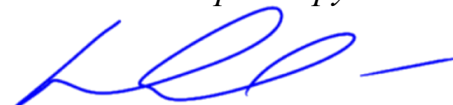


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.И. МЕЧНИКОВА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи



Черняев Сергей Николаевич

Хирургические методы лечения больных с переломами костей предплечья

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Научный консультант:
доктор медицинских наук, профессор
Неверов Валентин Александрович

Санкт-Петербург – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ДИАФИЗАРНЫЕ ПЕРЕЛОМЫ КОСТЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ – ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	14
1.1. Анатомия и биомеханика	14
1.2. Лечение закрытых переломов и переломовывихов.....	17
1.2.1. Консервативное лечение	17
1.2.2. Хирургическое лечение.....	18
1.3. Лечение открытых переломов	27
1.4. Ортопедические осложнения переломов костей предплечья.....	30
1.4.1. Несращения	30
1.4.2. Посттравматические деформации.....	32
1.5. Резюме	36
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	38
2.1. Дизайн исследования	38
2.2. Характеристика пациентов	47
2.3. Методики обследования.....	49
2.4. Статистические методы	54
ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВАРИАНТОВ ОСТЕОСИНТЕЗА ДИАФИЗАРНОГО ПЕРЕЛОМА ЛУЧЕВОЙ КОСТИ	56
3.1. Материалы и методы	57
3.2. Моделирование остеосинтеза кортикальной пластиной (эксперименты №№ 1–7).....	62
3.3. Моделирование остеосинтеза стержнем (эксперименты №№ 8–11).....	72
3.4. Резюме	77
ГЛАВА 4. АЛГОРИТМ ВЫБОРА ТАКТИКИ И ТЕХНИКА ОПЕРАЦИЙ ПРИ ОСТРОЙ ТРАВМЕ	79
4.1. Алгоритм и планирование операции	79
4.2. Хирургическая техника.....	86

4.2.1. Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья.....	86
4.2.2. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез	90
4.2.3. Накостный остеосинтез.....	101
4.2.4. Лечение открытых переломов	107
ГЛАВА 5. ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С НЕБЛАГОПРИЯТНЫМИ ПОСЛЕДСТВИЯМИ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ	
5.1. Характеристика наблюдений.....	113
5.2. Принципы лечения пациентов с неблагоприятными последствиями переломов	114
5.3. Инновационные методы лечения пациентов с осложнениями переломов костей предплечья	119
ГЛАВА 6. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ	
6.1. Переломы диафизов обеих костей предплечья (1-я группа).....	136
6.2. Изолированные переломы лучевой кости (2-я группа)	149
6.3. Изолированные переломы локтевой кости (3-я группа).....	158
6.4. Переломовывихи (4-я группа)	166
6.5. Открытые переломы.....	180
6.6. Неблагоприятные последствия переломов (5-я группа).....	189
ГЛАВА 7. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ	
7.1. Пациенты с острой травмой	204
7.2. Сравнение результатов лечения с ретроспективной группой.....	213
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	219
ВЫВОДЫ	231
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	233
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	235
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	236
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	287

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Переломы костей предплечья являются одним из наиболее распространенных видов травм опорно-двигательной системы, составляя по различным оценкам от 11,5 до 30,5% всех переломов, а при травмах верхней конечности переломы обеих костей предплечья встречаются в 53% случаев [6, 62, 68, 91, 103, 115]. Такие переломы чреватые значительным числом осложнений, прежде всего – несращениями и контрактурами. Инвалидизация достигает от 6 до 17% случаев [82, 122]. В отличие от других диафизарных переломов длинных костей, переломы лучевой и локтевой костей, помимо восстановления длины и оси, требуют педантичного устранения ротационной деформации, так как несоблюдение этого условия приводит впоследствии к невозможности полноценных ротационных движений [328, 374, 384]. Недостаточно точное восстановление анатомии и биомеханики предплечья ведет к нарушению супинации-пронации, ограничению функции кисти и, как следствие, к существенному ухудшению качества жизни вплоть до инвалидности [23, 314, 333, 368, 384]. Вместе с тем, выполнение и удержание прецизионной репозиции сопряжено с рядом технических трудностей, обусловленных высокой степенью нестабильности переломов, а также риском повреждений сухожилий и нервов. В сочетании с чрезвычайно важным функциональным значением данного сегмента лечение диафизарных переломов костей предплечья является одним из проблемных разделов травматологии и ортопедии.

Консервативный метод лечения диафизарных переломов костей предплечья может быть эффективен только при хорошем торцевом упоре отломков, т. е. при поперечных и косопоперечных переломах [187, 218], однако закрытая репозиция вызывает множество трудностей и обычно не приводит к точному сопоставлению костных отломков – тем более, что в большинстве случаев на все время сращения сохраняется тенденция к их вторичному смещению [175, 188, 201, 286].

Обязательная при консервативном лечении длительная внешняя иммобилизация сегмента приводит к развитию контрактур и мышечных гипотрофий, а также вызывает выраженный дискомфорт у пациента [350, 389, 401, 438]. В связи с вышеизложенным, результаты консервативного лечения при переломах обеих костей предплечья со смещением оставляют желать лучшего [75, 175, 221], и методом выбора сегодня считают оперативное вмешательство.

При выполнении остеосинтеза костей предплечья необходимо при максимальном сохранении кровоснабжения костных отломков и минимальной травматичности операции добиться точной репозиции с восстановлением длины и оси каждой из поврежденных костей и сохранением их анатомических изгибов. При этом следует обеспечить стабильную фиксацию, позволяющую раннее восстановление функции верхней конечности без или с минимальным использованием внешней дополнительной иммобилизации. Существует три основных варианта хирургической тактики при лечении переломов костей предплечья – накостный, интрамедуллярный и внеочаговый остеосинтез.

Накостный кортикальный остеосинтез пластинами и винтами достаточно травматичен, поскольку приводит к существенному нарушению их кровоснабжения [16, 18, 140]. При накостном остеосинтезе в послеоперационном периоде требуется, как правило, дополнительная внешняя иммобилизация [163, 167, 221, 237], а после удаления конструкций нередки случаи рефрактур, частоту которых авторы оценивают до 20% [388, 379].

В то же время накостный остеосинтез до сих пор остается наиболее распространенным вариантом хирургической тактики в лечении переломов костей предплечья, что обусловлено прежде всего его технической простотой.

Интрамедуллярный остеосинтез в XX веке не получил столь широкого распространения. Прежде всего, смущала анатомическая кривизна костей предплечья, исключая использование прямых жестких фиксаторов. Кроме того, интрамедуллярный штифт не гарантировал от возникновения вторичных смещений, а узкий костномозговой канал в сочетании с анатомической кривизной костей предплечья повышал опасность «раскалывания» кости при введении

фиксатора. С появлением поколения современных блокируемых фиксаторов интрамедуллярный остеосинтез стал более привлекателен, однако его применение отличается повышенной технической сложностью, требуя точного соблюдения хирургической техники [51, 296, 352, 353, 434]. Для того, чтобы рекомендовать такой метод, он должен обладать неоспоримыми преимуществами, убедительных доказательств которых до сих пор в литературе не представлено.

Внеочаговый остеосинтез с применением стержневых или спицевых аппаратов имеет ряд недостатков, важнейшим из которых является сложность достижения прецизионной репозиции при многоплоскостной нестабильности переломов костей предплечья – особенно при устранении ротационных смещений. Кроме того, за аппаратом требуется постоянный уход и врачебное наблюдение, а возможные воспалительные реакции в местах прохождения спиц или стержней могут обусловить необходимость перемонтажа или даже демонтажа аппарата, что неизбежно влечет нарушение консолидации переломов [20, 68, 69, 143, 149]. Поэтому внеочаговый остеосинтез применяют преимущественно при открытых или инфицированных переломах.

Особую сложность представляют несросшиеся переломы костей предплечья. Сообщения о результатах применения в таких случаях костной пластики и других методик стимуляции костной регенерации говорят о применении разнообразных методик и показывают неоднозначные результаты, однако все они далеки от идеальных. Это связано как с проблемой костного сращения, так и с развивающимися контрактурами вследствие длительно применяемой внешней иммобилизации как в до-, так и в послеоперационном периоде [244, 267, 370, 448].

Степень разработанности темы исследования

В настоящее время нет единого мнения о наиболее предпочтительной хирургической тактике в лечении пациентов с переломами костей предплечья. Большое число неудовлетворительных результатов выполненных операций обусловило продолжение поисков оптимального подхода, основанного

на изучении достоинств и недостатков используемых методик, совершенствования дизайна применяемых конструкций, учета анатомо-биомеханических особенностей рассматриваемого сегмента. Ни в широкой клинической практике, ни в доступной литературе доказательного обоснования оптимального метода лечения пациентов с переломами костей предплечья пока нет, что обусловило актуальность предпринятого исследования.

Цель и задачи исследования

Цель исследования: Улучшение результатов лечения пациентов с диафизарными переломами костей предплечья за счет совершенствования методов погружного остеосинтеза.

Задачи исследования:

1. Провести анализ результатов хирургического лечения пациентов с диафизарными переломами костей предплечья с использованием традиционных подходов.
2. Определить стабильность погружного остеосинтеза диафизарных переломов костей предплечья на основе созданной математической модели.
3. Определить показания к выполнению блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза костей предплечья.
4. Модифицировать технику интраоперационной репозиции фрагментов костей предплечья.
5. Обосновать преимущества интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза диафизарных переломов костей предплечья.
6. Разработать и обосновать алгоритм выбора оптимальной тактики лечения диафизарных переломов костей предплечья.
7. Разработать методику лечения пациентов при нарушениях консолидации диафизарных переломов костей предплечья с применением костной пластики.

Научная новизна

1. Впервые на основе математической модели показаны преимущества интрамедуллярного блокируемого остеосинтеза при диафизарных переломах костей предплечья.
2. Разработан алгоритм выбора оптимальной хирургической тактики при диафизарных переломах костей предплечья, основанный на преимущественном применении блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза.
3. Разработано «Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья», адаптированное к интраоперационному применению как при интрамедуллярном, так и накостном остеосинтезе, защищенное патентом РФ.
4. Созданы новые методики оперативного вмешательства при нарушениях консолидации диафизарных переломов костей предплечья, защищенные патентами РФ.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработанный алгоритм выбора хирургической тактики в лечении пациентов с диафизарными переломами костей предплечья позволяет шире использовать блокируемый интрамедуллярный остеосинтез, преимущество которого обосновано в данном исследовании. Использование блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза способствует достижению костной консолидации на фоне ранних активных движений, улучшению функциональных результатов и повышению качества жизни пациентов.

Разработанное «Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья» позволяет упростить интраоперационные манипуляции и сократить время операции.

Методики костной аутопластики, разработанные и запатентованные автором для лечения пациентов с нарушениями консолидации переломов костей

предплечья, позволяют добиться сращения и достигнуть хороших функциональных результатов.

Методология и методы исследования

Представленная на защиту научно-исследовательская работа выполнена с соблюдением всех принципов доказательной медицины и этических норм. Для оценки эффективности лечения диафизарных переломов костей предплечья проведены экспериментальное исследование, проспективное и ретроспективное сравнительные исследования. Объектом исследования явились пациенты старше 18 лет с диафизарными переломами костей предплечья и их последствий в виде несращений, ложных суставов, дефектов и деформаций. В ходе выполнения диссертационной работы использованы: математический анализ, клиническое и рентгенологическое обследование и наблюдение, статистическая обработка полученных данных.

Положения, выносимые на защиту

1. При диафизарных переломах отсутствие анатомичной репозиции и восстановления физиологической кривизны костей предплечья приводит к нарушениям их биомеханического взаимодействия в поврежденном сегменте и возникновению патологических торсионных и изгибающих сил, препятствующих консолидации.
2. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез костей предплечья при их диафизарных переломах имеет преимущество перед накостной фиксацией прежде всего в отношении снижения нагрузок на фиксатор в зоне перелома, что позволяет применять ранние активные, в том числе ротационные, движения в поврежденном сегменте, способствуя профилактике гипотрофий и контрактур.
3. Нарушения консолидации костей предплечья являются показанием к выполнению костной пластики по разработанным автором методикам, что

позволяет добиться сращения и ускорить процесс восстановления функции поврежденной конечности.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.8. Травматология и ортопедия, области науки: медицинские науки, пунктам 3, 4 направлений исследований.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность полученных результатов определяется обеспечением репрезентативного объема исследуемой совокупности данных. Для выполнения поставленных в работе задач проведено экспериментальное исследование на основе математической модели различных видов остеосинтеза при диафизарном переломе лучевой кости, ретроспективное исследование 110 пациентов и проспективное исследование с участием 330 пациентов, где оценивалась эффективность разработанных алгоритмов и способов лечения пациентов с диафизарными переломами костей предплечья. Использованные современные методы исследования и статистического анализа адекватны поставленным задачам. Задачи и дизайн исследования обеспечивают достижение намеченной цели. Сформулированные в диссертации выводы, положения и рекомендации аргументированы и логично вытекают из системного анализа результатов выполненного исследования.

Основные положения данной работы были доложены на: II международной научно-практической конференции БИОС-2006 (г. Пущино, 2006); 1188-м заседании научного общества травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Санкт-Петербург, 25 октября 2006); Научно-практической конференции «Новые технологии в травматологии и ортопедии» (Санкт-Петербург, 2008); 1210-м заседании научного общества

травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Санкт-Петербург, 11 ноября 2009); 1219-м заседании научного общества травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Санкт-Петербург, 15 декабря 2010); Научно-практической конференции молодых ученых Северо-Западного Федерального округа «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии» (Санкт-Петербург, 2011); XVI Российском национальном конгрессе «Человек и его здоровье» в рамках дискуссионной площадки «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии», секция «Остеосинтез» (Санкт-Петербург, 2011); 1235-м заседании научного общества травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Санкт-Петербург, 30 января 2013); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные аспекты травматологии, ортопедии и реконструктивной хирургии», посвященной 85-летию со дня рождения профессора Н.П. Демичева (Астрахань, 2014); 14-м конгрессе Ассоциации франкоговорящих ортопедов (Санкт-Петербург, 19–23 мая 2014); X Юбилейном всероссийском съезде травматологов-ортопедов (Москва, 2014); 1246-м заседании научного общества травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Санкт-Петербург, 2014); Научно-практической конференции «Инновационные технологии в медицине» (Санкт-Петербург, 2016); VI Евразийском конгрессе травматологов-ортопедов (Казань, 2017); Международной конференции «ТРАВМА-2017: Мультидисциплинарный подход» (Москва, 2017); XI Всероссийском съезде травматологов-ортопедов (Санкт-Петербург, 2018); Научно-практической конференции «Лучшие традиции, новые возможности, инновационные технологии. Городская Мариинская больница – 215 лет в строю» (Санкт-Петербург, 2018); Международной конференции «ТРАВМА-2018: Мультидисциплинарный подход» (Москва, 2018); 1295-м заседании научного общества травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области (Санкт-Петербург, 2022); XII Всероссийском съезде травматологов-ортопедов (Москва, 2022); Четвертом Евразийском ортопедическом форуме (Казань, 2023). Демонстрация результатов лечения пациентов проведена на

1188-м и 1235-м заседаниях научного общества травматологов-ортопедов Санкт-Петербурга и Ленинградской области (25 октября 2006 и 30 января 2013).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России (г. Санкт-Петербург, 27.02.2025, протокол №2/25).

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты диссертации внедрены в лечебный процесс отделения травматологии и ортопедии СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница», отделения сочетанной травмы СПб ГБУЗ «Александровская больница», отделения травматологии и ортопедии №10 СПб ГБУЗ «Городская больница №15», отделения травматологии и ортопедии СПб ГБУЗ «Больница им. Святого Георгия», в учебный процесс кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России.

Личный вклад автора

Автору принадлежит ведущая роль в выборе направления исследования, определении цели и задач, разработке дизайна исследования, усовершенствования методики обследования и протокола предоперационной подготовки пациентов, создании системы хирургического лечения, усовершенствования техники операции при острой травме и несращениях переломов, уточнении протокола реабилитационного периода. Автором получено 3 патента на изобретение. Он провел экспериментальный этап работы, проанализировав его результаты, разработал алгоритмы обследования и лечения пациентов, лично проводил их отбор, обследование и анкетирование. Автор лично выполнил более 85% операций у пациентов исследуемых групп, провел исследование архивных материалов, осуществлял контроль в динамике пациентов в группах наблюдения в соответствии

с разработанным протоколом, провел анализ полученных результатов, оценил степень значимости полученных различий с помощью программ статистической обработки, сформулировал выводы и практические рекомендации.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 37 печатных работ, в том числе 4 научных статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук; 5 статей в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus, PubMed, MathSciNet, zbMATH, Chemical Abstracts, Springer; 8 иных публикаций; 1 патент на полезную модель; 2 патента на изобретение; 17 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций.

Структура и объем диссертации

Материалы диссертации представлены на 290 страницах стандартного машинописного текста, включающего введение, главу литературного обзора, 6 глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы, содержащего 462 источника, из которых 181 отечественный и 281 зарубежный, и приложения. Работа иллюстрирована 146 рисунками и 56 таблицами.

ГЛАВА 1. ДИАФИЗАРНЫЕ ПЕРЕЛОМЫ КОСТЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ – ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

По данным отечественных авторов, доля переломов костей предплечья составляет 11–53% в структуре всех переломов длинных костей [6, 62, 68, 115], а диафизарные переломы костей предплечья составляют от 10 до 15% в структуре всех переломов костей предплечья [5, 11, 15, 45, 59, 75, 133, 150, 180]. При этом средняя продолжительность нетрудоспособности у пациентов с диафизарными переломами костей предплечья составляет 6–8 месяцев, и в 6–17% случаев больные становятся инвалидами [82, 122, 150, 175].

Особую группу составляют переломывывихи костей предплечья (Монтеджи, Галеацци, Эссекс-Лопрести), встречающиеся значительно реже (1–5% от всех переломов костей предплечья), но имеющие худший прогноз на восстановление функции [13, 25, 181, 200, 217, 242, 254, 264, 268, 377, 429]. Диагностика таких повреждений часто бывает несвоевременной, что еще более ухудшает прогноз [205, 262, 341, 342, 367, 407, 413, 454].

В Дании частота переломов костей предплечья в популяции старше 50 лет составила в среднем 65,1 случаев на 10000 населения, причем среди женщин этот показатель составил 100,5, а у мужчин – 26,0 [426]. В Великобритании такие переломы у лиц старше 50 лет составили 25,1, а младше 50 лет – 10,1 на 10000 населения [241]. В США переломы костей предплечья в возрастной группе до 50 лет составляют 13% среди всех переломов у мужчин и 16,3 % – у женщин [261].

1.1. Анатомия и биомеханика

Лечение диафизарных переломов костей предплечья представляет одну из наиболее трудных задач травматологии, что объясняется анатомо-функциональными особенностями и важным функциональным предназначением этого сегмента.

Поскольку предплечье является единой функциональной единицей, это обуславливает уникальный подход к лечению переломов локтевой и лучевой костей. Лучевая кость вращается вокруг неподвижной локтевой кости, поэтому предплечье можно рассматривать как сустав, включающий всю длину лучевой и локтевой костей в комплексе с их связочным аппаратом в проксимальном, центральном и дистальном отделах. Из-за этих уникальных взаимоотношений, в отличие от других диафизарных переломов, переломы лучевой и локтевой костей требуют особой тщательности в лечении. Анатомическое восстановление необходимо для сохранения амплитуды движений и восстановления функций, которые обеспечивает предплечье [328, 384].

Точки соприкосновения между лучевой и локтевой костями находятся только в области проксимального и дистального радиоульнарных сочленений. Проксимально головка лучевой кости сочленяется с локтевой костью и стабилизируется кольцевой связкой и капсулой локтевого сустава. Дистально кости артикулируют в локтевой вырезке лучевой кости. Это сочленение стабилизируется, в первую очередь, треугольным фиброзно-хрящевым комплексом и капсулой лучезапястного сустава. Межкостная мембрана соединяет кости по всей длине предплечья между проксимальным и дистальным радиоульнарными суставами [203, 331].

Функция предплечья состоит в многоплоскостном позиционировании верхней конечности в пространстве. Сегмент является также началом многих мышц, которые имеют различные места прикрепления, опосредованно и прямо обеспечивая движения. При пронации и супинации происходит вращение лучевой кости вокруг локтевой. Продольная ось предплечья, которая не параллельна оси лучевой и локтевой костей, идет от центра головки лучевой дистально к центру головки локтевой. Супинация и пронация обеспечиваются действием двуглавой мышцы плеча, супинатора, круглого и квадратного пронаторов. Они оказывают смещающее воздействие на отломки при переломах предплечья, вызывая типичные смещения, часто сужая межкостный промежуток и изменяя биомеханику ротации

предплечья, если лечение перелома проведено неправильно и без должного внимания [314, 368, 384].

Сгибание и разгибание, лучевая и локтевая девиация кисти происходят в дистальном отделе предплечья. Аналогично, сгибание и разгибание в локтевом суставе происходят в проксимальном отделе в плечелоктевом и плечелучевом суставах; пронация-супинация – в плечелучевом (луче-головчатом) и радиоульнарных суставах. Нарушение тесных взаимоотношений между лучевой и локтевой костями может привести к изменениям в проксимальных или дистальных радиоульнарных суставах, что в дальнейшем ограничивает возможности позиционирования руки в пространстве [171, 344].

Е.Н. Schemitsch и R.R. Richards [398] разработали метод количественного определения физиологической лучевой кривизны, который может быть использован для предоперационного планирования лечения свежих переломов и при хирургической коррекции посттравматических деформаций. Лучевую кривизну измеряют по рентгенограмме здорового предплечья в передне-задней проекции, которая захватывает лучезапястный и локтевой суставы. Предплечье укладывают в положение супинации. Для измерения кривизны рисуют линию от бугристости лучевой кости к наиболее выступающей дистальной ее точке с локтевой стороны в области запястья. От нее строят перпендикуляр (h) к кривизне кости в месте ее максимального удаления. Высота этого перпендикуляра, названного *максимальной лучевой кривизной*, измеряется в миллиметрах. Расстояние (x) от бугристости лучевой кости до перпендикуляра h определяют в процентах от общей длины всей кривизны (y) (Рисунок 1.1).

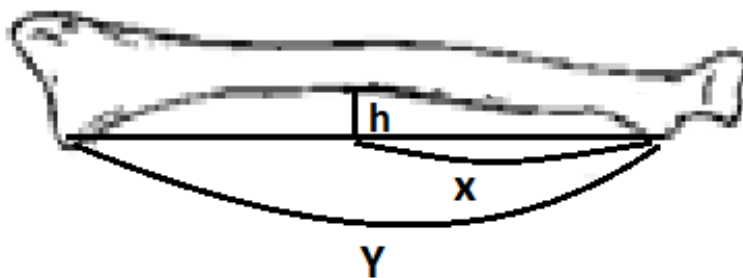


Рисунок 1.1 – Локализация максимальной лучевой кривизны (h) (по Schemitsch E.H., Richards R.R [398])

1.2. Лечение закрытых переломов и переломовывихов

1.2.1. Консервативное лечение

Традиционно консервативное лечение переломов костей предплечья заключалось в наложении внешней иммобилизации (шины, гипсовой повязки или повязки из синтетического материала) на срок от 8 до 10 недель [187, 188, 204, 218, 285]. Помимо сложностей репозиции и удержания костных отломков, к недостаткам внешней иммобилизации можно отнести дискомфорт при ношении таких повязок, риск развития контрактур в смежных суставах, кожные реакции [350, 401, 438]. Частота осложнений, связанных с ношением гипсовых повязок, достигает 30% [277].

В связи с этим лечение с помощью внешней гипсовой иммобилизации получило относительно широкое распространение только для переломов дистального отдела костей предплечья преимущественно у лиц пожилого и старческого возраста. Аналитические обзоры не показали существенных отличий между среднесрочными функциональными результатами консервативного и оперативного лечения таких пациентов, хотя рентгенологическая картина и отдаленные результаты были лучше после хирургического вмешательства [85, 182, 197, 224].

В настоящее время консервативное лечение диафизарных переломов костей предплечья применяют в основном у пациентов детского и подросткового возраста или пожилых пациентов с низкой физической активностью [29, 84, 162, 356, 361, 365, 383, 402, 460]. У пациентов трудоспособного возраста консервативное лечение с применением гипсовой повязки считают допустимым, как правило, при переломах без смещения отломков, однако и в таких случаях иммобилизация требует длительного времени и сопровождается высокой частотой осложнений [126, 373]. В связи с этим в современной литературе публикаций, посвященных консервативному лечению диафизарных переломов костей предплечья,

практически нет, а результаты, приведенные в более ранних работах, оставляли желать лучшего [206, 278, 421, 423].

Попытки консервативного лечения переломовывихов костей предплечья, как правило, практически все обречены на неудачу [25, 35, 155, 161, 339, 374, 387, 388, 405, 457].

1.2.2. Хирургическое лечение

Распространено мнение, что лучевая кривизна является ключевой в осуществлении пронационно-супинационных движений, а ее выпрямление приводит к замедленному сращению или образованию ложного сустава. Особо подчеркивают важность при выполнении остеосинтеза максимального сохранения периостального кровообращения [16, 18, 95, 140, 170].

Особую группу составляют изолированные переломы. Так, изолированные переломы диафиза локтевой кости имеют репутацию медленно срастающихся, однако смещения при этом менее выражены. В различных публикациях авторы рекомендуют как накостный, так и интрамедуллярный остеосинтез [211, 250, 266, 292, 368, 394, 428].

При лечении переломовывихов хирургическое вмешательство с использованием интрамедуллярных фиксаторов или накостных пластин является практически единственной тактикой, позволяющей рассчитывать на хороший результат [37, 99, 100, 132, 214, 232, 235, 342, 366, 407], однако, как правило, требуется дополнительная внешняя иммобилизация в послеоперационном периоде [293]. При оскольчатых переломах головки лучевой кости можно выполнить ее эндопротезирование [40, 165].

Накостная фиксация

История накостного остеосинтеза при переломах костей предплечья берет начало с 1886 года (Н. Hansmann). Этот метод постоянно совершенствовался [208, 227, 282, 283, 315, 319, 368, 409], но качественный скачок получил с появлением идеологии АО, представленной в руководстве М.Е. Müller et al. [334].

От 1/3-трубчатых и компрессирующих пластин к пластинам с ограниченным контактом, LC-DCP-конструкциям, применению заблокированных винтов, накостный остеосинтез становился все более эффективным [1, 26, 43, 58, 153, 163, 201, 202, 211, 223, 231, 270, 290, 360, 363, 367, 381, 388, 415].

Анализируя сроки, в которые происходит консолидация перелома после выполненного остеосинтеза, авторы не приводят объективных критериев, ограничиваясь визуальной оценкой рентгенограмм, в связи с чем мы имеем весьма широкий диапазон данных. Указывают средние сроки сращения от 7 нед. до 4 мес. [223, 263, 328, 437], а в отдельных работах – до 33 нед. [416].

По данным авторов многочисленных публикаций, выполнявших остеосинтез с применением различных типов фиксаторов, частота сращения колеблется от 86 до 95%, а удовлетворительные функциональные результаты достигались от 84 до 94% случаев, при этом одним из критериев удовлетворительного результата считают потерю менее 50% пронации/супинации предплечья [91, 103, 191, 252, 326, 346, 363, 403, 415, 416].

M. Mikek et al. [263] показали, что наиболее важными факторами, которые влияют на частоту и длительность сращения, являлись не конфигурация перелома, а стабильность фиксации и тип используемой пластины. Важными биомеханическими обстоятельствами, препятствующими сращению, являются: несовпадение оси конструкции и оси кости (при накостном остеосинтезе ось конструкции располагается сбоку от оси кости); отсутствие возможности компрессии отломков в процессе заживления перелома (пластина может служить распоркой для кости); концентрация нагрузки на участке пластины между винтами, смежными к зоне перелома, что создает риск ее разрушения.

Применение динамических компрессионных пластин (DCP) обеспечивает хороший результат более чем в 90% случаев, однако при остеопорозе и рефрактурах их применение связано с риском несращения и несостоятельности остеосинтеза [223, 234, 367, 400]. Эту проблему может решить применение пластин LCP, однако при этом существует риск развития атрофических изменений кости [204, 238, 243, 289, 422]. Большинство авторов признают преимущество пластин с

ограниченным контактом и угловой стабильностью [71, 237, 324, 326, 333, 351, 372, 425, 433, 435].

К недостаткам накостного остеосинтеза, увеличивающим риск несращения и развития инфекции, можно отнести неизбежное значительное повреждение мягких тканей во время операции с деваскуляризацией отломков и эвакуацией гематомы из зоны перелома, нарушение периостального кровообращения и контакт пластины с костью [223, 322, 388, 425].

Несращение костных отломков является наиболее частым осложнением накостного остеосинтеза. Факторы риска можно разделить на зависящие от хирурга (несоблюдение техники остеосинтеза, недостаточный опыт), обусловленные особенностями пациента (пожилой возраст, вредные привычки, сопутствующие заболевания) и определяющиеся характером перелома (например, оскольчатые переломы, повреждения на границе средней и дистальной трети локтевой кости) [206, 213, 253, 255, 371]. Некоторые авторы предлагают для предотвращения этого осложнения выполнять первичную костную аутопластику [313, 322]. Однако другие считают, что ее применение не оказывает существенного влияния на частоту несращений [211, 223, 276, 371, 447, 458].

Другим осложнением, хотя довольно редким, является синостоз лучевой и локтевой костей, что приводит к блокированию пронации и супинации и требует хирургического вмешательства (иссечения синостоза) [308, 411].

К факторам риска синостоза костей предплечья относят характер перелома (Монтеджи, обеих костей на одном уровне, открытые, со значительными повреждениями мягких тканей, высокоэнергетические, сочетающиеся с черепно-мозговой травмой, с наличием костных отломков в межкостной мембране), а также большой интервал между травмой и операцией, слишком длинные кортикальные винты, первичную костную пластику, длительную иммобилизацию [192]. Для предотвращения синостоза рекомендуют сохранять интактность межкостной мембраны и использовать короткие винты, которые не могут повредить противоположный кортекс [371].

К сожалению, распространенным осложнением накостного остеосинтеза переломов костей предплечья являются рефрактуры после удаления фиксаторов, частота которых колеблется от 11 до 20%. Тема удаления фиксирующих пластин и связанный с этим высокий риск рефрактур затрагиваются во всех работах, освещающих осложнения накостного остеосинтеза [210, 228, 322, 323]. Частота повторных переломов после удаления пластины возрастает, если удаление выполняют менее, чем через год после остеосинтеза. Шунтирование нагрузки и атрофия кости под имплантатом ведут к риску рефрактуры по старой линии перелома или по отверстиям от винтов [284, 379, 388].

В то же время остается неясным, связаны ли рефрактуры с истинным несращением или с несостоятельностью интермедиарной костной мозоли, однако данное обстоятельство вынуждает многих воздерживаться от операций удаления накостных имплантов на костях предплечья. В отношении современных конструкций из титана достигнут консенсус среди большинства специалистов о нецелесообразности удаления пластин после сращения переломов [222, 379, 449, 459], однако существует и другая точка зрения [212, 457].

Интрамедуллярная фиксация

Метод интрамедуллярной фиксации для лечения переломов лучевой и локтевой костей был впервые предложен и описан в 1913 г. немецким хирургом G. Schöne [431]; в 1939 г. С. Lambrinudi сообщил о первом успешном опыте применения спиц Киршнера [320], а в руководстве G. Küntscher и R. Maatz [317] определены типы диафизарных переломов костей предплечья, при которых показан интрамедуллярный остеосинтез [72]. В середине XX века F.P. Sage описал разработанный им предизогнутый треугольный гвоздь [394].

Хотя интрамедуллярный остеосинтез давно и успешно применяют во всем мире для лечения диафизарных переломов бедренной, большеберцовой и плечевой костей [101], в хирургическом лечении переломов костей предплечья этот способ используют редко [38]. Главной причиной являются анатомические особенности этой области, обуславливающие его недостаточную стабильность и, как следствие, высокий процент несращений [207, 294, 301, 378, 452].

Показаниями к применению интрамедуллярного остеосинтеза считают сегментарные или оскольчатые переломы костей предплечья, диафизарные переломы со смещением более 10° и закрытые переломы у пострадавших с плохим состоянием кожи над зоной перелома [296, 378]. Преимуществами интрамедуллярного остеосинтеза являются меньшая длительность операции по сравнению с накостным остеосинтезом, более короткие сроки сращения и реабилитации, низкий риск инфекционных осложнений, а также меньшая травматичность и отсутствие постоперационных косметических дефектов [21, 51, 150, 194, 300, 462]. Однако этот метод считают противопоказанным при наличии активного инфекционного процесса, узком медуллярном канале, дистальных метафизарных переломах, открытых переломах III типа [453].

Восстановление функции, в основном пронации и супинации, в значительной степени зависит от восстановления длины, ротационного выравнивания и изгиба лучевой кости. Именно тесная биомеханическая взаимосвязь двух костей предплечья и изгиб лучевой кости затрудняют выполнение интрамедуллярного остеосинтеза. Прямые имплантаты (такие как спицы Киршнера, стержни Раша) подходят для локтевой кости, которая имеет небольшой анатомический изгиб и прямую морфологию; однако их использование при переломах лучевой кости приводит к сглаживанию анатомической кривизны, следствием чего может быть неправильное сращение или уменьшение пронации и супинации [150, 190, 195, 337]. Поэтому применение неблокируемых имплантатов демонстрирует хорошие результаты при изолированных диафизарных переломах локтевой кости, но повышает риск несращения или снижения амплитуды ротационных движений [378, 394]. Существенным недостатком неблокируемого интрамедуллярного остеосинтеза при лечении переломов костей предплечья является также необходимость внешней иммобилизации до образования костной мозоли [21, 294, 300, 388].

В среднем удовлетворительного функционального результата после интрамедуллярного остеосинтеза костей предплечья без блокирования по данным литературы удается достичь менее, чем в 90% случаев (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Функциональные результаты интрамедуллярной фиксации без блокирования

Источник	Кол-во больных	Кол-во удовл. результатов	Процент	Вид стержня
Street D.M. [417]	103	86 *	83,5	Квадратные стержни
Cotler J.M. [225]	87	82	94	Стержни Schneider
Mishels C. et al. [338]	80	67	84	Пины Rush
Sage E.P. [394]	39	27 **	69	Стержни Sage
Moerman J. et al. [298]	70	58	83	Пины Rush
Abalo A. et al. [299]	173	125	72	Спицы Киршнера
Челноков А.Н. с соавт. [169]	144	138	96	Прямоугольные, Chm, Sanatmetal, Остеомед
Всего	523	458	87,6	
Примечание: * менее чем 50% потеря пронации/супинации; ** пронация и супинация: потеря каждого менее 45°				

Для достижения стабильности интрамедуллярного остеосинтеза некоторые исследователи предложили дополнительно использовать скобы с термомеханической памятью формы, однако эта техника приводит к нарушению периостального кровоснабжения из-за «сдавливающего» действия скобы на кость [136, 137].

- Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез (БИОС).

Разработка и внедрение блокируемых интрамедуллярных стержней нового поколения привели к улучшению результатов остеосинтеза при переломах костей предплечья прежде всего за счет предотвращения укорочения кости при оскольчатых метафизарных и сегментарных диафизарных переломах [14, 89, 194, 226, 281, 294, 295, 297, 378, 382, 434, 436] (Таблица 1.2).

В то же время, необходимо отметить различный подход авторов к проведению блокирования стержня. Так, U. Ozkaya et al. [230] всегда проводили динамическое блокирование (т. е. только с одной стороны стержня), а А.Н. Crenshaw et al. [226] полагают, что необходимость проведения блокирующих винтов зависит от локализации и типа перелома, и показана не во всех случаях. J. Trlica et al. [445] отмечают преимущества метода при локализации переломов в средней и дистальной третях локтевой кости, а также в среднем и проксимальном отделах лучевой кости.

Таблица 1.2 – Результаты применения блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза при лечении переломов костей предплечья

Источник	Кол-во наблюдений	Время сращения (нед)	Доля сращений (%)	Отличный и хороший рез-ты (%)	Средняя оценка по DASH (баллы)
Gao H. et al. [296]	36	12	100	72	19
Weckbach A. et al. [452]	29	17	96,6		13,7
Lee Y.H. et al. [294]	27	14	96,3	92	15
Visna P. et al. [295]	118		100	88,6	
Ozkaya U. et al. [220]	20	10	100	90	13
Молоков Е.В. с соавт. [48]	21		100	100	
Итого	251	13,25	98,8	88,5	15,2

A. Kose et al. [194, 300] сообщают о применении новых интрамедуллярных стержней для лечения переломов лучевой кости, когда блокирование выполняется только с дистальной стороны, что препятствует его миграции, и для локтевой кости с возможностью дистального блокирования тангенциально к стержню.

Недостатком метода следует считать ионизирующее излучение при выполнении интраперационного рентгенологического контроля [220].

Преимущества метода БИОС в лечении переломов костей предплечья до сих пор имеют различные оценки в литературе. Публикуемые результаты в значительной степени ограничены закрытыми переломами, среди которых много изолированных повреждений. В то же время большинство авторов при использовании БИОС демонстрируют результаты, превосходящие по тем или иным параметрам накостный остеосинтез [21, 24, 49, 230, 309, 376].

- Осложнения интрамедуллярного остеосинтеза.

Наиболее частым осложнением интрамедуллярного остеосинтеза при переломах костей предплечья является несращение перелома (Таблица 1.3).

Стержни Sanatmetal для лучевой кости, а также плоские титановые стержни, предложенные ярославской школой травматологов-ортопедов [60, 79], препятствуют ротации отломков за счет своей формы. Стержни Chm и «Остеомед» имеют отверстия для блокирующих винтов, что позволяет избежать вторичных смещений по длине и ротационных смещений.

Таблица 1.3 – Частота несращений после различных видов интрамедуллярной фиксации

Источник	Кол-во переломов	Несращения абс. (%)	Вид стержня
Caden J.G. [209]	157	26 (16,6%)	Пины Rush
Street D.M. [417]	137	10 (7%)	Квадратные стержни
Cotler J.M. et al. [225]	125	8 (6,4%)	Стержни Schneider
Sage E.P. [391]	82	5 (6,2%)	Стержни Sage
Moerman J. et al. [298]	70	4 (6%)	Пины Rush
Abalo A. et al. [299]	173	12 (7%)	Спицы Киршнера
Челноков А.Н. с соавт. [169]	144	5 (3,5%)	Прямоугольные, Chm, Sanatmetal, Остеомед
Kim S.B. et al. [403]	16	2 (12,5%)	IFR, Acumed, Hillsboro, TX, USA
Köse A. et al. [184]	48	0	Блокируемые
Всего	715	58 (8,1%)	

Кроме несращений, авторы отмечают такие осложнения как поверхностную и глубокую инфекцию, ятрогенные повреждения сосудов и нервов, синостоз лучевой и локтевой костей [21, 169, 294, 295, 309, 436, 462]. Имеются сообщения о повреждении сухожилия длинного разгибателя первого пальца кисти в процессе проведения стержня в лучевую кость [249]. Для снижения риска ятрогенных повреждений глубокой ветви лучевого нерва при проведении проксимальных блокирующих винтов на лучевой кости рекомендуют проводить манипуляции на расстоянии не менее 30 мм от головки лучевой кости в нейтральной позиции ротации [225].

Чрескостная фиксация

В качестве единственного и окончательного метод чрескостной фиксации переломов костей предплечья не выдерживает конкуренции с хорошо зарекомендовавшими себя методами погружной фиксации. В связи с этим чрескостный остеосинтез считают резервным методом для тяжелых случаев переломов костей предплечья [25, 56, 57, 73, 77, 141, 247, 288, 399, 427].

Л.Н. Соломин с соавт. [149] изучили на кадаверах так называемый «раздельный» остеосинтез костей предплечья. Метод заключается в использовании двух аппаратов наружной фиксации (АНФ): чрескостные элементы одного аппарата проводят только через локтевую кость, а другого – через лучевую. Авторы установили, что на протяжении периода фиксации возможно частичное сохранение

ротации предплечья. Ряд авторов считают этот метод одним из решений проблемы формирования ротационных контрактур [2, 8, 20, 44, 66, 69, 88, 160, 399]. Результаты реографического исследования показали, что после применения стержневых аппаратов с сохранением ротационной функции лучше восстанавливаются показатели пульсового кровенаполнения, микроциркуляторного русла, нормализуется венозный отток [131].

L.R. Han et al. [236] сообщают об успешном использовании внешней фиксации в сочетании с накостным остеосинтезом пластиной при лечении оскольчатых переломов дистального отдела предплечья.

Использование чрескостного остеосинтеза в лечении переломовывихов костей предплечья [87] не нашло широкого распространения.

А.Ю. Лазарев [72] отмечает, что использование элементов чрескостного остеосинтеза в качестве дистрактора при штифовании создает хорошие условия для закрытого интрамедуллярного остеосинтеза предплечья и позволяет с высокой точностью устранить как аксиальное смещение, так и ротационное.

Чрескостную фиксацию широко применяют в качестве *временной меры* для стабилизации открытых и множественных переломов, а также при сочетанной травме с последующей заменой на один из методов внутреннего остеосинтеза [32, 146, 147, 302, 432]. Однако, как правило, это касается плечевой, бедренной и большеберцовой костей. Нам удалось найти в литературе только одно сообщение о 16 случаях конверсии чрескостной фиксации на погружной остеосинтез при лечении перелома лучевой кости [347].

Распространенным показанием к применению чрескостного остеосинтеза являются несращения переломов костей предплечья, особенно инфицированные [73, 93, 313], а также застарелые травмы, когда этот метод может использоваться в качестве временного или окончательного [22, 63, 96, 106]. А.И. Афаунов с соавт. [166] представили опыт лечения больных с сегментарными переломами костей предплечья, выполняя на первом этапе внешнюю дистракцию до восстановления его длины, а на втором – комбинированный остеосинтез с замещением дефекта костным аутооттрансплантатом.

Недостатками метода чрескостного остеосинтеза являются отсутствие эстетичности, трудоемкость, техническая сложность достижения прецизионной репозиции костных отломков, опасность формирования контрактур и развития спицевых инфекционных осложнений [76], а также некомфортность лечения для пациента и опасность несанкционированного нарушения им режима фиксации в процессе лечения.

1.3. Лечение открытых переломов

Открытые переломы костей предплечья встречаются достаточно часто, составляя по данным М.К. Shahid [404] до 26 случаев на 100 тыс. населения в год. А. Jawa [305] указывает, что в США открытые переломы составляют 6% от всех переломов костей предплечья.

Существует ряд классификаций открытых переломов, из которых «классическими» являются предложенные А.В. Капланом и О.И. Марковой [54, 55], а также М.Е. Muller et al. [334]. Следует также отметить классификацию Gustilo–Anderson [273, 274], которая проста в применении, отражает основные моменты повреждения и удобна для практического использования.

Согласно этой классификации, выделяют три типа открытых переломов:

- I тип. Незначительная травма, рана мягких тканей менее чем 2 см.
- II тип. Рана от 2 до 10 см, с умеренным повреждением мягких тканей. Кость покрыта мягкими тканями.
- III тип. Рана более 10 см, с обширным повреждением мягких тканей.
 - Подтип IIIА. Костные отломки покрыты мягкими тканями.
 - подтип IIIВ. Дефицит мягких тканей для закрытия раны, отломки находятся «в ране».
 - подтип IIIС. Имеется сочетанное повреждение сосудов и нервов.

В отличие от закрытых переломов, особая сложность лечения открытых переломов костей предплечья обусловлена, помимо нередко их оскольчатого характера, массивным повреждением мягких тканей и нарушением

кровообращения сегмента, развитием компартмент-синдрома, что приводит к длительному заживлению ран, замедлению консолидации и развитию осложнений. У этих пациентов чаще происходят переломы обеих костей предплечья, что определяет их нестабильность [193, 239, 272, 335, 393, 437]. Распространено мнение, что при открытых переломах предпочтительнее использовать чрескостную фиксацию аппаратами, однако некоторые авторы допускают и погружной остеосинтез: или в сочетании с чрескостной фиксацией, или как самостоятельный метод [10, 25, 65, 180, 191, 292, 359, 364, 392, 404].

При тяжелых открытых переломах с сегментарным дефектом и сохраненной надкостнице в крайне редких случаях у молодых пациентов может наблюдаться спонтанная регенерация кости [178, 375].

В настоящее время нет единого мнения об оптимальной тактике лечения пациентов с открытыми переломами костей предплечья, и выбор способа фиксации определяется предпочтениями хирурга [7, 74, 145]. Использование различных методов фиксации и относительно небольшое число наблюдений затрудняет сравнение результатов лечения по данным литературных источников.

Открытые переломы предплечья характеризуются значительным повреждением мягких тканей, нередко – наличием мягкотканых и костных дефектов, а также повреждениями сосудистых и нервных структур, особенно при высокоэнергетической травме [189, 369]. Клинический результат во многом определяется успешностью лечения ран, для чего используют методики пульс-лаважа при проведении хирургической обработки [304, 412], вакуумного дренирования [186, 348, 349]. Для закрытия больших дефектов используют различные виды пластики. При травмах сосудистых и нервных структур обязательно участие в хирургическом этапе лечения сосудистого хирурга и нейрохирурга [32].

Большинство авторов среди факторов риска развития инфекционных осложнений помимо сроков с момента получения травмы до начала лечения, характера антибактериальной терапии, типа открытого повреждения [168, 191, 358], возраста, наличия диабета, вредных привычек, отмечают менеджмент мягких

тканей [362, 386]. А. Elsaftawy et al. рекомендуют при открытых переломах выполнять широкую фасциотомию для профилактики развития компартмент-синдрома [240, 307].

При высокоэнергетической травме риск осложнений, в том числе и инфекционных, существенно повышается [446]. При обильно загрязненных открытых переломах частота инфекционных осложнений возрастает с 1,2% до 20% [420], в связи с чем D.A. Glueck et al. [269] рекомендуют проводить неоднократную хирургическую обработку раны при загрязненных открытых переломах костей предплечья. Неблагоприятный прогноз в отношении развития инфекционных осложнений отмечен и при укусах животных [395].

Определяюще важным ряд авторов считает этапность лечения – конверсию чрескостного остеосинтеза на погружной [94, 358, 359, 408], а также применение других вариантов временной фиксации открытых переломов (короткие пластины с угловой стабильностью, спицы Киршнера и др.) [10, 271, 310, 364].

Таким образом, в литературе содержатся противоречивые мнения относительно тактики лечения открытых переломов костей предплечья. С одной стороны, выполнение погружного остеосинтеза в ургентном порядке при открытых переломах I типа создает риск инфекционных осложнений. С другой стороны, применение аппаратов чрескостной фиксации является методом выбора при тяжелых открытых переломах II–III типа, однако при этом блокируются радиоульнарные сочленения, происходит рубцевание скользящего футлярно-мышечного аппарата и развивается мышечная гипотрофия, что ведет к формированию десмогенных контрактур и, как следствие, частичной или полной потере ротации предплечья. Необходима разработка оптимального алгоритма лечения больных с открытыми переломами с целью обеспечения оптимального функционального результата.

1.4. Ортопедические осложнения переломов костей предплечья

1.4.1. Несращения

Несращения костей предплечья, благодаря современным методам лечения, достаточно редки и чаще наблюдаются при высокоэнергетических открытых повреждениях, но могут быть и следствием неадекватного лечения [9, 12, 177, 279, 414]. Частоту несращений переломов костей предплечья авторы оценивают от 2 до 10% [223, 229, 231, 276, 322, 381, 418, 458], при этом функциональные результаты оставляют желать лучшего [126, 314, 316, 327, 370, 419].

В качестве причин несращений, помимо инфекции, отмечают технические ошибки во время операции: пластины недостаточной длины, неправильное расположение пластины над переломом, проведение винтов слишком близко к перелому, недостаточное количество винтов, неполноценная обработка отломков и т. д. [26, 70, 223, 415]. При правильном применении пластин DCP и соблюдении технологии остеосинтеза ожидаемая частота несращений составляет меньше 5% [306, 355].

Причинами несращений могут являться и особенности каждого конкретного повреждения: значительные смещения отломков, множественные повреждения скелета и оскольчатый характер переломов увеличивают риск несращений [213]. Замедляют репарацию костной ткани торсионные силы, воздействующие на кость во время пронации и супинации [415]. Наиболее часто встречаются атрофический или гипотрофический типы несращения, что требует во время операции восстановления биологических условий для сращения [327].

Успех хирургического лечения зависит от таких факторов как время от момента травмы, количество предшествующих операций, наличие инфекции, размер дефекта костей, окончательный метод фиксации, сопутствующие эндокринные нарушения [105, 114, 164, 253, 256, 430]. Лечение пациентов с несращениями костей предплечья отличается от такового при других локализациях абсолютной необходимостью точного восстановления анатомии

сегмента, без чего невозможно восстановление его функции [27, 28, 67, 332]. Очень важным фактором является наличие комплаентности больного, его способности точно выполнять рекомендации врача [318].

Выбор способа лечения при несращениях костей предплечья до сих пор вызывает споры. Рекомендованы различные хирургические техники: внутренняя фиксация мостовидными пластинами, интрамедуллярная фиксация, чрескостный остеосинтез [47, 148, 354, 384, 436, 441, 442], при этом большинство авторов рекомендуют при несращениях костей предплечья применение накостной фиксации [245, 313, 327, 415, 419, 443].

Большую роль в достижении хороших результатов лечения пациентов с несращениями костей предплечья авторы отводят костной трансплантации [67]. Используют кортикальные и губчатые трансплантаты, васкуляризированные и не васкуляризированные [61, 86, 125, 244, 311, 327, 354, 390, 397, 406, 448]. Авторы отмечают, что при применении компрессирующих пластин с костной пластикой или без нее количество неудовлетворительных результатов по-прежнему остается значительным и колеблется от 20 до 34% [267, 313, 370, 447, 461]. Чаще всего костную трансплантацию используют в сочетании с накостным остеосинтезом [142, 327, 400, 407, 448], однако есть сообщения об успешном использовании и блокируемых интрамедуллярных стержней [303, 352, 382, 436].

При инфицированных несращениях или сегментарных дефектах костей предплечья применяют васкуляризированные или не васкуляризированные костные трансплантаты, что позволяет успешно восстановить функцию [81, 110, 116, 134, 159, 291, 312, 393, 441, 443]. Транспозиция костного лоскута из лучевой кости в место несращения локтевой была описана С. Allende [193].

Описано применение в случаях инфекции или обширных костных дефектов техники «bone grafting», когда на первом этапе выполняют накостную фиксацию и замещают дефект цементным спейсером с антибиотиками, а на втором удаляют спейсер и заполняют дефект костными измельченными ауто трансплантатами, либо имплантатами, изготовленными с применением аддитивных технологий [33, 41, 52, 157, 158, 258, 451].

Предложенная А.Ф. Лазаревым с соавт. [107] техника опорной каркасной металлопластики с установкой в дефект кости перфорированного титанового цилиндра, заполненного остеозамещающим материалом, применительно к костям предплечья не получила распространения из-за малого их диаметра и биомеханических особенностей сегмента.

Использование метода Г.А. Илизарова в лечении несращения переломов костей предплечья описано рядом авторов, однако в качестве недостатка метода отмечено ограничение возможности проведения полноценной функциональной реабилитации в послеоперационном периоде, а также необходимость регулярного врачебного мониторинга на все время нахождения аппарата на конечности [17, 39, 78, 440, 461].

При массивных дефектах кости и невозможности восстановления ее целостности описаны случаи проведения реконструкции предплечья на одной кости (конверсии). Ротация предплечья при этом утрачивается, однако конечность становится безболезненной и частично функциональной [198, 340, 357]. Однако, такую тактику следует признать жестом отчаяния хирурга, лишенного возможности выполнения более функционально эффективных методик.

1.4.2. Посттравматические деформации

При оценке эффективности проведенного лечения важен не только сам факт сращения переломов, но и наличие посттравматических деформаций, которые могут оказать существенное влияние на функциональный результат [3, 4]. Лучевую и локтевую кости предплечья следует рассматривать не как два независимых анатомических образования, а в их взаимодействии как «единый функциональный сустав» [121].

Чаще всего (до 37% всех случаев) посттравматические деформации развиваются после консервативного лечения, приводя к ограничению движений и нестабильности, появлению боли и формированию косметических дефектов, что снижает качество жизни пациентов и их работоспособность [311, 361, 410]. Чем

точнее выполнена анатомическая репозиция отломков, тем больше вероятность правильного сращения и полного восстановления ротационных движений, а также движений в запястье [34, 36, 83, 109, 117, 330, 345].

Предотвращение посттравматической деформации требует понимания взаимоотношений между лучевой и локтевой костями. Репозиция состоит в восстановлении длины, соосности, выравнивании ротации и смещения по ширине. Кроме того, для хорошего функционального результата требуется восстановление физиологической кривизны [117, 118, 119, 120, 155, 183, 385, 398].

S.C. Naase и K.C. Chung [275] предложили следующие критерии для постановки диагноза посттравматической деформации костей предплечья: лучевая или локтевая инклинация $<10^\circ$, ладонный или тыльный наклон $>20^\circ$.

Ряд авторов считают, что изменение физиологической кривизны лучевой кости может негативно сказаться на сращении перелома, а укорочение одной из костей относительно другой в средней и дистальной третях приводит к худшему функциональному результату, чем при локализации укорочения в проксимальной трети [259, 345, 455, 456]. По данным С.А. Goldfarb et al. [266], снижение функции воспринимается пациентом, когда амплитуда движений меньше, чем на неповрежденной стороне, а снижение силы схвата кисти не коррелирует с результатами субъективной оценки.

Как правило, для исправления посттравматической деформации требуется хирургическое вмешательство. Корректирующие остеотомии технически сложны и требуют тщательного предоперационного планирования для восстановления анатомии [42, 128]. Большинство деформаций лучевой кости являются многоплоскостными и требуют для проведения предоперационного планирования выполнения компьютерной томографии [230, 251].

Основными показаниями к корректирующим остеотомиям служат ограничение ротационных движений, нестабильность и боли в дистальном радиоульнарном сочленении [129, 130, 138, 139]. При этом лучшие результаты можно ожидать, если хирургическую коррекцию выполнить как можно раньше, чтобы минимизировать последствия прогрессирующих контрактур, то есть в

течение первого года после первичной травмы. Возможные осложнения операции в этот период встречаются реже и менее тяжелы [215, 329, 439, 444].

Е.Н. Schemitsch et al. [398] отмечают, что изменение локализации точки максимума лучевой кривизны имело большее значение, чем изменение ее величины. Когда локализация точки максимальной кривизны восстановлена в пределах 4–5% в сравнении с контралатеральным предплечьем, то восстанавливаются как минимум 80% ротации и 80% от нормальной силы схвата кисти. Когда величина лучевой кривизны была восстановлена в пределах 1,5 мм, ротация также восстанавливалась по крайней мере на 80%.

В значительной степени функциональный результат лечения определяется восстановлением ротационных движений предплечья. Изучение параметров таких движений у здоровых людей показало, что амплитуда супинации в норме больше, чем амплитуда пронации и сопоставима на правой и левой руках. Амплитуда ротационных движений несколько выше у женщин и снижается с возрастом [257] (Таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Амплитуда ротационных движений предплечья в норме (по Rickert M. et al. [250])

Возраст, лет	Средняя пронация, град.	Средняя супинация, град.
20–30	75	105–110
30–40	75	110
40–50	70–75	105–110
50–60	70	105–110
60–70	70	100–105
70–100	70	95–100

Влияние деформаций костей предплечья на его ротацию исследовано рядом авторов на кадаверном материале [196, 233, 421, 423] (Таблица 1.5).

L.S. Matthews et al. [423] исследовали влияние угловых смещений костей предплечья на супинацию и пронацию. В их модели на кадавере, симулирующей диафизарные переломы предплечья, угловая деформация в 10° и менее незначительно изменяла движение в сегменте, даже если обе кости были деформированы. В отличие от этого, угол деформации 20° одной из костей или

суммарная деформация 20° обеих костей приводили к потере ротационных движений на 30% и более.

Таблица 1.5 – Снижение амплитуды ротации предплечья в зависимости от локализации костной деформации

Локализация модели деформации	Степень деформации		
	5° супинации-пронации	10° супинации-пронации	15° супинации-пронации
Лучевая кость (по A. Sarmiento et al. [196])			
проксимальный отдел	Н/3 – Н/3	(2–12°) – Н/3	(3–34°) – Н/3
средний отдел	(7–13°) – Н/3	(0–22°) – Н/3	(6–49°) – (6–19°)
дистальный отдел	Н/3 – (6–17°)	Н/3 – (14–24°)	(3–17°) – (16–36°)
Локтевая кость (по A. Sarmiento et al. [196])			
проксимальный отдел	Н/3 – Н/3	Н/3 – Н/3	Н/3 – (8–11°)
средний отдел	Н/3 – (9–13°)	Н/3 – (10–17°)	(24–31°) – (15–33°)
дистальный отдел	Н/3 – Н/3	(3–13°) – Н/3	(9–23°) – (9–24°)
Лучевая и локтевая кости (по R.R. Tarr et al. [421])			
средний отдел	6–9%	17–15%	28–42%
дистальный отдел	5–10%	8–18%	11–33%
Примечание: Н/3 – незначительные изменения			

R.R. Tarr et al. [421] провели аналогичное исследование на кадаверах для изучения эффекта угловых и ротационных деформаций в средней и дистальной третях предплечья. Их результаты подтверждают, что деформация в 10° и менее приводит к минимальному ограничению ротации, в то время как общая угловая деформация более 15° значительно сокращает пронацию и супинацию. Потеря движений больше при локализации деформации в средней трети, чем в дистальной. Кроме того, ротационная деформация лучевой кости приводит к потере ротации, равной величине деформации.

Исследование A. Sarmiento et al. [196] посвящено оценке переломов при их локализации в проксимальной трети. Результаты подтвердили предыдущие выводы о том, что клинически значимых ограничений ротации предплечья не отмечается, по крайней мере, до 15° угловой деформации. В этих исследованиях определение клинически значимой потери пронации и супинации было основано на выводах В.Ф. Morrey et al. [343], которые утверждали, что 50° пронации и 50° супинации обеспечивают большинство необходимых движений в повседневной деятельности. Они предложили считать, что функционально приемлемой является потеря

ротации предплечья до 20% от нормальной амплитуды движений. Влияние ротационной деформации также было изучено С.Е. Dumont et al. [233], которые установили, что наибольшее ограничение ротационных движений наблюдается при деформации лучевой кости, что заметно снижает функцию предплечья.

1.5. Резюме

При лечении диафизарных переломов костей предплечья безусловный приоритет имеют оперативные методы, однако даже после выполненного первичного остеосинтеза авторы отмечают до 10% несращений и до 16% неудовлетворительных функциональных результатов, что стимулирует продолжение поисков эффективной лечебной тактики. Этим обусловлен применяемый широкий спектр методик остеосинтеза – накостного, интрамедуллярного, чрескостного, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. Традиционно более распространены варианты накостного остеосинтеза, однако эти операции связаны с повышенной травматизацией мягких тканей, а также повышают риск рефрактур после удаления фиксаторов, что говорит о затрудненном формировании полноценной костной мозоли в области перелома. Перспективным представляется интрамедуллярный остеосинтез [144]. Существующий при такой технике риск ротационных смещений, требующий дополнительной внешней иммобилизации в послеоперационном периоде, в последнее время удается устранить, применяя штифты с блокированием. Требуется также внимания проблема сглаживания анатомической кривизны лучевой кости при интрамедуллярном введении прямого штифта, что впоследствии приводит к ограничению ротационных движений, отражаясь на функции конечности. Поэтому техническое выполнение интрамедуллярного остеосинтеза требует более тщательного предоперационного планирования с подбором адекватного фиксатора. В связи с этим интрамедуллярный остеосинтез при переломах костей предплечья уступает пока в популярности накостному [175].

Открытые переломы костей предплечья имеют значительно худший прогноз, связанный не только с несращением, но и с развитием инфекционных осложнений; необходимость длительной иммобилизации способствует развитию стойких контрактур. Большинство авторов рассматривают чрескостный остеосинтез как начальный этап лечения с последующей установкой погружных фиксаторов; в качестве самостоятельного метода лечения чрескостный остеосинтез не получил широкого распространения [178].

Особую сложность представляет лечение несращений костей предплечья, связанных с дефектами кости, инфекционными осложнениями, формированием ложных суставов. Отсутствие единого четко обоснованного алгоритма выбора оптимальной тактики обусловило до 47% неудовлетворительных результатов лечения таких пациентов по данным литературных источников [177].

Таким образом, лечение переломов диафизов костей предплечья при кажущейся простоте требует учета ряда важных факторов, влияющих на процесс консолидации и последующее восстановление функции. Продолжается разработка новых хирургических методик, совершенствование дизайна конструкций для остеосинтеза с учетом особенностей этих переломов. Однако, проблема эффективного лечения пациентов с диафизарными переломами костей предплечья до сих пор не нашла разрешения. Сохраняющаяся высокая частота неудовлетворительных результатов вызвана отсутствием единого обоснованного подхода к выбору оптимальной лечебной тактики, что послужило обоснованием к проведению данного исследования [175].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование, проведенное с 2004 по 2021 гг., включены пациенты, находившиеся на стационарном лечении в отделении травматологии и ортопедии СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница», являющейся клинической базой кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России.

2.1. Дизайн исследования

В проспективное исследование были включены 330 пациентов с переломами диафизов костей предплечья и их осложнениями, пролеченные хирургическими методами; в ретроспективное – 110 пациентов, сопоставимых с проспективной группой по всем параметрам.

Критерии включения:

- Возраст старше 18 лет.
- Пациенты с переломами диафизов обеих костей предплечья.
- Пациенты с изолированными диафизарными переломами костей предплечья.
- Пациенты с переломовывихами Монтеджи и Галеацци

Критерии невключения:

- Перелом хотя бы одной кости в метаэпифизарной зоне.
- Переломы, осложненные повреждением магистральных сосудов и/или периферических нервов.
- Инфекционно-воспалительные процессы в области поврежденного предплечья (нагноившиеся раны, экземы, пиодермия).
- Сопутствующие заболевания, существенно повышающие риск оперативного вмешательства.
- Врожденные или приобретенные деформации костей поврежденного предплечья, сформированные до получения травмы.

- Психическая неадекватность, невозможность или нежелание активного осознанного информированного сотрудничества в процессе лечения.

Критерии исключения:

- Неявка на запланированные контрольные визиты в течение 1 года с момента операции (первые 4 визита).
- Несоблюдение режима послеоперационной реабилитации.

Этапы исследования:

- 1 этап (2004–2011 гг). Ретроспективно изучены результаты лечения переломов диафизов костей предплечья после выполненного остеосинтеза у пациентов, соответствующих критериям включения. Изучена медицинская документация 110 пациентов, соответствующих начальным параметрам включения, после выполненных им операций первичного остеосинтеза. Пациенты вызваны и подвергнуты повторному осмотру в сроки от 1 до 2 лет с оценкой и анализом результатов лечения. На основании этого определена сравнительная эффективность традиционно используемых методик. Эти пациенты не вошли в основное исследование, с ними будут сравнены результаты внедрения лечебного алгоритма.
- 2 этап. Создана математическая костная модель предплечья, на основе которой произведен расчет распределения нагрузок при наковом и блокируемом интрамедуллярном остеосинтезе. Определены параметры нагрузок при применении пластин с угловой стабильностью, а также интрамедуллярного остеосинтеза с блокированием.
- 3 этап. Разработан алгоритм выбора оптимальной лечебной тактики в отношении пациентов с диафизарными переломами костей предплечья в остром периоде. Сформулированы и обоснованы особенности процессов предоперационного планирования, обследования и подготовки фиксаторов. Разработан аппарат для интраоперационной репозиции костных отломков.

Разработана лечебная тактика в отношении пациентов с осложнениями диафизарных переломов костей предплечья в виде несращения, дефектов, ложных суставов, деформаций. Созданы оригинальные методики лечения, включающие

интрамедуллярный блокируемый остеосинтез в сочетании с костной аутопластикой, а также до- и послеоперационную реабилитацию.

- 4 этап (2012–2021 гг). Внедрение разработанных алгоритма и методик лечения в клиническую практику и анализ полученных результатов.

В проспективном исследовании проведено хирургическое лечение 330 пациентов, из них 308 выполнен первичный погружной остеосинтез при свежих переломах, и 22 пациента пролечены по поводу неудовлетворительных результатов лечения диафизарных переломов предплечья в виде несращений, дефектов и ложных суставов. После операции пациентов наблюдали до полного сращения перелома, верифицированного рентгенологически, и далее – в срок от 1 до 2 лет (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Запланированные визиты пациентов для контрольного осмотра

	Рентгенография	Оценка функции предплечья по DASH	Ротационные движения предплечья (пронация/супинация)	Боль при ротационных движениях (ВАШ)
Выписка из стационара	+			
1–2 мес*	+			
3 мес	+	+	+	+
6 мес	+	+	+	+
1 год	(+)**	+	+	+
1,5–2 года***	+	+	+	+

Примечание: * – в зависимости от характера перелома и варианта фиксации;
 ** – при отсутствии полного сращения к 6 месяцам;
 *** – при отсутствии полного сращения к 1 году

Таким образом, было запланировано 5 визитов для осуществления этапного контроля, из которых обязательными являлись первые 4 – до наступления полного рентгенологического сращения перелома и завершения реабилитационного периода. 1-й визит (1–2 мес.) – к сроку снятия внешней фиксирующей повязки при наличии таковой, 2-й визит (3 мес.) – к моменту снятия ограничений по бытовой нагрузке, 3-й визит (6 мес.) – предварительная оценка результатов лечения и контрольная рентгенография, 4-й визит (1 год) – завершающий, окончание наблюдения и оценка результата лечения.

Группы наблюдения

При проведении исследования использовали Универсальную классификацию переломов, разработанную группами АО (Arbeitsgemeinschaft Fur Osteosynthesefragen) и ОТА (Orthopedic Trauma Association), пересмотра 2018 г. [260], в которую внесены изменения по кодированию повреждений, в частности локтевой и лучевой костей. Согласно этой классификации, диафиз каждой из костей имеет отдельное обозначение: 2R2 – лучевая кость; 2U2 – локтевая кость. Разделение диафизарных переломов по локализации, группам, типам и подтипам, согласно традиционной классификации, выглядит следующим образом [64]:

- тип А – «простой» (simple): А1 – спиральный, А2 – косой ($>30^\circ$), А3 – поперечный ($<30^\circ$);
- тип В – «клиновидный» или оскольчатый (wedge): В2 – интактный клиновидный, В3 – фрагментарный клиновидный;
- тип С – «многофрагментарный» или сложный (multifragmentary): С2 – интактный сегментарный, С3 – фрагментарный сегментарный.

Касательно перелома типа «В» в классификации пересмотра 2018 г. изъяты термины «перелом от скручивания» (spiral) или «сгибания» (bending), т. к. подчас довольно сложно провести четкую градацию между ними. Вместо этого введено понятие «интактный» клиновидный фрагмент (intact), т. е. в виде единого фрагмента – В2, и фрагментарный (fragmentary) – В3.

Термин «многофрагментарный» перелом (типа «С»), заменивший «сложный», характеризует перелом, при котором после репозиции отсутствует контакт основных фрагментов. Учитывая, что тактика лечения винтообразного (spiral) и простого (regular) переломов одинакова, нет необходимости в подобной детализации. Теперь выделяют интактный сегментарный (intact segmental) перелом – С2, и фрагментарный сегментарный (multifragmentary segmental) – С3.

При переломах обеих костей каждое повреждение получает самостоятельный код. Переломовывихи Monteggia и Galeazzi кодируются добавлением соответствующих букв (g) или (m) после рубрикации перелома [64].

308 человек, которым выполнен первичный остеосинтез по поводу свежего перелома, разделены на 4 группы наблюдения, и каждая группа разделена на подгруппы по типу перелома согласно классификации АО/ОТА (пересмотр 2018 г) и виду выполненного остеосинтеза (накостный или БИОС).

Наиболее тяжелые переломы типа С встретились лишь в 6 случаях, и большинство из них – при переломах диафизов обеих костей предплечья (1-я группа наблюдения). Наибольшее количество переломов типа В также отмечено у пациентов 1-й группы, а переломов типа А – у пациентов с изолированными переломами лучевой (2-я группа) и локтевой (3-я группа) костей (Таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Группы наблюдения и типы переломов по классификации АО/ОТА (пересмотр 2018 г.)

	Тип перелома по АО/ОТА *			Всего
	А	В	С	
1 группа (n = 88) переломы диафизов обеих костей предплечья	39 (21,3%)	45 (37,8%)	4 (66,6%)	88 (28,6%)
2 группа (n = 90). Пациенты с изолированными переломами диафиза лучевой кости	61 (33,3%)	29 (24,4%)	0	90 (29,2%)
3 группа (n = 81). Пациенты с изолированными переломами диафиза локтевой кости	62 (33,9%)	18 (15,1%)	1 (16,7%)	81 (26,3%)
4 группа (n = 49). Пациенты с переломами в вихах Монтеджи и Галеацци	21 (11,5%)	27 (22,7%)	1 (16,7%)	49 (15,9%)
Всего	183 (100%)	119 (100%)	6 (100%)	308 (100%)
Примечание: * – в группы В и С включены наблюдения, при которых наиболее тяжелый перелом одной из костей соответствовал этим типам, вне зависимости от типа перелома второй кости				

Более 50 % всех повреждений составили переломы типа А (Рисунок 2.1).

В зависимости от избранного варианта остеосинтеза в каждой группе выделяли пациентов, которым выполнили накостный остеосинтез или БИОС. При этом в 1-й группе в 2,0 раза чаще применили БИОС, во 2-й группе разница между БИОС и накостным остеосинтезом составила 1,3 раза, в 3-й группе преобладание БИОС составило всего 1 наблюдение, а в 4-й группе в 1,6 раза чаще использовали накостные фиксаторы (Таблица 2.3).

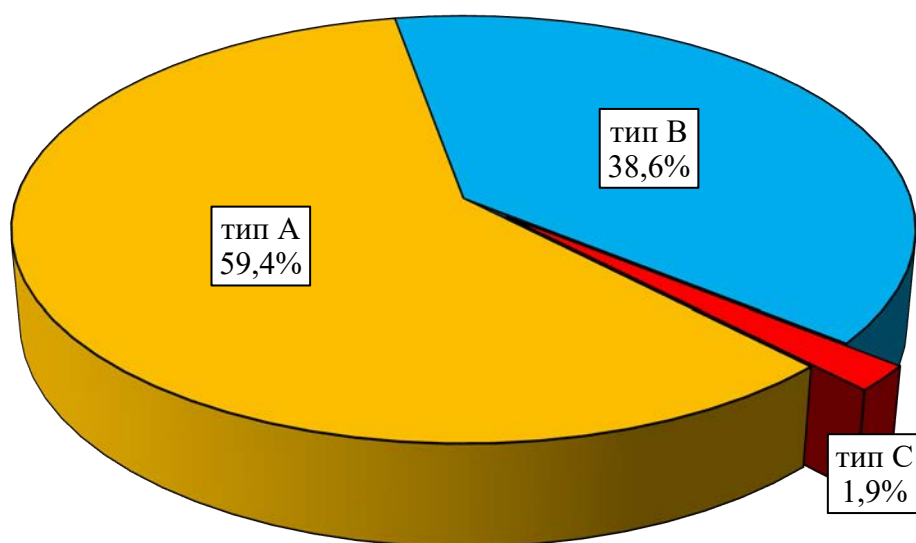


Рисунок 2.1 – Типы переломов костей предплечья

Таблица 2.3 – Варианты первичного остеосинтеза в группах наблюдения

	Накостный остеосинтез	Интрамедуллярный остеосинтез с блокированием (БИОС)	Всего
1 группа (n = 88) переломы диафизов обеих костей предплечья	29 (21,0%)	59 (34,7%)	88 (28,6%)
2 группа (n = 90). Пациенты с изолированными переломами диафиза лучевой кости	39 (28,3%)	51 (30,0%)	90 (29,2%)
3 группа (n = 81). Пациенты с изолированными переломами диафиза локтевой кости	40 (29,0%)	41 (24,1%)	81 (26,3%)
4 группа (n = 49). Пациенты с переломами вывихами Монтеджи и Галеацци	30 (21,7%)	19 (11,2%)	49 (15,9%)
Всего	138 (100%)	170 (100%)	308 (100%)

Всего интрамедуллярный остеосинтез с блокированием применили чаще в 1,2 раза (Рисунок 2.2).

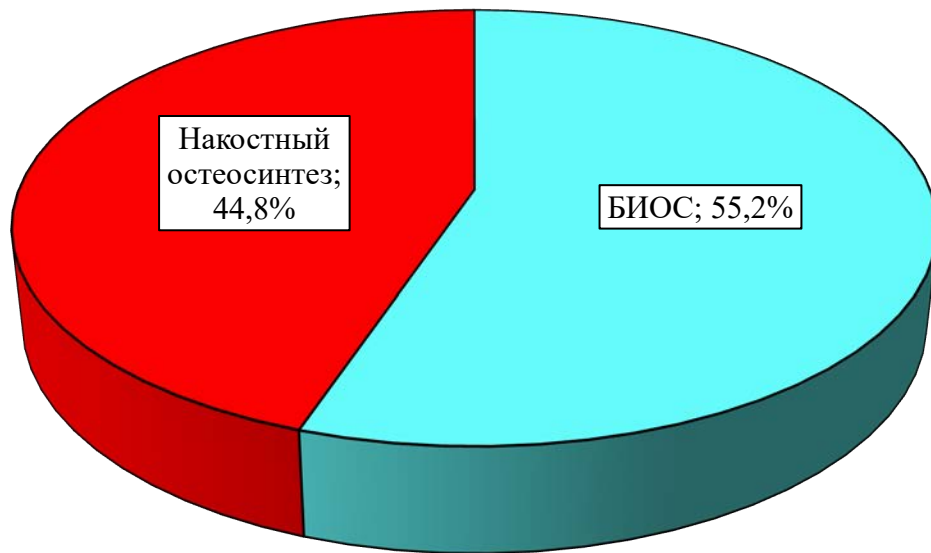


Рисунок 2.2 – Варианты остеосинтеза

Таким образом, 308 пациентов распределились следующим образом, представленным на Рисунке 2.3.

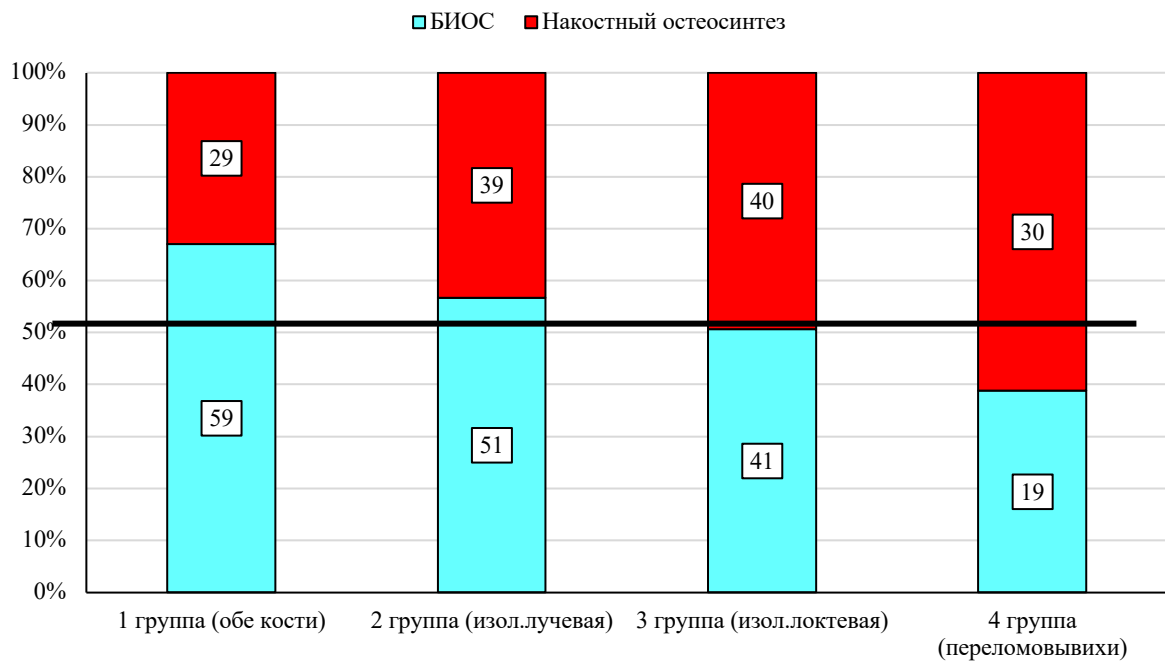


Рисунок 2.3 – Распределение пациентов с острой травмой на группы наблюдения

В 39 случаях из 308 (12,7%) переломы костей предплечья были открытыми. В соответствии с классификацией Gustillo и Anderson [273, 274], переломы I типа выявлены у 34 пациентов, II и III типа – у 5 (Рисунок 2.4).

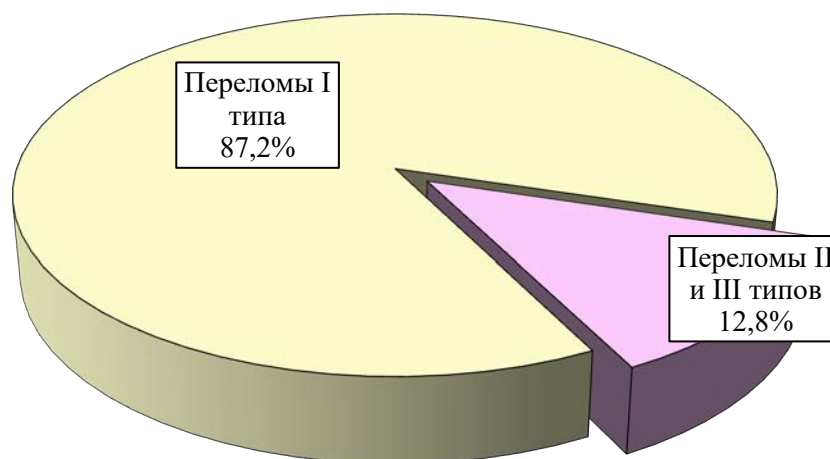


Рисунок 2.4 – Степень тяжести открытых переломов костей предплечья по классификации Gustillo – Andersen

Кроме 308 пациентов, разделенных на 4 группы, выделена была 5-я группа (22 человека с неблагоприятными последствиями переломов – несращения, дефекты, деформации), характеристика которой будет дана в 6 главе (раздел 6.7).

Всего у 330 пациентов выполнены операции на 426 костях, методом БИОС произведена фиксация при переломах костей предплечья и их осложнений на 257 костях (60,3%), методом накостного остеосинтеза – на 169 костях (39,7%). Доля открытых переломов среди всех 330 наблюдавшихся пациентов составила 11,8% (39 случаев).

Для остеосинтеза использовали стержни фирм «Chm», «Остеомед», пластины Loking compression plate (LCP) и Limited contact dynamic compression plate (LC-DCP) фирм «Остеосинтез», «Konigsee», «Chm»; аппараты наружной фиксации.

С 2012 года у пациентов со свежими диафизарными переломами костей предплечья при диаметре костномозгового канала ≥ 4 мм предпочтение отдавали БИОС (Таблица 2.4), а при диаметре менее 4 мм – накостному остеосинтезу.

Таблица 2.4 – Рекомендованные варианты первичного остеосинтеза при диаметре костномозгового канала ≥ 4 мм в зависимости от типа перелома

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА								
	Прост. лучев.	Прост. локт.	Оскол. лучев.	Оскол. локт.	Прост. + вывих	Оскол.+ вывих	Прост. обеих	Сложн. изол.	Оск. и сложн. обеих
	2R2A	2U2A	2R2B	2U2B	2R2A(g) 2U2A(m)	2R2B(g) 2U2B(m)	2R2A+ 2U2A	2R2C 2U2C	2R2B/C+ 2U2B/C
БИОС	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Пластина	–	–	–	±	±	±	±	±	±
Примечание: + рекомендованный вариант, ± возможный вариант, – не рекомендовано									

Из 308 пациентов костномозговой канал ≥ 4 мм наблюдался у 205 человек, что составило 66,6%. В таких случаях, хотя и считали возможным выполнение накостного остеосинтеза пластинами, предпочтение все же отдавали БИОС, особенно при переломах типа А, которые составили основную массу клинических наблюдений (59,4%), так как при таких типах переломов имеется торцевой упор отломков, закрытая репозиция относительно проста, и в то же время при А2 и А3 подтипах имеются сложности для проведения стягивающего винта при накостном остеосинтезе.

Таким образом, при костномозговом канале, равном или превышающем в диаметре 4 мм, БИОС был выполнен в 82,9% случаев (Таблица 2.5).

В то же время, с учетом того, что в остальных 103 случаях (33,4%) диаметр костномозгового канала был меньше 4 мм, и это не позволило выполнить БИОС, общая доля накостного остеосинтеза пластинами во всех наблюдениях при первичном остеосинтезе составила 44,8% (Таблица 2.6).

Таблица 2.5 – Выбор фиксатора при диаметре костномозгового канала ≥ 4 мм

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА								Всего
	Прост. лучев.	Прост. локт.	Оскол. лучев.	Оскол. локт.	Прост. + вывих	Оскол. и сложн.+ вывих	Прост. обеих	Оск. и сложн. обеих	
	2R2A	2U2A	2R2B	2U2B	2R2A(g) 2U2A(m)	2R2B(g) 2U2B(m)	2R2A+ 2U2A	2R2B/C+ 2U2B/C	
БИОС	32 (82,1%)	33 (91,7%)	19 (90,5%)	8 (88,9%)	11 (78,6%)	8 (40,0%)	22 (84,6%)	37 (92,5%)	170 (82,9%)
Пластина	7 (17,9%)	3 (8,3%)	2 (9,5%)	1 (11,1%)	3 (21,4%)	12 (60,0%)	4 (15,4%)	3 (7,5%)	35 (17,1%)
Всего	39 (100%)	36 (100%)	21 (100%)	9 (100%)	14 (100%)	20 (100%)	26 (100%)	40 (100%)	205 (100%)

Таблица 2.6 – Примененные методики остеосинтеза у пациентов со свежими диафизарными переломами костей предплечья

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА								Всего
	Прост. лучев.	Прост. локт.	Оскол. лучев.	Оскол. локт.	Прост. + вывих	Оскол. и сложн.+ вывих	Прост. обеих	Оск. и сложн. обеих	
	2R2A	2U2A	2R2B	2U2B	2R2A(g) 2U2A(m)	2R2B(g) 2U2B(m)	2R2A+ 2U2A	2R2B/C 2U2B/C	
БИОС	32 (52,5%)	33 (53,2%)	19 (65,5%)	8 (42,1%)	11 (52,4%)	8 (28,6%)	22 (56,4%)	37 (75,5%)	170 (55,2%)
Пластина	29 (47,5%)	29 (46,8%)	10 (34,5%)	11 (57,9%)	10 (47,6%)	20 (71,4%)	17 (43,6%)	12 (24,5%)	138 (44,8%)
Всего	61 (100%)	62 (100%)	29 (100%)	19 (100%)	21 (100%)	28 (100%)	39 (100%)	49 (100%)	308 (100%)

2.2. Характеристика пациентов

Всего за период с 2004 по 2021 г. в отделении травматологии и ортопедии СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» проведено лечение 330 больных с диафизарными переломами костей предплечья и их осложнениями, которые были пролечены с использованием хирургических методов лечения. Женщин было 116 (37,4%), мужчин – 194 (62,6%), то есть больше в 1,7 раза. Возрастной интервал составил от 18 до 80 лет (средний возраст $39,6 \pm 0,9$ лет). Подавляющее большинство составили пациенты трудоспособного возраста; старше 60 лет было 47 человек (14,2%), причем в возрасте до 60 лет было в 2,3 раза больше мужчин, а в возрасте

старше 60 лет – в 1,9 раза больше женщин (Таблица 2.7). Это обусловлено высокой физической активностью мужчин в молодом возрасте, меньшей продолжительностью жизни мужчин и снижением минеральной плотности кости в постменопаузальном периоде у женщин.

Таблица 2.7 – Пол и возраст пациентов

Пол	Возраст, лет				Всего	
	18–60		старше 60			
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Мужчины	197	59,7	16	4,8	213	64,5
Женщины	86	26,1	31	9,4	117	35,5
Итого	283	85,8	47	14,2	330	100

Работающих пациентов было 251 (76,1%), неработающих – 79 (23,9%).

Из 308 пациентов со «свежими» переломами в первые сутки после травмы поступили в стационар 298 человек (96,8%), и лишь 10 (3,2%) – в сроки от 1 до 3 суток. Пострадавших с политравмой было 11 (3,6%).

Помимо случаев острой травмы с осложнениями в виде несращений, дефектов и деформаций поступило в плановом порядке еще 22 пациента, в том числе 3 человека – с последствиями переломовывихов. Переломы обеих костей были у 8 пациентов (36,4%), в том числе у одного пациента – фрагментарные переломы каждой из костей; изолированные переломы лучевой кости – у 4 человек (18,2%) и локтевой – у 7 (31,8%). Таким образом, имелось 27 переломов у 22 больных. Чаще всего (14 случаев или 63,6%) неблагоприятные результаты лечения отмечены после выполненного накостного остеосинтеза: перелом пластины – 4 наблюдения, нестабильность остеосинтеза – 6 случаев, рефрактуры после удаления фиксаторов – 2 пациента, периимплантные переломы на фоне несросшегося первичного перелома – 2 наблюдения (Рисунок 2.5).

Из анамнеза установлено, что у пациентов с первичным накостным остеосинтезом после операции не использовали внешнюю иммобилизацию.

Во всех 22 случаях была выполнена реконструкция сегмента по одному из трех разработанных способов (заявка №2006119595, бюллетень №36 от 27.12.07 г.;

патент RU 2555117 C1; патент RU 2577937 C1), которые будут подробно описаны в Главе 5.

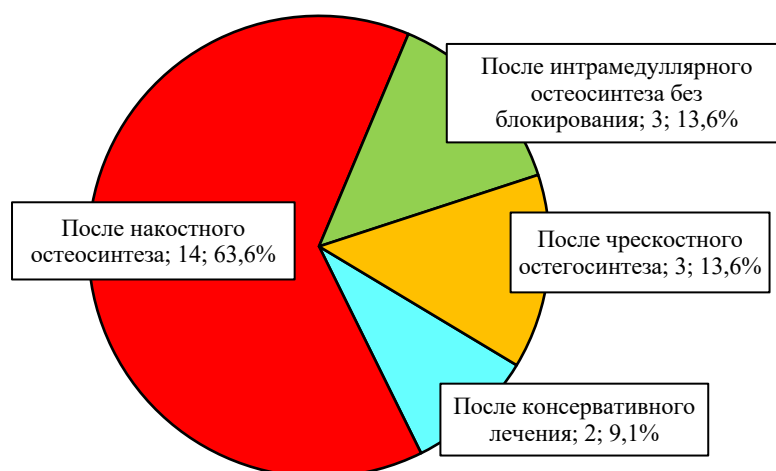


Рисунок 2.5 – Лечение, приведшее к неблагоприятным результатам

2.3. Методики обследования

При выполнении исследования использовали следующие методы: клинический, лучевые, лабораторные и инструментальные методы диагностики, статистический метод обработки полученных данных.

Клинико-лабораторное обследование. Клинический метод исследования являлся ведущим при первичном поступлении пострадавшего в стационар и дальнейшем динамическом наблюдении. Он включал: сбор жалоб и анамнеза, осмотр больного, осмотр и оценку места повреждения, степени повреждения тканей в случаях открытых переломов, регулярные осмотры конечности в послеоперационном периоде. При выяснении анамнеза уточняли механизм повреждения, время травмы и ее обстоятельства, проводимое ранее лечение. Особое внимание придавали травмам, полученным в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и падения с высоты, поскольку именно они, как правило, имеют характер высокоэнергетических и являются причинами тяжелых повреждений мягких тканей, а также сочетанных и множественных повреждений. Таких пациентов осматривали все специалисты «шоковой» бригады:

реаниматолог, травматолог, нейрохирург, хирург, уролог в условиях экстренной операционной [173].

При переломе костей предплечья оценивали:

- наличие деформации, патологической подвижности, костной крепитации отломков, болезненной пальпации; в сомнительных случаях наличия перелома проверяли болезненность при осевой нагрузке;
- состояние кожных покровов;
- наличие и распространенность ран; степень тяжести открытого перелома по классификации Gustilo – Andersen;
- пульсацию на магистральных артериях: *a. radialis* и *a. ulnaris*;
- периферические неврологические расстройства в поврежденном сегменте.

При открытых переломах III типа степень повреждения мягких тканей и границы их жизнеспособности определяли во время первичной хирургической обработки.

Открытые переломы фиксировали аппаратами АНФ. При этом на рану накладывали редкие швы, а при малейших сомнениях в жизнеспособности мягких тканей через 1–2 дня производили повторную хирургическую обработку раны с иссечением нежизнеспособных тканей и наложением вторичных швов.

В раннем посттравматическом и послеоперационном периодах проводили мониторинг состояния конечности на предмет развития компартмент-синдрома. В дальнейшем производили регулярный осмотр конечности, а также ран для оценки их состояния и течения репаративных процессов.

Всем пациентам при поступлении выполняли электрокардиографию и флюорографию легких, а также стандартный комплекс предоперационного лабораторного обследования, включающий клинический анализ крови, общий анализ мочи, биохимический анализ крови, реакцию Вассермана, коагулограмму, маркеры гепатитов HBsAg и HCV, группу крови и Rh-фактор.

При необходимости в комплекс обследования включали дополнительные исследования в соответствии с назначениями.

В случаях открытых переломов большое внимание уделяли обследованиям, отражающим процессы воспаления (уровень лейкоцитов и тромбоцитов крови, сдвиг лейкоцитарной формулы, уровень С-реактивного белка; в коагулограмме – фибриноген, время свертывания крови, протромбиновый индекс, международное нормализованное отношение (МНО). Имеющиеся сдвиги в первые 3 суток после травмы считали обусловленными травмой кости и мягких тканей и не расценивали как признаки инфекционного воспаления. Интерпретацию лабораторных показателей производили с учетом общих клинических данных и локальной картины местного течения заживления мягких тканей.

Оценка интенсивности боли. Показатель интенсивности боли измеряли, используя числовую рейтинговую шкалу для боли (Numeric rating Scale for pain, NRS), которая является цифровой версией визуально-аналоговой шкалы (ВАШ). Во время тестирования пациента просили выбрать число от 0 до 10, что соответствует его болевым ощущениям. Более высокий балл указывает на большую интенсивность боли. Указанные пациентом баллы интерпретировали следующим образом [337]: 0–0,4 – отсутствие боли, от 0,5 до 5 – умеренная боль, от 5,1 до 7,5 – выраженная боль, более 7,5 – очень сильная боль.

Рентгенография. Ведущее значение в диагностике переломов костей, в том числе и костей предплечья, принадлежит рентгенографическому исследованию, которое выполняли у всех пациентов как для диагностики переломов и предоперационного планирования, так и в процессе послеоперационного наблюдения.

- **Диагностика переломов.**

Исследование производили в стандартных укладках с захватом смежных суставов. На рентгенограммах определяли характер перелома в соответствии с классификацией АО/ОТА и наличие торцевого упора отломков, что имеет значение при планировании операции.

Для определения диаметра костномозгового канала и анатомических изгибов костей предплечья выполняли рентгенографию здорового предплечья с большого расстояния от излучателя до кассеты в двух проекциях: прямой в положении

полной супинации предплечья и строго боковой, причем при выполнении последней укладку производили таким образом, чтобы предплечье и плечо находились на одном уровне.

Чтобы избежать отличий при установке расстояния от излучателя до кассеты и, соответственно, получения изображения разных пропорций, применяли расстояние, максимально возможное на имеющемся в клинике рентгенодиагностическом телеуправляемом комплексе КРТ (производитель НИПК «Электрон»), которое составляло 150 см. С целью стандартизации проводимого исследования при рентгенографии мы использовали именно такое удаление излучателя, получая при этом изображение, увеличенное на 6–8% от истинного размера, в связи с чем при подборе стержня вычитали 1,5–2 см из полученной на рентгенограмме длины. Для более точного определения размеров костей (длина, диаметр костномозгового канала) можно использовать маркеры с известными данными (например, стандартный стержень Богданова длиной 250 мм), которые перед рентгенографией прикрепляли к предплечью на уровне кости лейкопластырем. После получения возможности фиксации изображения на цифровом носителе и внедрения цифровой обработки данных в программе «АрхиМед» мы смогли выполнять прецизионное измерение ширины костномозгового канала и необходимой длины стержня.

- Послеоперационное наблюдение.

Для динамического контроля за положением костных отломков и фиксаторов выполняли рентгенографию непосредственно после операции, а также через 1, 3, 6 и 12 мес. после хирургического вмешательства, оценивая соотношение костных отломков, а также степень консолидации перелома.

- Компьютерная томография (КТ).

В трех случаях при оскольчатых переломах для более точной диагностики пространственного положения отломков (прежде всего, для уточнения характера ротационной деформации в ходе предоперационного планирования) выполнили КТ поврежденного предплечья с 3D-реконструкцией. В остальных случаях

рентгенография явилась достаточным исследованием для принятия обоснованного решения о характере переломов и лечебной тактике.

- **Интраоперационная рентгеноскопия.**

В соответствии с технологией современного остеосинтеза, интраоперационно проводили этапный рентгеноскопический контроль положения костных отломков и фиксатора с использованием мобильной рентгенохирургической системы (система рентгенохирургическая телеуправляемая (СРТ), типа С-дуга, производитель НИПК «Электрон»), именуемой в профессиональной среде электронно-оптическим преобразователем (ЭОП) на всех ключевых этапах операции [80]. Особое значение придавали достижению полноценной репозиции и выполнению адекватного блокирования стержня. Лучевая нагрузка при использовании СРТ достаточно низкая, в 2–3 метрах от излучателя отмечался фоновый уровень радиации, чему способствовало использование импульсного режима работы СРТ и снижение времени экспозиции за счет управления излучением (включение/выключение) оператором при помощи ножного привода.

Объективная оценка функционального результата. При изучении функционального результата определяли прежде всего ротационную функцию предплечья, а также обращали внимание на функцию лучезапястного и локтевого суставов. Для этого сравнивали амплитуду движений с контралатеральной («здоровой») стороной. При определении ротационной функции предплечья пациента просили зажать в каждой кисти длинный предмет длиной около 25 см и ротировать одновременно оба предплечья внутрь и наружу. При наличии разницы в амплитуде ротационных движений транспортиром определяли разницу в градусах и делали соответствующий вывод о наличии, степени выраженности и значимости ротационной контрактуры.

Функционально значимым нарушением считали потерю пронации или супинации более, чем на 50%. Потеря менее 50% пронации или супинации, судя по результатам заполнения пациентами шкал-опросников, не воспринимается пациентом как значительное ограничение ротации.

Субъективная оценка функционального результата. Для субъективной оценки функциональных результатов применяли международную шкалу DASH (The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) [287, 450]. Этот опросник касается состояния поврежденной верхней конечности, а также ее способности воспроизвести определенные действия. Опросник содержит 30 вопросов, на каждый из которых пациент отвечает по 5-балльной шкале. Кроме этого, имеется два дополнительных раздела для работающих пациентов, а также для спортсменов и музыкантов, которые включают по 4 вопроса (Приложение А).

Результаты, полученные по шкале DASH, интерпретировали следующим образом:

- отличный и хороший результат – от 0 до 20 баллов;
- удовлетворительный – от 21 до 50 баллов;
- неудовлетворительный – более 50 баллов.

2.4. Статистические методы

При статистической обработке данных использовали метод определения достоверности полученных данных (m средней, m показателя). При M (средней) или P (показателе) больше $3m$ с надежностью 99,9% полученный результат считали достоверным (риск ошибки $p < 0,001$). Определяли существенность различий средних (M) и показателей (P). При критерии достоверности $t \geq 2,5$ с надежностью 99% различия признавали статистически значимыми (риск ошибки $p < 0,01$).

Ошибку средней (m) вычисляли по амплитуде вариант с использованием таблицы Ермолаевой:

$$m = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V},$$

где V – варианты, V – табличное число, зависящее от числа наблюдений.

Ошибку показателя (%) вычисляли по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{P \cdot (100 - P)}{n}},$$

где P – показатель, n – число наблюдений.

Полученные цифровые данные подвергали статистической обработке с использованием пакета прикладных статистических программ SPSS 13.0 for Windows (SPSS Inc. Chicago, IL).

Учитывая дихотомический тип данных при анализе по признакам сращения переломов, наличие осложнений, данные показатели описывали в виде долей в процентах с расчетом его ошибки [19, 30, 31, 108]. Поскольку результаты по шкалам ВАШ и DASH определяются в баллах, определяли среднюю с расчетом ее ошибки. Для сравнения различных методов остеосинтеза по параметру сращения, оценке по шкале DASH, наличие осложнений определяли различия средних и показателей.

Различия средних определяли по формуле:

$$t = \frac{M1-M2}{\sqrt{m1^2+m2^2}}.$$

Различия показателей определяли по формуле:

$$t = \frac{P1-P2}{\sqrt{m1^2+m2^2}}.$$

ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВАРИАНТОВ ОСТЕОСИНТЕЗА ДИАФИЗАРНОГО ПЕРЕЛОМА ЛУЧЕВОЙ КОСТИ

Анализируя научную литературу и исходя из практики собственных наблюдений, мы пришли к выводу о том, что наиболее распространенным способом фиксации отломков костей предплечья является кортикальный остеосинтез различными типами пластин. Другие виды остеосинтеза при указанных повреждениях имеют довольно ограниченное применение. Дискутабельным остается вопрос о необходимости послеоперационной иммобилизации сегмента, так как это способствует развитию постиммобилизационных контрактур и может существенно осложнить и продлить период послеоперационной реабилитации. С другой стороны, при отказе от дополнительной внешней иммобилизации порой приходится констатировать нестабильность кортикального остеосинтеза в виде расшатывания винтов и даже перелома пластины с образованием ложного сустава. Какие же силы возникают при ротационных движениях предплечья, приводящие к вышеуказанным осложнениям, и насколько необходима послеоперационная иммобилизация, чтобы их избежать [151, 312]?

Чтобы получить ответы на эти вопросы, мы выполнили эксперимент, имеющий целью провести сравнительную оценку кортикального и блокируемого остеосинтеза отломков лучевой кости, так как именно эта кость играет ведущую роль в реализации ротационной функции предплечья. Работа была выполнена совместно с сотрудниками кафедры математического и компьютерного моделирования ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» к.ф.-м.н., доцентом Кирилловой Ириной Васильевной и к.ф.-м.н., доцентом Крыловой Екатериной Юрьевной.

3.1. Материалы и методы

Для проведения биомеханического эксперимента в качестве исходных данных были использованы результаты КТ здорового предплечья пациента Л., 20 лет, история болезни № 14514, в виде срезов, сделанных с шагом 0,5 мм. Для реконструкции трехмерной геометрической модели локтевой и лучевой костей данные КТ в формате DICOM были импортированы в программное обеспечение Mimics. Для инициации пикселей, соответствующих кортикальному слою костей, был выбран диапазон серого цвета Bone (СТ). Соответствие полученной фигуры кортикальному слою костей проверяли послойно и редактировали с помощью опций Draw и Erase. Полученные трехмерные модели были импортированы в программный пакет Materialise 3-Matic, где сглаживались путем применения функции Smoothing. Обработанные тела локтевой и лучевой кости экспортировали в формат STEP и импортировали в ANSYS 19.2.

Кортикальная пластина, винты к ней и стержень моделировали в системе автоматизированного проектирования SolidWorks, после чего также импортировали в проект ANSYS. Кольцевидную связку моделировали в Design Modeler ANSYS.

Мы рассматривали случай диафизарного перелома лучевой кости в месте ее наибольшей кривизны. В Workbench лучевая кость была «пересечена», имитируя перелом. Кортикальную пластину, стержень и винты позиционировали на лучевую кость также в Workbench.

Для оценки напряженно деформированного состояния костей предплечья с установленными металлоконструкциями были решены задачи статики упругого тела. Все тела приняты однородными, линейно-упругими, изотропными и для каждого заданы механические свойства — модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Кортикальная костная ткань: модуль Юнга – 1800 МПа, коэффициент Пуассона – 0,3 [212]; материал стержня, пластины и винтов Ti-6Al-7Nb модуль Юнга – 105000 МПа, коэффициент Пуассона – 0,32 [120], кольцевидная связка: модуль Юнга – 366 МПа, коэффициент Пуассона – 0,499 [212].

Кости предплечья рассматривали в состоянии супинации, локтевой сустав – в положении сгибания под углом 90° .

Межкостную мембрану моделировали в конечно-элементном пакете ANSYS 19.2 в виде одномерных объектов типа Spring между локтевой и лучевой костью.

Места крепления элементов выбраны согласно А.И. Капанджи – всего 5 тяжей, каждый из которых моделируется 3–4 пружинными элементами [53]. Модуль Юнга мембраны – 135,29 МПа, коэффициент Пуассона – 0,3, толщина мембраны – 1,5 мм [454]. Для расчета жесткости пружин использовали формулу:

$$C = \frac{2Eh}{1-\nu^2},$$

где E – модуль Юнга, ν – коэффициент Пуассона, h – толщина мембраны.

Граничные условия

Локтевая кость жестко закреплена на обоих концах. Перемещения проксимального конца лучевой кости ограничены кольцевидной связкой. Для моделирования движения «пронация–супинация» задан поворот относительно оси, проходящей через центр проксимальной головки лучевой кости, и центр дистальной головки локтевой кости. Данная ось соответствует оси поворота лучевой кости относительно локтевой [53]. Дистальный конец лучевой кости соединен шарниром (Revolute Joint) с центром дистального конца локтевой кости. Для моделирования движения «пронация–супинация» задан Joint–Rotation, основанный на шарнирном соединении (Рисунок 3.1).

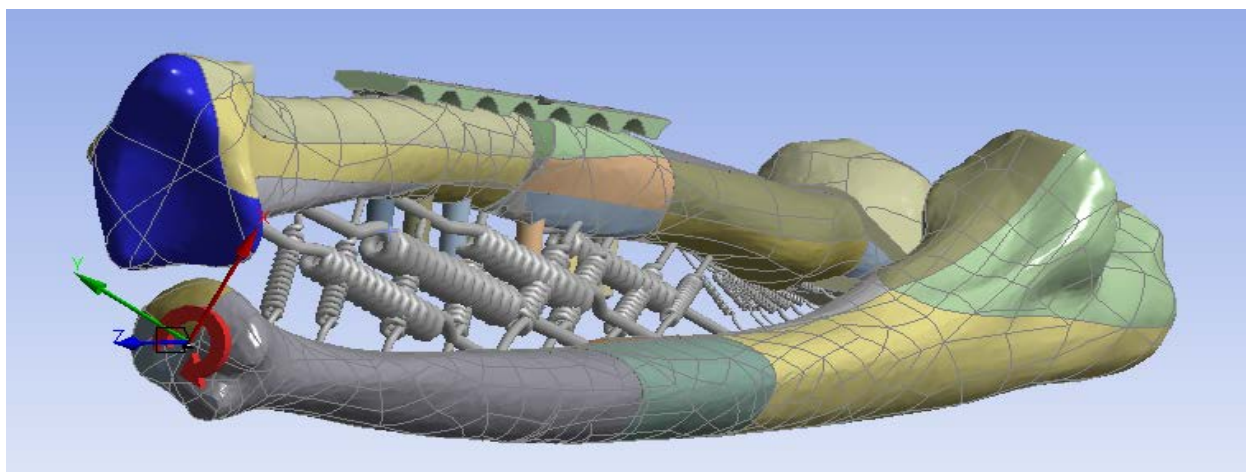


Рисунок 3.1 – Граничные условия на дистальном конце модели

Цель и задачи эксперимента

Целью работы был сравнительный анализ прочностных характеристик остеосинтеза лучевой кости, выполненного двумя различными методами: кортикальный остеосинтез пластиной и интрамедуллярный остеосинтез блокируемым стержнем.

1. Кортикальный остеосинтез пластиной

Моделировали остеосинтез пластиной LCP на 7 отверстий, материал пластины Ti-6Al-7Nb. Исследовали напряженно деформируемое состояние системы кость-пластина в процессе изменения положения костей предплечья (пронация-супинация) в случаях: а) межкостной компрессии стягивающим винтом (Рисунок 3.2) и б) отсутствия межкостной компрессии.

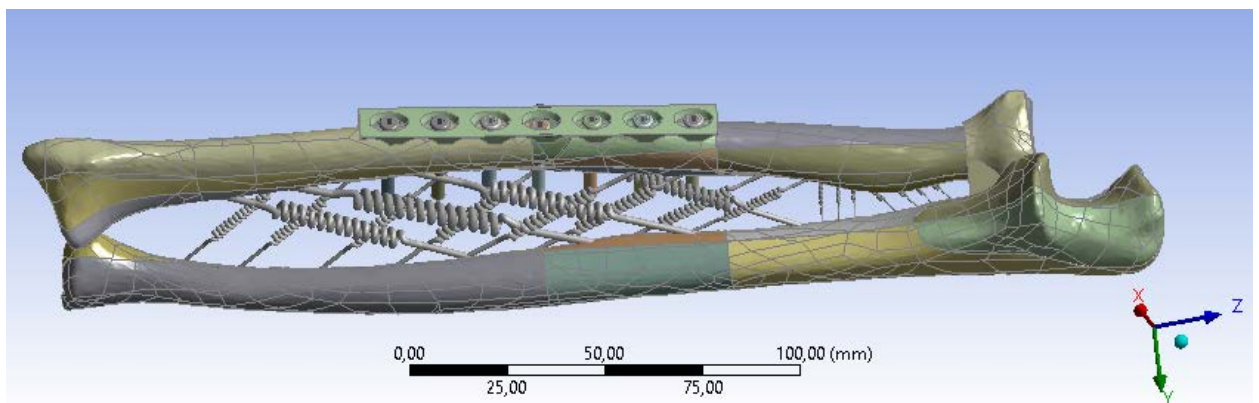


Рисунок 3.2 – Кости предплечья с установленной кортикальной пластиной в случае межкостной компрессии стягивающим винтом

2. Интрамедуллярный остеосинтез блокируемым стержнем

Моделировали остеосинтез стержнем (материал Ti-6Al-7Nb). Исследовали напряженно деформируемое состояние системы кость-стержень в процессе изменения положения костей предплечья (пронация-супинация) (Рисунок 3.3).

Для расчета по результатам анализа сеточной сходимости во всех задачах был использован размер сеточного элемента 2 мм. Метод разбиения – Tetrahedrons. Рассматривали напряжения и деформации по Мизесу.

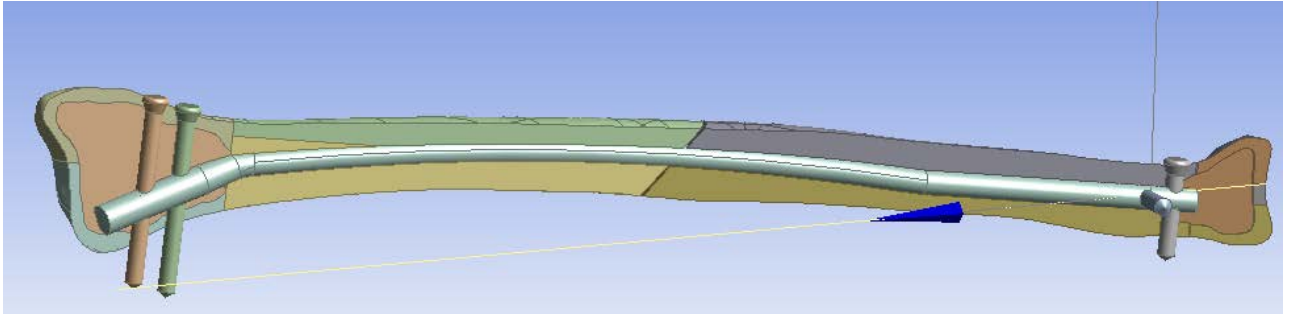


Рисунок 3.3 – Схема в разрезе установки в лучевую кость предварительно изогнутого стержня

Верификация модели

К костям предплечья были приложены силы, соответствующие действию следующих мышц [246]:

- Длинная мышца, отводящая большой палец (APL) – 138,2 Н;
- Двуглавая мышца плеча (BB) – 302,2 Н;
- Плечевая мышца (BRA) – 97,1 Н;
- Плечелучевая мышца (BRAR) – 40,8 Н;
- Собственный разгибатель указательного пальца (EIP) – 19,3 Н;
- Длинная мышца, разгибающая большой палец (EPL) – 20,3 Н;
- Квадратный пронатор (PQ) – 53,4 Н;
- Круглый пронатор (PT) – 58,2 Н;
- Супинатор (SUP) – 210,2 Н.

Кроме этого, были приложены силы, моделирующие действие латеральной и медиальной связок локтевого сустава (40 Н) [219] и груза в 5 кг. Места приложения сил и их направления взяты из литературы [53].

В случае не рассеченной кости максимальное значение напряжений в костях предплечья при приложении этих сил не превышало 40,903 МПа, что хорошо согласуется с данными, полученными авторами работы [46, 325] (Рисунок 3.4), что подтверждает корректность построенной модели. Максимальное перемещение элементов модели составляло 0,05 мм.

Без учета действия межкостной мембраны максимальное значение напряжений в костях предплечья составило 123 МПа, максимальное перемещение модели – 1,9 мм.

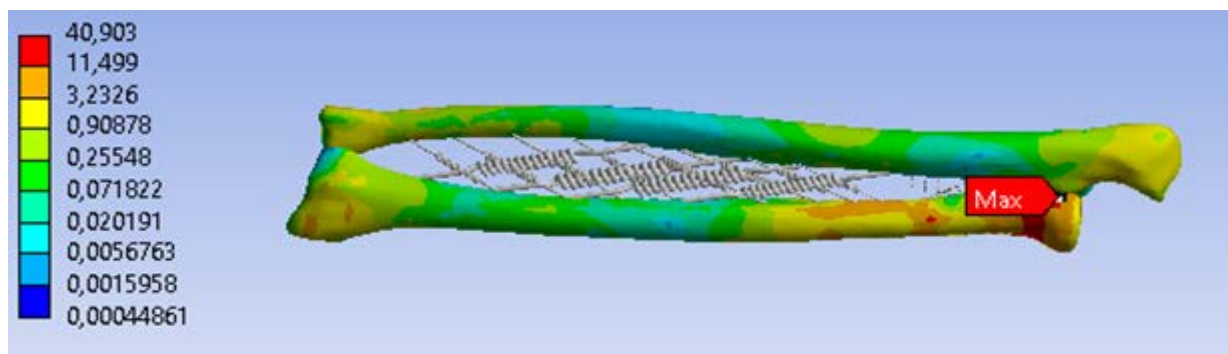


Рисунок 3.4 – Распределение напряжений на костях предплечья с учетом межкостной мембраны

Таким образом, построенную модель можно считать корректной, что позволяет проводить на ее основе дальнейшие исследования. Межкостная мембрана оказывает существенное влияние на напряженно-деформированное состояние костей предплечья. Следовательно, при моделировании состояния системы кость-пластина или кость-стержень в процессе изменения положения костей предплечья действие межкостной мембраны следует учитывать.

Кривая усталости сплава Ti-6Al-7Nb

Для анализа результатов экспериментов использовали кривую усталости сплава Ti-6Al-7Nb [123] (Рисунок 3.5). По горизонтали отложено количество циклов нагружения до разрушения материала. По вертикали отложены значения максимальных напряжений, возникающих в материале при его нагружении.

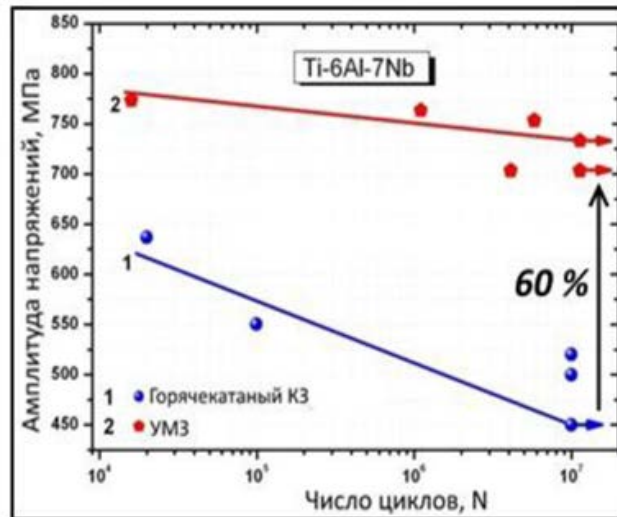


Рисунок 3.5 – Кривые усталости сплава Ti-6Al-7Nb в горячекатаном и ультрамелкозернистом состояниях

Результаты усталостных испытаний при симметричном цикле нагружения показали, что ультрамелкозернистая структура в сплаве Ti-6Al-7Nb приводит к повышению предела выносливости на $\sim 60\%$ по сравнению с его крупнозернистым аналогом (710 и 450 МПа на базе 107 циклов). При этом ограниченная долговечность на сравнимых уровнях напряжений увеличивается более, чем на порядок [123].

3.2. Моделирование остеосинтеза кортикальной пластиной (эксперименты №№ 1–7)

Лучевая кость была «пересечена» в области своей максимальной кривизны. В дальнейших расчетах будут анализироваться значения эквивалентных напряжений по Мизесу.

При фиксации пластины усилие при закручивании винтов соответствовало 200 Н, что составляет треть от предела прочности кортикальной кости, исходя из формулы: $\sigma_B = \frac{4F}{d^2\pi}$, где F – сила преднатяжения, d – диаметр винтов, σ_B – предел прочности кортикальной кости 117–132 МПа [152].

После фиксации пластины выполняли ротацию предплечья (супинацию, пронацию) с целью выявления и расчета напряжений в системе металл-кость.

Эксперимент 1

Кортикальная пластина закреплена 6 винтами так, как показано на Рисунке 3.2. Из нейтрального положения моделировали поворот на 20° в состояние супинации.

Распределение напряжений на костях предплечья, винтах, фиксирующих пластину и самой пластине приведены на Рисунках 3.6–3.8.

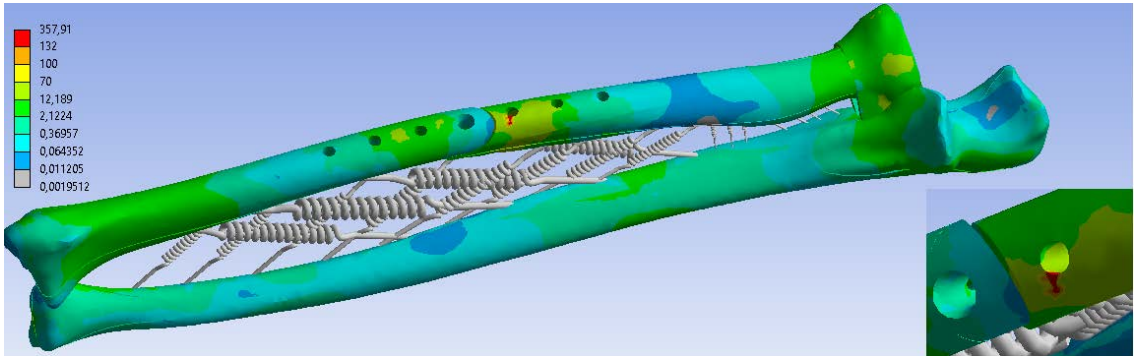


Рисунок 3.6 – Распределение напряжений на костях предплечья без межкостной компрессии (супинация)

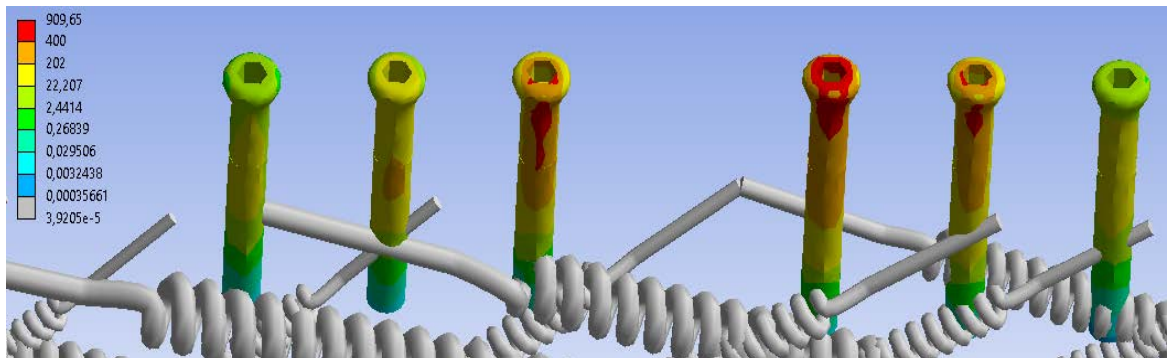


Рисунок 3.7 – Распределение напряжений на винтах, фиксирующих пластину, без межкостной компрессии (супинация)

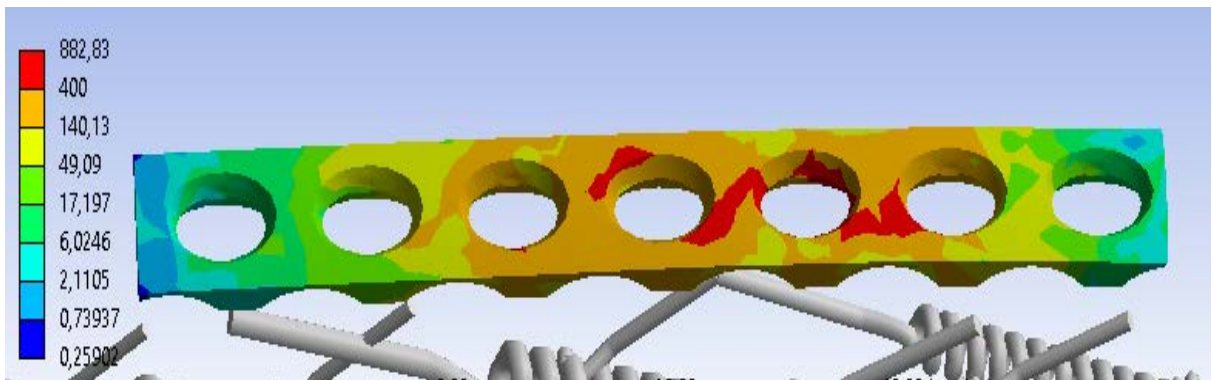


Рисунок 3.8 – Распределение напряжений на пластине без межкостной компрессии (супинация)

В процессе поворота в положение супинации, в месте ближайших к перелому винтов на поверхности кости образуются незначительные области высоких напряжений, что указывает на вероятность разрушения кости (скалывания). В остальных областях значения напряжений не превышают 50 МПа, что в два раза меньше предела прочности костной ткани [152]. На Рисунке 3.6 видно, что в процессе поворота отломки стремятся сместиться друг относительно друга.

На винтах, фиксирующих пластину, максимальные значения напряжений (909 МПа) не превышают предела прочности титана на изгиб (1005 МПа) (Рисунок 3.7) [199]. Зоны высоких напряжений (>400 МПа) расположены на поверхности верхних частей ближайших к перелому винтов. Несмотря на то, что кривая усталости сплава Ti-6Al-7Nb, представленная на Рисунке 3.5, показывает, что при подобных циклических нагружениях материал в горячекатанном состоянии через 10^7 циклов нагружения начнет разрушаться, при подобном режиме нагружения винты сохраняют целостность, так как области высоких напряжений сконцентрированы лишь на их поверхности.

На кортикальной пластине зоны высоких напряжений (>400 МПа) располагаются на поверхности пластины над переломом и в области крепления пластины ближайшим к перелому винтом на проксимальном отломке кости (Рисунок 3.8). При таких условиях нагружения разрушения пластины не произойдет даже в случае использования крупнозернистого сплава титана.

Эксперимент 2

Кортикальная пластина закреплена 6 винтами так, как показано на Рисунке 3.2. Из нейтрального положения моделировали поворот на 20° в положение **пронации**.

Распределение напряжений на костях предплечья, винтах, фиксирующих пластину, и самой пластине приведены на Рисунках 3.9–3.11.

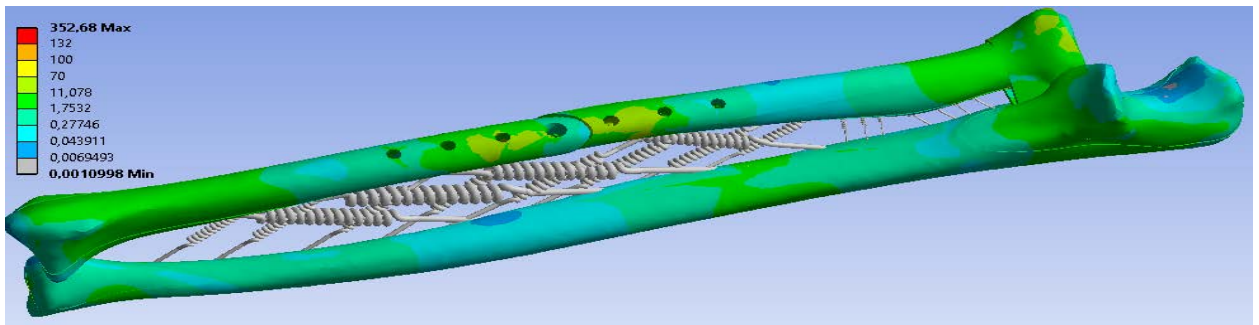


Рисунок 3.9 – Распределение напряжений на костях предплечья без межкостной компрессии (пронация)

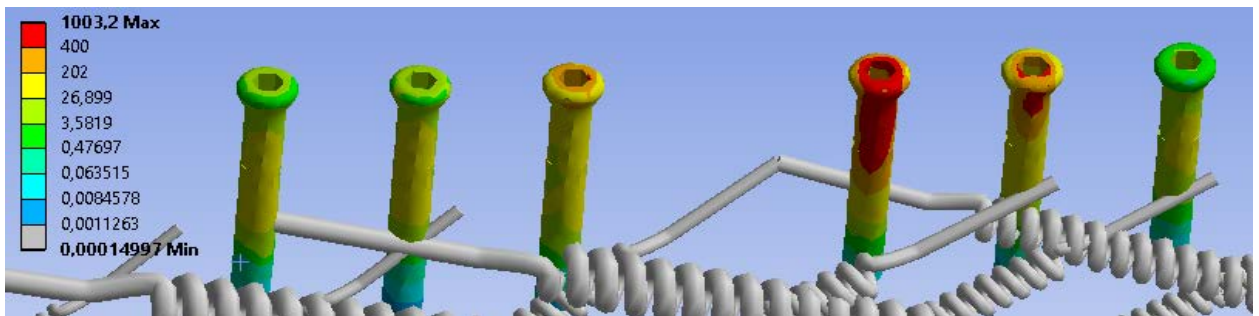


Рисунок 3.10 – Распределение напряжений на винтах, фиксирующих пластину, без межкостной компрессии (пронация)

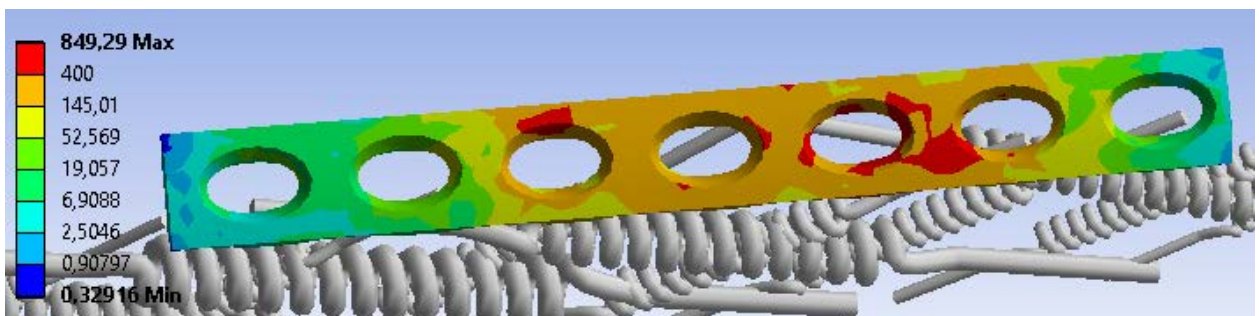


Рисунок 3.11 – Распределение напряжений на пластине без межкостной компрессии (пронация)

На кости незначительные области высоких напряжений расположены в зонах выхода из кости винтов, ближайших к перелому. При ротации отломки лучевой кости стремятся к смещению друг относительно друга. Распределение напряжений на винтах, фиксирующих пластину, аналогично эксперименту 1, но значение максимальных напряжений на 10% больше. Области высоких напряжений на пластине концентрируются на поверхности пластины вокруг отверстий, через которые проходят ближайšie к зоне перелома винты. Разрушения фиксирующих

винтов и пластины при таких условиях работы не произойдет даже в случае использования крупнозернистого сплава титана.

Эксперимент 3

Дополнительно проведено моделирование межкостной компрессии **стягивающим винтом**. Кортикальная пластина закреплена 6 винтами так, как показано на Рисунке 3.2. Из нейтрального положения моделировали поворот на 20° , стремящийся привести кости в положение пронации.

Распределение напряжений на костях предплечья, винтах, фиксирующих пластину, и самой пластине приведены на Рисунках 3.12–3.14.

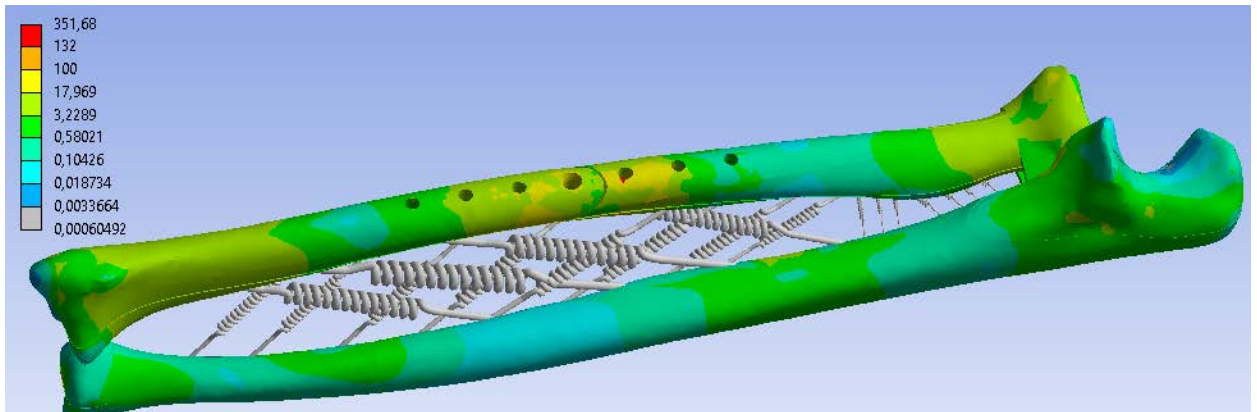


Рисунок 3.12 – Распределение напряжений на костях предплечья с межкостной компрессией (пронация)

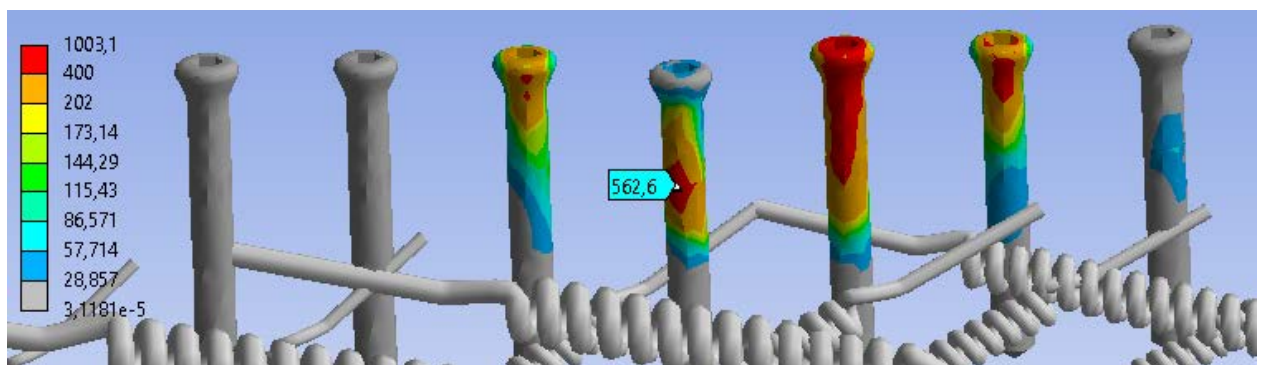


Рисунок 3.13 – Распределение напряжений на винтах, фиксирующих пластину, с межкостной компрессией (пронация)

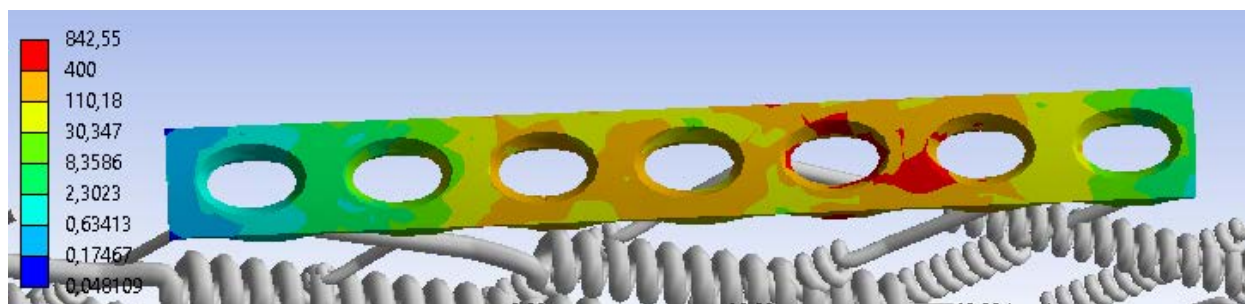


Рисунок 3.14 – Распределение напряжений на пластине с межкостной компрессией (пронация)

Картина распределения напряжений на костях не поменялась. Однако при таком способе фиксации отломки не смещаются друг относительно друга. На поверхности центральной части стягивающего винта возникает область высоких напряжений (> 400 МПа). Два дальних от перелома винта на дистальном отломке не берут на себя нагрузки – так же, как и дальний от перелома винт на проксимальном отломке. Областей с высокими значениями напряжений на пластине над областью перелома нет. Разрушения фиксирующих винтов и пластины при таких условиях работы не произойдет даже в случае использования крупнозернистого сплава титана.

Эксперимент 4

Кортикальная пластина закреплена **4 винтами** так, как показано на Рисунке 3.15. Моделирование межкостной компрессии стягивающим винтом не проводили. Из нейтрального положения моделировали поворот на 20° в положение пронации.

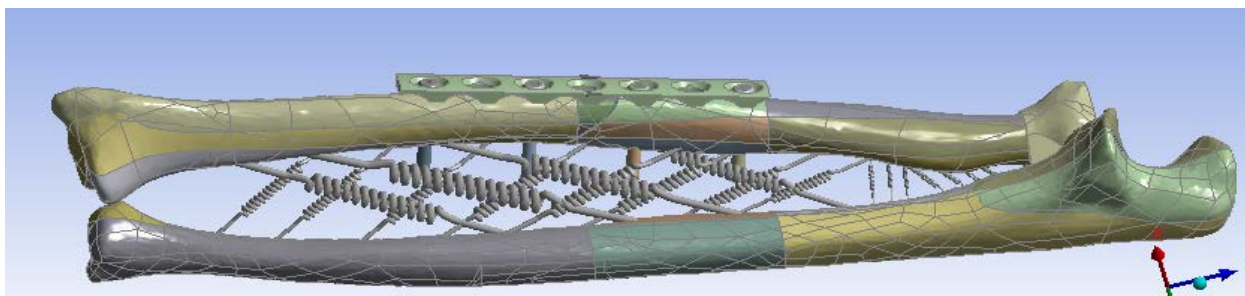


Рисунок 3.15 – Фиксация пластины четырьмя винтами без компрессии

Данные этого эксперимента близки к результатам эксперимента 2 (6 винтов без компрессии). Высокие напряжения (>400 МПа) на пластине сконцентрированы в области над переломом, распространяются не по всей толщине пластины. Отломки стремятся сместиться друг относительно друга. При данных параметрах нагружения ни пластина, ни винты сломаться не должны.

Эксперимент 5

Аналогичен эксперименту 1 (6 винтов без межкостной компрессии), **поворот 40°** .

Распределение напряжений на костях предплечья по сравнению с результатами эксперимента 1 не изменилось.

Зона высоких напряжений на пластине сконцентрирована над областью перелома и распространяется практически по всей толщине пластины (среднее значение напряжений в области 550 МПа) (Рисунок 3.16).

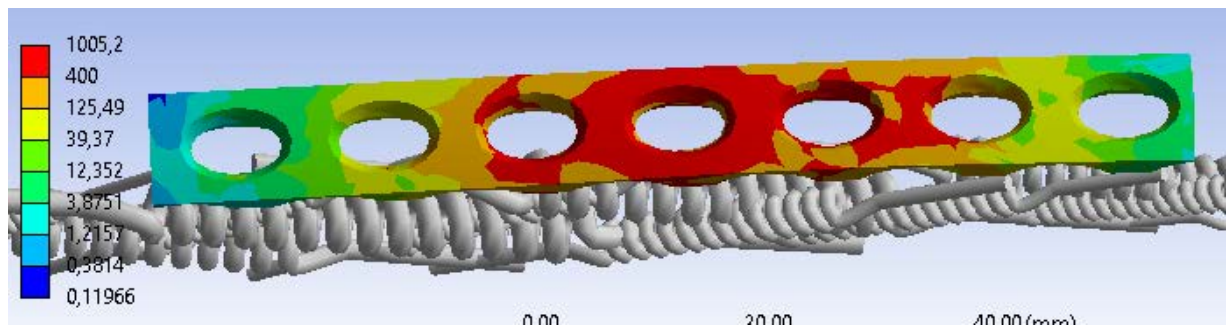


Рисунок 3.16 – Распределение напряжений на пластине при повороте на 40° без компрессии (супинация)

Максимальные значения напряжений на винтах увеличились с 909 МПа до 1002 МПа (10%). Области высоких напряжений на винтах увеличились в размерах, но не распространились на всю толщину винтов (Рисунок 3.17).

Следуя данным кривой усталости сплава Ti-6Al-7Nb, можно сделать вывод, что винты при таких условиях нагружения сохранят свою целостность, а пластина может сломаться после 10^7 циклов нагружения в случае горячекатанного сплава титана.

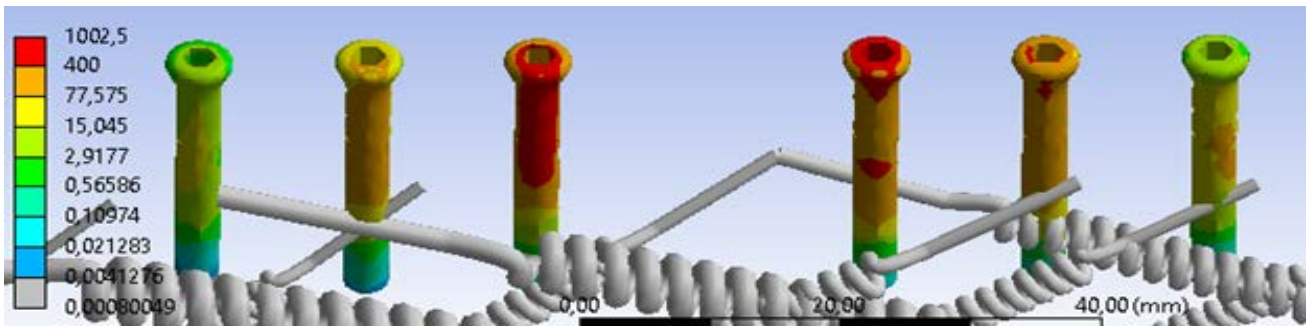


Рисунок 3.17 – Распределение напряжений на винтах при повороте на 40° без компрессии (супинация)

Эксперимент 6

Аналогичен эксперименту 1 (6 винтов без межкостной компрессии), **поворот 60°.**

Области высоких напряжений (>800 МПа) сконцентрированы над переломом на нижней и верхней поверхностях пластины, они не распространяются по всей толщине пластины. Значения максимальных напряжений (1131 МПа) превышают предел прочности титана на 12%. Однако область, где напряжения превышают значение 1005 Мпа, незначительны и расположены на верхней поверхности пластины над переломом. Область высоких напряжений на пластине (> 400 МПа, < 800 МПа) охватывает зону над переломом и ближайšie к перелому отверстия по одному с каждой стороны. Высокие напряжения в данной области сконцентрированы по всей толщине пластины (Рисунок 3.18).

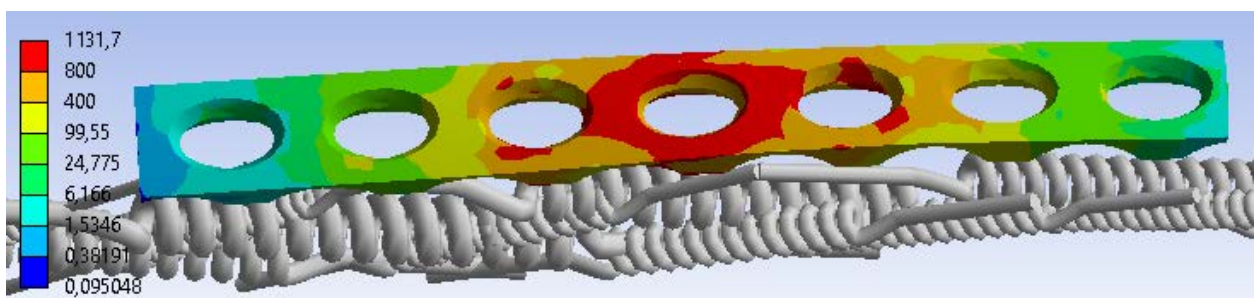


Рисунок 3.18 – Распределение напряжений на пластине при повороте на 60° (супинация)

Максимальное значение напряжений на поверхности винтов составляет 1063 МПа, что превышает предел прочности материала винтов на 6%. Размеры областей, где превышен предел прочности, незначительны и располагаются на

поверхности винтов. Области высоких напряжений (> 400 МПа, < 800 МПа) сконцентрированы в верхних частях ближайших к перелому винтов и распространяются на всю толщину винтов (Рисунок 3.19).

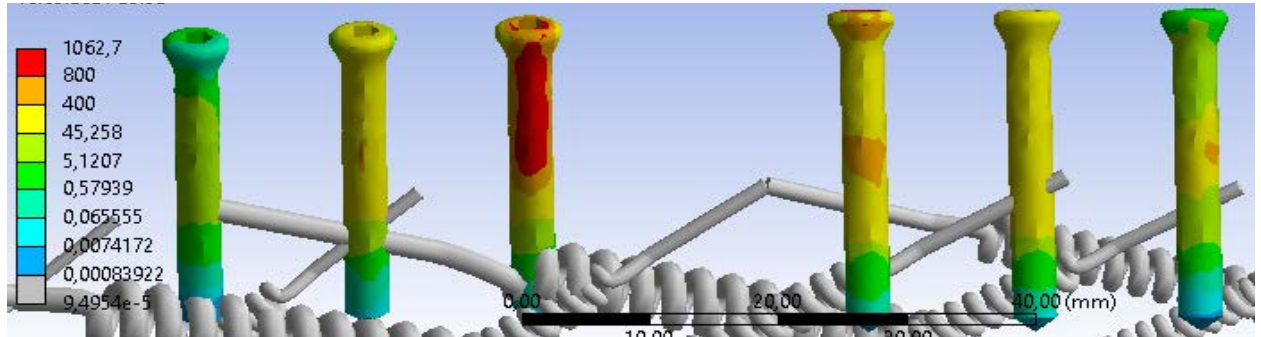


Рисунок 3.19 – Распределение напряжений на винтах при повороте на 60° (супинация)

При таких условиях нагружения и пластина и винты могут разрушиться после 10^5 циклов нагружения в случае горячекатанного сплава титана и после 10^7 циклов нагружения в случае ультрамелкозернистого сплава титана.

Эксперимент 7

Аналогичен эксперименту 3 (6 винтов с межкостной компрессией), **поворот 60° .**

Несмотря на то, что максимальное значение напряжений на пластине на 2% выше предела прочности титана, пластина при таких условиях нагружения не должна разрушиться. Области напряжений выше 800 МПа практически не видны. Области высоких напряжений (> 400 МПа, < 800 МПа) сконцентрированы вокруг отверстия пластины, расположенного над переломом и вокруг ближайшего к нему отверстия на проксимальном отломке. Высокие напряжения в этих областях не распространяются по всей толщине пластины и, следовательно, не должны привести к ее разрушению (Рисунок 3.20).

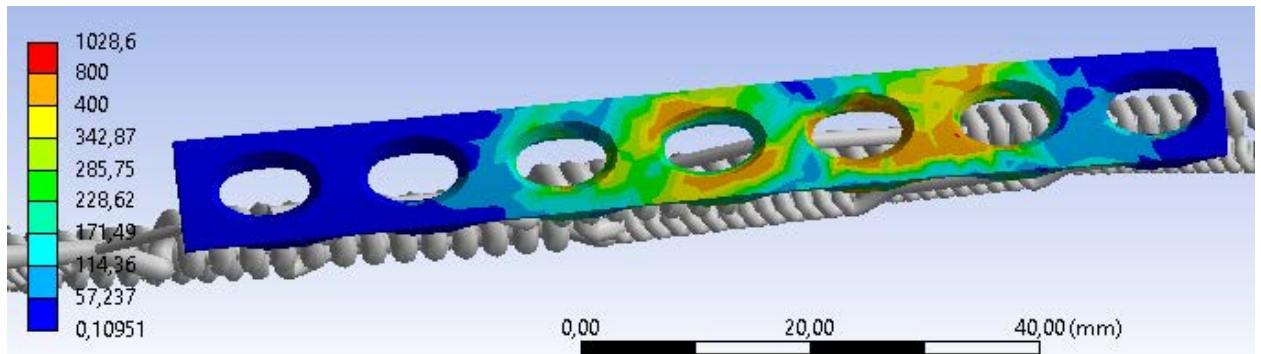


Рисунок 3.20 – Распределение напряжений на пластине при повороте на 60° (супинация)

На компрессионном винте в центральной части есть область, где значения напряжений значительно превышают предел прочности материала винта (37%). Области высоких напряжений (> 400 МПа, < 800 МПа) расположены в верхней половине компрессионного винта и распространяются на всю его толщину (Рисунок 3.21).

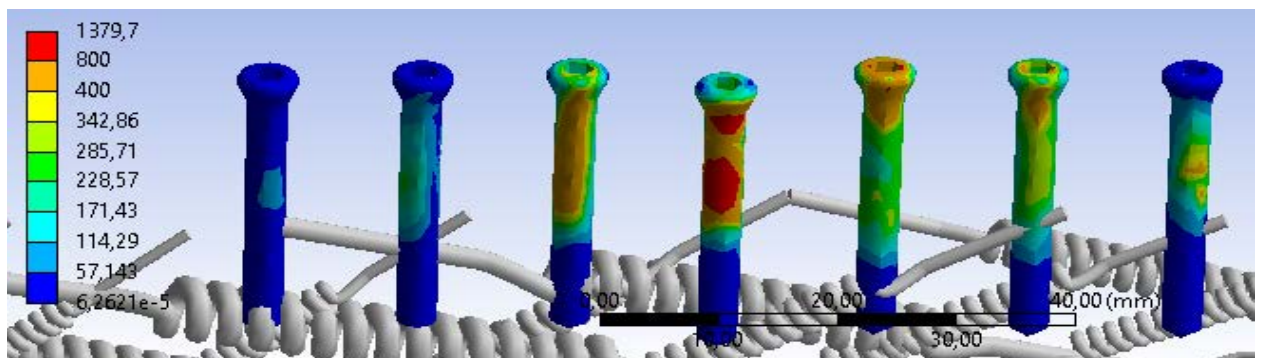


Рисунок 3.21 – Распределение напряжений на винтах при повороте на 60° (супинация)

Данный результат говорит о том, что есть высокая вероятность разрушения компрессионного винта как в случае горячекатанного, так и в случае ультрамелкозернистого сплава титана, что приведет к переходу напряжений на пластину (эксперимент б) и ее разрушению.

Дальнейшее увеличение амплитуды движения пронация-супинация приводит к расширению областей высоких напряжений (> 800 МПа) и повышению значений максимальных напряжений как на винтах, так и на пластине, что свидетельствует о том, что фиксирующая конструкция при данных условиях

нагрузки не сохранит своей целостности как в случае горячекатанного, так и в случае ультрамелкозернистого сплава титана.

Резюме (эксперименты 1–7)

Полученные результаты говорят о следующем:

- движения «пронация-супинация» с амплитудой от $\pm 40^\circ$ могут привести к разрушению фиксирующей конструкции;
- движения «пронация-супинация» с амплитудой $\pm 60^\circ$ от нейтрального положения через 10^7 циклов нагружения приведут к разрушению фиксирующей конструкции с высокой долей вероятности;
- отсутствие компрессионного винта при движении «пронация-супинация» позволяет отломкам лучевой кости смещаться друг относительно друга, что может препятствовать консолидации перелома.

3.3. Моделирование остеосинтеза стержнем (эксперименты №№ 8–11)

При диафизарном переломе лучевой кости предварительно изогнутый в соответствии с кривизной лучевой кости стержень был позиционирован на модель кости средствами DesignModeler Workbench и закреплен в дистальной и проксимальной части лучевой кости 4 винтами, по 2 с каждой стороны. Схема установки данной фиксирующей конструкции приведена на Рисунке 3.3.

Эксперимент 8

Из нейтрального положения моделировали **поворот на 20°** в положение пронации.

Максимальные значения напряжений на костях предплечья не превосходят 40 МПа, что более чем в 2 раза меньше предела прочности костной ткани. Стоит отметить проксимальную область лучевой кости, в которую фиксировались винты. В данной области имеется зона концентраций напряжений 25 МПа (Рисунок 3.22).

Такой способ фиксации предотвращает смещение отломков друг относительно друга.

На Рисунке 3.23 можно видеть равномерное распределение напряжений по длине стержня в диапазоне 120–160 МПа. Имеется незначительная область концентрации напряжений около 300 Мпа, расположенная в зоне перелома.

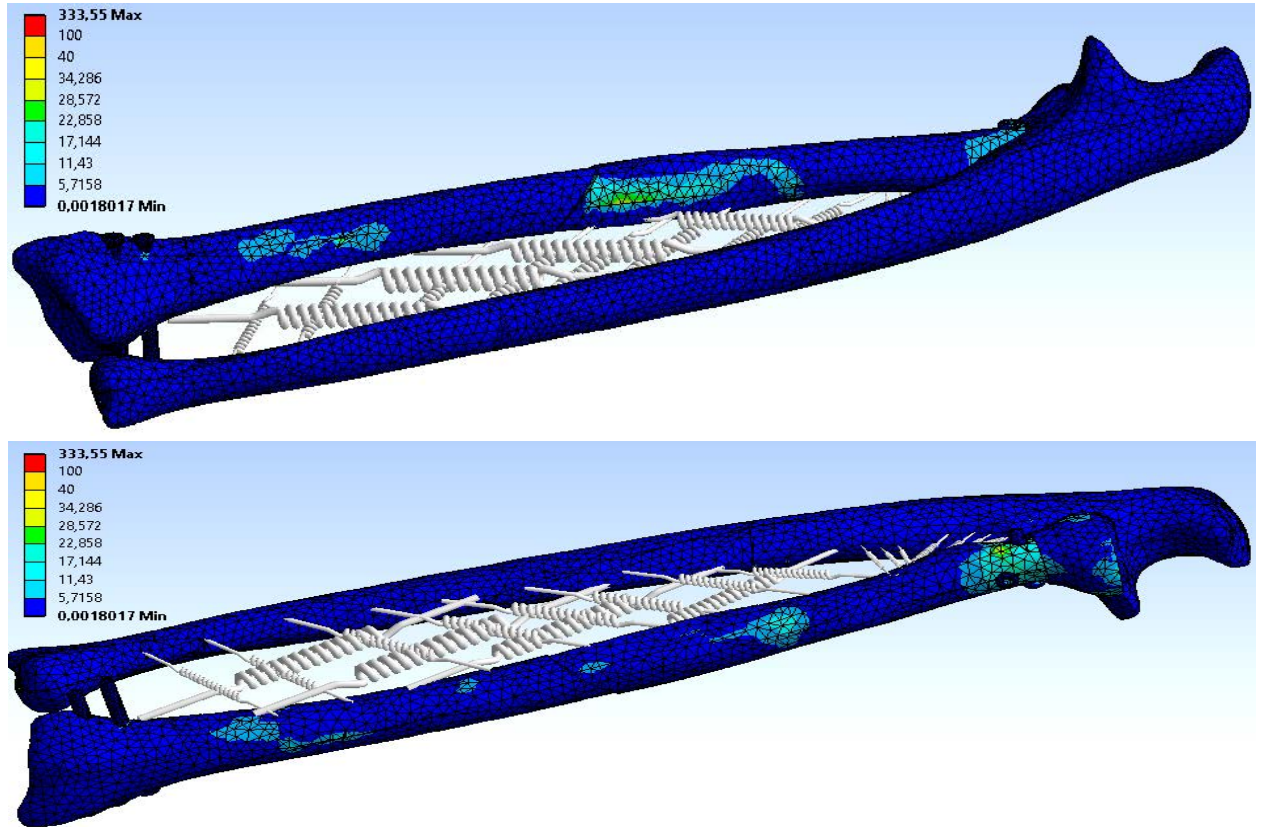


Рисунок 3.22 – Распределение напряжений на кости при повороте на 20°

Напряженно-деформируемое состояние стержня и кривые усталости материала стержня показывают, что при таком режиме работы конструкция сохранит целостность.

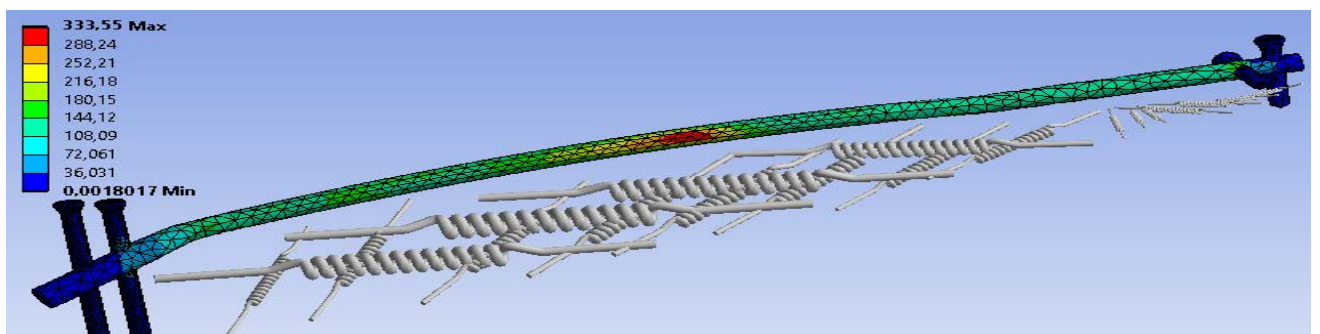


Рисунок 3.23 – Распределение напряжений на стержне и винтах при повороте на 20° (пронация)

Эксперимент 9

Из нейтрального положения моделировали **поворот на 40°** в положение пронации.

На костях предплечья распределение напряжений остаются аналогичными эксперименту 8. Однако, значения напряжений в проксимальной области лучевой кости (области крепления винтов) повышаются с 25 МПа (поворот 20°) до 35 МПа.

На Рисунке 3.24 можно видеть равномерное распределение напряжений по длине стержня в диапазоне 240–290 МПа, что на 55% выше, чем в случае поворота на 20°. Имеется область концентрации напряжений со средними значениями 500 Мпа, расположенная в зоне перелома с максимумом напряжений – 648 МПа. Область располагается на поверхности стержня, не распространяясь по его толщине. В то же время, напряженно-деформируемое состояние стержня и кривые усталости материала стержня показывают, что при таком режиме работы конструкция сохранит целостность.

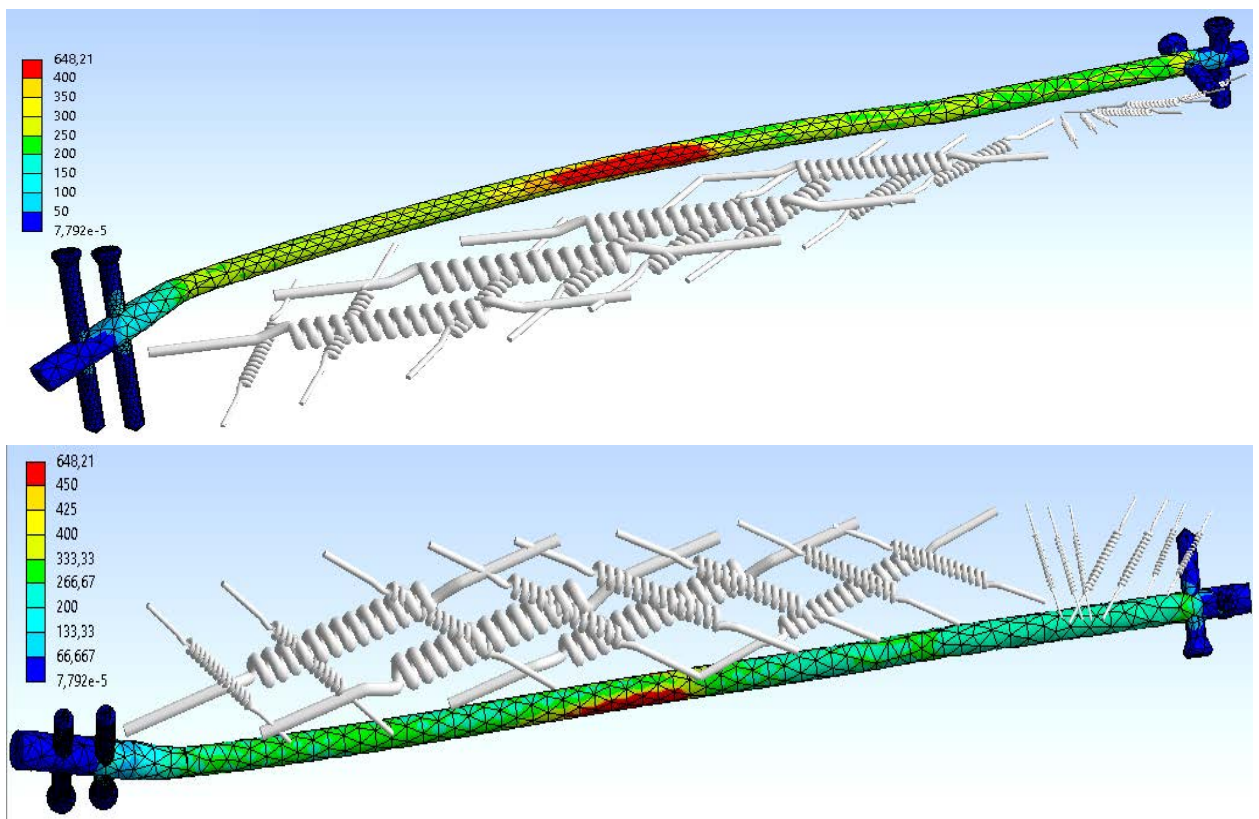


Рисунок 3.24 – Распределение напряжений на стержне и винтах при повороте на 40° (пронация)

Эксперимент 10

Из нейтрального положения моделировали **поворот на 60°** в положение пронации.

На костях предплечья распределение напряжений остаются аналогичными эксперименту 8. Значения напряжений в проксимальной области лучевой кости (области крепления винтов) вырастают до 45 МПа.

Распределение напряжений на стержне равномерное по всей длине стержня в диапазоне 380–430 МПа, в области перелома напряжение на стержне составляет 420–450 МПа. Имеется область концентрации напряжений со средними значениями 700 МПа, расположенная в зоне перелома, с максимумом напряжений – 1000 МПа. Таким образом, максимальное напряжение достигает, но не превышает предела прочности титана. Область располагается на поверхности стержня, не распространяясь по его толщине (Рисунок 3.25).

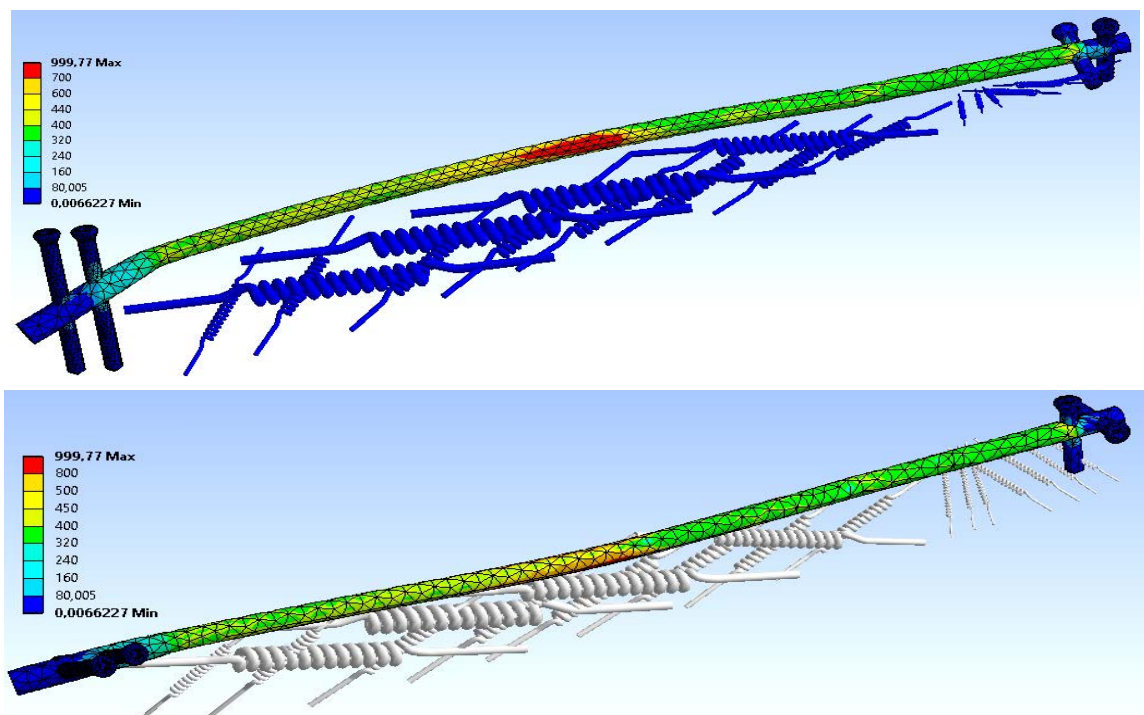


Рисунок 3.25 – Распределение напряжений на стержне и винтах при повороте на 60° (пронация)

Следуя кривой усталости сплава Ti-6Al-7Nb, можно предположить, что вероятность разрушения стержня в таких условиях эксплуатации при 10^7 циклов нагружения близка к нулю даже в случае горячекатанного сплава титана.

Эксперимент 11

Из нейтрального положения моделировали поворот на 90° в положение пронации.

На костях предплечья распределение напряжений остается аналогичным эксперименту 8. Значения напряжений в проксимальной области лучевой кости (области крепления винтов) вырастают до 65 МПа, что не превышает предела прочности кортикальной кости.

Распределение напряжений на стержне равномерное по всей длине стержня в диапазоне 625–720 МПа, в области перелома напряжения на стержне чуть выше (700–753 МПа). Имеется область концентрации напряжений со значениями 750 МПа, расположенная в зоне перелома. В этой области есть зона, где значения напряжений превышают предел прочности титана (1005 МПа) на 11%. Область располагается на поверхности стержня, не распространяясь по его толщине (Рисунок 3.26).

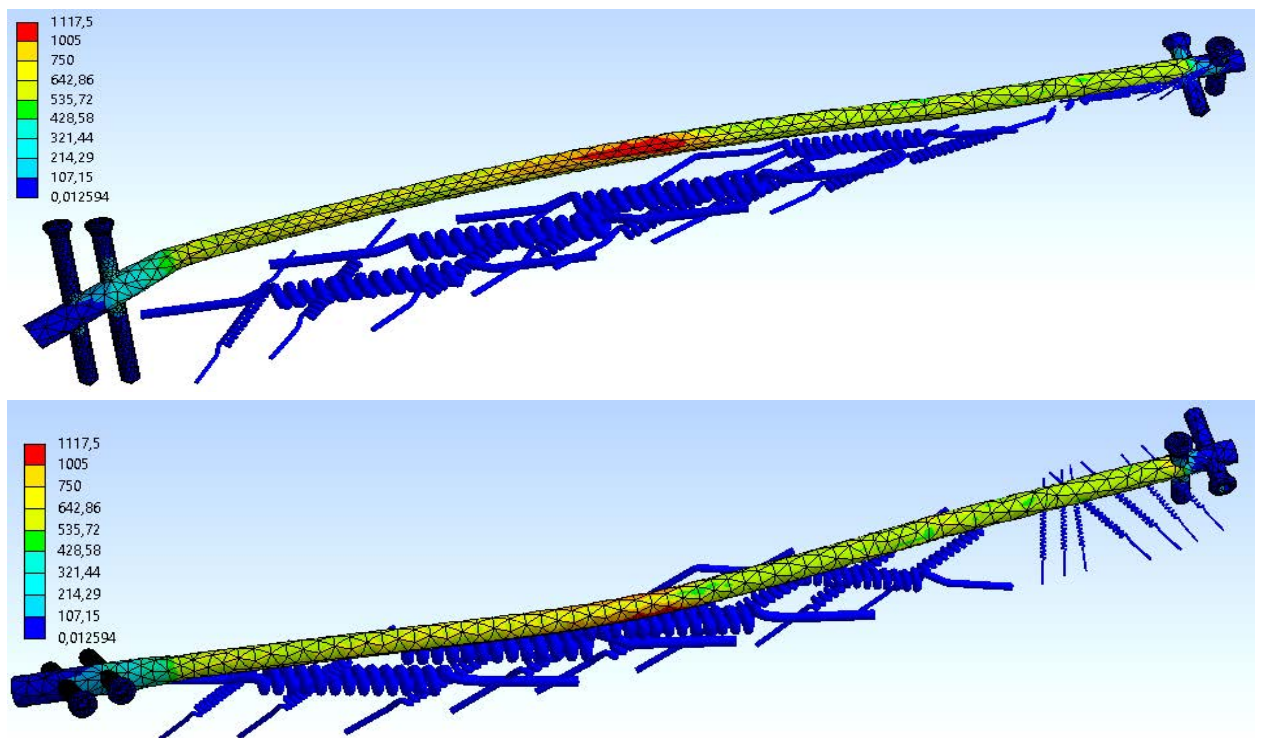


Рисунок 3.26 – Распределение напряжений стержне и винтах при повороте на 90° (пронация)

Кривые усталости сплава Ti-6Al-7Nb показывают, что стержень из горячекатанного сплава может разрушиться уже после 10^4 циклов нагружения, однако стержень, изготовленный из ультрамелкозернистого сплава титана, с высокой долей вероятности сохранит свою целостность.

3.4. Резюме

Анализ прочностных характеристик способов остеосинтеза лучевой кости, выполненный с использованием метода математического моделирования, показал следующее [151].

1. Межкостная мембрана оказывает существенное влияние на распределение напряжений в костях предплечья при их нагружении, снижая нагрузку, в связи с чем при математическом моделировании и, следовательно, в клинической практике, это влияние необходимо учитывать.
2. При остеосинтезе лучевой кости кортикальной пластиной зоны концентрации высоких напряжений локализуются вокруг отверстия пластины над областью перелома и ближайших к ней отверстий с обеих сторон. При остеосинтезе лучевой кости стержнем напряжения равномерно распределены по стержню.
3. Движения «пронация-супинация» с амплитудой ротационных движений от нейтрального положения в пределах $\pm 60^\circ$ могут привести к нарушению целостности кортикальной пластины уже после 10^5 циклов нагружения. При увеличении амплитуды движений «пронация-супинация» от нейтрального положения на угол, превышающий $\pm 60^\circ$, кортикальная пластина, даже изготовленная из ультрамелкозернистого сплава титана, разрушится с высокой долей вероятности после 10^7 циклов нагружения, то есть, с учетом среднего количества циклов движений, в период от 2 до 4 лет. Движения «пронация-супинация» с амплитудой $\pm 90^\circ$ по результатам экспериментов должны привести к разрушению кортикальной пластины в довольно скором времени после установки.

4. Движения «пронация-супинация» с амплитудой до $\pm 60^\circ$ от нейтрального положения не приведут к разрушению стержня, а при аналогичных движениях с амплитудой $\pm 90^\circ$ сохранит свою целостность стержень, изготовленный из ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-7Nb.

5. Полученные результаты говорят о том, что фиксация отломков лучевой кости при ее диафизарном переломе в области наибольшей кривизны стержнем надежней, чем фиксация кортикальной пластиной. В связи с этим при фиксации перелома кортикальной пластиной во избежание возможных осложнений следует рассматривать целесообразность применения дополнительной внешней иммобилизации сегмента в послеоперационном периоде.

ГЛАВА 4. АЛГОРИТМ ВЫБОРА ТАКТИКИ И ТЕХНИКА ОПЕРАЦИЙ ПРИ ОСТРОЙ ТРАВМЕ

Клинический материал проспективного исследования представлен 308 пациентами с острой травмой, которым выполнено 308 операций, и 22 пациентами с осложнениями переломов в отдаленные сроки после получения травмы – всего 330 человек.

Оперативные вмешательства выполнены под эндотрахеальным наркозом в 302 случаях (91,5%), под проводниковой анестезией – в 28 (8,5%).

4.1. Алгоритм и планирование операции

Хирургические методы лечения

С 2012 года в клинике внедрены алгоритмы хирургического лечения как свежих диафизарных переломов костей предплечья, так и их осложнений, основанные на характере и тяжести повреждений [103]. Выбор фиксатора был основан на данных лучевой диагностики; в большинстве случаев для этого было достаточно выполнение рентгенографии.

При лечении диафизарных переломов костей предплечья использованы следующие хирургические методы:

1. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез.
2. Накостный (кортикальный) остеосинтез.
3. Внеочаговый остеосинтез аппаратами наружной фиксации (АНФ) в качестве временной стабилизации перелома.

При закрытых переломах, исходя из результатов проведенного эксперимента с использованием математического анализа, методом выбора считали блокируемый интрамедуллярный остеосинтез, однако такая операция осуществима только при достаточно широком костномозговом канале (4 мм и более). В наших наблюдениях при свежей травме таких пациентов было 205 (66,6% от общего количества). Если было возможно выполнить закрытую репозицию костных

отломков под интраоперационным рентгенологическим контролем, то интрамедуллярный остеосинтез осуществляли, не открывая область перелома.

В начале разработки системы лечения в отдельных случаях для интрамедуллярного остеосинтеза применяли стержни без блокирования, однако впоследствии от такой тактики полностью отказались. Главным недостатком этих стержней является недостаточная стабильность, что чревато осложнениями – вторичным смещением и нарушением консолидации переломов вплоть до несращения.

При костномозговом канале диаметром менее 4 мм применяли накостный остеосинтез пластинами. Кроме того, применение накостных пластин считали возможным даже при широком костномозговом канале в случаях:

- изолированных переломов лучевой кости и переломовывихах Галеацци, когда перелом локализуется в дистальной трети в зоне расширения костномозгового канала. Это обусловлено наличием короткого дистального отломка с большим размером диаметра канала, что затрудняет получение хорошей репозиции отломков и снижает стабильность их фиксации;
- переломовывихах Монтеджи с локализацией перелома в проксимальной трети в зоне расширения костномозгового канала (как практически равноценный в сравнении с БИОС вариант). Причиной этого является наличие короткого проксимального отломка с большим размером диаметра канала, а наличие вывиха головки лучевой кости требует особой репозиции для предотвращения наиболее частого осложнения этих повреждений – рецидива ее вывиха.

При открытых переломах I типа по классификации Gustillo-Anderson выполняли закрытую репозицию отломков и иммобилизовали конечность окончатой гипсовой повязкой, при II и III типах переломов производили фиксацию АНФ до заживления ран. После заживления ран выполняли погружной остеосинтез, отдавая предпочтение БИОС, так как он малоинвазивен и позволяет в большинстве случаев избежать открытых манипуляций в зоне перелома. Подробно описание хирургической тактики лечения открытых переломов будет представлено ниже.

Алгоритм выбора варианта остеосинтеза

В основу алгоритма легли принципы, основанные на том, что во всех случаях закрытых переломов при достаточно широком костномозговом канале следует применять БИОС за исключением ситуаций локализации перелома в зонах расширения канала, что более характерно для переломовывихов. При открытых повреждениях рекомендована временная стабилизация повреждений внешней повязкой или АНФ до заживления ран с последующей конверсией в погружной остеосинтез [104] (Рисунок 4.1).

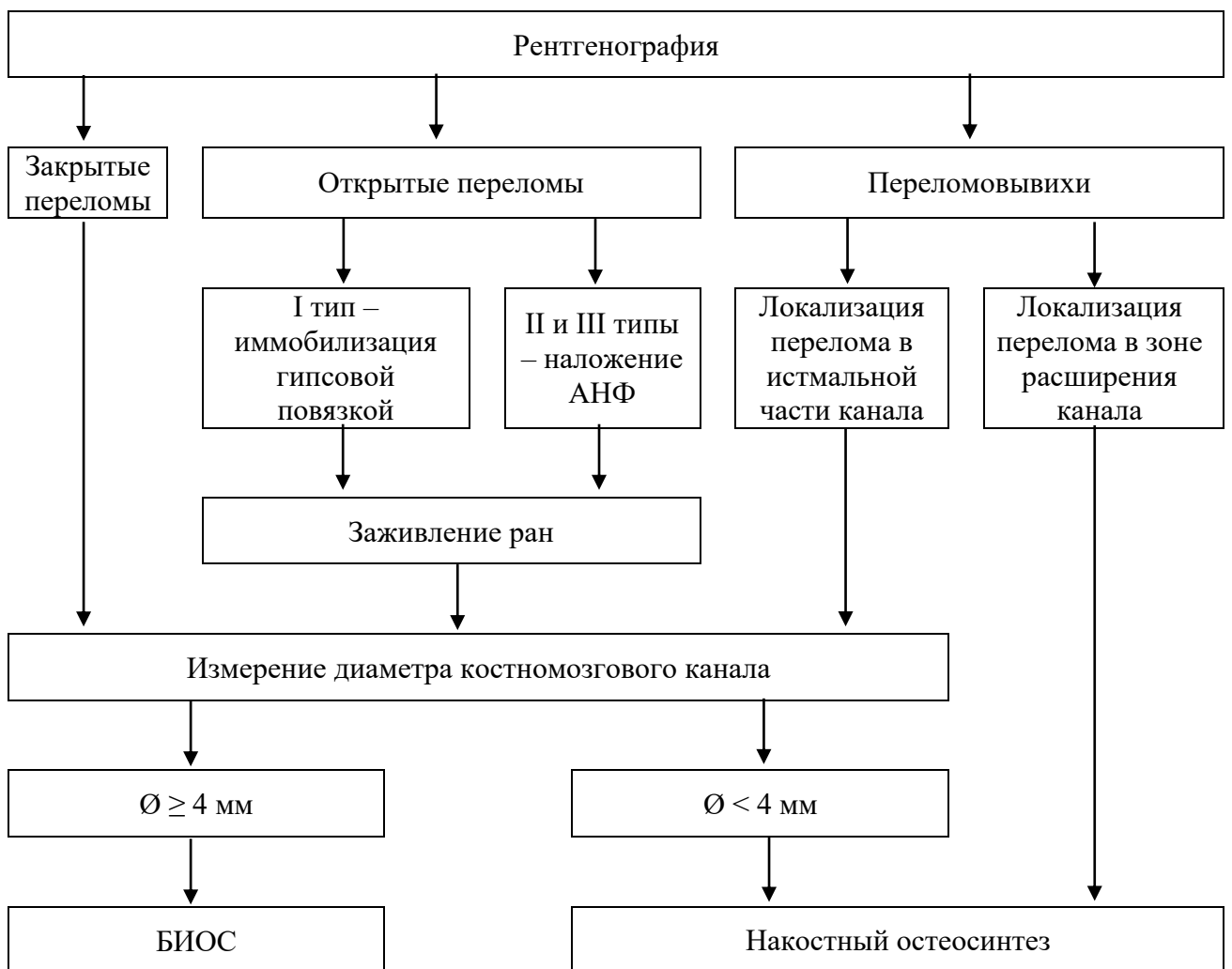


Рисунок 4.1 – Алгоритм выбора хирургической тактики при диафизарных переломах костей предплечья

В то же время возможны исключения из этого общего правила. Так, при сегментарных переломах, когда линия одного из переломов локализуется в метафизарной части, предпочтительно выполнение накостного остеосинтеза.

В случаях оскольчатых переломов, когда выполнение репозиции требует обширного доступа, также оправдан накостный остеосинтез.

Определение сроков оперативного вмешательства

Оптимальным считали выполнение остеосинтеза по возможности в первые сутки после получения травмы. Исключением являлись случаи высокоэнергетической травмы, когда даже при закрытых повреждениях мягкие ткани страдают в значительной степени, что создает предпосылки для развития компартмент-синдрома. Выполнение у таких пациентов раннего остеосинтеза мы считали неоправданным, так как дополнительная операционная травма повышает риск осложнений. Пациентов с высокоэнергетической травмой наблюдали в течение 5–7 суток, и только по истечении этого срока при отсутствии осложнений выполняли остеосинтез. Следует в то же время отметить, что в наших наблюдениях мы не встречались со случаями компартмент-синдрома, что явилось, как мы считаем, в том числе следствием вышеописанной тактики.

Предоперационное планирование

Предоперационное планирование является одним из важнейших моментов в достижении хорошего результата лечения. Одними из ключевых вопросов такого планирования при лечении пациентов с диафизарными переломами костей предплечья мы считаем следующие.

1) Какую кость синтезировать первой?

Вначале выполняли остеосинтез той кости, где операция могла быть выполнена с наименьшими сложностями, строго следя при этом, чтобы ее анатомические изгибы были в точности восстановлены. После анатомичного восстановления одной из костей она оказывала шинирующее действие на вторую, что упрощало манипуляции на более сложном переломе [50].

2) Какой вид фиксатора следует выбрать?

Выбор между интрамедуллярным и накостным остеосинтезом определялся прежде всего шириной костномозгового канала. Выполнение БИОС, которое мы считали методом выбора, было возможно только при диаметре костномозгового канала не менее 4 мм, так как применяемые нами блокируемые стержни имеют

минимальный диаметр 4,5 мм. В остальных случаях, в соответствии с разработанным алгоритмом, применяли накостный остеосинтез пластинами. Кроме того, учитывали морфологию переломов (простые, оскольчатые, сегментарные) для оценки риска телескопического эффекта смещения отломков на стержне. Так, переломы типа А относительно просто репонировать закрытым способом, и в большинстве своем они имеют торцевой упор – поэтому осуществим блокируемый остеосинтез с использованием закрытой репозиции. При штифтовании переломов типов В и С особое внимание во время операции уделяли устранению смещения по длине, как правило, открывая в ходе операции область перелома. В случаях многооскольчатых переломов, требующих для достижения точной репозиции широкого хирургического доступа, считали возможным применение накостного остеосинтеза даже при достаточной для интрамедуллярного введения стержней ширине костномозгового канала.

3) Как определить диаметр костномозгового канала и длину стержня?

Выполняли рентгенографию здорового предплечья в прямой проекции в положении полной супинации предплечья и в строго боковой проекции, причем при выполнении последней укладку производили таким образом, чтобы предплечье и плечо находились на одном уровне (Рисунок 4.2).

Для унификации исследования рентгенографию проводили с расстояния от излучателя до кассеты 150 см, измеряли по рентгенограммам длину сегмента и из полученного результата вычитали 1,5–2 см, как это описано в Главе 2.

С появлением оборудования, позволяющего получить цифровое изображение откалиброванных рентгенограмм, для определения диаметра костномозгового канала и требуемой длины стержней применяем компьютерную программу Arhimed (Рисунок 4.3).

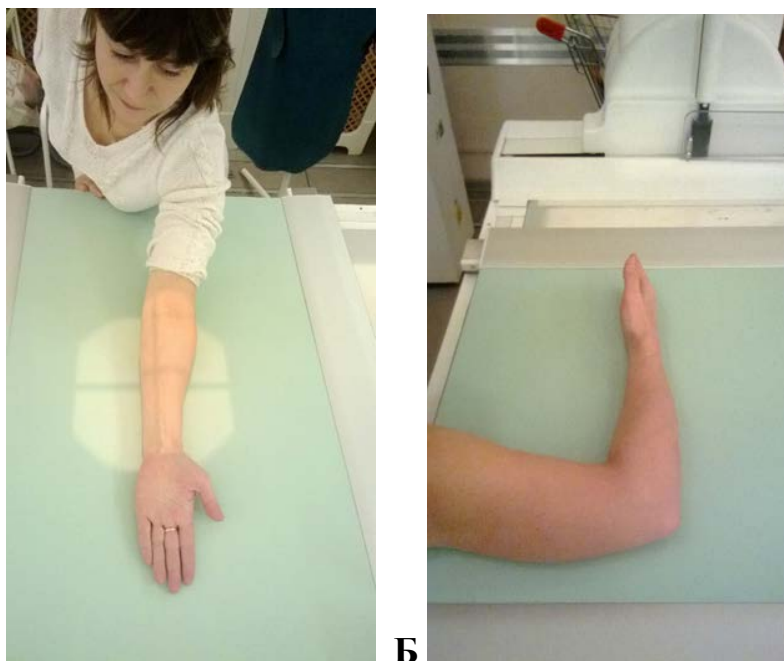


Рисунок 4.2 – Укладка конечности при рентгенографии здорового предплечья:
А – прямая проекция, Б – боковая проекция



Рисунок 4.3 – Определение диаметра костномозгового канала и необходимой длины стержней с использованием инструментов программы Arhimed (размеры указаны в миллиметрах)

Кроме того, данные рентгенографии позволяют определить угол и радиус физиологической кривизны костей, то есть те параметры, которые при выполнении остеосинтеза должны быть восстановлены. В сложных ситуациях определяли и

другие размеры: длины отломков и дефектов костей, а также мест планируемого прохождения блокирующих винтов.

4) Следует ли восстанавливать физиологическую кривизну костей предплечья?

Если необходимость восстановления физиологической кривизны лучевой кости общепризнана и не обсуждается, то локтевую кривизну нередко не учитывают. Вместе с тем, локтевая кривизна, как и лучевая, участвует в обеспечении ротационных движений предплечья. Критерий восстановления анатомии локтевой кости при ее изолированных переломах или при переломах обеих костей состоит в устранении всех смещений и восстановлении физиологического изгиба [92]. Это также обеспечивает адекватную репозицию с восстановлением взаимоотношений костей и ротационных движений [91]. Пренебрежение локтевой кривизной и установка интрамедуллярного прямого штифта при переломах в области изгиба локтевой кости на границе верхней и средней третей приводят к образованию клиновидного дефекта с внутренней стороны и удлинению локтевой кости вследствие ее выпрямления, что может негативно сказаться на сращении как локтевой, так и лучевой кости, приводя к нарушению соотношений в радиоульнарных сочленениях [172]. По сути, выпрямление физиологической кривизны кости является угловым смещением.

Для сохранения физиологической кривизны обеих костей предплечья в ходе предоперационной подготовки выполняли моделирование изгиба стержней по рентгенограммам, что при их имплантации приводило к восстановлению кривизны (Рисунок 4.4).

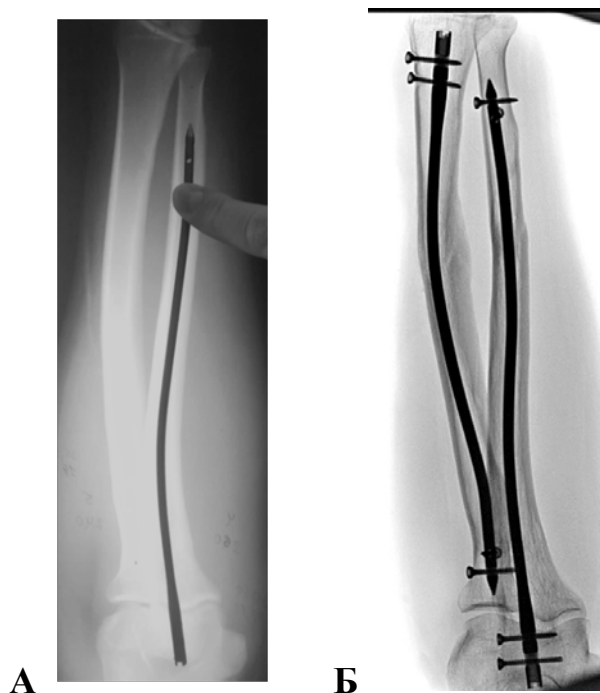


Рисунок 4.4 – Моделирование изгиба стержня по рентгенограммам здорового предплечья (А); имплантация моделированных стержней привела к автоматическому восстановлению кривизны костей (Б)

4.2. Хирургическая техника

4.2.1. Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья

При планировании операции остеосинтеза всегда желательно сократить время, минимизировать травматичность вмешательства и по возможности избежать обнажения зоны перелома. В то же время, анатомические особенности биомеханических взаимоотношений костей предплечья определяют порой значительные сложности при выполнении не только закрытой, но и даже открытой репозиции, особенно при сложных и оскольчатых переломах. Многократные повторные попытки достижения анатомичной репозиции продлевают время оперативного вмешательства и приводят к значительной дополнительной травматизации мягких тканей, что повышает не только риск инфекционных осложнений, но и развития впоследствии контрактур со снижением функциональных возможностей оперированного сегмента.

Для облегчения проведения репозиции переломов костей предплечья нами разработано и внедрено в клиническую практику «Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья» (Патент РФ на полезную модель RU 142567 U1) [113]. Устройство содержит основание, фиксатор плеча, кистедержатель и узел репозиции.

Основание (1) выполнено в виде разъемной на изгибе Г-образно изогнутой штанги, длинное плечо которой выполнено раздвижным, а короткое плечо выполнено с изгибом в области локтевого сустава с возможностью его разворота на 180°. Фиксатор плеча (2) выполнен в виде желоба с вырезом под локтевой отросток и прорезями под ремни. Кистедержатель (3) выполнен в виде ручки, узел репозиции (4) выполнен в виде шарового зажима с выступающей опорной планкой, на которой крепится дополнительный упор муфтовым соединением, закрепленным с одной стороны с длинным плечом штанги, а с другой с поворотным рычагом с муфтой и подвижным кронштейном, на который крепится вытяжной винт с гайками (Рисунок 4.5).

Устройство позволяет придавать кисти и предплечью нужное положение, не прекращая вытяжения по длине. Оно компактно, легко демонтируется и может стерилизоваться любым известным методом, что позволяет использовать Устройство при выполнении операции остеосинтеза (Рисунок 4.6).

Преимуществами Устройства являются:

- возможность свободного хирургического доступа к точкам внедрения стержней при интрамедулярном остеосинтезе и к костям предплечья при накостном;
- легкость манипуляции и компактность за счет использования узла репозиции, включающего шаровый зажим;
- возможность рентгенологического мониторинга ввиду минимизации металлических элементов в зоне сегмента.

Использование Устройства позволяет существенно сократить затраты времени и снизить травматичность манипуляций при выполнении прецизионной репозиции, особенно в сложных случаях.

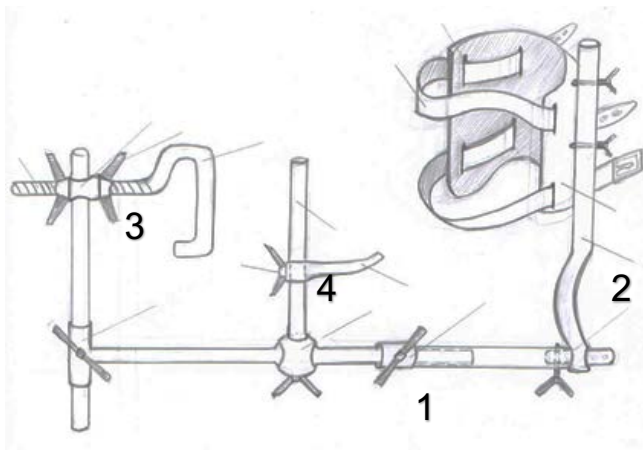


Рисунок 4.5 – Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья



Рисунок 4.6 – Этапы операции БИОС с применением Устройства

4.2.2. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез

Метод удачно сочетает стабильность фиксации с функциональностью, однако техника его выполнения на предплечье требует освоения. Это послужило основанием для разработки пошагового алгоритма выполнения БИОС диафизарных переломов костей предплечья за счет усовершенствования известных и разработки новых способов [97, 102].

Преимуществами метода являются:

- малоинвазивность (в большинстве случаев доступна закрытая репозиция, что исключает необходимость обнажать область перелома и дополнительно травмировать надкостницу);
- стабильная фиксация;
- отсутствие концентрации нагрузки на стержне;
- совпадение оси лучевой или локтевой кости, и соответственно, нагрузки с осью конструкции;
- возможность раннего восстановительного лечения;
- улучшение качества жизни пациента;
- низкий риск рефрактур после удаления.

Особенностями метода являются:

- использование ЭОП;
- использование специальных приемов закрытой репозиции для устранения смещений по оси, длине, а также ротационных смещений;
- тщательный контроль введения стержня в узкий канал;
- контроль за проведением блокирующих винтов с учетом прохождения сухожилий, сосудов и нервов.

При выполнении БИОС костей предплечья использовали следующее материально-техническое обеспечение:

- набор интрамедуллярных штифтов с блокирующими винтами производства фирмы «Chm» (Польша) диаметром 4; 4,5; 5 мм, длиной от 140 до 280 мм с шагом 20 мм;

- инструменты для имплантации стержней;
- общий травматологический инструментарий и силовое оборудование;
- антибактериальные препараты и антисептики;
- электронно-оптический преобразователь (СРТ – система рентгенохирургическая телеуправляемая мобильная С-дуга, НИПК «Электрон»).

Характеристика наблюдений

Метод БИОС применен нами в 170 случаях свежих переломов, из них 59 (34,7%) – переломы обеих костей, 41 (24,1%) – изолированные переломы локтевой кости, 51 (30,0%) – изолированные переломы лучевой кости, переломовывихи – 19 (11,2%). Всего методом БИОС произведена фиксация свежих переломов 229 костей.

Показания и противопоказания

Рассматривая показания к применению БИОС при диафизарных переломах костей предплечья, следует отметить, что большую часть диафизарных переломов костей предплечья можно успешно лечить при помощи интрамедуллярной фиксации, которая стала общепринятой при диафизарных переломах иных локализаций.

По мнению S.T. Canale и J.H. Beaty (2008) [210], наибольшие преимущества метод имеет при ситуациях, представляющих дополнительные сложности в лечении, а именно: обширных дефектах мягких тканей (в том числе ожогах), политравме, остеопорозе, сегментарных переломах, несращениях, рефрактурах, периимплантных переломах, а также у спортсменов, занимающимися контактными видами спорта. К противопоказаниям отнесены случаи, когда диаметр костномозгового канала меньше 4 мм, наличие острого инфекционного процесса, грубой анатомической деформации, не позволяющей выполнить БИОС без остеотомии.

Мы считали, что достоинства БИОС позволяют считать его методом выбора при лечении переломов костей предплечья, и отказывались от таких операций только в тех случаях, когда их выполнение было или технически невозможно, или противопоказано.

Особенности выполнения БИОС

К неудовлетворительным результатам при использовании метода БИОС могут привести как неправильный подбор длины и диаметра штифта, так и типичные интраоперационные и послеоперационные ошибки. Определенную техническую сложность представляет собой диспропорция между достаточно узким интрамедуллярным каналом и диаметром штифта. Если хирург, перестраховываясь, берет штифт малого диаметра, могут иметь место боковое смещение отломков и ротационная нестабильность. Если диаметр штифта окажется большим, может произойти заклинивание стержня или раскалывание кости. Трудности могут возникнуть и при дистальном блокировании. Надо помнить, что оно обязательно должно быть выполнено, особенно при нестабильных переломах. Невыполнение блокирования вынуждает применять внешнюю иммобилизацию сегмента в послеоперационном периоде сроком на 6–8 нед. из-за риска ротационной нестабильности отломков.

Наиболее распространенными осложнениями при интрамедуллярном остеосинтезе костей предплечья являются:

- заклинивание штифта;
- ятрогенные переломы;
- расхождение отломков, что приводит к несращению;
- перфорация кортикального слоя при рассверливании или введении штифта.

Чаще эти осложнения встречаются при штифтовании лучевой кости. При успешном интрамедуллярном остеосинтезе рефрактуры после удаления штифта встречаются крайне редко, в отличие от случаев после удаления накостных фиксаторов. В наших наблюдениях мы не встречались с рефрактурами после удаления стержней. Основные осложнения могут быть сведены к минимуму, если тщательно соблюдать методику и избегать расхождения отломков.

При поперечных и косопоперечных переломах имеется торцевой упор между отломками, поэтому у этих пациентов чаще выполняли закрытую репозицию. Открытую репозицию производили при риске телескопирования и ротации отломков на стержне:

- при оскольчатых переломах (т. к. нет торцевого упора между отломками);
- при сегментарных переломах (т. к. имеется ротация промежуточного отломка);
- при переломах давностью более 10 дней (т. к. сформировавшиеся рубцовые ткани затрудняли репозицию).

При выборе анестезиологического пособия предпочтительна общая анестезия с применением миорелаксантов.

Хирургическая техника

Операцию производили в положении пациента лежа на спине с отведенной рукой, согнутой в локтевом суставе (Рисунок 4.7).



Рисунок 4.7 – Положение конечности на операционном столе

- Точки введения стержней.

Вход в костномозговой канал формировали на локтевой кости в центре локтевого отростка, на лучевой – на крае суставной поверхности суставной фасетки дистального отдела кости напротив бугорка Листера (Рисунок 4.8). Второй возможной точкой входа является вершина шиловидного отростка (использована только в одном случае).



Рисунок 4.8 – Точки входа стержней в костномозговые каналы (указаны стрелками)

Для перфорации кости использовали трехгранное шило диаметром 6 мм, что соответствует диаметру основания стержня (Рисунок 4.9). Использование сверла или фрезы требует широкого обнажения кости в месте формирования входа и создает риск повреждения сухожилия длинного разгибателя 1-го пальца в области бугорка Листера.



Рисунок 4.9 – Формирование шилом входа в костномозговой канал лучевой кости

- Рассверливание костномозгового канала.

При необходимости производили рассверливание костномозгового канала вручную или дрелью на очень низких оборотах. Рассверливание канала в костях предплечья требует деликатности и прецизионности. Использование высоких оборотов может привести к некрозу кости, а грубые манипуляции – к ее растрескиванию. При антеградном рассверливании необходима особая точность при внедрении развертки в дистальный отломок локтевой и проксимальный отломок лучевой кости, при этом необходимо создать ротационный противоупор путем проведения спицы диаметром 2 мм через эти отломки.

- Имплантация стержня и репозиция.

Под ЭОП-контролем проводили стержень в костномозговой канал, осуществляя закрытую репозицию путем тракции и управления отломками при помощи костных щипцов (Рисунок 4.10).

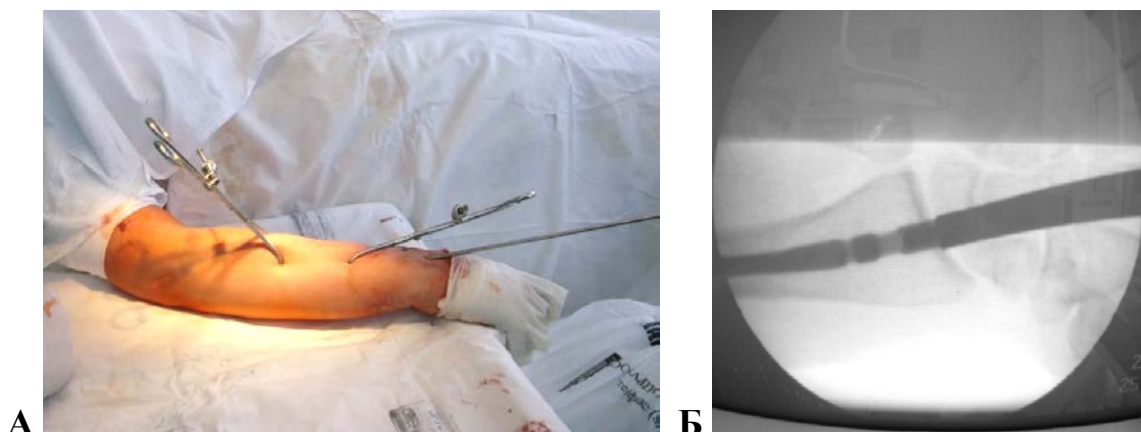


Рисунок 4.10 – Проведение закрытой репозиции при помощи костных щипцов (А); рентгенологический контроль имплантации стержня (Б)

В случаях трехкратной безуспешной репозиции выполняли открытую репозицию через малые доступы длиной 4–6 см (Рисунок 4.11). После создания «Устройства для репозиции и фиксации отломков костей предплечья» его использование упростило выполнение репозиции. Первичную открытую репозицию осуществляли при переломах давностью более 10 суток, а в некоторых случаях при отсутствии торцевого упора в зоне перелома во избежание телескопирования отломков на стержне.

При наличии узкого костномозгового канала истмальную зону кости рассверливали от места перелома в оба отломка, что облегчало внедрение стержня. После имплантации стержня обязательно проводили ЭОП-контроль погружения. Выстояние стержня считали недопустимым как на локтевой, так и на лучевой кости.



Рисунок 4.11 – Доступ для открытой репозиции

- Проведение блокирования.

Проксимальное блокирование на локтевой кости и дистальное на лучевой производили по направлятелю с установкой по два блокирующих винта через один доступ длиной 1 см (Рисунок 4.12 а). При этом винты вводили с наружной поверхности кости: на локтевой кости – в области локтевого отростка, на лучевой кости – между каналом сухожилий длинной отводящей мышцы и короткого разгибателя 1-го пальца и каналом лучевых разгибателей кисти. Дистальное блокирование на локтевой кости и проксимальное на лучевой выполняли методом «свободной руки» при максимальном увеличении изображения на экране (Рисунок 4.12 б).

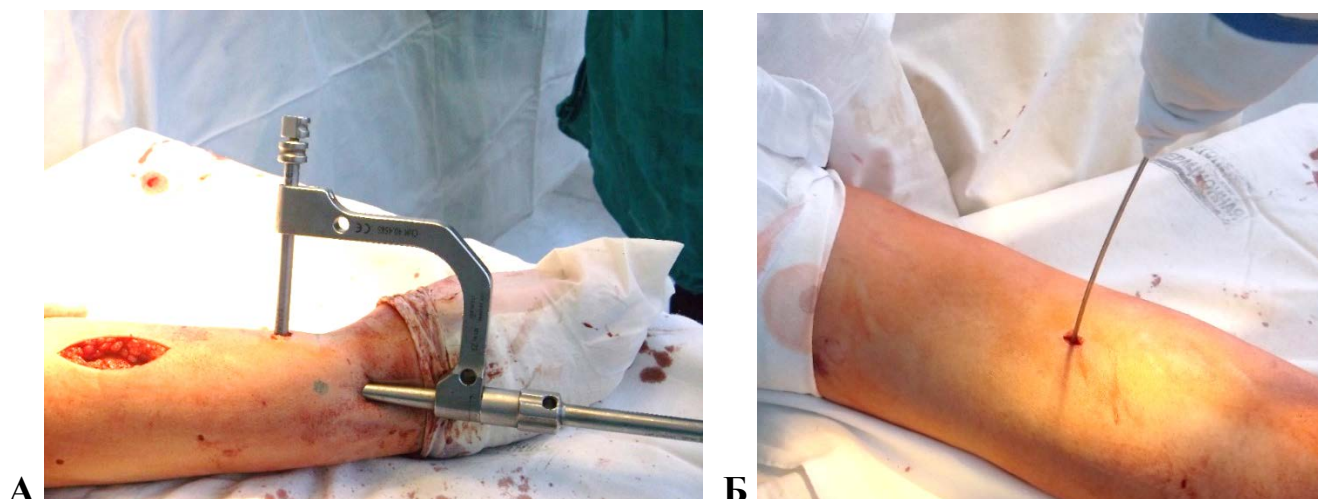


Рисунок 4.12 – Блокирование лучевой кости: дистальное (А), проксимальное методом «свободной руки» (Б)

Увеличения изображения достигали путем включения соответствующей функции на панели управления ЭОП и максимального приближения руки к излучателю, а не к приемнику. Для манипуляций и контроля положения стержня использовали направитель. В качестве сверлящего элемента применяли гладкую спицу диаметром 2 мм, что предотвращает повреждение мягкотканых анатомических образований. При проксимальном блокировании лучевой кости необходимо помнить о прохождении в этой области лучевого нерва: положение ротации – от среднего до полной пронации – обеспечивает его высокую подвижность, а применение гладкой 2 мм спицы минимизирует травматизацию мягких тканей [127] (Рисунок 4.13).

При дистальном блокировании необходимо тщательно следить, чтобы винты не выходили в зоне радиоульнарного сочленения, что может привести к импиджменту при ротационных движениях. Неприятным осложнением блокирования является «потеря» винтов в мягких тканях. Для извлечения винта необходимо зафиксировать винт под шляпкой нитью, тогда при его «потере» извлечение не составляет труда (Рисунок 4.14).

В конце операции обязателен контроль ротации предплечья (Рисунок 4.15). При ограничении этих движений необходимо проверить возможное выстояние винтов в зоне радиоульнарного сочленения.

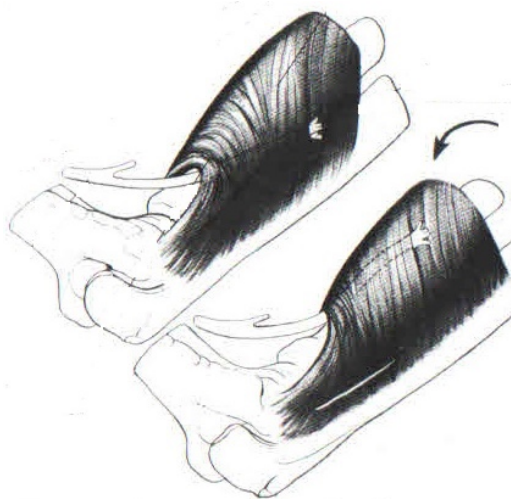


Рисунок 4.13 – Прохождение глубокой ветви лучевого нерва в зависимости от ротации предплечья (вверху – супинация, внизу – пронация)



Рисунок 4.14 – Фиксация блокирующего винта нитью для предотвращения его потери в мягких тканях



А

Б

Рисунок 4.15 – Контроль ротации предплечья в конце операции: супинация (А), пронация (Б)

Послеоперационное ведение

После операции проверяли периферическую пульсацию сосудов, оценивали цвет кожных покровов. После прекращения действия анестезии тестировали периферическую иннервацию, определяя чувствительность и движения кисти и пальцев. Возвышенное положение конечности целесообразно в течение 3–5 дней, для чего использовали косыночную повязку.

- **Обезболивание.**

В первые 2–3 суток после операции для обезболивания использовали нестероидные противовоспалительные препараты. Показания к их дальнейшему применению устанавливали индивидуально.

- **Перевязки.**

Первую перевязку выполняли в первые сутки после операции. Марлевые салфетки удаляли. Используя растворы антисептиков (раствор 3% перекиси водорода, 0,5% раствор хлоргексидина спиртовой) тщательно обрабатывали кожные покровы, после чего выполняли наложение асептической повязки. Далее перевязки выполняли через день, в редких случаях при наличии геморрагического отделяемого – каждый день. С 10-х суток повязки не накладывали, а производили обработку раны раствором бриллиантового зеленого 2 раза в сутки. Швы снимали на 14 сутки после операции с дальнейшей обработкой послеоперационных рубцов раствором бриллиантового зеленого в течение 3–4 дней.

- **Движения и нагрузка.**

Главной особенностью реабилитационного протокола при БИОС считали немедленное активное восстановление функции. Особенности БИОС позволяют полноценно приступить к лечебной физкультуре (ЛФК) максимально рано, на 2–3 сутки после операции, осуществляя в том числе ротационные движения. Внешнюю иммобилизацию не применяли. Интраоперационная травма при БИОС настолько незначительна, что операция практически не оказывает воздействия на формирование контрактур, и в течение первых 2 недель амплитуда движений восстанавливается на 70–80%.

Пациенту сразу разрешали изометрические напряжения, движения в суставах кисти и пальцев, лучезапястном и локтевом суставах с дозированной нагрузкой на конечность в пределах болевых ощущений. Сначала осуществляли пассивные движения, а через 2–3 дня нагрузку увеличивали с включением всех видов активных движений, в том числе и ротационных движений предплечья. По мере купирования болевого синдрома увеличивали нагрузку до бытовой с рекомендацией воздерживаться от значительных усилий (поднятие тяжестей) до 2–3 мес. При БИОС ограничением нагрузки при проведении упражнений служат болевые ощущения пациента, по мере снижения которых расширяется режим, а амплитуда движений соответственно увеличивается. Внимание пациента акцентировали на восстановление активных и пассивных движений в суставах. С первых дней занятия проводились в палате методистом ЛФК. Рекомендуемая продолжительность занятий: 2–3 раза в день по 10–30 минут. С 2–3 дня занятия возможны в зале ЛФК, их время увеличивается до 45–60 минут. Вместе с тем, больной должен понимать, что упражнения под наблюдением врача не являются решающими, и мероприятия по восстановлению функции ограничиваться ими не должны. Освоенные упражнения являются основой для самостоятельной работы по восстановлению возможностей самообслуживания и навыков труда.

В подавляющем большинстве случаев функция конечности восстанавливалась полностью через 2–4 недели после операции.

Упражнения оперированной конечностью рекомендовали сочетать с дыхательной и общеукрепляющей гимнастикой. Для пациентов старческого и пожилого возрастов это особенно важно.

- Фармако- и физиотерапия.

Участие клинического фармаколога и физиотерапевта в формировании комплекса мероприятий реабилитации считали обязательным. При наличии выраженного отека поврежденной конечности, напряжения мягких тканей, изменения цвета кожи, а также признаков гиперкоагуляции по показателям гемостаза проводили комплекс корректирующего медикаментозного и физиотерапевтического лечения. Применяли препараты, улучшающие

микроциркуляцию и реологические свойства крови, уменьшающие спазм сосудов. Целесообразны магнито- и лазеротерапия. Комплекс применяли в течение 5–10 дней с контролем в динамике за ее эффективностью с коррекцией при необходимости. Показания к отмене (продолжению, коррекции) курса устанавливали на основе динамики клинических данных (боль, отек, цвет кожных покровов, функция конечности), показателей функциональных методов исследований, биохимических тестов.

- Наблюдение за консолидацией перелома.

Осуществляли с помощью рентгенографии, которую выполняли согласно графику контрольных посещений до констатации формирования полноценной костной мозоли.

- Удаление блокируемого стержня.

Производили при наличии показаний под общей анестезией.

Анализируя вышеописанные особенности ведения и течения послеоперационного периода, следует отметить, что БИОС позволяет осуществить полную нагрузку на конечность в наименьшие сроки, что создает предпосылки для быстрого и полноценного восстановления функции.

4.2.3. Накостный остеосинтез

В настоящее время традиционно при лечении диафизарных переломов костей предплечья наиболее часто применяют наkostный остеосинтез.

Преимуществом метода является сравнительная простота выполнения анатомичной репозиции, однако существует и ряд недостатков. Накостный остеосинтез требует скелетирования кости, имеется сложность контроля угловых смещений, ось костей не совпадает с осью конструкции. Кроме того, пластина может служить «распоркой» между костными отломками, что препятствует сращению. В Главе 3 с помощью математического моделирования доказан повышенный риск разрушения наkostной конструкции и возникновения вторичных смещений при ротационных движениях, что подтверждается

клиническими наблюдениями. Это обуславливает необходимость применения дополнительной внешней иммобилизации в послеоперационном периоде, а также продления рекомендуемых сроков удаления фиксаторов до 3 лет. Дырчатые дефекты кости после удаления фиксирующей пластину винтов заживают спустя 3–5 лет.

У наших пациентов мы использовали для проведения операции пластины DCP, LCP и LC-DCP фирм «Остеосинтез», «Konigsee», «Chm», применяя как компрессирующий (124 перелома), так и мостовидный (шинирующий) варианты остеосинтеза (14 случаев).

Одной из отличительных особенностей накостного остеосинтеза при диафизарных переломах предплечья является сложность контроля угловых смещений. Поэтому при установке пластин повышенное внимание уделяли устранению таких смещений. В каждый костный отломок проводили через пластину по три винта, в редких случаях (по показаниям) и при использовании пластин LCP – по два.

Характеристика наблюдений

Метод накостного остеосинтеза применен нами в 138 случаях свежих переломов, из них 29 (21,0%) – переломы обеих костей, 40 (29,0%) – при изолированных переломах локтевой кости, в 39 (28,3%) – при изолированных переломах лучевой кости, и в 30 (21,7%) при переломах вывихах. Таким образом, методом накостного остеосинтеза мы выполнили фиксацию 167 переломов костей предплечья.

Показания и противопоказания

Метод можно применять практически при всех диафизарных переломах. Противопоказаниями считали острый инфекционный процесс и открытые переломы II и III типа по классификации Gustillo-Anderson. В то же время, поскольку более предпочтительным считали метод БИОС, к накостному остеосинтезу прибегали, в соответствии с разработанным алгоритмом, только в случаях, когда выполнение БИОС было невозможно или затруднительно. Основным показанием к выполнению накостного остеосинтеза считали узкий

костномозговой канал (диаметром менее 4 мм), однако и при широком костномозговом канале в виде исключения накостный остеосинтез считали возможным. Так, в 3 случаях при оскольчатых и сложных переломах типа 2R2B/C+2U2B/C это было обусловлено необходимостью фиксации отдельно лежащих отломков дополнительным винтом, а еще в 4 случаях при простых переломах обеих костей типа 2R2A+ 2U2A – наличием короткого дистального отломка лучевой кости, так как применение стержней при этом связано с риском угловых деформаций.

Хирургическая техника

- Хирургические доступы.

Длина доступов к зоне перелома составляла 10–12 см.

◆ Доступ к локтевой кости производили по тыльной поверхности предплечья, где кость на всем протяжении не покрыта мышцами. Рассекали послойно кожные покровы, подкожную жировую клетчатку, после чего визуализировали кость. Круговую отслойку надкостницы считали крайне нежелательной и старались ее избегать.

◆ Доступы к лучевой кости: к нижней и средней третям лучевой кости оптимально использовать дорсолатеральный доступ по Thompson, поскольку в этих зонах количество мышц над костью минимально [185]. Доступ осуществляли между *m. brachioradialis*, которую отводили к волярной поверхности, и разгибателями кисти и пальцев, отводимыми в тыльную сторону. Далее производили рассечение фасции и вход между лучевыми разгибателями кисти и разгибателем пальцев. Для сохранения мышечных ветвей лучевого нерва можно отвести разгибатель пальцев путем его отслоения до верхней трети предплечья. Манипуляции проксимальнее границы средней и верхней трети предплечья опасны повреждением глубокой ветви лучевого нерва, что может привести к ятрогенному параличу разгибателей, поэтому использование этого доступа для верхней трети лучевой кости считали противопоказанным. Далее предплечью придавали положение пронации, при этом широко открывается средняя часть тела лучевой кости.

Этот доступ может быть рекомендован при кортикальном остеосинтезе, поскольку установка пластины «ребром» по отношению к торсионным и изгибающим силам, которые возникают при ротации предплечья, повышает устойчивость фиксатора к разрушению.

В верхней трети лучевой кости имеет преимущество передний доступ Henry, поскольку он наиболее безопасен по отношению к ветвям лучевого нерва. Он же может быть использован для доступа к средней и нижней трети лучевой кости. Доступ осуществляли по внутреннему краю *m. brachioradialis*. После рассечения кожи, подкожной жировой клетчатки и поверхностной фасции, сохраняя латеральный кожный нерв предплечья, отводили кнаружи или кнутри *v. cephalica*, что зависело от ее анатомического строения. Далее в положении супинации предплечья *m. brachioradialis* вместе с разгибателями кисти и пальцев, ветвями лучевого нерва отводили кнаружи, а сгибатели пальцев и кисти с лучевой артерией – кнутри. В области локтевого сустава по шейке лучевой кости проходит глубокая ветвь лучевого нерва, и с ульнарной стороны находится возвратная лучевая артерия. При необходимости выполняли частичное отслоение супинатора. Для доступа к нижней трети лучевой кости придавали предплечью положение супинации, после чего лучевую кость выделяли до дистального метафиза. Следует помнить, что в этой зоне проходит сухожилие *m. pronator teres*, которая должна быть сохранена и также отведена кнутри. Супинатор, который располагается на пути доступа и лежит непосредственно на кости, необходимо щадить.

- Варианты остеосинтеза.
- ◆ Компрессирующий накостный остеосинтез.

Показаниями к применению компрессирующего накостного остеосинтеза являлись в основном стабильные переломы. Использовали пластины DCP, LC-DCP фирм «Остеосинтез», «Konigsee», «Chm». Компрессирующий накостный остеосинтез выполнен у 124 пострадавших. Моделирование пластин производили по рентгенограммам здорового предплечья в дооперационном периоде, а также интраоперационно после репозиции переломов.

Компрессии зоны перелома достигали двумя способами:

- 1) использование компрессирующего винта с последующей установкой нейтрализующей пластины – 44 случая (35,5%);
- 2) использование свойств компрессии самих пластин – 80 наблюдений (64,5%).

Биомеханически для компрессии более эффективно использование компрессирующего винта, поскольку устойчивость к усталостному перелому нейтрализующей пластины значительно выше, чем компрессирующей. Но поскольку кости предплечья достаточно субтильны, проведение компрессирующего винта нередко затруднительно, особенно при переломах типа А2 и А3, когда перелом имеет близкий к поперечному характер. Поэтому при сложности проведения винта компрессию выполняли путем использования свойств пластин DCP, LC-DCP и LCP.

- ◆ Мостовидный (шинирующий) наkostный остеосинтез.

Мостовидный остеосинтез выполняли при оскольчатых нестабильных переломах, используя пластины LCP с проведением винтов отдаленно от зоны перелома и оставлением свободными от 2 до 3 отверстий. Таким методом выполнена фиксация 14 переломов. Моделирование пластин выполняли по рентгенограммам здорового предплечья в дооперационном периоде, поскольку интраоперационно качественно выполнить эту манипуляцию сложно.

Послеоперационное ведение

- Наблюдение в ближайшем послеоперационном периоде
Обезболивание, проведение перевязок, фармако- и физиотерапия при применении наkostного остеосинтеза мало отличается от описанного выше в разделе, посвященном БИОС.
- Движения и нагрузка
Особенность наkostного остеосинтеза состоит в том, что активное восстановление ротационных движений сразу после операции несет риск несостоятельности остеосинтеза, поэтому активная реабилитация противопоказана, особенно у пациентов с отсутствием комплаентности.

В первые сутки после остеосинтеза рекомендовали изометрические напряжения мышц, активно-пассивные движения пальцами кисти. Упражнения сочетали с общеукрепляющей и дыхательной гимнастикой, что особенно важно для возрастных больных. Режим восстановления движений определяли индивидуально, исходя в первую очередь из комплаентности пациента. Одним из самых важных вопросов при этом виде остеосинтеза является определение сроков нагрузки на конечность и четкая информированность пациента о необходимости их соблюдения. При уверенности, что пациент будет соблюдать предписанный режим, реабилитационные мероприятия начинали еще в раннем послеоперационном периоде. Внимание пациента направляли на восстановление активных и пассивных движений в лучезапястном и локтевом суставах. Ротационные движения разрешали в объеме не более 50% от нормальной ротации предплечья в течение первых 6 недель, после чего выполняли контрольную рентгенографию и при наличии признаков консолидации приступали к полноценному восстановлению ротации. При сомнениях в комплаентности больного накладывали гипсовую повязку от верхней трети плеча до головок пястных костей на срок до 6 недель. Полную нагрузку разрешали через 4–6 месяцев от момента операции на основании данных рентгенографии: к этому моменту линия перелома должна не прослеживаться либо прослеживаться слабо при наличии хорошо выраженной костной мозоли. Преждевременная значимая нагрузка может привести к несостоятельности остеосинтеза вплоть до перелома пластины или расшатывания винтов.

Вопрос об удалении пластины и винтов решали индивидуально на основании данных рентгенографии и клинической картины. При отсутствии медицинских показаний целесообразность удаления накостных фиксаторов на костях предплечья считали сомнительной из-за высокого риска рефрактур.

Удаление накостной конструкции выполняли через «старые» рубцы. Металлоз мягких тканей возникает либо из-за некачественного металла, либо в результате подвижности винта относительно пластины, то есть нестабильности. Ткани с металлозом подлежат обязательному иссечению во избежание риска гнойных осложнений. Обязательна тщательная оценка данных рентгенографии

после удаления металлоконструкции, так как при отсутствии имплантов могут быть выявлены признаки недостаточного сращения – прослеживание линии перелома даже спустя длительное время после остеосинтеза. В таких случаях сохраняется риск рефрактуры или формирования ложного сустава в этой зоне, в связи с чем дальнейшая тактика ограничения нагрузки является недостаточной, и требуется применение внешней иммобилизации сроком до 4–6 недель.

Анализируя вышеописанные особенности ведения и течения послеоперационного периода при накостном остеосинтезе, следует отметить, что активное расширение двигательного режима повышает риски несостоятельности остеосинтеза и несращения переломов. При отказе от внешней иммобилизации в послеоперационном периоде реабилитационный период следует проводить с большой осторожностью.

4.2.4. Лечение открытых переломов

Лечение пациентов с открытыми переломами костей предплечья всегда представляет непростую задачу, особенно если переломы костей носят тяжелый оскольчатый характер. Сложность лечения таких больных связана прежде всего со следующими анатомо-биомеханическими особенностями: парные кости, большой массив мышц разнонаправленного действия и сложное биомеханическое взаимодействие лучевой и локтевой костей, обеспечивающее чрезвычайно важную функцию ротации предплечья.

Для фиксации тяжелых открытых переломов методом выбора мы считаем внеочаговый остеосинтез, однако в аппарате провести полноценную реабилитацию по восстановлению ротационных движений невозможно. Происходит рубцевание скользящего футлярно-мышечного аппарата и атрофия мышц вследствие тяжелого повреждения мягких тканей, что ведет к формированию десмогенных контрактур и, как следствие, частичной или полной потере ротации предплечья. Недостаточность функциональности лечения переломов в АНФ привела нас к поиску оптимальной стратегии лечения больных с тяжелыми открытыми

переломами с целью обеспечения максимального функционального результата [94].

Характеристика наблюдений

Среди 308 случаев свежих переломов костей предплечья у 39 пациентов (12,7%) имели место открытые повреждения: 17 женщин (43,6%) и 22 мужчин (56,4%). Их них у 23 (59,0%) отмечены переломы обеих костей предплечья, у 11 (28,2%) – изолированные переломы одной из костей и у 5 (12,8%) – переломовывихи (Рисунок 4.16).

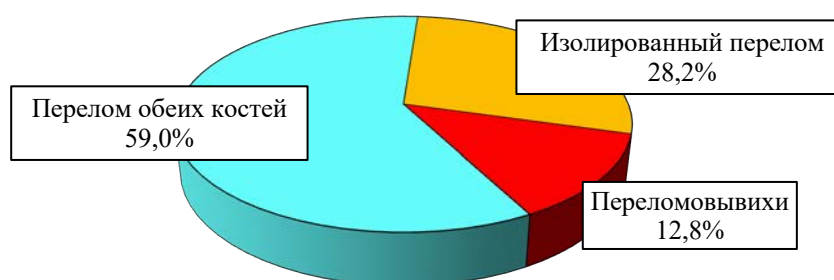


Рисунок 4.16 – Локализация открытых переломов

Возраст этих пациентов варьировал от 19 до 80 лет, средний возраст составил $43,5 \pm 3,6$ лет.

Оценку тяжести открытого перелома оценивали по классификации Gustilo–Andersen (1984), причем значительно преобладали (34 случая) переломы I типа (Рисунок 4.17).

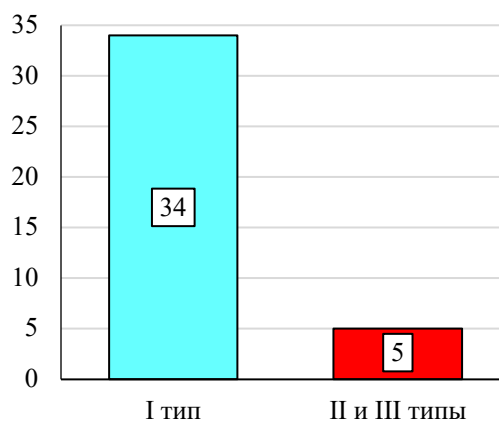


Рисунок 4.17 – Типы открытых переломов по классификации Gustilo – Andersen

Из 5 пациентов с переломами II или III типа у 1 пациента причиной травмы был укус собаки. Еще в одном случае травма получена при работе с «болгаркой» и сопровождалась повреждением нескольких сухожилий разгибателей пальцев и кисти. Остальные пациенты имели высокоэнергетические травмы: двое – в результате дорожно-транспортных аварий, и один – после падения с 9 этажа (переломовывих Галеацци на фоне сочетанной травмы).

Лечебная тактика

По нашему мнению, лечение открытых переломов I типа не требует обязательной фиксации в АНФ кроме случаев высокоэнергетических повреждений и укушенных ран ввиду высокого риска гнойно-инфекционных осложнений. При лечении 34 больных с открытыми переломами I типа на первом этапе проводили хирургическую обработку ран и иммобилизацию в гипсовой повязке с «окном» для выполнения перевязок под прикрытием антибактериальной терапии до заживления ран. После заживления ран выполняли блокируемый интрамедуллярный остеосинтез, не открывая линию перелома, во избежание контакта с зажившей первичной раной.

Оптимальной тактикой лечения пострадавших с тяжелыми открытыми переломами II–III типа мы считаем этапное лечение. На первом этапе выполняли фиксацию отломков в АНФ до заживления ран. Далее проводили конверсию АНФ на блокируемый стержень. БИОС костей предплечья обладает максимальной функциональностью, поскольку позволяет начать в ближайшем послеоперационном периоде активную реабилитацию, что особенно важно для пациентов с тяжелыми повреждениями мягких тканей, у которых остеосинтез выполнен в отсроченном порядке [173]. Кроме того, накостный остеосинтез в этих случаях по сравнению с БИОС имеет повышенные риски инфекционных осложнений и требует ограничений по проведению активной реабилитации в послеоперационном периоде [94, 172].

Таким образом, у 5 пациентов с высокоэнергетическими открытыми переломами II–III типа на первом этапе наряду с хирургической обработкой раны производили первичную стабилизацию отломков в аппаратах наружной фиксации.

Во всех этих случаях выполняли фасциотомию с целью профилактики компартмент-синдрома. В дальнейшем, после заживления ран, у всех пациентов произведена конверсия аппарата на блокируемый стержень.

ГЛАВА 5. ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С НЕБЛАГОПРИЯТНЫМИ ПОСЛЕДСТВИЯМИ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ

Лечение больных с неблагоприятными последствиями переломов костей предплечья (несращениями, ложными суставами, дефектами и посттравматическими деформациями) представляет крайне сложную задачу. Это связано с необходимостью применения длительной внешней иммобилизации после операции и ограничением активной реабилитации из-за риска развития нестабильности или усталостного перелома пластины. Неблагоприятным прогностическим фактором для восстановления функции сегмента являются и уже сформировавшиеся в ходе предшествующего неудачного лечения выраженные контрактуры.

Во всех случаях несращений хирургическое вмешательство должно быть направлено на восстановление анатомии, сохранение кровоснабжения отломков и стабильную фиксацию, восстановление взаимоотношений между лучевой и локтевой костями с сохранением физиологической кривизны для максимального восстановления функции.

Для успешного выполнения традиционно используемого кортикального остеосинтеза необходимо иметь достаточный выбор фиксаторов (пластин, винтов) и педантично следовать технологии остеосинтеза, используя соответствующий инструмент. Несмотря на то, что современные техники накостного остеосинтеза позволяют получить достаточно стабильную фиксацию с возможностью восстановления анатомии кости, одним из основных недостатков этих методик является сложность контроля угловых смещений, при которых происходит нарушение биомеханики и процессов заживления перелома. Кроме того, операция накостной фиксации, предпринятая в поздние сроки после получения травмы, неизбежно сопровождается обширным рассечением мягких тканей с нарушением периостального кровоснабжения, риском повреждения сосудисто-нервных структур, формирования синостоза и развития инфекционных осложнений –

особенно в зонах с малым количеством мягких тканей над костью, в частности, над локтевой.

Проведение активной реабилитации, которая так необходима при лечении осложнений переломов костей предплечья, при накостном остеосинтезе представляет собой высокий риск развития несостоятельности фиксации и даже переломов имплантов, что было показано в Главе 3.

Сложно обеспечить стабильность фиксации, позволяющей проведение максимально ранней реабилитации без риска развития несостоятельности и перелома имплантата. При использовании аутотрансплантатов их ассимиляция с материнским ложем происходит в период от 4 до 6 мес. Конструкция должна качественно выполнять свою функцию в течение всего этого срока при условии проводимого активного восстановительного лечения.

При лечении в АНФ чрескостные элементы аппарата также препятствуют полноценному проведению восстановительного лечения.

Высокий процент неудовлетворительных функциональных результатов по данным литературы при лечении несросшихся переломов костей предплечья побудили нас к поиску новых решений в лечении этой сложной патологии. Требуется поиск способов лечения, позволяющих начать реабилитацию в кратчайшие сроки после операции, не дожидаясь сращения, с целью получения максимального функционального результата.

Мы сформулировали следующие принципы лечения таких пациентов:

- восстановление анатомических взаимоотношений лучевой и локтевой костей (восстановление длины и физиологической кривизны костей, устранение всех видов смещений, восстановление анатомии радиоульнарных суставов);
- создание оптимальных биологических условий для сращения – замещение дефектов костей, проведение костной пластики;
- обеспечение стабильной фиксации костных фрагментов, что позволит провести раннее активное восстановление функции сегмента;
- стимуляция остеорепаляции.

5.1. Характеристика наблюдений

Нами прооперированы 22 пациента с неблагоприятными последствиями лечения переломов костей предплечья в виде несращений, ложных суставов и дефектов, деформаций, в том числе в двух случаях – с переломовывихами.

Переломы обеих костей предплечья отмечены у 8 человек, одной из костей – у 14 (Рисунок 5.1).

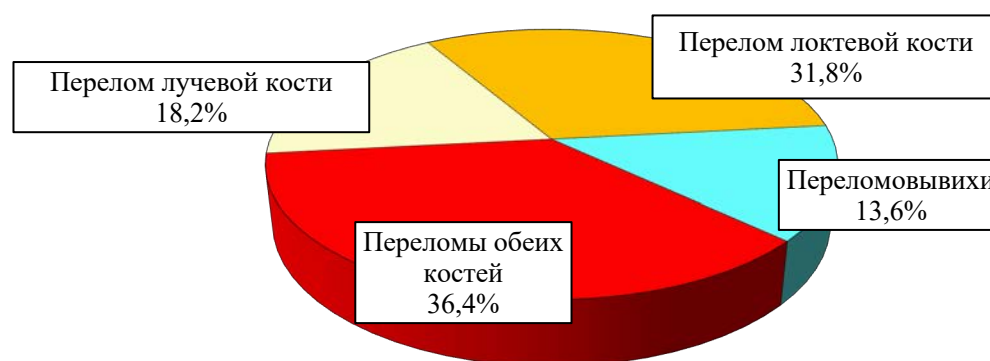


Рисунок 5.1 – Локализация переломов

Таким образом, имелось 30 осложнений переломов у 22 больных. Возраст пациентов был от 19 до 76 лет, средний возраст составил $40,6 \pm 3,2$ лет.

Наибольшее количество неблагоприятных последствий – 14 (63,7%), развилось после первично выполненного накостного остеосинтеза, причем ни в одном случае после операции у этих пациентов не использовали дополнительную внешнюю иммобилизацию (Таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Лечение, предшествующее развитию осложнений

Причины осложнений		Кол-во	
Консервативное лечение		2 (9,1%)	
Накостный остеосинтез без внешней иммобилизации (n = 14)	Перелом пластины	4 (18,2%)	14 (63,7%)
	Нестабильность остеосинтеза	6 (27,3%)	
	Рефрактура после удаления фиксатора	2 (9,1%)	
	Периимплантные переломы на фоне несросшихся первичных переломов	2 (9,1%)	

Продолжение Таблицы 5.1

Причины осложнений		Кол-во	
Чрескостный остеосинтез (n = 3)	Как окончательный вариант фиксации	1 (4,5%)	3 (13,6%)
	С конверсией в накостный остеосинтез	2 (9,1%)	
Интрамедуллярный остеосинтез без блокирования		3 (13,6%)	
ВСЕГО		22 (100%)	

5.2. Принципы лечения пациентов с неблагоприятными последствиями переломов

Во всех 22 случаях была выполнена реконструкция поврежденного сегмента. Размеры дефектов составили от 1 до 4 см.

Нами были разработаны и запатентованы оригинальные хирургические методики (заявка №2006119595, бюллетень № 36 от 27.12.2007 г.; Патент RU 2555117 С1; Патент RU 2577937 С1), с помощью которых можно лечить практически все ложные суставы, дефекты и несращения переломов костей предплечья. Способы лечения заключаются в выполнении костной пластики трикортикально-губчатым ауотрансплантатом, взятым из гребня подвздошной кости, который устанавливали в дефект между отломками и фиксировали блокируемым стержнем, проходящим в его губчатом слое.

Отличие методик состоит в способах обработки концов отломков и трансплантата, о чем подробнее будет сказано ниже.

Метод БИОС обеспечивал стабильную фиксацию, позволяющую отказаться от дополнительной внешней иммобилизации и начать движения во всех суставах с мелкой бытовой нагрузкой сразу после операции. Это особенно важно, так как у этих больных, как правило, реконструктивной операции предшествовала длительная иммобилизация с нарушением ротации предплечья и развитием выраженных контрактур в смежных суставах.

Основным противопоказанием к применению разработанных методов лечения является узкий (менее 4 мм в диаметре) костномозговой канал, что не позволяет провести блокируемый стержень. В то же время, необходимо отметить, что при осложненных переломах костей предплечья диаметр

костномозгового канала, как правило, достаточен для имплантации стержня. Потеря костной массы вследствие предшествующей иммобилизации сегмента и снижения функциональной нагрузки приводит к увеличению диаметра костномозгового канала. Кроме того, эти методики неприменимы при местном остром инфекционном процессе и незакрытых зонах роста кости.

Предоперационное планирование

Предоперационное планирование является ключевым моментом в лечении неблагоприятных последствий переломов костей предплечья и включает определение сроков оперативного вмешательства, выбор оптимального метода фиксации, моделирование имплантатов для восстановления физиологической кривизны костей, определение очередности выполнения операций реконструкции костей, выбор оптимального остеозамещающего материала и метода анестезиологического пособия.

Сроки оперативного вмешательства

При осмотре обращали внимание на выраженность имеющихся контрактур в локтевом и кистевом суставах, степень ограничения ротационных движений, так как у этих больных в анамнезе нередко присутствует длительная внешняя иммобилизация. При наличии контрактур целесообразно устранение всех видов иммобилизации и проведение курса активного реабилитационного лечения от 2 до 8 недель, направленного на восстановление движений, несмотря на имеющиеся несращения и даже дефекты костей. В редких случаях для исключения выраженной патологической подвижности применяли иммобилизацию в пределах сегмента без захвата смежных суставов, что не препятствовало разработке движений.

Аналогичную тактику применяли и в отношении пациентов, у которых был наложен АНФ – аппарат снимали и проводили курс реабилитационного лечения. Цель подобной тактики – добиться максимального восстановления функции конечности после реконструкции сегмента, устранив значительную долю контрактур до операции. При этом облегчается и выполнение самой реконструктивной операции вследствие увеличения мобильности костных отломков.

При отсутствии контрактур (рефрактуры, несостоятельность накостного остеосинтеза, переломы пластин, деформации, периимплантные переломы) выполнение реконструкции необходимо произвести сразу после дообследования и проведения предоперационного планирования.

Выбор метода фиксации

В качестве вариантов фиксации переломов мы имели выбор между чрескостным компрессионно-дистракционным остеосинтезом, накостным остеосинтезом пластинами и блокируемым интрамедуллярным остеосинтезом.

- Чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез.

При всех своих достоинствах этот метод для лечения переломов костей предплечья является наименее функциональным, т. к. даже при условии достижения сращения костей не может с высокой долей вероятности обеспечить хорошее восстановление функции сегмента.

- Остеосинтез пластиной и винтами.

Накостный остеосинтез с фиксацией отломков и трансплантата на пластине с винтами (особенно на углостабильных имплантах) более функционален, но обладает жесткой фиксацией (отсутствие амортизации), что повышает риск формирования нестабильности и даже разрушения импланта при нагрузках. Кроме того, из всех возможных методов такие операции наиболее травматичны (необходимость обнажения отломков на большом протяжении, травмирование надкостницы, сверление отломков с формированием дырчатых дефектов), что нарушает кровоснабжение и негативно отражается на заживлении перелома. Все это при реабилитации может скомпрометировать результат реконструкции ввиду развития нестабильности или отсутствия ассимиляции трансплантата с материнским ложем. Поскольку ассимиляция трансплантата с материнским ложем и его перестройка продолжаются от 4 до 6 месяцев, проведение активного восстановительного лечения в ранние сроки после операции при этом виде фиксации связано с повышенным риском и не может быть рекомендовано.

- **Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез.**

БИОС является наиболее функциональным методом при минимальной операционной травме. Метод обеспечивает фиксацию с родственной стабильностью (*relative fixation*), т. е. модуль упругости имплантата приближается к модулю упругости интактной кости, что обеспечивает необходимую амортизацию и нивелирует риски несостоятельности фиксации. Механический аспект микроподвижности между отломками и трансплантатом положительно сказывается на остеогенезе и заживлении перелома. В связи с этим нами разработаны способы лечения, при которых в качестве фиксатора использован блокируемый стержень, проходящий через оба отломка и толщу губчатого слоя аутогтрансплантата. Такой вид фиксации трансплантата исключает возможность его миграции и придает дополнительную стабильность. Блокируемый стержень с винтами, проксимальный и дистальный отломки, а также аутогтрансплантат действуют как единая система, при этом практически исключены риски несостоятельности фиксации при раннем активном функциональном лечении.

Моделирование металлоконструкций

При подготовке к операции выполняли рентгенографию здорового предплечья, по данным которой производили моделирование блокируемого стержня согласно физиологической кривизне костей. Методика подробно описана в Главах 2 и 4. При моделировании стержня для лучевой кости целесообразно использовать небольшое избыточное изгибание с увеличением высоты кривизны на 3 мм. Это является стимулирующим фактором для формирования костной мозоли, поскольку при разработке ротационных движений микроподвижность между отломками за счет эластичности стержня и легкое натяжение межкостной мембраны способствуют процессам консолидации.

Репозиция

При лечении пациентов с осложнениями переломов (несращения, ложные суставы, деформации) в ходе операции выполняли открытую репозицию, что облегчает манипуляцию и обеспечивает необходимый контроль положения костных отломков. Исключение составляли только рефрактуры, когда операцию

выполняли в ранние сроки, и закрытая репозиция с адекватным сопоставлением костных фрагментов была возможна. При репозиции одинаково пристальное внимание уделяли устранению всех видов смещений: угловых, по ширине, длине и ротационных.

- Угловые смещения и смещения по ширине.

При правильном моделировании стержней в процессе их имплантации происходит автоматическое устранение смещений – угловых и по ширине.

- Ротационные смещения.

Устранению ротационных смещений при имплантации стержней необходимо уделять самое пристальное внимание. Поскольку при несросшихся переломах практически всегда проводили открытую репозицию с визуализацией костных отломков, контроль ротации был достаточно легко осуществим по положению межкостной мембраны и межкостному краю лучевой и локтевой костей – необходимо восстановить соответствие положения межкостного края одного отломка межкостному краю другого.

- Смещения по длине.

При реконструкции перед замещением дефектов измеряли их длину при максимальной ручной или аппаратной тракции отломков. Трансплантат изначально формировали на 2–3 мм длиннее имеющегося дефекта (чтобы, если трансплантат оказывался слишком длинным, при необходимости было возможно его укоротить). Первой реконструировали локтевую кость при максимальной ручной тракции для восстановления длины кости. Для измерения имеющегося дефекта на лучевой кости ориентиром служит взаимоотношение костей в дистальном радиоульнарном сочленении, т. е. длину трансплантата необходимо подбирать таким образом, чтобы при его имплантации соотношения в этом сочленении были восстановлены. Восстановление межкостных взаимоотношений приводит к нормализации биомеханики сегмента и способствует достижению хорошей функции.

Последовательность реконструкции костей

Ранее было сказано, что при хирургическом лечении «свежих» переломов обеих костей предплечья сначала осуществляли вмешательство на технически

более простом для реконструкции переломе, а потом – на более сложном. Однако такой подход неприменим для реконструкции осложнений переломов, где вмешательство осуществляли в три этапа, начиная реконструкцию с локтевой кости.

- Первый этап – мобилизация отломков обеих костей и релиз межкостной мембраны.
- Второй этап – реконструкция локтевой кости с восстановлением ее физиологического изгиба. После анатомического восстановления локтевой кости она оказывает шинирующее действие, что упрощает манипуляции на лучевой кости.
- Третий этап – реконструкция лучевой кости также с обязательным восстановлением ее физиологического изгиба. На этом этапе необходимо выравнивание костей по длине, для чего ориентиром служит взаимоотношение костей в дистальном радиоульнарном сочленении.

5.3. Инновационные методы лечения пациентов с осложнениями переломов костей предплечья

Принципы замещения костных дефектов

Для успешного замещения дефектов костей необходимо выполнение следующих условий:

- Выбор остеозамещающего материала с наиболее выраженными остеоиндуктивными и остекондуктивными свойствами.
- Максимальный контакт трансплантата с материнским ложем.
- Стабильность фиксации трансплантата и отломков.

Соблюдение этих условий является «краеугольным камнем» лечения пациентов с осложнениями переломов костей предплечья, когда приходится одновременно решать, казалось бы, противоположные задачи – с одной стороны, обеспечить максимальный «покой» костного трансплантата на все время его ассимиляции, а с другой – применить максимально раннюю активную

реабилитацию с восстановлением амплитуды движений и физиологической нагрузкой на оперированный сегмент.

При замещении дефектов костей используют различные материалы: аутотрансплантаты, аллотрансплантаты (в т. ч. лиофилизированные), ксенотрансплантаты, биоимпланты (углеродные, никелид титана и т. д.). При выборе остеозамещающего материала в первую очередь следует рассматривать его остеоиндуктивные и остеокондуктивные свойства.

Наилучшим материалом, который обладает необходимыми остеоиндуктивными и остеокондуктивными свойствами, по мнению многих специалистов, является аутотрансплантат из гребня подвздошной кости, использование которого дает возможность максимального анатомо-физиологического восстановления дефекта. Размеры такого аутотрансплантата соответствуют размерам костей предплечья, и он имеет с трех сторон кортикальную кость с полноценной губчатой костью в толще, в связи с чем его можно назвать «трикортикально-губчатым».

Обеспечение максимального контакта аутотрансплантата с материнским ложем является необходимым условием для его ассимиляции.

Вопросы обеспечения максимально стабильной фиксации костных фрагментов подробно разбирались выше, и предпочтение отдано методу БИОС [90, 124]. Использовали блокируемые стержни для костей предплечья диаметром от 4 до 6 мм производства фирмы “Chm” (Польша), которые имеют по 2 отверстия под блокирующие винты дистально и проксимально, что позволяет обеспечить ротационную и осевую стабильность отломков.

Оригинальные методики костной пластики, примененные в лечении пациентов

Инновационные решения заключаются в способах моделирования трикортикально-губчатого аутотрансплантата из гребня подвздошной кости с обеспечением максимального контакта между аутотрансплантатом и костными отломками [174, 176].

- Первый способ.

На способ принята заявка: «Способ лечения псевдартрозов и дефектов костей предплечья» № 2006119595 от 05.06.2006, бюллетень № 36 от 27.12.2007 г.

Способ заключается в экономной резекции концов отломков пилой Джигли или осцилляторной пилой с внедрением в образовавшийся дефект трансплантата с плоскими контактными поверхностями (Рисунок 5.2).

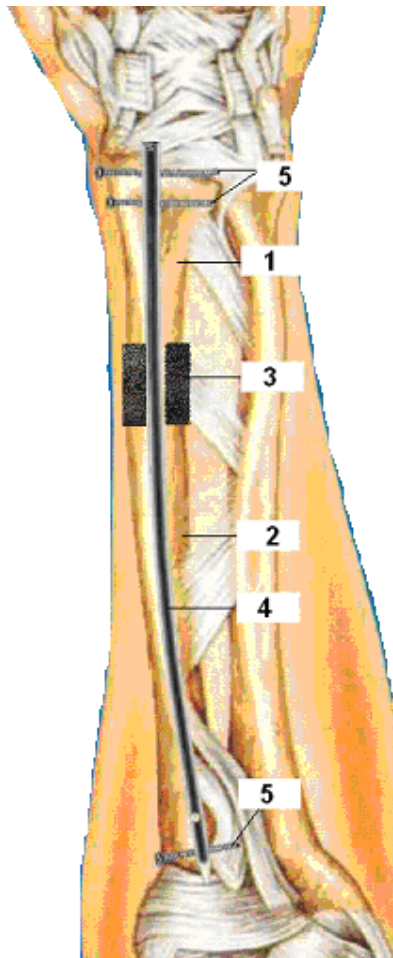


Рисунок 5.2 – Схема первого способа костной пластики при лечении псевдартрозов и дефектов костей предплечья:

- 1 – дистальный отломок, 2 – проксимальный отломок, 3 – трансплантат,
4 – интрамедуллярный стержень, 5 – блокирующие винты

В то же время данный способ не всегда позволяет обеспечить максимальный контакт материнского ложа отломков и трансплантата за счет возможных «перекосов» и несоответствия торцевых поверхностей. Это послужило основанием для разработки второго и третьего способов.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (19) **RU** (11) **2006 119 595** (13) **A**
(51) МКК
A61B 17/56 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

(21), (22) Заявка: 2006119595/14, 05.06.2006
(43) Дата публикации заявки: 27.12.2007 Бюл. № 36
Адрес для переписки:
191104, Санкт-Петербург, пр. Литейный, 56,
СПб ГМБ, С.Н. Черняву

(71) Заявитель(и): Неверов Валентин Александрович (RU), Черняев Сергей Николаевич (RU), Хромов Александр Анатольевич (RU)	RU 2006119595A
(72) Автор(ы): Неверов Валентин Александрович (RU), Черняев Сергей Николаевич (RU), Хромов Александр Анатольевич (RU), Шебаршов Александр Львович (RU), Егоров Константин Сергеевич (RU), Кравченко Игорь Николаевич (RU), Щеглов Алексей Дмитриевич (RU)	

(54) СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ПСЕВДОАРТРОЗОВ И ДЕФЕКТОВ КОСТЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ

(57) Формула изобретения
Способ лечения псевдартрозов и дефектов костей предплечья, включающий использование костной пластики в сочетании с интрамедуллярным металлостеосинтезом, отличающийся тем, что после декортикации и выделения концов отломков из рубцовой ткани, краевой резекции их в поперечном направлении и получения максимальной площади соприкосновения аутотрансплантата с костью, вскрытия и рассверливания костно-мозговых каналов, производят открытую репозицию отломков с измерением имеющегося дефекта между ними, после этого проводят забор аутотрансплантата из гребня подвздошной кости соответствующего размера, в губчатом слое которого формируют канал, затем после открытой репозиции и внедрения трансплантата между отломками производят интрамедуллярный металлостеосинтез моделированным по рентгенограммам здорового предплечья блокируемым стержнем, при этом стержень внедряют в костно-мозговые каналы обоих отломков и в сформированном канале аутотрансплантата, создают компрессию между отломками и трансплантатом, обеспечивая дополнительную стабильность при максимальном соприкосновении, в заключительном этапе операции проводятся блокирующие винты через оба кортикальных слоя и отверстия в стержне дистально и проксимально с использованием электронно-оптического преобразователя.

Страница: 1

- Второй способ.

На способ получен Патент РФ на изобретение: «Способ костной пластики при лечении псевдартрозов и дефектов костей предплечья» RU 2555117 C1 [111].

Способ заключается в том, что торцевые поверхности отломков костей предплечья и трансплантата обрабатываются сферическими фрезами для увеличения площади соприкосновения и центрирования отломков с дальнейшим созданием компрессии между ними. Такая обработка торцов отломков и трансплантата обеспечивает дополнительную стабильность и увеличивает контакт за счет сферичности торцевых поверхностей (Рисунок 5.3).



Рисунок 5.3 – Схема второго способа костной пластики при лечении псевдартрозов и дефектов костей предплечья:

- 1 – дистальный отломок, 2 – проксимальный отломок, 3 – трансплантат,
4 – интрамедуллярный стержень, 5 – блокирующие винты,
6 – зоны контакта трансплантата с материнским ложем

- Третий способ.

На способ получен Патент РФ на изобретение: «Способ костной пластики при лечении несращений, ложных суставов и дефектов костей» RU 2577937 С1 [112].

Способ заключается в том, что трансплантат формируют на 4–6 мм длиннее дефекта, и на его торцевых поверхностях производят резекцию кортикального слоя кости по 2–3 мм с каждой стороны. После открытой репозиции и внедрения трансплантата между отломками достигается полный контакт кости с трансплантатом за счет сминания губчатого слоя его торцов, так как отсутствует «распорка» в виде кортикальной пластинки на нем. Далее производят БИОС, создавая компрессию с обеспечением дополнительной стабильности при максимальном контакте за счет «вколоченности» торцевых поверхностей трансплантата в отломки (Рисунок 5.4).

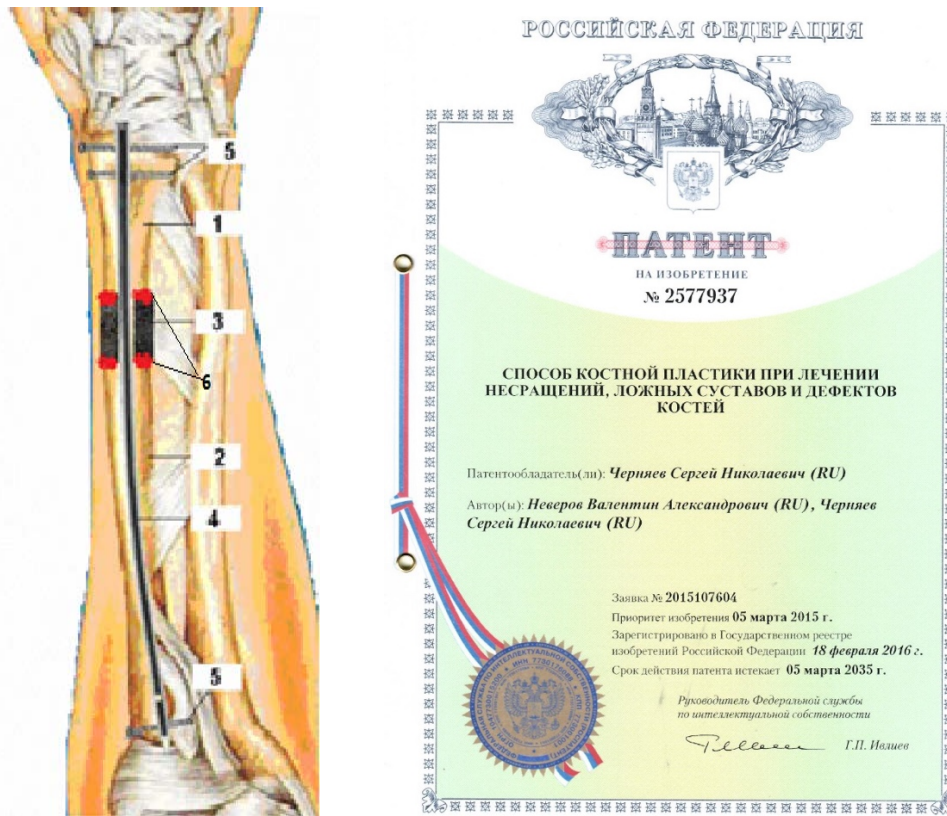


Рисунок 5.4 – Схема третьего способа костной пластики при лечении псевдоартрозов и дефектов костей предплечья: 1 – дистальный отломок, 2 – проксимальный отломок, 3 – трансплантат, 4 – интрамедуллярный стержень, 5 – блокирующие винты, 6 – зоны сминания губчатого слоя трансплантата (самоадаптация) в месте контакта с материнским ложем

Во всех случаях при блокировании вводили по 2 винта с каждой стороны стержня, так как при установке одного винта может развиваться ротационная нестабильность отломков в несколько градусов, что приведет к несращению перелома.

Техника операции реконструкции

Операцию выполняли в положении больного лежа на спине с отведенной и согнутой рукой в локтевом суставе. Манипуляции проводили в строгой последовательности в соответствии с разработанным алгоритмом (Рисунок 5.5).



Рисунок 5.5 – Алгоритм последовательности действий при реконструктивных операциях на костях предплечья

- Доступ к зоне перелома.

В большинстве случаев требуется ревизия зоны перелома. Исключением могут быть некоторые случаи рефрактур после удаления наkostных фиксаторов. Выполняли доступ длиной 7–10 см к зоне патологии (ложного сустава, дефекта, деформации). Более подробно особенности хирургических доступов к локтевой и лучевой костям описаны в Главе 4.

- Периостальная декорткация.

Выполнение периостальной декорткации является важной манипуляцией восстановления биологических условий консолидации при осложнениях переломов любой локализации. Технически эту манипуляцию выполняли острым долотом, которым отслаивали надкостницу в зоне патологически измененной костной ткани вместе с фрагментами кортикальной кости на ней. Такой прием дает хороший остеиндуктивный эффект.

- Релиз межкостной мембраны.

Рубцовый процесс в зоне несросшегося перелома приводит к изменению межкостной мембраны. Для восстановления функции ротации необходимо произвести ее релиз с рассечением рубцовых спаек. Кроме того, эта манипуляция помогает визуализировать место прикрепления мембраны к кости, которое служит ориентиром для восстановления ротационных взаимоотношений периферического и центрального отломков. Расправление межкостной мембраны также положительно сказывается на восстановлении трофики мягких тканей.

- Экономная резекция торцов отломков с удалением патологически измененной (склерозированной) костной ткани.

Этот этап операции крайне важен с целью восстановления биологических условий для сращения кости. Известно, что при исследовании микроциркуляции поврежденного сегмента конечности у пациентов с разными видами ложных суставов в большинстве случаев обнаруживают ее нарушения различной степени выраженности. Исходя из этого, нарушение микроциркуляции считают одной из главных причин нарушения консолидации. С другой стороны, как показывает опыт, при выполнении хирургического вмешательства плотные, фиброзно измененные

ткани в зоне ложного сустава при мобилизации всегда интенсивно кровоточат, тогда как магистральные сосуды при их выделении для подготовки к микроанастомозированию имеют низкую интенсивность кровотока. Нарушение микроциркуляции поврежденного сегмента конечности как элемент нейродистрофического синдрома при ложном суставе не является главным фактором, препятствующим костному сращению патологически измененных отломков. В условиях стабильной фиксации и удовлетворительного стояния костных отломков плохие исходы лечения находятся в прямой связи с выраженностью склероза костной ткани в зоне ложного сустава. В подобной ситуации, с одной стороны, существенно снижается перфузия крови в кости при высокой компактизации последней, а с другой — значительно увеличивается время резорбции и перестройки патологически измененной костной ткани в процессе сращения отломков. В таких условиях ключевым звеном эффективности сращения кости при ложных суставах становится воздействие на патологически измененную склерозированную костную ткань с целью уменьшения ее объема в сочетании с локальным стимулирующим воздействием на остеогенез для ускорения и оптимизации репаративных процессов.

- Рассверливание костномозгового канала.

Рассверливание костномозгового канала при реконструкции костей предплечья не составляет труда, поскольку производится «с перелома» и преследует две цели. Первая – подготовка канала к имплантации стержня. Вторая – улучшение эндостального кровоснабжения вдоль стержня, хотя сам по себе интрамедуллярный остеосинтез, безусловно, снижает его значение. Одним из приемов, направленным на улучшение эндостального кровоснабжения, может быть так называемая эндостальная декортикация с торцов отломков при помощи малого желобоватого долота, которым скалывают частички кортикальной кости, прилежащие к костномозговому каналу.

- Измерение дефектов костей.

После описанных выше манипуляций кости подготовлены к замещению дефектов. Далее, при помощи максимальной ручной или аппаратной тракции

растягивали отломки и измеряли длину образовавшихся дефектов при помощи линейки.

- Забор костного аутотрансплантата из гребня подвздошной кости.

Для взятия костного аутотрансплантата выполняли разрез вдоль гребня подвздошной кости, отступив 2 см кзади от передне-верхней ости. Послойно рассекали кожу, подкожно-жировую клетчатку с обнажением гребня подвздошной кости. Далее производили скелетирование гребня с использованием электроножа. Сухожильную ткань мышц брюшной стенки брали на держалки и отводили медиально, а сухожильную ткань *m. gluteus maximus* – латерально (Рисунок 5.6).

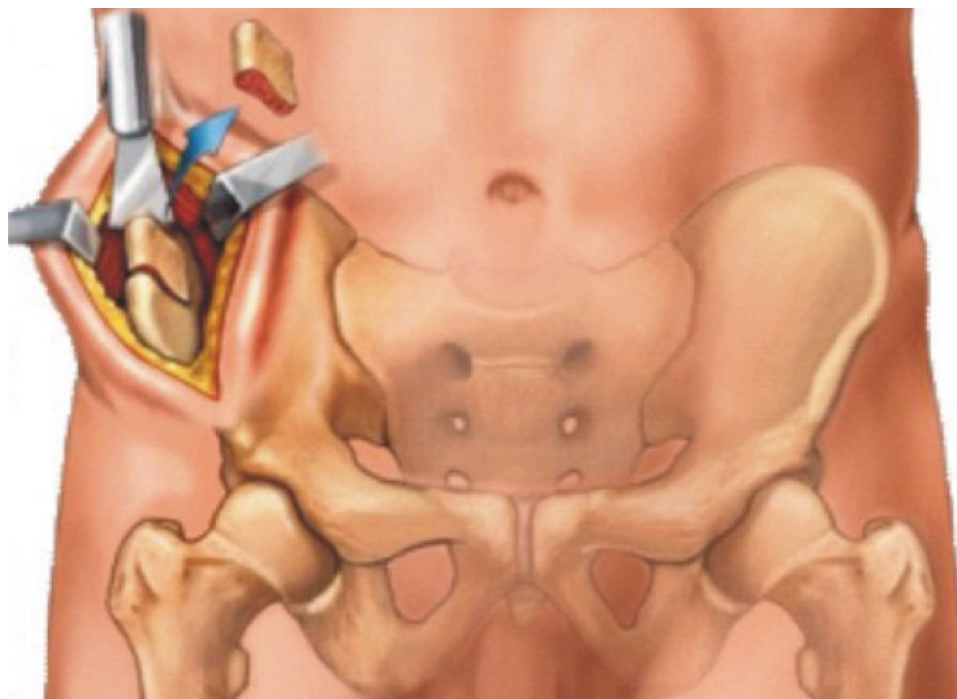


Рисунок 5.6 – Схема забора костного аутотрансплантата из гребня подвздошной кости

Метками устанавливали необходимую длину аутотрансплантата, который должен быть больше на 5–6 мм имеющегося дефекта(ов) в соответствии с разработанной нами методикой (способ № 3). От передне-верхней ости необходимо отступить минимум 2 см во избежание повреждения латерального кожного нерва бедра и глубокой артерии, огибающей подвздошную кость. Кроме того, передне-верхняя ость является местом прикрепления паховой складки и портняжной мышцы, что диктует необходимость сохранения этого анатомического

образования. При остеотомии с отступом менее 2 см от передне-верхней ости может в дальнейшем произойти ее отрывной перелом, что повлечет за собой неблагоприятные последствия. Забор трикортикально-губчатого трансплантата лучше всего осуществлять осцилляторной пилой с малыми лезвиями, при отсутствии ее – долотом, при этом остеотомию следует выполнять строго перпендикулярно гребню.

- Подготовка торцов отломков и трансплантата.

После забора трансплантата его тщательно очищали от мягких тканей и окончательно подгоняли его длину в соответствии с имеющимся дефектом. Трансплантат формировали на 2–3 мм длиннее дефекта для его плотной посадки после имплантации. При этом имеется возможность коррекции его длины, что необходимо для исключения ошибки (формирования слишком короткого трансплантата), способной скомпрометировать результат всей операции.

В толще губчатого слоя трансплантата сверлом диаметром на 1–1,5 мм меньше, чем диаметр стержня, строго центрированно формировали канал для будущего прохождения стержня. Далее при использовании 2-го и 3-го разработанных нами способов обрабатывали торцы отломков и трансплантата: при втором способе сферическими фрезами, при третьем – выполняли резекцию кортикального слоя кости трансплантата с торцов на 2–3 мм с сохранением губчатой кости при помощи костных кусачек типа Люэра (при этом трансплантат должен быть длиннее дефекта на 4–6 мм).

- Штифтование локтевой кости с замещением дефекта.

Выполняли продольный разрез кожи длиной около 1 см, проходящий выше верхушки локтевого отростка. Точка введения стержня находится на продолжении линии, проходящей через середину костномозгового канала, и локализована посередине верхней поверхности локтевого отростка (Рисунок 5.7).

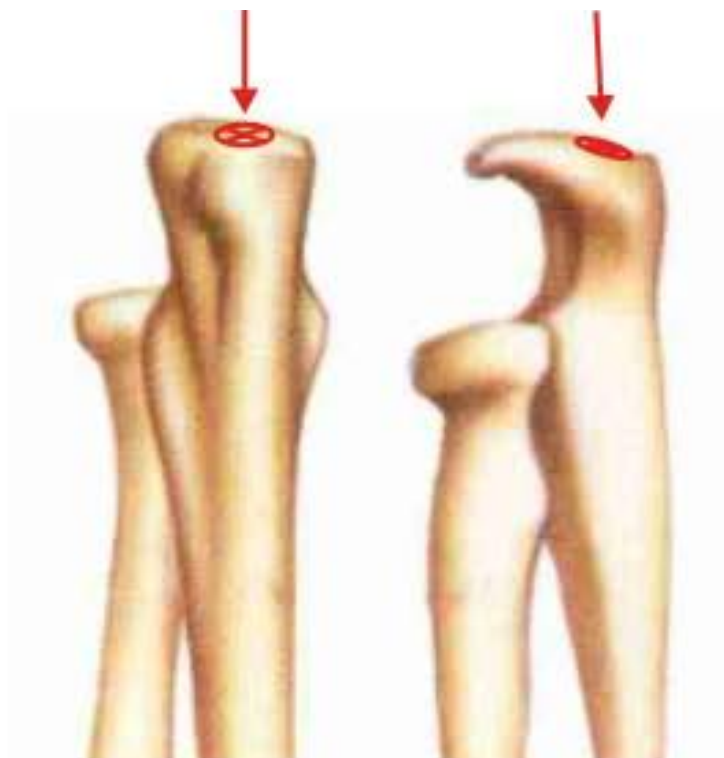


Рисунок 5.7 – Точка входа в костномозговой канал локтевой кости

Вход в костномозговой канал формировали шилом диаметром 6 мм, что соответствует диаметру основания стержня. Поскольку локтевая кость имеет физиологический изгиб с углом, открытым кнутри, при формировании входа в костномозговой канал шило направляли кнаружи примерно на $10-15^\circ$, что соответствует оси кости. Правильность формирования входа в костномозговой канал контролировали ЭОП. Затем заранее отмоделированный по рентгенограммам здорового предплечья стержень вводили с направителем в костномозговой канал и продвигали до выхода из центрального отломка. В дефект при максимальной тракции устанавливали подготовленный аутооттрансплантат, продвигая стержень сквозь его толщу в периферический отломок. За счет лигаментотаксиса и тяги мышц трансплантат зажимается между отломками. Тщательно контролировали ротационное положение отломков по отношению друг к другу, при этом оценивали соответствие положения межкостного края центрального и периферического отломков (место прикрепления межкостной мембраны).

После имплантации стержня необходимо еще раз проконтролировать ротационное положение отломков, поскольку это один из определяющих моментов

восстановления ротационной функции предплечья в дальнейшем. Физиологический изгиб восстанавливается, и угловые смещения устраняются самостоятельно при правильном моделировании стержня. Тем не менее, на этом этапе целесообразно выполнить ЭОП-контроль положения отломков, трансплантата и стержня, в том числе исключив выстояние стержня из локтевого отростка.

- Проведение блокирующих винтов в локтевой кости.

Дистальное блокирование локтевой кости выполняли методом «свободной руки» под контролем ЭОП с использованием в качестве сверлящего элемента 2 мм спицы. Сначала вводили один дистальный блокирующий винт. После его установки для увеличения стабильности выполняли дополнительную компрессию отломков и трансплантата путем «выбивания» стержня. Эту манипуляцию выполняли легкими, выбивающими стержень, ударами молотка по направлятелю при ручной компрессии отломков (тяга за направлятель с упором в заднюю поверхность плеча). После дополнительной компрессии выполняли проксимальное блокирование стержня по направлятелю двумя винтами. Последним вводили второй дистальный блокирующий винт, который располагали под 90° к первому. Такая последовательность необходима, поскольку при выведении второго отверстия в дистальной части стержня на экран ЭОП при наличии контрактур может произойти ротационное смещение отломков, если стержень не будет заблокирован проксимально. А проведение первым одного дистального блокирующего винта дает возможность дополнительной компрессии.

Необходимо отметить, что выполнение блокирования одним винтом с какой-либо стороны при осложненных переломах недопустимо, так как при этом может развиваться ротационная нестабильность отломков, что приведет к несращению.

- Штифтование лучевой кости с замещением дефекта.

Манипуляции, выполняемые при штифтовании на лучевой кости, идентичны применяемым на локтевой с некоторыми особенностями. Выполняли продольный разрез кожи длиной 1–1,5 см дистальнее бугорка Листера на 1,5–2 см; точка входа стержня располагается на крае суставной поверхности суставной фасетки

дистального отдела кости напротив бугорка Листера. Мягкие ткани расслаивали тупым методом до суставной фасетки для предотвращения повреждения поверхностной ветви *n. radialis* и сухожилий разгибателей, в первую очередь длинного разгибателя 1-го пальца. Для формирования входа в костномозговой канал использовали шило диаметром 6 мм, что соответствует диаметру основания стержня.

Правильность формирования входа в канал также контролировали с помощью ЭОП. Затем заранее отмоделированный по рентгенограммам здорового предплечья стержень вводили с направителем в костномозговой канал и продвигали до выхода из периферического отломка. В дефект лучевой кости при максимальной тракции устанавливали подготовленный аутотрансплантат, продвигая стержень сквозь его толщу в центральный отломок. За счет лигаментотаксиса и тяги мышц трансплантат зажимается между отломками. Оценивали положение межкостного края костей и межкостной мембраны для контроля ротационного соответствия отломков по отношению друг к другу.

- Контроль положения отломков, их взаимоотношений в дистальном радиоульнарном сочленении, трансплантата и стержня.

После имплантации стержня необходимо еще раз проконтролировать ротационное соответствие отломков. Физиологический изгиб восстанавливается, и угловые смещения устраняются самостоятельно при правильном моделировании стержня. Тем не менее, на этом этапе целесообразно выполнить ЭОП-контроль положения отломков, трансплантата и стержня (исключить его выстояние в лучезапястный сустав). Обязательно следует проконтролировать взаимоотношение костей в дистальном радиоульнарном сочленении.

- Проведение блокирующих винтов в лучевой кости.

Последовательность манипуляций при проведении блокирующих винтов на лучевой кости аналогична манипуляциям на локтевой кости в силу тех же причин, которые описаны выше. Сначала проводили один проксимальный блокирующий винт методом «свободной руки», после чего осуществляли дополнительную компрессию отломков и трансплантата методом «выбивания». Далее проводили

дистальные блокирующие винты через направитель, при этом винты вводили с наружной поверхности кости между каналом сухожилий длинной отводящей мышцы I пальца и короткого разгибателя I пальца и каналом лучевых разгибателей кисти.

В заключение проводили второй проксимальный блокирующий винт при максимальном увеличении изображения на экране. Это достигали включением функции увеличения изображения на панели управления ЭОП и максимальным приближением руки к излучателю, а не к приемнику. Направитель при этом использовали для манипуляций и контроля положения стержня. В качестве сверлящего элемента применяли гладкую спицу диаметром 2 мм, что предотвращает повреждение мягкотканых анатомических образований.

При дистальном блокировании необходим тщательный подбор длины винтов, чтобы они не выстояли в зоне радиоульнарного сочленения. Возможным неприятным моментом при блокировании является потеря винтов в мягких тканях. Для поиска винта мы рекомендуем зафиксировать винт под шляпкой нитью, после чего при «потере» винта его поиски и извлечение не составляют труда.

- Итоговый ЭОП-контроль и контроль ротации предплечья, движений в локтевом и кистевом суставах.

В конце операции выполняли рентгеноскопию для оценки положения отломков, трансплантатов, отсутствия выстояния стержней из костей, отсутствия импиджмента блокирующих винтов с соседней костью, особенно в дистальном радиоульнарном сочленении. При этом оценивали также амплитуду ротации предплечья и движений в смежных суставах.

Послеоперационное ведение

Реабилитационный протокол после выполнения БИОС подробно описан в Главе 4, и у пациентов данной группы не имел отличий. Он предусматривает отказ от внешней иммобилизации и движения во всех суставах с мелкой бытовой нагрузкой сразу после операции.

В то же время, особенности пациентов с нарушениями консолидации, развившимися контрактурами и установленным аутотрансплантатом определяли

наше повышенное внимание к малейшим признакам нестабильности фиксации, воспалительным реакциям. Следует учитывать, что на 2–4 сутки после реконструкции болевые ощущения должны значительно уменьшаться. Сохранение болевого синдрома может сигнализировать о различных нарушениях, что требует тщательной оценки клинической картины и данных лабораторных исследований.

Режим восстановления функции и движения определяли индивидуально, исходя из объема операции, типа патологии, особенностей соматического и локального статусов больного, биомеханических характеристик примененного метода. По-прежнему исходили из необходимости ранней разработки движений и восстановления функциональной нагрузки, однако с учетом индивидуальных особенностей пациентов при необходимости в стандартный алгоритм реабилитационных процедур вносили коррективы. После реконструкции по предложенным методикам ограничение нагрузки при проведении упражнений диктуется выраженностью болевого синдрома, т. е. разработку движений осуществляли до болевых ощущений. Внимание пациента направляли на восстановление активных движений, а также на пассивную разработку движений в суставах.

В случаях тяжелых контрактур функция конечности восстанавливалась к 4–6 мес. после операции. Контрольную рентгенографию повторяли через 2, 3, 6 и 12 мес. после операции. Независимо от сроков наступления ассимиляции и перестройки костного аутотрансплантата вопрос об удалении металлоконструкций рассматривали не ранее чем через 2,5 года после операции.

В обязательном порядке считали показанными к применению препараты, усиливающие процессы остеорепарации (остеогенон, анаболические стероиды, препараты кальция и витамина D) и ингибирующие костную резорбцию (бисфосфонаты – фосамакс, бонвива).

Анализируя особенности ведения и течения послеоперационного периода у пациентов 5-й группы, следует отметить, что применение разработанных и запатентованных методов с использованием блокируемого остеосинтеза обеспечивает максимальное восстановление функции конечности за счет

функциональности метода при минимальных рисках осложнений в виде несостоятельности фиксации и отсутствия ассимиляции трансплантата с материнским ложем, позволяет осуществить полную нагрузку на конечность и максимально восстановить функцию сегмента.

ГЛАВА 6. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ

Клинический материал представлен 330 пациентами, которым выполнено 330 операций. Из них свежие переломы диагностированы у 308 (93,3%) больных, и 22 пациента (6,7%) были с неблагоприятными последствиями лечения (несращения, ложные суставы, дефекты, деформации).

В 302 наблюдениях (91,5%) операции выполнены под эндотрахеальным наркозом, в 28 (8,5%) – под проводниковой анестезией.

В соответствии с разработанным алгоритмом использовали методики блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза и накостного кортикального остеосинтеза. При открытых переломах II–III типа по классификации Gustilo – Andersen, а также в случаях укусов животными или высокоэнергетической травмы выполняли временную фиксацию с помощью АНФ до заживления ран с последующей конверсией в погружной остеосинтез.

Анализ результатов проведенного лечения проводили в следующих группах пациентов:

- 1-я группа – переломы диафизов обеих костей предплечья (n = 88);
- 2-я группа – изолированные переломы диафиза лучевой кости (n = 90);
- 3-я группа – изолированные переломы диафиза локтевой кости (n = 81);
- 4-я группа – переломовывихи (Монтеджи и Галеацци) (n = 49);
- 5-я группа – неблагоприятные последствия проведенного лечения переломов костей предплечья (n = 22).

Кроме этого, проведен анализ результатов лечения пациентов с открытыми переломами, вошедших в указанные выше группы 1–4.

Оценку результатов проводили по следующим критериям:

- 1) Продолжительность операций.
- 2) Послеоперационный койко-день.
- 3) Оценка интенсивности боли по ВАШ в 1-е сутки после операции, через 1, 6 и 12 (конец наблюдения) месяцев.
- 4) Наличие неустраненных смещений отломков (ось, ротация).

- 5) Наличие сращения перелома.
- 6) Оценка ротационной функции предплечья.
- 7) Результаты анкетирования пациентов по шкале DASH.
- 8) Наличие осложнений.

6.1. Переломы диафизов обеих костей предплечья (1-я группа)

Общее количество пациентов – 88; женщин – 35 (39,8%), мужчин – 53 (60,2%). Возраст пациентов от 18 до 80 лет, средний возраст – $38,8 \pm 1,8$ лет.

При выборе фиксатора руководствовались разработанным алгоритмом, в соответствии с которым ведущим фактором являлся диаметр костномозгового канала. На основании данных проведенной лучевой диагностики диаметр костномозгового канала ≥ 4 мм выявлен у 66 пациентов (75,0%), а меньше 4 мм – у 22 (25,0%).

По характеру переломов в 39 случаях (44,3%) они соответствовали типу 2R2A+2U2A по классификации АО/ОТА (простые переломы), и у 49 (55,7%) пациентов – типам 2R2B/C+2U2B/C (оскольчатые и сложные). Сочетание этих факторов (ширина канала и тип перелома) определило выбор фиксаторов: 59 пациентам (67,0%) выполнен интрамедуллярный остеосинтез по методике БИОС, а 29 пациентам (33,0%) – накостный остеосинтез (Таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Выбор фиксаторов у пациентов 1 группы

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА (кол-во пациентов)		Все переломы
	Простые 2R2A+ 2U2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C+2U2B/C	
БИОС	22 (56,4%)	37 (75,5%)	59 (67,0%)
Пластина	17 (43,6%)	12 (24,5%)	29 (33,0%)
Всего	39 (100%)	49 (100%)	88 (100%)

В то же время, несмотря на широкий (≥ 4 мм) костномозговой канал, у 7 пациентов (10,6%) использована фиксация пластинами с винтами. При оскольчатых и сложных переломах обеих костей типа 2R2B/C+2U2B/C (n=26)

в 3 случаях (7,5%) это было обусловлено необходимостью фиксации отдельно лежащих отломков дополнительным винтом, а при простых переломах обеих костей типа 2R2A+ 2U2A (n = 40) – наличием у 4 пациентов (15,4%) короткого дистального отломка лучевой кости, так как применение стержней при этом связано с риском возникновения угловых деформаций (Таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Выбор фиксаторов для пациентов 1 группы при диаметре костномозгового канала ≥ 4 мм

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА (кол-во пациентов)		Все переломы обеих костей
	Простые 2R2A+ 2U2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C+2U2B/C	
БИОС	22 (84,6%)	37 (92,5%)	59 (89,3%)
Пластина	4 (15,4%)	3 (7,5%)	7 (10,7%)
Всего	26 (100%)	40 (100%)	66 (100%)

Средняя продолжительность операции при применении БИОС составила $94,3 \pm 4,1$ мин, а при накостном остеосинтезе – $103,2 \pm 5,8$ мин, что на 8,9 мин больше ($p < 0,01$). В то же время, эта разница, хотя и является статистически значимой, не имеет существенного клинического значения (Таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Средние значения продолжительности операции у пациентов 1 группы (мин)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА		Все переломы
	Простые 2R2A+ 2U2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C+2U2B/C	
БИОС	$89,2 \pm 6,7$	$98,1 \pm 5,1$	$94,3 \pm 4,1$
Пластина	$95,5 \pm 7,6$	$112,4 \pm 9,6$	$103,2 \pm 5,8$
Всего	$91,9 \pm 6,5$	$101,6 \pm 4,5$	$97,2 \pm 3,3$

Средние показатели послеоперационного койко-дня у пациентов после БИОС были статистически значимо меньше и составили 3,2 суток против 5,1 после накостного остеосинтеза ($p < 0,01$). Это объясняется большей травматичностью операции накостного остеосинтеза и необходимостью выполнения более широкого хирургического доступа, а также контролем за процессом заживления раны.

Эти же причины обусловили и более выраженный болевой синдром в первые сутки после накостного остеосинтеза: средние значения боли по 10-балльной шкале

ВАШ превысили аналогичные показатели у пациентов после БИОС на 0,52 балла ($p < 0,05$).

В то же время, следует отметить, что если после операции методом БИОС простых переломов (тип А) средние показатели болевого синдрома в первые сутки были существенно ниже (разница составила 1,24 балла, $p < 0,01$), то в случаях оскольчатых и сложных переломов (типов В и С) это преимущество практически отсутствовало (разница всего 0,54 балла). Это объясняется необходимостью осуществления открытого доступа для репозиции оскольчатых и сложных переломов при проведении интрамедуллярного фиксатора, тогда как при простых переломах интрамедуллярную фиксацию, как правило, удается выполнить «закрытым» способом.

В более отдаленные сроки по средним показателям боли отмечено статистически значимое ($p < 0,01$) преимущество метода БИОС – как в случаях простых переломов, так и в случаях оскольчатых и сложных (Таблица 6.4, Рисунок 6.1).

Таблица 6.4 – Средние значения болевого синдрома у пациентов 1 группы (баллы по ВАШ)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА								Все переломы			
	Простые 2R2A+ 2U2A				Оскольчатые и сложные 2R2B/C+2U2B/C							
	1-е сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1-е сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1-е сут	1 мес.	6 мес.	1 год
БИОС	4,04	1,20	0,36	0,10	3,87	1,82	0,32	0,15	3,93	1,59	0,34	0,13
Пластина	5,24	2,21	1,27	0,32	3,33	2,44	0,60	0,42	4,45	2,31	1,00	0,36
Всего	4,56	1,64	0,73	0,20	3,74	1,97	0,38	0,22	4,10	1,82	0,54	0,21

Отсутствие сближения средних показателей болевого синдрома через 1 месяц после операций, выполненных методами БИОС и накостного остеосинтеза, можно частично объяснить и четырьмя случаями остаточных смещений после фиксации переломов пластинами (13,8 %) – у 2 пациентов с простыми переломами и у 2 – с оскольчатыми и сложными.

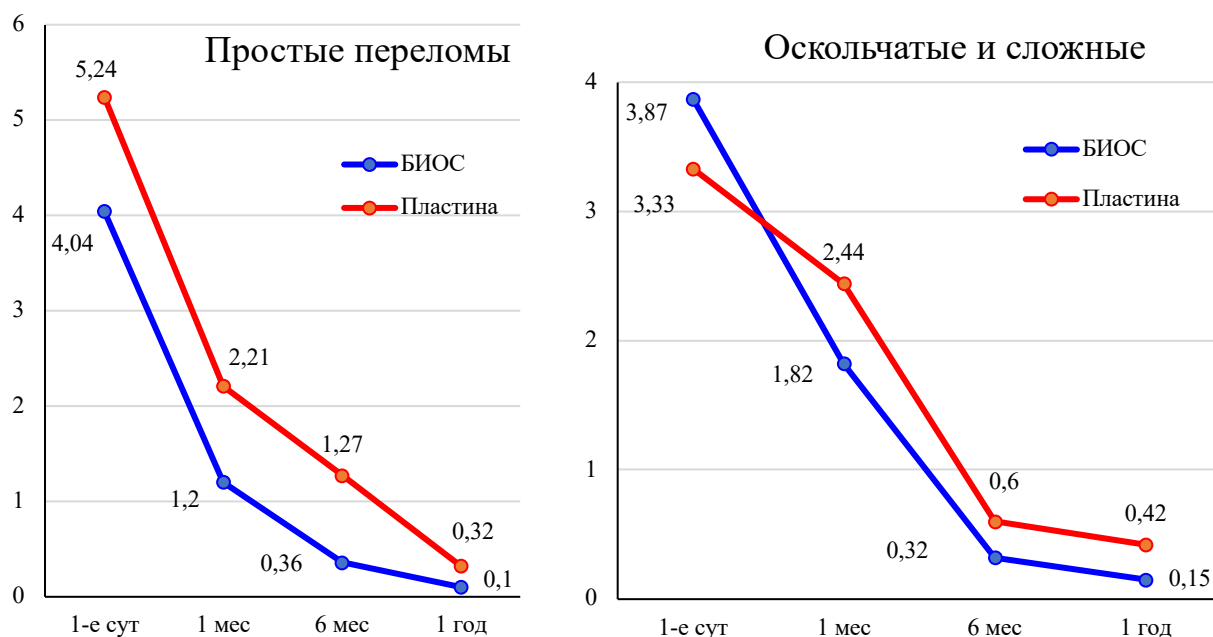


Рисунок 6.1 – Динамика средних значений болевого синдрома у пациентов 1 группы (в баллах по ВАШ)

Если после БИОС сращение наступило во всех наблюдениях, то у 4 пациентов после накостного остеосинтеза через 1 год после операции сращения не было (Таблица 6.5).

Таблица 6.5 – Сращение переломов через 1 год после операции у пациентов 1 группы (кол-во наблюдений)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА				Все переломы	
	Простые 2R2A+2U2A		Оскольчатые и сложные 2R2B/C+2U2B/C			
	Сращение	Несращение одной или обеих костей	Сращение	Несращение одной или обеих костей	Сращение	Несращение одной или обеих костей
БИОС	22 (100%)	0	37 (100%)	0	59 (100%)	0
Пластина	15 (88,2%)	2 (11,8%)	10 (83,3%)	2 (16,7%)	25 (86,2%)	4 (13,8%)
Всего	37 (94,9%)	2 (5,1%)	47 (95,9%)	2 (4,1%)	84 (95,5%)	4 (4,5%)

Одной из основных функций предплечья считали ротацию, восстановлению которой придавали большое значение. Ограничения ротации после сращения переломов костей предплечья – проблема, связанная с рядом объективных причин, подробно описанных в литературе, и показатели ротации после завершения лечения являются важным критерием его успешности. Считают, что ограничение

ротации до 50% может быть компенсировано при выполнении бытовых функций, а свыше 50 % – приводит к заметному снижению качества жизни.

В наших наблюдениях через 1 год после операции после накостного остеосинтеза ограничения ротации отмечены у 6 человек (20,7%), что больше, чем у пациентов после БИОС, на 12,2%, или в 2,4 раза ($p < 0,001$). При этом доля ограничений ротации более, чем на 50%, составила после накостного остеосинтеза 6,9% (Таблица 6.6).

Таблица 6.6 – Ограничения ротационной функции предплечья через 1 год после операции у пациентов 1 группы (кол-во наблюдений)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА				Все переломы	
	Простые 2R2A+ 2U2A		Оскольчатые и сложные 2R2B/C+2U2B/C			
	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%
БИОС (n=59)	3	3	2	0	5 (8,5%)	3 (5,1%)
Пластина (n=29)	4	1	2	1	6 (20,7%)	2 (6,9%)
Всего (n=88)	7	4	4	1	11 (12,5%)	5 (5,7%)

Анкетирование пациентов по функциональной шкале DASH показало, что при всех вариантах остеосинтеза средние результаты находятся в оценочном диапазоне «хорошо и отлично», однако после БИОС эти показатели лучше (Таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Средние показатели шкалы DASH через 1 год после операции у пациентов 1 группы (в баллах)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА		Все переломы
	Простые 2R2A+ 2U2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C+2U2B/C	
БИОС (n=59)	4,02±0,85	3,20±0,67	3,50±0,52
Пластина (n=29)	4,23±0,96	6,47±1,17	5,07±0,74
Всего (n=88)	4,10±0,63	3,84±0,57	3,96±0,42

Особенно заметна разница между функциональными результатами после БИОС и накостного остеосинтеза при лечении оскольчатых и сложных переломов,

составившая 3,27 балла (в 2,0 раза) в пользу БИОС, что является клинически и статистически значимым отличием ($p < 0,01$).

Анализ осложнений после выполненных операций показывает существенное преимущество метода БИОС, после выполнения которого осложнений отмечено в 2,8 раза меньше ($p < 0,01$), чем после накостного остеосинтеза (Таблица 6.8).

Таблица 6.8 – Количество осложнений после операции у пациентов 1 группы

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА		Все переломы
	Простые 2R2A+ 2U2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C+2U2B/C	
БИОС (n=59)	5 (8,5%)	0	5 (8,5%)
Пластина (n=29)	4 (13,8%)	3 (10,3%)	7 (24,1%)
Всего (n=88)	9 (10,2%)	3 (3,4%)	12 (13,6%)

После накостного остеосинтеза чаще встречались несращения – 4 случая (13,8 %). Причинами несращений явились неустраненные угловые смещения в 3 наблюдениях, что привело к нарушению взаимодействия костей, возникновению патологических сил и развитием нестабильности, и в одном случае – развитием глубокой инфекции в зоне операции. Остальные 3 осложнения составили: невропатия поверхностной ветви лучевого нерва (1 наблюдение); деформация кости (1 случай) и гетеротопическая оссификация, явившаяся причиной выраженной ротационной контрактуры (1 пациент).

После блокируемого остеосинтеза в 2 случаях имела место деформация кости (относительное укорочение лучевой кости и угловая деформация при локализации перелома в нижней трети лучевой кости) и в 2 случаях – ограничение ротации, причем в одном из них причиной явилась также гетеротопическая оссификация; еще в одном случае отмечена замедленная консолидация.

Клинический пример № 1 (БИОС, закрытая репозиция)

Пациент С., 19 лет, поступил в день получения травмы. После обследования диагностирован закрытый перелом обеих костей левого предплечья со смещением отломков: лучевая кость – А1 тип, локтевая кость – А1тип (Рисунок 6.2).



Рисунок 6.2 – Пациент С., рентгенограммы при поступлении

При поступлении выполнена закрытая ручная репозиция отломков под местной анестезией, гипсовая иммобилизация. После обследования на 5-е сутки после травмы выполнена операция: закрытый блокируемый остеосинтез обеих костей предплечья (Рисунок 6.3).



Рисунок 6.3 – Пациент С., рентгенограммы после операции

Моделирование стержней по рентгенограммам здорового предплечья в предоперационном периоде позволило в ходе операции восстановить кривизну обеих костей, полностью восстановив взаимоотношения лучевой и локтевой костей. В ближайшем послеоперационном периоде проведена реабилитация с восстановлением всех видов движений (Рисунок 6.4). При контрольной рентгенографии через 12 мес. констатирована полная перестройка костной мозоли в нормальную структуру (Рисунок 6.5). Боль – 0 баллов по ВАШ, оценка по шкале DASH – 2,5 балла («отлично»). Таким образом, точное восстановление физиологической кривизны и взаимоотношений между костными отломками привели к полному восстановлению функции сегмента и сращению костей.



Рисунок 6.4 – Пациент С., функциональный результат: пронация и супинация предплечья



Рисунок 6.5 – Пациент С., рентгенограммы через 12 мес. после операции

Клинический пример № 2 (БИОС, открытая репозиция)

Пациент В., 60 лет, поступил в день получения травмы. После обследования диагностирован закрытый оскольчатый перелом обеих костей правого предплечья в средней трети со смещением отломков: лучевая кость – В3 тип, локтевая кость – В2 тип. Механизм травмы – падение сосульки с крыши на руку. При поступлении выполнена закрытая ручная репозиция отломков под местной анестезией, гипсовая иммобилизация (Рисунок 6.6).



Рисунок 6.6 – Пациент В., рентгенограммы при поступлении

После дообследования и купирования отека на 7-е сутки после травмы выполнен блокируемый интрамедуллярный остеосинтез обеих костей предплечья (Рисунок 6.7). Интраоперационную репозицию проводили открыто ввиду оскольчатого характера перелома. Функция конечности полностью восстановлена через 4 нед. после операции (Рисунок 6.8). Через 12 мес. после операции на контрольных рентгенограммах констатирована перестройка костной мозоли в нормальную структуру (Рисунок 6.9). Боль – 0 баллов по ВАШ, оценка по шкале DASH – 0,8 балла («отлично»). Таким образом, открытая репозиция позволила избежать телескопического эффекта, точно восстановить физиологическую

кривизну костей, и, как следствие, восстановить биомеханику предплечья с полным восстановлением функции сегмента.

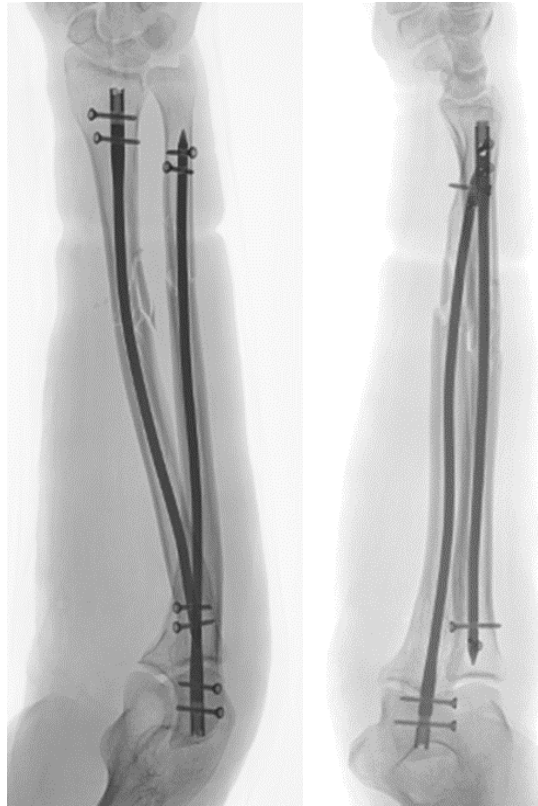


Рисунок 6.7 – Пациент В., рентгенограммы после операции



Рисунок 6.8 – Пациент В., функциональный результат: пронация и супинация предплечья



Рисунок 6.9 – Пациент В., рентгенограммы через 12 мес. после операции

Клинический пример № 3 (накостный остеосинтез)

Пациентка Х., 19 лет, поступила в день получения травмы, диагностирован закрытый перелом костей правого предплечья со смещением отломков: лучевая кость – С2 тип, локтевая кость – А3 тип (Рисунок 6.10).

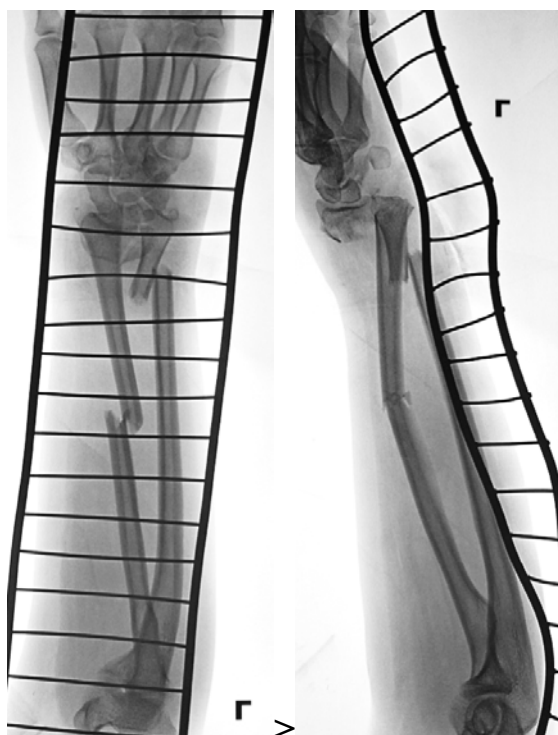


Рисунок 6.10 – Пациентка Х., рентгенограммы при поступлении

При поступлении выполнена закрытая ручная репозиция отломков под местной анестезией. После дообследования и купирования отека на 6-е сутки после травмы выполнен остеосинтез переломов пластинами с винтами (Рисунок 6.11). Выбор метода остеосинтеза обусловлен малыми размерами костей (диаметр костномозгового канала меньше 4 мм), а также локализацией одного из переломов лучевой кости в области дистального метафиза с коротким дистальным отломком. В послеоперационном периоде применяли внешнюю иммобилизацию гипсовой повязкой в течение 6 нед. Функция конечности восстановлена через 12 нед. после операции (Рисунок 6.12). На рентгенограммах через 6 мес. после операции констатировано сращение переломов (Рисунок 6.13). Через 1 год – болевой синдром – 0,4 балла по ВАШ, оценка по DASH – 4,6 балла («отлично»).



Рисунок 6.11 – Пациентка Х., рентгенограммы после операции

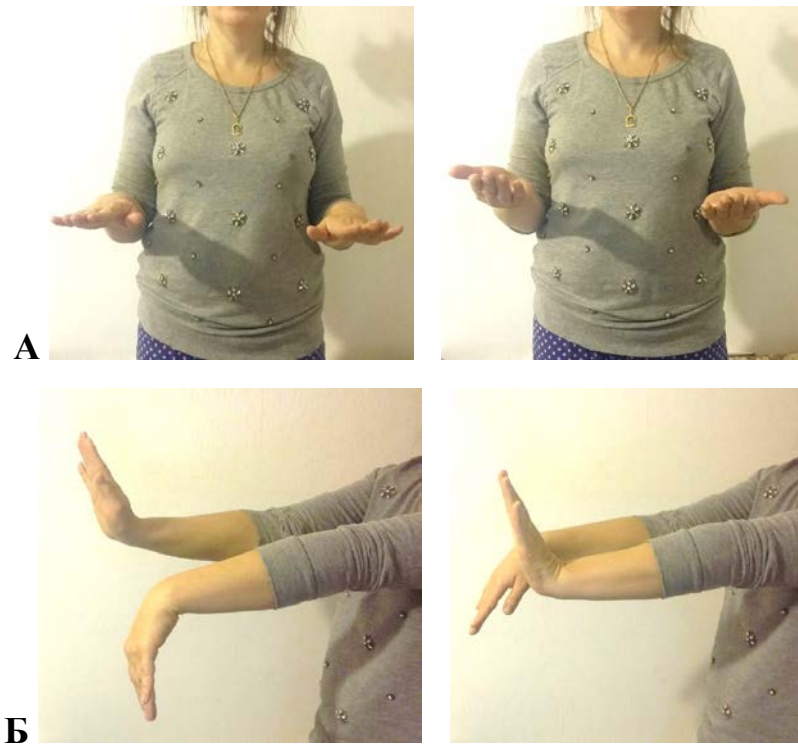


Рисунок 6.12 – Пациентка Х. через 12 нед.: пронация и супинация предплечья (А); сгибание и разгибание кисти (Б)

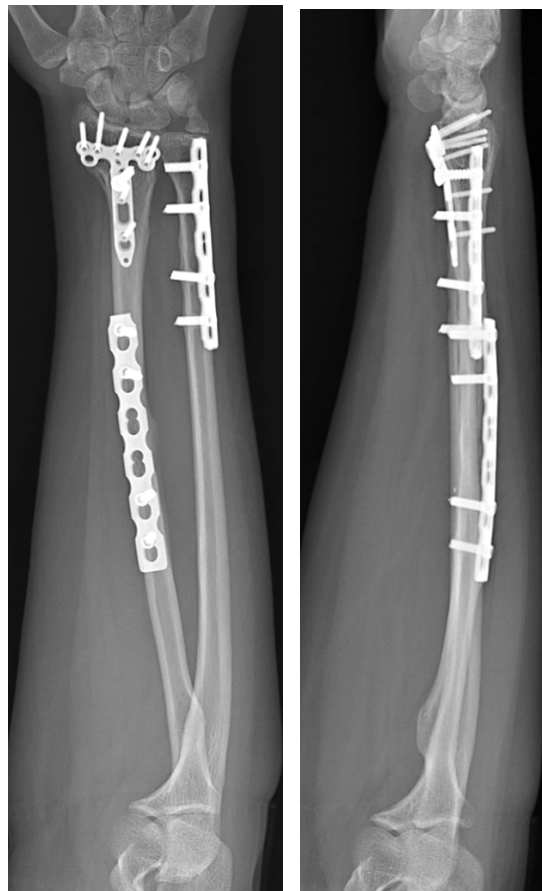


Рисунок 6.13 – Пациентка Х., на рентгенограммах переломы срослись

6.2. Изолированные переломы лучевой кости (2-я группа)

Общее количество пациентов – 90; женщин 32 (35,6%), мужчин 58 (64,5%).
Возраст пациентов от 18 до 74 лет, средний возраст – $37,9 \pm 1,7$ лет.

При выборе фиксатора руководствовались разработанным алгоритмом, в соответствии с которым ведущим фактором являлся диаметр костномозгового канала. На основании проведенной лучевой диагностики диаметр костномозгового канала ≥ 4 мм отмечен у 60 пациентов (66,7%), а меньше 4 мм – у 30 человек (33,3%).

По характеру переломов в 61 случае (67,8%) они соответствовали типу 2R2A по классификации АО/ОТА (простые переломы), и у 29 (32,2%) пациентов – типу 2R2B/C (оскольчатые и сложные). Сочетание этих факторов (ширина канала и тип перелома) определило выбор фиксаторов: 51 пациенту (56,7%) выполнен интрамедуллярный остеосинтез по методике БИОС, а 39 пациентам (43,3%) – накостный остеосинтез (Таблица 6.9).

Таблица 6.9 – Выбор фиксатора у пациентов 2 группы

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА (кол-во пациентов)		Все переломы
	Простые 2R2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C	
БИОС	32 (52,5%)	19 (65,5%)	51 (56,7%)
Пластина	29 (47,5%)	10 (34,5%)	39 (43,3%)
Всего	61 (100%)	29 (100%)	90 (100%)

В то же время, несмотря на широкий (≥ 4 мм) костномозговой канал, у 9 пациентов (15,0%) применена фиксация пластинами с винтами. Причины такого выбора фиксатора были аналогичны тем, что описаны для пациентов 1 группы: при оскольчатых переломах – необходимостью дополнительно фиксировать костный отломок винтом, а при простых переломах – коротким дистальным отломком лучевой кости, что создавало повышенный риск развития угловой деформации в случае выполнения БИОС (Таблица 6.10).

Таблица 6.10 – Выбор фиксатора для лучевой кости у пациентов 2 группы при диаметре костномозгового канала ≥ 4 мм

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА (кол-во пациентов)		Все изолированные переломы лучевой
	Простые 2R2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C	
БИОС	32 (82,1 %)	19 (90,5 %)	51 (85,0%)
Пластина	7 (17,9 %)	2 (9,5 %)	9 (15,0%)
Всего	39 (100 %)	21 (100 %)	60 (100%)

Средняя продолжительность операции при применении БИОС составила $70,2 \pm 4,6$ мин, а при накостном остеосинтезе – $76,8 \pm 5,3$ мин, что на 6,6 мин больше ($p < 0,05$). В то же время, эта разница, хотя и является статистически значимой, не имеет существенного клинического значения (Таблица 6.11).

Таблица 6.11 – Средние значения продолжительности операции у пациентов 2 группы (мин)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА		Все переломы
	Простые 2R2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C	
БИОС	$65,0 \pm 4,6$	$77,9 \pm 7,1$	$70,2 \pm 4,6$
Пластина	$71,5 \pm 6,2$	$81 \pm 10,5$	$76,8 \pm 5,3$
Всего	$68,4 \pm 4,3$	$82,8 \pm 6,2$	$73,4 \pm 3,5$

Средние показатели послеоперационного койко-дня у пациентов после БИОС были статистически значимо меньше и составили 3,1 суток против 4,5 после накостного остеосинтеза ($p < 0,05$). Это объясняется большей травматичностью операции накостного остеосинтеза и необходимостью выполнения более широкого хирургического доступа.

Средние показатели болевого синдрома в 1-е сутки после БИОС были при простых переломах ниже, чем после накостного остеосинтеза, а при оскольчатых и сложных – выше, что объяснялось необходимостью выполнения открытой репозиции. В то же время, через 6 мес. отмечена менее выраженная боль после БИОС – при простых переломах на 0,29 балла по ВАШ, и при оскольчатых и сложных переломах – на 1,42 балла ($p < 0,01$) (Таблица 6.12).

Таблица 6.12 – Средние значения болевого синдрома у пациентов 2 группы (баллы по ВАШ)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА								Все переломы			
	Простые 2R2A				Оскольчатые и сложные 2R2B/C							
	1-е сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1-е сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1-е сут	1 мес.	6 мес.	1 год
БИОС	3,69	1,00	0,42	0,05	5,32	1,32	0,63	0,08	4,28	1,12	0,49	0,06
Пластина	4,52	1,96	0,71	0,05	3,91	2,20	2,05	0,15	4,31	2,02	1,11	0,08
Всего	4,08	1,46	0,56	0,05	4,83	1,62	1,12	0,10	4,29	1,51	0,76	0,07

Сохраняющийся болевой синдром в отдаленные сроки после операции можно частично объяснить тремя случаями остаточных смещений (3,3%) после остеосинтеза пластиной – у 1 пациента с простым переломом и у 2 – с оскольчатыми.

К концу наблюдения (через 1 год) средние значения показателей боли у пациентов с простыми переломами после БИОС и накостного остеосинтеза были одинаковыми и означали практически полное отсутствие боли, а у пациентов с оскольчатыми и сложными переломами отмечено небольшое (на 0,07 балла) преимущество после операции БИОС (Рисунок 6.14).

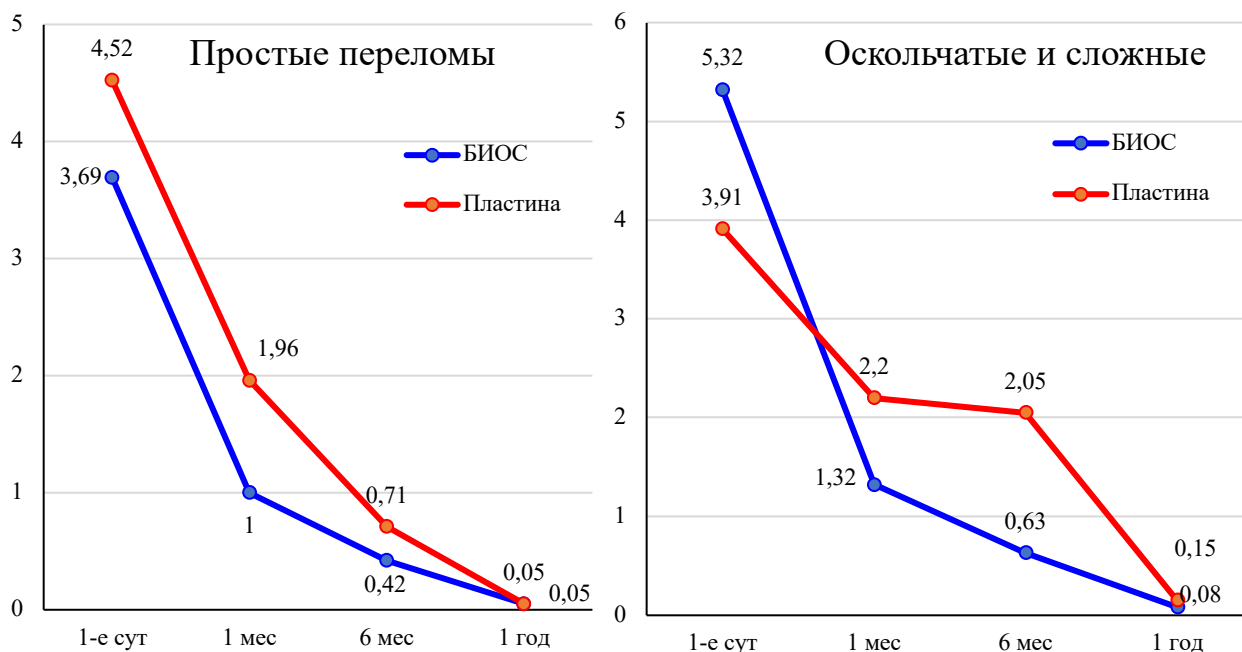


Рисунок 6.14 – Динамика средних значений болевого синдрома у пациентов 2 группы (в баллах по ВАШ)

Если после БИОС сращение наступило во всех наблюдениях, то у 1 пациентки после накостного остеосинтеза через 1 год после операции сращения не было, и в 2 наблюдениях произошла рефрактура после удаления накостных фиксаторов (Таблица 6.13).

Таблица 6.13 – Сращение переломов через 1 год после операции у пациентов 2 группы (кол-во наблюдений)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА				Все переломы	
	Простые 2R2A (n = 61)		Оскольчатые и сложные 2R2B/C (n = 29)			
	Сращение	Несращение	Сращение	Несращение	Сращение	Несращение
БИОС	32 (100%)	0	19 (100%)	0	51 (100%)	0
Пластина	27 (93,1%)	2 (6,9%)	9 (90%)	1(10%)	35 (92,1%)	3 (7,9%)
Всего	59 (96,7%)	2 (3,3%)	28 (96,6%)	1(3,4%)	87 (96,7%)	3 (3,3%)

Через 1 год после операции накостного остеосинтеза ограничения ротации отмечены у 8 человек (20,5%), что больше, чем у пациентов после БИОС, на 8,8% или в 1,8 раза ($p < 0,05$). При этом ограничений ротации более, чем на 50%, не отмечено (Таблица 6.14).

Таблица 6.14 – Ограничения ротационной функции предплечья через 1 год после операции у пациентов 2 группы (кол-во наблюдений)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА				Все переломы	
	Простые 2R2A (n = 61)		Оскольчатые и сложные 2R2B/C (n = 29)			
	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%
БИОС (n=51)	3	0	3	0	6 (11,7%)	0
Пластина (n=39)	3	0	5	0	8 (20,5%)	0
Всего (n=90)	6	0	8	0	14 (15,6%)	0

Анкетирование пациентов по функциональной шкале DASH показало, что при всех вариантах остеосинтеза средние результаты находятся в оценочном

диапазоне «хорошо и отлично», однако после БИОС эти показатели лучше (Таблица 6.15).

Таблица 6.15 – Средние показатели шкалы DASH через 1 год после операции у пациентов 2 группы (в баллах)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА		Все переломы
	Простые 2R2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C	
БИОС (n=51)	2,5±0,7	3,1±0,93	2,7±0,55
Пластина (n=39)	3,1±0,74	6,8±1,34	4,1±0,67
Всего (n=90)	2,8±0,51	4,3±0,77	3,26±0,44

Особенно заметна разница между функциональными результатами после БИОС и накостного остеосинтеза (в 2,2 раза) при лечении оскольчатых и сложных переломов, составившая 3,7 балла в пользу БИОС, что является статистически значимым отличием ($p < 0,01$).

Анализ осложнений после выполненных операций показывает существенное преимущество метода БИОС, после выполнения которого осложнений не отмечено, тогда как после накостного остеосинтеза таких случаев зафиксировано 6 (15,4 %) (Таблица 6.16).

Таблица 6.16 – Количество осложнений после операции у пациентов 2 группы

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА		Все переломы
	Простые 2R2A	Оскольчатые и сложные 2R2B/C	
БИОС (n=51)	0	0	0
Пластина (n=39)	3	3	6 (15,4%)
Всего (n=90)	3	3	6 (6,5%)

У 3 пациентов после накостного остеосинтеза отмечены неустранимые смещения. Кроме того, к осложнениям отнесены 2 случая рефрактур после удаления накостных фиксаторов и 1 случай несращения перелома, что, как мы считаем, было обусловлено большой травматичностью операции и биомеханическими особенностями накостного остеосинтеза.

Клинический пример № 4 (БИОС, закрытая репозиция)

Пациент В., 35 лет, поступил в день получения травмы с диагнозом: закрытый перелом левой лучевой кости в средней трети со смещением отломков, тип А3 (Рисунок 6.15). Попытка репозиции и гипсовая иммобилизация выполнены на догоспитальном этапе, репозиция не достигнута. В день поступления выполнено оперативное вмешательство – БИОС левой лучевой кости (Рисунок 6.16).



Рисунок 6.15 – Пациент В., рентгенограммы при поступлении

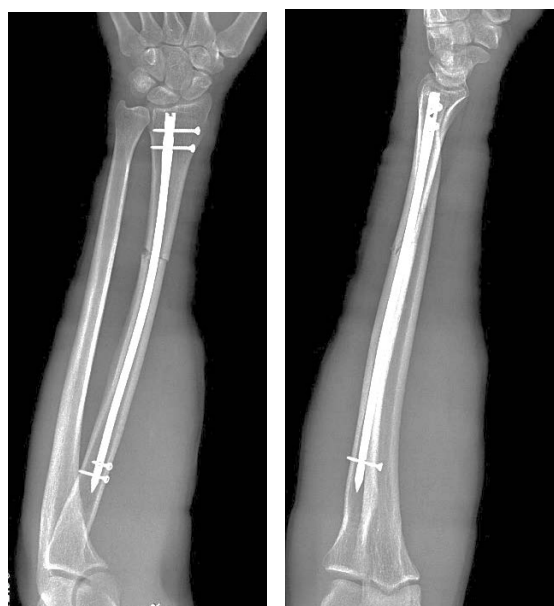


Рисунок 6.16 – Пациент В., рентгенограммы после БИОС

Стержень проведен без обнажения места перелома (Рисунок 6.17).



Рисунок 6.17 – Пациент В., внешний вид конечности сразу после операции

Бытовая нагрузка и реабилитация были разрешены сразу после операции, дополнительную внешнюю иммобилизацию не применяли.

Через 1 год после операции на рентгенограммах констатировано сращение перелома (Рисунок 6.18). Ротационная функция предплечья восстановлена полностью (Рисунок 6.19); оценка по шкале DASH 0,8 баллов.



Рисунок 6.18 – Пациент В., рентгенограммы через 1 год после операции



Рисунок 6.19 – Пациент В., ротационные движения предплечья (пронация и супинация) через 1 год

Таким образом, применение стабильного блокируемого остеосинтеза позволило начать активную реабилитацию сразу после операции, что позволило добиться сращения перелома и отличного функционального результата.

Клинический пример № 5 (накостный остеосинтез при широком костномозговом канале)

Пациентка Д., 40 лет, поступила в стационар в экстренном порядке с повторной травмой. В анамнезе 4 года назад выполнен кортикальный остеосинтез перелома дистального метаэпифиза лучевой кости с хорошим функциональным результатом. При падении произошел закрытый перимплантный перелом правой лучевой кости в нижней трети со смещением отломков, тип А1. При поступлении выполнена попытка закрытой ручной репозиции и гипсовая иммобилизация (Рисунок 6.20).

Несмотря на широкий костномозговой канал, ввиду локализации перелома в области его расширения от выполнения БИОС отказались из-за высокого риска угловых смещений и раскола дистального отломка. Было выполнено: удаление металлоконструкции, открытая репозиция и кортикальный остеосинтез пластиной LCP с винтами (Рисунок 6.21). В послеоперационном периоде – гипсовая иммобилизация до 6 нед. На рентгенограммах через 1 год – сращение перелома (Рисунок 6.22).

Ротационная функция предплечья и функция смежных суставов восстановлены полностью (Рисунок 6.23). Оценка по шкале DASH 3,3 балла.



Рисунок 6.20 – Пациентка Д., рентгенограммы при поступлении (периимплантный перелом лучевой кости)



Рисунок 6.21 – Пациентка Д., рентгенограммы сразу после операции



Рисунок 6.22 – Пациентка Д., рентгенограммы через 1 год после операции



Рисунок 6.23 – Пациентка Д., функциональный результат: пронация/супинация предплечья; сгибание/разгибание кисти

В представленном наблюдении кортикальный остеосинтез позволил избежать осложнений в виде угловых смещений, раскола дистального отломка лучевой кости и достичь отличного функционального результата.

6.3. Изолированные переломы локтевой кости (3-я группа)

Общее количество пациентов – 81; женщин 22 (27,2%), мужчин 59 (72,8%).
Возраст пациентов от 19 до 79 лет, средний возраст – $38,6 \pm 1,8$ лет.

При выборе фиксатора руководствовались разработанным алгоритмом, в соответствии с которым ведущим фактором являлся диаметр костномозгового

канала. На основании проведенной лучевой диагностики диаметр костномозгового канала ≥ 4 мм отмечен у 45 пациентов (55,6%), и меньше 4 мм – у 36 человек (44,4%).

По характеру переломов в 62 случаях (76,5%) они соответствовали типу 2U2A по классификации АО/ОТА (простые переломы), и у 19 (23,5%) пациентов – типу 2U2B/C (оскольчатые и сложные). Сочетание этих факторов определило выбор фиксаторов: 41 пациенту (50,6%) выполнен интрамедуллярный остеосинтез по методике БИОС, а 40 пациентам (49,4%) – накостный остеосинтез (Таблица 6.17).

Таблица 6.17 – Выбор фиксатора у пациентов 3 группы

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА (кол-во пациентов)		Все переломы
	Простые 2U2A	Оскольчатые и сложные 2U2B/C	
БИОС	33 (53,2%)	8 (42,1%)	41 (50,6%)
Пластина	29 (46,8%)	11 (57,9%)	40 (49,4%)
Всего	62 (100%)	19 (100%)	81 (100%)

Несмотря на широкий костномозговой канал (≥ 4 мм), у 4 пациентов (8,9%) из 45 применена фиксация пластинами с винтами. Это было обусловлено локализацией перелома в проксимальной части кости, где диаметр костномозгового канала расширяется, и при фиксации перелома стержнем существует риск смещений – угловых и по ширине. Таким образом, из 45 пациентов с диаметром костномозгового канала ≥ 4 мм, БИОС выполнен лишь у 41 (91,1%) (Таблица 6.18).

Таблица 6.18 – Выбор фиксатора у пациентов 3 группы при диаметре костномозгового канала ≥ 4 мм

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА (кол-во пациентов)		Все изолированные переломы локтевой
	Простые 2U2A	Оскольчатые и сложные 2U2B/C	
БИОС	33 (91,7%)	8 (88,9%)	41 (91,1%)
Пластина	3 (8,3%)	1 (11,1%)	4 (8,9%)
Всего	36 (100%)	9 (100%)	45 (100%)

Средняя продолжительность операции при применении БИОС составила $64,5 \pm 5,1$ мин, а при накостном остеосинтезе – $68,9 \pm 5,2$ мин, что на 4,4 мин больше ($p < 0,05$). В то же время, эта разница, хотя и является статистически значимой, не имеет существенного клинического значения (Таблица 6.19).

Таблица 6.19 – Средние значения продолжительности операции у пациентов 3 группы (мин)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА		Все переломы
	Простые 2U2A	Оскольчатые и сложные 2U2B/C	
БИОС (n=41)	45±11,6	67,8±5,6	64,5±5,1
Пластина (n=40)	66,9±9,9	69,8±6,2	68,9±5,2
Всего (n=81)	60,9±7,6	68,8±4,2	67,1±3,7

Средние показатели послеоперационного койко-дня у пациентов после БИОС были статистически значимо меньше и составили 3 суток против 4,3 после накостного остеосинтеза ($p < 0,01$). Это объясняется большей травматичностью операции накостного остеосинтеза и необходимостью контроля заживления послеоперационной раны.

Средние показатели болевого синдрома в 1-е сутки после БИОС были при простых переломах ниже, чем после накостного остеосинтеза, а при оскольчатых и сложных – выше, что объяснялось необходимостью выполнения открытой репозиции. Через 6 мес. отмечена менее выраженная боль после БИОС – при простых переломах на 0,48 балла по ВАШ и при оскольчатых и сложных переломах – на 1,46 балла ($p < 0,01$) (Таблица 6.20).

Таблица 6.20 – Средние значения болевого синдрома у пациентов 3 группы (баллы по ВАШ)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА								Все переломы			
	Простые 2U2A				Оскольчатые и сложные 2U2B/C							
	1-е сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1-е сут	1мес.	6 мес.	1 год	1-е сут	1 мес.	6 мес.	1 год
БИОС	2,74	0,80	0,32	0	4,42	1,10	0,12	0,03	3,07	0,86	0,28	0,01
Пластина	3,95	1,88	0,80	0,03	4,05	2,15	1,58	0,12	3,98	1,95	1,01	0,05
Всего	3,31	1,31	0,54	0,01	4,21	1,71	0,97	0,08	3,52	1,40	0,64	0,03

Сохраняющийся болевой синдром в отдаленные сроки после операции можно частично объяснить двумя случаями неустранимых смещений (5,0%) после остеосинтеза пластиной при оскольчатых переломах.

К концу наблюдения (через 1 год) средние значения показателей боли у пациентов с простыми переломами после БИОС и накостного остеосинтеза были почти одинаковыми и означали отсутствие боли, а у пациентов с оскольчатыми и сложными переломами отмечено небольшое (на 0,09 балла) преимущество после операции БИОС (Рисунок 6.24).

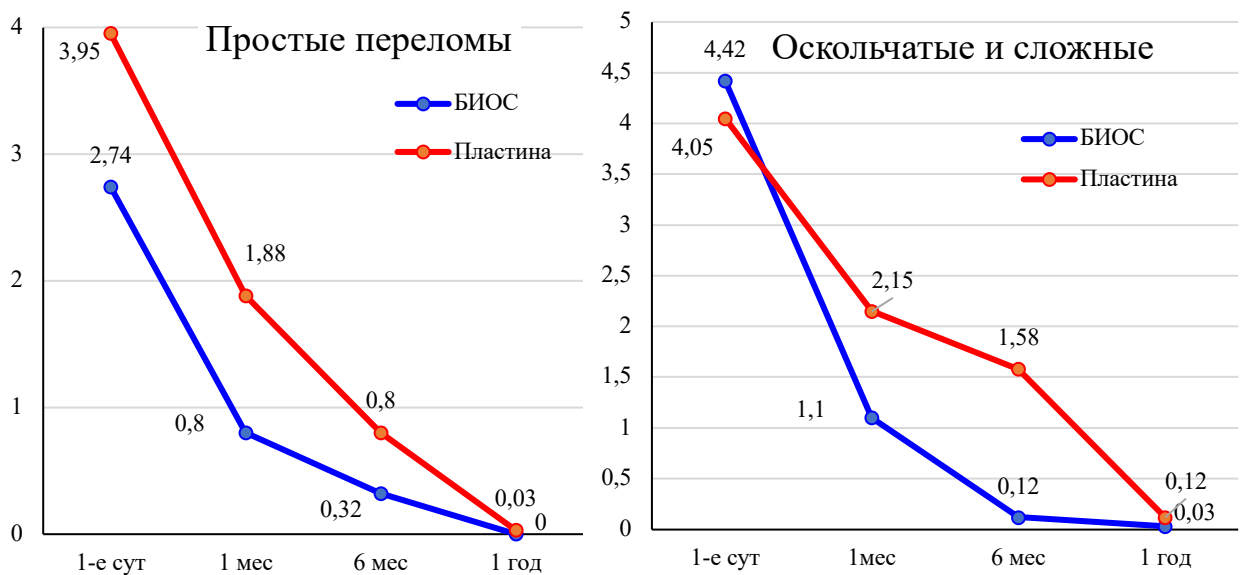


Рисунок 6.24 – Динамика средних значений болевого синдрома у пациентов 3 группы (в баллах по ВАШ)

Если после БИОС сращение наступило во всех наблюдениях, то у 1 пациента после накостного остеосинтеза через 1 год после операции сращения не было (Таблица 6.21). Причиной явилось развитие глубокой инфекции в зоне операции.

Через 1 год после операции накостного остеосинтеза ограничения ротации отмечены у 9 человек (22,5%), при этом у трех из них ограничение ротации было более, чем на 50%. У пациентов после БИОС ограничений ротации не отмечено (Таблица 6.22).

Таблица 6.21 – Сращение переломов через 1 год после операции у пациентов 3 группы (кол-во наблюдений)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА				Все переломы	
	Простые 2U2A		Оскольчатые и сложные 2U2B/C			
	Сращение	Несращение	Сращение	Несращение	Сращение	Несращение
БИОС	33 (100%)	0	8 (100%)	0	41 (100%)	0
Пластина	28 (96,6%)	1 (0,4%)	11 (100%)	0	39 (97,5%)	1 (2,5%)
Всего	61 (98,4%)	1 (1,6%)	19 (100%)	0	80 (98,8%)	1 (1,2%)

Таблица 6.22 – Ограничения ротационной функции предплечья через 1 год после операции у пациентов 3 группы (кол-во наблюдений)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА				Все переломы	
	Простые 2U2A		Оскольчатые и сложные 2U2B/C			
	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%
БИОС (n=41)	0	0	0	0	0 (0%)	0
Пластина (n=40)	6	1	3	2	9 (22,5%)	3 (7,5%)
Всего (n=81)	6	1	3	2	9 (11,1%)	3 (3,7%)

Анкетирование пациентов по функциональной шкале DASH показало, что при всех вариантах остеосинтеза средние результаты находятся в оценочном диапазоне «хорошо», однако после БИОС эти показатели лучше (Таблица 6.23).

Таблица 6.23 – Средние показатели шкалы DASH через 1 год после операции у пациентов 3 группы (в баллах)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА		Все переломы
	Простые 2U2A	Оскольчатые и сложные 2U2B/C	
БИОС (n=41)	1,03±0,70	0,83±1,40	0,99±0,63
Пластина (n=40)	3,87±0,75	7,90±1,25	5,00±0,66
Всего (n=81)	2,30±0,51	4,92±0,95	2,95±0,46

При лечении простых переломов разница между функциональными результатами после БИОС и накостного остеосинтеза составила 2,84 балла (3,8 раза, $p < 0,01$). Но особенно выражена разница между результатами после

БИОС и накостного остеосинтеза (в 9,5 раз) при лечении оскольчатых и сложных переломов, составившая 7,1 балла в пользу БИОС, что является статистически значимым отличием ($p < 0,01$).

Такая значимая разница обусловлена близким расположением накостного фиксатора к кожным покровам, что, как отмечают многие пациенты, вызывает дискомфорт при соприкосновении в быту зоны операции с окружающими предметами.

Анализ осложнений после выполненных операций показывает существенное преимущество метода БИОС, после выполнения которого отмечено только одно осложнение, тогда как после накостного остеосинтеза таких случаев зафиксировано 4 (10,0%) (Таблица 6.24).

Таблица 6.24 – Количество осложнений после операции у пациентов 3 группы

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА		Все переломы
	Простые 2U2A	Оскольчатые и сложные 2U2B/C	
БИОС (n=41)	1	0	1 (2,4%)
Пластина (n=40)	2	2	4 (10,0%)
Всего (n=81)	3	2	5 (6,2%)

У 3 пациентов после накостного остеосинтеза развились функционально значимые ротационные контрактуры, что, как мы считаем, было обусловлено остаточным неустранимым смещением костных отломков и тяжелым характером травмы. Еще у одного пациента отмечено развитие глубокой инфекции в зоне операции, что потребовало повторного вмешательства, удаления пластины и долечивания методом чрескостного остеосинтеза. Неустранимое смещение костных отломков отмечено у одного пациента после БИОС.

Клинический пример № 6 (БИОС, закрытая репозиция)

Пациент Р., 48 лет, поступил в день получения травмы, диагностирован закрытый перелом правой локтевой кости в нижней трети со смещением отломков, тип В2 (Рисунок 6.25). Выполнено оперативное вмешательство – закрытая репозиция, БИОС правой локтевой кости (Рисунок 6.26).

Бытовая нагрузка и реабилитация были разрешены сразу после операции, дополнительную внешнюю иммобилизацию не применяли.



Рисунок 6.25 – Пациент Р., рентгенограммы при поступлении



Рисунок 6.26 – Пациент Р., рентгенограммы после БИОС

Через 1 год после операции на рентгенограммах констатировано сращение перелома (Рисунок 6.27). Ротационная функция предплечья восстановлена полностью (Рисунок 6.28); оценка по шкале DASH 0 баллов.



Рисунок 6.27 – Пациент В., рентгенограммы через 1 год после операции



Рисунок 6.28 – Пациент В., ротационные движения предплечья (пронация и супинация) через 1 год

Таким образом, применение стабильного блокируемого остеосинтеза позволило отказаться от дополнительной внешней иммобилизации и начать активную реабилитацию сразу после операции, сочетая сращение перелома с восстановлением функции.

6.4. Переломовывихи (4-я группа)

Общее количество пациентов – 49; женщин 21 (42,9%), мужчин 28 (57,1%).
Возраст пациентов от 21 до 78 лет, средний возраст – $45,4 \pm 2,3$ лет.

При выборе фиксатора руководствовались разработанным алгоритмом, в соответствии с которым ведущими факторами являлись диаметр костномозгового канала и локализация перелома. Выбор фиксаторов определяло сочетание этих факторов.

На основании проведенной лучевой диагностики диаметр костномозгового канала ≥ 4 мм отмечен у 34 пациентов (69,4%), и меньше 4 мм – у 15 человек (30,6%). По характеру переломов у 33 пациентов (67,3%) диагностированы переломы Монтеджи и у 16 пациентов (32,7%) – Галеацци. В 21 случае (42,9%) они соответствовали типам 2U2A(m) и 2R2A(g) – (простые переломы), и в 28 случаях (57,1%) – типам 2U2B(m) и 2R2B(g) – (оскольчатые переломы) (Таблица 6.25).

Таблица 6.25 – Выбор фиксатора у пациентов 4 группы

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА (кол-во пациентов)				Всего
	Простые + вывих		Оскольчатые + вывих		
	2U2A(m) - Монтеджи	2R2A(g) - Галеацци	2U2B(m) - Монтеджи	2R2B(g) - Галеацци	
БИОС	2 (22,2%)	9 (75,0%)	7 (29,2%)	1 (25,0%)	19 (38,8%)
Пластина	7 (77,8%)	3 (25,0%)	17 (70,8%)	3 (75,0%)	30 (61,2%)
Всего	9 (100%)	12 (100%)	24 (100%)	4 (100%)	49 (100%)

Как и в предыдущих клинических наблюдениях при локализации перелома в области дистальной части лучевой или проксимальной части локтевой кости, где имеется расширение костномозгового канала, применение интрамедуллярного остеосинтеза могло привести к угловым деформациям с нарушением функции конечности или расколу кости, предпочтение отдавали накостной фиксации. Поскольку для переломовывихов Монтеджи и Галеацци характерны именно такие локализации переломов, при костномозговом канале ≥ 4 мм у 15 пациентов из 34 (44,1%) выполнен накостный остеосинтез пластиной (Таблица 6.26), а доля

накостного остеосинтеза в общем количестве пациентов данной группы составила 61,2% (30 человек).

Таблица 6.26 – Выбор фиксатора у пациентов 4 группы при диаметре костномозгового канала ≥ 4 мм

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА (кол-во пациентов)		Все переломовывихи
	Простые + вывих 2R2A(g) и 2U2A(m)	Оскольчатые + вывих 2R2B(g) и 2U2B(m)	
БИОС	11 (78,6%)	8 (40,0%)	19 (55,9%)
Пластина	3 (21,4%)	12 (60,0%)	15 (44,1%)
Всего	14 (100%)	20 (100%)	34 (100%)

Средняя продолжительность операции при применении БИОС составила $74,3 \pm 7,3$ мин, а при накостном остеосинтезе – $95,3 \pm 6,0$ мин, что на 21,0 мин больше ($p < 0,05$) (Таблица 6.27).

Таблица 6.27 – Средние значения продолжительности операции у пациентов 4 группы (мин)

Метод фиксации	Тип перелома по АО/ОТА				Все переломы
	Простые + вывих		Оскольчатые + вывих		
	2U2A(m) - Монтеджи	2R2A(g) - Галеацци	2U2B(m) - Монтеджи	2R2B(g) - Галеацци	
БИОС (n=19)	$68,0 \pm 18,2$	$67,5 \pm 11,6$	$84,6 \pm 12,6$	$75,5 \pm 15,4$	$74,3 \pm 7,3$
Пластина (n=30)	$86,3 \pm 10,6$	$84,3 \pm 8,9$	$101,8 \pm 11,5$	$90,2 \pm 10,1$	$95,3 \pm 6,0$
Всего (n=49)	$82,2 \pm 9,5$	$71,7 \pm 10,4$	$96,8 \pm 13,4$	$86,5 \pm 11,6$	$87,1 \pm 4,6$

Средние показатели послеоперационного койко-дня у пациентов после БИОС были статистически значимо меньше и составили 4,5 сут против 5,7 сут после накостного остеосинтеза ($p < 0,01$). Это объясняется большей травматичностью операции накостного остеосинтеза и необходимостью выполнения более широкого хирургического доступа.

Показатели средних значений болевого синдрома по ВАШ в первые сутки после операции варьировали от 2,5 балла (простые переломовывихи Монтеджи после БИОС) до 5,0 балла (оскольчатые переломовывихи Галеацци) и прогрессивно снижались в течение всего периода наблюдения.

При переломах Монтеджи после БИОС боль к 1 году снизилась на 3,43 балла (в 14,7 раза) по сравнению с первыми сутками наблюдения и фактически полностью была купирована (0,25 балла по ВАШ), тогда как после накостного остеосинтеза это снижение составило 3,24 балла (в 3,9 раза), и пациенты отмечали незначительные болевые ощущения при активных движениях (0,88 балла по ВАШ).

При переломах Галеацци после БИОС боль к 1 году снизилась на 4,56 балла (в 14,4 раза) по сравнению с первыми сутками наблюдения и фактически полностью была купирована (0,34 балла по ВАШ), тогда как после накостного остеосинтеза это снижение составило 3,33 балла (в 4,3 раза), и пациенты отмечали незначительные болевые ощущения при активных движениях (1,00 балла по ВАШ) (Таблица 6.28).

Таблица 6.28 – Средние значения болевого синдрома у пациентов 4 группы (баллы по ВАШ)

Метод фиксации	Переломовывихи Монтеджи								Всего			
	Простые 2U2A(m)				Оскольчатые 2U2B(m)							
	1 сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1 сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1 сут	1 мес.	6 мес.	1 год
БИОС	2,50	1,05	0,57	0,23	4,02	2,44	0,29	0,26	3,68	2,13	0,35	0,25
Пластина	4,21	2,21	1,57	0,88	4,41	3,22	1,47	1,20	4,35	2,93	1,50	1,11
Всего	3,83	1,95	1,35	0,74	4,30	2,99	1,13	0,93	4,17	2,71	1,19	0,88
Метод фиксации	Переломовывихи Галеацци								Всего			
	Простые 2R2A(g)				Оскольчатые 2R2B(g)							
	1 сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1 сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1 сут	1 мес.	6 мес.	1 год
БИОС	4,89	2,20	0,67	0,32	5,00	3,10	1,00	0,50	4,90	2,29	0,70	0,34
Пластина	4,33	2,67	0,67	0,67	4,33	3,33	2,00	1,33	4,33	3,00	1,34	1,00
Всего	4,75	2,32	0,67	0,41	4,50	3,27	1,75	1,12	4,69	2,56	0,94	0,59

Динамика средних значений показателей болевого синдрома была более выражена после операции БИОС при простых переломовывихах (на 4,16 балла, или в 14,9 раза), тогда как наименее выраженная положительная динамика по этим показателям отмечена после накостного остеосинтеза оскольчатых переломовывихов (на 3,18 балла, или в 3,6 раза) (Рисунок 6.29).

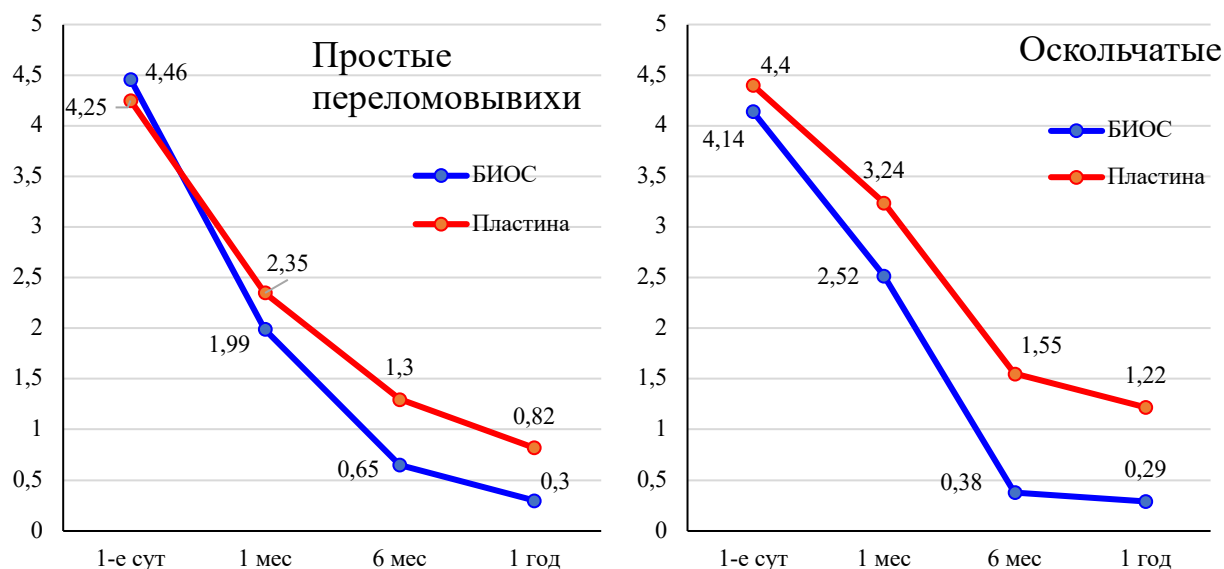


Рисунок 6.29 – Динамика средних значений болевого синдрома у пациентов 4 группы (в баллах по ВАШ)

Сохраняющийся болевой синдром в отдаленные сроки после операции можно частично объяснить тремя случаями остаточных смещений после остеосинтеза пластиной – у 1 пациента с простым переломом, и у 2 – со сложными.

Если после БИОС сращение наступило во всех наблюдениях, то у 2 пациентов после накостного остеосинтеза через 1 год после операции сращения не было достигнуто (Таблица 6.29).

Таблица 6.29 – Сращение переломов через 1 год после операции у пациентов 4 группы (кол-во наблюдений)

Метод фиксации	Простые 2U2A(m) - Монтеджи 2R2A(g) - Галеацци		Оскольчатые 2U2B(m) - Монтеджи 2R2B(g) - Галеацци		Все переломы	
	Сращение	Несращение	Сращение	Несращение	Сращение	Несращение
БИОС	11 (100%)	0	8 (100%)	0	19 (100%)	0
Пластина	10 (100%)	0	18 (90%)	2 (10%)	28 (93,3%)	2 (6,67%)
Всего	21 (100%)	0	26 (92,9%)	2 (7,1%)	47 (95,9%)	2 (4,1%)

Через 1 год после операции накостного остеосинтеза ограничения ротации у пациентов 4 группы отмечены в 14 случаях (46,7%), что на 9,9% (в 1,3 раза) больше, чем после БИОС ($p < 0,01$). При этом функционально значимые

ограничения ротации, то есть более, чем на 50%, отмечены в 6 наблюдениях, из которых 4 пациентам выполнена накостная фиксация (Таблица 6.30).

Таблица 6.30 – Ограничения ротационной функции предплечья через 1 год после операции у пациентов 4 группы (кол-во наблюдений)

Метод фиксации	Простые 2U2A(m)+2R2A(g)		Оскольчатые 2U2B(m)+2R2B(g)		Все переломы	
	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%
БИОС (n=19)	3	1	4	1	7 (36,8%)	2 (10,5%)
Пластина (n=30)	6	1	8	3	14 (46,7%)	4 (13,3%)
Всего (n=49)	9	2	12	4	21 (42,9%)	6 (12,2%)

Анкетирование пациентов по функциональной шкале DASH показало, что при всех вариантах остеосинтеза средние результаты находятся в оценочном диапазоне «хорошо и отлично», однако после БИОС эти показатели лучше (Таблица 6.31).

Таблица 6.31 – Средние показатели шкалы DASH через 1 год после операции у пациентов 4 группы (в баллах)

Метод фиксации	Простые			Оскольчатые			Все переломы
	2U2A(m) - Монтеджи	2R2A(g) - Галеацци	Всего	2U2B(m) - Монтеджи	2R2B(g) - Галеацци	Всего	
БИОС (n=19)	5,40±2,77	4,71±1,31	4,84±2,14	3,70±1,45	8,30±8,30	4,28±2,51	4,60±0,91
Пластина (n=30)	10,70±1,4	6,80±2,31	9,53±2,12	9,55±1,0	6,10±2,34	9,03±1,85	9,19±0,76
Всего (n=49)	9,52±1,26	5,23±1,15	7,07±1,22	7,69±0,82	6,65±2,02	7,61±1,10	7,38±0,58

Отличие средних показателей шкалы DASH в пользу БИОС весьма существенно и в совокупности по всем пациентам 4 группы составило 4,59 балла, или в 2,0 раза ($p < 0,01$), причем это статистически значимое преимущество отмечено как при лечении простых переломовывихов (в 1,97 раза), так и при оскольчатых (в 2,11 раза). К сожалению, как уже говорилось ранее, характер и

локализация перелома, а также в некоторых случаях – малый диаметр костномозгового канала позволили выполнить БИОС только в 38,8% наблюдений.

Анализ осложнений после операций также показывает преимущество метода БИОС, после выполнения которого отмечено осложнений на 9,5%, или в 1,9 раза меньше осложнений, чем после накостного остеосинтеза (Таблица 6.32).

Таблица 6.32 – Количество осложнений после операции у пациентов 4 группы

Метод фиксации	Простые		Оскольчатые		Все переломы
	2U2A(m) - Монтеджи	2R2A(g) - Галеацци	2U2B(m) - Монтеджи	2R2B(g) - Галеацци	
БИОС (n=19)	0	1	0	1	2 (10,5%)
Пластина (n=30)	1	0	4	1	6 (20,0%)
Всего (n=49)	1	1	4	2	8 (16,3%)

Из 8 отмеченных осложнений у 6 пациентов развились контрактуры (как ротационные, так и в смежных суставах) – 2 после БИОС и 4 после накостного остеосинтеза. Еще у 2 пациентов после остеосинтеза пластиной отмечено несращение перелома, причем в одном случае – вследствие перелома фиксатора.

Клинический пример № 7 (переломовывих Монтеджи, накостный остеосинтез)

Пациентка К., 54 года, поступила в день получения травмы с диагнозом: переломовывих Монтеджи – закрытый перелом левой локтевой кости в верхней трети со смещением отломков, переломовывих головки лучевой кости – тип В3 (Рисунок 6.30). При поступлении выполнена закрытая ручная репозиция, вправление вывиха головки лучевой кости и гипсовая иммобилизация (Рисунок 6.31). Выполнено оперативное вмешательство – открытая репозиция, кортикальный остеосинтез локтевой кости и фиксация перелома головки лучевой кости винтом; восстановлена целостность кольцевидной связки (Рисунок 6.32).

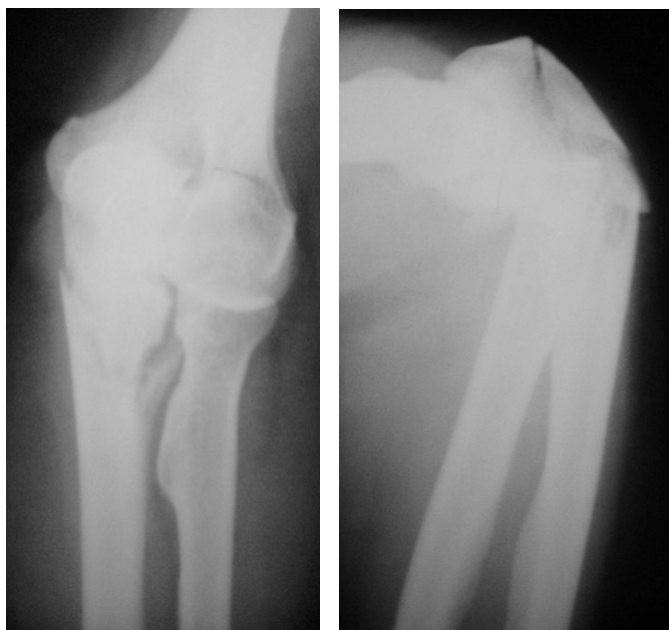


Рисунок 6.30 – Пациентка К., рентгенограммы при поступлении

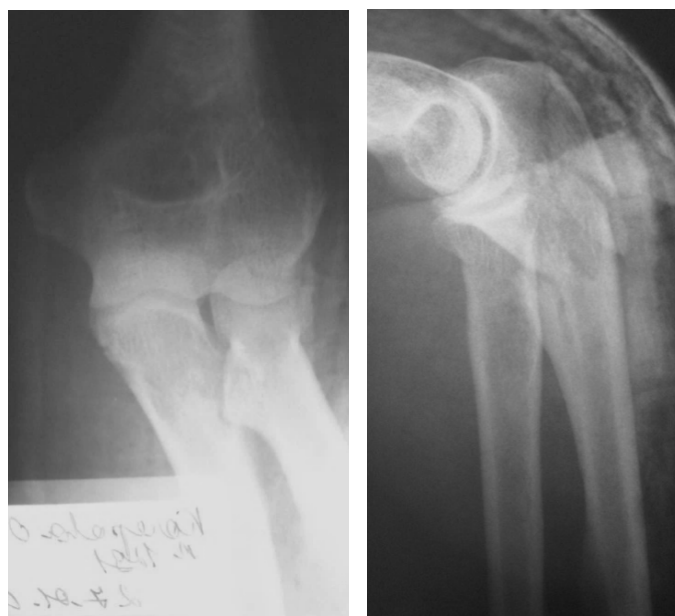


Рисунок 6.31 – Пациентка К., рентгенограммы после репозиции

Поскольку пациентка была полностью комплаентна, дополнительную внешнюю иммобилизацию не применяли. Рекомендована легкая бытовая нагрузка и ограничение ротационных движений до 6 недель с момента операции.

Через 1 год после операции на рентгенограммах констатировано сращение перелома (Рисунок 6.33).



Рисунок 6.32 – Пациентка К., рентгенограммы после операции



Рисунок 6.33 – Пациентка К., рентгенограммы через 1 год

Ротационная функция предплечья, сгибание/разгибание в локтевом суставе восстановлены полностью (Рисунок 6.34); оценка по шкале DASH 8,3 балла.



Рисунок 6.34 – Пациентка К. Восстановлены движения: пронация/супинация предплечья; сгибание/разгибание в локтевом суставе

Таким образом, восстановление анатомии проксимального отдела локтевой кости и головки лучевой кости, а также выполненная реконструкция кольцевидной связки в сочетании с реабилитацией и комплаентностью пациентки позволили отказаться от внешней иммобилизации и добиться отличного результата.

Клинический пример № 8 (переломовывих Галеацци, БИОС)

Пациент Б., 42 года, поступил в стационар в день получения травмы с диагнозом: переломовывих Галеацци – закрытый перелом правой лучевой кости в нижней трети со смещением отломков, вывих головки локтевой кости, тип А3 (Рисунок 6.35).



Рисунок 6.35 – Пациент Б., рентгенограммы при поступлении

В день поступления выполнено оперативное вмешательство – закрытая репозиция, блокируемый остеосинтез правой лучевой кости (Рисунок 6.36). Головка локтевой кости вправлена, выполнена ее диафиксация к лучевой кости на срок 3 недели. На рентгенограммах через 1 год после операции констатировано сращение перелома (Рисунок 6.37).

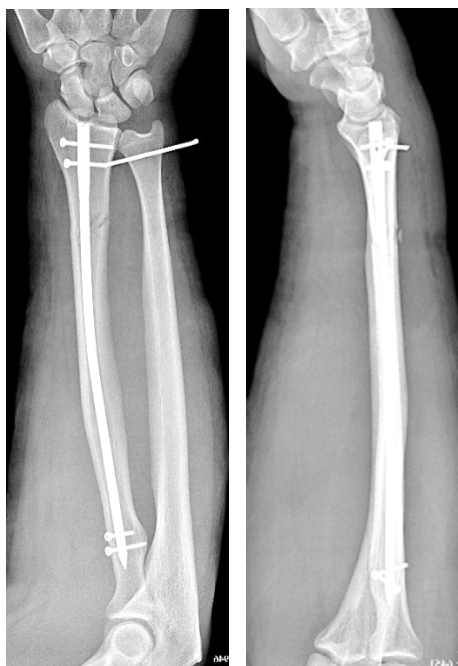


Рисунок 6.36 – Пациент Б., рентгенограммы после операции



Рисунок 6.37 – Пациент Б., рентгенограммы через 1 год

Ротационная функция предплечья и сгибание/разгибание в кистевом суставе восстановлены полностью (Рисунок 6.38). Оценка по шкале DASH 0 баллов.



Рисунок 6.38 – Пациент Б. Восстановлены движения: пронация/супинация предплечья; сгибание/разгибание в кистевом суставе

Применение БИОС позволило провести раннюю реабилитацию, разрешив движения в локтевом и кистевом суставах сразу после операции, а ротационные движения – через 3 недели после удаления спицы. Достигнут отличный результат.

Клинический пример № 9 (перелом Монтеджи – разрушение накостного фиксатора)

Пациент Л., 47 лет, поступил в день получения травмы, диагностирован переломовывих Монтеджи – закрытый перелом правой локтевой кости в верхней трети со смещением отломков, переломовывих головки лучевой кости, тип В3 (Рисунок 6.39). Выполнено оперативное вмешательство – открытая репозиция, накостный остеосинтез правой локтевой кости пластиной LCP, головки лучевой кости винтами Герберта и анатомической пластиной, реконструкция кольцевидной связки (Рисунок 6.40).

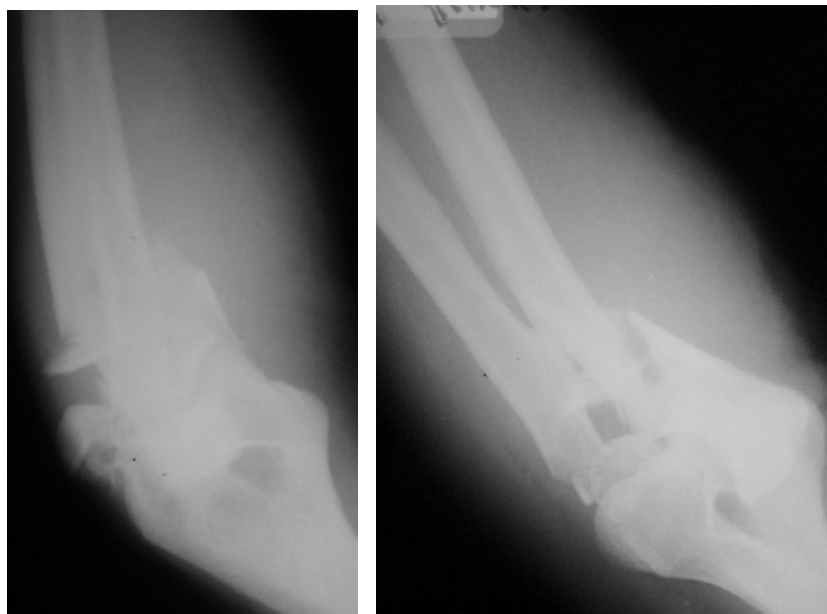


Рисунок 6.39 – Пациент Л., рентгенограммы при поступлении



Рисунок 6.40 – Пациент Л., рентгенограммы после операции

В послеоперационном периоде рекомендовано применение гипсовой иммобилизации сроком на 3 недели, однако пациент нарушил предписанный режим, снял повязку через 2 недели после операции и начал активное восстановление движений с утяжелителями (гантели). Через 2 недели этих самостоятельных упражнений произошел перелом пластины (Рисунок 6.41). Выполнена повторная операция: удаление металлоконструкций, удаление головки лучевой кости, реконструкция локтевой кости с костной пластикой утильным материалом и БИОС (рисунок 6.42).



Рисунок 6.41 – Пациент Л., перелом фиксатора



Рисунок 6.42 – Пациент Л., рентгенограммы после реконструкции локтевой кости

Дополнительную внешнюю иммобилизацию не применяли. Через 6 мес. на рентгенограммах констатировано сращение перелома (Рисунок 6.43), однако полного восстановления функции достичь не удалось (Рисунок 6.44). Оценка по шкале DASH 26 баллов.



Рисунок 6.43 – Пациент Л. Рентгенограммы через 6 месяцев после реконструкции локтевой кости с фиксацией методом БИОС и удаления головки лучевой кости



Рисунок 6.44 – Пациент Л. Функциональный результат через 6 мес: пронация/супинация предплечья, сгибание/разгибание в локтевом суставе

Таким образом, нарушение рекомендаций (преждевременное снятие гипсовой иммобилизации, самовольное расширение двигательного режима и режима нагрузки) привело к осложнению – перелому пластины, что потребовало повторного оперативного вмешательства и обусловило неполное восстановление функции оперированного сегмента.

6.5. Открытые переломы

Во всех рассмотренных группах наблюдений (1–4) встречались случаи открытых переломов, особенности лечебной тактики в отношении которых рассмотрены в Главе 4. Всего в 4 группах наблюдения было 39 пациентов с открытыми переломами, из которых 34 (87,2%) – I типа по классификации Gustillo и Anderson, и 5 (12,8%) – II или III типов (Таблица 6.33).

Таблица 6.33 – Количество пациентов с открытыми переломами в группах наблюдения

	I тип	II и III тип	Всего
1 группа	19	4	23 (59,0%)
2 группа	4	0	4 (10,3%)
3 группа	7	0	7 (17,9%)
4 группа	4	1	5 (12,8%)
Всего	34	5	39 (100%)

При переломах I типа в качестве первичной иммобилизации использовали гипсовую лонгетную повязку с «окном» для выполнения перевязок, а после заживления мягких тканей – погружной остеосинтез в соответствии с разработанным алгоритмом: в 22 случаях (64,7%) – БИОС, в 12 (35,3%) – накостную фиксацию пластинами (Рисунок 6.45).

При открытых переломах II–III ст. (5 наблюдений) в качестве временного фиксатора использовали АНФ. В дальнейшем, после заживления мягких тканей, у всех этих пациентов выполнен погружной остеосинтез по методу БИОС. Средний срок с момента получения травмы до выполнения погружного остеосинтеза у пациентов с переломами I типа составил $7,3 \pm 1,3$ суток, у пациентов с переломами II и III типа – $64,4 \pm 19,3$ суток (Рисунок 6.46).

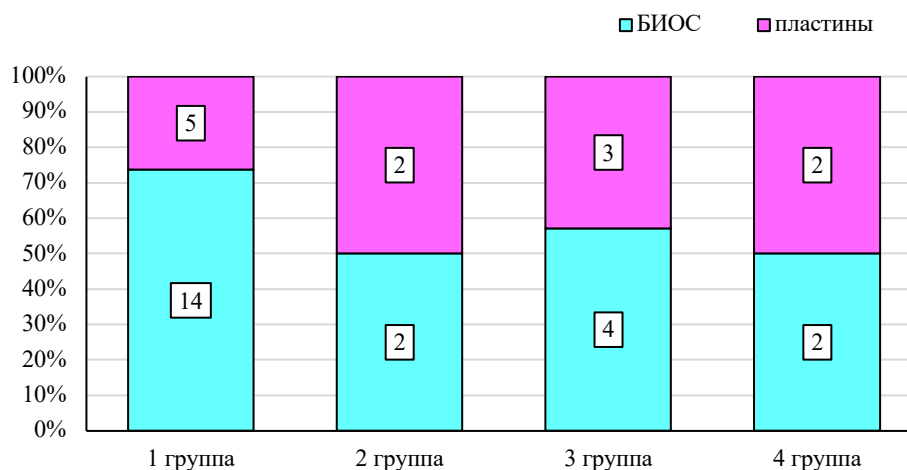


Рисунок 6.45 – Характер фиксации при переломах I типа в группах наблюдения (кол-во случаев)

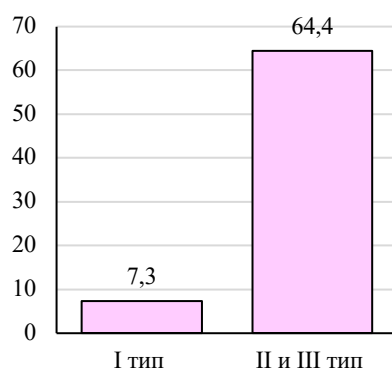


Рисунок 6.46 – Средние сроки выполнения погружного остеосинтеза от момента получения травмы (сут)

Еще в двух случаях при тяжелых открытых переломах III типа развились инфекционные раневые осложнения, что потребовало длительного лечения. После заживления ран фиксацию костных отломков в АНФ продолжили еще в течение 2 месяцев. Таким образом, общий срок фиксации аппаратом составил 5 и 6 месяцев, однако консолидация не наступила. Указанные случаи потребовали особой хирургической тактики, имели существенные отличия от остальных пациентов с открытыми переломами по большинству исследуемых параметров, в том числе – и по срокам и технике выполнения погружного остеосинтеза. Поэтому данные 2 случая мы включили в отдельную, дополнительную группу наблюдения № 5, в которую вошли пациенты с неблагоприятными последствиями лечения переломов – не только эти 2 случая, но и другие, в том числе и те пациенты, которым оказывали первичную помощь в других лечебных учреждениях. Результаты лечения в группе № 5 будут рассмотрены ниже.

Средние показатели болевого синдрома после выполнения БИОС в течение всего периода наблюдения были меньше, чем после накостного остеосинтеза, однако эта разница в первые сутки была минимальной и не имела клинического значения. К 1 году после операции средние значения боли после БИОС были меньше на 0,05 балла ($p < 0,05$) (Таблица 6.34).

Таблица 6.34 – Средние значения болевого синдрома у пациентов с открытыми переломами после погружного остеосинтеза (баллы по ВАШ)

Метод фиксации	I тип				II и III тип				Все переломы			
	1 сут	1 мес.	6 мес.	1 год	1 сут	1мес.	6 мес.	1 год	1 сут	1 мес.	6 мес.	1 год
БИОС	3,41	1,85	0,46	0,05	4,89	2,35	0,72	0,08	3,68	1,94	0,53	0,06
Пластина	3,69	2,11	1,25	0,11	-	-	-	-	3,69	2,11	1,25	0,11
Всего	3,51	1,94	0,74	0,07	4,89	2,35	0,72	0,08	3,69	1,99	0,73	0,07

Сращение переломов наступило во всех случаях после БИОС, и в 11 случаях из 12 (91,7%) после накостного остеосинтеза. Один случай несращения связан с миграцией фиксатора.

Через 1 год после погружного остеосинтеза ограничения ротационной функции отмечены в 5 случаях из 39 (12,8%), при этом только в одном наблюдении это ограничение превысило 50% от нормы, то есть было функционально значимым. Вопреки ожиданиям, все случаи ограничения ротационной функции отмечены при переломах I типа, а при более тяжелых переломах II и III типов таких ограничений не было. Такой результат мы связываем с применением технологии БИОС, для которой формирование ротационных контрактур менее характерно, чем при накостном остеосинтезе, в значительной степени за счет возможности более раннего начала разработки ротационных движений в реабилитационном периоде (Таблица 6.35).

Таблица 6.35 – Ограничения ротационной функции предплечья через 1 год после операции у пациентов с открытыми переломами (кол-во наблюдений)

	I тип		II и III тип		Всего	
	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%	Ограничение ротации	В том числе более 50%
БИОС (n=27)	1	0	0	0	1	0
Пластина (n=12)	4	1	-	-	4	1
Всего (n=39)	5	1	0	0	5 (12,8%)	1 (2,6%)

Анкетирование пациентов по функциональной шкале DASH показало, что при всех вариантах остеосинтеза средние результаты находятся в оценочном диапазоне «хорошо и отлично», однако после БИОС эти показатели статистически

значимо лучше (на 3,36 балла, или в 2,0 раза, $p < 0,01$). Минимальное значение по шкале DASH составило 0 баллов, максимальное – 17,5; среднее значение – $4,2 \pm 0,6$ (Таблица 6.36).

Таблица 6.36 – Средние показатели шкалы DASH через 1 год после операции у пациентов с открытыми переломами (в баллах)

	I тип	II и III тип	Всего
БИОС (n=27)	$2,87 \pm 0,85$	$4,82 \pm 1,97$	$3,23 \pm 0,76$
Пластина (n=12)	$6,59 \pm 1,19$	-	$6,59 \pm 1,19$
Всего (n=39)	$4,11 \pm 0,68$	$4,82 \pm 1,97$	$4,2 \pm 0,6$

Анализ осложнений после выполненных операций также показывает преимущество метода БИОС. Всего было 5 осложнений – 2 после БИОС и 3 – после накостного остеосинтеза, но в доленом отношении преимущество БИОС весьма значительно и составляет 17,6%, или в 2,8 раза ($p < 0,01$) (Таблица 6.37).

Таблица 6.37 – Количество осложнений после операции у пациентов с открытыми переломами

	I тип	II и III тип	Всего
БИОС (n=27)	2	-	2 (7,4%)
Пластина (n=12)	3	-	3 (25,0%)
Всего (n=39)	5	-	5 (12,8%)

Контрактуры (как ротационные, так и в смежных суставах) отмечены у 4 пациентов – 2 случая после БИОС и 2 – после накостного остеосинтеза, что было обусловлено остаточными деформациями и характером травмы в трех из них, и в одном случае – развитием гетеротопической оссификации. Еще одним осложнением явилось несращение перелома при накостном остеосинтезе.

В одном случае имело место развитие воспалительных явлений в раннем периоде после травмы, которые удалось полностью купировать в течение 3 недель, в дальнейшем была произведена конверсия на блокируемый стержень, и получен отличный результат.

Клинический пример № 10 (открытый перелом, БИОС)

Пациентка Р., 44 года, поступила через 30 мин после получения травмы. Механизм травмы: укус собакой. При поступлении установлен диагноз: открытый оскольчатый перелом обеих костей нижней трети правого предплечья IIIА типа со смещением отломков, укушенные раны нижней трети правого предплечья (Рисунок 6.47). При поступлении произведена хирургическая обработка ран, первичная фиксация стержневым аппаратом (Рисунок 6.48).



Рисунок 6.47 – Пациентка Р., рентгенограммы при поступлении



Рисунок 6.48 – Пациентка Р., рентгенограммы после наложения АНФ

Выполняли перевязки ран под прикрытием антибактериальной терапии. После заживления мягких тканей, через 4 недели после травмы, произведена конверсия АНФ на блокируемые стержни – выполнен БИОС обеих костей предплечья. После операции проводили ЛФК для разработки ротационных движений и движений в смежных суставах. Через 1 год на контрольных рентгенограммах констатировано сращение переломов обеих костей предплечья (Рисунок 6.49). Оценка по шкале DASH – 0 баллов. Таким образом, этапное лечение заведомо инфицированного открытого перелома обеих костей предплечья позволило избежать инфекционных осложнений и обеспечило отличный функциональный результат.



Рисунок 6.49 – Пациентка Р., рентгенограммы через 1 год после БИОС

Клинический пример № 11 (открытый перелом, БИОС)

Пациент У., 42 года, доставлен в приемное отделение в день получения травмы. Механизм: производственная травма, повреждение при работе со шлифовальной машиной («болгарка»). При поступлении установлен диагноз: открытый перелом ПШВ типа обеих костей предплечья в средней трети, перелом III пястной кости с повреждением и дефектами сухожилий лучевых разгибателей кисти и разгибателей I–III пальцев (Рисунок 6.50). При поступлении

произведена хирургическая обработка ран, первичная фиксация отломков спицевым аппаратом (Рисунок 6.51).



Рисунок 6.50 – Пациент У., рентгенограммы при поступлении



Рисунок 6.51 – Пациент У., рентгенограммы после наложения АНФ

Через 2 недели после заживления мягких тканей произведена конверсия аппарата на блокируемые стержни, остеосинтез III пястной кости (Рисунок 6.52).

В дальнейшем выполняли этапную реконструкцию сухожильного разгибательного аппарата. Через год констатировано сращение переломов (Рисунок 6.53).



Рисунок 6.52 – Пациент У., рентгенограммы после конверсии АНФ на блокируемые стержни и остеосинтеза III пястной кости



Рисунок 6.53 – Пациент У., рентгенограммы через 1 год после БИОС

Функциональный результат через год хороший (Рисунок 6.54). Оценка по DASH составила 4,2 балла.



Рисунок 6.54 – Пациент У., функция конечности через 1 год после операции

Таким образом, тактика этапного лечения в виде первичной фиксации отломков в АНФ с последующим применением БИОС (конверсия АНФ на блокируемые стержни после заживления мягких тканей) и дальнейшей реконструкцией сухожильного аппарата позволили провести реабилитацию в ближайшие сроки и получить хороший функциональный результат при тяжелом сочетанном повреждении предплечья.

6.6. Неблагоприятные последствия переломов (5-я группа)

В отдельную, 5-ю группу наблюдения мы выделили пациентов с неблагоприятными последствиями переломов костей предплечья, у которых отмечены неудовлетворительные исходы первоначального лечения в виде несращений, ложных суставов, костных дефектов, деформаций.

Общее количество пациентов – 22; из них 7 женщин (31,8%) и 15 мужчин (68,2%). Возраст пациентов от 19 до 76 лет, средний возраст – $40,6 \pm 3,5$ лет.

При формировании 5-й группы в нее были включены 8 пациентов с осложнениями проведенного нами лечения, и 14 человек (63,6%), которым первоначальное лечение проводили в других лечебных организациях (Рисунок 6.55).

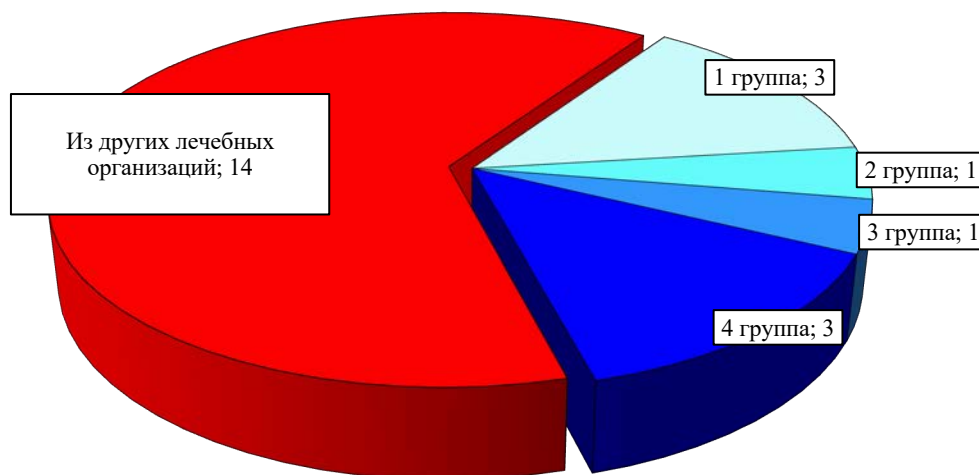


Рисунок 6.55 – Формирование 5-й группы наблюдения

С последствиями переломов обеих костей предплечья было 8 пациентов (36,4%), изолированных переломов лучевой кости – 4 (18,2%), локтевой кости – 7 (31,8%) и переломовывихов – 3 (13,6%) (Рисунок 6.56).

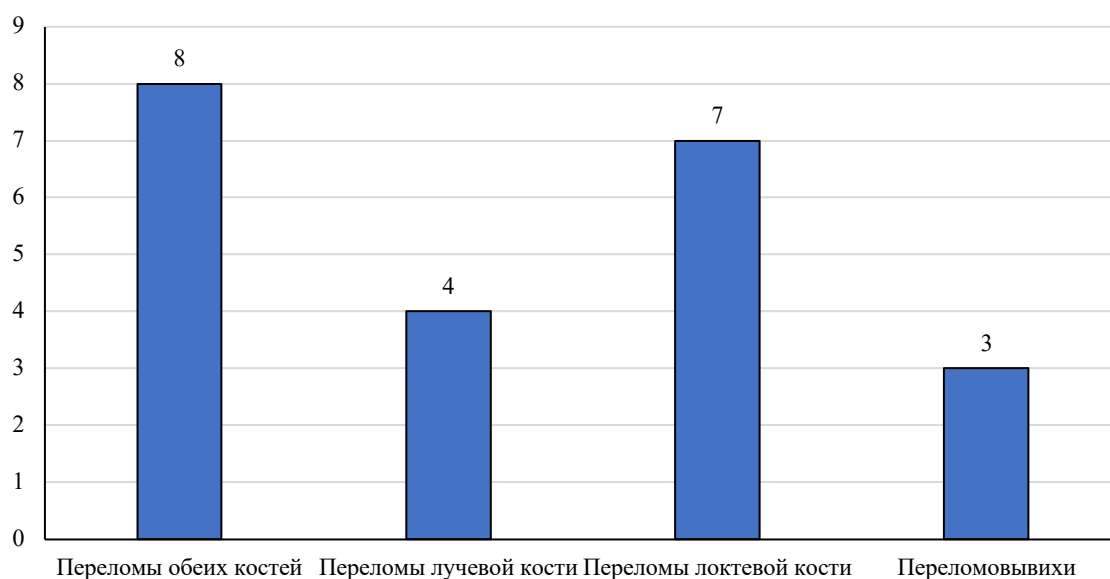


Рисунок 6.56 – Характер повреждений у пациентов 5 группы

Большинству пациентов 5 группы – 14 человек (54,5%) с неудовлетворительными результатами лечения переломов костей предплечья – первоначально был выполнен накостный остеосинтез пластинами, 2 пациентов (18,2%) лечили консервативно. В 3 случаях (13,6%) несращение перелома наступило после интрамедуллярного остеосинтеза, выполненного без блокирования и 3 (13,6%) после лечения АНФ (Рисунок 6.57).

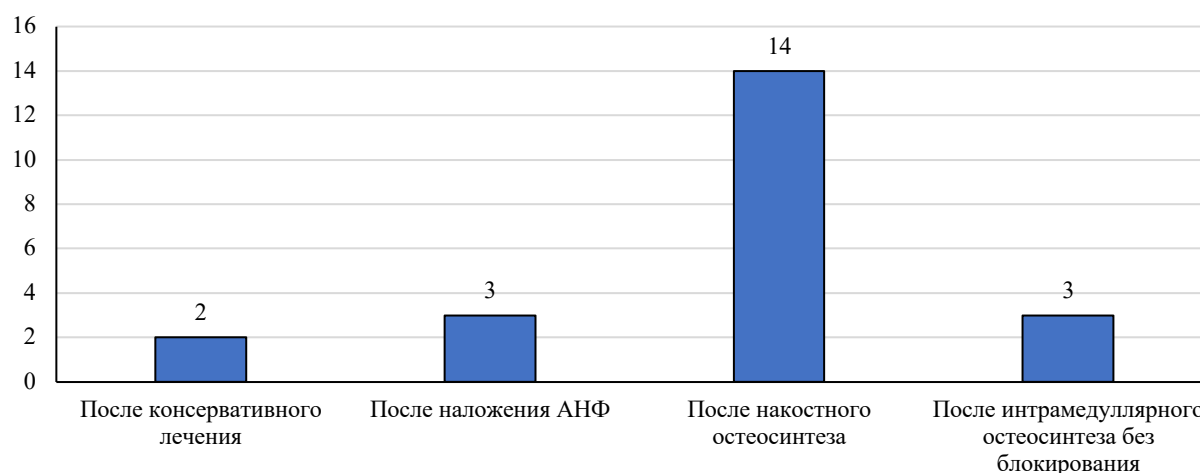


Рисунок 6.57 – Причины неблагоприятных последствий переломов у пациентов 5 группы

Сроки с момента травмы до выполнения реконструктивных операций у пациентов 5 группы составили от 2 мес. до 8 лет, средний срок $11,8 \pm 4,3$ мес.

Во всех случаях применяли разработанные нами и описанные в Главе 5 методы костной пластики с фиксацией фрагментов блокируемым штифтом. В начале применения методик у 3 пациентов применили 1-й способ костной пластики. Далее, по мере совершенствования техники операции, у 7 пациентов применили 2-й способ, и у 12 – 3-й способ, который мы считаем наиболее эффективным (Таблица 6.38).

Таблица 6.38 – Примененные оригинальные способы реконструктивных операций у пациентов 5 группы

	Обеих костей	Изолированные лучевой кости	Изолированные локтевой кости	Переломо-вывихи	Всего
1-й способ	1	1	0	1	3 (13,6%)
2-й способ	3	2	1	1	7 (31,8%)
3-й способ	4	1	6	1	12 (54,6%)
Всего	8	4	7	3	22 (100%)

Показатели болевого синдрома в 1-е сутки у пациентов 5 группы после реконструктивных операций были выше, чем в группах 1–4, и в среднем составили 4,50 баллов по ВАШ. Это объясняется большим объемом и травматичностью операции, включающей обработку зоны несросшегося перелома, забор и имплантацию аутотрансплантата (Таблица 6.39).

Таблица 6.39 – Средние значения болевого синдрома после операции костной пластики у пациентов 5 группы (баллы по ВАШ)

	Обеих костей (n=8)	Изолированные лучевой кости (n=4)	Изолированные локтевой кости (n=7)	Переломо-вывихи (n=3)	Всего
1-е сут	4,0	4,5	5	4,67	4,50
1 мес.	2,25	1,85	2,06	2,88	2,20
6 мес.	0,88	0	1,14	2,0	0,96
1 год	0,15	0	0,15	0,35	0,15

Наилучшая динамика снижения средних значений боли после реконструктивных операций отмечена у пациентов с изолированными переломами лучевой кости, когда уже к 6 мес. наблюдения констатировано полное отсутствие боли у всех пациентов. При переломах других локализаций боль была практически полностью купирована (меньше 0,5 баллов по ВАШ) только к 1 году наблюдения, причем наименее выраженной динамика снижения боли была при переломовывихах (Рисунок 6.58).

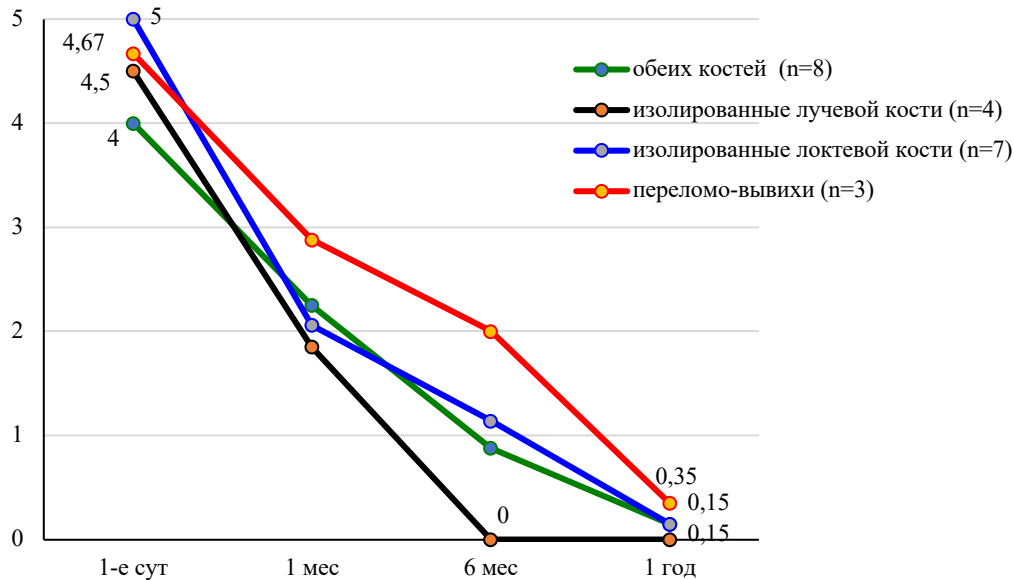


Рисунок 6.58 – Динамика снижения средних показателей боли (в баллах по ВАШ) у пациентов 5 группы

Консолидация была получена у всех 22 пациентов 5 группы, при этом во всех случаях удалось достичь восстановления взаимоотношения костей. У 20 пациентов консолидация с перестройкой аутотрансплантатов наступила в сроки от 4 до 12 мес. после операции. В остальных двух случаях консолидация была замедленной и наступила в сроки 18 и 24 месяца. Этим пациентам до поступления в нашу клинику выполняли неоднократные ревизии с применением накостного остеосинтеза, что привело к выраженному склерозированию костной ткани на протяжении пластины и отрицательно повлияло на сроки консолидации (Таблица 6.40).

Таблица 6.40 – Сращение переломов через 1 год после операции костной пластики у пациентов 5-й группы

	Обеих костей	Изолированные лучевой кости	Изолированные локтевой кости	Переломо-вывихи	Всего
Сращение	8 (100%)	4 (100%)	5 (71,4%)	3 (100%)	20 (90,9%)
Замедленная консолидация	0	0	2 (28,6%)	0	2 (9,1%)
Всего пациентов	8 (100%)	4 (100%)	7 (100%)	3 (100%)	22 (100%)

У 14 из 22 пациентов 5 группы (63,6%), до операции имелись выраженные контрактуры, что потребовало длительного реабилитационного лечения как до, так

и после реконструкции. Несмотря на это, у 8 пациентов из 22 (36,4%) констатирована остаточная ротационная контрактура, но только у 3 человек из них ротация была ограничена более, чем на 50%, то есть ротационная контрактура имела клинически значимый характер (Таблица 6.41).

Таблица 6.41 – Ограничения ротационной функции предплечья через 1 год после операции у пациентов 5-й группы (кол-во наблюдений)

	Обеих костей	Изолированные лучевой кости	Изолированные локтевой кости	Переломо-вывихи	Всего
Ограничение ротации	4 (50,0%)	1 (25,0%)	1 (14,3%)	2 (66,7%)	8 (36,4%)
В том числе более 50%	1 (12,5%)	0	0	2 (66,7%)	3 (13,6%)
Всего пациентов	8 (100%)	4 (100%)	7 (100%)	3 (100%)	22 (100%)

Из трех случаев, когда ротационная контрактура была клинически значимой, в 2 наблюдениях имела место гетеротопическая оссификация. У одного пациента с открытым переломом анатомичная репозиция не была достигнута, и гетеротопическая оссификация развилась в течение 5 месяцев лечения в АНФ в области порочно стоящего костного отломка. У второго пациента имел место перелом пластины, и после реконструкции отмечено образование обширной костной гипермозоли. Синостозирования костных отломков при окончательной оценке результата лечения у этих пациентов не отмечено.

Для оценки функциональных результатов использовали опросник DASH, получив при этом минимальное значение – 0 баллов, максимальное значение – 26 баллов, среднее значение – $6,9 \pm 1,5$ балла. В 21 наблюдении из 22 (95,5%) функциональные результаты оценены как отличные и хорошие, в одном – как удовлетворительный, неудовлетворительных результатов не было (Таблица 6.42).

Инфекционных осложнений не было. Помимо описанных выше случаев ротационных контрактур, из которых у трех пациентов остаточные контрактуры были клинически значимыми и потребовали длительного, от 4 до 12 мес., реабилитационного лечения, у одного пациента констатирована постжгутовая

нейропатия лучевого нерва, явления которой купированы через 6 мес. после операции.

Таблица 6.42 – Средние показатели шкалы DASH через 1 год после операции у пациентов 5-й группы (в баллах)

	Обеих костей	Изолированные лучевой кости	Изолированные локтевой кости	Переломо-вывихи	Всего
1 способ	2*	12*	-	0*	4,7±3,5
2-й способ	4,0±0,7	1,5±1,45	4*	26*	6,4±3,3
3-й способ	8,25±4,2	5*	5,7±1,73	20*	7,7±1,9
Всего	5,9±2,6	5,0±3,9	5,4±2,4	15,3±4,4	6,9±1,5
Примечание: * – единичные наблюдения (только один пациент)					

Клинический пример № 12 (несращение открытого перелома, реконструкция с применением способа № 1)

Пациент Ц., 43 года, обратился в клинику спустя 4 мес. после травмы. Травма получена в результате падения с мотоцикла. Первоначально в силу тяжелого открытого перелома ПШВ типа пациенту проводили лечение в АНФ. После купирования развившегося инфекционного процесса и заживления ран с целью проведения конверсии на блокируемые стержни через 4 мес. после травмы аппарат был снят, выявлено несращение основных отломков с консолидацией мелких осколков.

Диагноз при поступлении: несросшиеся переломы обеих костей левого предплечья в нижней трети (Рисунок 6.59).

Отмечено наличие выраженных контрактур: ротационной, а также в лучезапястном и локтевом суставах. В течение 4 недель пациент получал курс восстановительного лечения. Через 5 месяцев после травмы произведена реконструкция сегмента с применением разработанного нами способа № 1, описанного в Главе 5.

В ходе операции восстановлены физиологическая кривизна костей и их анатомические взаимоотношения; имеющиеся дефекты замещены аутооттрансплантатами (Рисунок 6.60).



Рисунок 6.59 – Пациент Ц., рентгенограммы при поступлении (4 мес. с момента травмы). Определяется сращение мелких костных отломков при несращении **ОСНОВНЫХ**

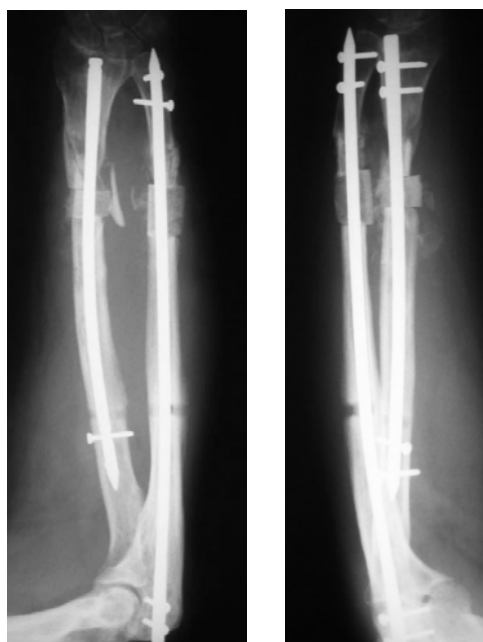


Рисунок 6.60 – Пациент Ц., рентгенограммы после реконструкции костей предплечья; костные дефекты замещены аутотрансплантатами (способ № 1)

После операции проводили активную реабилитацию. В течение 6 мес. полностью восстановлена амплитуда движений в локтевом и кистевом суставах; функция конечности восстановлена – оценка по шкале DASH 0 баллов (Рисунок 6.61). Через 3 года стержни и винты удалены (Рисунок 6.62).

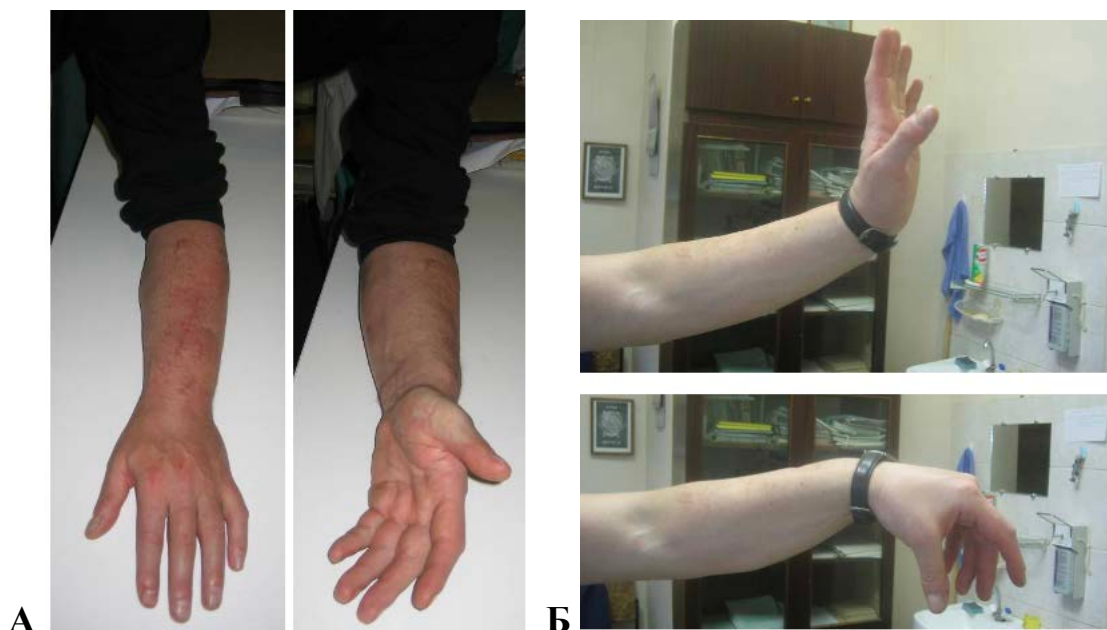


Рисунок 6.61 – Пациент Ц., функциональный результат через 11 мес. после реконструкции: пронация-супинация предплечья (А); разгибание-сгибание кисти (Б)



Рисунок 6.62 – Пациент Ц., рентгенограммы после удаления металлоконструкций; анатомическое восстановление костей

Таким образом, комплексное лечение пациента, включающее курс предоперационной реабилитации и последующее выполнение реконструктивной операции с применением разработанного способа костной аутопластики позволило заместить дефекты, добиться сращения, за счет функциональности метода БИОС

провести активное реабилитационное лечение в раннем послеоперационном периоде и получить отличный функциональный результат.

Клинический пример № 13 (несращение перелома после неудачной попытки остеосинтеза; реконструкция с применением способа № 2)

Пациент С., 27 лет, обратился в клинику спустя 4 мес. после травмы, которая была получена в результате ДТП. Изначально лечился в одной из городских больниц Санкт-Петербурга, где была произведена неудачная попытка остеосинтеза локтевой кости. В послеоперационном периоде конечность была иммобилизирована гипсовой повязкой до момента обращения в клинику. Диагноз при поступлении: несращение открытых фрагментарных переломов обеих костей левого предплечья С3 типа, состояние после металлоостеосинтеза локтевой кости (Рисунок 6.63).

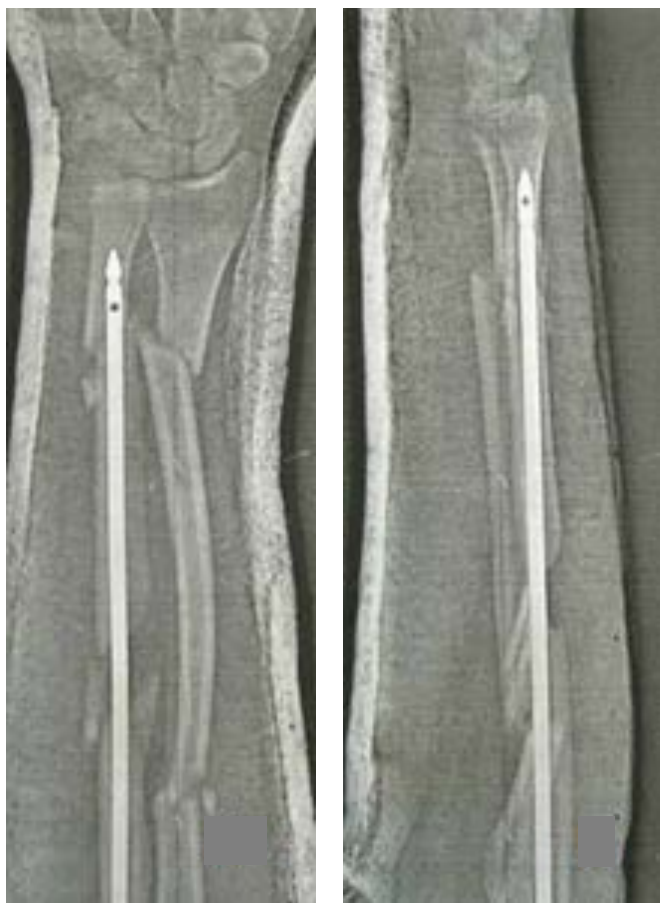


Рисунок 6.63 – Пациент С., рентгенограммы при поступлении в клинику (4 мес. с момента травмы)

При осмотре выявлены выраженные контрактуры в локтевом и кистевом суставах, ротационные движения отсутствовали. В течение 3 нед. пациент проходил курс лечения для восстановления движений, насколько это было возможно. Через 5 мес. после травмы произведена реконструкция сегмента. В ходе операции восстановлены физиологическая кривизна костей и их анатомические взаимоотношения; имеющиеся костные дефекты замещены ауто трансплантатами с применением разработанного нами способа № 2, описанного в Главе 5 (Рисунок 6.64). После операции сразу начата активная реабилитация. В течение 12 мес. полностью восстановлена амплитуда движений в локтевом и кистевом суставах, отмечено практически полное восстановление ротационной функции предплечья (Рисунок 6.65). Оценка по шкале DASH – 4,3 балла.



Рисунок 6.64 – Пациент С., рентгенограммы после реконструкции костей предплечья; костные дефекты замещены ауто трансплантатами (способ № 2)



Рисунок 6.65 – Пациент С., функциональный результат через 12 мес. после реконструкции (пронация и супинация предплечья)

Переломы срослись, через 5 лет конструкция удалена (Рисунок 6.66).



Рисунок 6.66 – Пациент С., рентгенограммы через 5 лет после операции (металлоконструкции удалены)

Клинический пример № 14 (несращение открытого перелома, перелом пластины; реконструкция с применением способа № 3)

Пациентка Р., 29 лет, поступила в клинику через 2 года после травмы. В анамнезе – криминальная травма. На фоне множественных рубленых ран туловища и конечностей имелся открытый перелом правой лучевой кости, который был синтезирован компрессирующей пластиной. На этой же стороне имелась частичная невропатия лучевого нерва в результате первичной травмы.

При поступлении в клинику установлен диагноз: несросшийся перелом лучевой кости, перелом пластины (Рисунок 6.67).



Рисунок 6.67 – Пациентка Р., рентгенограммы при поступлении.
Перелом пластины, ложный сустав лучевой кости

Произведена реконструктивная операция. Пластина удалена, имеющийся костный дефект замещен аутотрансплантатом длиной 3 см с применением разработанного нами способа № 3, описанного в Главе 5 (Рисунок 6.68). Через 6 мес. на контрольных рентгенограммах отмечена перестройка трансплантата и его ассимиляция с материнским ложем (Рисунок 6.69).



Рисунок 6.68 – Пациентка Р., рентгенограммы после реконструкции лучевой кости; костный дефект замещен аутотрансплантатом из гребня подвздошной кости (способ № 3)



Рисунок 6.69 – Пациентка Р., рентгенограммы через 6 мес. после реконструкции; произошла перестройка аутотрансплантата и его ассимиляция с отломками лучевой кости

Функция сегмента восстановлена в пределах прежней (до перелома пластины) через 7 дней после операции (Рисунок 6.70). Оценка по шкале DASH – 5 баллов.

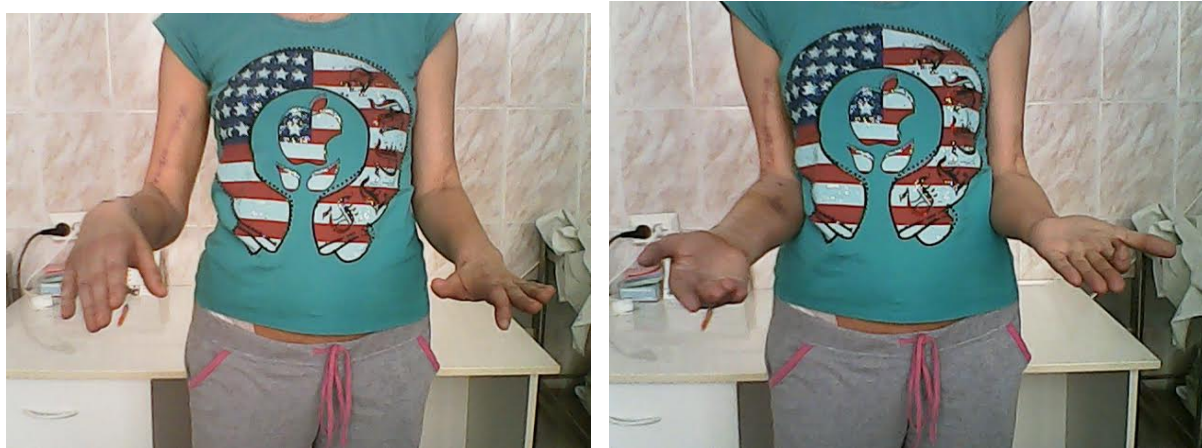


Рисунок 6.70 – Пациентка Р., функциональный результат через 7 суток после реконструкции (пронация и супинация предплечья). Частичная невропатия лучевого нерва правой верхней конечности как результат первичной травмы

Таким образом, применение разработанных методик реконструктивных операций с костной аутопластикой и интрамедуллярным блокируемым остеосинтезом позволило даже в случаях несросшихся переломах с дефектами кости добиться отличных и хороших результатов с восстановлением функции поврежденного сегмента.

ГЛАВА 7. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ

7.1. Пациенты с острой травмой

Варианты фиксации

Из 308 пациентов, обратившихся за медицинской помощью в сроки от 1 до 3 суток с момента получения травмы (группы наблюдения 1–4), у 170 человек (55,2%), в соответствии с разработанным алгоритмом, выполнен БИОС, причем доля таких пациентов при оскольчатых и сложных переломах (типа В и С) хотя и была статистически значимо выше ($p < 0,05$), чем при простых переломах (тип А), но отличалась всего на 4,0% (Рисунок 7.1).

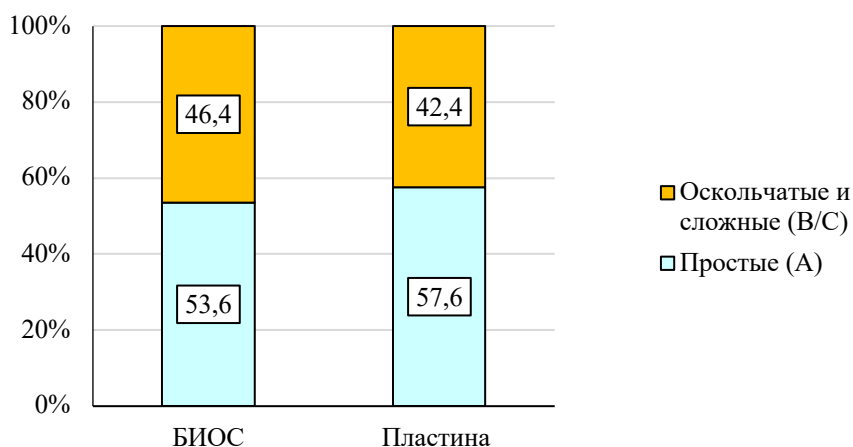


Рисунок 7.1 – Выбор фиксации у пациентов 1–4 групп наблюдения

Вместе с тем, в группах наблюдения соотношение накостного остеосинтеза и БИОС существенно отличалось. При переломах обеих костей предплечья БИОС выполнили чаще в 2,0 раза ($p < 0,01$), при изолированных переломах разница в выборе фиксатора была существенно менее значительной, однако также в пользу БИОС, но при переломах вывихах доля накостного остеосинтеза превысила БИОС в 1,6 раза ($p < 0,01$) (Рисунок 7.2).

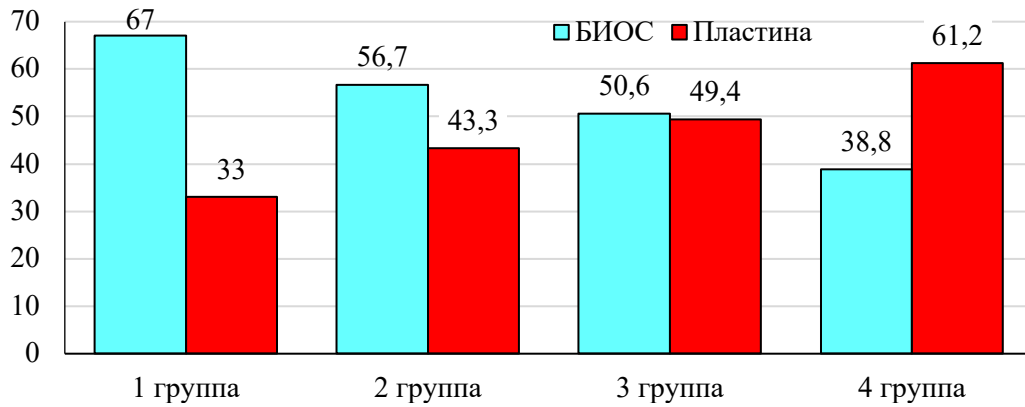


Рисунок 7.2 – Соотношение БИОС и накостного остеосинтеза у пациентов 1–4 групп (в %)

В соответствии с нашим алгоритмом, на выбор фиксатора влияют в основном следующие факторы:

1. ширина костномозгового канала ≥ 4 мм, позволяющая ввести интрамедуллярный штифт;
2. локализация перелома в околосуставной зоне, что предопределяет снижение стабильности интрамедуллярной фиксации;
3. многооскольчатый характер перелома, затрудняющий стабильное восстановление длины кости с помощью интрамедуллярного штифта, или требующий дополнительной фиксации винтами крупных костных отломков.

Поскольку по ширине костномозгового канала в группах наблюдения существенных отличий не выявлено, ведущими факторами, определившим большую частоту накостного остеосинтеза при переломах-вывихах, явились факторы № 2 и № 3 (Рисунок 7.3).

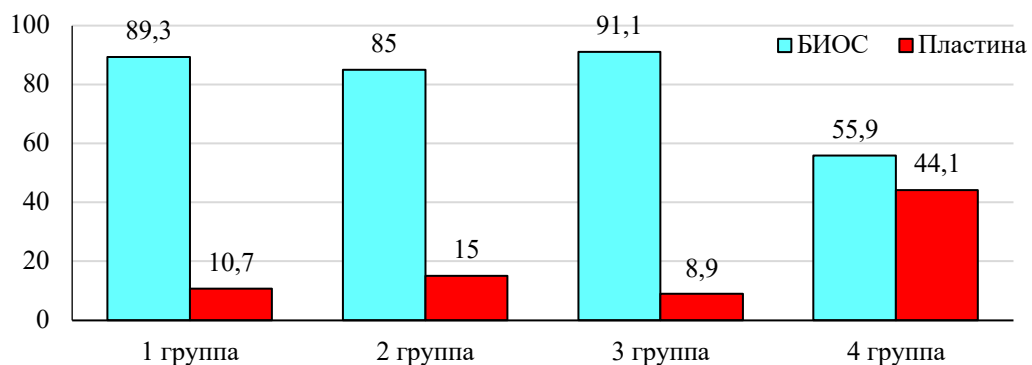


Рисунок 7.3 – Соотношение БИОС и накостного остеосинтеза у пациентов 1–4 групп с костномозговым каналом ≥ 4 мм (в %)

Продолжительность операции

Хотя продолжительность операции и имела в группах наблюдения статистически значимые отличия ($p < 0,01$), однако не оказывала существенного влияния на результаты лечения. Наибольшее время ожидаемо потребовалось для выполнения остеосинтеза при переломах обеих костей, а также при переломовывихах, так как технически у пациентов группы 4 операция была более сложной. Вместе с тем накостный остеосинтез потребовал больше времени во всех группах наблюдения (Рисунок 7.4).

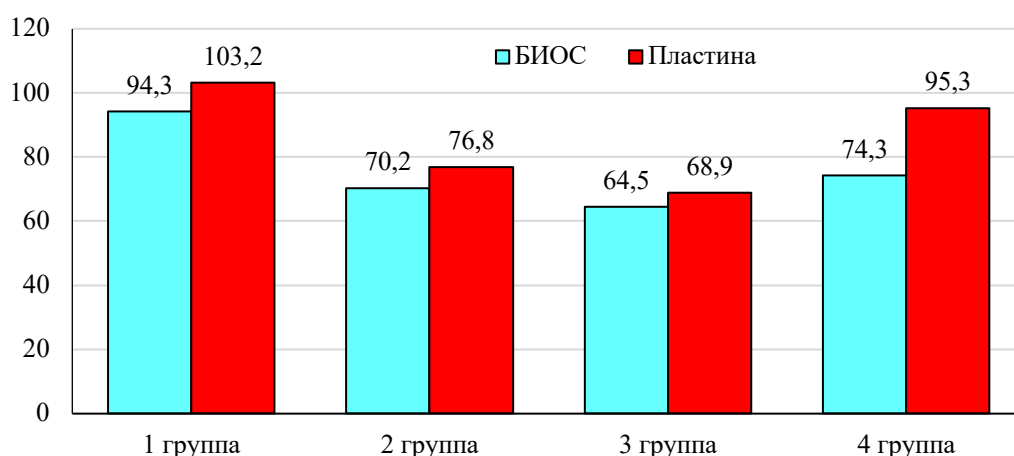


Рисунок 7.4 – Продолжительность операции у пациентов 1–4 групп в зависимости от варианта фиксации (мин)

Технические сложности обусловили также увеличение затрат времени на операцию при оскольчатых и сложных переломах типов В и С (Рисунок 7.5).

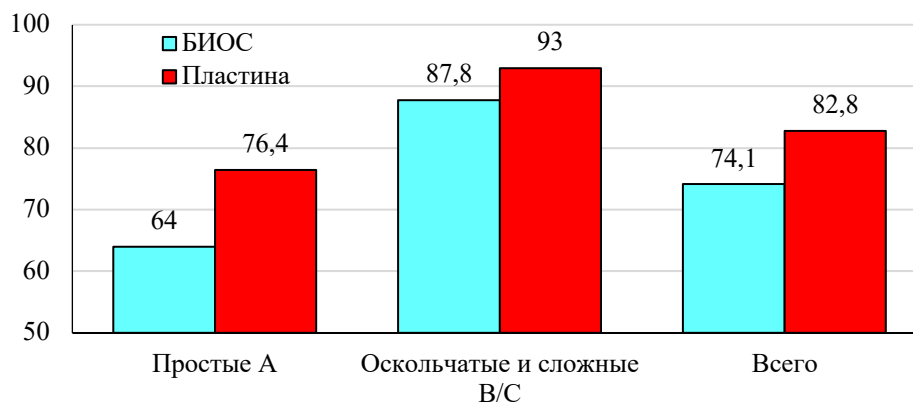


Рисунок 7.5 – Продолжительность операции у пациентов 1–4 групп в зависимости от типа перелома (мин)

Болевой синдром

Динамика болевого синдрома в 1–3 группах не имела существенных отличий, и к 1 году наблюдения средние показатели у этих пациентов свидетельствовали о практически полном отсутствии боли, то есть были меньше 0,5 баллов по ВАШ. В то же время, в 4 группе наблюдения даже через 1 год после операции некоторые пациенты все же ощущали умеренную боль, что обусловило средний показатель 0,78 балла, что на 0,57 балла больше, чем у пациентов 1 группы и более, чем на 0,7 балла – чем у пациентов 2 и 3 групп ($p < 0,01$) (Рисунок 7.6).

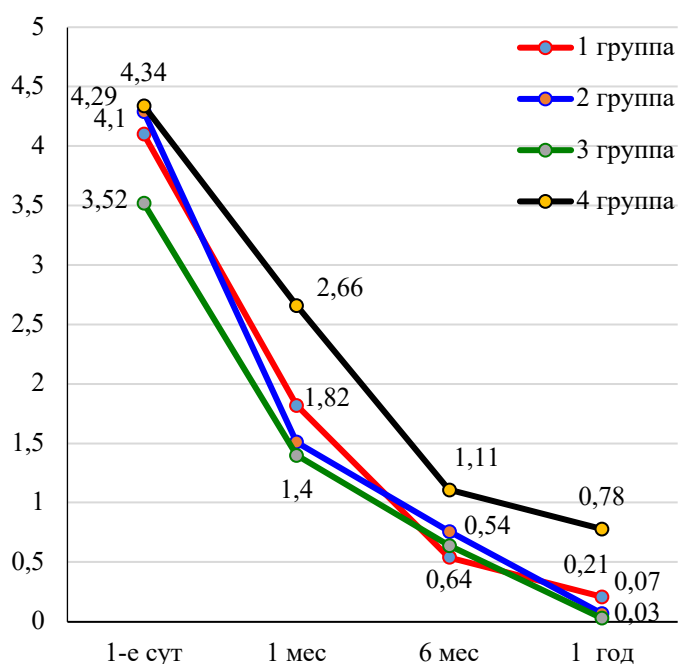


Рисунок 7.6 – Динамика болевого синдрома у пациентов 1–4 групп (в баллах по ВАШ)

Такое отличие средних показателей боли у пациентов 4 группы объясняется тем, что при переломах значительно чаще применяли накостный остеосинтез, после которого вследствие особенностей операции болевой синдром был более выражен, особенно при оскольчатых и сложных переломах (Рисунок 7.7).

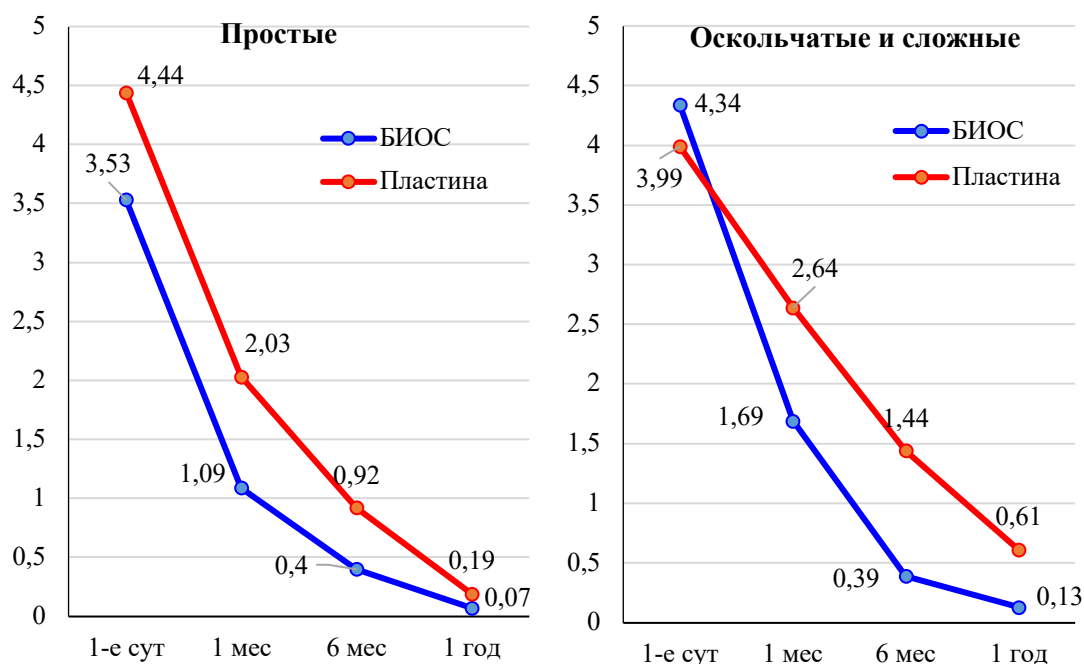


Рисунок 7.7 – Динамика болевого синдрома у пациентов 1–4 групп в зависимости от варианта фиксации (в баллах по ВАШ)

Костная консолидация

Консолидация переломов была достигнута во всех 170 случаях применения БИОС. После 138 операций на костного остеосинтеза отмечено 9 случаев несращения (6,5%), причем их частота, хотя и зависела от характера переломов, однако не имела статистически значимых отличий: 5 несращений после 85 операций (5,9%) констатировано при простых переломах, и 4 несращения после 54 операций (7,4%) – при оскольчатых и сложных переломах. Таким образом, разница составила 1,5 % ($p > 0,05$) (Рисунок 7.8).

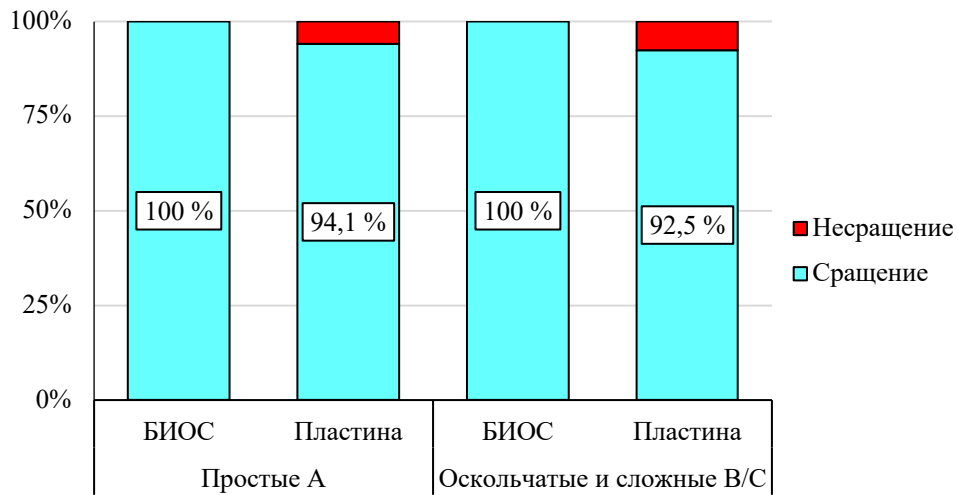


Рисунок 7.8 – Костная консолидация у пациентов 1–4 групп через 1 год после операции

Оценка функции конечности

Через 1 год после операции средние значения функции конечности по шкале-опроснику DASH во всех группах пациентов находились в оценочном диапазоне «хорошо и отлично» (до 20 баллов). В то же время отмечены статистически значимые отличия между результатами выполнения БИОС и накостного остеосинтеза. При простых переломах разница в пользу БИОС составила 1,85 балла (в 1,7 раза), а при оскольчатых и сложных переломах – 4,75 балла (в 2,6 раза) ($p < 0,01$). В 4 группе средние показатели DASH были существенно выше, чем в других группах, и разница составила от 4,43 до 3,42 балла (Рисунок 7.9).

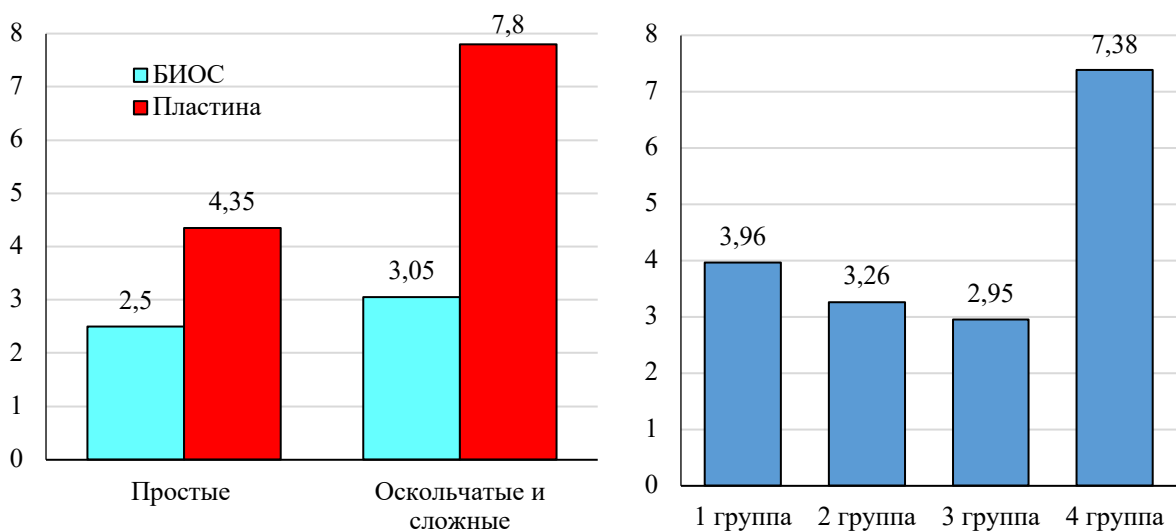


Рисунок 7.9 – Средние показатели DASH (в баллах) у пациентов 1–4 групп через 1 год после операции

Осложнения

- Ограничения ротационных движений.

В послеоперационном периоде в качестве осложнения чаще всего к 1 году наблюдения отмечали ограничение ротационных движений (55 случаев из 308, или 17,9%). Таким образом, это осложнение явилось весьма распространенным, что обусловлено анатомическими особенностями сегмента и согласуется с данными других авторов. Наиболее характерными ротационные контрактуры были для пациентов 4 группы (42,9%), что объясняется характером повреждений при переломовывихах (Рисунок 7.10).

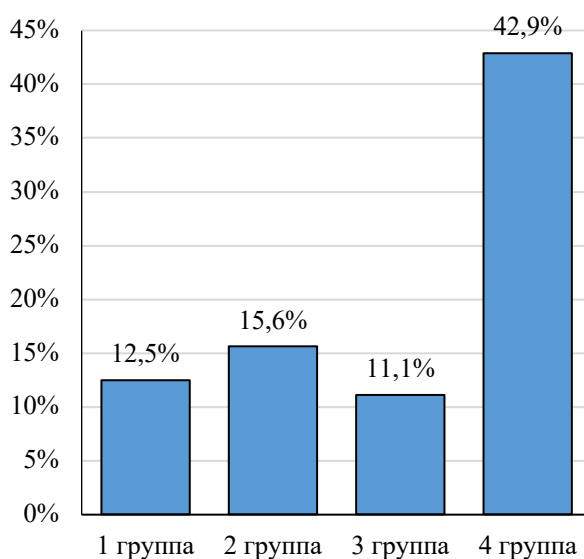


Рисунок 7.10 – Ограничения ротации у пациентов 1–4 групп через 1 год после операции

В то же время, функционально значимыми мы считали контрактуры с ограничением ротации более, чем на 50%, так как при меньших значениях ограничений пациенты не испытывали серьезных проблем, связанных со снижением качества жизни, и были удовлетворены функциональными результатами лечения. Функционально значимые ограничения ротации отмечены лишь в 12 случаях (3,9%), причем по этому показателю лидируют пациенты 4 группы, у которых выраженные ограничения развились в 6 наблюдениях из 49 (12,2%).

Отмечено влияние на частоту ротационных нарушений как характера перелома, так и типа фиксации. Чаще ограничения ротации отмечали после накостного остеосинтеза оскольчатых и сложных переломов (Рисунок 7.11, Рисунок 7.12).

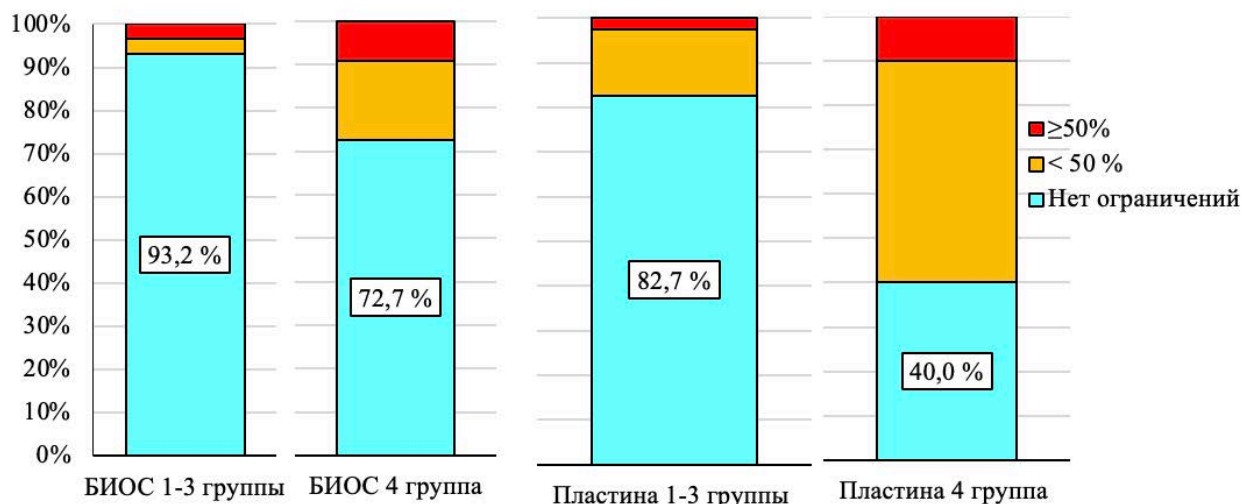


Рисунок 7.11 – Ограничения ротационных движений предплечья через 1 год после операции при простых переломах и переломах-вывихах

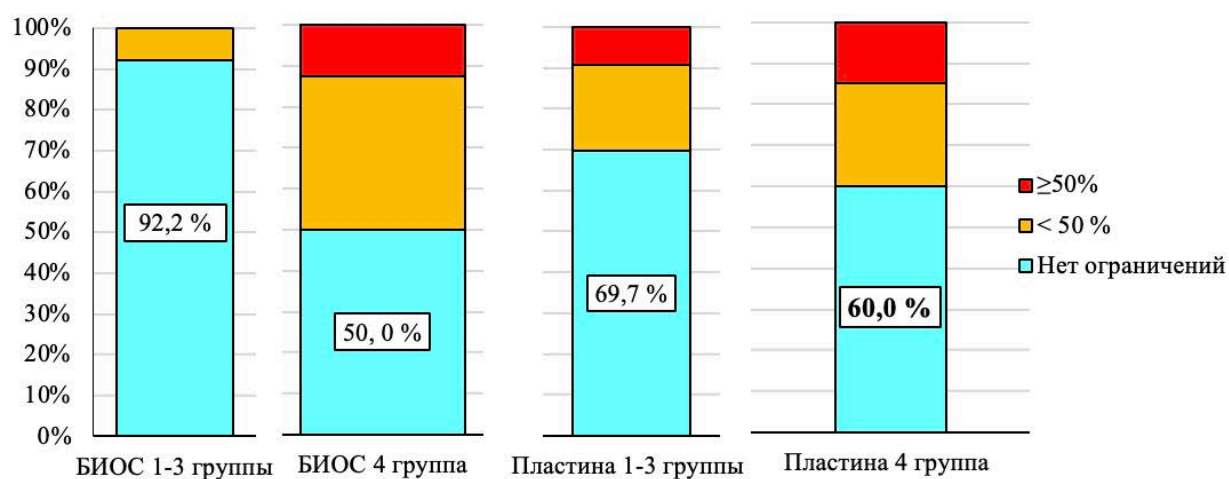


Рисунок 7.12 – Ограничения ротационных движений предплечья через 1 год после операции при оскольчатых и сложных переломах и переломах-вывихах

- Общее количество осложнений.

С учетом функционально значимых ротационных контрактур всего после 308 выполненных операций отмечено 31 осложнение (10,1%). Эти осложнения были обсуждены в конце разделов, посвященных каждой группе наблюдения.

Ротационные контрактуры в объеме менее 50% от нормальной амплитуды мы не считали осложнением (Таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Осложнения после остеосинтеза костей предплечья

Характер осложнения	Метод фиксации	1 группа (n = 88)	2 группа (n = 90)	3 группа (n = 81)	4 группа (n = 49)	ВСЕГО (n=308)
Несращения, рефрактуры	БИОС	0	0	0	0	0
	Пластина	4	3	0	2	9
	Всего	4 (3,5%)	3 (3,3%)	0	2 (4,1%)	9 (2,9%)
Деформации, остаточные смещения	БИОС	2	0	1	0	3
	Пластина	2	3	0	0	5
	Всего	4 (3,5%)	3 (3,3%)	1 (1,2%)	0	8 (2,6%)
Ротационные контрактуры свыше 50 %	БИОС	2	0	0	2	4
	Пластина	1	0	3	4	8
	Всего	3 (3,4%)	0	3 (3,7%)	6 (12,2%)	12 (3,9%)
Прочие	БИОС	1	0	0	0	1
	Пластина	0	0	1	0	1
	Всего	1 (1,1%)	0	1 (1,2%)	0	2 (0,6%)
Общее количество осложнений	БИОС	5	0	1	2	8
	Пластина	7	6	4	6	23
	Всего	12 (13,6%)	6 (6,7%)	5 (6,2%)	8 (16,3%)	31 (10,1%)

Как видно из таблицы, функционально значимые ротационные контрактуры составили наиболее значительную часть всех осложнений – 12 из 31 (38,7%). Чаще всего осложнения встречались у пациентов 4 группы: их доля превысила соответствующий показатель у пациентов 1 группы с переломами обеих костей предплечья на 2,7% (в 1,2 раза), а у пациентов 2 и 3 групп (с переломами одной кости) – на 9,6 и 10,1% соответственно (то есть в 2,4 и 2,6 раза, $p < 0,01$) (Рисунок 7.13, Рисунок 7.14).

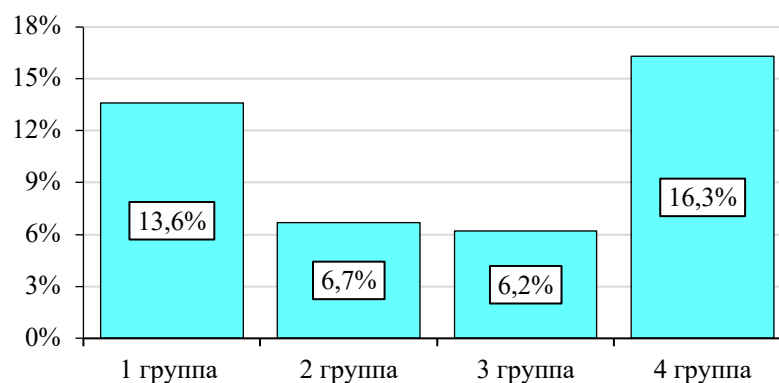


Рисунок 7.13 – Частота осложнений в группах наблюдения

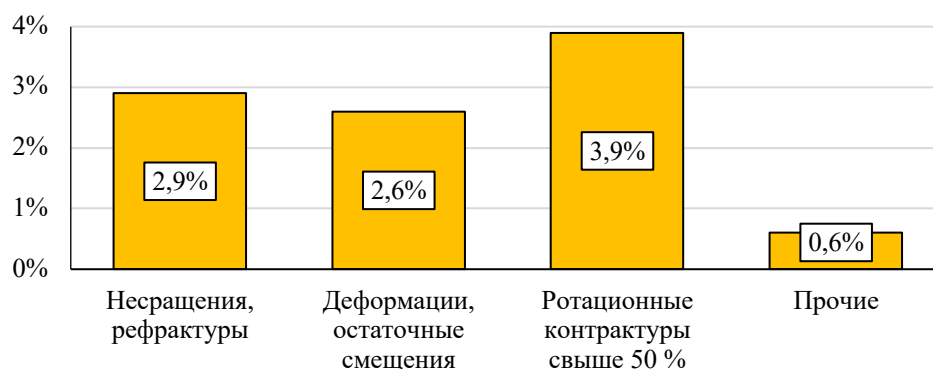


Рисунок 7.14 – Характер и доля осложнений в общем количестве наблюдений

Таким образом, результаты применения БИОС в лечении пациентов со свежими переломами костей предплечья показало статистически значимое преимущество перед накостным остеосинтезом по всем исследованным показателям. Средние значения болевого синдрома к 1 году наблюдения были ниже на 2,5 балла (в 3,5 раза), случаев несращения перелома не отмечено (тогда как при накостном остеосинтезе было 9 таких наблюдений, или 7,0%), показатели функции конечности по DASH были лучше на 2,9 балла, или в 2,0 раза ($p < 0,01$). Ограничение ротационных движений предплечья отмечено после БИОС в 2,5 раза реже (10,6% против 26,8%), и из этого числа функционально значимые ротационные контрактуры ($\geq 50\%$) составили соответственно после БИОС 2,9% случаев, а после накостного остеосинтеза – 6,5%, определив разницу в 2,6 раза ($p < 0,01$).

7.2. Сравнение результатов лечения с ретроспективной группой

Для определения эффективности разработанного алгоритма выбора хирургической тактики в отношении пациентов с переломами костей предплечья мы проанализировали результаты лечения 110 аналогичных клинических случаев, проходивших лечение в нашей клинике за период 2004–2011 гг., то есть до внедрения алгоритма. На базе этих наблюдений сформирована ретроспективная группа сравнения (группа 0), сопоставимая с пациентами групп 1–4 по всем параметрам (Рисунок 7.15).

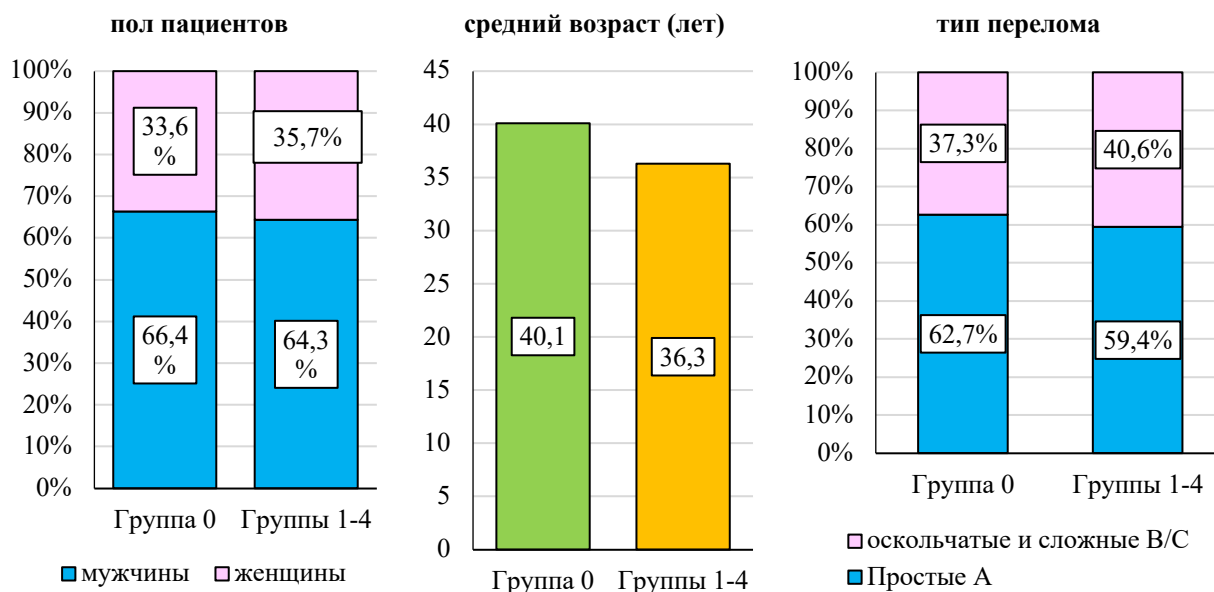


Рисунок 7.15 – Общая сравнительная характеристика пациентов групп 0–4

При лечении пациентов ретроспективной группы мы еще не считали БИОС методом выбора, в связи с чем большинство клинических наблюдений составили пациенты после накостного остеосинтеза, а часть операций интрамедуллярного остеосинтеза выполнена без блокирования штифтов (Рисунок 7.16).

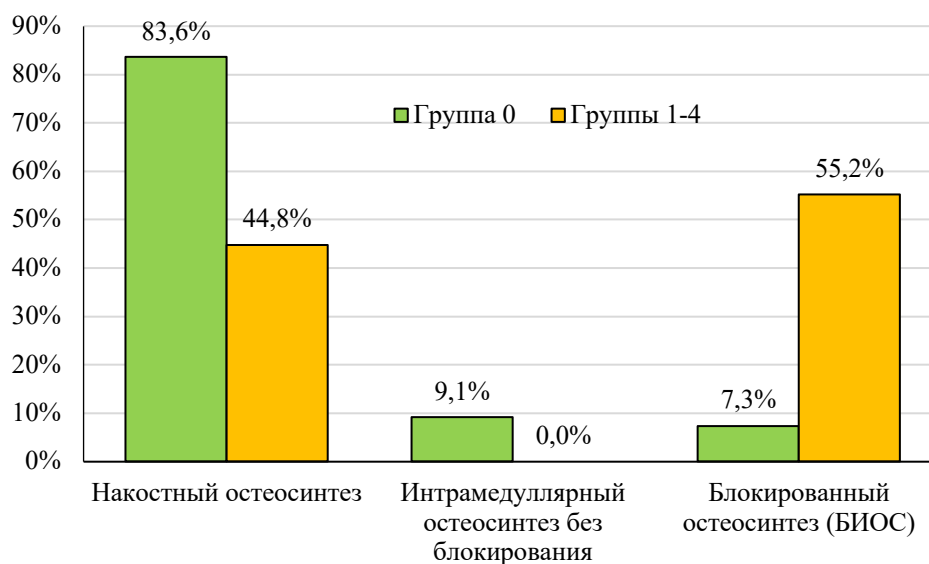


Рисунок 7.16 – Примененные методики остеосинтеза у пациентов групп 0–4

Обращают внимание существенные отличия в выборе хирургической тактики: интрамедуллярный остеосинтез в ретроспективной группе сравнения (как с блокированием, так и без блокирования) выполнен реже, чем в группах 1–4 в 3,7 раза, а БИОС – в 7,6 раза ($p < 0,01$).

У 308 пациентов 1–4 групп мы в 146 случаях (47,4%) столкнулись со сложностями выполнения интраоперационной репозиции костных отломков, что потребовало применения разработанного нами «Устройства для репозиции и фиксации отломков костей предплечья» (Патент РФ на полезную модель RU 142567 U1). У пациентов ретроспективной группы такой аппарат не применяли, так как он еще не был создан и внедрен в клиническую практику.

Упрощение техники репозиции с помощью Устройства позволило сократить время выполнения операции, которое в среднем составило 78,0 мин в группах 1–4, и 96,5 мин в ретроспективной группе. Таким образом, разница составила 18,5 мин ($p < 0,01$).

Результаты проведенного лечения сравнивали через 1–2 года после проведенной операции в группе 0, и через 1 год – в группах 1–4.

Среднее значение болевого синдрома у пациентов группы сравнения составило 0,36 балла по ВАШ, что больше, чем в группах 1–4, на 0,15 балла. Несмотря на то, что оба сравниваемых показателя находятся в диапазоне «боль практически отсутствует», то есть меньше 0,5 балла, эта разница в 1,7 раза все же является статистически значимой ($p < 0,01$). Более высокий средний показатель болевого синдрома в группе сравнения в значительной степени обусловлен преобладанием в ней пациентов с выполненным накостным остеосинтезом, показатели боли после которого не отличаются существенно от таковых в группах 1–4 (Рисунок 7.17).

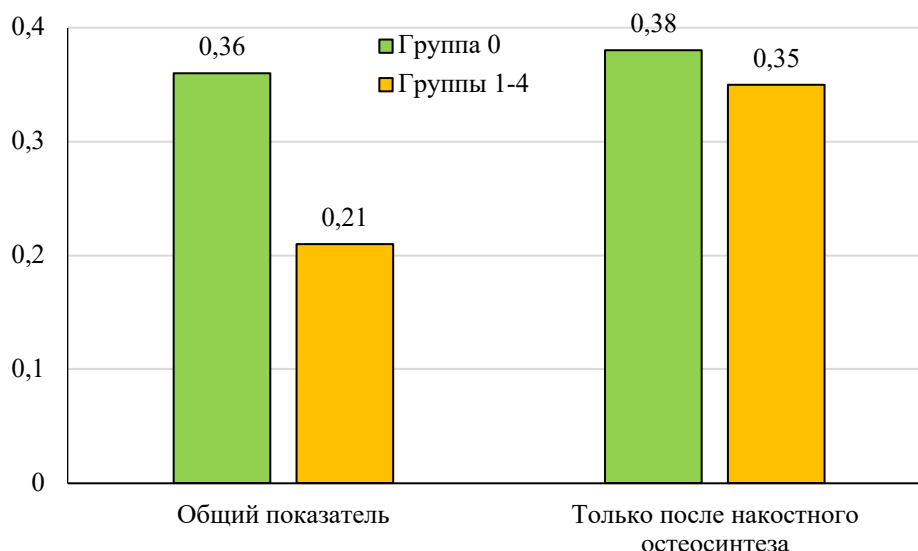


Рисунок 7.17 – Средние показатели болевого синдрома через 1–2 года после операции у пациентов групп 0–4 (в баллах по ВАШ)

По функциональной шкале-опроснику DASH средние показатели находились в оценочном диапазоне «хорошо и отлично», однако в группе сравнения среднее значение по DASH было на 1,48 балла больше ($p < 0,05$), тогда как средние показатели, определенные только после операций накостного остеосинтеза, не имели статистически значимых отличий – разница составила всего 0,05 балла ($p > 0,05$) (Рисунок 7.18).

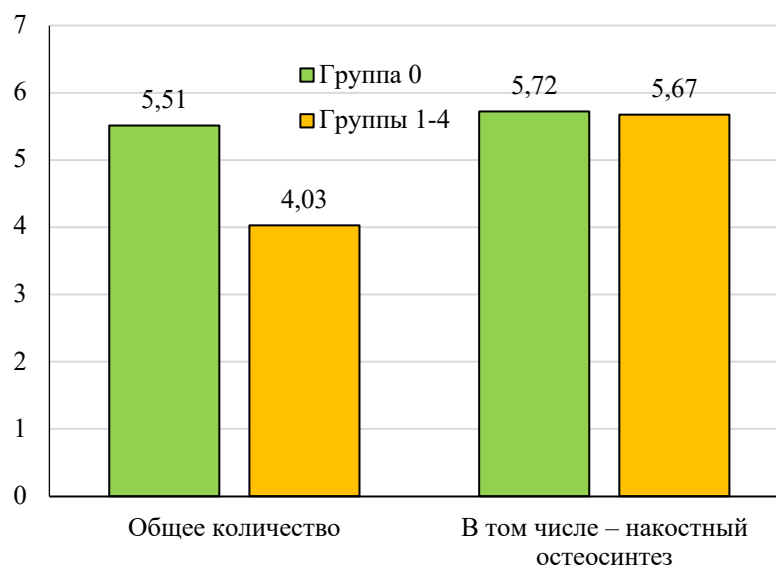


Рисунок 7.18 – Средние показатели шкалы DASH через 1–2 года после операции у пациентов групп 0–4 (в баллах)

Частота осложнений в группе сравнения была существенно выше (в 1,9 раза, $p < 0,01$), в то время как доля осложнений, развившихся только после операций на костного остеосинтеза, не имела статистически значимых отличий (Рисунок 7.19).

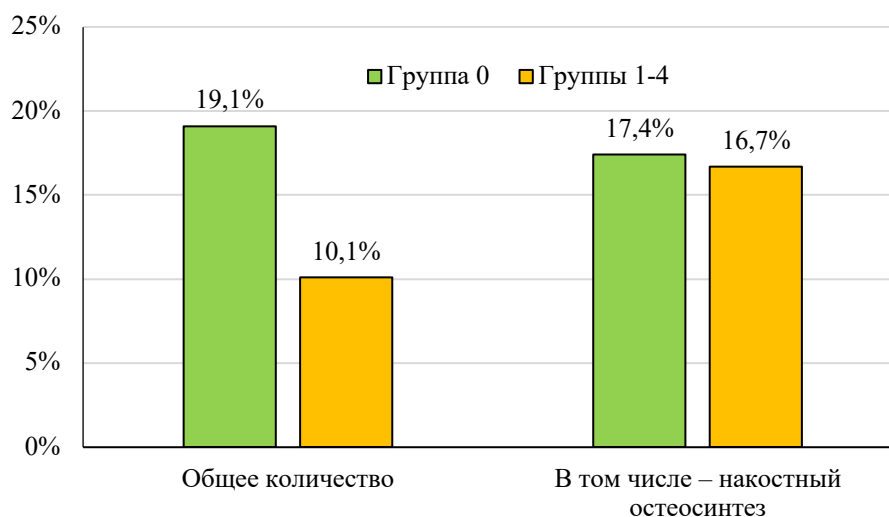


Рисунок 7.19 – Общее количество осложнений после операций у пациентов 0–4 групп

Ту же картину можно наблюдать, анализируя структуру осложнений: в общем количестве выполненных операций их доля в группе сравнения существенно выше (в 2 раза), в том числе – функционально значимых контрактур, деформаций и вторичных смещений ($p < 0,01$), тогда как при сравнении операций на костного остеосинтеза эта разница становится минимальной. Такой результат объясняется абсолютным преобладанием операций на костного остеосинтеза в группе сравнения, что и имеет определяющее влияние при подсчете средних значений исследуемых параметров (Рисунок 7.20).

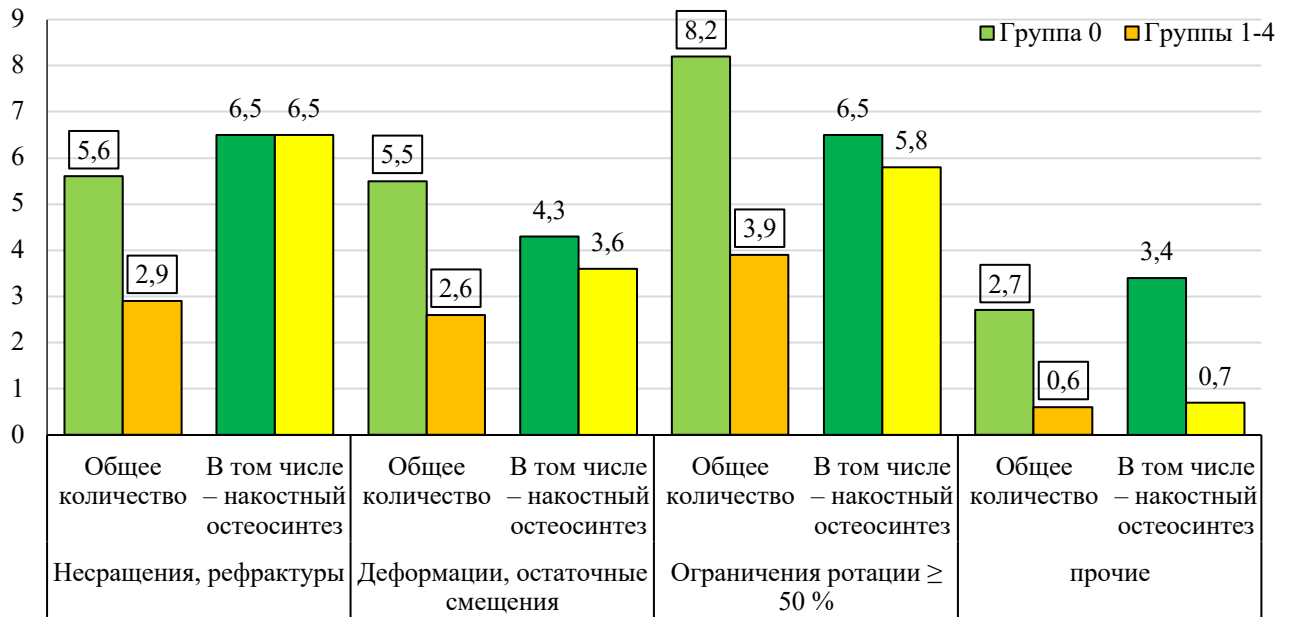


Рисунок 7.20 – Структура и частота осложнений после операций у пациентов 0–4 групп

Таким образом, применение разработанного нами алгоритма, предусматривающего существенное расширение показаний к выполнению БИОС при лечении пациентов с переломами костей предплечья в остром периоде, позволило добиться статистически значимо лучших результатов в отношении остаточного болевого синдрома, оценки функции по DASH, а также снизить количество осложнений в 1,9 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В период 2004–2021 гг. на базе отделения травматологии и ортопедии СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница», являющейся клинической базой кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, проведено исследование, в которое включены совершеннолетние пациенты, прооперированные по поводу диафизарных переломов костей предплечья.

Дизайн исследования

На первом этапе проведен ретроспективный анализ результатов погружного остеосинтеза у 110 человек с диафизарными переломами и переломовывихами костей предплечья в сроки 1–2 года после операции, выполненной в период 2004–2011 гг. Это позволило определить сравнительную эффективность традиционно используемых хирургических методик – накостного и интрамедуллярного остеосинтеза. Эти же пациенты вошли в группу 0 (группу сравнения), с которой впоследствии сопоставили результаты, полученные при клиническом внедрении разработанного нами алгоритма.

На втором этапе на основе математической костной модели предплечья проведен расчет напряжений в системе «кость-фиксатор» при блокируемом интрамедуллярном и накостном остеосинтезах диафизарных переломов, что помогло уточнить допустимые параметры и сроки функциональной нагрузки после таких операций.

На третьем этапе были разработаны оригинальные методики хирургического лечения пациентов с неблагоприятными исходами диафизарных переломов и переломовывихов костей предплечья в виде несращения, костных дефектов, ложных суставов, деформаций, включающие выполнение блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза в сочетании с аутопластикой трикортикальным костным трансплантатом, а также реабилитационное лечение до и после операции.

На четвертом этапе был разработан алгоритм выбора варианта оптимального фиксатора для остеосинтеза в отношении пациентов с диафизарными переломами

и переломовывихами костей предплечья, модифицированы протоколы предоперационного обследования и планирования, уточнена хирургическая техника, включая применение оригинального устройства для репозиции костных отломков, защищенного патентом РФ. В 2012–2021 гг. алгоритм был внедрен в клиническую практику с последующим анализом полученных результатов лечения 322 пациентов, вошедших в группы проспективного исследования, при наблюдении в течение 1 года после операции.

Экспериментальный этап

Используя метод математического моделирования, был проведен расчет распределения нагрузок на кость и фиксатор при выполнении БИОС и накостного остеосинтеза. Особое внимание уделяли определению порога разрушающих нагрузок при ротационных движениях предплечья. В результате было выяснено, что зоны концентрации высоких напряжений локализуются вокруг отверстия пластины над областью перелома и ближайших к ней отверстий с обеих сторон, а при остеосинтезе стержнем напряжения по нему распределяются равномерно. При увеличении амплитуды движений «пронация-супинация» от нейтрального положения на угол, превышающий $\pm 60^\circ$, кортикальная пластина разрушится с высокой долей вероятности в период от 2 до 4 лет, а движения с амплитудой $\pm 90^\circ$ должны привести к ее разрушению в скором времени после установки. В то же время, стержень, изготовленный из ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-7Nb, сохранит свою целостность даже при аналогичных движениях с амплитудой $\pm 90^\circ$.

Полученные результаты говорят о том, что фиксация костных отломков стержнем надежнее, чем кортикальной пластиной. Поэтому при фиксации перелома кортикальной пластиной во избежание возможных осложнений следует рассматривать целесообразность применения дополнительной внешней иммобилизации сегмента в послеоперационном периоде.

Лечебная тактика и методики оценки результатов

Основываясь на данных проведенного эксперимента и анализе результатов 110 операций, выполненных пациентам ретроспективной группы с применением традиционного подхода, когда в 83,6% случаев был осуществлен накостный

остеосинтез, и в 9,1% наблюдений – интрамедуллярный остеосинтез без блокирования, нами был разработан алгоритм выбора оптимальной хирургической тактики, в основу которого легло понимание преимуществ блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза. Эти операции мы стремились по возможности выполнять без обнажения зоны перелома или применяя для достижения репозиции миниинвазивный доступ. Для облегчения выполнения интраоперационной репозиции применяли разработанное нами «Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья» (Патент РФ на полезную модель RU 142567 U1). Применение интрамедуллярного остеосинтеза без блокирования считали не показанным, так как при таком варианте фиксации существенно снижается ее стабильность в отношении ротационных движений.

Мы считали БИОС показанным во всех случаях, когда диаметр костномозгового канала ≥ 4 мм, так как при меньшем диаметре введение применяемых нами стержней было технически невозможно. Исключения составили только переломы с локализацией, приближенной к метафизарной части, так как в этой зоне костномозговой канал расширяется, и в сочетании с коротким плечом околосуставного костного отломка снижается стабильность фиксации интрамедуллярным стержнем. Кроме того, применение накостного остеосинтеза считали оправданным при многооскольчатых переломах, когда для достижения репозиции требовался широкий доступ или была необходимость дополнительной фиксации крупного костного фрагмента винтом.

Для определения диаметра костномозгового канала и анатомических изгибов костей предплечья выполняли рентгенографию здорового предплечья в двух проекциях: прямой в положении полной супинации предплечья и строго боковой. Фиксация изображения на цифровом носителе и цифровая обработка данных в программе «АрхиМед» позволила выполнять измерения с высокой точностью.

Если необходимость восстановления физиологической кривизны лучевой кости общепризнана, то локтевую кривизну нередко не учитывают. Вместе с тем пренебрежение восстановлением локтевой кривизны приводит к образованию клиновидного дефекта с внутренней стороны и удлинению локтевой кости

вследствие ее выпрямления, что может негативно сказаться на сращении обеих костей предплечья и приведет к нарушению соотношений в радиоульнарных сочленениях. По сути, выпрямление физиологической кривизны кости является угловым смещением. В связи с этим для сохранения физиологической кривизны обеих костей предплечья в ходе предоперационной подготовки мы выполняли предварительное моделирование изгиба стержней по рентгенограммам.

В ходе операции при переломах обеих костей предплечья вначале осуществляли остеосинтез той кости, где операция могла быть выполнена с наименьшими сложностями. После анатомического восстановления одной из костей она оказывала шинирующее действие на вторую, что упрощало манипуляции на более сложном переломе. Кроме того, в сложных случаях применяли разработанное нами «Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья» (Патент РФ на полезную модель RU 142567 U1).

В соответствии с данным алгоритмом БИОС выполнен в 55,2% наблюдений, причем чаще всего (67,0%) у пациентов 1 группы (перелом обеих костей предплечья), и реже всего (38,8%) – у пациентов 4 группы (переломовывихи).

Особенностью реабилитационного лечения после выполнения БИОС явились ранние (с первых дней послеоперационного периода) пассивные и активные движения, включая ротационные, при этом функция конечности восстанавливалась, как правило, уже через 2–4 недели. После накостного остеосинтеза режим восстановления движений определяли индивидуально, исходя в первую очередь из способности пациента к абсолютному соблюдению предписанного охранительного режима. Ротационные движения разрешали с амплитудой не более 50% от нормальной ротации предплечья в течение первых 6 недель, после чего выполняли контрольную рентгенографию и только при наличии признаков консолидации приступали к полноценному восстановлению ротации. При малейших сомнениях в комплаентности пациента накладывали гипсовую лонгетную повязку от верхней трети плеча до головок пястных костей на срок до 6 недель, а полную нагрузку разрешали через 4–6 месяцев от момента операции при наличии хорошо выраженной костной мозоли. В последующем, при отсутствии

медицинских показаний целесообразность удаления накостных фиксаторов на костях предплечья считали сомнительной из-за высокого риска рефрактур.

Оценку результатов лечения проводили с помощью определения болевого синдрома в динамике по 10-балльной визуальной аналоговой шкале (ВАШ), измерения амплитуды движений оперированного сегмента, в том числе – ротационных (измеряли ограничения в градусах по сравнению с контралатеральной неповрежденной конечностью), а также фиксации баллов шкалы-опросника DASH через 1 год после операции.

Группы наблюдения

В проспективное исследование, когда были применены разработанные нами методики в соответствии с алгоритмом выбора оптимальной хирургической тактики, вошли 330 пациентов, которые разделены на 5 групп.

Группы 1–4 составили 308 пациентов, которым выполняли первичный остеосинтез в остром периоде:

- 1-я группа с переломами обеих костей предплечья (n=88);
- 2-я группа с изолированными переломами лучевой кости (n=90);
- 3-я группа с изолированными переломами локтевой кости (n=81);
- 4-я группа с переломовывихами Монтеджи и Галеацци (n=49).

Пациенты с неблагоприятными последствиями переломов (несращения, костные дефекты, ложные суставы), выделены в отдельную, 5-ю группу (n=22). В их лечении применяли разработанные нами методики костной пластики.

Результаты лечения пациентов 1–4 групп

Наблюдение пациентов проспективных групп осуществляли в динамике в течение минимум 1 года с визитами через 1,5, 3 и 6 месяцев с момента операции.

Наблюдаемые группы 1–4 были сравнимы по возрасту, полу, срокам с момента получения травмы. Характер повреждений определяли в соответствии с классификацией АО/ОТА (пересмотр 2018 г.), выделяя простые переломы типа А (n=183), а также оскольчатые и сложные типов В и С (n=125).

Болевой синдром считали практически полностью купированным при значениях меньше 0,5 баллов по ВАШ. Средние показатели интенсивности боли

у пациентов 1–4 групп не имели существенных отличий как непосредственно после операции (от 4,34 до 3,52 балла), так и через 6 месяцев (от 0,54 до 1,11 балла). В то же время через 1 год после операции средние показатели у пациентов 1–3 групп были меньше 0,5 балла (отсутствие боли), тогда как в 4 группе пациентов с переломовывихами средний показатель составил 0,78 балла (умеренная боль), что, на наш взгляд, связано с тем, что в этой группе значительно чаще применяли накостный остеосинтез. Сравнение средних показателей болевого синдрома через год после остеосинтеза простых переломов (тип А) не показало значимых отличий при применении БИОС или накостного остеосинтеза (оба показателя в диапазоне «отсутствие боли», разница 0,11 балла), тогда как при оскольчатых и сложных переломах (типы В и С) разница составила 0,48 балла по ВАШ в пользу БИОС ($p < 0,05$).

Консолидация переломов достигнута во всех 170 случаях применения БИОС, тогда как после накостного остеосинтеза отмечено 9 случаев несращения (6,5%). Впоследствии связь с одним пациентом была утрачена, а 8 человек включены в 5 группу наблюдения с неблагоприятными результатами проведенного лечения, и им выполнены реконструктивные операции по разработанным нами методикам.

Для оценки функции оперированного сегмента применяли международную шкалу DASH, в соответствии с интерпретацией данных которой средние показатели всех групп к 1 году наблюдения были расположены в оценочном диапазоне «хорошо и отлично», однако если отличия этих показателей в 1–3 группах не превышали 1 балла, то в 4 группе средний показатель DASH составил 7,38 балла, что на 3,42–4,43 балла больше, чем в первых трех группах наблюдения ($p < 0,05$). Наиболее показательное отличие средних показателей DASH при сравнении результатов БИОС и накостного остеосинтеза: преимущество БИОС у пациентов с простыми переломами типа А составило 1,85 балла (в 1,7 раза), а с оскольчатыми и сложными переломами типов В и С – 4,75 балла (в 2,6 раза) ($p < 0,01$).

Ограничения ротационных движений к 1 году наблюдения у пациентов 1–4 групп отмечены в 55 случаях (17,9%), причем чаще всего – в 4 группе (42,9%),

тогда как в первых трех группах доля ротационных контрактур варьировала от 11,1% до 15,6%. В то же время, функционально значимыми мы считали контрактуры с ограничением ротации $\geq 50\%$ от нормы, так как при меньших ограничениях пациенты не испытывали серьезных проблем, связанных со снижением качества жизни. Поэтому осложнением проведенной операции мы считали только ограничения ротации $\geq 50\%$, и они отмечены лишь в 12 случаях (3,9%), причем по этому показателю также лидируют пациенты 4 группы, у которых выраженные ротационные контрактуры развились в 6 наблюдениях из 49 (12,2%).

Общее количество осложнений составило 10,1% (31 наблюдение), из которых наиболее частыми, помимо упомянутых 12 случаев выраженных ротационных контрактур, явились 9 несращений или рефрактур (2,9%) и 8 случаев деформаций и остаточных смещений (2,6%). При этом у пациентов 4 группы доля осложнений была наибольшей (16,3%).

Таким образом, результаты применения БИОС в лечении пациентов со свежими переломами костей предплечья показало статистически значимое преимущество перед накостным остеосинтезом по всем исследованным показателям. Средние значения боли по ВАШ к 1 году наблюдения после БИОС были ниже в 3,5 раза, случаев несращений переломов не отмечено, показатели функции конечности по DASH были лучше в 2,0 раза, общее число осложнений меньше в 2,9 раза, и из этих осложнений функционально значимые ротационные контрактуры ($\geq 50\%$) развились с частотой, меньшей в 2,6 раза ($p < 0,01$).

Открытые переломы

Среди 308 пациентов 1–4 групп отмечено 39 случаев открытых переломов (12,7%), при этом чаще всего (23 наблюдения из 39 или 59,0%) отмечены у пациентов 1 группы (перелом обеих костей предплечья).

Лечение пациентов с открытыми переломами имело свои особенности, так как было разделено на 2 этапа.

Первый этап. Тактику определяли на основании характера повреждений в соответствии с классификацией Gustilo – Andersen [269, 270]. При переломах

I типа (34 случая или 87,2%), когда повреждения мягких тканей были незначительными, выполняли обработку раны, коррекцию положения костных отломков при наличии смещения и фиксацию гипсовой лонгетной повязкой с «окном» для выполнения перевязок. При переломах II и III типов (5 случаев или 12,8%) после первичной хирургической обработки ран и, при наличии показаний, – декомпрессионной фасциотомии, для временной иммобилизации использовали аппарат наружной фиксации, который после заживления ран демонтировали с конверсией на погружной остеосинтез.

Второй этап. После заживления мягких тканей у всех 39 пациентов выполнили погружной остеосинтез в соответствии с разработанным алгоритмом: в 22 случаях (64,7%) – БИОС, в 12 (35,3%) – накостную фиксацию пластинами. Средний срок от момента травмы до выполнения погружного остеосинтеза при переломах I типа по классификации Gustilo – Andersen составил $7,3 \pm 1,3$ суток, а у пациентов с переломами II и III типа – $64,4 \pm 19,3$ суток. В то же время, поскольку особенности лечения относились только к первому этапу, а хирургическую тактику на втором этапе определяли, как и при закрытых повреждениях, в соответствии с разработанным алгоритмом, результаты лечения 39 человек с открытыми переломами были включены в общую статистику 1–4 групп наблюдения.

Сравнительная оценка средних значений исследованных показателей у 39 пациентов с открытыми переломами с соответствующими данными по всем пациентам 1–4 групп показало следующее:

- боль к 1 году наблюдения – 0,07 балла по ВАШ (меньше на 0,14 балла);
- функция по DASH – 4,2 балла (больше на 0,17 балла);
- общая доля осложнений – 12,8% (больше на 2,7%);
- из общего числа осложнений – функционально значимые ограничения ротации – 2,6% (меньше на 1,3%).

Поскольку выбор варианта фиксации, как было показано выше, оказывает несомненное влияние на результат проведенного лечения, и учитывая неодинаковое соотношение БИОС и накостного остеосинтеза у сравниваемых контингентов пациентов, полученные отличия нельзя считать существенными.

Таким образом, примененная тактика в отношении лечения пациентов с открытыми переломами привела к достижению результатов, не уступающих таковым у пациентов с закрытыми повреждениями.

Неблагоприятные последствия переломов

Из 22 человек с неблагоприятными последствиями переломов костей предплечья (несращения, ложные суставы, деформации, рефрактуры) 14 пациентам (63,6%) проводили первичное лечение в других лечебных организациях. В 14 случаях (63,7%) это были последствия накостного остеосинтеза, в 2 наблюдениях – после попыток консервативного лечения, в 3 случаях – после интрамедуллярного остеосинтеза без блокирования и еще у 3 человек применили аппарат наружной фиксации.

Сроки с момента получения травмы до обращения в нашу клинику варьировали от 2 мес. до 8 лет, средний срок составил $11,8 \pm 4,3$ мес.

У пациентов с неблагоприятными результатами проведенного первичного лечения особенно важно после выполнения реконструктивных операций раннее начало движений в ходе реабилитационных мероприятий, так как во всех случаях мы имеем дело с контрактурами, и порой весьма значительными. С другой стороны, при ранних движениях на фоне нарушений консолидации имеется повышенная опасность несостоятельности фиксации и даже переломов имплантов, особенно с учетом того, что ассимиляция с материнским ложем костных аутотрансплантатов, установка которых у данного контингента пациентов является обязательным условием для сращения переломов, происходит только в период от 4 до 6 мес.

Нами разработаны 3 способа лечения несросшихся переломов с использованием костной пластики, на которые получено 2 патента РФ. Все способы подразумевают установку в зону несросшегося перелома или костного дефекта трикортикального костного аутотрансплантата, взятого из гребня подвздошной кости, с фиксацией блокируемым интрамедуллярным стержнем. Во всех наших наблюдениях диаметр костномозгового канала позволял провести интрамедуллярный стержень, что мы объясняем костной резорбцией при несращении перелома, вследствие которой первоначальный диаметр

костномозгового канала несколько увеличивается. Разработанные нами 3 способа отличаются формой аутотрансплантата.

Вначале аутотрансплантат изготавливали с плоскими торцевыми костными поверхностями (1-й способ). По этой методике было оперировано 3 пациента (13,6%). Затем, по мере накопления опыта, форма аутотрансплантата была изменена: торцевые поверхности отломков костей предплечья и трансплантата обрабатывали сферическими фрезами для увеличения площади соприкосновения и центрирования отломков с дальнейшим созданием компрессии между ними (2-й способ). По этой методике было оперировано 7 пациентов (31,8%). Дальнейшая модификация формы и размеров аутотрансплантата (3-й способ) заключается в том, что трансплантат формируют на 4–6 мм длиннее дефекта, и на его торцевых поверхностях производят резекцию кортикального слоя кости по 2–3 мм с каждой стороны. После внедрения трансплантата между отломками достигается полный контакт кости с трансплантатом за счет сминания губчатого слоя его торцов. Такой способ мы считаем наилучшим, и по данной методике было прооперировано 12 человек (54,6%).

Следует отметить, что у 14 из 22 пациентов (63,6%) до операции были выраженные контрактуры, в том числе – ротационные, что потребовало активной разработки движений еще в дооперационном периоде, и продолжения активной реабилитации после реконструктивного вмешательства. Применение БИОС, особенно в сочетании с достижением максимально плотного контакта аутотрансплантата с костными отломками благодаря использованию 3-го способа, позволило начать разработку движений практически сразу после операции.

К 1 году наблюдения после выполненных реконструктивных операций у всех 22 пациентов с неблагоприятными последствиями переломов, среди которых большинство (36,4%) составили случаи переломов обеих костей предплечья, клинически и рентгенологически достигнута консолидация, хотя в 2 наблюдениях она была замедленной. К 1 году наблюдения средние значения исследованных показателей составили:

- боль – 0,15 балла по ВАШ (оценочный диапазон «отсутствие боли»);

- функция по DASH – 6,9 балла (оценочный диапазон «хорошо и отлично»);
- функционально значимые ограничения ротации – 13,6 %.

Сравнительно с аналогичными показателями после выполнения БИОС у пациентов 1–4 групп, когда остеосинтез выполняли в ранние сроки с момента получения травмы, среднее значение болевого синдрома через 1 год после операции у пациентов 5 группы было больше всего на 0,05 балла, что является статистически незначимым отличием ($p > 0,05$); оценка функции по DASH была хуже на 4,13 балла, что является клинически незначимым отличием, так как сравниваемые значения расположены в одном оценочном диапазоне «хорошо и отлично», и только ротационные ограничения статистически значимо отличаются на 10,7% ($p < 0,01$).

Таким образом, при лечении пациентов с неблагоприятными последствиями переломов костей предплечья, благодаря использованию оригинальных методик, включающих выполнение разработанных реконструктивных операций, получены результаты, лишь немного уступающие показателям, полученным у пациентов, оперированных в остром периоде травмы (1–4 группы).

Сравнение результатов лечения с ретроспективной группой

Для определения практического значения разработанного нами алгоритма выбора оптимальной хирургической тактики при лечении пациентов с переломами костей предплечья в остром периоде травмы проведено сравнение средних значений интегральных показателей у 308 пациентов 1–4 групп наблюдения и 110 пациентов ретроспективной группы (группа 0) через 1 год после операции. По основным характеристикам (пол, возраст, сроки с момента травмы, характер и тяжесть повреждений) эти сравниваемые контингенты были сопоставимы.

Поскольку лечение пациентов ретроспективной группы проводили до получения результатов эксперимента и разработки алгоритма выбора оптимальной тактики, доля БИОС в общем числе выполненных операций составила всего 7,3%, то есть реже в 7,6 раза ($p < 0,01$). Чаще всего в ретроспективной группе выполнили накостный остеосинтез (83,6%). Кроме того, в 9,1% случаев была реализована

методика интрамедуллярного остеосинтеза без блокирования, от которой мы впоследствии полностью отказались.

При выполнении операций остеосинтеза пациентам 1–4 групп мы в 146 случаях столкнулись со сложностями репозиции костных отломков, которую пытались выполнить закрытым способом или из малоинвазивного доступа. Применение в этих случаях разработанного нами «Устройства для репозиции и фиксации отломков костей предплечья» (Патент РФ на полезную модель RU 142567 U1) позволило упростить технику репозиции и добиться желаемого результата гораздо быстрее. В общей сложности среднее значение продолжительности операции у пациентов 1–4 групп составило 78,0 мин, что на 18,5 мин меньше аналогичного показателя (96,5 мин) в ретроспективной группе ($p < 0,01$).

Сравнительная оценка средних значений исследованных показателей у 308 пациентов 1–4 групп с соответствующими данными у 110 пациентов ретроспективной группы показало, что в ретроспективной группе:

- болевой синдром (0,32 балла по ВАШ) – на 0,15 балла больше ($p < 0,01$);
- функция по DASH – 5,51 балла (больше на 1,48 балла);
- общая доля осложнений – 19,1% (больше на 9,0% или в 2,0 раза, $p < 0,01$);
- из общего числа осложнений – функционально значимые ограничения ротации – 8,2% (больше на 4,3% или в 2,1 раза, $p < 0,01$).

Описанные отличия в значительной степени обусловлены существенной разницей избранной методики остеосинтеза, так как доминирование случаев накостного остеосинтеза в ретроспективной группе определило преобладание свойственных этому варианту хирургической тактики результатов.

Таким образом, применение разработанного алгоритма выбора оптимальной хирургической тактики в сочетании с упрощением техники интраоперационной репозиции привело к существенному и статистически значимому улучшению результатов лечения пациентов с переломами и переломовывихами костей предплечья, что позволяет считать цель предпринятого исследования достигнутой.

ВЫВОДЫ

1. Традиционные подходы к лечению пациентов с переломами костей предплечья, ориентированные на преимущественное использование накостного остеосинтеза, приводят к развитию осложнений в 19,1% наблюдений, в том числе к несращениям (5,6%) и ротационным контрактурам (8,2%).
2. При остеосинтезе переломов костей предплечья интрамедуллярный стержень из ультрамелкозернистого сплава титана после ротационных движений предплечья (пронация-супинация) до $\pm 90^\circ$ сохранит свою целостность, а накостная пластина разрушится.
3. Возможность полностью восстановить функцию оперированного сегмента в 4–6 раз быстрее за счет ранней активной реабилитации определило блокируемый интрамедуллярный остеосинтез как метод выбора в лечении переломов костей предплечья. Однако этот метод технически реализуем только при ширине костномозгового канала ≥ 4 мм, что отмечается только у 66,6% пациентов.
4. Применение разработанного нами «Устройства для репозиции и фиксации отломков костей предплечья» позволило снизить травматичность операции и сократить среднее время ее выполнения на 18,5 мин.
5. Применение блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза костей предплечья позволило избежать случаев несращений и показало статистически значимое преимущество перед накостным остеосинтезом по всем показателям: среднее значение болевого синдрома к 1 году наблюдения было меньше в 3,5 раза, показатели функции по DASH лучше в 2,0 раза, а функционально значимые ротационные контрактуры ($\geq 50\%$) развились реже в 2,6 раза.
6. Применение разработанного алгоритма выбора хирургической тактики в отношении пациентов с переломами костей предплечья позволило к 1 году наблюдений статистически значимо снизить средние значения болевого синдрома на 0,15 балла по ВАШ, добиться лучших показателей функции оперированного сегмента на 1,48 балла по DASH и уменьшить частоту осложнений в 1,9 раза.

7. Применение разработанных методов лечения несросшихся переломов костей предплечья в отдаленные сроки с момента травмы с применением костной аутопластики позволило добиться сращения во всех случаях, получив среднюю оценку функции по DASH 6,9 балла (оценочный диапазон «хорошо и отлично»), что сопоставимо с аналогичным результатом после остеосинтеза костей предплечья в острых случаях, и получить функционально значимые ротационные ограничения лишь в 13,6% наблюдений.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Блокируемый интрамедуллярный остеосинтез следует считать методом выбора при диафизарных переломах костей предплечья, однако технически этот метод может быть реализован только при ширине костномозгового канала ≥ 4 мм. Кроме того, интрамедуллярный остеосинтез не обеспечивает достаточной фиксации при локализации перелома в околосуставной зоне, где костномозговой канал расширяется, а также имеет ограниченное применение при многофрагментарных переломах из-за опасности телескопического эффекта смещения костных отломков на стержне. Интрамедуллярный остеосинтез костей предплечья без блокирования не может быть рекомендован, так как не обеспечивает надежной ротационной стабилизации. Для уточнения оптимальной хирургической тактики рекомендовано использовать разработанный нами алгоритм.

2. В предоперационном периоде необходимо выполнять рентгенографию здорового предплечья для измерения ширины костномозгового канала и определения физиологической кривизны костей. Металлоконструкции при подготовке к операции следует предварительно моделировать в соответствии с физиологической кривизной во избежание избыточных напряжений в системе «кость-фиксатор», дефектов репозиции и возникновения вторичных смещений костных отломков.

3. При выполнении погружного остеосинтеза обеих костей предплечья первой следует синтезировать кость, на которой остеосинтез выполнить проще. После этого синтезированная кость будет выступать в роли шины для второй, облегчая проведение ее остеосинтеза. При оскольчатых переломах ориентиром для репозиции могут служить места прикрепления межкостной мембраны к отломкам. В случаях затрудненной репозиции рекомендовано использовать разработанное нами «Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья».

4. В конце операции обязательным условием является проверка амплитуды ротационных движений и рентгеноскопический контроль для исключения выстояния блокирующих винтов в радиоульнарных сочленениях.
5. Стабильность блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза, подтвержденная в эксперименте математическими расчетами распределения нагрузок, позволяет начать с первых дней послеоперационного периода активную разработку движений, в том числе – ротационных, без применения дополнительной внешней иммобилизации. После накостного остеосинтеза рекомендована дополнительная внешняя иммобилизация, причем разработка ротационных движений должна проводиться с повышенной осторожностью, а при сомнениях в комплаентности пациента сроки внешней иммобилизации должны составить до 10 недель.
6. При отсутствии медицинских показаний удаление фиксаторов после накостного остеосинтеза костей предплечья нецелесообразно.
7. При несращении переломов в отдаленные сроки с момента травмы, деформациях и костных дефектах следует по возможности перед операцией провести курс лечебной физкультуры с целью максимального устранения контрактур, развитие которых характерно для таких пациентов. Рекомендованный вариант операции – костная пластика костных дефектов трикортикальным аутотрансплантатом с блокируемым интрамедуллярным остеосинтезом по разработанным нами методикам. Проведение первичной костной аутопластики при остеосинтезе свежих диафизарных переломов костей предплечья не оправдано.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АНФ – аппарат наружной фиксации

БИОС – блокируемый интрамедуллярный остеосинтез

ВАШ – визуальная аналоговая шкала

ДТП – дорожно-транспортное происшествие

КТ – компьютерная томография

ЛФК – лечебная физкультура

МНО – международное нормализованное отношение

СРТ – система рентгенохирургическая телеуправляемая

РФ – Российская Федерация

ЭОП – электронно-оптический преобразователь

АО (Arbeitsgemeinschaft Fur Osteosynthesefragen) – Международная Ассоциация
Остеосинтеза

DASH (The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) – шкала-опросник
«неспособностей верхних конечностей»

DCP – динамические компрессионные пластины

LC-DCP – динамическая компрессирующая пластина с ограниченным контактом

LCP – компрессирующая пластина с угловой стабильностью винтов

NRS (Numeric rating Scale for pain) – числовая рейтинговая шкала для боли

ОТА (Orthopedic Trauma Association) – Ассоциация ортопедов-травматологов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдалда, Р. Внутренний остеосинтез при диафизарных переломах костей предплечья : дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Абдалда Рамез; ГОУ ВПО «Российский университет дружбы народов». – Москва, 2005. – 97 с.
2. Аблакулов, А.К. Компрессионно-дистракционный метод лечения несросшихся переломов и ложных суставов костей предплечья / А.К. Аблакулов, А.П. Ким // Медицинский журнал Узбекистана. – 1990. – № 12. – С. 17–19.
3. Александров, Н.М. Атипичное перемещение сегментов кисти при последствиях травмы / Н.М. Александров, Д.А. Купцов, И.Д. Вешаев // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 5. – С. 137.
4. Александров, Н.М. Восстановление схвата кисти методом перемещения пальцев, культей пальцев и пястных костей при повреждениях и их последствиях / Н.М. Александров, Д.В. Киселев, С.В. Петров // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 4. – С. 183.
5. АО – принципы лечения переломов (в двух томах) / Под ред. Т.П. Руди, Р.Э. Бакли, К.Г. Моран; пер. с английского А.А. Ситника. – Минск: Васса-Медиа, 2013. – ISBN: 978-3-9814118-5-0. – Текст: непосредственный.
6. Аппарат для репозиции костей предплечья / А.В. Каплан, В.М. Лирцман, В.В. Кузьменко, А.И. Антонов // Сборник материалов Всероссийской конференции «Новое в решении актуальных проблем в травматологии и ортопедии». – Москва, 2001. – С. 206–207.
7. Аскеров, А.А. Хирургическое лечение переломов дистального метаэпифиза лучевой кости с сохранением квадратного пронатора: дис. ... канд. мед. наук: 3.1.8. Травматология и ортопедия / Аскеров Артур Абдулгусейнович; ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). – Москва, 2024. – 154 с.

8. Афаунов, А.И. Костно-пластическое замещение дефектов костей предплечья / А.И. Афаунов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1989. – № 2. – С. 120.
9. Афаунов, А.И. Раздельный внешний остеосинтез при лечении застарелых деформаций костей предплечья / А.И. Афаунов, А.А. Афаунов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1989. – № 6. – С. 29–33.
10. Ахмедов, Б.А. Остеосинтез пластинами с угловой стабильностью винтов в лечении огнестрельных переломов длинных костей конечностей / Б.А. Ахмедов, Р.М. Тихилов, А.Р. Атаев // Травматология и ортопедия России. – 2007. – № 2 (44). – С. 17–23.
11. Баймагамбетов, Ш.А. Структура травм верхней конечности в условиях специализированного травматологического стационара / Ш.А. Баймагамбетов, Б.С. Жакупова, М.Г. Оспанов // Актуальные вопросы хирургии верхней конечности: материалы научно-практической конференции с международным участием. – Москва, 2009. – С. 16–17.
12. Балакина, В.С. Хирургическое лечение несросшихся диафизарных переломов и ложных суставов костей предплечья / В.С. Балакина, Д.И. Фадеев // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1971. – № 12. – С. 7–11.
13. Башуров, З.К. Переломовывихи костей предплечья типа Монтеджа и Галеацци / З.К. Башуров // Травматология и ортопедия России. – 1994. – № 1. – С.147–151.
14. Беленький, И.Г. Исторические параллели развития интрамедуллярного остеосинтеза. Состояние и перспективы / И.Г. Беленький, В.В. Хомянец // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 5. – С. 138.
15. Беленький, И.Г. Структура входящего потока пострадавших с переломами длинных костей конечностей, поступающих на стационарное лечение в городское многопрофильное лечебное учреждение / И.Г. Беленький, Д.И. Кутянов // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2012. – № 1. – С. 51–56.
16. Блокируемый остеосинтез при переломах длинных костей: опыт применения и результаты лечения / С.В. Сергеев, А.В. Джоджуа, Н.В. Загородний [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2005. – № 2. – С. 40–45.

17. Борзунов, Д.Ю. Методические принципы замещения дефектов костей предплечья с использованием технологий чрескостного остеосинтеза / Д.Ю. Борзунов, М.Н. Соколова // Травматология и ортопедия России. – 2010. – №3 (57). – С. 102–111.
18. Валеев, М.М. Малоинвазивный биологический остеосинтез при диафизарных переломах костей предплечья / М.М. Валеев, Э.М. Бикташева // Вестник современной клинической медицины. – 2014. – Т. 7. – № S1. – С. 65–69.
19. Власов, В.В. Эпидемиология / В.В. Власов. – Москва: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 462 с. – ISBN: 5-9231-0280-3. – Текст: непосредственный.
20. Воронин, И.В. Совершенствование метода чрескостного остеосинтеза стержневыми и спице-стержневыми репонирующими аппаратами внешней фиксации при лечении диафизарных переломов костей предплечья: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Воронин Иван Владимирович; ГОУ ВПО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Росздрава». – Саратов, 2009. – 178 с.
21. Восстановление функции верхней конечности при диафизарных переломах лучевой и локтевой костей после применения малоинвазивных способов остеосинтеза / А.Н. Челноков, А.Ю. Лазарев, Л.Н. Соломин, П.Н. Кулеш // Травматология и ортопедия России. – 2016. – № 1. – С.74–84.
22. Восстановление функции локтевого сустава при застарелых вывихах костей предплечья путем комбинированного применения артроскопической техники и шарнирно-дистракционного аппарата / С.П. Миронов, О.В. Оганесян, Н.В. Селезнев, А.П. Хапилин // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2006. – № 1. – С. 33–38.
23. Выбор тактики хирургического лечения больных с переломами головки лучевой кости / К.С. Егоров, В.А. Неверов, В.Ю. Зуев, М.А. Земскова, С.Н. Черняев // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2023. – Т. 182. – № 3. – С. 24–32.
24. Вязьмина, А.О. Повреждения диафизов костей предплечья / А.О. Вязьмина, А.В. Моисеева // Scientist (Russia). – 2020. – №4 (14). – С. 13.

25. Гиршин, С.Г. Клинические лекции по неотложной травматологии / С.Г. Гиршин. – Москва: Азбука, 2004. – 544 с. – ISBN: 5-7853-0460-0. – Текст: непосредственный.
26. Гольдман, Б.Л. Накостный остеосинтез металлическими пластинами / Б.Л. Гольдман, Н.А. Литвинова, Б.М. Корнилов // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1987. – № 2. – С. 30–33.
27. Голяна, С.И. Классификация посттравматических дефектов и деформаций кисти и предплечья у детей: патология без утраты дистальных сегментов кисти / С.И. Голяна, И.В. Шведовченко, А.Ю. Кочиш // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 1. – С. 66.
28. Голяна, С.И. Классификация посттравматических дефектов и деформаций кисти и предплечья у детей: патология с утратой дистальных сегментов кисти / С.И. Голяна, И.В. Шведовченко, А.Ю. Кочиш // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 6. – С. 142.
29. Горбатов, Р.О. Разработка технологии создания индивидуальных ортезов для иммобилизации суставов верхней конечности с помощью 3D-печати / Р.О. Горбатов, А.А. Казаков, А.Д. Романов // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2018. – № 3 (67). – С. 124–128.
30. Гржибовский, А.М. Анализ количественных данных для двух независимых групп / А.М. Гржибовский // Экология человека. – 2008. – № 2. – С. 54–61.
31. Гржибовский, А.М. Выбор статистического критерия для проверки гипотез / А.М. Гржибовский // Экология человека. – 2008. – № 11. – С. 48–57.
32. Дабас, Р.М.А. Лечение переломов плеча и предплечья у больных с множественными переломами и сочетанной травмой: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Дабас Раед Мохаммад Ахмад; ГОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Росздрава». – Саратов, 2010. – 148 с.
33. Давыдов, Д.В. Применение аддитивных технологий при замещении огнестрельных дефектов костей конечностей / Д.В. Давыдов, Л.К. Брижань,

А.А. Керимов [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Приорова. – 2022. – Т. 17. – № 4. – С. 57–64.

34. Дорохин, А.И. Лечение последствий переломов головочки мыщелка плечевой кости у детей / А.И. Дорохин, А.А. Очкуренко // Ежегодная научно-практическая конференция по актуальным вопросам травматологии и ортопедии детского возраста «Турнеровские чтения»: сборник статей. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 112–117.

35. Дорохин, А.И. Наш опыт лечения застарелых повреждений Монтеджи у детей / А.И. Дорохин // Хирургия повреждений, критические состояния. Спаси и сохрани. Сборник материалов Пироговского форума. Редколлегия: В.И. Зоря [и др.]. – Москва, 2017. – С. 329.

36. Дорохин, А.И. Тактика лечения детей с переломами головочки мыщелка плечевой кости / А.И. Дорохин, Г.Г. Багомедов // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. – 2019. – Т. 9. – № 1. – С. 62–69.

37. Дульцев, И.А. Оперативное лечение застарелых вывихов и переломовывихов в локтевом суставе (клинико-экспериментальное исследование): дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Дульцев Игорь Александрович; ФГУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена Росмедтехнологий». – Санкт-Петербург, 2010. – 160 с.

38. Егиазарян, К.А. Интрамедуллярный остеосинтез костей предплечья: история и современность / К.А. Егиазарян, А.В. Ивков, Д.А. Воронкин // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2021. – № 2 (44). – С. 62–66.

39. Елдзаров, П.Е. Лечение по методу Илизарова больных с ложными суставами диафизов костей предплечья / П.Е. Елдзаров // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2012. – № 8. – С. 60–64.

40. Замещение головки лучевой кости биполярным эндопротезом / Г.И. Жабин, С.Ю. Федюнина, А.В. Амбросенков, А.А. Бояров // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 1 (59). – С. 42–46.

41. Замещение инфицированных дефектов костей предплечья техникой Masquelet / С.Б. Королев, М.И. Бобров, В.Н. Митрофанов, А.Е. Шаталин // Достижения

русской травматологии и ортопедии. Материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов. – 2018. – Т. 1. – С. 179–182.

42. Захарьян, Е.А. Клинико-рентгенологическая характеристика деформаций костей предплечья у детей с множественной экзостозной хондродисплазией / Е.А. Захарьян, Е.А. Белоусова, А.П. Поздеев // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25. – № 4. – С. 487–492.

43. Зоря, В.И. Накостный компрессионно-динамический остеосинтез костей предплечья / В.И. Зоря А.В. Ульянов // Современные технологии в травматологии и ортопедии: сборник научных трудов. – Москва, 1999. – С. 74–75.

44. Иванников, С.В. Наружный чрескостный остеосинтез при переломах костей предплечья / С.В. Иванников, О.В. Оганесян, Н.А. Шестерня. – Москва: Медицина, 2003. – 140 с. – ISBN: 5-94774-070-2. – Текст: непосредственный.

45. Игнатъев, А.Г. Остеосинтез костей предплечья фиксатором со спицами (клинико-экспериментальное исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Игнатъев Александр Геннадьевич; Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии. – Новосибирск, 2003. – 22 с.

46. Изучение прочностных свойств донорской лучевой кости расчетно-экспериментальным методом / Н.М. Александров, В.Д. Вешуткин, А.Е. Жуков [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2017. – Т. 21. – № 2. – С.147–165.

47. Илизаров, Г.А. Лечение ложных суставов и несросшихся переломов, осложненных инфекцией, методом компрессионно-дистракционного остеосинтеза / Г.А. Илизаров, А.Г. Каплунов, В.Е. Дегтярев // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1972. – № 11. – С. 10–14.

48. Интрамедуллярный блокируемый остеосинтез при переломах костей предплечья / Е.В. Молоков, А.Р. Комков, В.Д. Терешини [и др.] // Сборник тезисов IX съезда травматологов-ортопедов; под ред. С.П. Миронова, И.А. Норкина. – Саратов: Научная книга, 2010. – Т. I. – С. 203–204.

49. Интрамедуллярный остеосинтез костей предплечья / В.А. Неверов, А.А. Хромов, С.Н. Черняев, К.С. Егоров, А.Л. Шебаршов, А.Д. Щеглов // Травматология и ортопедия России. – 2008. – № 4 (Приложение). – С. 94.
50. Интраоперационная репозиция при остеосинтезе костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, А.А. Хромов [и др.] // Юбилейная научная конференция «Современные технологии в травматологии и ортопедии». – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010. – С. 33–34.
51. Ипполитов, И.Ю. Результаты использования блокирующего остеосинтеза при переломах длинных трубчатых костей в ургентной травматологии / И.Ю. Ипполитов, А.И. Кисткин, И.И. Широков // Научный альманах. – 2016. – № 6–2 (19). – С. 351–357.
52. Использование аддитивных технологий в оперативном лечении застарелых задних вывихов плеча / Д.В. Павлов, С.Б. Королев, А.Ю. Копылов [и др.] // Современные технологии в медицине. – 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 50–56.
53. Капанджи, А.И. Физиология суставов: схемы биомеханики человека с комментариями. Т. 1. Верхняя конечность / А.И. Капанджи; [пер. с англ. Г.М. Абелевой; Е.В. Кишиневского]. – 6-е изд. – Москва: Эксмо, 2014. – 365 с. – ISBN: 978-5-699-33140-6. – Текст: непосредственный.
54. Каплан, А.В. Дискуссионные вопросы лечения открытых диафизарных переломов / А.В. Каплан, О.И. Маркова, В.М. Мельникова // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1967. – № 4. – С. 75–79.
55. Каплан, А.В. К итогам дискуссии о лечении открытых диафизарных переломов / А.В. Каплан, О.И. Маркова, В.М. Мельникова // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1968. – № 11. – С. 92–94.
56. Карнаев, Х.С. Лечение больных с диафизарными переломами костей предплечья стержневыми аппаратами внешней фиксации: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Карнаев Халид Сабирович; ГОУ ВПО Саратовский государственный медицинский университет Росздрава. – Саратов, 2009. – 118 с.

57. Карнаев, Х.С. Лечение переломов костей предплечья методом стержневого чрескостного остеосинтеза / Х.С. Карнаев, К.К. Левченко // Аспирантские чтения. – Выпуск II. – Саратов: Издательство СГМУ, 2008. – С. 166.
58. Керимов, У.Ш. Современный взгляд на проблему лечения переломов костей предплечья / У.Ш. Керимов, В.В. Юлов // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2017. – № 3 (29). – С. 32–42.
59. Клиническое наблюдение: лечение осложнения диафизарного перелома костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов, Г.В. Бардавелидзе, А.В. Климов // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2025. – Т. 27. – № 1. – С. 122–127.
60. Ключевский, В.В. Хирургия повреждений: руководство для травматологов, хирургов районных больниц, врачей участковых больниц, фельдшеров ФАП и здравпунктов / В.В. Ключевский. – Москва: «ГЭОТАР-Медиа», 2013. – 880 с. – ISBN: 978-5-9704-2461-2. – Текст: непосредственный.
61. Кольцов, А.А. Восстановление анатомо-функциональных характеристик кисти методом транспозиции некровоснабжаемых фаланг пальцев стопы при врожденных пороках развития / А.А. Кольцов, И.В. Шведовченко, А.В. Комарова // Пластическая хирургия и эстетическая медицина. – 2019. – № 1. – С. 70–71.
62. Копылов, А.Ю. Лечение детей и подростков с костной патологией предплечья методом чрескостного остеосинтеза / А.Ю. Копылов, Р.Л. Шевц // Гений ортопедии. – 2001. – № 2. – С. 118.
63. Копылов, А.Ю. Лечение неправильно срастающихся переломов дистального отдела костей предплечья: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Копылов Андрей Юрьевич; ГОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия Росздрава». – Нижний Новгород, 2005. – 189 с.
64. Корж, Н.А. Новая редакция переломов по АО/ОТА / Н.А. Корж, К.К. Романенко, П.В. Никитин // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2018. – № 3 (612). – С. 93–98.
65. Король, С.А. Объем хирургической помощи раненым с огнестрельными переломами костей предплечья на этапах медицинской эвакуации во время

антитеррористической операции / С.А. Король, Б.В. Матвейчук, А.Н. Доманский // Травма. – 2016. – Т.17. – № 6. – С. 76–80.

66. Кривенко, С.Н. Чрескостный остеосинтез в лечении переломов костей предплечья / С.Н. Кривенко // Сборник тезисов IX съезда травматологов-ортопедов; под ред. С.П. Миронова, И.А. Норкина. – Саратов : Научная книга, 2010. – Т. I. – С. 174–175.

67. Круглов, А.В. Оценка результатов функционального протезирования детей с врожденными дефектами кисти и пальцев / А.В. Круглов, И.В. Шведовченко // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 33–40.

68. Кулеш, П.Н. Комбинированный чрескостный остеосинтез при диафизарных переломах костей предплечья и их последствиях (экспериментально-клиническое исследование): дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Кулеш Павел Николаевич; ФГУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена Росмедтехнологий». – Санкт-Петербург, 2008. – 318 с.

69. Купкенов, Д.Э. Применение стержневых аппаратов с узлами репозиции при диафизарных переломах костей предплечья / Д.Э. Купкенов // Гений ортопедии. – 2011. – № 1. – С. 13–16.

70. Лавров, В.Н. Хирургическое лечение псевдоартрозов и несращения переломов предплечья / В.Н. Лавров // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 1973. – Т. 49. – № 12. – С. 69–73.

71. Лазарев, А.Ф. Биологичный погружной остеосинтез на современном этапе / А.Ф. Лазарев, Э.И. Солод // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2003. – № 3. – С. 20–27.

72. Лазарев, А.Ю. Закрытый интрамедуллярный остеосинтез при диафизарных переломах костей предплечья: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Лазарев Александр Юрьевич; ГОУ ВПО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России. – Уфа, 2014. – 151 с.

73. Лечение несращения отломков кости после диафизарного перелома / А.К. Попсуйшапка, В.А. Литвишко, В.В. Григорьев, Н.А. Ашукина // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2014. – № 1 (594). – С. 34–41.
74. Лечение открытых диафизарных переломов костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов, А.Н. Кравцов, Г.В. Бардавелидзе, К.С. Егоров // Политравма. – 2024. – № 2. – С. 26–32.
75. Лечение травматических повреждений костей предплечья в клиниках города Благовещенска / Д.А. Оразлиев, А.А. Стукалов, Г.В. Реснянская [и др.] // Амурский медицинский журнал. – 2013. – № 1 (1). – С. 80–82.
76. Линник, С.А. Спицевой остеомиелит / С.А. Линник // Вестник хирургии им. Грекова. – 1986. – Т. 137. – № 9. – С. 85–87.
77. Литвишко, В.А. Оскольчатые диафизарные переломы и их лечение / В.А. Литвишко, А.К. Попсуйшапка // Травма. – 2016. – Т.17. – № 3. – С. 159–165.
78. Ложный сустав диафиза лучевой кости в сочетании с застарелыми вывихами головок лучевой и локтевой костей / М.Э. Пусева, И.Н. Михайлов, Ч.З. Бутаев, А.Н. Рудаков // Травматология и ортопедия России. – 2013. – № 4 (70). – С. 80–84.
79. Малышев, А.Ф. Интрамедуллярный остеосинтез титановыми стержнями прямоугольного сечения с блокированием винтами / А.Ф. Малышев // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2003. – № 1 (11). – С. 91–93.
80. Марченко, А.С. Сравнительная анатомо-клиническая оценка технологии заблокированного интрамедуллярного остеосинтеза в лечении больных с диафизарными переломами костей голени: дис. ... канд. мед. наук: 14.03.01 – Анатомия человека; 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Марченко Артем Сергеевич; ГОУ ВПО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации. – Санкт-Петербург, 2011. – 155 с.
81. Матвеев, П.А. Трансплантация некровоснабжаемых фаланг пальцев стопы при врожденных недоразвитиях кисти / П.А. Матвеев, И.В. Шведовченко, А.А. Кольцов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2022. – Т. 29. – № 2. – С. 193–204.

82. Медицинская реабилитация больных с диафизарными переломами костей предплечья на основе хирургических технологий / А.Ю. Дажин, Б.Ш. Минасов, М.М. Валеев, С.А. Чистиченко // Медицинский вестник Башкортостана. – 2012. – Т. 7. – № 2. – С. 30–34.
83. Меркулов, В.Н. Артропластика при контрактурах и анкилозах локтевого сустава у детей / В.Н. Меркулов, А.И. Дорохин, Д.А. Дергачев // В книге: медицинская помощь при травмах мирного и военного времени. Новое в организации и технологиях. Материалы Третьего Всероссийского конгресса с международным участием. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 180–181.
84. Меркулов, В.Н. Особенности тактики лечения переломов дистального конца плечевой кости у детей / В.Н. Меркулов, А.И. Дорохин, Д.А. Дергачев // Врожденная и приобретенная патология верхних конечностей у детей (диагностика, лечение, реабилитация). Научно-практическая конференция с международным участием: сборник тезисов. Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 37–38.
85. Меркулов, В.Н. Применение артропластики у детей с контрактурами и анкилозами локтевого сустава / В.Н. Меркулов, А.И. Дорохин, Д.А. Дергачев // Врожденная и приобретенная патология верхних конечностей у детей (диагностика, лечение, реабилитация). Научно-практическая конференция с международным участием: сборник тезисов. Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 38.
86. Микрохирургическая аутотрансплантация фрагмента малоберцовой кости при лечении дефектов костей у детей – возможности дальнейшей реконструктивной хирургии / Ю.Е. Гаркавенко, Е.А. Захарьян, А.П. Поздеев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 2. – С. 202.
87. Михайлов, И.Н. Сравнительный анализ жесткости аппаратов внешней фиксации при лечении повреждений Монтеджа / И.Н. Михайлов, М.Э. Пусева, А.Н. Рудаков // Сборник тезисов IX съезда травматологов-ортопедов; под ред. С.П. Миронова, И.А. Норкина. – Саратов : Научная книга, 2010. – Т. I. – С. 201–202.

88. Морозов, В.П. Лечение диафизарных переломов костей предплечья репозирующими аппаратами внешней фиксации / В.П. Морозов, С.П. Шпиняк // Новые медицинские технологии. – 2010. – № 4. – С. 35–39.
89. Накостный и блокируемый остеосинтез диафизарных переломов предплечья: сравнительный анализ / С.Н. Черняев, В.А. Неверов, Г.В. Бардавелидзе, А.В. Горбунов // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2025. – Т. 27. – № 1. – С. 34–45.
90. Неверов, В.А. Лечение псевдоартрозов и дефектов костей предплечья / В.А. Неверов, А.А. Хромов, С.Н. Черняев // Травматология и ортопедия России. – 2008. – № 3 (Приложение). – С. 41–42.
91. Неверов, В.А. К вопросу о биомеханике предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, Д.В. Шинкаренко // Труды Мариинской больницы: сборник научных работ / под ред. проф. И.П. Дуданова. – Петрозаводск: Издательство ПетрГУ. – 2015. – С. 94–95.
92. Неверов, В.А. К вопросу о восстановлении анатомии при остеосинтезе переломов локтевой кости / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, А.А. Хромов // Юбилейная научная конференция «Современные технологии в травматологии и ортопедии». – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010. – С. 34–35.
93. Неверов, В.А. Комбинированный остеосинтез при лечении несросшихся диафизарных переломов костей / В.А. Неверов // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 1979. – № 11. – С. 100–102.
94. Неверов, В.А. Лечение больных с открытыми и осложненными переломами костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. – 2013. – Т. 172. – № 4. – С. 54–58.
95. Неверов, В.А. Методы лечения диафизарных переломов костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 2. – С. 171.
96. Неверов, В.А. Перспективы лечения деформаций костей конечностей / В.А. Неверов, А.В. Воронцов // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 1974. – № 1. – С. 62–64.

97. Неверов, В.А. Преимущества блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза при лечении больных с переломами костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2013. – Т. 172. – № 3. – С. 051–055.
98. Неверов, В.А. Современные подходы к лечению больных с открытыми и осложненными переломами костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, Д.В. Шинкаренко // Материалы X Юбилейного всероссийского съезда травматологов-ортопедов. – Москва, 16–19 сентября 2014. – С. 188–189.
99. Неверов, В.А. Современные представления о лечении осложненных переломов костей предплечья (обзор литературы) / В.А. Неверов, С.Н. Черняев // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2020. – Т. 27. – № 4. – С. 73–79.
100. Неверов, В.А. Тактика лечения переломов плечевой кости, осложненных повреждением периферических нервов / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, Д.В. Шинкаренко // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2015. – Т. 174. – № 6. – С. 42–45.
101. Неверов, В.А. Функциональный метод лечения переломов длинных трубчатых костей – блокированный интрамедуллярный остеосинтез / В.А. Неверов, А.А. Хромов, С.Н. Черняев // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2007. – Т. 166. – № 1. – С. 25–29.
102. Неверов, В.А. Хирургическая техника блокирующего интрамедуллярного остеосинтеза переломов костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2015. – Т. 174. – № 5. – С. 35–39.
103. Неверов, В.А. Хирургическое лечение и реабилитация больных с диафизарными переломами костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, Д.В. Шинкаренко // Материалы X Юбилейного всероссийского съезда травматологов-ортопедов. – Москва, 16–19 сентября 2014. – С. 189.
104. Неверов, В.А. Этапное лечение при тяжелых оскольчатых переломах костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, А.А. Хромов // Юбилейная научная конференция «Современные технологии в травматологии и ортопедии». – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010. – С. 36–37.

105. Неудовлетворительные результаты эндопротезирования – возможности ортопедических реконструкций / И.В. Шведовченко, А.А. Кольцов, Э.З. Шайдаев, В.А. Яковлева // *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.* – 2018. – № 1. – С. 112–113.
106. Новые подходы к реконструкции при дефектах костей предплечья / А.П. Барабаш, Л.Н. Соломин, М.Э. Пусева [и др.] // *Современные технологии в травматологии и ортопедии: сборник научных трудов.* – Москва, 1999. – С. 56.
107. Оперативное лечение дефектов длинных трубчатых костей методом опорной каркасной металлопластики / А.Ф. Лазарев, А.А. Ильин., Э.И. Солод, М.Г. Какабадзе // *Травматология и ортопедия России.* – 2006. – № 2 (40). – С. 183–184.
108. Основные методы статистического исследования. Методические указания для студентов / К.И. Шапиро, О.А. Гусев, Л.В. Кочорова [и др.]. – Санкт-Петербург: б. и., 2019. – 58 с. – Текст: непосредственный.
109. Оценка рентгенометрических показателей костей предплечья при травматической нестабильности дистального лучелоктевого сустава у детей / С.Ю. Семенов, Я.Н. Прощенко, А.Г. Баиндурашвили [и др.] // *Травматология и ортопедия России.* – 2022. – Т. 28. – № 2. – С. 67–78.
110. Оценка состояния стопы после заимствования некровоснабжаемых фаланг пальцев для аутотрансплантации на кисть / П.А. Матвеев, И.В. Шведовченко, Л.М. Смирнова, А.А. Кольцов // *Травматология и ортопедия России.* – 2022. – Т. 28. – № 3. – С. 49–62.
111. Патент на изобретение № 2555117, Российская Федерация, С1, МПК А61В 17/56. Способ костной пластики при лечении псевдоартрозов и дефектов костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, Д.В. Шинкаренко. Патентообладатель: Черняев Сергей Николаевич. – 2014105325/14, заявл. 14.02.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19.
112. Патент на изобретение № 2577937, Российская Федерация, С1, МПК А61В 17/56. Способ костной пластики при лечении несращения, ложных суставов и

дефектов костей/ В.А. Неверов, С.Н. Черняев. Патентообладатель: Черняев Сергей Николаевич. – 2015107604/14, заявл. 05.03.2015; опубл. 20.03.2016, Бюл. № 8.

113. Патент на полезную модель № 142567, Российская Федерация, U1, МПК А61В 17/56. Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, Д.В. Шинкаренко. Патентообладатель: Неверов Валентин Александрович. – 2014105326/14, заявл. 14.02.2014; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18.

114. Переломы дистального отдела предплечья у лиц с сахарным диабетом и без нарушений углеводного обмена в популяционной выборке старше 50 лет (Новосибирск) / Е.С. Мазуренко, С.К. Малютина, Л.В. Щербакова [и др.] // Проблемы эндокринологии. – 2019. – Т. 65. – № 2. – С. 79–87.

115. Переломы и вывихи костей предплечья. Диагностика и лечение / М.А. Абдулхабирова, С.В. Сергеев, О.В. Кошеварова, Э.М. Султанов. – Москва: Издательство РУДН, 2003. – 57 с. – Текст: непосредственный.

116. Пересадка некровоснабжаемых фаланг пальцев стопы на кисть при врожденной и приобретенной патологии (Часть 1) / И.В. Шведовченко, А.А. Кольцов, П.А. Матвеев, А.В. Комарова // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2022. – Т. 10. – № 2. – С. 161–170.

117. Поздеев, А.П. Варианты коррекции деформаций костей предплечья у детей с экзостозной хондродисплазией: учебное пособие / А.П. Поздеев, Е.А. Белоусова, О.Н. Сосненко. – Санкт-Петербург: б. и., 2020. – 52 с. – ISBN: 978-5-907276-13-0. – Текст: непосредственный.

118. Поздеев, А.П. Опыт хирургического лечения деформаций предплечья у детей с экзостозной хондродисплазией / А.П. Поздеев, Е.А. Белоусова, О.Н. Сосненко // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 5. – С. 54–59.

119. Поздеев, А.П. Современное представление о деформациях костей предплечья у детей на фоне экзостозной хондродисплазии (обзор литературы) / А.П. Поздеев, Е.А. Белоусова, О.Н. Сосненко // Гений ортопедии. – 2020. – Т. 26. – № 2. – С. 248–253.

120. Поздеев, А.П. Сравнительный анализ клинико-рентгенологических результатов хирургического лечения косорукости у детей с множественной экзостозной хондродисплазией в зависимости от тяжести деформации / А.П. Поздеев, Е.А. Белоусова, О.Н. Сосненко // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 5. – С. 77.
121. Поздеев, А.П. Хирургическое лечение детей с деформациями предплечья, сформировавшимися на фоне экзостозной хондродисплазии / А.П. Поздеев, Е.А. Белоусова, О.Н. Сосненко // Здоровоохранение Дальнего Востока. – 2022. – № 2 (92). – С. 76–77.
122. Политравма / [В.В. Агаджанян, А.А. Пронских, И.М. Устьянцева и др.]; под ред. В.В. Агаджаняна. – Новосибирск: Наука, 2003. – 483 с. – ISBN: 5-02-032052-8. – Текст: непосредственный.
123. Полякова, В.В. Особенности структуры и механические свойства ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-7Nb для медицинских применений: дис. ... канд. тех. наук: 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов / Полякова Вероника Васильевна; ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет». – Уфа, 2015. – 154 с.
124. Применение заблокированных стержней при псевдоартрозах и дефектах костей предплечья / В.А. Неверов, А.А. Хромов, С.Н. Черняев, А.Л. Шебаршов // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2007. – Т. 166. – № 3. – С. 35–38.
125. Применение микрохирургической техники при лечении врожденного ложного сустава костей предплечья у детей с нейрофиброматозом (наблюдение из практики) / О.Н. Сосненко, Е.А. Белоусова, А.П. Поздеев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 3. – С. 194.
126. Программа реабилитации в комплексном лечении у детей и подростков с посттравматическими контрактурами и анкилозами локтевого сустава / Н.Б. Дусейнов, М.Б. Цыкунов, В.Н. Меркулов [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2016. – С. 40.
127. Проксимальное блокирование при БИОС лучевой кости / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, А.А. Хромов, А.Л. Шебаршов, К.С. Егоров, А.Д. Щеглов //

Юбилейная научная конференция «Современные технологии в травматологии и ортопедии». – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010. – С. 37.

128. Проценко, Я.Н. Визуализация пронационно-супинационных движений предплечья как залог понимания ротационной подвижности локтевой кости в дистальном лучелоктевом суставе / Я.Н. Проценко, С.Ю. Семенов, Ю.А. Сигарева // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 1. – С. 52.

129. Проценко, Я.Н. К вопросу о нестабильности дистального лучелоктевого сустава вследствие переломов костей предплечья у детей / Я.Н. Проценко, С.Ю. Семенов // Детская хирургия. – 2020. – Т. 24. – № S1. – С. 68.

130. Проценко, Я.Н. Посттравматическое закрытие дистальной зоны роста лучевой кости как причина развития нестабильности дистального лучелоктевого сустава у детей / Я.Н. Проценко, С.Ю. Семенов // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2021. – Т. 9. – № 1. – С. 87–94.

131. Пусева, М.Э. Преимущества стержневой фиксации при диафизарных переломах костей предплечья по данным реовазографии / М.Э. Пусева, И.Н. Кинаш, Т.К. Верховина // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2014. – № 6 (100). – С. 34–38.

132. Ратьев, А.П. Лечение переломовывихов костей предплечья: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Ратьев Андрей Петрович; ГОУ ВПО «Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова Росздрава». – Москва, 2008. – 165 с.

133. Результаты лечения больных с осложнениями переломов костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов, А.Н. Кравцов, Г.В. Бардавелидзе, К.С. Егоров // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – № 3. – С. 50.

134. Реконструктивные операции при сочетанных травмах области предплечья / А.В. Черных, Д.В. Судаков, Н.В. Якушева, А.Н. Тихонов // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2019. – Т. 22. – № 2. – С. 63–68.

135. Руководство по внутреннему остеосинтезу. Методика, рекомендованная группой АО (Швейцария) / М.Е. Мюллер, М. Алльговер, Р. Шнейдер,

Х. Виллинегер; [перевод с немецкого А.В. Королев]. – Москва: Ad Marginem, 1996. – 750 с. – ISBN: 5-88059-015-1. – Текст: непосредственный.

136. Сабаев, С.С. Стабильно-функциональный остеосинтез конструкциями с памятью формы (клинико-экспериментальное исследование): дис. ... док. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Сабаев Сергей Сосланович; ГОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет». – Ростов-на-Дону, 2005. – 251 с.

137. Светашов, А.Н. Остеосинтез фиксаторами с термомеханической памятью при диафизарных переломах костей предплечья: экспериментальное и клиническое исследование: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Светашов Андрей Николаевич; Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. Г.А. Илизарова. – Курган, 2003. – 21 с.

138. Семенов, С.Ю. Методы диагностики и принципы лечения нестабильности дистального лучелоктевого сустава у детей / С.Ю. Семенов, Я.Н. Проценко // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 6. – С. 201.

139. Семенов, С.Ю. Травматическая нестабильность дистального лучелоктевого сустава у детей: причины развития, типы, лечебно-диагностический алгоритм / С.Ю. Семенов, Я.Н. Проценко, А.Г. Баиндурашвили // Children's Medicine of the North-West. – 2021. – Т. 9. – № 1. – С. 320–321.

140. Сергеев, С.В. Блокирующий остеосинтез. Действительно ли метод выбора? / С.В. Сергеев, О.Б. Гришанин, В.С. Матвеев // Остеосинтез. – 2007. – № 1. – С. 5–11.

141. Сергеев, С.В. Опыт лечения открытых переломов костей конечностей с обширным размождением мягких тканей при массовых поступлениях / С.В. Сергеев, В.П. Айвазян, В.С. Григорян // Современная медицина. – 1989. – № 10. – С. 30–32.

142. Середа, А.П. Применение блокируемых компрессирующих пластин при замещении дефектов костей предплечья: дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.27 – Хирургия; 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Середа Андрей Петрович;

Государственный институт усовершенствования врачей Министерства обороны Российской Федерации. – Москва, 2008. – 178 с.

143. Слободской, А.Б. Новая методология применения внеочагового чрескостного остеосинтеза в комплексном лечении переломов костей конечности: автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия; 14.00.27 – Хирургия / Слободской Александр Борисович; Самарский государственный медицинский университет. – Самара, 2003. – 53 с.

144. Современный способ хирургического лечения диафизарных переломов костей предплечья / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, А.А. Хромов, К.С. Егоров, А.Д. Щеглов // Юбилейная научная конференция «Современные технологии в травматологии и ортопедии». – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010. – С. 35–36.

145. Современный хирургический способ лечения осложнений переломов костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов, Д.В. Шинкаренко, А.Н. Кравцов // XII Всероссийский съезд травматологов-ортопедов. Сборник тезисов. – Москва, 1–3 декабря, 2022. – С. 996–997.

146. Соколов, А.В. Замена внешней фиксации на интрамедуллярный блокируемый штифт при открытых переломах длинных костей у пострадавших с политравмой / А.В. Соколов // Вестник травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова. – 2007. – Т. 14. – № 1. – С. 3–7.

147. Соколов, В.А. Множественные и сочетанные травмы / В.А. Соколов. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 510 с. – ISBN: 9785970401613. – Текст: непосредственный.

148. Соколова, М.Н. Лечение больных с дефектами и ложными суставами костей предплечья методом чрескостного остеосинтеза: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 – Травматология и ортопедия / Соколова Мария Николаевна; Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. Г.А. Илизарова Минздравсоцразвития России. – Курган, 2011. – 135 с.

149. Соломин, Л.Н. Возможность сохранения ротации предплечья при чрескостном остеосинтезе лучевой кости (экспериментально-клиническое

исследование) / Л.Н. Соломин, П.Н. Кулеш, М.Э. Пусева // Гений ортопедии. – 2007. – № 2. – С. 90–95.

150. Соломин, Л.Н. Комбинированный чрескостный остеосинтез при диафизарных переломах костей предплечья и их последствиях / Л.Н. Соломин, П.Н. Кулеш // Травматология и ортопедия России. – 2009. – № 1 (51). – С. 5–15.

151. Сравнительная оценка способов остеосинтеза диафизарного перелома лучевой кости методом математического моделирования / В.А. Неверов, С.Н. Черняев, И.В. Кириллова, Е.Ю. Крылова, Д.В. Шинкаренко, Н.В. Грохольский, А.С. Черняева // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2022. – Т. 181. – № 1. – С. 49–59.

152. Сравнительный анализ напряжений в системе «кость-имплант» при эндопротезировании головки лучевой кости разными конструкциями / С.С. Страфун, И.В. Бойко, В.Б. Макаров [и др.] // Травма. – 2015. – Т. 16. – № 3. – С. 5–12.

153. Сравнительный анализ способов лечения больных с переломами дистального метаэпифиза лучевой кости / В.В. Хоминец, М.В. Ткаченко, В.В. Сырцов, В.С. Иванов // Травматология и ортопедия России. – 2015. – № 2 (76). – С. 5–15.

154. Сысенко, Ю.М. Способ лечения переломов костей предплечья / Ю.М. Сысенко, С.И. Новичков // Гений ортопедии. – 2000. – №1. – С. 95–97.

155. Тактика лечения застарелых повреждений Монтеджи у детей / А.И. Дорохин, В.Н. Меркулов, А.А. Очкуренко [и др.] // VI Пироговский форум травматологов-ортопедов, посвященный 50-летию кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф МГМСУ имени А.И. Евдокимова: сборник материалов форума. – Москва, 21–22 октября 2021. – С. 68.

156. Тактика лечения застарелых повреждений Монтеджи у детей / А.И. Дорохин, В.Н. Меркулов, А.А. Очкуренко [и др.] // VI Пироговский травматологов форум ортопедов, посвящённый 50-летию кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф МГМСУ имени А.И. Евдокимова. Сборник материалов форума. – Казань, 2021. – С. 68.

157. Техника Masquelet при замещении дефектов костей предплечья в условиях гнойной хирургической инфекции / А.Е. Шаталин, М.И. Бобров, В.Н. Митрофанов, С.Б. Королев // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2018. – Т. 27. – № 3. – С. 72–77.
158. Технологии 3D-печати в лечении пациентов с травмами и заболеваниями предплечья и кисти / В.В. Хомянец, С.А. Пелешок, Д.А. Волон [и др.] // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2020. – №1 (69). – С. 113–118.
159. Тихилов, Р.М. Новый способ одномоментной несвободной пластики двумя кровоснабжаемыми костными аутотрансплантатами при ложных суставах обеих костей предплечья / Р.М. Тихилов, А.Ю. Кочиш, С.П. Лушников // Травматология и ортопедия России. – 2010. – № 1 (55). – С. 89–93.
160. Ткаченко, С.С. Компрессионный остеосинтез при лечении ложных суставов костей предплечья / С.С. Ткаченко, В.М. Гайдуков // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1984. – № 2. – С. 16–20.
161. Травматические вывихи костей предплечья: учебное пособие / С.Б. Королев, С.Г. Млявых, А.Е. Шаталин [и др.]. – Нижний Новгород: Издательство Приволжского исследовательского университета, 2022. – 88 с. – ISBN: 978-5-7032-1445-9. – Текст: непосредственный.
162. Трешкин, В.А. О резервах консервативного лечения закрытых переломов костей предплечья у детей / В.А. Трешкин // Дальневосточный медицинский журнал. – 2003. – № 1. – С. 65–67.
163. Ульянов, А.В. Накостный компрессионно-динамический остеосинтез диафизарных переломов костей предплечья: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 – Травматология и ортопедия / Ульянов Анатолий Вячеславович; ГОУ ВПО «Российский университет дружбы народов». – Москва, 2005. – 76 с.
164. Факторы прочности лучевой кости после формирования краевого дефекта / Н.М. Александров, В.Д. Вешуткин, А.Е. Жуков [и др.] // Гений ортопедии. – 2021. – Т. 27. – № 2. – С. 187–198.

165. Функциональные результаты после эндопротезирования головки лучевой кости / Е.А. Жаворонков, А.В. Скороглядов, Г.В. Коробушкин, А.П. Ратьев // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 2. – С. 14–17.
166. Хирургическая тактика устранения сегментарных дефектов костей предплечья / А.И. Афаунов, А.А. Афаунов, С.А. Плясов, П.П. Васильченко // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2008. – №1. – С. 44–48.
167. Хирургическое лечение больных с переломами дистального метаэпифиза лучевой кости / В.А. Неверов, А.А. Хромов, И.Н. Кравченко, С.Н. Черняев, Д.Л. Мотовилов // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2009. – Т. 168. – № 1. – С. 66–70.
168. Хоминец, В.В. К вопросу о перспективности экстренного выполнения остеосинтеза / В.В. Хоминец // Травматология и ортопедия России. – 2022. – Т. 28. – № 2. – С. 95–96.
169. Челноков, А.Н. Закрытый интрамедуллярный остеосинтез в лечении диафизарных переломов костей предплечья / А.Н. Челноков, А.Ю. Лазарев // Гений ортопедии. – 2012. – № 3. – С. 54–56.
170. Черняев, С.Н. Алгоритм выбора метода хирургического лечения диафизарных переломов костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов, Г.В. Бардавелидзе // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – № 4. – С. 28.
171. Черняев, С.Н. Анатомо-функциональные особенности при лечении диафизарных переломов костей предплечья / С.Н. Черняев // Достижения российской травматологии и ортопедии: материалы XI Всероссийского съезда травматологов-ортопедов. – Санкт-Петербург, 11–13 апреля 2018 г. – Т. 2. – С. 653–657.
172. Черняев, С.Н. Биомеханика ротации предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов, Д.В. Шинкаренко // Материалы VI Евразийского конгресса травматологов-ортопедов. – Казань, 24–26 августа 2017 г. – С. 177.
173. Черняев, С.Н. Блокирующий интрамедуллярный остеосинтез в лечении метафизарных переломов костей голени: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.22 –

Травматология и ортопедия / Черняев Сергей Николаевич; ФГУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена Федерального агентства по высокотехнологичной медицинской помощи». – Санкт-Петербург, 2009. – 184 с.

174. Черняев, С.Н. Инновации в лечении осложненных переломов костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов // Материалы VI Евразийского конгресса травматологов-ортопедов. – Казань, 24–26 августа 2017 г. – С. 178.

175. Черняев, С.Н. Методы лечения диафизарных переломов костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 2. – С. 171.

176. Черняев, С.Н. Новые подходы к лечению больных с осложненными переломами костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов // В книге: Травма 2017: мультидисциплинарный подход. Сборник тезисов Международной конференции. – Москва, 3–4 ноября 2017. – С. 442–443.

177. Черняев, С.Н. Современные представления о лечении осложненных переломов костей предплечья (обзор литературы) / С.Н. Черняев, В.А. Неверов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2020. – Т. 27. – № 4. – С. 73–79.

178. Черняев, С.Н. Современные представления о лечении открытых диафизарных переломов костей предплечья (обзор литературы) / С.Н. Черняев, В.А. Неверов, А.С. Черняева // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2022. – Т. 10. – № 1. – С. 93–102.

179. Черняев, С.Н. Стратегия и тактика лечения больных с открытыми и осложненными переломами костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов // Травма 2018: мультидисциплинарный подход: сборник тезисов международной конференции. – Москва, 2–3 ноября 2018 г. – С. 263–264.

180. Черняев, С.Н. Тактика лечения больных с открытыми переломами костей предплечья / С.Н. Черняев, В.А. Неверов, Н.В. Грохольский // Международный научно-исследовательский журнал. International research journal. – 2016. – № 1 (43). – С. 72–75.

181. Шоломова, Е.И. Неврологические осложнения при диафизарных переломах костей верхней конечности: диагностика, лечебная тактика : дис. ... канд. мед. наук: 14.01.11 – Нервные болезни / Шоломова Елена Ильинична; ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздравсоцразвития России. – Саратов, 2012. – 159 с.
182. A biomechanical comparison of two methods of fixation of fractures of the forearm / D.J. Jones, M.B. Henley, E.H. Schemitsch [et al.] // J Orthop Trauma. – 1995. – Vol. 9. – № 3. – P. 198–206.
183. A comparison of malreduction after plate and intramedullary fixation of forearm fractures / E.H. Schemitsch, D. Jones, M.B. Henley, A.F. Tencer // J Orthop Trauma. – 1995. – Vol. 9. – № 1. – P. 8–16.
184. A comparison of the treatment results of open reduction internal fixation and intramedullary nailing in adult forearm diaphyseal fractures / A. Köse, A. Aydin, N. Ezirmik, Ö.S. Yıldırım // Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. – 2017. – Vol. 23. – № 3. – P. 235–244.
185. A fresh look at radial shaft fracture fixation: The lateral approach to the radius / M. Haseeb, K. Muzafar, A. Ghani [et al.] // J Orthop Surg (Hong Kong). – 2018. – Vol. 26. – № 2. – Article ID: 2309499018780871.
186. A Gustilo type IIIB open forearm fracture treated by negative pressure wound therapy and locking compression plates: a case report / N. Takeuchi, T. Mae, S. Hotokezaka [et al.] // Fukuoka Igaku Zasshi. – 2011. – Vol. 102. – № 10. – P. 293–297.
187. A prospective randomized controlled trial comparing circumferential casting and splinting in displaced Colles fractures / E. Grafstein, R. Stenstrom, J. Christenson [et al.] // CJEM. – 2010. – Vol. 12. – № 3. – P. 192–200.
188. A randomized controlled trial of cast versus splint for distal radial buckle fracture: an evaluation of satisfaction, convenience, and preference / K.G. Williams, G. Smith, S.J. Luhmann [et al.] // Pediatr Emerg Care. – 2013. – Vol. 29. – № 5. – P. 555–559.

189. A rare combination open fracture dislocation of elbow with open fracture both bones forearm with radial nerve palsy / D. Shivanna, B. Aski, D. Manjunath, A. Bhatnagar // *J Orthop Case Rep.* – 2014. – Vol. 4. – № 2. – P. 13–16.
190. Adams, J.E. Forearm Instability: Anatomy, Biomechanics, and Treatment Options / J.E. Adams // *J Hand Surg Am.* – 2017. – Vol. 42. – № 1. – P. 47–52.
191. Adult diaphyseal both-bone forearm fractures: A clinical and biomechanical comparison of four different fixations / X.F. Zhang, J.W. Huang, H.X. Mao [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2016. – Vol. 102. – № 3. – P. 319–325.
192. Adult post-traumatic radioulnar synostosis / P. Dohn, F. Khiami, E. Rolland, J.N. Goubier // *Orthop. Traumatol Surg Res.* – 2012. – Vol. 98. – № 6. – P. 709–714.
193. Allende, C. Post traumatic one-bone forearm reconstruction. A report of seven cases / C. Allende, B.T. Allende // *J Bone Joint Surg.* – 2004. – Vol. 86. – № 2. – P. 364–369.
194. Alternative treatment of forearm double fractures: new design intramedullary nail / A. Köse, A. Aydin, N. Ezirmik [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2014. – Vol. 134. – № 10. – P. 1387–1396.
195. Anatomy and biomechanics of the distal radioulnar joint / C.K. Spies, M. Langer, L.P. Müller [et al.] // *Orthopade.* – 2018. – Vol. 47. – № 8. – P. 621–627.
196. Angular deformities and forearm function / A. Sarmiento, E. Ebrahimzadeh, D. Brys, R. Tarr // *J Orthop Res.* – 1992. – Vol. 10. – № 1. – P. 121–133.
197. Aparicio, P. Conservative Treatment of Distal Radius Fractures: A Prospective Descriptive Study / P. Aparicio, Ó. Izquierdo, J. Castellanos // *Hand (N Y).* – 2018. – Vol. 13. – № 4. – P. 448–454.
198. Asokan, A. Forearm Amputation / A. Asokan, A.Y. Saber // In: *StatPearls* [Internet]. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
199. ASTM F1295-11 Standard Specification for Wrought Titanium-6Aluminum-7Niobium Alloy for Surgical Implant Applications (UNSR56700). – 2011. – URL: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/78589/0ffd3019c3d442d7be2bd4bf7e55a5f4/ASTM-F1295-11.pdf> -- Текст: электронный. (Дата обращения: 20.11.2023)

200. Bado, J.L. The Monteggia lesion / J.L. Bado // *Clin Orthop Relat Res.* – 1967. – Vol. 50. – P. 71–86.
201. Bartoníček, J. History of operative treatment of forearm diaphyseal fractures / J. Bartoníček, M. Kozánek, J.B. Jupiter // *J Hand Surg Am.* – 2014. – Vol. 39. – № 2. – P. 335–342.
202. Bartoníček, J. Internal fixation of radial shaft fractures: Anatomical and biomechanical principles / J. Bartoníček, O. Naňka, M. Tuček // *Rozhl Chir.* – 2015. – Vol. 94. – № 10. – P. 425–436.
203. Biomechanics of forearm rotation: force and efficiency of pronator teres / P. Ibáñez-Gimeno, I. Galtés, X. Jordana [et al.] // *PLoS One.* – 2014. – Vol. 9. – № 2. – P. e90319.
204. Biomechanics of locked plates and screws / K.A. Egol, E.N. Kubiak, E. Fulkerson [et al.] // *J Orthop Trauma.* – 2004. – Vol. 18. – № 8. – P. 488–493.
205. Boyd, H.B. The Monteggia lesion. A review of 159 cases / H.B. Boyd, J.C. Boals // *Clin Orthop Relat Res.* – 1969. – Vol. 66. – P. 94–100.
206. Brakenbury, P.H. Non-union of the isolated fracture of the ulnar shaft in adults / P.H. Brakenbury, J.R. Corea, M.E. Blakemore // *Injury.* – 1981. – Vol. 12. – № 5. – P. 371–375.
207. Brumback, R.J. Intramedullary nailing of the femur: reamed versus nonreamed / R.J. Brumback, W.W. Virkus // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2000. – Vol. 8. – № 2. – P. 83–90.
208. Burwell, H.N. Treatment of forearm fractures in adults with particular reference to plate fixation / H.N. Burwell, A.D. Charnley // *J Bone Joint Surg.* – 1964. – Vol. 46. – P. 404–425.
209. Caden, J.G. Internal fixation of fractures of the forearm / J.G. Caden // *J Bone Joint Surg.* – 1961. – Vol. 43. – № 8. – P. 1115–1121.
210. Campbell's Operative Orthopaedics / S.T. Canale, J.H. Beaty, ed. – 11th edition. – St. Louis: Mosby, 2008. – 5512 p. – ISBN: 978-0323033299. – Текст: непосредственный.

211. Chapman, M.W. Compression-plate fixation of acute fractures of the diaphyses of the radius and ulna / M.W. Chapman, J.E. Gordon, A.G. Zissimos // *J Bone Joint Surg Am.* – 1989. – Vol. 71. – № 2. – P. 159–169.
212. Characteristics of forearm refracture in adolescents / A.B. Kapadia, P.L. Wilson, C.S. Gill [et al.] // *J Pediatr Orthop B.* – 2023. – Vol. 33. – № 1. – P. 58–64.
213. Chen, F. Smoking and bony union after ulna-shortening osteotomy / F. Chen, A.L. Osterman, K. Mahoney // *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* – 2001. – Vol. 30. – № 6. – P. 486–489.
214. Cheung, E.V. Monteggia fracture-dislocation associated with proximal and distal radioulnar joint instability. A case report / E.V. Cheung, J. Yao // *J Bone Joint Surg Am.* – 2009. – Vol. 91. – № 4. – P. 950–954.
215. Chia, D.S. Corrective osteotomy in forearm fracture malunion improves functional outcome in adults / D.S. Chia, Y.J. Lim, W.Y. Chew // *J Hand Surg Eur Vol.* – 2011. – Vol. 36. – № 2. – P. 102–106.
216. Chick, G. Complex fractures of the proximal end of the radius and ulna in adults: a new classification / G. Chick, C. Court, G.Y. Nordin // *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* – 2001. – Vol. 87. – № 8. – P. 765–772.
217. Clare, D.J. Ipsilateral combination Monteggia and Galeazzi injuries in an adult patient: a case report / D.J. Clare, F.G. Corley, M.A. Wirth // *J Orthop Trauma.* – 2002. – Vol. 16. – № 2. – P. 130–134.
218. Comparative analysis of intramedullary nail fixation versus casting for treatment of distal radius fractures / V. Tan, W. Bratchenko, A. Nourbakhsh, J. Capo // *J Hand Surg Am.* – 2012. – Vol. 37. – № 3. – P. 460–468.e1.
219. Comparative Biomechanical Analysis of Stress-Strain State of the Elbow Joint After Displaced Radial Head Fractures / S. Strafun, I. Levadnyi, V. Makarov, J. Awrejcewicz // *J Med Biol Eng.* – 2018. – Vol. 38. – № 4. – P. 618–624.
220. Comparison between locked intramedullary nailing and plate osteosynthesis in the management of adult forearm fractures / U. Ozkaya, A. Kilic, U. Ozdogan [et al.] // *Acta Orthop Traumatol Turc.* – 2009. – Vol. 43. – № 1. – P. 14–20.

221. Comparison of Short-Term Results of Conservative versus Operative Treatment of Distal Ulna Fractures Associated with Distal Radius Fracture Treated by Plate Osteosynthesis / P. Meluzinová, L. Kopp, P. Dráč [et al.] // *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* – 2017. – Vol. 84. – № 3. – P. 182–188.
222. Complications during removal of conventional versus locked compression plates: is there a difference? / H. Neumann, A. Stadler, H. Heuer [et al.] // *Int Orthop.* – 2017. – Vol. 41. – № 8. – P. 1513–1519.
223. Compression-plate fixation in acute diaphyseal fractures of the radius and ulna / L.D. Anderson, T.D. Sisk, R.E. Tooms, W.I. Park 3rd // *J Bone Joint Surg.* – 1975. – Vol. 57. – № 3. – P. 287–297.
224. Conservative treatment of distal fractures after the age of 65: a review of literature / A. Bruyere, P. Vernet, S.S. Botero [et al.] // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* – 2018. – Vol. 28. – № 8. – P.1469–1475.
225. Cotler, J.M. Experience with Schneider nailing in forearm fractures / J.M. Cotler, B.J. Ingemi, M.P. Prabhaker // *J Bone Joint Surg.* – 1971. – Vol. 53-A. – P. 1228–1229.
226. Crenshaw, A.H. Intramedullary nailing of forearm fractures / A.H. Crenshaw, D.M. Zinar, R.M. Pickering // *Instr Course Lect.* – 2002. – Vol. 51. – P. 279–289.
227. Danis, R. Théorie et Pratique de l'Ostéosynthèse / R. Danis. – Paris: Masson, 1949. – 296 p. – Текст: непосредственный.
228. Deluca, P.A. Refracture of bones of the forearm after the removal of compression plates / P.A. Deluca, R.W. Lindsey, P.A. Ruwe // *J Bone Joint Surg Am.* – 1988. – Vol. 70. – № 9. – P. 1372–1376.
229. Diaphyseal forearm fractures treated with and without bone graft / S.Y. Wei, C.T. Born, A. Abene [et al.] // *J Trauma.* – 1999. – Vol. 46. – № 6. – P. 1045–1048.
230. Distal Radius Malunion (DiRaM) collaborative group. Computer-assisted versus non-computer-assisted preoperative planning of corrective osteotomy for extra-articular distal radius malunions: a randomized controlled trial / N.L. Leong, G.A. Buijze, E.C. Fu [et al.] // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2010. – Vol. 11. – P. 282.

231. Dodge, H.S. Treatment of fractures of the radius and ulna with compression plates / H.S. Dodge, G.W. Cady // *J Bone Joint Surg Am.* – 1972. – Vol. 54. – № 6. – P. 1167–1176.
232. Dousa, P. The Essex-Lopresti forearm fracture (case report) / P. Dousa, J. Bartoníček // *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* – 2002. – Vol. 69. – № 2. – P. 113–116.
233. Dumont, C.E. The effect of rotational malunion of the radius and the ulna on supination and pronation / C.E. Dumont, R. Thalmann, J.C. Macy // *J Bone Joint Surg.* – 2002. – Vol. 84. – № 7. – P. 1070–1074.
234. Early temporary porosis of bone induced by internal fixation implants. A reaction to necrosis, not to stress protection? / S.M. Perren, J. Cordey, B.A. Rahn [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 1988. – № 232. – P. 139–151.
235. Edwards, S.G. Proximal forearm fractures / G.S. Edwards, J.P. Weber, N.B. Baecher // *Orthop Clin North Am.* – 2013. – Vol. 44. – № 1. – P. 67–80.
236. Effectiveness of external fixator combined with T-plate internal fixation for the treatment of comminuted distal radius fractures / L.R. Han, C.X. Jin, J. Yan [et al.] // *Genet Mol Res.* – 2015. – Vol. 14. – № 1. – P. 2912–2919.
237. Effectiveness of locking compression plate in wedge fracture of diaphysis of radius and ulna in adults: A descriptive case series / M.K. Naseer, R.K. Sah, R.D. Nadeem [et al.] // *J Pak Med Assoc.* – 2017. – Vol. 67. – № 11. – P. 1767–1770.
238. Effectiveness of locking versus dynamic compression plates for diaphyseal forearm fractures / I. Azboy, A. Demirtas, B.Y. Uçar [et al.] // *Orthopedics.* – 2013. – Vol. 36. – № 7. – P. e917–922.
239. Eichler, G.R. The changing treatment of Volkmann's ischemic contractures from 1955 to 1965 at the Mayo Clinic / G.R. Eichler, P.R. Lipscomb // *Clin Orthop Relat Res.* – 1967. – Vol. 50. – P. 215–223.
240. Elsaftawy, A. Acute compartment syndrome after open forearm fracture--scale of the problem and case report / A. Elsaftawy, J. Jabłecki // *Pol Przegl Chir.* – 2014. – Vol. 86. – № 1. – P. 44–47.

241. Epidemiology of fractures in the United Kingdom 1988-2012: Variation with age, sex, geography, ethnicity and socioeconomic status / E.M. Curtis, R. van der Velde, R.J. Moon [et al.] // *Bone*. – 2016. – Vol. 87. – P. 19–26.
242. Essex-Lopresti, P.J. Fractures of the radial head with distal radio-ulnar dislocation; report of two cases / P.J. Essex-Lopresti // *Bone Joint Surg Br*. – 1951. – Vol. 33B. – № 2. – P. 244–247.
243. Evaluation of bone atrophy after treatment of forearm fracture using nonlinear finite element analysis: A comparative study of locking plates and conventional plates / Y. Matsuura, T. Rokkaku, T. Suzuki [et al.] // *J Hand Surg Am*. – 2017. – Vol. 42. – № 8. – P. 659.e1–659.e9.
244. Evaluation of outcomes in aseptic non-unions of the forearm bones in adults treated with LCP and autograft / O. Lapcin, Y. Arıkan, U. Yavuz [et al.] // *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. – 2016. – Vol. 22. – № 3. – P. 283–289.
245. Evaluation of outcomes in aseptic non-unions of the forearm bones in adults treated with LCP and autograft / L. Osman, A. Yavuz, Y. Umut [et al.] // *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. – 2016. – Vol. 22. – № 3. – P. 283–289.
246. Examining the influence of distal radius orientation on distal radioulnar joint contact using a finite element model / D. Greybe, M.R. Boland, T. Wu, K. Mithraratne // *Int J Numer Method Biomed Eng*. – 2016. – Vol. 32. – № 11.
247. External fixation versus open reduction with plate fixation for distal radius fractures: a meta-analysis of randomised controlled trials / J. Esposito, E.H. Schemitsch, M. Saccone [et al.] // *Injury*. – 2013. – Vol. 44. – № 4. – P. 409–416.
248. Factors influencing infection rates after open fractures of the radius and/or ulna / J.W. Zumsteg, C.S. Molina, D.H. Lee, N.D. Pappas // *J Hand Surg Am*. – 2014. – Vol. 39. – № 5. – P. 956–961.
249. Fanuele, J. Extensor pollicis longus tendon rupture in an adult after intramedullary nailing of a radius fracture: case report / J. Fanuele, P. Blazar // *J Hand Surg Am*. – 2009. – Vol. 34. – № 4. – P.627–629.

250. Fixation of isolated ulnar shaft fracture: by open reduction and internal fixation with plate or percutaneous intramedullary nailing / J.L. Labbe, O. Peres, O. Leclair, S. Saint-Lanne // *Rev Chir Orthop.* – 1998. – Vol. 84. – № 6. – P. 515–522.
251. Forearm deformity in multiple hereditary exostosis. Radiologic predictors of radial head dislocation / F. Bom, O. Barbier, X. Libouton, P.L. Docquier // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2023. – Vol. 109. – № 5. – Art. 103445.
252. Forearm diaphyseal fractures in the adolescent population: treatment and management / J. Truntzer, M.L. Vopat, P.M. Kane [et al.] // *Eur J Orthop Surg Traumatol.* – 2015. – Vol. 25. – № 2. – P. 201–209.
253. Forearm Fracture Nonunion with and without Bone Loss: An Overview of Adult and Child Populations / S. Dimartino, V. Pavone, M. Carnazza [et al.] // *J Clin Med.* – 2022. – Vol. 11. – № 14. – Art. 4106.
254. Forearm fractures complicated with distal radio-ulnar dislocation (Galeazzi-type lesions) / A.V. Korompilias, A.E. Beris, G. Mitsionis [et al.] // *J Bone Joint Surg.* – 2004. – Vol. 86-B. – Suppl. III. – Art. 308.
255. Forearm Fractures in Overweight-Obese Children and Adolescents: A Matter of Bone Density, Bone Geometry or Body Composition? / R. Franceschi G. Radetti, M. Soffiati, E. Maines // *Calcif Tissue Int.* – 2022. – Vol. 111. – № 2. – P. 107–115.
256. Forearm nonunion caused by hyperparathyroidism with 7 years follow up: A case report / M. Kinoshita, K. Naito, K. Aritomi [et al.] // *Int J Surg Case Rep.* – 2017. – Vol. 38. – P.158–162.
257. Forearm rotation in healthy adults of all ages and both sexes / M. Rickert, A. Bürger, C.M. Gunther, C.U. Schulz // *J Shoulder Elbow Surg.* – 2008. – Vol. 17. – № 2. – P. 271–275.
258. Forearm segmental bone defect: Successful management using the Masquelet Technique with the aid of 3D printing technology / G. Pachera, E. Santolini, A. Galuppi [et al.] // *Trauma Case Rep.* – 2021. – Vol. 25. – № 36. – P. 100549.
259. Forearm shortening impact on pronation and supination / L. Schnapp, S. Colakoglu, J. Couceiro [et al.] // *J Hand Surg Asian Pac Vol.* – 2019. – Vol. 24. – № 3. – P. 289–296.

260. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018 / E.G. Meinberg, J. Agel, C.S. Roberts, M.D. Karam, J.F. Kellam // *J Orthop Trauma*. – 2018. – Vol. 32. – Suppl. 1. – P. S1–S170.
261. Fracture Incidence and Characteristics in Young Adults Aged 18 to 49 Years: A Population-Based Study / J.N. Farr, L.J. Melton 3rd, S.J. Achenbach [et al.] // *J Bone Miner Res*. – 2017. – Vol. 32. – № 12. – P. 2347–2354.
262. Fracture-dislocations of the forearm joint: a systematic review of the literature and a comprehensive locker-based classification system / S. Artiaco, F. Fusini, A. Sard [et al.] // *J Orthop Traumatol*. – 2020. – Vol. 21. – № 1. – Art. 21.
263. Fracture-related and implant-specific factors influencing treatment results of comminuted diaphyseal forearm fractures without bone grafting / M. Mikek, G. Vidmar, M. Tonin, V. Pavlovic // *Arch Orthop Trauma Surg*. – 2004. – Vol. 124. – № 6. – P. 393–400.
264. Fractures in adult / R.W. Bucholz, J.D. Heckman, C.A. Rockwood, D.P. Green. – 5th edition. – Lippincott Williams & Wilkins, 2001. – 2512 p. – ISBN: 978-0-7817-2508-8. – Текст: непосредственный.
265. Freeland, A.E. Treatment of isolated fractures of the ulnar shaft / A.E. Freeland, P.J. Kregor // *Orthopedics*. – 1997. – Vol. 20. – № 11. – P. 1081–1082.
266. Functional outcome after fracture of both bones of the forearm / C.A. Goldfarb, W.M. Ricci, F. Tull [et al.] // *J Bone Joint Surg Br*. – 2005. – Vol. 87. – № 3. – P. 374–379.
267. Functional outcomes of compression plating and bone grafting for operative treatment of nonunions about the forearm / D.K. Regan, A.M Crespo, S.R. Konda, K.A. Egol // *J Hand Surg Am*. – 2018. – Vol. 43. – № 6. – P. 564.e1–564.e9.
268. Galeazzi, R. Di una particolare sindrome traumatica dello scheletro dell'avabraccio // *Atti Mem Soc Lombardi Chir*. – 1934. – № 2. – P. 12–15.
269. Glueck, D.A. Factors associated with infection following open distal radius fractures / D.A. Glueck, C.P. Charoglu, J.N. Lawton // *Hand (N Y)*. – 2009. – Vol. 4. – № 3. – P. 330–334.

270. Grace, T.G. Forearm fractures: treatment by rigid fixation with early motion / T.G. Grace, W.W. Eversmann Jr // *J Bone Joint Surg Am.* – 1980. – Vol. 62. – № 3. – P. 433–438.
271. Grimsrud, C. Small fragment locking plate as provisional internal fixation in severe open both-bone forearm fractures / C. Grimsrud, J. Siebler // *J Hand Surg Am.* – 2014. – Vol. 39. – № 8. – P. 1615–1619.
272. Grottkau, B.E. Compartment syndrome in children and adolescents / B.E. Grottkau, H.R. Epps, C. Di Scala // *J Pediatr Surg.* – 2005. – Vol. 40. – № 4. – P. 678–682.
273. Gustilo, R.B. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses / R.B. Gustilo, J.T. Anderson // *J Bone Joint Surg Am.* – 1976. – Vol. 58. – № 4. – P. 453–458.
274. Gustilo, R.B. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures / R.B. Gustilo, R.M. Mendoza, D.N Williams // *J Trauma. – Trauma.* – 1984. – Vol. 24. – № 8. – P. 742–746.
275. Haase, S.C. Management of malunions of the distal radius / S.C. Haase, K.C. Chung // *Hand Clin.* – 2012. – Vol. 28. – № 2. – P. 207–2016.
276. Hadden, W.A. Results of AO plate fixation of forearm shaft fractures in adults / W.A. Hadden, R. Reschauer, W. Seggl // *Injury.* – 1983. – Vol. 15. – № 1. – P. 44–52.
277. Halanski, M. Cast and splint immobilization: complications / M. Halanski, K.J. Noonan // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2008. – Vol. 16. – № 1. – P. 30–40.
278. Handoll, H.H. Interventions for treating isolated diaphyseal fractures of the ulna in adults / H.H. Handoll, P. Pearce // *Cochrane Database Syst. Rev.* – 2012. – Vol. 2012. – № 6. – CD000523.
279. Hansis, M. Surgical treatment of aseptic forearm shaft pseudarthrosis / M. Hansis, F. Duffner, S. Weller // *Aktuelle Traumatol.* – 1989. – Vol. 19. – № 5. – P. 192–195.
280. Hasler, C.C. Open reduction, ulnar osteotomy and external fixation for chronic anterior dislocation of the head of the radius / C.C. Hasler, L. Von Laer, A.K. Hell // *J Bone Joint Surg.* – 2005. – Vol. 87. – № 1. – P. 88–94.

281. Hasty, C.C. Intramedullary nailing of diaphyseal forearm fractures in adults / C.C. Hasty, A.H. Crenshaw // Proceedings of the 66th Annual Meeting. – Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1999. – P. 312.
282. Hey-Groves, E.W. On Modern Methods of Treating Fractures / E.W. Hey-Groves. – New York: Wood and Co, 1916. – 304 p. – Текст: непосредственный.
283. Hicks, J.H. Fractures of the forearm treated by rigid fixation / J.H. Hicks // J Bone Joint Surg. – 1961. – Vol. 43-B. – P. 680–687.
284. Hidaka, S. Refracture of bones of the forearm after plate removal / S. Hidaka, R.B. Gustilo // J Bone Joint Surg Am. – 1984. – Vol. 66. – № 8. – P. 1241–1242.
285. Hsu, H. Forearm Splinting / H. Hsu, R.M. Siwec // In: StatPearls [Internet]. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
286. Huber-Wagner, S. Conservative treatment of distal radius fracture. Consequences of an uncritical follow-up / S. Huber-Wagner, M. Beirer, J. Neu // Unfallchirurg. – 2014. – Vol. 117. – № 11. – P. 1050–1053.
287. Hudak, P.L. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand). The Upper Extremity Collaborative Group (UECG) / P.L. Hudak, P.C. Amadio, C. Bombardier // Am J Ind Med. – 1996. – Vol. 29. – № 6. – P. 602–608.
288. Hutchinson, D.T. Pins and plaster vs external fixation in the treatment of unstable distal radial fractures. A randomized prospective study / D.T. Hutchinson, G.O. Strenz, R.A. Cautilli // J Hand Surg Br. – 1995. – Vol. 20. – № 3. – P. 365–372.
289. Hybrid locked plating of osteoporotic fractures of the humerus / M.J. Gardner, M.H. Grith, D. Demetrakopoulos [et al.] // J Bone Joint Surg Am. – 2006. – Vol. 88. – № 9. – P. 1962–1967.
290. Iacobellis, C. Plating in diaphyseal fractures of the forearm / C. Iacobellis, C. Biz // Acta Biomed. – 2014. – Vol. 84. – № 3. – P. 202–211.
291. Idrissi, K.K. Non-vascularized fibular graft as salvage technique for forearm reconstruction / K.K. Idrissi, F. Galiua // Chir Main. – 2010. – Vol. 29. – № 2. – P. 118–120.

292. Immediate internal fixation of open fractures of the diaphysis of the forearm / B.R. Moed, J.F. Kellam, R.J. Foster [et al.] // *J Bone Joint Surg.* – 1986. – Vol. 68. – № 7. – P. 1008–1017.
293. Immobilization in supination versus neutral following surgical treatment of Galeazzi fracture-dislocation in adult: case series / M.J. Park, N. Pappas, D.R. Steinberg, D.J. Bozentka // *J Hand Surg Am.* – 2012. – Vol. 37. – № 3. – P. 528–531.
294. Interlocking contoured intramedullary nail fixation for selected diaphyseal fractures of the forearm in adults / Y.H. Lee, S.K. Lee, M.S. Chung [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2008. – Vol. 90. – № 9. – P. 1891–1898.
295. Interlocking nailing of forearm fractures / P. Visná, E. Beitzl, J. Pilný [et al.] // *Acta Chir Belg.* – 2008. – Vol. 108. – № 3. – P. 333–338.
296. Internal fixation of diaphyseal fractures of the forearm by interlocking intramedullary nail: short-term results in eighteen patients / H. Gao, C.F. Luo, C.Q. Zhang [et al.] // *J Orthop Trauma.* – 2005. – Vol. 19. – № 6. – P. 384–391.
297. Internal fixation of ulnar fractures by locking nail / J.A. De Pedro, F. Garcia-Navarrete, F. Garcia De Lucas [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 1992. – № 283. – P. 81–85.
298. Intramedullary fixation of forearm fractures in adults / J. Moerman, A. Lenaert, D. De Coninck [et al.] // *Acta Orthop Belg.* – 1996. – Vol. 62. – № 1. – P. 34–40.
299. Intramedullary fixation using multiple Kirschner wires for forearm fractures: a developing country perspective / A. Abalo, A. Dossim, A. Assiobo [et al.] // *J Orthop Surg (Hong Kong).* – 2007. – Vol. 15. – № 3. – P. 319–322.
300. Intramedullary nailing of adult isolated diaphyseal radius fractures. / A. Köse, A. Aydin, N. Ezirmik [et al.] // *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* – 2016. – Vol. 22. – № 2. – P. 184–191.
301. Intramedullary nailing of humeral shaft fractures with a locking flexible nail / J.P. Stannard, H.W. Harris, G. McGwin Jr. [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2003. – Vol. 85. – № 11. – P. 2103–2110.
302. Intramedullary osteosynthesis after external fixation / S. Paderni, P. Trentani, G. Grippo [et al.] // *Chir Organi Mov.* – 2001. – Vol. 86. – № 3. – P. 183–190.

303. Intramedullary osteosynthesis of the ulna in revision surgery / A. Hofmann, M.H. Hessmann, L. Rudig [et al.] // Unfallchirurg. – 2004. – Vol. 107. – № 7. – P. 583–592.
304. Iorio, M.L. Open distal radius fractures: timing and strategies for surgical management / M.L. Iorio, C.M. Harper, T.D. Rozental // Hand Clin. – 2018. – Vol. 34. – № 1. – P. 33–40.
305. Jawa, A. Open fractures of the distal radius / A. Jawa // J Hand Surg Am. – 2010. – Vol. 35. – № 8. – P. 1348–1350.
306. Jayakumar, P. Non-union in forearm fractures / P. Jayakumar, J.B. Jupiter // Acta Chir Orthop Traumatol Cech. – 2014. – Vol. 81. – № 1. – P. 22–32.
307. Jimenez, A. Forearm Compartment Syndrome / A Jimenez, R. Marappa-Ganeshan // In: StatPearls [Internet]. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
308. Jiménez, I. The reverse Sauvé-Kapandji procedure for the treatment of (posttraumatic) proximal radioulnar synostosis / I. Jiménez, P.J. Delgado // Eur J Orthop Surg Traumatol. – 2018. – Vol. 28. – № 6. – P. 1225–1229.
309. Jones, D.B. Adult diaphyseal forearm fractures: intramedullary nail versus plate fixation / D.B. Jones Jr, S. Kakar // J Hand Surg. – 2011. – Vol. 36. – № 7. – P. 1216–1219.
310. Jones, J.A. Immediate internal fixation of high-energy open forearm fractures / J.A. Jones // J Orthop Trauma. – 1991. – Vol. 5. – № 3. – P. 272–279.
311. Jupiter, J.B. Complications following distal radial fractures / J.B. Jupiter, D.L. Fernandez // Instr Course Lect. – 2002. – Vol. 51. – P. 203–219.
312. Kinematic analysis of forearm rotation using four-dimensional computed tomography / J.G.M. Oonk, J.G.G. Dobbe, G.J. Strijkers [et al.] // J Hand Surg Eur Vol. – 2022. – Vol. 48. – № 5. – P. 466–475.
313. Kloen, P. Management of forearm nonunions: current concepts / P. Kloen, G.A. Buijze, D. Ring // Strategies Trauma Limb Reconstr. – 2012. – Vol. 7. – № 1. – P. 1–11.

314. Kloen, P. Treatment of diaphyseal nonunions of the ulna and radius / P. Kloen, J.K. Wiggers, G.A. Buijze // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2010. – Vol. 130. – № 12. – P. 1439–1445.
315. Knight, R.A. Fractures of both bones of the forearm in adults / R.A. Knight, G.D. Purvis // *J Bone Joint Surg Am.* – 1949. – Vol. 31A. – № 4. – P. 755–764.
316. Kozin, S.H. The treatment of forearm fractures from penetrating trauma / S.H. Kozin, J.J. Thoder // *Hand Clin.* – 1999. – Vol. 15. – № 2. – P. 221–231.
317. Küntscher, G. Technik der Marknagelung / G. Küntscher, R. Maatz. – Leipzig: Thieme, 1945. – 104 p. – Текст: непосредственный.
318. Kuyucu, E. The importance of patient compliance in nonunion of forearm fracture / E. Kuyucu, F. Koçyiğit, L. Ciftçi // *Int J Surg Case Rep.* – 2014. – Vol. 5. – № 9. – P. 598–600.
319. Lambotte, A. Chirurgie Opératoire des Fractures / A. Lambotte. – Paris: Masson, 1913. – 570 p. – Текст: непосредственный.
320. Lambrinudi, C. Intramedullary Kirschner wires fixation in the treatment of fractures / C. Lambrinudi // *Proc Royal Soc Med.* – 1939. – Vol. 33. – P. 153–157.
321. Lane, W.A. Diagnosis and treatment of fractures of the long bones / W.A. Lane // *BMJ.* – 1908. – № 3. – P. 745.
322. Langkamer, V.G. Internal fixation of forearm fractures in the 1980s: lessons to be learnt / V.G. Langkamer, C.E. Ackroyd // *Injury.* – 1991. – Vol. 22. – № 2. – P. 97–102.
323. Langkamer, V.G. Removal of forearm plates / V.G. Langkamer, C.E. Ackroyd // *J Bone Joint Surg.* – 1990. – Vol. 72. – № 4. – P. 601–604.
324. Larson, A.N. Locking Plate Technology and Its Applications in Upper Extremity Fracture Care / A.N. Larson, M. Rizzo // *Hand Clin.* – 2007. – Vol. 23. – № 2. – P. 269–278.
325. Lazarev, I.A. Biomechanical calculations of the load on the elbow structures in one-stage manual joint mobilization / I.A. Lazarev, A.S. Strafun, M.V. Skiban // *Trauma.* – 2018. – Vol. 19. – № 5. – P. 37–46.

326. Leung, F. Locking compression plate in the treatment of forearm fractures: a prospective study / F. Leung, S.P. Chow // *J Orthop Surg (Hong Kong)*. – 2006. – Vol. 14. – № 3. – P. 291–294.
327. Loss of alignment after surgical treatment of posterior Monteggia fractures: salvage with dorsal contoured plating / D. Ring, J. Tavakolian, P. Kloen [et al.] // *J Hand Surg Am.* – 2004. – Vol. 29. – № 4. – P. 694–702.
328. Malone, P.S. Anatomic Relationships of the Distal and Proximal Radioulnar Joints Articulating Surface Areas and of the Radius and Ulna Bone Volumes - Implications for Biomechanical Studies of the Distal and Proximal Radioulnar Joints and Forearm Bones / P.S. Malone, O.G. Shaw, V.C. Lees // *Front Bioeng Biotechnol.* – 2016. – Vol. 4. – P. 61.
329. Malunion of fractures of the midshafts of the radius and ulna in adults. A series of 10 cases / A. Bouso, A. Ndiaye, C. Diémé [et al.] // *Chir Main.* – 2007. – Vol. 26. – № 6. – P. 288–292.
330. Malunion of Pediatric Forearm Shaft Fractures: Management Principles and Techniques / T.P. Li, A. Wollstein, S. Sabharwal [et al.] // *Curr Rev Musculoskelet Med.* – 2022. – Vol. 15. – № 6. – P. 427–437.
331. Management and treatment of elbow and forearm injuries / J.L. Falcon-Chevere, D. Mathew, J.G. Cabanas, E. Labat // *Emerg Med Clin North Am.* – 2010. – Vol. 28. – № 4. – P. 765–787.
332. Management of humeral nonunion after the failure of locking intramedullary nails / M.D. McKee, M.A. Miranda, B.L. Riemer [et al.] // *J Orthop Trauma.* – 1996. – Vol. 10. – № 7. – P. 492–499.
333. Manoj Kumar, P.P. Clinico-radiological evaluation of extra articular fractures and diaphyseal fractures of upper limb managed with locking compression plating / P.P. Manoj Kumar, K.R. Salgotra // *Med J Armed Forces India.* – 2012. – Vol. 68. – № 3. – P. 211–213.
334. Manual of Internal Fixation. Techniques Recommended by the AO-ASIF Group / M.E. Müller, M. Allgöwer, R. Schneider, H. Willenegger. – 3rd edition. – Springer

Berlin, Heidelberg, 1996. – 752 p. – ISBN: 978-3-642-08091-3. – Текст: непосредственный.

335. McQueen, M.M. Acute compartment syndrome: who is at risk? / M.M. McQueen, P. Gaston, C.M. Court-Brown // *J Bone Joint Surg Br.* – 2000. – Vol. 82. – № 2. – P. 200–203.

336. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP) / G.A. Hawker, S. Mian, T. Kendzerska, M. French // *Arthritis Care Res (Hoboken).* – 2011. – Vol. 63. – Suppl. 11. – P. S240–252.

337. Mehta, N. Traumatic disorders of forearm rotation: anatomy, biomechanics and treatment / N. Mehta, R.J. MacFarlane, D. Brown // *Br J Hosp Med (Lond).* – 2014. – Vol. 75. – № 2. – P. 72–77.

338. Michels, C. Intramedullary nailing in fractures of the forearm / C. Michels, S.L. Weissman // *J Bone Joint Surg.* – 1976. – Vol. 58-B. – P. 380.

339. Mikić, Z.D. Galeazzi fracture-dislocation / Z.D. Mikić // *J Bone Joint Surg.* – 1975. – Vol. 57. – № 8. – P. 1071–1080.

340. Modified Technique of Single-Bone Forearm in the Treatment of Deformities / H. Benameur, S. Bensaleh, N. Alidrissi [et al.] // *Cureus.* – 2022. – Vol. 14. – № 6. – P. e26361.

341. Monteggia fractures in adults: long-term results and prognostic factors / G.G. Konrad, K. Kundel, P.C. Kreutz [et al.] // *J Bone Joint Surg.* – 2007. – Vol. 89. – № 3. – P. 354–360.

342. Monteggia, G.B. *Instituzioni Chirurgiche* / G.B. Monteggia. – Volume Secondo. – Milano: Presso Ernesto Oliva Editore Librajo, 1857. – Текст: непосредственный.

343. Morrey, B.F. A biomechanical study of normal functional elbow motion / B.F. Morrey, L.J. Askew, K.N. An // *J Bone Joint Surg.* – 1981. – Vol. 63. – № 6. – P. 872–877.

344. Moss, J.P. Diaphyseal Fractures of the Radius and Ulna in Adults / J.P. Moss, D.K. Bynum // *Hand Clin.* – 2007. – Vol. 23. – № 2. – P. 143–151.
345. Nagy, L. Correction of forearm malunion guided by the preoperative complaint / L. Nagy, L. Jankauskas, C.E. Dumont // *Clin Orthop Relat Res.* – 2008. – Vol. 466. – № 6. – P. 1419–1428.
346. Nail-plate combination in management of fracture both bones forearm / M. Rajeev Rao, E. Kader, S.V. Sujith, V. Thomas // *Ortopaed Proceed.* – 2002. – Vol. 84-B. – Suppl. III. – P. 252–253.
347. Natoli, R.M. Conversion of external fixation to open reduction and internal fixation for complex distal radius fractures / R.M. Natoli, M.R. Baer, M.S. Bednar // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2016. – Vol. 102. – № 3. – P. 339–343.
348. Negative pressure wound therapy in the early period after hand and forearm replantation, is it safe? / M. Dadaci, E.T. Isci, B. Ince [et al.] // *J Wound Care.* – 2016. – Vol. 25. – № 6. – P. 350–355.
349. Negative pressure wound therapy versus conventional wound dressings in treatment of open fractures: A systematic review and meta-analysis / X. Liu, H. Zhang, S. Cen, F. Huang // *Int J Surg.* – 2018. – Vol. 53. – P. 72–79.
350. Netzer, G. Necrotizing fasciitis in a plaster-casted limb: case report / G. Netzer, B.D. Fuchs // *Am J Crit Care.* – 2009. – Vol. 18. – № 3. – P. 288–287.
351. Neubauer, Th. System of plates with angular stability (LCP) - the new ao standard of plate osteosynthesis / Th. Neubauer, M. Wagner, Ch. Hammerbauer // *N.N. Priorov journal of traumatology and orthopedics.* – 2003. – № 3. – P. 27–35.
352. New interlocking intramedullary radius and ulna nails for treating forearm diaphyseal fractures in adults: a retrospective study / G. Saka, N. Saglam, T. Kurtulmus [et al.] // *Injury.* – 2014. – Vol. 45. – Suppl. 1. – P. S16–23.
353. Newly Designed Intramedullary Nail for the Treatment of Diaphyseal Forearm Fractures in Adults / I. Azboy, A. Demirtaş, C. Alemdar [et al.] // *Indian J Orthop.* – 2017. – Vol. 51. – № 6. – P. 697–703.
354. Nicoll, E.A. The treatment of gaps in long bones by cancellous insert grafts / E.A. Nicoll // *J Bone Joint Surg.* – 1956. – Vol. 38. – № 1. – P. 70–82.

355. Nonunion of fractures of the ulna and radius diaphyses: clinical and radiological results of surgical treatment / H. Boussakri, A. Elibrahimi, M. Bachiri [et al.] // *Malays Orthop J.* – 2016. – Vol. 10. – № 2. – P. 27–34.
356. Ömeroğlu, H. Basic principles of fracture treatment in children / H. Ömeroğlu // *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi.* – 2018. – Vol. 29. – № 1. – P. 52–57.
357. One-Bone Forearm Reconstruction: A Salvage solution for the forearm with massive bone loss / A. Devendra, P.S. Velmurugesan, J. Dheenadhayalan [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2019. – Vol. 101. – № 15. – P. e74.
358. Open fractures of the distal radius / T.D. Rozental, P.K. Beredjiklian, D.R. Steinberg, D.J. Bozentka // *J Hand Surg Am.* – 2002. – Vol. 27. – № 1. – P. 77–85.
359. Open fractures of the distal radius: the effects of delayed debridement and immediate internal fixation on infection rates and the need for secondary procedures / J.C. Kurylo, T.W. Axelrad, P. Tornetta 3rd, A. Jawa // *J Hand Surg Am.* – 2011. – Vol. 36. – № 7. – P. 1131–1134.
360. Osteosynthesis with long volar locking plates for metaphyseal-diaphyseal fractures of the distal radius / P. Gogna, H.S. Selhi, R. Singla [et al.] // *Chin. J Traumatol.* – 2013. – Vol. 16. – № 6. – P. 339–343.
361. Outcomes and complications of fractures of distal radius (AO type B and C): volar plating versus nonoperative treatment / H. Sharma, G.N. Khare, S. Singh [et al.] // *J Orthop Sci.* – 2014. – Vol. 19. – № 4. – P. 537–544.
362. Outcomes following operative treatment of open fractures of the distal radius: a case control study / B.J. MacKay, N. Montero, N. Paksima, K.A. Egol // *Iowa Orthop J.* – 2013. – Vol. 33. – P. 12–18.
363. Outcomes following plate fixation of fractures of both bones of the forearm in adults / K.P. Droll, P. Perna, J. Potter [et al.] // *J Bone Joint Surg.* – 2007. – Vol. 89. – № 12. – P. 2619–2624.
364. Outcomes of open distal radius fractures managed with bridging external fixator and Kirschner-wire fixation / M. Yang, S. Zhu, Z. Gao, G. An // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* – 2014. – Vol. 94. – № 22. – P. 1729–1732.

365. Paediatric forearm fractures: assessment and initial management / J. Kyriakides, W. Peeters, A.K. Ahluwalia, M. Elvey // *Br J Hosp Med (Lond)*. – 2022. – Vol. 83. – № 9. – P. 1–9.
366. Peltier, L.F. Eponymic Fractures: Giovanni Battista Monteggia and Monteggia's Fracture / L.F. Peltier // *Surgery*. – 1957. – Vol. 42. – № 3. – P. 585–591.
367. Plate osteosynthesis of diaphyseal fractures of the radius and ulna / R. Hertel, M. Pisan, S. Lambert, F.T. Ballmer // *Injury*. – 1996. – Vol. 27. – № 8. – P. 545–548.
368. Plate osteosynthesis versus intramedullary nailing for both forearm bones fractures / S.K. Lee, K.J. Kim, J.W. Lee, W.S. Choy // *Eur J Orthop Surg Traumatol*. – 2014. – Vol. 24. – № 5. – P. 769–776.
369. Plucknette, B.F. An unusual variant of a floating forearm injury: a case report and review / B.F. Plucknette, P.C. Rhee // *Hand (N Y)*. – 2018. – Vol. 13. – № 6. – P. 32–38.
370. Prasarn, M.L. Infected nonunions of diaphyseal fractures of the forearm / M.L. Prasarn, E.A. Ouellette, D.R. Miller // *Arch Orthop Trauma Surg*. – 2010. – Vol. 130. – № 7. – P. 867–873.
371. Pre- and postoperative complications of adult forearm fractures treated with plate fixation / P.S. Marcheix, S. Delclaux, M. Ehlinger [et al.] // *Orthop Traumatol Surg Res*. – 2016. – Vol. 102. – № 6. – P. 781–784.
372. Problems of bridging plate fixation for the treatment of forearm shaft fractures with the locking compression plate / P. Henle, K. Ortlieb, K. Kuminack [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg*. – 2011. – Vol. 131. – № 1. – P. 85–91.
373. Radiographic results after plaster cast fixation for 10 days versus 1 month in reduced distal radius fractures: a prospective randomised study / A. Christersson, S. Larsson, B. Östlund, B. Sandén // *J Orthop Surg Res*. – 2016. – Vol. 11. – № 1. – P. 145.
374. Rafi, B.M. Forearm Fractures / B.M. Rafi, V. Tiwari // *StatPearls [Internet]*. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
375. Rai, B.K. Spontaneous bone regeneration in an open segmental fracture of the forearm with extruded middle segment / B.K. Rai, R. Vaishya, A.K. Agarwal // *Cureus*. – 2016. – Vol. 8. – № 9. – P. e772.

376. Randomized comparison of volar locking plates and intramedullary nails for unstable distal radius fractures / J.F. Plate, D.L. Gaffney, C.L. Emory [et al.] // *J Hand Surg Am.* – 2015. – Vol. 40. – № 6. – P. 1095–1101.
377. Reckling, F.M. Riccardo Galeazzi and Galeazzi's fracture / F.M. Reckling, L.F. Peltier // *Surgery.* – 1965. – Vol. 58. – № 2. – P. 452–459.
378. Rehman, S. Intramedullary Fixation of forearm fractures / S. Rehman, G. Sokunbi // *Hand Clin.* – 2010. – Vol. 26. – № 3. – P. 391–401.
379. Removal of forearm plate leads to a high risk of refracture: decision regarding implant removal after fixation of the forearm and analysis of risk factors of refracture / C.K. Yao, K.C. Lin, Y.W. Tarng [et al.] // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2014. – Vol. 134. – № 12. – P. 1691–1697.
380. Rengifo, D. Radial Forearm Tissue Transfer / D. Rengifo, T.T. Lian // In: *StatPearls [Internet].* – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
381. Retrospective analysis of plate fixation of diaphyseal fractures of the forearm bones / E.R. Ross, D. Gourevitch, G.W. Hastings [et al.] // *Injury.* – 1989. – Vol. 20. – № 4. – P. 211–214.
382. Revision surgery in diaphyseal forearm fractures / P. Visna, E. Beitzl, Z. Smidl [et al.] // *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* – 2007. – Vol. 74. – № 5. – P. 342–348.
383. Reyes-Hernández, L.A. Forearm diaphyseal fractures in pediatric patients. Review of treatment results / L.A. Reyes-Hernández, J.E. Cervantes-Gudiño, A. García-Diosdado // *Acta Ortop Mex.* – 2018. – Vol. 32. – № 5. – P. 279–282.
384. Richard, M.J. Malunions and nonunions of the forearm / M.J. Richard, D.S. Ruch, J.M. Aldridge 3rd // *Hand Clin.* – 2007. – Vol. 2. – № 2. – P. 235–243.
385. Richards, R.R. Chronic disorders of the forearm / R.R. Richards // *J Bone Joint Surg Am.* – 1996. – Vol. 78. – № 6. – P. 916–930.
386. Riechelmann, F. Primary soft tissue management in open fracture / F. Riechelmann, P. Kaiser, R. Arora // *Oper Orthop Traumatol.* – 2018. – Vol. 30. – № 5. – P. 294–308
387. Ring, D. Monteggia fractures / D. Ring // *Orthop Clin North Am.* – 2013. – Vol. 44. – № 1. – P. 59–66.

388. Rockwood and Green's Fractures in Adults / C.A. Rockwood, R.W. Bucholz, C.M. Court-Brown [et al.]. – Lippincott Williams & Wilkins, 2010. – 2213 p. – ISBN: 9781605476773. – Текст: непосредственный.
389. Roll, S.C. Effectiveness of Occupational Therapy Interventions for Adults With Musculoskeletal Conditions of the Forearm, Wrist, and Hand: A Systematic Review / S.C. Roll, M.E. Hardison // *Am J Occup Ther.* – 2017. – Vol. 71. – № 1. – 7101180010p1-7101180010p12.
390. Rosen, H. Compression treatment of long bone pseudarthroses / H. Rosen // *Clin Orthop Relat Res.* – 1979. – № 138. – P. 154–166.
391. Rosson, J.W. Refracture after the removal of plates from the forearm. An avoidable complication / J.W. Rosson, J.R. Shearer // *J Bone Joint Surg Br.* – 1991. – Vol. 73. – № 3. – P. 415–417.
392. Safety of immediate open reduction and internal fixation of geriatric open fractures of the distal radius / A.M. Kaufman, R.A. Pency, R.V. O'Toole, W.A. Eglseder // *Injury.* – 2014. – Vol. 45. – № 3. – P. 534–539.
393. Safoury, Y. Free vascularized fibula for the treatment of traumatic bone defects and nonunion of the forearm bones / Y. Safoury // *J Hand Surg Br.* – 2005. – Vol. 30. – № 1. – P. 67–72.
394. Sage, F.P. Medullary fixation of fractures of the forearm. A study of the medullary canal of the radius and a report of fifty fractures of the radius treated with a prebent triangular nail / F.P. Sage // *J Bone Joint Surg.* – 1959. – Vol. 41-A. – P. 1489–1516.
395. Santoshi, J.A. Open fracture of the forearm bones due to horse bite / J.A. Santoshi, L. Leshem // *J Orthop Case Rep.* – 2014. – Vol. 4. – № 1. – P. 7–10.
396. Sarmiento, A. Forearm fractures: early functional bracing – A preliminary report / A. Sarmiento, J.S. Cooper, W.F. Sinclair // *J Bone Joint Surg.* – 1975. – Vol. 57. – № 3. – P. 297–304.
397. Scaglietti, O. Bone grafting in nonunion of the forearm / O. Scaglietti, G. Stringa, M. Mizzau // *Clin Orthop Relat Res.* – 1965. – Vol. 43. – P. 65–76.

398. Schemitsch, E.H. The effect of malunion on functional outcome after plate fixation of fractures of both bones of the forearm in adults / E.H. Schemitsch, R.R. Richards // *J Bone Joint Surg. Am.* – 1992. – Vol. 74. – № 7. – P. 1068–1078.
399. Schuind, F. Treatment of forearm fractures by Hoffman external fixation. A study of 93 patients / F. Schuind, Y. Andrienne, F. Burny // *Clin Orthop Relat Res.* – 1991. – № 266. – P. 197–204.
400. Schulte, L.M. Management of adult diaphyseal both-bone forearm fractures / L.M. Schulte, C.G. Meals, R.J. Neviasser // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2014. – Vol. 22. – № 7. – P. 437–446.
401. Serious infectious complications related to extremity cast/splint placement in children / B.E. Delasobera, R. Place, J. Howell, J.E. Davis // *J Emerg Med.* – 2011. – Vol. 41. – № 1. – P. 47–50.
402. Sferopoulos, N.K. Segmental forearm bone injuries in children: classification and treatment / N.K. Sferopoulos // *J Orthop Traumatol.* – 2016. – Vol. 17. – № 3. – P. 215–221.
403. Shaft fractures of both forearm bones: the outcomes of surgical treatment with plating only and combined plating and intramedullary nailing / S.B. Kim, Y.M. Heo, J.W. Yi [et al.] // *Clin Orthop Surg.* – 2015. – Vol. 7. – № 3. – P. 282–290.
404. Shahid, M.K. The epidemiology and outcome of open distal radial fractures / M.K. Shahid, S. Robati // *J Orthop.* – 2013. – Vol. 10. – № 2. – P. 49–53.
405. Shang, T.Y. Treatment of forearm bone fractures by an integrated method of traditional Chinese and Western medicine / T.Y. Shang, Y.W. Gu, F.H. Dong // *Clin Orthop Relat Res.* – 1987. – № 215. – P. 56–64.
406. Shelton, W.R. Modified Nicoll-graft treatment of gap non-unions in the upper extremity / W.R. Shelton, F.P. Sage // *J Bone Joint Surg Am.* – 1981. – Vol. 63. – № 2. – P. 226–231.
407. Sir Cooper, A. A treatise on dislocations and on fractures of the joints: fractures of the neck of the thigh-bone. 1823 / Sir A. Cooper // *Clin Orthop Relat Res.* – 2007. – Vol. 458. – P. 6–7.

408. Smith, D.K. External fixation of high-energy upper extremity injuries / D.K. Smith, W.P. Cooney // *J Orthop Trauma*. – 1990. – Vol. 4. – № 1. – P. 7–18.
409. Smith, J.E. Internal fixation in the treatment of fractures of the shafts of the radius and ulna in adults: the value of delayed operation in the prevention of non-union / J.E. Smith // *J Bone Joint Surg Br*. – 1959. – Vol. 41-B. – № 1. – P. 122–131.
410. Solitary ulnar shortening osteotomy for malunion of distal radius fractures: experience of a centre in the UK and review of the literature / S. Hassan, R. Shafafy, A. Mohan, P. Magnussen // *Ann R Coll Surg Engl*. – 2019. – Vol. 101. – № 3. – P. 203–207.
411. Sonderegger, J. Preventing recurrence of radioulnar synostosis with pedicled adipofascial flaps / J. Sonderegger, S. Gidwani, M. Ross // *J Hand Surg Eur Vol*. – 2012. – Vol. 37. – № 3. – P. 244–250.
412. Soong, M. Acute contaminated open forearm fractures treated with VersaJet Hydrosurgical Débridement / M. Soong, S. Schmidt // *J Orthop Trauma*. – 2010. – Vol. 24. – № 7. – P. 66–68.
413. Speed, J.S. Treatment of fractures of ulna with dislocation of head of radius / J.S. Speed, H.B. Boyd // *JAMA*. – 1940. – Vol. 115. – № 20. – P. 1699–1705.
414. Srinivasan, R.C. Forearm Nonunion: Characterization and Management / R.C. Srinivasan, R.L. Hutson, M.J. Richard // *J Hand Surg Am*. – 2020. – Vol. 45. – № 11. – P. 1055–1064.
415. Stern, P.J. Complications of plate fixation of forearm fractures / P.J. Stern, W.J. Drury // *Clin Orthop Relat Res*. – 1983. – № 175. – P. 25–29.
416. Stevens, C.T. Plate osteosynthesis of simple forearm fractures: LCP versus DC plates / C.T. Stevens, H.J. ten Duis // *Acta Orthop Belg*. – 2008. – Vol. 74. – № 2. – P. 180–183.
417. Street, D.M. Intramedullary forearm nailing / D.M. Street // *Clin Orthop Relat Res*. – 1986. – № 212. – P. 219–230.
418. Surgical treatment of aseptic forearm nonunion with plate and opposite bone graft strut. Autograft or allograft? / C. Faldini, F. Traina, F. Perna [et al.] // *Int Orthop*. – 2015. – Vol. 39. – № 7. – P. 1343–1349.

419. Surgical treatment of isolated forearm nonunion with segmental bone loss / A. Moroni, G. Rollo, M. Guzzardella [et al.] // *Injury*. – 1997. – Vol. 28. – № 8. – P. 497–504.
420. Swanson, T.V. Open hand fractures: prognosis and classification / T.V. Swanson, R.M. Szabo, D.D. Anderson // *J Hand Surg*. – 1991. – Vol. 16. – № 1. – P. 101–107.
421. Tarr, R.R. The effects of angular and rotational deformities of both bones of the forearm / R.R. Tarr, A.I. Garfinkel, A. Sarmiento // *J Bone Joint Surg*. – 1984. – Vol. 66. – № 1. – P. 65–70.
422. Teipner, W.A. Internal fixation of forearm fractures: double plating versus single compression (tension band) plating. A comparative study / W.A. Teipner, J.W. Mast // *Orthop Clin North Am*. – 1980. – Vol. 11. – № 3. – P. 381–391.
423. The effect on supination-pronation of angular malalignment of fractures of both bones of the forearm / L.S. Matthews, H. Kaufer, D.F. Garver, D.A. Sonstegard // *J Bone Joint Surg Am*. – 1982. – Vol. 64. – № 1. – P. 14–17.
424. The effects of radial bowing and complications in intramedullary nail fixation of adult forearm fractures / A.C. Yörükoğlu, A.F. Demirkan, A. Akman [et al.] // *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi*. – 2017. – Vol. 28. – № 1. – P. 30–34.
425. The efficacy of dynamic compression plate versus locking compression plate with regards to fracture fixation, implant fixation and bone reaction / V. Angadi, A.B. Patil, R. Nagnur, G.S. Palled // *Int J Orthop*. – 2016. – Vol. 2. – № 3. – P. 85–87.
426. The epidemiology of fractures in Denmark in 2011 / J.H. Driessen, L. Hansen, S.A. Eriksen [et al.] // *Osteoporos Int*. – 2016. – Vol. 27. – № 6. – P. 2017–2025.
427. The Ilizarov fixator in trauma: a 10-year experience / B. Pavolini, M. Maritato, L. Turelli, M. D'Arienzo // *J Orthop Sci*. – 2000. – Vol. 5. – № 2. – P. 108–113.
428. The Lefevre ulnar nail / S. Boriani, C. Lefevre, E. Malingue, G. Bettelli // *Chir Organi Mov*. – 1991. – Vol. 76. – № 2. – P. 151–155.
429. The posterior Monteggia lesion / J.B. Jupiter, S.J. Leibovic, W. Ribbans, R.M. Wilk // *J Orthop Trauma*. – 1991. – Vol. 5. – № 4. – P. 395–402.

430. The Risk of Osteoporotic Forearm Fractures in Postmenopausal Women in a Siberian Population Sample / E. Mazurenko, O. Rymar, L. Shcherbakova [et al.] // *J Pers Med.* – 2020. – Vol. 10. – № 3. – P. 77.
431. The treatment of forearm fractures with pins. By Georg Schöne, 1913 // *Clin Orthop Relat Res.* – 1988. – № 234. – P. 2–4.
432. Thomas, S.R. Advantage and disadvantage of pinless external fixation / S.R. Thomas, H. Giele, A.H. Sipson // *Injury.* – 2000. – Vol. 31. – № 10. – P. 805–809.
433. Treating forearm fractures using an internal fixator: a prospective study / A.A. Fernandez Dell'Oca, S. Tepic, R. Frigg [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2001. – № 389. – P. 196–205.
434. Treatment of diaphyseal forearm atrophic nonunions with intramedullary nails and modified Nicoll's technique in adults / G. Saka, N. Sağlam, T. Kurtulmuş [et al.] // *Acta Orthop Traumatol Turc.* – 2014. – Vol. 48. – № 3. – P. 262–270.
435. Treatment of diaphyseal forearm bone fractures by locking compression plate (LCP) / S. Sharma, H. Dang, V. Sharma, S. Sharma // *Int J Orthop Surg.* – 2009. – Vol. 11. – № 1. – P. 1–5.
436. Treatment of diaphyseal forearm nonunions with interlocking intramedullary nails / G. Hong, L. Cong-Feng, S. Hui-Peng [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2006. – № 450. – P. 186–192.
437. Treatment of diaphyseal fractures of the forearm using the Point Contact Fixator (PC-Fix): Results of 387 fractures of a prospective multicentric study PC-Fix / N. Haas, C. Hauke, M. Schütz [et al.] // *Injury.* – 2001. – Vol. 32. – Suppl. 2. – P. B51–62.
438. Treatment of distal radius fractures / D.M. Lichtman, R.R. Bindra, M.I. Boyer [et al.] // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2010. – Vol. 18. – № 3. – P. 180–189.
439. Treatment of extra-articular distal radial malunions with an intramedullary implant / J.T. Capo, J. Hashem, N.S. Orillaza [et al.] // *J Hand Surg Am.* – 2010. – Vol. 35. – № 6. – P. 892–899.
440. Treatment of non-union of the forearm using distraction-compression osteogenesis / W. Orzechowski, L. Morasiewicz, S. Dragan [et al.] // *Ortop Traumatol Rehabil.* – 2007. – Vol. 9. – № 4. – P. 357–365.

441. Treatment of nonunion of forearm bones using radial forearm bone flap / R.S. Kamrani, A.R. Farhoud, M.H. Nabian, L. Farhadi // *Trauma Mon.* – 2015. – Vol. 20. – № 4. – P. e22622.
442. Treatment of nonunion of the forearm bones with posterior interosseous bone flap / R.S. Kamrani, S.R. Mehrpour, R. Sorbi [et al.] // *J Orthop Sci.* – 2013. – Vol. 18. – № 4. – P. 563–568.
443. Treatment of segmental defects of the radius with use of the vascularized osteoseptocutaneous fibular autogenous graft / J.B. Jupiter, H.J. Gerhard, J. Guerrero [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 1997. – Vol. 79. – № 4. – P. 542–550.
444. Trousdale, R.T. Operative treatment of malunited fractures of the forearm / R.T. Trousdale, R.L. Linscheid // *J Bone Joint Surg Am.* – 1995. – Vol. 77. – № 6. – P. 894–902.
445. True/Flex intramedullary nailing for forearm shaft fractures. Long-term results / J. Trlica, I. Počepcov, J. Kočí [et al.] // *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* – 2012. – Vol. 79. – № 4. – P. 347–354.
446. Union rates and reported range of motion are acceptable after open forearm fractures in military combatants / K.E. Nappo, B.W. Hoyt, G.C. Balazs [et al.] // *Clin Orthop Relat Res.* – 2019. – Vol. 477. – № 4. – P. 813–820.
447. Ununited diaphyseal forearm fractures with segmental defects: Plate fixation and autogenous cancellous bone-grafting / D. Ring, C. Allende, K. Jafornia [et al.] // *J Bone Joint Surg Am.* – 2005. – Vol. 86. – № 11. – P. 2440–2445.
448. Use of homologous bone graft in the treatment of aseptic forearm nonunion / C. Faldini, M.T. Miscione, F. Acri [et al.] // *Musculoskelet Surg.* – 2011. – Vol. 95. – № 1. – P. 31–35.
449. Vos, D.I. Indications for implant removal after fracture healing: a review of the literature / D.I. Vos, M.H. Verhofstad // *Eur J Trauma Emerg Surg.* – 2013. – Vol. 39. – № 4. – P. 327–337.
450. Wajngarten, D. The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand scale in the evaluation of disability - A literature review / D. Wajngarten, J.Á.D.B. Campos, P.P.N.S. Garcia // *Med Lav.* – 2017. – Vol. 108. – № 4. – P. 314–323.

451. Walker, M. Masquelet reconstruction for posttraumatic segmental bone defects in the forearm / M. Walker, B. Sharareh, S.A. Mitchell // *J Hand Surg Am.* – 2019. – Vol. 44. – № 4. – P. 342.e1–342.e8.
452. Weckbach, A. Interlocking nailing of forearm fractures / A. Weckbach, T.R. Blattert, Ch. Weisser // *Arch Orthop Trauma Surg.* – 2006. – Vol. 126. – № 5. – P. 309–315.
453. Weinberg, A.M. Elastic Stable Intramedullary Nailing (ESIN) of forearm fractures / A.M. Weinberg, C. Castellani, F. Amerstorfer // *Oper Orthop Traumatol.* – 2008. – Vol. 20. – № 4–5. – P. 285–296.
454. Weisman, D.S. Tardy displacement of traumatic radial head dislocation in childhood / D.S. Weisman, M. Rang, W.G. Cole // *J Pediatr Orthop.* – 1999. – Vol. 19. – № 4. – P. 523–526.
455. Wilson, F.C. Fractures of the radius and ulna in adults: an analysis of factors affecting outcome / F.C. Wilson, D.R. Dirschl, D.K. Bynum // *Iowa Orthop. J.* – 1997. – Vol. 17. – P. 14–19.
456. Wolvetang, N. Refractures after plate fixation of forearm fractures / N. Wolvetang J., Lans, N.C. Chen // *J Hand Surg.* – 2018. – Vol. 43. – № 9 (Suppl.). – P. S24–S25.
457. Wong, P.C. Galeazzi fracture-dislocations in Singapore 1960-64; incidence and results of treatment / P.C. Wong // *Singapore Med J.* – 1967. – Vol. 8. – № 3. – P. 186–193.
458. Wright, R.R. The necessity of acute bone grafting in diaphyseal forearm fractures: a retrospective review / R.R. Wright, G.J. Schmeling, J.P. Schwab // *J Orthop Trauma.* – 1997. – Vol. 11. – № 4. – P. 288–294.
459. Yin, Q. Progress of difficulty in removing of locking plate and screw / Q. Yin, S. Gu, Z. Sun // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* – 2015. – Vol. 29. – № 3. – P. 386–390.
460. Young, B.T. Outcome following nonoperative treatment of displaced distal radius fractures in low-demand patients older than 60 years / B.T. Young, G.M. Rayan // *J Hand Surg Am.* – 2000. – Vol. 25. – № 1. – P. 19–28.

461. Zhang, M. Finite Element Analysis in Orthopedic Biomechanics Research / M. Zhang, Z. Hao, T. Tingsheng // In: Digital Orthopedics. – G. Pei (eds). – Springer, Dordrecht. – 2018. – P. 147–164. – ISBN: 978-94-024-1074-7. – Текст: непосредственный.
462. Zhang, Q. Bone transport for the treatment of infected forearm nonunion / Q. Zhang, P. Yin, M. Hao // Injury. – 2014. – Vol. 45. – № 12. – P. 1880–1884.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Опросник DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand)

Этот опросник касается состояния поврежденной верхней конечности, а также способности пациента воспроизвести определенные действия. Если пациент на предыдущей неделе не имел возможности исполнить конкретное действие или был способен выполнить его лишь частично, ему необходимо выбрать наиболее соответствующий такой ситуации ответ. Пациент отвечает на каждый вопрос, ориентируясь на свое состояние в течение последней недели, и отмечая соответствующее количество баллов в шкале-опроснике. Неважно, какую руку он использует, чтобы исполнить то или иное действие; в ответе он должен основываться на способности выполнить указанное действие, независимо от того, каким образом выполняется задача.

Опросник содержит 30 вопросов, на каждый из которых пациент отвечает по 5-балльной шкале. Кроме этого, имеется 4 дополнительных вопроса для работающих граждан и 4 дополнительных вопроса для спортсменов и музыкантов. Шкала не может быть подсчитана, если пропущено более 3 вопросов. При вычислении шкал дополнительных разделов на все 4 вопроса должны быть даны ответы.

При подсчете результата складывают заданные величины каждого ответа, делят на количество вопросов, вычитают 1 и умножают на 25.

ВОПРОСНИК DASH НЕСПОСОБНОСТЕЙ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Пожалуйста оцените вашу способность делать следующие действия в течение последней недели, ставя кружок вокруг номера соответствующего ответа.

	НЕТРУДНО	НЕМНОГО ТРУДНО	УМЕРЕННО ТРУДНО	ОЧЕНЬ ТРУДНО	НЕВОЗМОЖНО
1. Открыть плотно-закрытую или новую банку с резьбовой крышкой.	1	2	3	4	5
2. Писать.	1	2	3	4	5
3. Повернуть ключ.	1	2	3	4	5
4. Готовить пищу.	1	2	3	4	5
5. Толкая открыть тяжелую дверь.	1	2	3	4	5
6. Разместить предмет на полку выше вашей головы.	1	2	3	4	5
7. Делать тяжелые домашние хозяйственные работы (например, мыть стены, мыть полы).	1	2	3	4	5
8. Ухаживать за садом или за двором.	1	2	3	4	5
9. Накрыть постель.	1	2	3	4	5
10. Нести хозяйственную сумку или портфель.	1	2	3	4	5
11. Нести тяжелый предмет (более 4.5 кг).	1	2	3	4	5
12. Заменить лампочку люстры выше вашей головы.	1	2	3	4	5
13. Мыть или сушить волосы.	1	2	3	4	5
14. Мыть спину.	1	2	3	4	5
15. Надеть свитер.	1	2	3	4	5
16. Резать ножом пищевые продукты.	1	2	3	4	5
17. Действия или занятия, требующие небольшого усилия (например, игра в карты, вязание и т.д.).	1	2	3	4	5
18. Действия или занятия, требующие некоторую силу или воздействие через вашу руку, плечо или руку (напр., подметание, работа молотком, теннис и т.д.).	1	2	3	4	5
19. Действия или занятия, при которых Вы свободно перемещаете вашу руку (напр., игра в летающую тарелку, бадминтон и т.д.).	1	2	3	4	5
20. Управлять потребностями транспортировки (перемещение из одного места на другое).	1	2	3	4	5
21. Половые действия.	1	2	3	4	5

Вопросник DASH неспособностей верхних конечностей

	НИСКОЛЬКО	НЕМНОГО	УМЕРЕННО	МНОГО	ЧРЕЗВЫЧАЙНО
22. До какой степени проблема вашей руки, плеча или кисти сталкивалась с вашей нормальной социальной активностью (в кругу семьи, друзей, соседей) в течение прошлой недели?	1	2	3	4	5
	БЕЗ ОГРАНИ- ЧЕНИЯ	НЕМНОГО	УМЕРЕННО	ОЧЕНЬ	НЕСПОСОБ- НЫЙ(АЯ)
23. Были ли Вы ограничены в вашей работе или других регулярных ежедневных действиях из-за проблемы вашей руки, плеча или кисти в течение прошлой недели?	1	2	3	4	5
Пожалуйста оцените серьезность следующих признаков на последней неделе.					
	НЕТ	НЕМНОГО	УМЕРЕННО	ОЧЕНЬ	ЧРЕЗВЫ- ЧАЙНО
24. Боль в руке, плече или кисти.	1	2	3	4	5
25. Боль в руке, плече или кисти при выполнении той или иной специфической работы.	1	2	3	4	5
26. Покалывание в руке, плече или кисти.	1	2	3	4	5
27. Слабость в руке, плече или кисти.	1	2	3	4	5
28. Тугоподвижность руки, плеча или кисти.	1	2	3	4	5
	НЕ ТРУДНО	НЕМНОГО ТРУДНО	УМЕРЕННО ТРУДНО	ОЧЕНЬ ТРУДНО	НАСТОЛЬКО О ТРУДНО, ЧТО НЕ МОГУ СПАТЬ
29. Насколько трудно было спать из-за боли в руке, плече или кисти в течение прошлой недели?	1	2	3	4	5
	СТРОГО НЕ СОГЛА- СЕН(НА)	НЕ СОГЛА- СЕН(НА)	НИ СОГЛА- СЕН(НА), НИ НЕ СОГЛАСЕН(НА)	СОГЛА- СЕН(НА)	СТРОГО СОГЛА- СЕН(НА)
30. Я себя чувствую менее способным(ой), менее уверенным(ой) или менее полезным(ой) из-за проблемы моей руки, плеча или кисти.	1	2	3	4	5

Шкала DASH неспособности/симптомов = $\left(\frac{[\text{сумма } n \text{ ответов}]}{n} - 1 \right) \times 25$, где **n** равен количеству заполненных ответов.

Шкала DASH не может быть подсчитана, если пропущено более 3 пункта.

ВОПРОСНИК DASH НЕСПОСОБНОСТЕЙ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

РАЗДЕЛ РАБОТЫ (ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ)

Следующие вопросы касаются воздействия проблемы вашей руки, плеча или кисти на способность работать (включая ведение домашнего хозяйства, если это ваше основное дело).

Пожалуйста укажите, кем Вы работаете: _____

Я не работаю. (Вы можете пропустить данный раздел).

Пожалуйста, обведите в кружок цифру, наилучшим образом описывающую вашу физическую способность на прошлой неделе. Имели ли Вы трудность:

	НЕ ТРУДНО	НЕМНОГО ТРУДНО	УМЕРЕННО ТРУДНО	ОЧЕНЬ ТРУДНО	НЕВОЗМ ОЖНО
1. Используя привычную технику для вашей работы?	1	2	3	4	5
2. Из-за боли в руке, плече или кисти, выполняя вашу привычную работу?	1	2	3	4	5
3. Выполняя свою работу так, как Вам хотелось бы?	1	2	3	4	5
4. Тратя ваше привычное количество времени при выполнении работы?	1	2	3	4	5

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СПОРТСМЕНЫ / МУЗЫКАНТЫ (ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ)

Следующие вопросы касаются воздействия проблемы вашей руки, плеча или кисти на занятия вами тем или иным видом спорта и/или музыки. Если Вы занимаетесь более чем одним видом спорта или играете более чем на одном инструменте, ответьте соответственно тому виду деятельности, который наиболее важен для вас.

Пожалуйста укажите спорт или инструмент, который является наиболее важным для Вас: _____

Я не занимаюсь спортом или не играю на инструменте. (Вы можете пропустить данный раздел).

Пожалуйста, обведите в кружок цифру, наилучшим образом описывающую вашу физическую способность на прошлой неделе. Имели ли Вы трудность:

	НЕ ТРУДНО	НЕМНОГО ТРУДНО	УМЕРЕННО ТРУДНО	ОЧЕНЬ ТРУДНО	НЕВОЗМ ОЖНО
1. Используя привычную технику для игры на инструменте или во время занятий спортом?	1	2	3	4	5
2. Из-за боли в руке, плече или кисти при игре на инструменте или занятии спортом?	1	2	3	4	5
3. При игре на инструменте или занятии спортом так, как Вам хотелось бы?	1	2	3	4	5
4. Тратя ваше привычное количество времени на занятие спортом или игру на инструменте?	1	2	3	4	5

ВЫЧИСЛЕНИЕ ШКАЛЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РАЗДЕЛА. На все 4 вопроса должны быть даны ответы. Просто сложите заданные величины каждого ответа и разделите на 4 (количество пунктов); вычитите 1 и умножьте на 25.