитом (2 случая).

На метод двухэтапного замещения дефектов с применением системы RIA получен патент РФ № 2776414 С1 от 12.01.2022.

Всем пациентам при двухэтапной тактике лечения стабилизацию стопы выполняли с использованием аппаратов внешней фиксации.

Двухэтапную методику применяли в 20 случаях. У 6 пациентов были выявлены дефекты суставов Шопара и Лисфранка, у 3 пациентов – только сустава Лисфранка, у 11 пациентов – изолированные дефекты медиальной колонны стопы с преимущественным формированием дефектов шейки и головки таранной кости и частичным дефектом ладьевидной кости. В стадии обострения хронического остеомиелита (свищевая форма) был оперирован 1 пациент, 3 пациента – сразу после заживления ран из-за ранее вскрытых флегмон. Причиной формирования флегмон рассматривали вторичное инфицирование гематом, возникающих при патологических переломах костей среднего отдела стопы на фоне продолжающейся нагрузки на компрометированную стопу.

На первом этапе проводили удаление частей деформированных и пораженных костей, рубцовых тканей и патологических грануляций, резекцию хрящей суставных поверхностей костей и синовэктомию с пластикой образовавшегося диастаза полиметилметакрилатным цементным спейсером, изготовленным из ревизионного костного цемента средней степени вязкости и содержащим 1 грамм гентамицина. В процессе формирования спейсера в цемент добавляли до 2–4 граммов ванкомицина. Объем спейсера зависел от объема образовавшегося диастаза. При нехватке одной дозы костного цемента (40 граммов) использовали 2 дозы. Сформированный спейсер имел аналогичную величину по отношению к прилегающей кости, а его объем соответствовал объему сформированного диастаза.

На втором этапе через 6–8 недель (по технологии Masquelet) цементный спейсер удаляли, не повреждая образовавшуюся остеоиндуктивную мембрану, дефект-диапаз заполняли комбинированным костно-пластическим материалом.

Забор аутокости выполняли с помощью системы Reamer Irrigator Aspirator (RIA). При обширном дефекте аутологичный биоматериал в асептических условиях смешивали с аллокостью в виде деминерализированной спонгиозной костной крошки в соотношении 1:1, после чего трансплантат интегрировали в раневую полость. В одном клиническом наблюдении к ауотрансплантату дополнительно добавляли крошку гидроксиапатита. Раны на стопе ушивали наглухо послойными швами без дренажа.

Этапный рентгенологический контроль проводили каждые 1–1,5 месяца, КТ-контроль – через 3, 6 и 12 месяцев после костно-пластического этапа. Демонтаж аппарата внешней фиксации выполняли при наличии рентгенологических признаков консолидации и после проведения клинической пробы. Аппаратную фиксацию стопы заменяли фиксацией задней гипсовой лонгетой сроком на 2–3 недели – до заживления ран в местах удалённых фиксирующих элементов. В дальнейшем пациент продолжал фиксацию стопы в ИРП с последующими рекомендациями ношения индивидуальной ортопедической обуви.

Таблица 3.5 – Распределение пациентов по методам двухэтапного замещения костных дефектов

Двухэтапное замещение костных дефектов, n=20	Резецированная ортотопическая аутокость, n=2	Гетеротопическая аутокость, n=3	Аутокость из канала бедренной кости, n=11	Гетеротопическая аллокость, n=4	всего
Eichenholtz–Shibata 1	0	1	3	0	4
Eichenholtz–Shibata 2	0	0	2	3	5
Eichenholtz–Shibata 3	2	2	6	1	11
Wagner 0	0	0	10	0	10
Wagner 3	2	3	1	4	10

3.6. Хирургическое лечение без замещения костных дефектов

16 пациентам проспективной группы с дефектами костей и нестабильностью среднего отдела стопы по различным причинам (отсутствие согласия пациента, выявление противопоказаний к проведению двухэтапного лечения, инфекционные осложнения погружного остеосинтеза, упорное рецидивирование гнойного процесса при наличии антибактериального спейсера с фиксацией в АВФ) замещение костных дефектов не производили. Из них 11 пациентам ранее были выполнены различные вмешательства на стопе в разных медицинских учреждениях, в том числе у 3 – с погружными фиксаторами. СД 1 типа имели 3 пациента, СД 2 типа – 13. Средний возраст всех пациентов составил $55,4 \pm 3,2$ (27–72) года (см. таблицу 3.6).

Таблица 3.6 – Распределение пациентов с костными дефектами среднего отдела стопы без проведения их замещения

	Первичная патология, n=5	Послеоперационные рецидивы, n=11	Всего
Мужчины	3	8	11
Женщины	2	3	5
СД 1 типа	1	2	3
СД 2 типа	4	9	13
Стадия 2 по Eichenholtz–Shibata	5	0	5
Стадия 3 по Eichenholtz–Shibata	0	11	11
Деформация	5	6	11
Без язв	3	3	6
Язва 1–2 ст. по Wagner	2	0	2
Язва 3 ст. по Wagner	0	8	8

В группе из 16 пациентов без замещения дефектов 13 пациентам выполнена остеонекрэктомия, из них в 2 случаях – с удалением погружных металлоконструкций. Мужчин было 8, средний возраст – $53,3 \pm 4,6$ (31–72) лет, из них 2 – с СД 1 типа; женщин – 5, средний возраст $53,6 \pm 7,0$ (27–67) лет, 1 – с СД 1 типа. 2 пациентам удаляли ранее установленные внутренние фиксаторы без

заполнения образовавшегося костного дефекта. У 3 пациентов с упорным рецидивированием гнойного процесса при установленном антибактериальном спейсере с фиксацией в аппарате внешней фиксации выполняли удаление спейсера и пластику раневого дефекта местными тканями с проведением дозированной компрессии для уменьшения полости имеющегося дефекта. Всего в 3 случаях после удаления металлоконструкций или спейсера продолжали фиксацию в аппарате внешней фиксации, а у остальных 13 пациентов фиксацию выполняли задней гипсовой лонгетой или ИРП до купирования признаков гнойно-воспалительного процесса и заживления ран, но не менее 2 месяцев. Дальнейшую активизацию проводили в ИРП или ортезе с пневмофиксацией. Всем пациентам группы без замещения дефектов на этапе оценки результатов лечения измеряли длину оперированной стопы и сравнивали с длиной интактной стопы (см. рисунок 3.4).

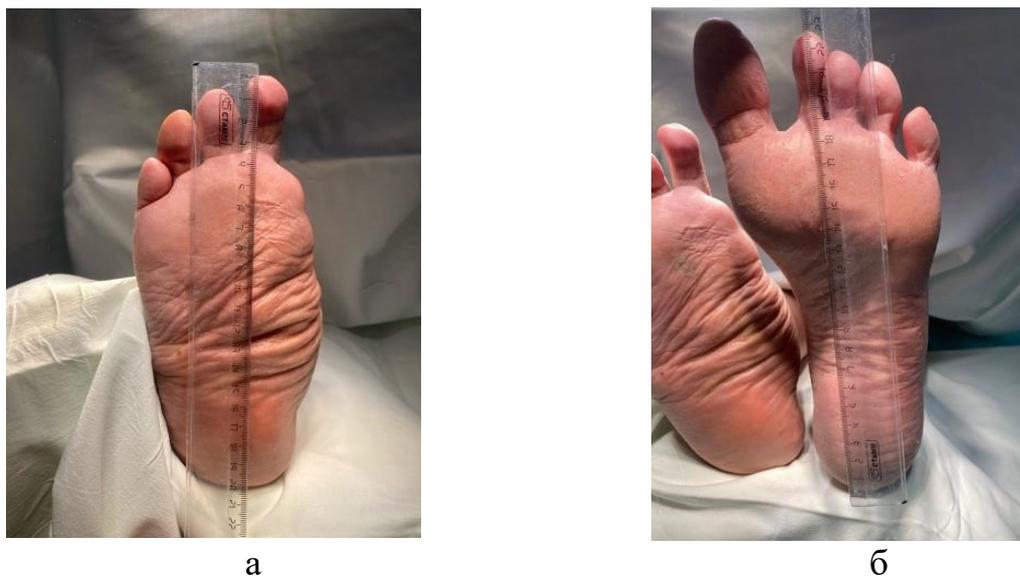


Рисунок 3.4 – Фото пораженной (а) и контралатеральной стопы (б) при измерении длины (фото автора)

У всех 16 пациентов после удаления некротизированных костей и/или спейсера без замещения образовавшегося дефекта выполняли измерение пассивных движений в сформировавшемся неоартрозе с определением угла тыльной и подошвенной флексии.

Для измерения амплитуды движений использовался полукруглый транспортир с градуировкой до 180 градусов, вершиной угла служила зона

флотации. Для определения угла движений на рентгенограммах стопы в боковой проекции измеряли угол Хиббса в положениях крайней тыльной и подошвенной флексии стопы (см. рисунок 3.5).

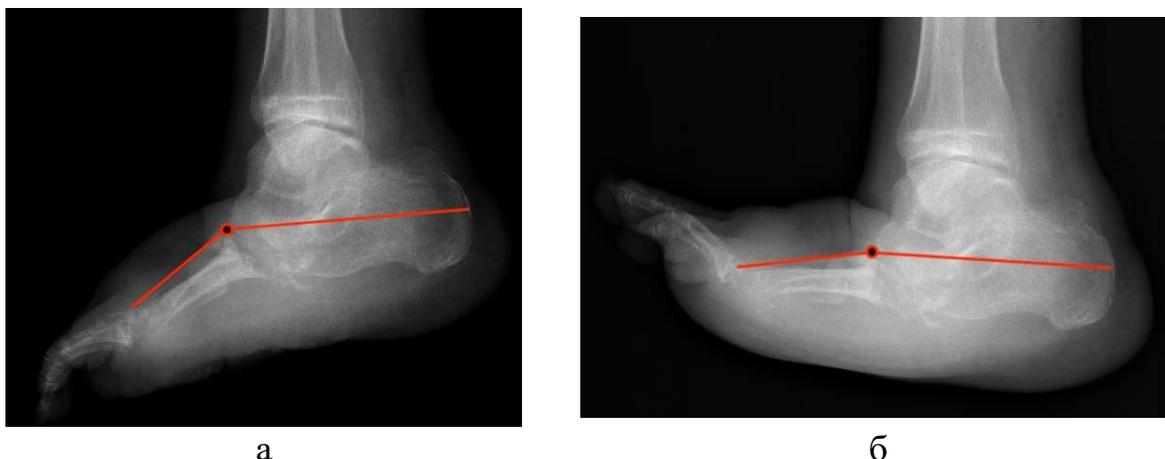


Рисунок 3.5 – Рентгенограммы стопы в боковой проекции в положении максимальной подошвенной (а) и тыльной (б) флексии с отмеченным углом Хиббса (фото автора)

В проспективной группе при наличии язвенных дефектов 1–2 стадии по классификации Wagner на время проведения оперативного вмешательства и перед выполнением доступа язвенный дефект заклеивали адгезивной пленкой для предотвращения интраоперационной контаминации раны.

3.7. Используемый вариант компоновки аппарата внешней фиксации при деформациях среднего отдела стопы

Для остеосинтеза аппаратом внешней фиксации при деформациях среднего отдела стопы при 2–3 стадиях по Sanders применяли модульную базу, состоящую из одной опоры на голени с проведением пар спиц в средней и нижней трети голени, трёх спиц через пяточную кость и двух спиц через плюсневые кости с фиксацией в полукольце на переднем и заднем отделах стопы. Под контролем ЭОП проводили коррекцию деформации. Опоры соединяли с помощью двухплоскостных шарниров; в парафрактурных опорах создавали компрессию (см. рисунок 3.6).

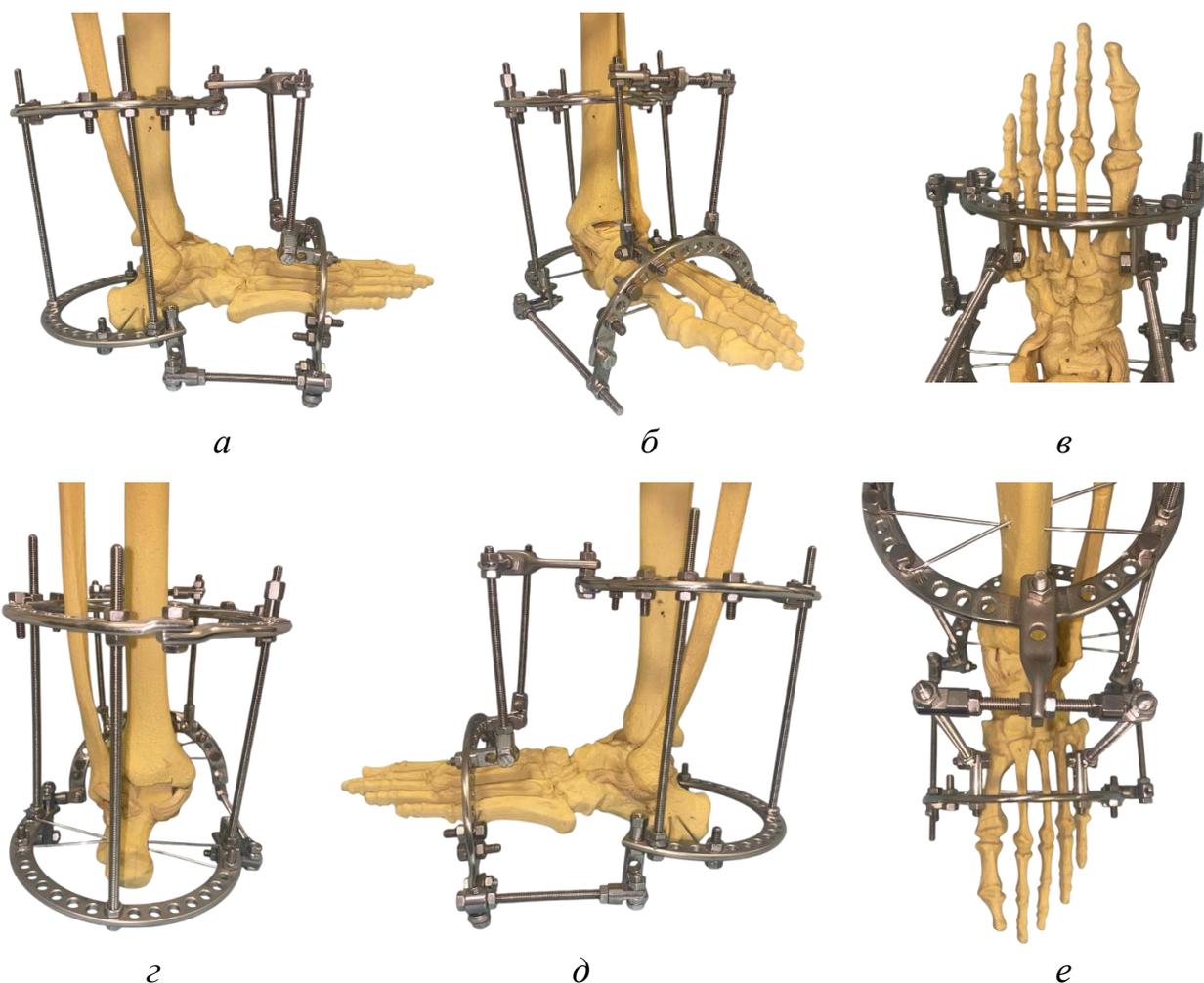


Рисунок 3.6 – Фото макета компоновки аппарата для среднего отдела стопы: вид сбоку (а, д), вид $\frac{3}{4}$ (б), вид сзади (г), вид сверху (в, е) (фото автора)

Данная компоновка аппарата была менее габаритной по сравнению со стандартной и включала одно кольцо на голени вместо двух, что позволяло пациентам использовать дополнительное средство опоры – костыль «свободные руки». Это облегчало передвижение и повышало мобильность пациента.

3.8. Тенотомии при деформации среднего отдела стопы

Оперированным пациентам ретроспективной группы ахиллотомию не проводили.

Всем оперированным пациентам проспективной группы с фиксацией стопы (n=221) выполняли тенотомию ахиллова сухожилия по Пирогову через проколы кожи.

Помимо вмешательств на костных структурах стопы, значимую роль в реконструктивных вмешательствах и прогнозе возможного рецидива деформации играли вмешательства на сухожилиях.

При деформациях среднего отдела и пролабировании кубовидной кости в подошвенную сторону формировалась эквинусная установка заднего отдела стопы. Это приводило к сокращению трёхглавой мышцы голени, состоящей из одной ножки камбаловидной мышцы и двух ножек икроножной мышцы, переходящих в ахиллово сухожилие. В связи с этим всем пациентам выполняли ахиллотомию по Пирогову, что облегчало проведение репозиции фрагментов и снижало вероятность рецидива деформации на этапе реабилитации пациента в ортопедической обуви.

Учитывая дислокацию костей медиальной колонны кнутри и преобладание вальгусной деформации среднего отдела стопы, при выполнении артрорезирования суставов сохранение или техника Z-образного удлинения сухожилий передней и задней большеберцовых мышц воспринимались как сохранение тенденции к рецидиву деформации. В зависимости от типа деформации и зоны поражения (сустав Лисфранка или Шопара) выполняли полную тенотомию сухожилия задней или передней большеберцовой мышцы соответственно. Реинсерцию сухожилий передней большеберцовой (ПББМ) и задней большеберцовой мышцы (ЗББМ) осуществляли у 3 пациентов, однако данный подход расценивали как фактор, провоцирующий рецидив деформации, поэтому от него впоследствии отказались. Подшивание сухожилия выполняли не к месту анатомического крепления, а в пределах досягаемости отсеченного сухожилия без избыточного натяжения.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ

4.1. Анализ результатов лечения в ретроспективной группе

При 1 стадии по Eichenholtz–Shibata всех пациентов лечили консервативно.

Анализ результатов лечения при 2–3 стадиях по Eichenholtz–Shibata показал, что проведение клиновидной резекции с остеосинтезом винтами являлось преобладающей методикой оперативного вмешательства (см. таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Распределение лечебной тактики у пациентов ретроспективной группы в зависимости от стадии процесса по классификациям Eichenholtz–Shibata

Лечебная тактика	стадия по Eichenholtz–Shibata			всего
	1	2	3	
ИРП	11 (100%)	0	0	11
Остеонекрэктомия	0	14 (23,3%)	22 (23,9%)	36
Остеонекрэктомия, фиксация пластиной	0	2 (3,3%)	7 (7,6%)	9
Клиновидная резекция, винты	0	31 (51,7 %)	49 (53,3%)	80
Резекционный артродез в АВФ	0	13 (21,7%)	14 (15,2%)	27
Всего	11	60	92	163

Примечание – жирным шрифтом выделены наиболее часто применяемые методики в каждой подгруппе пациентов.

Анализ оперативных вмешательств в зависимости от стадии язвенных дефектов показал, что наиболее часто выполняли остеонекрэктомию без фиксации (при 1–2 стадии по Wagner – 19,5%, при 3 стадии – 27,5%) и клиновидную резекцию костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами (при 1–2 стадии по Wagner – 61,1%, при 3 стадии – 45%). Распределение тактики лечения в зависимости от стадии язвенных дефектов представлено в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Распределение лечебной тактики у пациентов ретроспективной группы в зависимости от стадии процесса по классификации Wagner

Лечебная тактика	стадия по Wagner			всего
	0	1–2	стадия 3	
ИРП	11 (100%)	0	0	11
Остеонекрэктомия	0	14 (19,5%)	22 (27,5%)	36
Остеонекрэктомия, фиксация пластиной	0	4 (5,5%)	5 (6,25%)	9
Клиновидная резекция, винты	0	44 (61,1%)	36 (45%)	80
Резекционный артродез в АВФ	0	10 (13,9%)	17 (21,25%)	27
Всего	11	72	80	163

Примечание – жирным шрифтом выделены наиболее часто применяемые методики в каждой подгруппе пациентов.

4.2. Анализ результатов лечения в проспективной группе

Анализ показал, что открытое артродезирование наиболее часто выполняли при 1–2–3 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata; при 0 стадии всех пациентов лечили консервативно (см. таблицу 4.3 и рисунок 4.1).

Таблица 4.3 – Лечебная тактика в проспективной группе в соответствии с классификацией Eichenholtz–Shibata (E) – кол-во наблюдений

Характер вмешательства	Стадии по классификации Eichenholtz–Shibata				всего
	E0	E1	E2	E3	
Консервативное лечение (ИРП)	13 (100%)	0	2 (2,9%)	0	15
Резекционные операции с фиксацией	0	0	5 (7,0%)	21 (16,4%)	26
Стабилизация аппаратом	0	8 (33,3%)	0	0	8
Открытый артродез	0	10 (41,7%)	48 (67,6%)	73 (57,0%)	131
Одноэтапная коррекция	0	2 (8,3%)	11 (15,5%)	23 (18,0%)	36
Двухэтапная коррекция	0	4 (16,7%)	5 (7,0%)	11 (8,6%)	20
Всего	13	24	71	128	-

Примечание – жирным шрифтом выделены наиболее часто применяемые методики в каждой подгруппе пациентов.

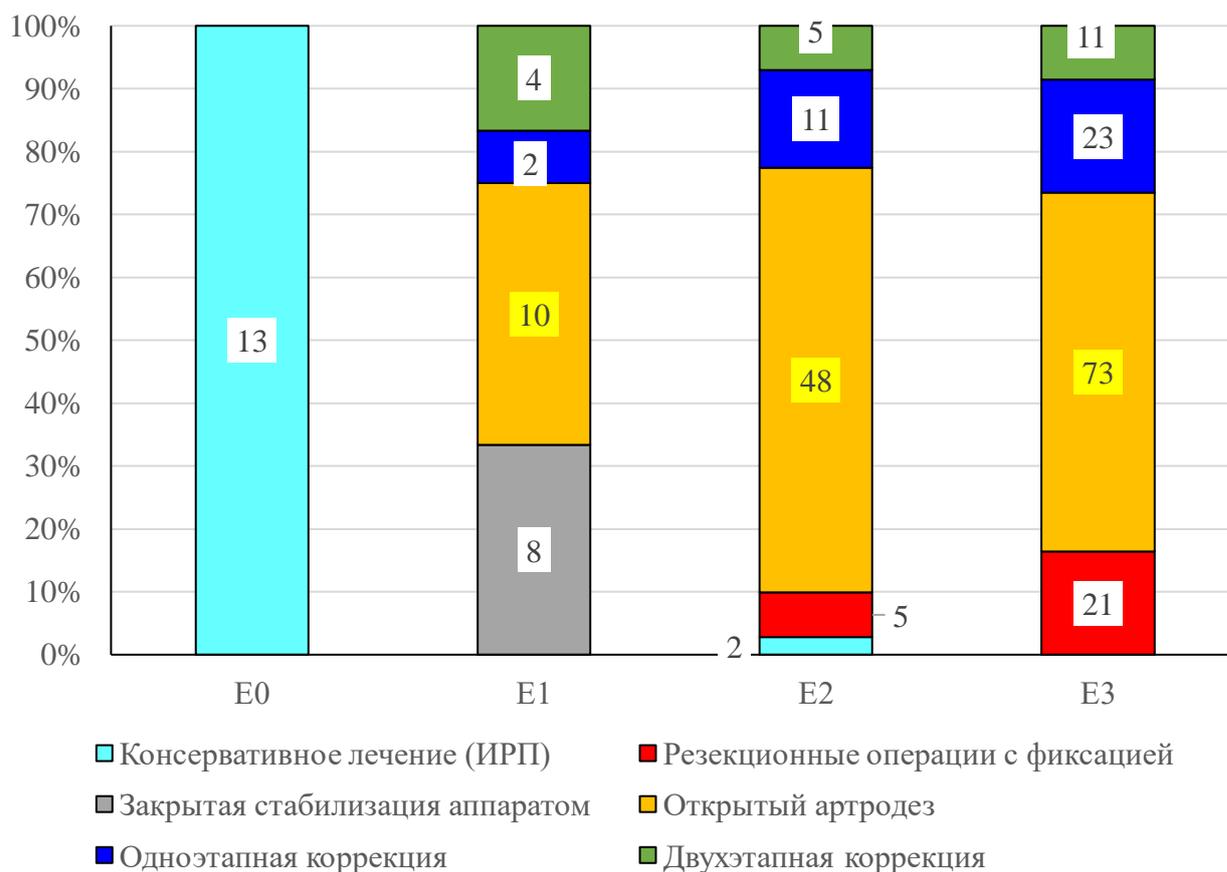


Рисунок 4.1 – Распределение лечебной тактики в проспективной группе в зависимости от стадии по классификации Eichenholtz–Shibata

На выбор лечебной тактики существенное влияние оказывало наличие язвенных дефектов в области деформированной стопы. При 0–2 стадиях по классификации Wagner чаще всего также выполняли открытое артродезирование, а при самой тяжелой, 3 стадии, наряду с такими операциями использовали двухэтапные коррекции с ауто- или аллотрансплантатами (см. таблицу 4.4 и рисунок 4.2).

Таблица 4.4 – Лечебная тактика в проспективной группе соответствии с классификацией Wagner (W) – кол-во наблюдений

	Стадии по классификации Wagner				Всего
	W0	W1	W2	W3	
Консервативное лечение (ИРП)	15 (11,5%)	0	0	0	15

Продолжение таблицы 4.4

Резекционные операции с фиксацией	6 (4,7%)	5 (23,8%)	7 (12,7%)	8 (25,8%)	26
Закрытая стабилизация аппаратом	6 (4,7%)	0	2 (3,6%)	0	8
Открытый артродез	77 (50,7%)	11 (52,4%)	33 (60,0%)	10 (32,3%)	131
Одноэтапная коррекция	21 (16,3%)	5 (23,8%)	9 (16,4%)	1 (3,2%)	36
Двухэтапная коррекция	4 (3,1%)	0	4 (7,3%)	12 (38,7%)	20
Всего	129	21	55	31	236

Примечание – жирным шрифтом выделены наиболее часто применяемые методики в каждой подгруппе пациентов.

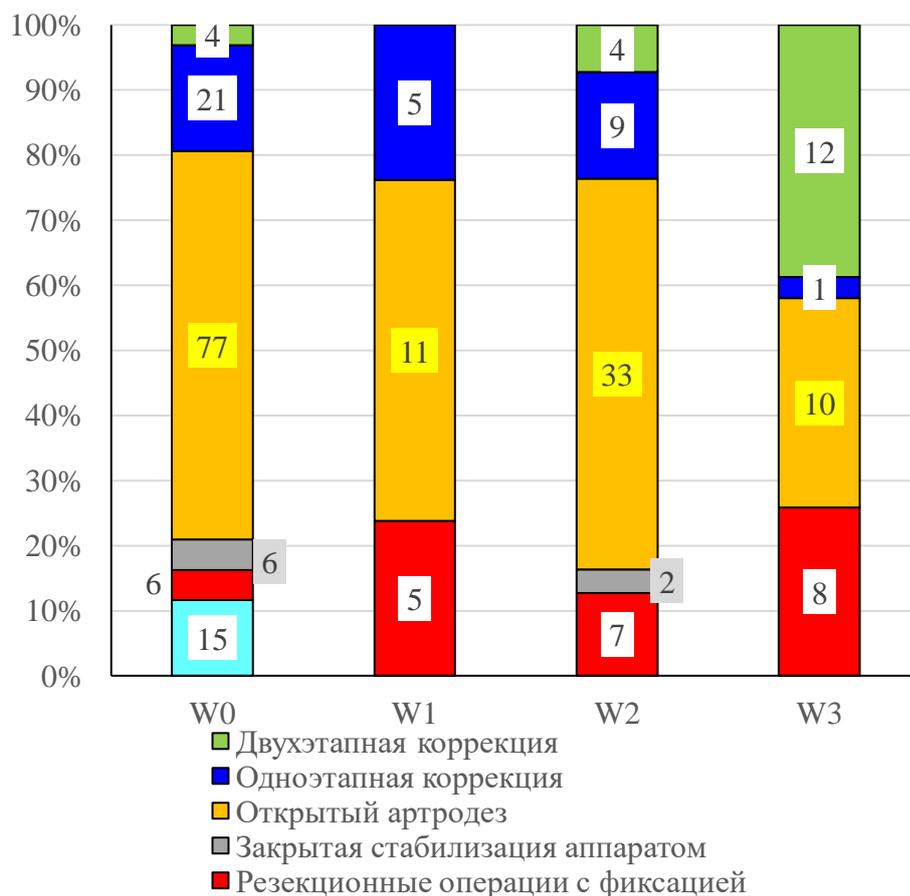


Рисунок 4.2 – Лечебная тактика в проспективной группе в зависимости от степени язвенного дефекта по классификации Wagner

Достигнутое после коррекции положение фиксировали с помощью погружных конструкций или аппаратов внешней фиксации (АВФ). Фиксацию

применили у 198 пациентов, из них аппарат использовали в 50,5% случаев как монофиксацию и в 15,7% – в комбинации с погружной. При этом чаще всего АВФ использовали при 1–2 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata, а также 0–3 стадиях по классификации Wagner (см. таблицу 4.5)

Таблица 4.5 – Характер проводимых вмешательств в проспективной группе в зависимости от стадии по классификациям Eichenholtz–Shibata (E) и Wagner (W)

Характер вмешательства	Стадии по классификации Eichenholtz–Shibata (E)			Стадии по классификации Wagner (W)				Всего
	E1	E2	E3	W0	W1	W2	W3	
Аппарат внешней фиксации	19 (79,2%)	38 (59,4%)	43 (39,1%)	50 (46,3%)	1 (6,2%)	29 (60,4%)	20 (76,9%)	100 (50,5%)
Погружные фиксаторы	1 (4,2%)	8 (1,4%)	58 (52,7%)	40 (37,0%)	11 (68,8%)	12 (25,0%)	4 (15,4%)	67 (33,8%)
Комбинированная фиксация	4 (16,6%)	18 (28,2%)	9 (8,2%)	18 (16,7%)	4 (25,0%)	7 (14,6%)	2 (7,7%)	31 (15,7%)
Всего	24 (100%)	64 (100%)	110 (100%)	108 (100%)	16 (100%)	48 (100%)	26 (100%)	198 (100%)

Примечание – жирным шрифтом выделены наиболее часто применяемые методики в каждой подгруппе пациентов.

Средний срок фиксации поражённого сегмента в проспективной группе был наибольшим при 1 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata (5,7 месяцев) и 3 стадии по Wagner (7,2 месяца). Данные представлены на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Средний срок фиксации в проспективной группе по стадиям классификаций Eichenholtz–Shibata и Wagner

4.2.1. Результаты лечения пациентов с наличием костного дефекта в проспективной группе (56 пациентов)

В группе пациентов с одноэтапным замещением костных дефектов (36 пациентов) при выполнении пластики резецированной ортотопической аутокостью (n=25) у 1 пациента отмечалось серозное отделяемое из раны, купированное на фоне перевязок, и у 1 пациента отмечалась миграция винта, в плановом порядке выполнено удаление металлофиксатора с возобновлением нагрузки на стопу после снятия швов. У 1 пациента с пластикой дефекта аутокостью из гребня подвздошной кости через 8 недель после операции отмечали признаки параспицевой инфекции; после перемонтажа аппарата и удаления спицы явления были купированы. В подгруппе пациентов, которым выполняли пластику дефекта аллотрансплантатом (n=10), осложнений не выявлено (см. таблицу 4.6).

Таблица 4.6 – Результаты одноэтапного оперативного лечения пациентов с костными дефектами, n=36

	Резецированная ортотопическая аутокость, n=25	Гетеротопическая аутокость, n=1	Гетеротопическая аллокость, n=10
Параспицевая инфекция	0	1	0
Миграция металлофиксатора	1	0	0
Скопление серомы	1	0	0

Примечание – $p = 1,000$ - статистически значимых различий между группами не выявлено.

При двухэтапном замещении костных дефектов (20 пациентов) отмечено два осложнения в ранние сроки. У одного пациента в раннем послеоперационном периоде после второго этапа отмечали сохранение сукровичного раневого отделяемого в течение 2 недель без последующего нагноения. Вероятно, это связано либо с недостаточной компактизацией трансплантата в полости дефекта, либо с проведением остеоперфорации костных торцов, что могло привести к скоплению гематомы и ее выходу через рану. У другого пациента отмечали параспицевое нагноение в нижней трети голени; после перемонтажа аппарата и перепроведения спиц эти явления были купированы. Несращений, потери коррекции и поздних гнойно-воспалительных осложнений у этих пациентов в срок наблюдения не выявлено.

Все пациенты, завершившие лечение (срок наблюдения – $25,5 \pm 2,01$ (19–37) месяцев с момента последней операции), активно ходили в индивидуальной ортопедической обуви при сформированном артродезе.

Результаты лечения всех пациентов при замещении костных дефектов представлены в таблице 4.7. Выявлены статистически значимые различия в длительности лечения в двух группах, но сроки последующей фиксации в ИРП статистически не различались.

Таблица 4.7 – Результаты лечения при замещении костных дефектов

	Одноэтапно, n= 36	Двухэтапно, n=20	p
Длительность лечения (мес)	5,0 (4,0 – 6,0)	6,5 (6,0 – 7,5)	<0,0001
Длительность реабилитации в ИРП (мес)	3,0 (2,5 – 4,0)	3,0 (2,5 – 4,5)	0,5032

Клинический пример: Пациент Ж., 53 года. Обратился после неоднократного вскрытия флегмон в медицинских учреждениях по месту жительства. При осмотре отмечались вялогранулирующие раны правой стопы, дном которых являлись фрагменты костей среднего отдела стопы. На рентгенограммах определялась деструкция костей среднего отдела стопы. Был выставлен диагноз: НОАП правой стопы, 2 стадия по Eichenholtz–Shibata, инфицированные раны стопы, хронический остеомиелит костей среднего отдела

стопы, вялогранулирующие раны правой стопы. На первом этапе была выполнена остеонекрэктомия со стабилизацией стопы в аппарате внешней фиксации и пластикой дефекта антибактериальным спейсером. На втором этапе через 2 месяца выполнено удаление спейсера с замещением костного дефекта, комбинированным ауто- и аллотрансплантатом. Ауто- и аллотрансплантат получен из канала бедренной кости с применением системы RIA (Reamer Irrigation Aspirator). Демонтаж аппарата выполнен через 6 месяцев (см. рисунок 4.4).

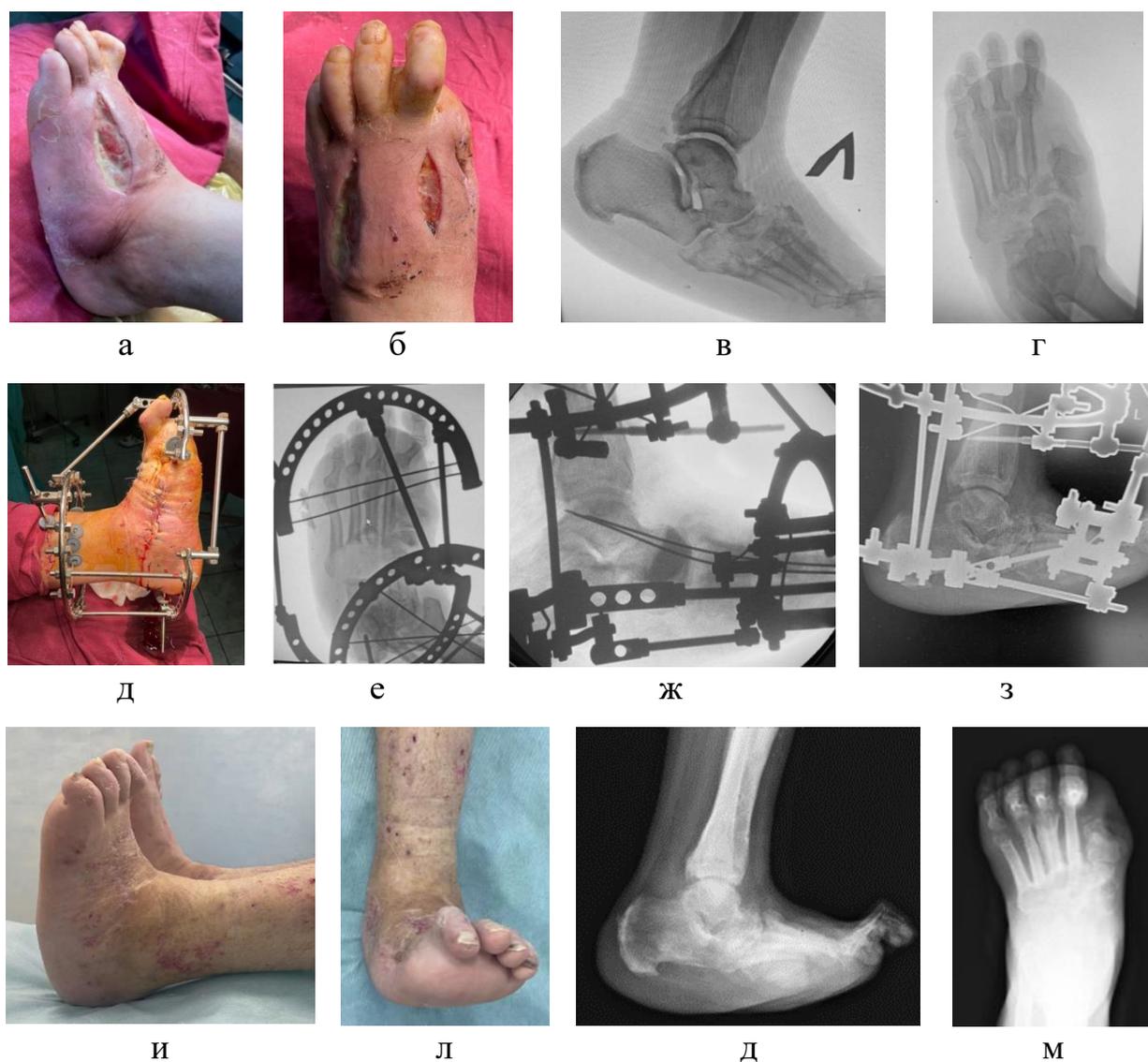


Рисунок 4.4– Фото и рентгенограммы на момент обращения (а, б, в, г), интраоперационное фото после фиксации в АВФ (д), ЭОП-контроль до и после замещения образовавшегося дефекта спейсером (е, ж), рентген-контроль после второго этапа – замещения дефекта комбинированным ауто- и аллотрансплантатом (з), вид стопы и рентгенограммы после завершения лечения (и, к, л, м) (фото автора)

4.2.2. Результаты лечения пациентов с наличием костного дефекта без его замещения в проспективной группе (16 пациентов)

У всех пациентов со временем отмечали нарастание флотации среднего отдела стопы и укорочение оперированного сегмента по сравнению с контралатеральной стопой с образованием рубцового сращения (см. рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Сравнительное фото стоп (а), рентгенограмма стопы в боковой проекции с максимальной тыльной (б) и подошвенной (в) флексией (фото автора)

У 3 пациентов в сроке от 3 до 4 лет отмечено развитие рецидива костно-деструктивного процесса, что потребовало повторных вмешательств с пластикой костного дефекта и фиксацией в АВФ.

Сравнительные данные длины стопы, а также амплитуды пассивных движений в среднем отделе оперированных и контралатеральных стоп приведены в таблице 4.8. Выявлена статистически значимая разница длины стопы и амплитуды движений в оперированной и контралатеральной стопах.

Таблица 4.8 – Данные разницы длины сегментов и угла мобильности зоны дефекта

	Оперированная стопа	Контралатеральная стопа	p
Угол Хиббса при максимальной тыльной флексии, градусы	156,0 (125,0 – 170,0)	140,0 (120,0 – 150,0)	p < 0,0001*
Угол Хиббса при максимальной подошвенной флексии, градусы	113,0 (100,0 – 125,0)	120 (110,0 – 140,0)	p < 0,0001
Амплитуда тыльной/ подошвенной флексии, градусы	43,0 (5,0 – 62,0)	15 (5,0 – 30,0)	p < 0,0001
Длина стопы, см	22,0 (20,5 – 23,5)	26,5 (23,0 – 28,0)	p = 0,0042

Примечание – p < 0,05.

Клинический пример: Пациентка Ш., 27 лет, СД 1 типа. Обратилась в экстренном порядке с жалобами на нарушение походки, повышение температуры до фебрильных цифр, увеличение отделяемого из язвы. Из анамнеза: отмечала развитие деформации в течение 2 лет, формирование язвенного дефекта отмечала 3 месяца назад. Ухудшение состояния в течение 2 дней. При поступлении после дообследования выставлен диагноз: диабетическая артропатия Шарко правой стопы, 3 вариант по КДСС, 2 стадия по Eichenholtz–Shibata, 3 стадия по Wagner. Выполнена остеонекрэктомия среднего отдела стопы с пластикой раневого дефекта местными тканями. (см. рисунок 4.6).

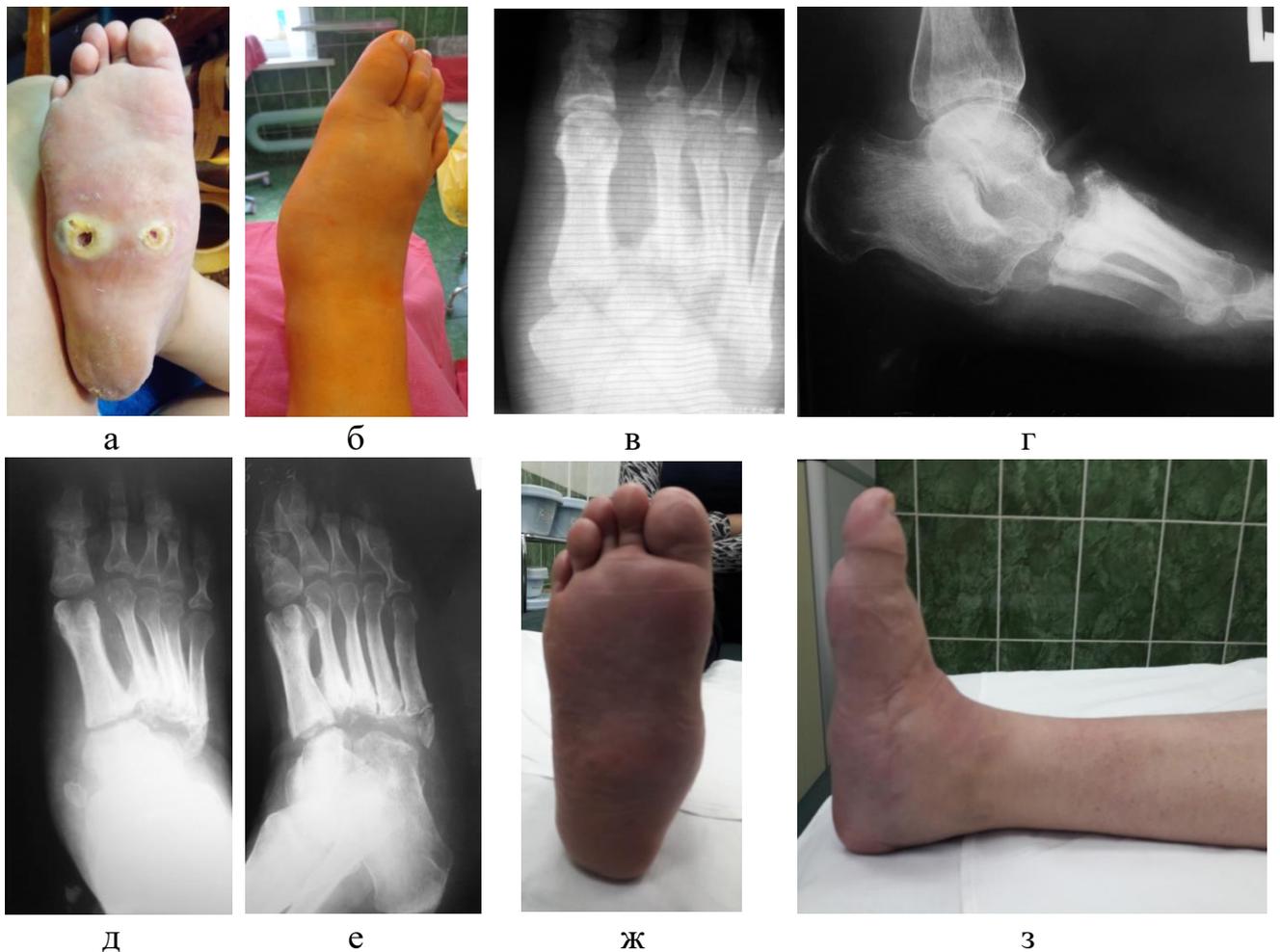


Рисунок 4.6 – фото стопы при поступлении (а, б), рентгенограмма стопы в прямой проекции при поступлении (в), рентгенограммы (г, д, е) и внешний вид стопы (ж, з) через 3 года после завершения лечения (фото автора)

В послеоперационном периоде фиксацию проводили задней гипсовой лонгетой на протяжении 6 недель с последующей заменой на ИРП после

заживления раневых дефектов и снятия швов и началом дозированной нагрузки на оперированную конечность с помощью дополнительных средств опоры. Срок наблюдения составил 4 года.

4.3. Результаты лучевой диагностики пациентов со стопой Шарко по данным компьютерной томографии с двухэтапным замещением костных дефектов системой РИА

Для выявления особенностей архитектоники, в первую очередь, костной ткани у пациентов с НОАП, на этапах лечения и наблюдения выполняли компьютерную томографию. Этапное КТ-сканирование проводили на сроке 3, 6 и 12 месяцев после начала лечения двухэтапным методом, после завершающего костно-пластического этапа. На этапе фиксации аппаратом внешней фиксации исследование было затруднено по причине наличия МЕ-артефактов. Через 3 месяца у всех пациентов по данным КТ выявляли повышенную плотность костного трансплантата (396,5 (313 – 442) HU) по сравнению с плотностью реципиентной окружающей кости (123,5 (60 – 211) HU). Это, вероятно, связано с высокой плотностью имплантационного материала, так как предпочтение отдавали использованию костно-пластического материала из компактной кости, а также интраоперационной компактизации трансплантата при заполнении дефекта.

Через 6 месяцев после операции у всех пациентов в зоне дефекта наблюдалось костное уплотнение регенерата (447,6 (352 – 553) HU), увеличение количества и объёма костных фрагментов за счёт новообразования костной ткани; в окружающих костях – 114,1 (61 – 154) HU.

Через 12 месяцев после операции средняя плотность регенерата составила 623,5 (261 – 864) HU, а в окружающих костях – 186,3 (24 – 405) HU (см. рисунок 4.7).

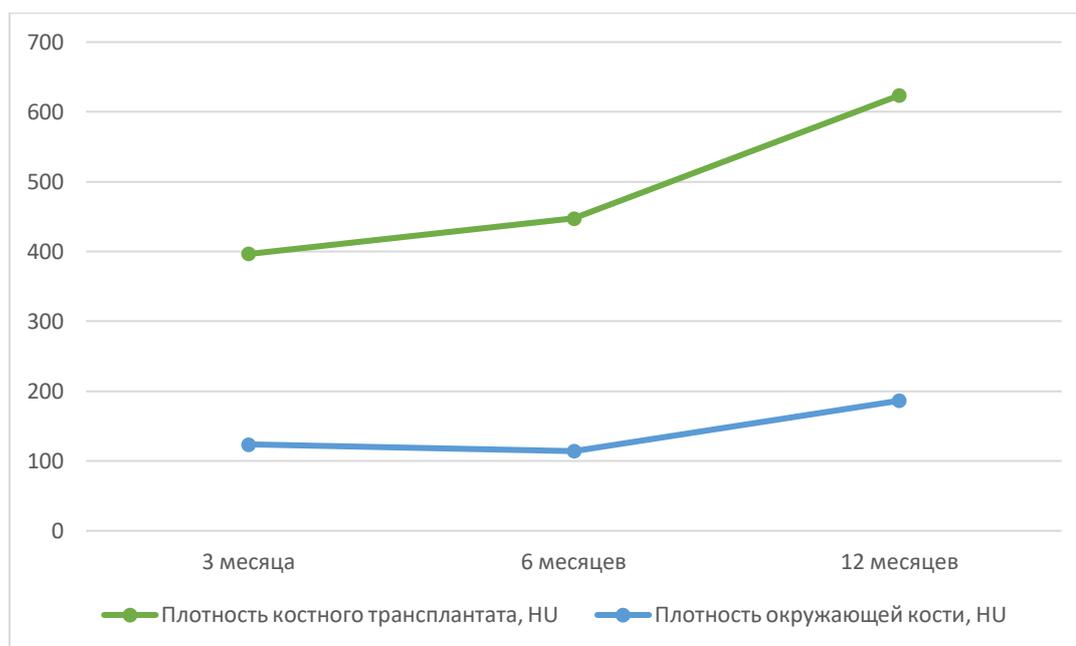


Рисунок 4.7 – Изменение плотности костного трансплантата и окружающей кости зависимости от срока после замещения дефекта

У одного пациента с замещением дефекта имплантационным материалом «Биосит» (гидроксиапатит) средняя плотность трансплантата по данным КТ через 3 месяца составила 1141 HU и сохранялась без признаков лизиса до окончания фиксации.

У пациентки с комбинированной пластикой (ауто трансплантат, полученный системой RIA+ гидроксиапатит) через 3 месяца после замещения дефекта оптическая плотность составила 380 HU и к 12 месяцам достигла 871 HU.

Было проведено сравнение данных КТ пациентов на разных этапах фиксации и МРТ после демонтажа аппарата. По данным КТ лучше дифференцировались размеры и архитектура костных фрагментов, а также качественные и количественные показатели изменения структуры и денситометрической плотности трансплантатов.

Возможность измерять в программе RadiAnt DICOM Viewer плотность костного регенерата в единицах Хаунсфилда позволила оценить динамическую органотипическую перестройку регенерата и его характеристики по сравнению с окружающими костными структурами.

У одного из пациентов отмечали слабовыраженную положительную динамику формирования костного регенерата через 9 месяцев после операции, вероятно, за счёт ингибиции биоматериала вследствие фиброза, тем не менее визуализировалось ремоделирование костной ткани за счёт формирования периостальной костной мозоли и анкилоза суставов стопы. Одной из причин длительного формирования костного блока стала более обширная зона дефекта, требующая замещения, а также большее процентное соотношение аллотрансплантата к аутоотрансплантату в имплантируемом костно-пластическом материале, что потребовало более продолжительной фиксации до полной органотипической перестройки новообразованной костной ткани. У 2 пациентов на КТ отмечали сохранение краевых остаточных полостей до 0,5 см³. По нашему мнению, это было связано с погрешностью заполнения дефекта костным трансплантатом в виде крошки; вместе с тем это не повлияло на общую динамику костной перестройки и сроки консолидации.

В среднем плотность регенерата по сравнению с окружающими костями была в 4,5 раза выше к 6 месяцу после операции, а к 12 месяцам – в 3,5 раза. Мы связываем это с повышением плотности окружающих костей при возрастающей функциональной нагрузке на стопу.

Несмотря на различный генез аутоотрансплантата и дистракционного регенерата, в ходе исследования наблюдалась схожая постепенная перестройка биоматериала с увеличением количества и объёма костной массы без признаков лизиса и воспалительной деструкции, с динамической компактизацией новообразованной костной ткани, а также с формированием межсуставных костных блоков (см. рисунки 4.8–4.10).

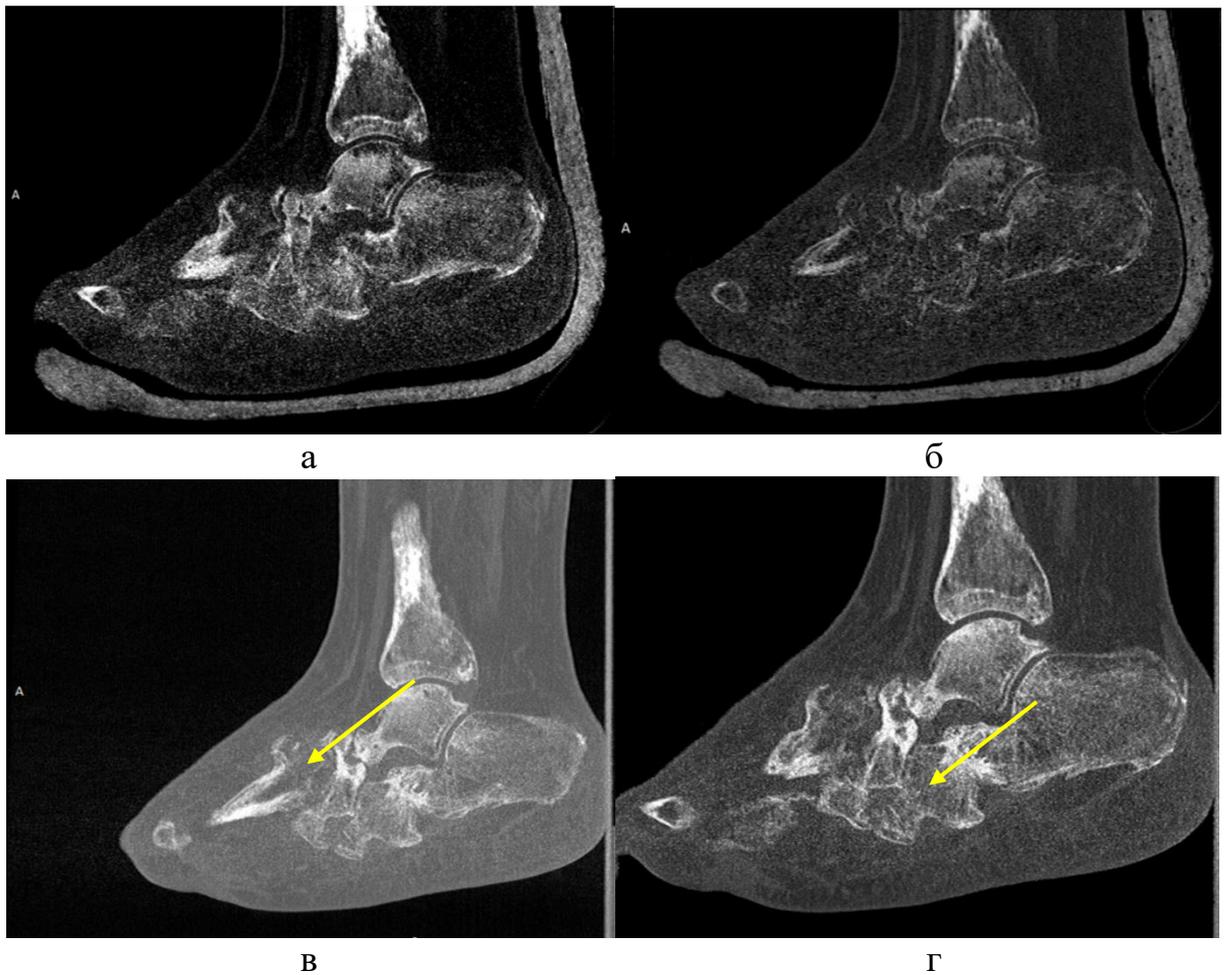


Рисунок 4.8 – Пациент Ш., 50 лет. МСКТ, сагиттальная плоскость, через 6 месяцев после операции (а, б): ремоделирование в таранно-ладьевидном и пяточно-кубовидном суставах, формирование костного регенерата в среднем отделе стопы, МСКТ, сагиттальная плоскость, через 12 месяцев после операции (в, г): формирование плотного костного регенерата в среднем отделе стопы с образованием анкилоза в пяточно-кубовидном суставе; перестройка костного регенерата (фото автора)



Рисунок 4.9 – Пациентка Я., 24 г. МСКТ стопы, сагиттальная плоскость (а, б). Через 6 месяцев после операции наблюдаем формирование компактного костного регенерата (706,65 и 671,54 HU) в среднем отделе стопы; отмечаются очаги пониженной плотности за счет переходящего регионального остеопороза (фото автора)

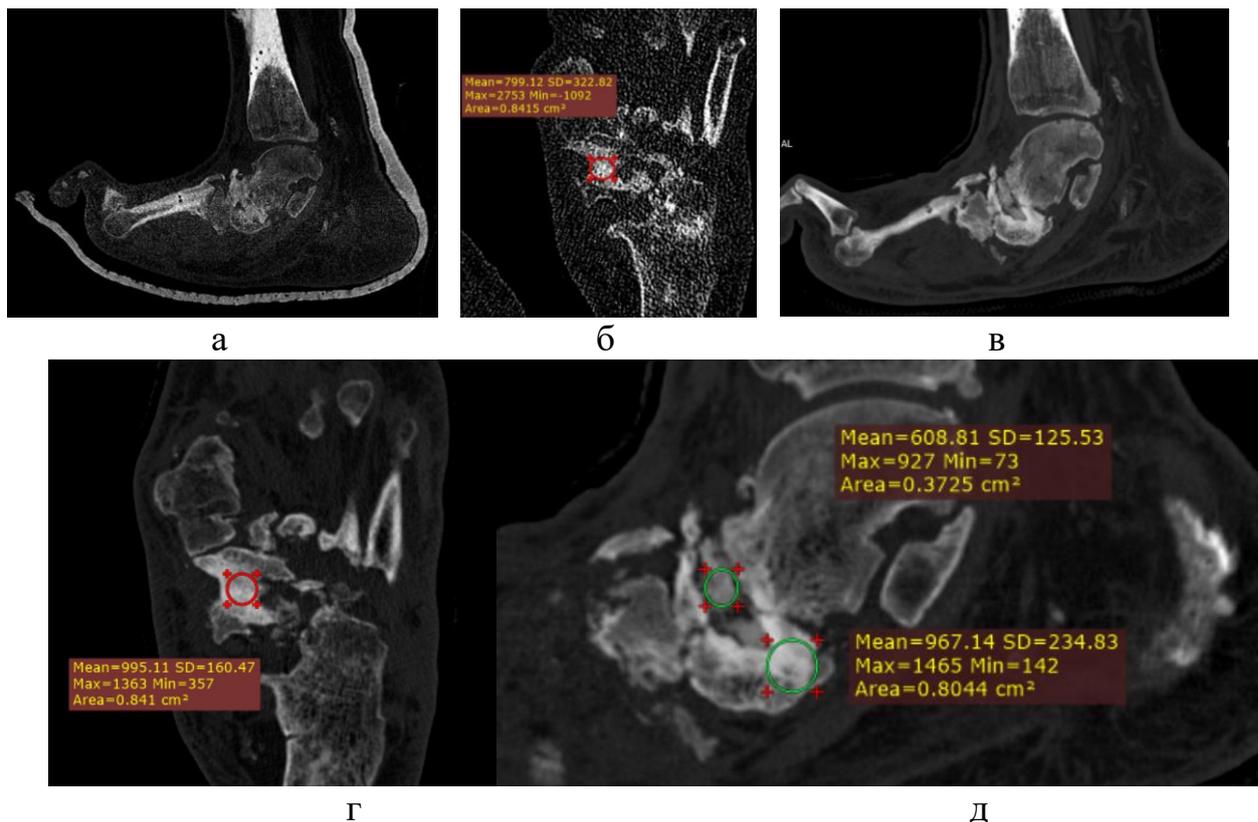


Рисунок 4.10 – МСКТ стопы. Пациент Ж., 52 г. Контрольные КТ- исследования через 6 месяцев (а, б) и 9 месяцев (в, г, д) после операции. Отмечается ремоделирование костной ткани, формирование костной мозоли и анкилоза. Прослеживается тенденция к компактизации регенерата (фото автора)

По данным МСКТ мы отмечали постепенную перестройку дистракционного регенерата с поэтапным повышением его денситометрической плотности. Плотность дистракционного регенерата изменялась от значений, сопоставимых с плотностью жировой ткани, до значений, превышающих плотность окружающей костной ткани.

Этот тезис иллюстрирует клинический пример пациента М., 50 лет, исследованным МСКТ и МРТ через 6 месяцев после операции (см. рисунок 4.11).

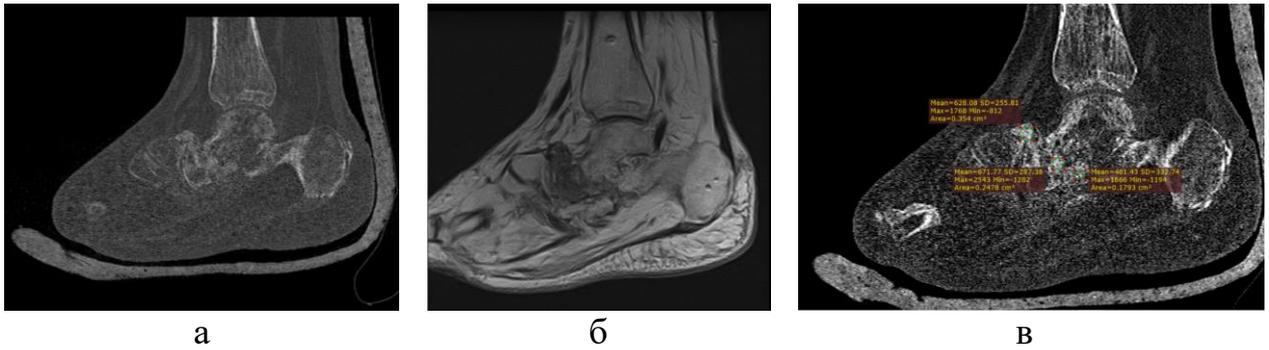


Рисунок 4.11 – МРТ (а) и МСКТ (б, в), сагиттальная плоскость, идентичные срезы. Исследование выполнено с разницей в несколько дней. МРТ PDW сагиттальная плоскость (а) – определяется дезорганизация среднего отдела стопы, в ложе ладьевидной кости отмечается сниженная плотность регенерата, соответствующая оптической плотности фиброзной/грануляционной ткани с включениями в структуре костного регенерата. Последний визуализируется неубедительно. МСКТ МРР в сагиттальной плоскости (б, в) – более оптимально дифференцируются размеры и морфология (архитектоника) костных фрагментов в биоматериале, а также качественные показатели созревания трансплантата ($566,6 \pm 105,2$ HU, минимальное и максимальное значения – 461,4–671,7 HU) (фото автора)

4.4. Осложнения в ретроспективной группе оперированных пациентов

Разделение осложнений проводили в зависимости от стадии патологического процесса по классификации Eichenholtz–Shibata и от стадии раневого процесса по классификации Wagner. Наибольшее число осложнений в ретроспективной группе выявлено у пациентов при 3 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata и при 1–2 стадиях по классификации Wagner (см. рисунок 4.12).

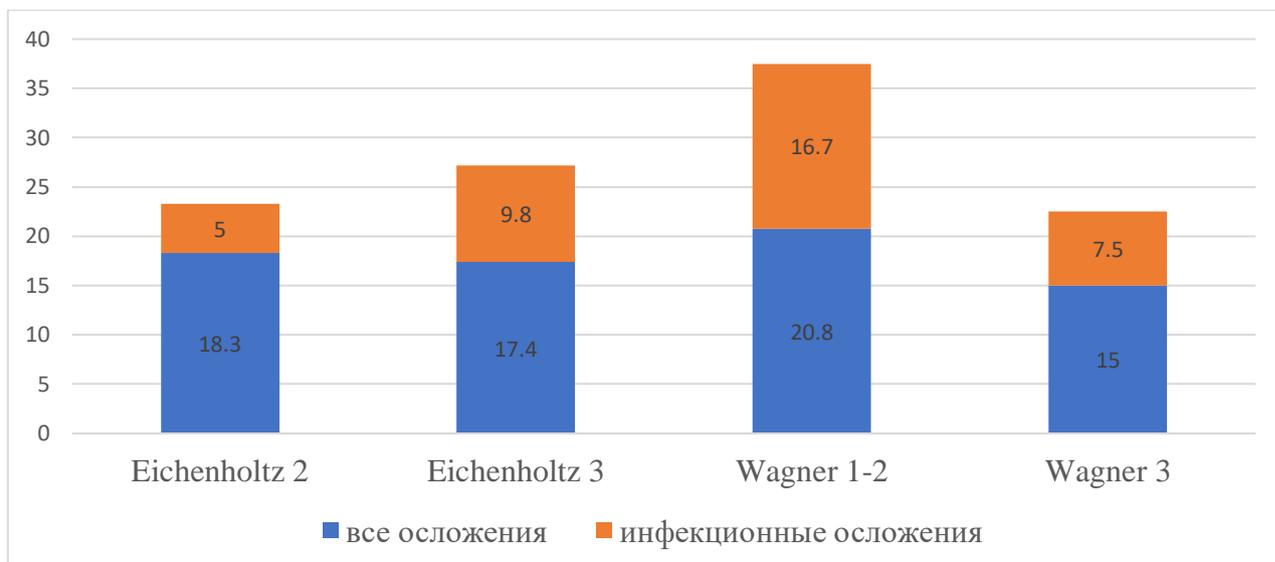


Рисунок 4.12 – Процент осложнений выполненных оперативных вмешательств в зависимости от стадий по классификациям Eichenholtz–Shibata (а) и Wagner (б) в ретроспективной группе

Пациентов условно разделили на три группы: с ИМТ ≤ 25 кг/м² (норма), с ИМТ 25–35 кг/м² (избыточная масса тела и ожирение I степени) и с ИМТ > 35 кг/м² (ожирение II–III степени) с последующей оценкой осложнений в зависимости от ИМТ.

Анализ показал отсутствие прямой зависимости частоты осложнений при увеличении ИМТ (см. рисунок 4.13).

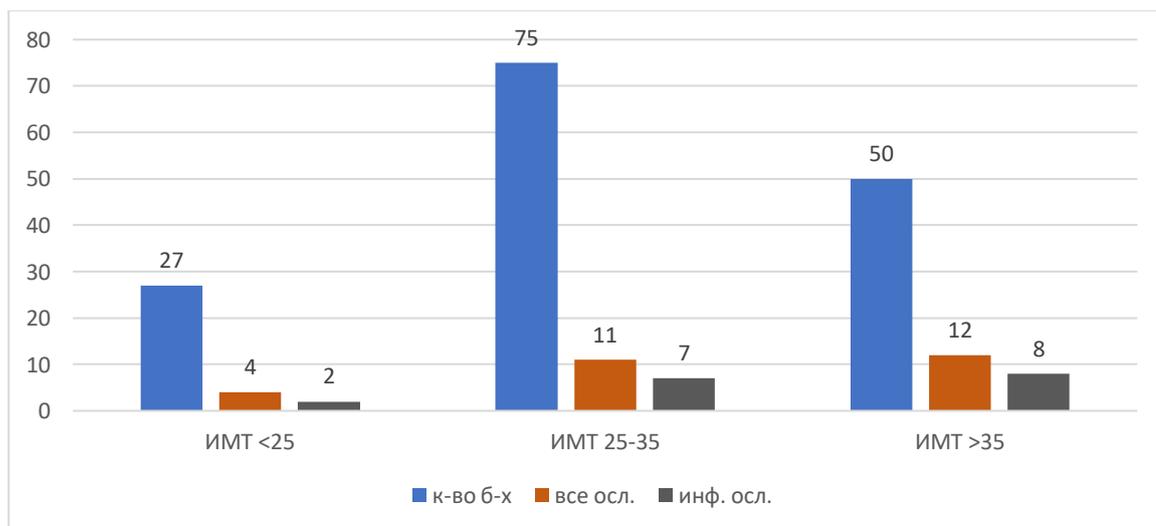


Рисунок 4.13 – Количество осложнений оперативных вмешательств к общему числу пациентов с разделением согласно ИМТ в ретроспективной группе ($p=0,656$)

Сравнение доли инфекционных и неинфекционных осложнений представлено на рисунке 4.14.

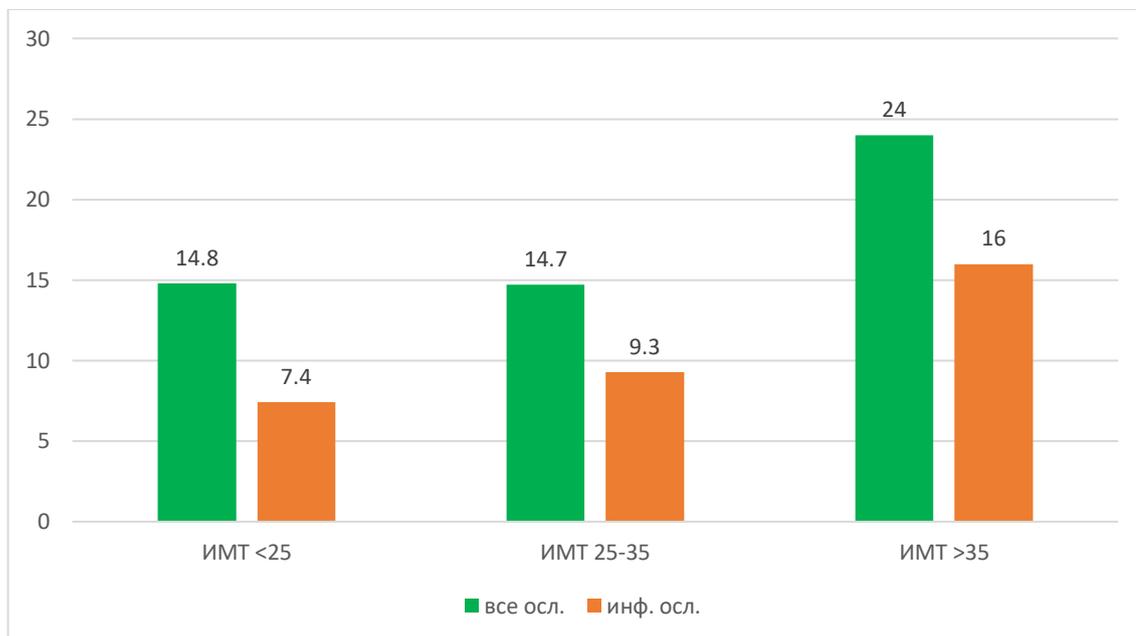


Рисунок 4.14 – Доля осложнений оперативных вмешательств в зависимости от ИМТ с разделением на общие и инфекционные в ретроспективной группе, %

4.5. Осложнения в проспективной группе пациентов

Осложнения разделили на инфекционные и неинфекционные (миграция или перелом фиксатора, рецидив деформации, манифестация НОАП голеностопного сустава). В зависимости от стадии патологического процесса по классификации Eichenholtz–Shibata и от стадии раневого процесса по классификации Wagner осложнения отдельно представлены на рисунке 4.15.

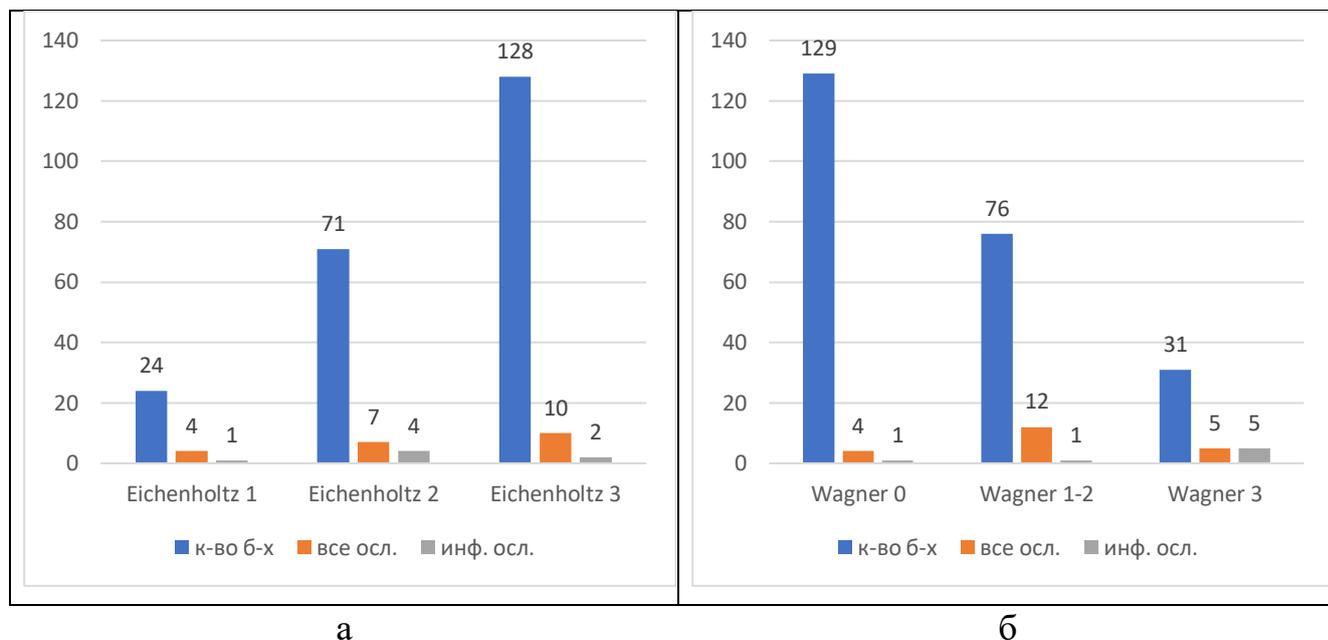


Рисунок 4.15 – Процент осложнений выполненных оперативных вмешательств в зависимости от стадий по классификациям Eichenholtz–Shibata (а) и Wagner (б) в проспективной группе

Наибольшее число осложнений выявлено при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata и 0 стадии по классификации Wagner (см. таблицу 4.9).

Таблица 4.9 – Осложнения оперативных вмешательств с разделением согласно классификациям Eichenholtz–Shibata и Wagner в проспективной группе

Осложнения	Кол-во	Стадии по Eichenholtz–Shibata (E)			Стадии по Wagner (W)		
		E1	E2	E3	W0	W1-2	W3
Ранние раневые осложнения (до 6 мес)	n=4	0	1	3	0	4	0
Миграция или перелом фиксатора	n=3	0	0	3	0	3	0
Рецидив деформации	n=5	1	2	2	1	4	0
Манифестация ДНОАП	n=2	2	0	0	2	0	0
Параспицевая инфекция	n=6	1	3	2	1	1	4
Остеомиелит	n=1	0	1	0	0	0	1
Всего		4	7	10	4	12	5

Наличие осложнений также анализировали в зависимости от ИМТ пациентов. Все осложнения разделяли на инфекционные и неинфекционные.

Анализ зависимости осложнений от ИМТ показал отсутствие прямой связи частоты осложнений и увеличением ИМТ ($p=0,911$) (см. рисунок 4.16).

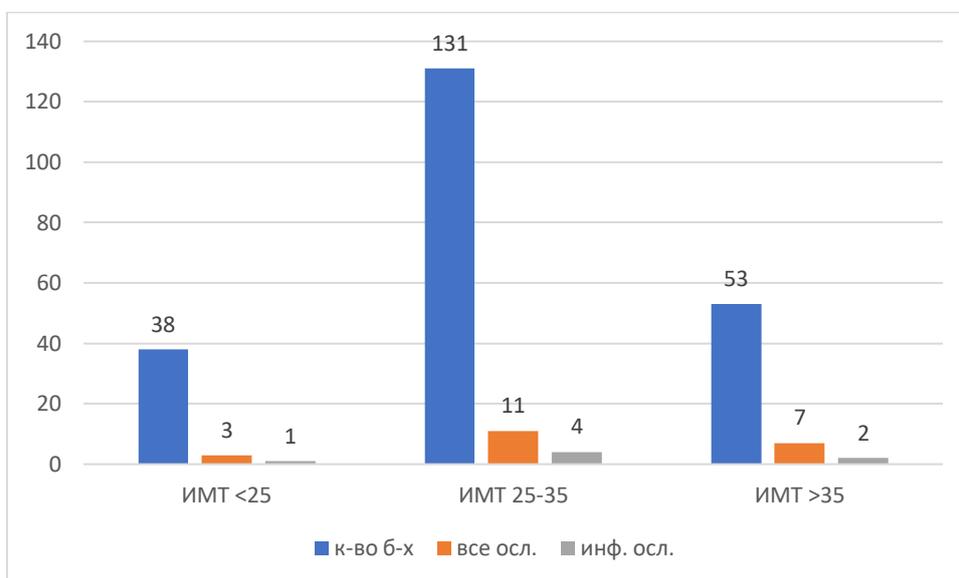


Рисунок 4.16 – Количество осложнений оперативных вмешательств к общему числу пациентов с разделением согласно ИМТ в проспективной группе

При анализе доли инфекционных осложнений, отмечалось преобладание в группе пациентов с ИМТ < 25 кг/м², а в группе с ИМТ > 35 кг/м², напротив, было выше количество неинфекционных осложнений ($p=0,961$) (см. рисунок 4.17).

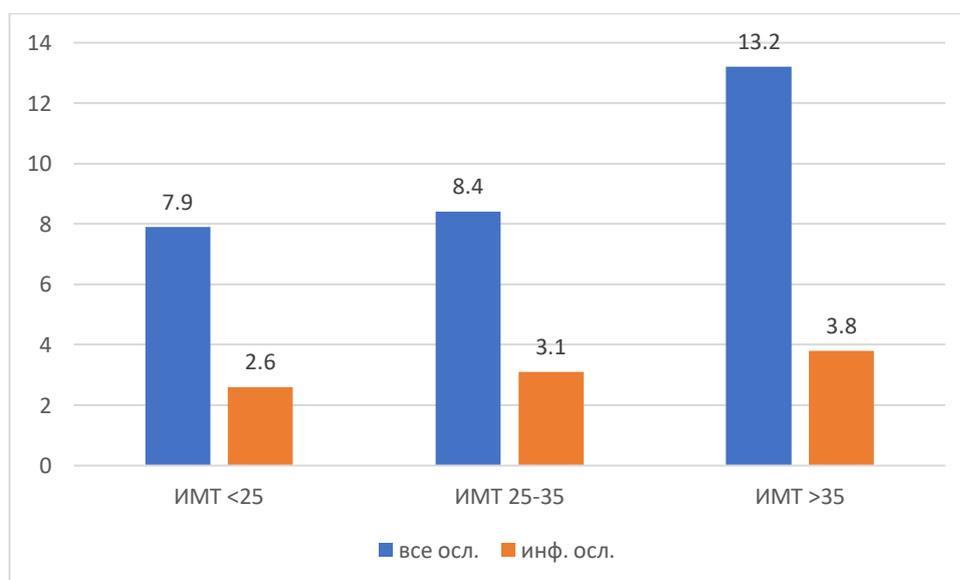


Рисунок 4.17 – Доля осложнений оперативных вмешательств в зависимости от ИМТ с разделением на общие и инфекционные в проспективной группе, %

4.6. Сравнение результатов консервативного и оперативного лечения пациентов при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata в двух группах

С целью сравнения эффективности закрытой коррекции деформаций стопы на фоне НОАП при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata в АВФ (проспективная подгруппа, n=8) с консервативным ведением в ИРП (ретроспективная подгруппа, n=11) проведен анализ результатов лечения в данных подгруппах. Характеристика пациентов обеих подгрупп представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Сравнительная характеристика пациентов в группах закрытой коррекции деформаций и консервативного лечения

Показатель		Проспективная подгруппа (АВФ), n=8		Ретроспективная подгруппа (ИРП), n=11	
		абс.	%	абс.	%
Тип сахарного диабета	1 тип	3	37,5	4	36,4
	2 тип	5	62,5	7	63,6
Пол	мужчины	7	87,5	6	54,5
	женщины	1	12,5	5	45,5
Возраст, лет		52,6 ± 4,3 (41-63)		48,5 ± 4,7 (23-68)	
Длительность сахарного диабета, лет		23,5 ± 6,4 (5-43) ¹		15,8 ± 3,1 (3-35)	
Количество пациентов с наличием язвенного дефекта на момент начала лечения		4	50,0	0	0

Примечание – p < 0,05 для группы АВФ в сравнении с группой ИРП (p представлена только для достоверных различий между группами).

Пациенты группы АВФ были значительно старше и характеризовались большим стажем сахарного диабета, чем пациенты группы консервативного лечения. Соответственно, тяжесть локального поражения, которая обусловила выбор оперативной тактики лечения, была выше. В контрольной группе все дефекты кожных покровов и прилежащих мягких тканей зажили, однако продолжительность лечения до эпителизации была значительной (от 9 до 13 недель). Прогрессирования явлений остеоартропатии в этой группе в период наблюдения до 4 лет не выявлено.

Сравнение алгоритмов лечения в обеих группах представлено на рисунке 4.18.

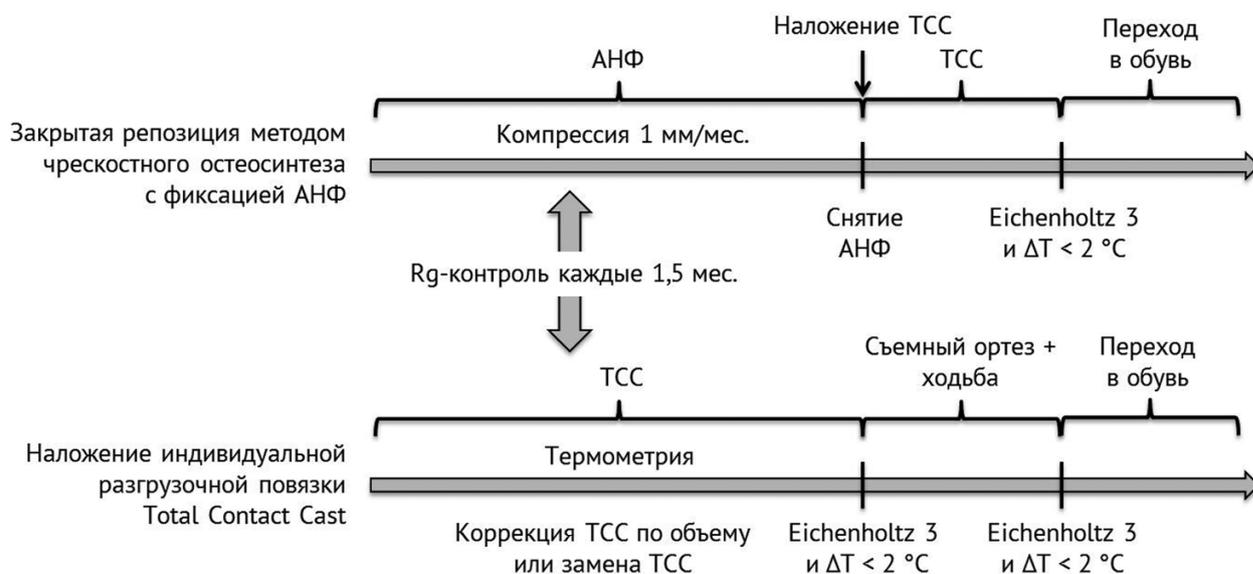


Рисунок 4.18 – Тактика лечения в двух группах

Основной параметр исследования – общая длительность лечения – определяли в проспективной группе как сумму времени применения АВФ (первичная фиксация) и времени фиксации стопы после снятия АВФ до перехода к использованию обуви (вторичная фиксация). В ретроспективной группе этот параметр включал время применения ИРП (первичная фиксация) и время, проведенное в ортезе после снятия ИРП до перехода к использованию обуви (вторичная фиксация).

Результаты лечения пациентов обеих групп представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Сравнение результатов лечения в группах закрытой коррекции деформаций и консервативного лечения

Показатель	Проспективная группа (АВФ), n=8	Ретроспективная группа (ИРП), n=11
Срок первичной фиксации, мес.	6 (4-8)	9 (4-12)
Срок вторичной фиксации, мес.	3 (2-8)	3 (0-10)
Длительность лечения до перехода на обувь, мес.	9 (6-15)	12 (7-14)*

Примечание – $p < 0,05$.

Таким образом, при сопоставимых положительных результатах общая длительность лечения в группе закрытой коррекции деформаций была меньше, чем в группе консервативного лечения, в среднем на 2 месяца. Частота осложнений в группе ИРП составила 36,4%, в группе АВФ – 50%, но эти различия не были статистически значимыми (значение $\chi^2=1,262$, $p>0,05$) (см. таблицу 4.12).

Таблица 4.12 – Характеристика осложнений и способов их устранения в группах закрытой коррекции деформаций и консервативного лечения

Группа	Осложнение	Сроки	К-во	Способ устранения
АВФ, n = 8	Параспицевая инфекция	<3 мес.	1	Перепроведение спиц
	НОАП голеностопного сустава	8 мес. 12 мес.	2	ИРП на 2 мес.
	Дислокация фрагмента клиновидной кости	6 мес.	1	Плоскостная резекция с первичным швом
ИРП, n = 11	Язвообразование в местах максимальной деформации	>8 мес.	4	Местное лечение, иммобилизация

Фиксация конечности в АВФ обеспечивала возможность наблюдения за состоянием мягких тканей, в то время как язвообразование в несъёмной ИРП длительно оставалось незамеченным ввиду бессимптомности течения и обнаруживалось только при плановой смене ИРП или переводе на съёмную ИРП, что сопровождалось недостаточно жёсткой фиксацией.

4.7. Сравнительный анализ частоты осложнений при 2 и 3 стадиях по Eichenholtz–Shibata в обеих группах

Проведен сравнительный анализ количества и характера осложнений в ретроспективной и проспективной группах с разделением в зависимости от стадии патологического процесса и наличия гнойно-некротических осложнений.

Данные сравнения осложнений в 2 группах при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Результаты оперативного лечения пациентов в двух группах при стадии 2 по Eichenholtz–Shibata

Показатель	Ретроспективная группа		Проспективная группа	
	Wagner 1–2, n=25	Wagner 3, n=35	Wagner 1–2, n=18	Wagner 3, n=13
Некроз кожи	0	0	1	0
Рецидив деформации	0	2	2	0
Параспицевая инфекция	0	1	1	2
Рецидив остеомиелита	0	0	0	1
Периимплантная инфекция, остеомиелит	6	2	0	0
всего	6	5	4	3
	11		7	
Калечащие оперативные вмешательства при купировании осложнений				
Экзартикуляция пальца	1	0	0	0
Ампутация стопы	0	1	0	0
Всего	2		0	

Примечание – $p < 0,01$.

Данные сравнения осложнений в двух группах при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Результаты оперативного лечения пациентов в группах при стадии 3 по Eichenholtz–Shibata

Показатель	Ретроспективная группа		Проспективная группа	
	Wagner 12, n=47	Wagner 3, n=45	Wagner 12, n=53	Wagner 3, n=17
Ранние осложнения	0	0	3	0
Перелом фиксатора	0	0	3	0
Рецидив деформации	3	4	2	0
Параспицевая инфекция	0	0	0	2
Рецидив остеомиелита	0	0	0	0
Периимплантная инфекция, остеомиелит	6	3	0	0
Всего	9	7	8	2
	16		10	

Калечащие оперативные вмешательства при купировании осложнений				
Ампутация стопы	0	1	0	0
Всего	1		0	

Примечание – $p < 0,01$.

При оценке результатов лечения в проспективной и ретроспективной группах в зависимости от стадии по Eichenholtz–Shibata выявлены статистически значимые различия.

Сравнительный анализ частоты осложнений лечения пациентов в группах в зависимости от стадий по классификациям Eichenholtz–Shibata и Wagner и от ИМТ, % представлен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Сравнительный анализ частоты осложнений лечения пациентов в группах в зависимости от стадий по классификациям Eichenholtz–Shibata и Wagner и от ИМТ, %

Критерий	Осложнения	Ретроспективная группа	Проспективная группа	p*
По стадиям классификации EichenholtzShibata				
Eichenholtz 0	все	0	0	0
	инфекционные	0	0	
Eichenholtz 1	все	36,4	16,7	0,016
	инфекционные	0	4,2	0,043
Eichenholtz 2	все	18,3	9,9	0,139
	инфекционные	15,0	5,6	0,049
Eichenholtz 3	все	17,4	7,8	0,072
	инфекционные	9,8	1,6	0,019
По стадиям классификации Wagner				
Wagner 0	все	36,4	3,1	<0,001
	инфекционные	0	0,8	0,373
Wagner 1-2	все	20,8	15,8	0,448
	инфекционные	16,7	1,3	<0,001
Wagner 3	все	15,0	16,1	0,855
	инфекционные	7,5	2,6	0,133

По ИМТ				
ИМТ <25	все	14,8	7,9	0,170
	инфекционные	7,4	2,6	0,139
ИМТ 25-35	все	14,7	8,4	0,215
	инфекционные	9,3	3,1	0,088
ИМТ >35	все	24,0	13,2	0,104
	инфекционные	16,0	3,8	0,009

Примечание – доверительный интервал p – уровень статистической значимости различий между ретроспективной и проспективной группами. Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия ($p < 0,05$).

Также оценивали суммарное число осложнений в обеих группах (см. таблицу 4.16).

Таблица 4.16 – Сравнительный анализ частоты осложнений лечения пациентов в ретроспективной и проспективной группах

	Ретроспективная группа	Проспективная группа
Количество пациентов	163	236
Количество всех осложнений	31	21

Примечание – значение критерия χ^2 составляет 6.607, доверительный интервал $p = 0,011$ при уровне значимости $p < 0,05$.

При анализе частоты осложнений в обеих группах выявлено снижение процента осложнений в проспективной группе пациентов при использовании предложенного алгоритма с 19% до 8,9% ($p = 0,011$), инфекционных осложнений 11,0 до 3% ($p = 0,003$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Актуальность исследования обусловлена тем, что при нейроостеоартропатии Шарко наиболее часто поражается средний отдел стопы. Деструктивные процессы и соответствующие деформации отличаются выраженной вариабельностью, а частота осложнений хирургических вмешательств, о которых сообщается в литературе, остаётся высокой. Консервативное лечение (иммобилизация и разгрузка конечности) эффективно преимущественно на ранних стадиях патологии; в 40% случаев требуется хирургическое вмешательство. Анализ литературы показывает, что большинство исследований хирургического лечения НОАП представляют собой описание клинического случая или серии случаев, оценённых ретроспективно. Изученные когорты пациентов в этих работах, как правило, не превышают нескольких десятков. Обобщение имеющихся данных свидетельствует об отсутствии структурированного подхода к выбору оперативной тактики в зависимости от характера деформации, а также о недостаточной согласованности между используемыми классификациями НОАП, стадией процесса, на которой выполняется оперативное вмешательство, и выбором хирургической тактики. По данным современных исследований частота послеоперационных осложнений может варьироваться от 8 до 71%, а частота переломов (миграции) фиксирующих конструкций – от 4 до 82%. Эти цифры подтверждают необходимость разработки стандартизированного подхода к выбору лечебной тактики, учитывающего не только характер поражения костных структур, но и общее состояние пациента, включая степень ишемии сегмента, наличие инфекции и стадию НОАП.

В настоящее время не сформирован чёткий алгоритм дифференцированного подхода к хирургической коррекции деформаций стопы в зависимости от стадии патофизиологического процесса, наличия или отсутствия гнойно-некротических и ишемических осложнений, а также тактики замещения костных дефектов. Не определены конкретные показания для проведения реконструктивных

вмешательств и точный алгоритм оперативных приемов при артродезе суставов стопы при НОАП.

Целью исследования стало улучшение результатов лечения пациентов с нейроостеоартропатией Шарко путем создания алгоритма персонализированной хирургической коррекции деформаций среднего отдела стопы.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

2. Выработать алгоритм выбора оптимальной хирургической тактики лечения нейроостеоартропатии Шарко с учетом стадии патологического процесса и наличия язвенных дефектов мягких тканей стопы.

2. Определить преимущества оперативного лечения пациентов с деформациями среднего отдела стопы при нейроостеоартропатии Шарко при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata в сравнении с консервативным лечением.

3. Разработать методику двухэтапного замещения костных дефектов среднего отдела стопы у пациентов с нейроостеоартропатией Шарко и определить показания к ее применению.

4. Оценить эффективность предложенного алгоритма в сравнении с результатами лечения пациентов без его применения.

Исследование проведено на базе двух больниц: ГКБ им. В. П. Демихова ДЗ г. Москвы (ГКБ №13 ДЗМ), ГКБ им. С. С. Юдина ДЗ г. Москвы и кабинета «Диабетическая стопа» СПб территориального диабетологического центра (Санкт-Петербург). Исследование включало два этапа – ретроспективный и проспективный.

На ретроспективном этапе проводили сбор и анализ результатов лечения пациентов с деформацией среднего отдела стопы. При 1 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata отбирали пациентов, проходивших амбулаторное консервативное лечение с применением ИРП в сочетании с использованием костылей в кабинете «Диабетическая стопа» СПб территориального диабетологического центра (Санкт-Петербург) в 2018–2020 гг. На базе ГКБ им. В. П. Демихова ДЗ г. Москвы (ГКБ №13 ДЗМ) проводили сбор и анализ

результатов лечения пациентов с 2013–2019 гг. с деформацией среднего отдела стопы при 2–3 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata.

На ретроспективном этапе проведены анализ и оценка результатов лечения 163 пациентов, отбор осуществлялся на основании анализа медицинских карт по принципу «случай–контроль». 152 стационарные истории болезни пациентов с НОАП Шарко при 2–3 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata были отобраны на базе ГКБ им. В. П. Демихова ДЗ г. Москвы (ГКБ №13 ДЗМ). 11 амбулаторных карт пациентов с НОАП Шарко при 1 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata были отобраны на базе кабинета «Диабетическая стопа» СПб территориального диабетологического центра (Санкт-Петербург).

Второй этап – проспективный. На данном этапе проводили лечение пациентов с деформацией среднего отдела стопы при 0–3 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata по предложенному алгоритму в 2020–2024 гг.

Критериями включения в исследование были: возраст >18 лет, сахарный диабет I и II типа, нейроостеоартропатия Шарко с локализацией в среднем отделе стопы. Критериями невключения служили комбинированное поражение заднего и среднего отделов стопы, явления критической ишемии нижней конечности и гангрены, длительная обездвиженность пациента, отсутствие приверженности лечению, гемодинамически значимые поражения артерий нижних конечностей, терминальная фоновая патология.

Пациенты ретроспективной группы с нейроостеоартропатией Шарко при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata (n=11) наблюдались амбулаторно, контрольный осмотр проводился 1 раз в месяц, выполняли этапное МРТ исследование, проводили локальную термометрию с определением градиента температуры.

Пациенты ретроспективной группы при 2–3 стадиях по Eichenholtz–Shibata (n=152) были госпитализированы в плановом и в экстренном порядке.

Все пациенты проспективной группы (n=236) были госпитализированы в плановом порядке после предварительной консультации и обследования на амбулаторном этапе, где выполняли общеклиническое обследование, рентгенографию, МРТ стопы и голеностопного сустава, компьютерную

томографию стопы и голеностопного сустава (при наличии грубых деформаций и костных дефектов), ультразвуковое исследование артерий и вен нижних конечностей. До начала стационарного лечения при плановой госпитализации пациентам рекомендовали полную разгрузку скомпрометированной конечности и обучение ходьбе с использованием дополнительных средств опоры (ходунки, костыли, подколенный костыль «свободные руки»).

При сохранении магистрального или магистрально-изменённого дистального кровотока пациенту планировали дальнейшее ортопедическое вмешательство или наложение ИРП.

В ретроспективной группе у 11 пациентов при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata проводили консервативное лечение с фиксацией стопы в индивидуальной разгрузочной повязке. Оперативные вмешательства были выполнены у 152 пациентов. В большинстве случаев выполняли клиновидную резекцию костей с погружным остеосинтезом винтами (n=80). Наименьшему числу пациентов была выполнена резекция костей стопы с погружным остеосинтезом пластинами (n=9). В данной группе не было различия в тактике лечения пациентов при разных стадиях Шарко и язвенных дефектов,

При 2 стадии по Eichenholtz–Shibata и 1–2 стадии по Wagner у 23 пациентов выявлено поражение по Sanders 2 и у 2 пациентов – комбинированное поражение Sanders 2–3. 2 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с фиксацией стопы задней гипсовой лонгетой, срок фиксации составил 1 месяц. Осложнений не выявлено. 21 пациенту выполнена клиновидная резекция костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами (выявлено 6 случаев периимплантной инфекции в сроки от 1 до 6 месяцев; в одном случае при купировании инфекции потребовалась экзартикуляция I пальца стопы). 2 пациентам проведен артродез аппаратом внешней фиксации, срок фиксации составил 4 месяца. После демонтажа аппарата фиксацию стопы продолжали в ИРП. Осложнений не выявлено.

При 3 стадии по Wagner у 13 пациентов выявлено поражение по Sanders 2, у 11 – по Sanders 3, у 11 пациентов – комбинированное поражение по Sanders 2–3. У 2 пациентов выполнялась остеонекрэктомия с последующей фиксацией гипсовой

лонгетой в течение 1,5 месяцев. Еще 2 пациентам была выполнена остеонекрэктомия с погружным остеосинтезом пластинами. Пациенты передвигались с помощью дополнительных средств опоры без нагрузки на ногу в течение 4 месяцев, после чего накладывали ИРП и разрешали дозированную, постепенно увеличивающуюся нагрузку в течение 2 месяцев. 10 пациентам выполнена клиновидная резекция костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами. Срок иммобилизации составил 4 месяца, после чего начинали дозированной нагрузкой в ИРП. 11 пациентам проведен артродез аппаратом внешней фиксации. Срок фиксации составил 4 месяца.

При 3 стадии по Eichenholtz–Shibata и 1–2 стадии по Wagner у 23 пациентов было поражение по Sanders 2, у 16 – по Sanders 3, у 8 пациентов – комбинированное поражение по Sanders 2–3. 12 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с фиксацией стопы задней гипсовой лонгетой. 4 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с погружным остеосинтезом пластиной, осложнений не выявлено. 23 пациентам выполнена клиновидная резекция костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами. 8 пациентам проведен артродез аппаратом внешней фиксации. Сроки фиксации и начало нагрузки соответствовали срокам в группе пациентов при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata.

При 3 стадии по Wagner у 26 пациентов выявлено поражение по Sanders 2, у 10 – по Sanders 3, у 9 пациентов – комбинированное поражение по Sanders 2–3. 10 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с фиксацией стопы задней гипсовой лонгетой на срок до 1,5 месяцев. 3 пациентам выполнялась остеонекрэктомия с погружным остеосинтезом пластиной. 26 пациентам была выполнена клиновидная резекция костей среднего отдела стопы с остеосинтезом винтами, осложнений не выявлено. 6 пациентам проведен артродез аппаратом внешней фиксации.

Алгоритм выбора тактики лечения в проспективной группе пациентов основывался на стадии нейроостеоартропатии Шарко по классификации Eichenholtz–Shibata (0–3 стадии) и наличии гнойно-некротического процесса на стопе согласно классификации Wagner (0–3 стадии). Такая систематизация позволяла распределить пациентов по группам и выбрать консервативную или

оперативную тактику лечения. При оперативных вмешательствах определяли вид фиксации костных фрагментов и необходимость замещения костных дефектов с применением одно- или двухэтапных методик.

В зависимости от характера поражения применялись погружные или внешние фиксаторы, одноэтапные и двухэтапные методики реконструкции стопы.

Наиболее часто выполняли открытые операции с артродезированием (55,5%), используя как погружные фиксаторы, так и аппараты внешней фиксации, компоновка которых была представлена в подглаве 3.7. Вторыми по частоте были методики с использованием ауто- или аллотрансплантатов (23,7%).

Фиксацию применили у 198 пациентов: в 50,5% случаев аппарат использовали как монофиксацию и в 15,7% – в комбинации с погружной; погружные фиксаторы применяли в 33,8%. Чаще всего АВФ использовали при 1–2 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata, а также 0, 2 и 3 стадиях по классификации Wagner. Средний срок фиксации в послеоперационном периоде был наибольшим при 1 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata (5,7 месяца) и 3 стадии по Wagner (7,2 месяца).

Пациенты с нейроостеоартропатией Шарко без деформации и язв при 0–2 стадиях по Eichenholtz–Shibata (n=15) лечились консервативно – наложением ИРП с проведением МРТ в динамике и заменой повязки на ортопедическую обувь после перехода процесса в 3 стадию по Eichenholtz–Shibata.

Пациентам с деформацией при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata выполняли «закрытую» коррекцию со стабилизацией в аппарате внешней фиксации и наложением ИРП после демонтажа аппарата (n=8). Результаты сравнивали с результатами консервативного лечения группы пациентов проспективной группы (n=11).

При невозможности закрытой репозиции и устранения деформации применяли открытое вправление с последующей фиксацией погружными имплантатами, АВФ или комбинацией этих методов (n=9).

При костных дефектах применяли одно- и двухэтапные методы замещения с применением ауто- и аллотрансплантатов, остеозамещающих препаратов и их

сочетаний. Выбор метода зависел от индекса массы тела пациента и травматичности забора донорского материала. При наличии выраженной подкожно-жировой клетчатки в месте забора и малом объеме дефекта (менее 3 см³) при выполнении артродеза и замещении дефектов использовали фрагменты резецированных костей. При объеме дефекта более 3 см³ использовали аллотрансплантат или фрагмент из гребня подвздошной кости. При объеме дефекта более 5 см³ использовали двухэтапные методики.

При выявлении костных дефектов при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata выполняли их замещение (n=9). У 1 пациента проведено одноэтапное замещение костного дефекта аутокостью с забором материала из гребня подвздошной кости с фиксацией в АВФ. У 2 пациентов – двухэтапное замещение дефектов; в 1 случае – аутооттрансплантатом, полученным системой Reamer Irrigator Aspirator (RIA) (см. параграф 4.2.1), в другом – аналогичным аутооттрансплантатом в сочетании с гидроксипатитом; фиксация выполнялась в АВФ. У пациентов с язвенными дефектами 1–3 стадии по Wagner двухэтапную костную пластику в 3 случаях осуществляли системой RIA и в 1 случае – с пластикой дефекта гетеротопическим аллотрансплантатом. На двухэтапный метод замещения костных дефектов костным аутооттрансплантатом, взятым системой RIA, получен Патент RU 2776414 C1 от 12.01.2022.

На выбор лечебной тактики также существенно влияло наличие язвенных дефектов в области деформированной стопы. При 0–2 стадиях по классификации Wagner наиболее часто выполняли открытое артродезирование, а при самой тяжелой, 3 стадии, наряду с такими операциями применяли двухэтапные коррекции с ауто- или аллотрансплантатами.

Достигнутое после коррекции положение фиксировали погружными конструкциями или аппаратами внешней фиксации (АВФ). Фиксацию применили у 198 пациентов: в 50,5% случаев АВФ использовали как монофиксацию и в 15,7% – в комбинации с погружной. Чаще всего АВФ использовали при 1–2 стадиях по классификации Eichenholtz–Shibata, а также 0, 2 и 3 стадиях по классификации Wagner.

При выраженной деформации, гиперкератозах, угрозе язвообразования и/или нарушении опороспособности стопы выполнялся резекционный артродез (n=35) с фиксацией погружными фиксаторами (n=5), АВФ (n=18) или комбинацией этих методов (n=12). При 3 стадии по классификации Wagner проводили одноэтапный артродез или двухэтапную костную пластику. У 2 пациентов на втором этапе лечения удаляли спейсер без замещения костного дефекта с выполнением резекционного артродеза.

Пациентам при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata при отсутствии угрозы язвообразования рекомендовали амбулаторное наблюдение и ношение ортопедической диабетической обуви с индивидуальными ортопедическими диабетическими стельками. Пациенты с консервативной тактикой ведения не включены в данное исследование, так как с первичного консультативного приёма направлялись на амбулаторное наблюдение в кабинеты диабетической стопы по месту жительства.

В группе пациентов с деформациями при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata (n=128) пациентам с деформацией среднего отдела стопы по типу «стопа-качалка» и язвой 1–2 стадии по Wagner по плантарной поверхности (n=10) проводилась резекция выступающих (пролабированных) плантарно костных структур, сформированных экзостозов без проведения корригирующих остеотомий и фиксации стопы имплантами. Остальным пациентам в данной группе (n=118) выполнялся резекционный артродез. Остальным пациентам с костными дефектами (n=36) с НОАП при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata выполняли замещение дефектов резецированной ортотопической аутокостью (n=25), гетеротопической аутокостью (n=1) и гетеротопической аллокостью (n=10).

Во всех группах пациентов проводилась оценка результатов лечения и анализ полученных осложнений.

Осложнения разделяли на инфекционные и неинфекционные (миграция или перелом фиксатора, рецидив деформации, манифестация НОАП голеностопного сустава).

Разделение осложнений проводили в зависимости от стадии патологического процесса по классификации Eichenholtz–Shibata и от стадии раневого процесса по классификации Wagner. В ретроспективной группе у оперированных пациентов при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata процент осложнений составил 36,4%, при 2 стадии по Eichenholtz–Shibata – 18,3%, при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata – 17,4%. В 1 случае лечение привело к экзартикуляции пальца, и в 2 случаях – к ампутации стопы.

Также оценивали зависимость развития осложнений от показателя ИМТ. Пациентов условно разделили на три группы: с ИМТ ≤ 25 кг/м² (норма), с ИМТ 25–35 кг/м² (избыточная масса тела и ожирение I степени) и с ИМТ > 35 кг/м² (ожирение II–III степени) с последующей оценкой осложнений в зависимости от ИМТ.

Частота послеоперационных осложнений коррелировала не только со стадией патологического процесса по классификации Eichenholtz–Shibata, но и с ИМТ в обеих группах: в ретроспективной группе при ИМТ < 25 частота осложнений составила 14,8%, при ИМТ от 25 до 35 – 14,7%, а при ИМТ > 35 – 24,0%; в проспективной группе при ИМТ < 25 частота осложнений составила 7,9%, при ИМТ от 25 до 35 – 8,4%, а при ИМТ > 35 – 13,2%.

С целью сравнения эффективности закрытой коррекции деформаций стопы на фоне НОАП при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata (основная группа) с консервативным ведением в ИРП (контрольная группа) основным параметром исследования – общая длительность лечения – определяли в основной группе как сумму времени применения АВФ (первичная фиксация) и времени фиксации стопы после снятия АВФ до перехода к использованию обуви (вторичная фиксация). В контрольной группе этот параметр включал время применения ИРП (первичная фиксация) и время, проведённое в ортезе после снятия ИРП до перехода к использованию обуви (вторичная фиксация). При сопоставительных положительных результатах общая длительность лечения в группе закрытой коррекции деформаций была меньше, чем в группе консервативного лечения, в среднем на 2 месяца. Частота осложнений в группе ИРП составила 36,4%, в группе

АВФ – 50%, различия не были статистически значимыми (значение $\chi^2=1,262$, $p>0,05$).

В проспективной группе выявлена прямая зависимость частоты осложнений от наличия и глубины язвенных дефектов по классификации Wagner: 3,1% при 0 стадии, 15,8% – при 1 и 2 стадиях, 16,1% – при 3 стадии.

Всего в проспективной группе гнойно-септические осложнения отмечены в 3,0% случаев, нестабильность/переломы фиксаторов – в 1,3% случаев. При сравнении количества осложнений в обеих группах выявлено снижение процента осложнений в проспективной группе пациентов при использовании предложенного алгоритма с 19% до 8,9% ($p=0,011$) и снижение инфекционных осложнений с 11,0 до 3,0% ($p=0,003$). Осложнений, приведших к ампутации конечности, в данной группе пациентов не было, что подтверждает эффективность предложенного алгоритма.

По данным опубликованных работ большинство исследований не учитывают полную клиническую картину, включая стадию процесса, степень ишемии и качество костной ткани. Это приводит к высокому уровню рецидивов и необходимости повторных операций. Опыт применения предложенного алгоритма показал, что при правильной диагностике и индивидуальном подходе можно добиться хороших результатов и снизить частоту послеоперационных осложнений в раннем и позднем послеоперационных периодах.

Выбор тактики хирургического вмешательства определяется стадией патологического процесса и наличием гнойно-некротического процесса, что обосновано в предложенном алгоритме.

Основными целями ортопедического лечения пациентов с нейроостеоартропатией Шарко являются восстановление опорной способности пораженной нижней конечности, снижение риска ампутации и сохранение мобильности пациента. В то же время особенности клинических проявлений заболевания, ухудшение комплаентности пациентов и увеличение числа таких пациентов повышают значимость ортопедической реконструкции стопы.

Важным прогностическим критерием результата оперативного вмешательства является приверженность пациента лечению, возможность соблюдения рекомендаций, социальная адаптированность. В связи с этим учитывали приверженность пациента лечению и возможность применения более сложных двухэтапных методик. Мы проводили повторные беседы с пациентами, а также на предоперационном этапе обсуждали с ним дальнейшее лечение и реабилитацию в присутствии близких родственников, проживающих совместно и оказывающих помощь на этапе амбулаторного наблюдения. Невозможность соблюдения режима разгрузки конечности в пред- и послеоперационном периодах, отсутствие помощи родственников на амбулаторном этапе лечения, отсутствие лифта в многоквартирном доме и другие социальные факторы могут влиять на результат комплексного лечения пациента со стопой Шарко.

Традиционно одним из критериев оценки эффективности лечения в травматологии и ортопедии является влияние на качество жизни пациента. Для этого используют специальные шкалы и опросники (AOFAS, индекс функции стопы FFI, ВАШ, SF-36 и др.), которые применяются для оценки влияния оперативного лечения на качество жизни пациентов ортопедического профиля. Они позволяют оценить динамику функциональных изменений как со стороны оперированной стопы, так и по функциональному результату локомоции в целом: способность к ходьбе, выраженность болевого синдрома, возвращение к занятиям спортом и ношению повседневной обуви, а также субъективную удовлетворённость. Эти шкалы зарекомендовали себя как надёжный инструмент оценки качества жизни пациента, повседневной жизнедеятельности и способности к самообслуживанию.

Однако у пациентов с сахарным диабетом эти шкалы неприменимы вовсе либо применимы частично. Болевой синдром у исследуемых пациентов нередко отсутствует из-за диабетической дистальной полинейропатии, поэтому не может быть критерием эффективности оперативного вмешательства. Кроме того, операции на стопе у пациентов ортопедического профиля, выполняемые не по поводу НОАП, как правило направлены на увеличение физической нагрузки и

возвращение к активности и повседневной обуви, тогда как при НОАП основная цель – сохранение конечности. Ради этого нередко требуется значимо изменять биомеханику стопы, что исключает возвращение к ношению повседневной или несложной ортопедической обуви, а также ходьбе босиком. Эти пациенты не вернутся к тому качеству жизни, которое было у них до манифестации заболевания. Таким образом, оперативное вмешательство при НОАП, как правило, не приводит к существенному улучшению качества жизни или вообще на него не влияют. Очевидно, что необходимы другие методы для оценки качества лечения. Опросник NeuroQoI оказался ограниченно применим у пациентов с синдромом диабетической стопы и диабетической дистальной полинейропатией и не получил широкого применения в повседневной практике. Аналогичные опросники для оценки дистальной нейропатии также ограниченно применимы, так как НОАП является следствием тяжёлого поражения С-волокон. В связи с этим в нашем исследовании мы не использовали шкалы качества жизни, применяемые при патологии стопы недиабетического профиля. Оценку результатов лечения проводили на основании данных лучевой диагностики и клинического исследования. Оценивали наличие консолидации в зоне проведённого артродеза, отсутствие участков язвообразования и рецидива гнойно-некротического процесса.

В данной работе разработан алгоритм лечения пациентов с нейроостеоартропатией Шарко в зависимости от стадии процесса и наличия инфекции поражённой конечности.

Разработанный и внедрённый алгоритм дифференцированной лечебной тактики в зависимости от стадии по Eichenholtz–Shibata и Wagner позволил снизить частоту послеоперационных осложнений и ампутаций, а также повысить предсказуемость исходов.

Полученные данные подтверждают необходимость определения тактики лечения и метода фиксации с учётом не только характера и компонентов деформации стопы, но и стадии артропатии, качества костной ткани и трофических нарушений.

ВЫВОДЫ

1. Предложенный алгоритм лечения, основанный на классификациях Eichenholtz–Shibata и Wagner, позволяет осуществить персонализированный подход к лечению пациентов с деформациями среднего отдела стопы при нейроостеоартропатии Шарко и заключается в оценке деформации, стадии нейроостеоартропатии и наличия язвенных дефектов. Алгоритм предполагает применение погружных фиксаторов только при 3 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata, а при 1 и 2 стадиях – внеочаговый остеосинтез аппаратом внешней фиксации.

2. Закрытая коррекция деформаций среднего отдела стопы при 1–2 стадиях по Eichenholtz–Shibata аппаратом внешней фиксации снижает длительность лечения ($8,9 \pm 1,0$ месяцев в основной группе и $10,9 \pm 0,9$ месяцев в контрольной группе, при $p=0,04$). Применение данной методики оперативного лечения продемонстрировало лучшие результаты в основной группе по сравнению с контрольной группой, пролеченной консервативно – частота осложнений в группе ИРП составила 36,4%, в группе АВФ – 50%. Эти различия не были статистически значимыми (значение $\chi^2=1,262$, $p>0,05$). При планировании лечения пациентов следует учитывать не только характер деформации, но и стадию активности процесса, применяя чрескостный остеосинтез при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata.

3. Разработанный метод двухэтапного замещения обширных костных дефектов костей среднего отдела стопы показал эффективность и возможность сохранения длины оперированного сегмента. Перестройка трансплантата в единый костный блок со смежными костями и повышение денситометрической плотности костно-пластического материала (после имплантации – 313–442 HU и через 12 месяцев – 261–884 HU) по сравнению с окружающими костными структурами (60–211 HU и через 12 месяцев – 24–405 HU) прослежены на всем периоде наблюдения.

4. Предложенный алгоритм лечения, основанный на классификациях Eichenholtz–Shibata и Wagner, позволяет снизить частоту осложнений при 1 стадии по классификации Eichenholtz–Shibata – на 19,8%, при 2 стадии – на 36,4% и при 3 стадии – на 37,5% по сравнению с ретроспективной группой, а также избежать калечащих операций (1,8% ампутаций в ретроспективной группе).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При наличии у пациента грубой деформации среднего отдела стопы при 1 стадии по Eichenholtz–Shibata целесообразно рассмотреть метод закрытой коррекции деформации аппаратом внешней фиксации с проведением дальнейшей фиксации в ИРП после демонтажа аппарата.

2. Использование погружных фиксаторов рекомендовано только при 3 стадии по Eichenholtz–Shibata, при 1–2 стадиях целесообразно применять метод чрескостного остеосинтеза.

3. При наличии обширных костных дефектов при нейроостеоартропатии Шарко рекомендовано проведение двухэтапных методик замещения дефектов.

4. При замещении костных дефектов стопы для повышения плотности трансплантата рекомендована более плотная компактизация костно-пластического материала.

5. В случаях обширных костных дефектов на фоне низкой приверженности к лечению и/или медицинских противопоказаний к проведению плановых оперативных вмешательств следует отказываться от проведения костной пластики дефектов и сохранять зону диастаза среднего отдела стопы с формированием в последующем гипермобильного неоартроза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АВФ –	аппарат внешней фиксации
АНФ (на рисунке 3.2.2.1.1.) –	аппарат наружной фиксации
ЗББМ –	задняя большеберцовая мышца
ИМТ –	индекс массы тела
ИРП –	индивидуальная разгрузочная повязка
КТ –	компьютерная томография
МРТ –	магнитно-резонансная томография
МСКТ –	мультиспиральная компьютерная томография
НОАП –	нейроостеоартропатия
СД –	сахарный диабет
СКФ –	уровень скорости клубочковой фильтрации
ТСС –	Total Contact Cast
ХБП –	хроническая болезнь почек
ВМР –	Bone Morphogenetic Protein (Костные морфогенетические белки)
In-Fix –	Погружные фиксаторы (винты, пластины, коннекторы)
PDGF –	Platelet-derived growth factor (Тромбоцитарный фактор роста)
RIA –	Reammer Irrigator Aspirator
HU –	единицы Хаунсфилда

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзунов Д. Ю., Моховиков Д. С., Колчин С. Н., Люлин С. В., Кутепов С. М., Гильманов Р. Т. Проблемы и успехи комбинированного применения технологий Илизарова и Masquelet // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28, № 5. – С. 652–658.
2. Бреговский В. Б. Лучевая диагностика диабетической нейроостеоартропатии Шарко // Трансляционная медицина. – 2021. – Т. 8, № 1. – С. 12–18.
3. Бреговский В. Б., Демина А. Г., Карпова И. А. Рецидивы язвенных дефектов стоп у пациентов с сахарным диабетом в амбулаторной практике // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2022. – Т. 181, № 2. – С. 49–56.
4. Дворянчиков Я. В., Токмакова А. Ю., Галстян Г. Р., Шеремета М. С., Трухин А. А. Дифференциальная диагностика диабетической нейроостеоартропатии и остеомиелита стопы при помощи методов медицинской визуализации // Эндокринная хирургия. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 30–38.
5. Дедов И. И., Шестакова М. В., Майоров А. Ю. [и др.]. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. 11-й выпуск // Сахарный диабет. – 2023. – Т. 26, № S2. – С. 1–157.
6. Демина А. Г., Бреговский В. Б., Карпова И. А. Ближайшие результаты лечения активной стадии стопы Шарко в амбулаторных условиях // Сахарный диабет. – 2020. – Т. 23, № 4. – С. 316–323.
7. Демина А. Г., Бреговский В. Б., Карпова И. А. Диабетическая нейроостеоартропатия Шарко: обзор патологии и опыт амбулаторного лечения // Consilium Medicum. – 2020. – Т. 22, № 4. – С. 55–60.
8. Демина А. Г., Рыжкова Д. В., Бреговский В. Б., Карпова И. А. Результаты многофазной остеосцинтиграфии у больных с неактивной стадией диабетической нейроостеоартропатии стоп (артропатией Шарко) // Лучевая диагностика и терапия. – 2017. – № 4(8). – С. 48–53.

9. Каландия М. М., Доронина Л. П., Митиш В. А., Токмакова А. Ю., Зайцева Е. Л., Галстян Г. Р. Отдаленные результаты корригирующих хирургических вмешательств у пациентов с диабетической нейроостеоартропатией среднего отдела стопы // Сахарный диабет. – 2023. – Т. 26, № 5. – С. 464–472.
10. Корейба К. А., Минабутдинов А. Р., Корейба Д. К., Гаджимурадов Р. У., Гатина Л. Н. Современный взгляд на проблему: комплексное лечение раневых дефектов при деструктивной форме нейроостеоартропатии синдрома диабетической стопы // Инфекции в хирургии. – 2023. – Т. 21, № 2. – С. 39–41.
11. Крикунова В. В., Гуди С. М., Скуратова Л. К., Лучшев М. Д., Пахомов И. А. Особенности диагностики и лечения остеоартропатии Шарко // Современные проблемы науки и образования. – 2025. – № 4. – С. 83.
12. Кудаева Ф. М., Елисеев М. С., Владимиров С. А., Барскова В. Г. Артропатия Шарко: место встречи ревматолога и эндокринолога // Современная ревматология. – 2010. – Т. 4, № 4. – С. 77–82.
13. Оболенский В. Н. Реконструкция среднего отдела инфицированной стопы Шарко // Хирург. – 2020. – № 9–10. – С. 52–61.
14. Павлюченко С. В., Жданов А. И., Орлова И. В. Современные подходы к хирургическому лечению нейроостеоартропатии Шарко (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 114–123.
15. Пирогов Н. И. О перерезке ахиллова сухожилия как оперативно-ортопедическом средстве лечения // Собр. соч. Н. И. Пирогова: В 8 т. – Москва: Гос. изд-во мед. лит-ры, 1957. – Т. 3. – С. 109–180.
16. Страхова Г. Ю., Какубава М. Р. Клинический опыт Центра диабетической стопы в лечении пациентов со стопой Шарко // Инфекции в хирургии. – 2022. – Т. 20, № 2. – С. 110–113.
17. Ступина Т. А., Мезенцев И. Н., Щудло М. М., Мигалкин Н. С., Судницын А. С. Современные аспекты патоморфологии тканей стопы при синдроме диабетической нейроостеоартропатии, в том числе осложненной остеомиелитом (обзор литературы и результаты собственных исследований) // Гений ортопедии. – 2022. – Т. 28, № 2. – С. 282–288.

18. Токмакова А. Ю., Грачева Е. С., Зайцева Е. Л., Воронцов А.В. Сочетание распространенной нейроостеоартропатии и диабетической дерматопатии при сахарном диабете 2 типа // Сахарный диабет. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 201–208.
19. Цветков В. О., Колованова О. В., Фролова О. Е., Гусарова Т. А., Ежова Л. Г. Информативность бактериологического исследования костной ткани в диагностике остеомиелита при синдроме диабетической стопы // Сахарный диабет. – 2019. – Т. 22, № 5. – С. 428–435.
20. Ярославцева М. В., Бондаренко О. Н., Эль-Тарави Я. А., Магеррамова С. Т., Пигарова Е. А., Ульянова И. Н., Галстян Г. Р. Этиопатогенетические особенности костного метаболизма пациентов с сахарным диабетом, осложненным диабетической нейроостеоартропатией // Проблемы эндокринологии. – 2024. – Т. 70, № 4. – С. 57–64.
21. Ahluwalia R., Maffulli N., Lázaro-Martínez J. L., Kirketerp-Møller K., Reichert I. Diabetic foot off loading and ulcer remission: Exploring surgical off-loading // Surgeon. – 2021. – Vol. 19, № 6. – P. 526–535.
22. Armstrong D. G., Lavery L. A., Harkless L. B., Van Houtum W. H. Amputation and reamputation of the diabetic foot // Journal of the American Podiatric Medical Association. – 1997. – Vol. 87, № 6. – P. 255–259.
23. Armstrong D.G., Tan T.W., Boulton A.J.M., Bus S.A. Diabetic foot ulcers: a review // JAMA. – 2023. – Vol. 330, №1. – P. 62–75.
24. Bevan W. P., Tomlinson M. P. Radiographic measures as a predictor of ulcer formation in diabetic Charcot midfoot // Foot & Ankle International. – 2008. – Vol. 29, № 6. – P. 568–573.
25. Bouaicha S., von Rechenberg B., Osterhoff G., et al. Histological remodelling of demineralised bone matrix allograft in posterolateral fusion of the spine – an ex vivo study // BMC Surgery. – 2013. – Vol. 13. – Article 58.
26. Boulton A. J. The diabetic foot: from art to science. The 18th Camillo Golgi lecture // Diabetologia. – 2004. – Vol. 47, № 8. – P. 1343–1353.

27. Bradley J, Rumble M, Wong J, Yui M, Kaminski MR. Optimal Time Period to Achieve Temperature Stabilisation After Total Contact Cast (TCC) Removal for Assessing Dermal Temperatures in Active Charcot Neuro-Osteoarthropathy // *J Foot Ankle Res.* – 2025. – Vol. 18, № 3. – Article e70059.
28. Brcic I., Pastl K., Plank H., et al. Incorporation of an allogenic cortical bone graft following arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint in a patient with hallux rigidus // *Life (Basel).* – 2021. – Vol. 11, № 6. – Article 473.
29. Brodsky J. W., Rouse A. M. Exostectomy for symptomatic bony prominences in diabetic Charcot feet // *Clinical Orthopaedics and Related Research.* – 1993. – № 296. – P. 21–26.
30. Burns P. R., Wukich D. K. Surgical reconstruction of the Charcot rearfoot and ankle // *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery.* – 2008. – Vol. 25, № 1. – P. 95–120.
31. Butt D. A., Hester T., Bilal A., Edmonds M., Kavarthapu V. The medial column Synthes midfoot fusion bolt is associated with unacceptable rates of failure in corrective fusion for Charcot deformity: results from a consecutive case series // *Bone & Joint Journal.* – 2015. – Vol. 97-B, № 6. – P. 809–813.
32. Capobianco C. M., Stapleton J. J., Zgonis T. The role of an extended medial column arthrodesis for Charcot midfoot neuroarthropathy // *Diabetic Foot & Ankle.* – 2010. – Vol. 1. – Article 5282.
33. Catanzariti A. R., Mendicino R., Haverstock B. Ostectomy for diabetic neuroarthropathy involving the midfoot // *Journal of Foot and Ankle Surgery.* – 2000. – Vol. 39, № 5. – P. 291–300.
34. Chantelau E., Poll L. W. Evaluation of the diabetic Charcot foot by MR imaging or plain radiography: an observational study // *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes.* – 2006. – Vol. 114, № 8. – P. 428–431.
35. Cox G., Jones E., McGonagle D., Giannoudis P. V. Reamer-irrigator-aspirator indications and clinical results: a systematic review // *International Orthopaedics.* – 2011. – Vol. 35, № 7. – P. 951–956.

36. Dallimore S. M, Puli N, Kim D, Kaminski M. R. Infrared dermal thermometry is highly reliable in the assessment of patients with Charcot neuroarthropathy // *J Foot Ankle Res.* – 2020. – Vol. 13, № 56. – P. 1–11.
37. Dardari D. An overview of Charcot's neuroarthropathy // *J Clin Transl Endocrinol.* – 2020. – Vol. 22. – Article 100239.
38. Deresh G. M., Cohen M. Reconstruction of the diabetic Charcot foot incorporating bone grafts // *Journal of Foot and Ankle Surgery.* – 1996. – Vol. 35, № 5. – P. 474–488.
39. Dos Santos-Vaquinhas A., Parra G., Martínez P., Sobrón B., Cuervas-Mons M. Beaming in the Charcot foot: a case series with 12-month minimum follow-up // *Foot (Edinburgh).* – 2021. – Vol. 47. – Article 101814.
40. Eichenholtz S. N. Charcot joints. – Springfield, IL: Charles C. Thomas, 1966. – P. 3–8.
41. Eschler A., Gradl G., Wussow A., Mittlmeier T. Late corrective arthrodesis in nonplantigrade diabetic Charcot midfoot disease is associated with high complication and reoperation rates // *Journal of Diabetes Research.* – 2015. – Article ID 246792.
42. Eschler A., Wussow A., Ulmar B., Mittlmeier T., Gradl G. Intramedullary medial column support with the Midfoot Fusion Bolt (MFB) is not sufficient for osseous healing of arthrodesis in neuroosteoarthropathic feet // *Injury.* – 2014. – Vol. 45, Suppl. 1. – P. S38–S43.
43. Ettinger S., Plaass C., Claassen L., Stukenborg-Colsman C., Yao D., Daniilidis K. Surgical management of Charcot deformity for the foot and ankle: radiologic outcome after internal/external fixation // *Journal of Foot and Ankle Surgery.* – 2016. – Vol. 55, № 3. – P. 522–528.
44. Fernández-Ospina N. H., López-Moral M., Molines-Barroso R. J., García-Madrid M., García-Morales E., Lázaro-Martínez J. L. Safety and Efficacy of Plantar Exostectomies for the Management of Diabetic Charcot Midfoot Deformity: A Systematic Review // *Int J Low Extrem Wounds.* – 2025. – Vol. 24, № 4. – P. 789-796.
45. Fierro F. A., Nolta J. A., Adamopoulos I. E. Concise review: stem cells in osteoimmunology // *Stem Cells.* – 2017. – Vol. 35, № 6. – P. 1461–1467.

46. Fife C. E., Carter M. J., Walker D., Thomson B., Eckert K. A. Diabetic foot ulcer off-loading: the gap between evidence and practice. Data from the US Wound Registry // *Advances in Skin and Wound Care*. – 2014. – Vol. 27, № 7. – P. 310–316.
47. Fitzgibbons T. C., Hawks M. A., McMullen S. T., Inda D. J. Bone grafting in surgery about the foot and ankle: indications and techniques // *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. – 2011. – Vol. 19, № 2. – P. 112–120.
48. Ford S. E., Cohen B. E., Davis W. H., Jones C. P. Clinical outcomes and complications of midfoot Charcot reconstruction with intramedullary beaming // *Foot & Ankle International*. – 2019. – Vol. 40, № 1. – P. 18–23. 34
49. Fraser T. W., Miles D. T., Huang N., Davis F. B., Dunlap B. D., Doty J. F. Radiographic Outcomes, Union Rates, and Complications Associated with Plantar Implant Positioning for Midfoot Arthrodesis // *Foot Ankle Orthop*. – 2021. – Vol. 6, № 3. – P. 1–10.
50. Frøkjær J. Surgical treatment of midfoot Charcot neuroarthropathy: review of literature and our results after superconstruct reconstruction of midfoot Charcot neuroarthropathy // *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. – 2021. – Vol. 17. – P. 59–64.
51. Frykberg R. G., Zgonis T., Armstrong D. G., Driver V. R., Giurini J. M., Kravitz S. R., Landsman A. S., Lavery L. A., Moore J. C., Schuberth J. M., Wukich D. K., Andersen C., Vanore J. V.; American College of Foot and Ankle Surgeons. Diabetic foot disorders: a clinical practice guideline (2006 revision) // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2006. – Vol. 45, № 5, Suppl. – P. S1–S66.
52. Garchar D., DiDomenico L. A., Klaue K. Reconstruction of Lisfranc joint dislocations secondary to Charcot neuroarthropathy using a plantar plate // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2013. – Vol. 52, № 3. – P. 295–297.
53. Godoy-Santos A. L., Rosemberg L. A., de Cesar-Netto C., Armstrong D. G. The use of bioactive glass S53P4 in the treatment of an infected Charcot foot: a case report // *Journal of Wound Care*. – 2019. – Vol. 28, Suppl. 1. – P. S14–S17.
54. Gooday C., Gray K., Game F., Woodburn J., Poland F., Hardeman W. Systematic review of techniques to monitor remission of acute Charcot neuroarthropathy

in people with diabetes // *Diabetes & Metabolism Research and Reviews*. – 2020. – Vol. 36, № 7. – Article e3328.

55. Grant W. P. Biomechanics of the Charcot foot collapse and rodding the medial column as a beam to salvage the Charcot foot // *Annual American College of Foot and Ankle Surgeons Scientific Seminar, Orlando, FL, February 5–8, 1997: conference paper*.

56. Grant W. P., Garcia-Lavin S., Sabo R. Beaming the columns for Charcot diabetic foot reconstruction: a retrospective analysis // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2011. – Vol. 50, № 2. – P. 182–189.

57. Grant W. P., Jerlin E. A., Pietrzak W. S., Tam H. S. The utilization of autologous growth factors for the facilitation of fusion in complex neuropathic fractures in the diabetic population // *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*. – 2005. – Vol. 22, № 4. – P. 561–584.

58. Gratwohl V., Jentzsch T., Schöni M., Kaiser D., Berli M. C., Böni T., Waibel F. W. A. Long-term follow-up of conservative treatment of Charcot feet // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. – 2022. – Vol. 142, № 10. – P. 2553–2566.

59. Griffith J., Davies A. M., Close C. F., Natrass M. Organized chaos? Computed tomographic evaluation of the neuropathic diabetic foot // *British Journal of Radiology*. – 1995. – Vol. 68, № 805. – P. 27–33.

60. Guyton G. P. An analysis of iatrogenic complications from the total contact cast // *Foot & Ankle International*. – 2005. – Vol. 26, № 11. – P. 903–907.

61. Haubruck P., Ober J., Heller R., Miska M., Schmidmaier G., Tanner M. C. Complications and risk management in the use of the reaming-irrigator-aspirator (RIA) system: RIA is a safe and reliable method in harvesting autologous bone graft // *PLoS ONE*. – 2018. – Vol. 13, № 4. – Article e0196051.

62. Herscovici D. Jr., Scaduto J. M. Use of the reamer-irrigator-aspirator technique to obtain autograft for ankle and hindfoot arthrodesis // *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*. – 2012. – Vol. 94, № 1. – P. 75–79.

63. Huang Y., Cao Y., Zou M., Luo X., Jiang Y., Xue Y., Gao F. A comparison of tissue versus swab culturing of infected diabetic foot wounds // *International Journal of Endocrinology*. – 2016. – Article ID 8198714.
64. Hurst M., Shin L. Charcot neuroarthropathy: Surgical and conservative treatment approaches // *Semin Vasc Surg*. – 2025. – Vol. 38, № 1. – P. 74-84.
65. Iacopi E., Pieruzzi L., Goretti C., Piaggese A. Pilot experience on the use of S53P4 bioactive glass in the surgical management of diabetic foot osteomyelitis // *International Journal of Lower Extremity Wounds*. – 2022. – Vol. 21, № 1. – P. 57–64.
66. Jones P. J., Davies M. J., Webb D., Berrington R., Frykberg R. G. Contralateral foot temperature monitoring during Charcot immobilisation: A systematic review // *Diabetes Metab Res Rev*. – 2023. – Vol. 39, № 4. – Article e3619.
67. Khan O., Kavarthapu M., Edmonds M., Kavarthapu V. Surgical management of Charcot foot - The advancements over the past decade // *J Clin Orthop Trauma*. – 2023. – Vol. 47. – Article 102317.
68. Lamm B. M., Siddiqui N. A., Nair A. K., LaPorta G. Intramedullary foot fixation for midfoot Charcot neuroarthropathy // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2012. – Vol. 51, № 4. – P. 531–536.
69. Laubach M., Weimer L. P., Bläsius F. M., Hildebrand F., Kobbe P., Hutmacher D. W. Complications associated with using the reamer-irrigator-aspirator (RIA) system: a systematic review and meta-analysis // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. – 2022. – Epub ahead of print.
70. Lauri C., Noriega-Álvarez E., Chakravartty R. M., Gheysens O., Glaudemans A. W. J. M., Slart R. H. J. A., Kwee T. C., Lecouvet F., Panagiotidis E., Zhang-Yin J., Martinez J. L. L., Lipsky B. A., Uccioli L., Signore A. Diagnostic imaging of the diabetic foot: an EANM evidence-based guidance // *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. – 2024. – Vol. 51, № 8. – P. 2229–2246.
71. Laurinaviciene R., Kirketerp-Moeller K., Holstein P. E. Exostectomy for chronic midfoot plantar ulcer in Charcot deformity // *Journal of Wound Care*. – 2008. – Vol. 17, № 2. – P. 53–55, 57–58.

72. Lee D. J., Schaffer J., Chen T., Oh I. Internal Versus External Fixation of Charcot Midfoot Deformity Realignment. *Orthopedics*. – 2016. – Vol. 39, № 4. – P. 595–601.
73. Lewandrowski K. U., Venugopalan V., Tomford W. W., Schomacker K. T., Mankin H. J., Deutsch T. F. Kinetics of cortical bone demineralization: controlled demineralization – a new method for modifying cortical bone allografts // *Journal of Biomedical Materials Research*. – 1996. – Vol. 31, № 3. – P. 365–372.
74. Lipsky B. A., Berendt A. R., Cornia P. B., Pile J. C., Peters E. J., Armstrong D. G., Deery H. G., Embil J. M., Joseph W. S., Karchmer A. W., Pinzur M. S., Senneville E.; Infectious Diseases Society of America. 2012 Infectious Diseases Society of America clinical practice guideline for the diagnosis and treatment of diabetic foot infections // *Clinical Infectious Diseases*. – 2012. – Vol. 54, № 12. – P. e132–e173.
75. Lipsky B. A., Berendt A. R., Deery H. G., Embil J. M., Joseph W. S., Karchmer A. W., LeFrock J. L., Lew D. P., Mader J. T., Norden C., Tan J. S.; Infectious Diseases Society of America. Diagnosis and treatment of diabetic foot infections // *Plastic and Reconstructive Surgery*. – 2006. – Vol. 117, № 7, Suppl. – P. 212S–238S.
76. Loveland J. D., McMillen R. L., Cala M. A. A multicenter, retrospective, case series of patients with Charcot neuroarthropathy deformities undergoing arthrodesis utilizing recombinant human platelet-derived growth factor with beta-tricalcium phosphate // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2021. – Vol. 60, № 1. – P. 74–79.
77. Mabileau G., Edmonds M. E. Role of neuropathy on fracture healing in Charcot neuro-osteoarthropathy // *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*. – 2010. – Vol. 10, № 1. – P. 84–91.
78. Mak M. F., Stern R., Assal M. Masquelet technique for midfoot reconstruction following osteomyelitis in Charcot diabetic neuropathy: a case report // *JBJS Case Connector*. – 2015. – Vol. 5, № 2. – Article e28.
79. Maluf K. S., Mueller M. J., Strube M. J., Engsborg J. R., Johnson J. E. Tendon Achilles lengthening for the treatment of neuropathic ulcers causes a temporary reduction in forefoot pressure associated with changes in plantar flexor power rather than

ankle motion during gait // *Journal of Biomechanics*. – 2004. – Vol. 37, № 6. – P. 897–906.

80. Marks R. M., Parks B. G., Schon L. C. Midfoot fusion technique for neuroarthropathic feet: biomechanical analysis and rationale // *Foot & Ankle International*. – 1998. – Vol. 19, № 8. – P. 507–510.

81. Masquelet A. C. Induced membrane technique: pearls and pitfalls // *Journal of Orthopaedic Trauma*. – 2017. – Vol. 31, Suppl. 5. – P. S36–S38.

82. Masquelet A. C., Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects // *Orthopedic Clinics of North America*. – 2010. – Vol. 41, № 1. – P. 27–37.

83. McCall T. A., Brokaw D. S., Jelen B. A., Scheid D. K., Scharfenberger A. V., Maar D. C., Green J. M., Shipps M. R., Stone M. B., Musapatika D., Weber T. G. Treatment of large segmental bone defects with reamer-irrigator-aspirator bone graft: technique and case series // *Orthopedic Clinics of North America*. – 2010. – Vol. 41, № 1. – P. 63–73.

84. Mehlhorn A. T., Walther M., Iblher N., Südkamp N. P., Schmal H. Complication assessment and prevention strategies using midfoot fusion bolt for medial column stabilization in Charcot's osteoarthropathy // *Foot (Edinburgh)*. – 2016. – Vol. 29. – P. 36–41.

85. Mittlmeier T., Eschler A. Corrective arthrodesis of midfoot Charcot neuroosteoarthropathy with internal fixation // *Operative Orthopädie und Traumatologie*. – 2015. – Vol. 27, № 2. – P. 139–153.

86. Molines-Barroso R. J., Lázaro-Martínez J. L., Beneit-Montesinos J. V., Álvaro-Afonso F. J., García-Morales E., García-Álvarez Y. Early foot structural changes after lateral column exostectomy in patients with Charcot foot // *International Journal of Lower Extremity Wounds*. – 2019. – Vol. 18, № 2. – P. 129–134.

87. Morelli I., Drago L., George D. A., Gallazzi E., Scarponi S., Romanò C. L. Masquelet technique: myth or reality? A systematic review and meta-analysis // *Injury*. – 2016. – Vol. 47, Suppl. 6. – P. S68–S76.

88. Mueller M. J., Sinacore D. R., Hastings M. K., Lott D. J., Strube M. J., Johnson J. E. Impact of Achilles tendon lengthening on functional limitations and perceived disability in people with a neuropathic plantar ulcer // *Diabetes Care*. – 2004. – Vol. 27, № 7. – P. 1559–1564.
89. Mueller M. J., Sinacore D. R., Hastings M. K., Strube M. J., Johnson J. E. Effect of Achilles tendon lengthening on neuropathic plantar ulcers: a randomized clinical trial // *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2003. – Vol. 85, № 8. – P. 1436–1445.
90. Myerson M. S., Henderson M. R., Saxby T., Short K. W. Management of midfoot diabetic neuroarthropathy // *Foot & Ankle International*. – 1994. – Vol. 15, № 5. – P. 233–241.
91. Nilsen F. A., Molund M., Hvaal K. H. High incidence of recurrent ulceration and major amputations associated with Charcot foot // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2018. – Vol. 57, № 2. – P. 301–304.
92. Nodzo S. R., Kaplan N. B., Hohman D. W., Ritter C. A. A radiographic and clinical comparison of reamer-irrigator-aspirator versus iliac crest bone graft in ankle arthrodesis // *International Orthopaedics*. – 2014. – Vol. 38, № 6. – P. 1199–1203.
93. Owings T. M., Nicolosi N., Suba J. M., Botek G. Evaluating iatrogenic complications of the total-contact cast: an 8-year retrospective review at Cleveland Clinic // *Journal of the American Podiatric Medical Association*. – 2016. – Vol. 106, № 1. – P. 1–6.
94. Oyibo S. O., Jude E. B., Tarawneh I., Nguyen H. C., Harkless L. B., Boulton A. J. A comparison of two diabetic foot ulcer classification systems: the Wagner and the University of Texas wound classification systems // *Diabetes Care*. – 2001. – Vol. 24, № 1. – P. 84–88.
95. Pappalardo J., Fitzgerald R. Utilization of advanced modalities in the management of diabetic Charcot neuroarthropathy // *Journal of Diabetes Science and Technology*. – 2010. – Vol. 4, № 5. – P. 1114–1120.

96. Pinzur M. S. Use of platelet-rich concentrate and bone marrow aspirate in high-risk patients with Charcot arthropathy of the foot // *Foot & Ankle International*. – 2009. – Vol. 30, № 2. – P. 124–127.

97. Pinzur M. S., Schiff A. P. Deformity and clinical outcomes following operative correction of Charcot foot: a new classification with implications for treatment // *Foot & Ankle International*. – 2018. – Vol. 39, № 3. – P. 265–270.

98. Pope E. J., Takemoto R. C., Kummer F. J., Mroczek K. J. Midfoot fusion: a biomechanical comparison of plantar plating vs intramedullary screws // *Foot & Ankle International*. – 2013. – Vol. 34, № 3. – P. 409–413.

99. Prompers L., Huijberts M., Apelqvist J., Jude E., Piaggese A., Bakker K., Edmonds M., Holstein P., Jirkovska A., Mauricio D., Ragnarson Tennvall G., Reike H., Spraul M., Uccioli L., Urbancic V., Van Acker K., Van Baal J., Van Merode F., Schaper N. High prevalence of ischaemia, infection and serious comorbidity in patients with diabetic foot disease in Europe: baseline results from the Eurodiale study // *Diabetologia*. – 2007. – Vol. 50, № 1. – P. 18–25.

100. Ramanujam C. L., Facaros Z. An overview of conservative treatment options for diabetic Charcot foot neuroarthropathy // *Diabetic Foot & Ankle*. – 2011. – Vol. 2. – Article 6418.

101. Ramanujam C. L., Facaros Z., Zgonis T. An overview of bone grafting techniques for the diabetic Charcot foot and ankle // *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*. – 2012. – Vol. 29, № 4. – P. 589–595.

102. Regauer M., Grasegger V., Fürmetz J., Kussmaul A. C., Böcker W., Ehrnthaller C. High rate of complications after corrective midfoot/subtalar arthrodesis and Achilles tendon lengthening in Charcot arthropathy type Sanders 2 and 3 // *International Orthopaedics*. – 2023. – Vol. 47, № 1. – P. 141–150.

103. Richman J., Cota A., Weinfeld S. Intramedullary nailing and external ring fixation for tibiototalcalcaneal arthrodesis in Charcot arthropathy // *Foot & Ankle International*. – 2017. – Vol. 38, № 2. – P. 149–152.

104. Richter M., Mittlmeier T., Rammelt S., Agren P. H., Hahn S., Eschler A. Intramedullary fixation in severe Charcot osteo-neuroarthropathy with foot deformity:

results from a multi-centre study // *Foot and Ankle Surgery*. – 2015. – Vol. 21, № 4. – P. 269–276.

105. Rodríguez Á., Parra G., Cuervas-Mons M. Bioactive glass, a new tool for the treatment in the diabetic foot recalcitrant osteomyelitis: a case series with 24-month follow-up // *Foot (Edinburgh)*. – 2021. – Vol. 48. – Article 101831.

106. Rogero R. G., McGregor P. C., Skinner W. C., Rider C. M., Grear B. J., Richardson D. R., Murphy G. A., Bettin C. C. Midfoot beam-plate constructs for Charcot neuroarthropathy: A Cohort study with midterm follow-up // *J Foot Ankle Surg.* – 2025. – Vol. 64, № 4. – P. 456–461.

107. Rosenblum B. I., Giurini J. M., Miller L. B., Chrzan J. S., Habershaw G. M. Neuropathic ulcerations plantar to the lateral column in patients with Charcot foot deformity: a flexible approach to limb salvage // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 1997. – Vol. 36, № 5. – P. 360–363.

108. Roukis T. S., Hyer C. F., Philbin T. M., Berlet G. C., Lee T. H. Complications associated with autogenous bone marrow aspirate harvest from the lower extremity: an observational cohort study // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2009. – Vol. 48, № 6. – P. 668–671.

109. Sammarco G. J., Conti S. F. Surgical treatment of neuroarthropathic foot deformity // *Foot & Ankle International*. – 1998. – Vol. 19, № 2. – P. 102–109.

110. Sammarco V. J. Superconstructs in the treatment of Charcot foot deformity: plantar plating, locked plating, and axial screw fixation // *Foot and Ankle Clinics*. – 2009. – Vol. 14, № 3. – P. 393–407.

111. Sammarco V. J., Sammarco G. J., Walker E. W. Jr., Guiao R. P. Midtarsal arthrodesis in the treatment of Charcot midfoot arthropathy // *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. – 2009. – Vol. 91, № 1. – P. 80–91.

112. Sanders L. J., Frykberg R. G. Diabetic neuropathic osteoarthropathy: the Charcot foot // In: Frykberg R. G. (ed.). *The high risk foot in diabetes mellitus*. – New York: Churchill Livingstone, 1991. – P. 297–338.

113. Schade V. L., Andersen C. A. A literature-based guide to the conservative and surgical management of the acute Charcot foot and ankle // *Diabetic Foot & Ankle*. – 2015. – Vol. 6. – Article 26627.

114. Schaper N. C., van Netten J. J., Apelqvist J., Bus S. A., Fitridge R., Game F., Monteiro-Soares M., Senneville E.; IWGDF Editorial Board. Practical guidelines on the prevention and management of diabetes-related foot disease (IWGDF 2023 update) // *Diabetes & Metabolism Research and Reviews*. – 2024. – Vol. 40, № 3. – Article e3657.

115. Schmidmaier G., Herrmann S., Green J., Weber T., Scharfenberger A., Haas N. P., Wildemann B. Quantitative assessment of growth factors in reaming aspirate, iliac crest, and platelet preparation // *Bone*. – 2006. – Vol. 39, № 5. – P. 1156–1163.

116. Schmidt B. M., Holmes C. M. Updates on diabetic foot and Charcot osteopathic arthropathy // *Current Diabetes Reports*. – 2018. – Vol. 18, № 10. – Article 74.

117. Schon L. C., Easley M. E., Weinfeld S. B. Charcot neuroarthropathy of the foot and ankle // *Clinical Orthopaedics and Related Research*. – 1998. – № 349. – P. 116–131.

118. Schon L. C., Weinfeld S. B., Horton G. A., Resch S. Radiographic and clinical classification of acquired midtarsus deformities // *Foot & Ankle International*. – 1998. – Vol. 19, № 6. – P. 394–404.

119. Sella E. J., Barrette C. Staging of Charcot neuroarthropathy along the medial column of the foot in the diabetic patient // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 1999. – Vol. 38, № 1. – P. 34–40.

120. Shazadeh Safavi P., Jupiter D. C., Panchbhavi V. A systematic review of current surgical interventions for Charcot neuroarthropathy of the midfoot // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2017. – Vol. 56, № 6. – P. 1249–1252.

121. Shi E., Carter R., Weinraub G. M. Outcomes of hindfoot arthrodesis supplemented with bioactive glass and bone marrow aspirate: a retrospective radiographic study // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2019. – Vol. 58, № 1. – P. 2–5.

122. Shibata T., Tada K., Hashizume C. The results of arthrodesis of the ankle for leprotic neuroarthropathy // *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume.* – 1990. – Vol. 72, № 5. – P. 749–756.
123. Shim H., Varakin N., Meyr A. J. Anatomic and treatment descriptive features of foot infections presenting with radiographic soft tissue emphysema // *J Foot Ankle Surg.* – 2022. – Vol. 61, № 2. – P. 323–326.
124. Siddiqui N. A., LaPorta G. A. Midfoot Charcot reconstruction // *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery.* – 2018. – Vol. 35, № 4. – P. 509–520.
125. Simon S. R., Tejwani S. G., Wilson D. L., Santner T. J., Denniston N. L. Arthrodesis as an early alternative to nonoperative management of Charcot arthropathy of the diabetic foot // *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume.* – 2000. – Vol. 82-A, № 7. – P. 939–950.
126. Snyder R. J., Frykberg R. G., Rogers L. C., Applewhite A. J., Bell D., Bohn G., Fife C. E., Jensen J., Wilcox J. The management of diabetic foot ulcers through optimal off-loading: building consensus guidelines and practical recommendations to improve outcomes // *Journal of the American Podiatric Medical Association.* – 2014. – Vol. 104, № 6. – P. 555–567.
127. Spraul A. M. S., Schönbach A. M., Müller N., Müller U. A., Koller A., Spraul M. Long-term outcome of persons with diabetic and non-diabetic neuro-osteoarthropathy after foot correction using external fixation // *Diabetic Medicine.* – 2021. – Vol. 38, № 4. – Article e14404.
128. Stelwagen M., van Laar W., Borger van der Burg B., Bénard M., Brekelmans W. Multidisciplinary Approach to Midfoot Charcot Neuro-Osteoarthropathy: A Case Series // *Foot Ankle Spec.* – 2025. Epub ahead of print.
129. Suh J. S., Amendola A., Lee K. B., Wasserman L., Saltzman C. L. Dorsal modified calcaneal plate for extensive midfoot arthrodesis // *Foot & Ankle International.* – 2005. – Vol. 26, № 7. – P. 503–509.
130. Sundararajan S. R., Srikanth K. P., Nagaraja H. S., Rajasekaran S. Effectiveness of hindfoot arthrodesis by stable internal fixation in various Eichenholtz

stages of neuropathic ankle arthropathy // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2017. – Vol. 56, № 2. – P. 282–286.

131. Teramoto A., Nozaka K., Kamiya T., Kashiwagura T., Shoji H., Watanabe K., Shimada Y., Yamashita T. Screw internal fixation and Ilizarov external fixation: a comparison of outcomes in ankle arthrodesis // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2020. – Vol. 59, № 2. – P. 343–346.

132. Trepman E., Nihal A., Pinzur M. S. Current topics review: Charcot neuroarthropathy of the foot and ankle // *Foot Ankle Int*. – 2005. – Vol. 26. – P. 46–63.

133. Tsikopoulos K., Sidiropoulos K., Meroni G., Christofilos S., Kazamias K., Abbas K. S., Papaioannou P., Mavridis D., Kavarthapu V., Givissis P. Deep-seated infection and nonunion following internal fixation for Charcot foot deformity correction. A proportional meta-analysis of level 4 evidence // *J Orthop Sci*. – 2025. – Vol. 30, №1. – P. 119–125.

134. Ulbrecht J. S., Wukich D. K. The Charcot foot: medical and surgical therapy // *Current Diabetes Reports*. – 2008. – Vol. 8, № 6. – P. 444–451.

135. van Baal J., Hubbard R., Game F., Jeffcoate W. Mortality associated with acute Charcot foot and neuropathic foot ulceration // *Diabetes Care*. – 2010. – Vol. 33, № 5. – P. 1086–1089.

136. Wagner F. W. Jr. The dysvascular foot: a system for diagnosis and treatment // *Foot & Ankle*. – 1981. – Vol. 2, № 2. – P. 64–122.

137. Waibel F. W. A., Böni T. Nonoperative treatment of Charcot neuro-osteoarthropathy // *Foot and Ankle Clinics*. – 2022. – Vol. 27, № 3. – P. 595–616.

138. Walker E. A., Beaman F. D., Wessell D. E., Cassidy R. C., Czuczman G. J., Demertzis J. L., Lenchik L., Motamedi K., Pierce J. L., Sharma A., Ying-Kou Yung E., Kransdorf M. J. ACR Appropriateness Criteria® Suspected Osteomyelitis of the Foot in Patients With Diabetes Mellitus // *J Am Coll Radiol*. – 2019. – Vol. 16, № 11S. – P. 440–450.

139. Walsh J. W., Hoffstad O. J., Sullivan M. O., Margolis D. J. Association of diabetic foot ulcer and death in a population-based cohort from the United Kingdom // *Diabetic Medicine*. – 2016. – Vol. 33, № 11. – P. 1493–1498.

140. Wukich D. K., Liu G. T., Raspovic K., Vicenzi F. Biomechanical performance of Charcot-specific implants // *Journal of Foot and Ankle Surgery*. – 2021. – Vol. 60, № 3. – P. 440–447.

141. Wukich D. K., Raspovic K. M., Hobizal K. B., Rosario B. Radiographic analysis of diabetic midfoot Charcot neuroarthropathy with and without midfoot ulceration // *Foot & Ankle International*. – 2014. – Vol. 35, № 11. – P. 1108–1115.

142. Wukich D. K., Sung W., Wipf S. A., Armstrong D. G. The consequences of complacency: managing the effects of unrecognized Charcot feet // *Diabetic Medicine*. – 2011. – Vol. 28, № 2. – P. 195–198.

143. Wukich D. K., Schaper N. C., Gooday C. et al. Guidelines on the diagnosis and treatment of active Charcot neuro-osteoarthropathy in persons with diabetes mellitus (IWGDF 2023) // *Diabetes/Metabolism research and reviews*. – 2024. – Vol. 40, № 3. – Article 37218537.

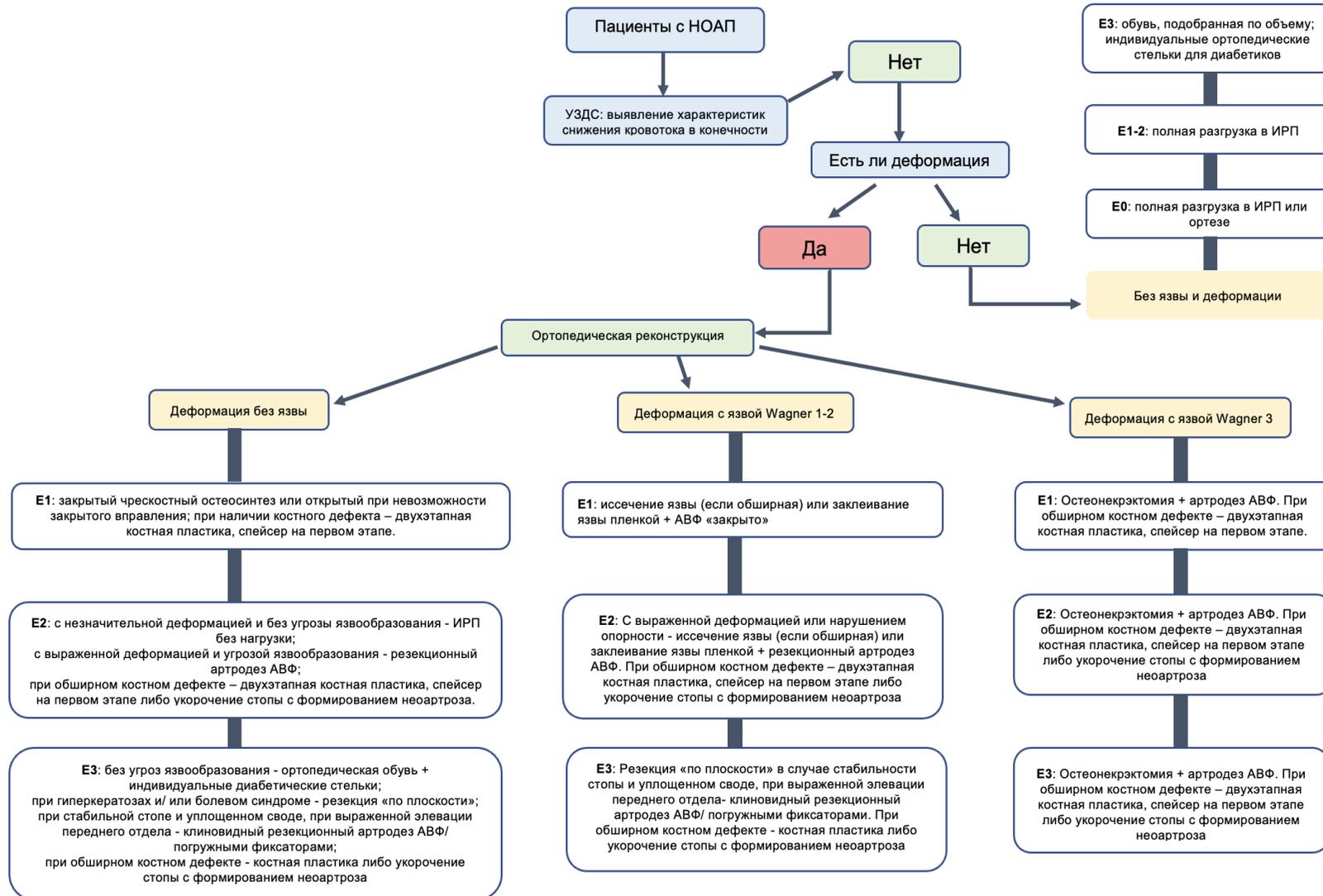
144. Yammine K, Boulos K, Assi C, Hayek F. Amputation and mortality frequencies associated with diabetic Charcot foot arthropathy: a meta-analysis // *Foot Ankle Surg*. – 2022. – Vol. 28, № 8. P. 1170–1176.

145. Zampa V., Bargellini I., Rizzo L., Turini F., Ortori S., Piaggese A., Bartolozzi C. Role of dynamic MRI in the follow-up of acute Charcot foot in patients with diabetes mellitus // *Skeletal Radiology*. – 2011. – Vol. 40, № 8. – P. 991–999.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)

Алгоритмы лечебной тактики при поражении среднего отдела стопы у пациентов с НОАП



ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное)

Распределение лечебной тактики у пациентов проспективной группы в зависимости от стадии по классификациям Eichenholtz–Shibata (E) и Wagner (W)

Вид лечебной тактики	Количество пациентов, n													Всего
	E0	E1				E2				E3				
	W0	W0	W1	W2	W3	W0	W1	W2	W3	W0	W1	W2	W3	
ИРП, n	13					2								15
Остеонекрэктомия, n						3	1	1			3		5	13
Резекция по плоскости, n												4	6	10
Остеонекрэктомия, удал. МОС, АВФ, n													2	2
Остеонекрэктомия, удал. спейсера, АВФ, n													1	1
ЗЧКОС АВФ, n		6		2										8
Открыто артродез Infix, n		1				5			3	21	7	9		46
Открыто артродез АВФ, n		5				13		4	5	14		13		54
Открыто артродез гибрид (+АВФ), n		3	1			12	3	3		3		4	2	31
Одноэтапно резецированная ортотопическая аутокость, АВФ, n		1	1			4		2	1			1		10
Одноэтапно резецированная ортотопическая аутокость, InFix, n										11	3	1		15
Одноэтапно гетеротопическая аутокость, АВФ, n								1						1
Одноэтапно гетеротопическая аллокость, АВФ, n						1		2		2				5
Одноэтапно гетеротопическая аллокость, InFix, n										2	1	2		5
Двухэтапно резецированная ортотопическая аутокость, АВФ, n												1	1	2
Двухэтапно гетеротопическая аутокость, АВФ, n					1								2	3
Двухэтапно аутокость из канала бедренной кости, АВФ, n		2		1				1	1	2		1	3	11
Двухэтапно гетеротопическая аллокость, АВФ, n									3					3
Двухэтапно гетеротопическая аллокость, InFix, n													1	1
Всего по классификации Wagner, n	13	18	2	3	1	40	4	14	13	58	15	38	17	236
Всего по классификации Eichenholtz–Shibata, n	13	24				71				128				236