

На правах рукописи



Черняев Сергей Николаевич

Хирургические методы лечения больных с переломами костей предплечья

3.1.8. Травматология и ортопедия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Москва – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Северо-западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный консультант:

доктор медицинских наук, профессор **Неверов Валентин Александрович**

Официальные оппоненты:

Шведовченко Игорь Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-образовательный центр медико-социальной экспертизы и реабилитации им. Г.А. Альбрехта» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, научный руководитель

Давыдов Денис Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации, начальник госпиталя

Прощенко Ярослав Николаевич – доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится 17 июня 2025 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.26 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, ул. Большая Пироговская д. 2, стр. 1

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д.37/1) и на сайте организации: <https://www.sechenov.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор медицинских наук, доцент  **Крупинов Герман Евгеньевич**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 (Абдулхабиров М.А., 2003; Кулеш П.Н., 2008). Такие переломы чреватые значительным числом осложнений, прежде всего – несращения и контрактур. Инвалидизация достигает от 6 до 17% случаев (Агаджанян В.В., 2003; Дажин А.Ю., 2012). Помимо восстановления длины и оси, переломы лучевой и локтевой костей требуют педантичного устранения ротационной деформации, так как несоблюдение этого условия приводит впоследствии к невозможности полноценных ротационных движений и существенному ухудшению качества жизни (Kloen P., 2010; Lee S.K., 2014; Malone P.S., 2016; Schnapp L., 2019). 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.

Консервативный метод лечения диафизарных переломов костей предплечья может быть эффективен только при хорошем торцевом упоре отломков, т. е. при поперечных и косопоперечных переломах (Grafstein E., 2010; Tan V., 2012), однако закрытая репозиция сложна технически и обычно не приводит к точному сопоставлению костных отломков – тем более, что на все время сращения сохраняется тенденция к их вторичному смещению (Bartonicek J., 2014; Huber-Wagner S., 2014). Длительная внешняя иммобилизация сегмента приводит к развитию контрактур и мышечных гипотрофий, а также вызывает выраженный дискомфорт у пациента (Lichtman D.M., 2010; Roll S.C., 2017). В связи с вышеизложенным, результаты консервативного лечения при переломах костей предплечья со смещением оставляют желать лучшего, и методом выбора

сегодня считают оперативное вмешательство (Оразлиев Д.А., 2013; Meluzinov P., 2017).

Выполняя остеосинтез 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 кровоснабжения (Сергеев С.В., 2007; Валеев М.М., 2014) и требует, как правило, после операции дополнительной внешней иммобилизации (Ульянов А.В., 2005; Meluzinov P., 2017; Naseer M.K., 2017). После удаления конструкций нередко случаи рефрактур, частоту которых авторы оценивают до 20% (Streubel P.N., 2014; Yao S.K., 2014; Wolvetang N., 2018). 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 по ряду причин. Анатомическая кривизна костей предплечья исключала использование прямых жестких фиксаторов, интрамедуллярный штифт не гарантировал от возникновения ротационных 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 (Челноков А.Н., 2014, 2016; Ипполитов И.Ю., 2016; Saka G., 2014; Azboy I., 2017). Для того, чтобы рекомендовать такой метод, его преимущества должны быть неоспоримы, однако их убедительных доказательств до сих пор в литературе нет.

Внеочаговый остеосинтез 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 (Кулеш П.Н., 2008; Воронин И.В., 2009; Купкенов Д.Э., 2011). Поэтому внеочаговый остеосинтез применяют преимущественно при открытых или инфицированных переломах.

Особую сложность представляют несросшиеся переломы костей предплечья. Сообщения о применении в таких случаях разнообразных методик костной пластики и других способов стимуляции костной регенерации 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 (Тихилов Р.М., 2010; Faldini C., 2015; Larcin O., 2016; Regan D.K., 2018; Walker M., 2019).

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, учёта 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

Диссертационное исследование выполнено при непосредственном участии автора в хирургическом лечении пациентов со «свежими» диафизарными переломами лучевой и локтевой костей, а также их неблагоприятными последствиями. Автор самостоятельно определил тему исследования на основании изучения отечественных и зарубежных источников литературы. Ему принадлежит ведущая роль в выборе направления исследования, определении цели и задач, разработке плана и дизайна исследования, определены методологические подходы к реализации научной работы, осуществлён отбор пациентов, сформированы группы больных для проведения сравнительного анализа, 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 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.

Объем и структура работы

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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы

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.

Обследование пациентов

К л и н и ч е с к и й м е т о д 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. 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.

О ц е н к а и н т е н с и в н о с т и б о л и. Показатель интенсивности боли измеряли, используя числовую рейтинговую шкалу для боли (Numeric rating

Scale for pain, NRS), которая является цифровой версией визуально-аналоговой шкалы ВАШ (Hawker G.A., Mian S. et al., 2011).

Лучевая диагностика. 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. 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. При фиксации изображения на цифровом носителе и внедрения цифровой обработки данных в программе «АрхиМед» выполняли прецизионное измерение ширины костномозгового канала и необходимой длины стержня.

После операции 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) применена 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.

Интраоперационную рентгеноскопию применяли в соответствии с технологией современного остеосинтеза. Интраоперационно проводили этапный рентгеноскопический контроль положения костных отломков и фиксатора с использованием мобильной рентгенохирургической системы на всех ключевых этапах операции.

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. 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) (Hudak, P.L., Amadio P.C. et al., 1996; Wajngarten D., Campos J.Á.D.V. et al., 2017)

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 операций, выполненных в период 2004–2011 гг. Это позволило определить сравнительную эффективность традиционно используемых хирургических методик – накостного и интрамедуллярного остеосинтеза. Эти же пациенты вошли в ретроспективную группу (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 (БИОС) в сочетании с аутопластикой трикортикальным костным трансплантатом, а также реабилитационное лечение до и после операции.

На **четвертом этапе** был разработан алгоритм выбора варианта оптимального варианта 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 при наблюдении в течение 1 года после операции.

В исследование были включены пациенты старше 18 лет с диафизарными переломами и переломовывихами костей предплечья. Пациентов с метаэпифизарными и внутрисуставными переломами в исследование не включали. Ретроспективный анализ результатов выполненных операций проведен у 110 пациентов с острой травмой, соответствующих критериям включения, в сроки от 1 до 2 лет.

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 вызвать разрушение в скором времени после установки (Рисунок 1).

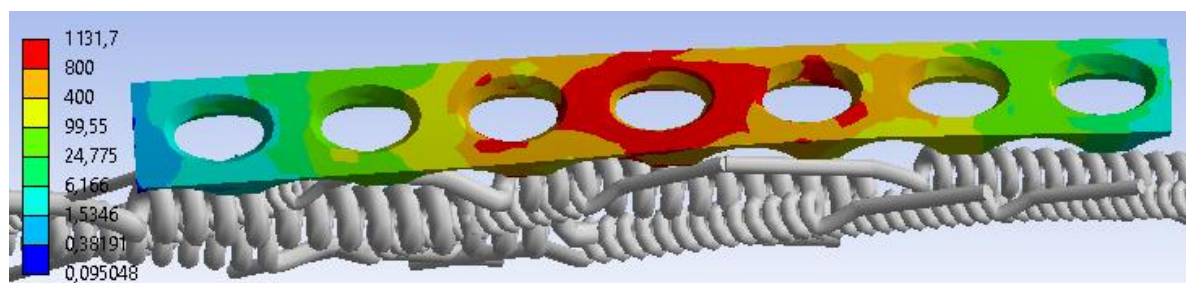


Рисунок 1 – Распределение напряжений на пластине при повороте на 60°

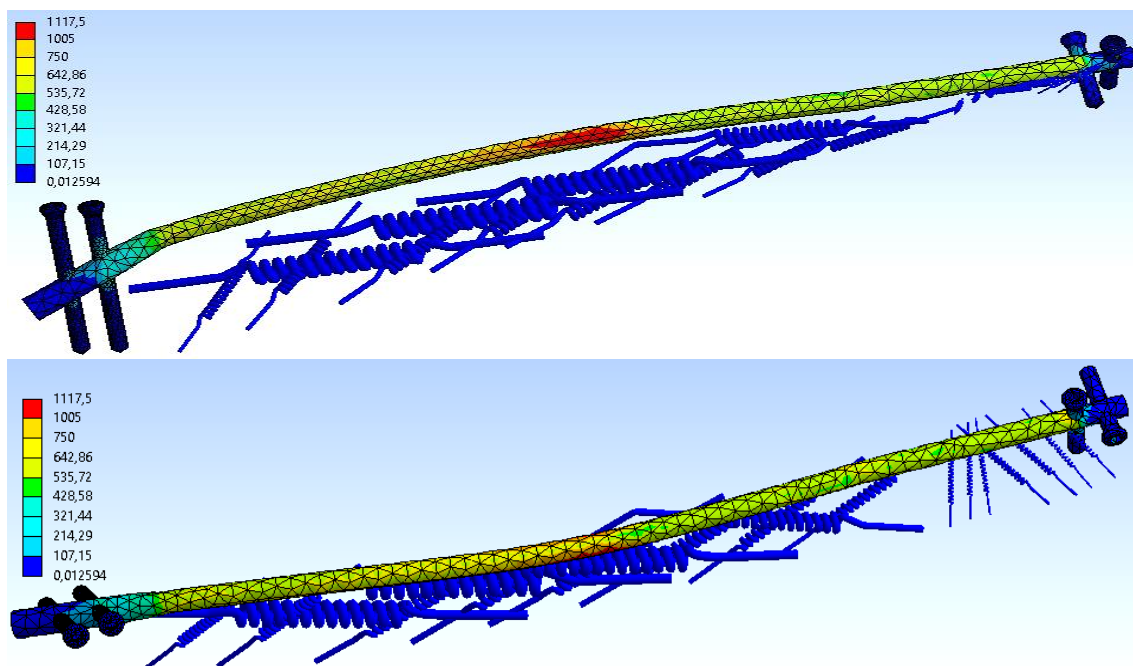


Рисунок 2 – Распределение напряжений стержне и винтах при повороте на 90°

В то же время, стержень, изготовленный из ультрамелкозернистого сплава Ti-6Al-7Nb, сохранит свою целостность при аналогичных движениях даже с амплитудой $\pm 90^\circ$ (Рисунок 2). Полученные результаты говорят о том, что фиксация костных отломков стержнем надежней, 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

В соответствии с данными проведенного эксперимента и основываясь на анализе результатов 110 операций, выполненных пациентам ретроспективной группы с применением традиционного подхода, нами был разработан алгоритм выбора оптимальной хирургической тактики, в основу которого легло понимание преимуществ блокируемого интрамедуллярного остеосинтеза (БИОС). Эти операции мы стремились по возможности выполнять без обнажения зоны перелома или применяя для достижения репозиции миниинвазивный доступ. Для облегчения выполнения репозиции применяли разработанное нами «Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья» (Патент РФ на полезную модель RU 142567 U1).

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 требовалась дополнительная фиксация крупного костного фрагмента винтом (Рисунок 3).

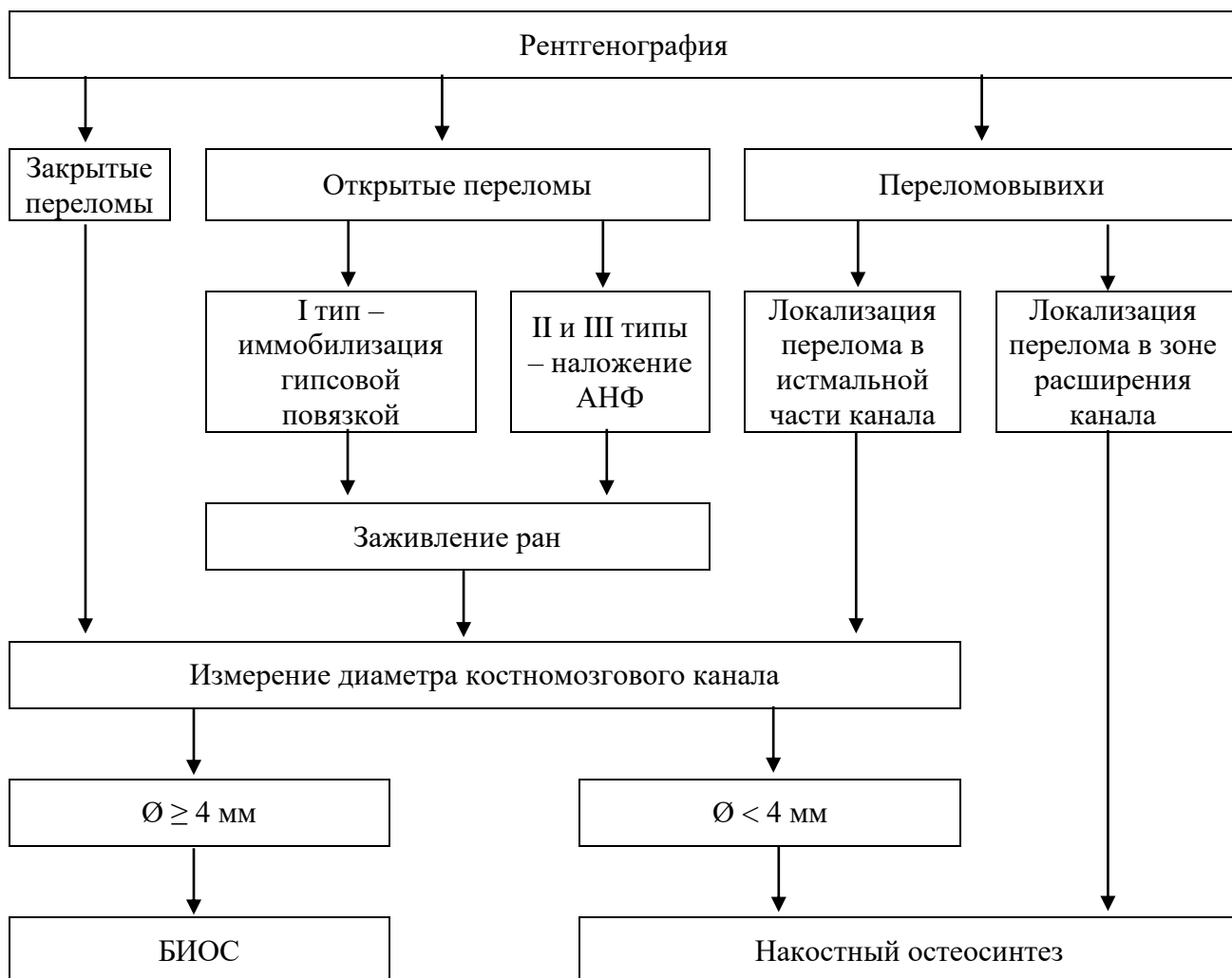


Рисунок 3 – Алгоритм выбора хирургической тактики при диафизарных переломах костей предплечья

Для определения диаметра костномозгового канала, анатомических изгибов костей предплечья и необходимой длины стержней 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 (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Определение диаметра костномозгового канала и необходимой длины стержней с использованием инструментов программы Arhimed (размеры указаны в миллиметрах)

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 (Рисунок 5).

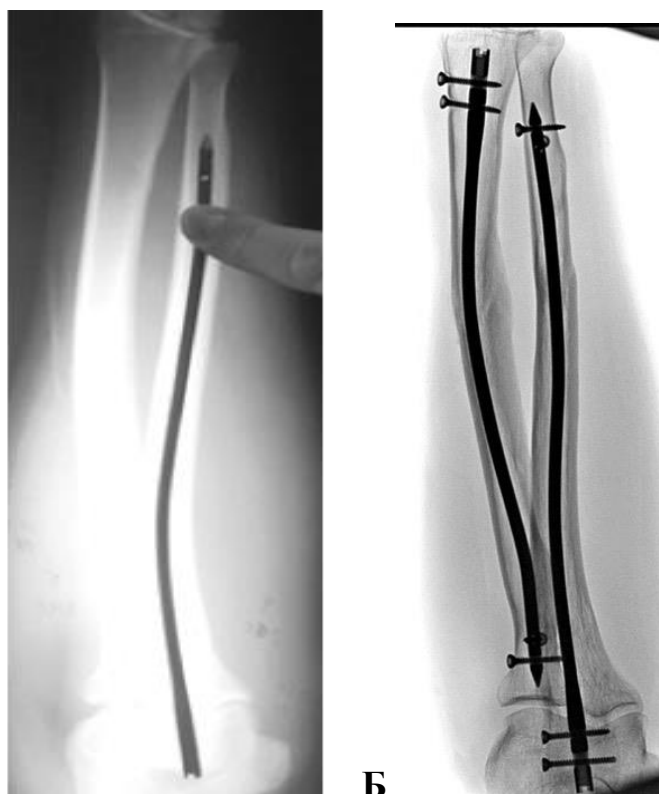


Рисунок 5 – Моделирование изгиба стержня по рентгенограммам здорового предплечья (А); имплантация моделированных стержней привела к автоматическому восстановлению кривизны костей (Б)

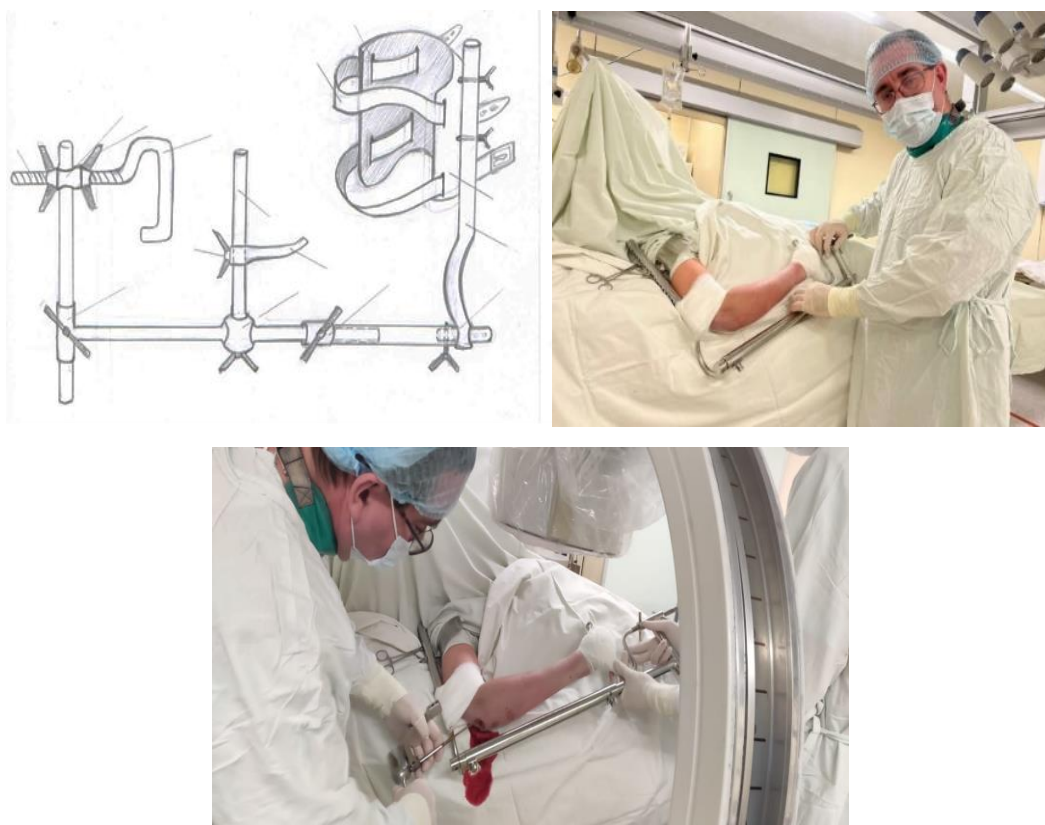


Рисунок 6 – Устройство для репозиции и фиксации отломков костей предплечья (Патент РФ на полезную модель RU 142567 U1)

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» (Рисунок 6).

Группы наблюдения

В проспективное исследование, когда были применены разработанные нами методики в соответствии с алгоритмом выбора оптимальной хирургической тактики, вошли 322 пациента, которые разделены на 5 групп.

В группы 1–4 вошли 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.

В соответствии с разработанным 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) (Рисунок 7).

Особенностью реабилитационного лечения после выполнения БИОС явились ранние (с первых дней послеоперационного периода) пассивные и активные движения, включая ротационные; при этом функция конечности

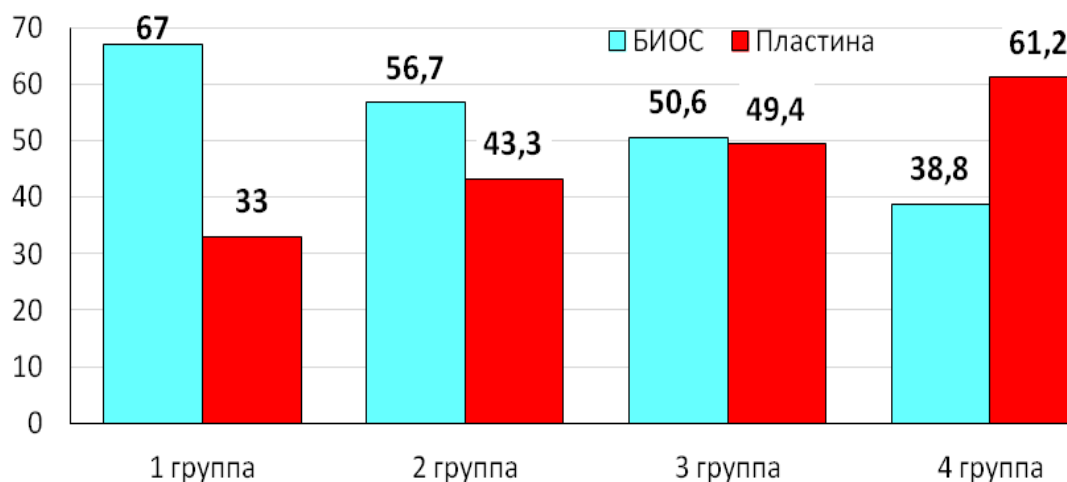


Рисунок 7 – Соотношение БИОС и накостного остеосинтеза у пациентов 1–4 групп (в %)

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 в объеме 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 рентгенологически верифицированной 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 (Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measure) через 1 год после операции.

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, а также оскольчатые и сложные типов В и С (Таблица 1).

Таблица 1 – Типы переломов по классификации АО/ОТА

	Тип А	Типы В и С	Всего
1 группа (n = 88)	39 (44,3%)	49 (55,7%)	88 (100%)
2 группа (n = 90)	61 (67,8%)	29 (32,2%)	90 (100%)
3 группа (n = 81)	62 (76,5%)	19 (23,5%)	81 (100%)
4 группа (n = 49)	21 (42,9%)	28 (57,1%)	49 (100%)
Всего	183 (59,4%)	125 (40,6%)	308 (100%)

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 1 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 ($p < 0,05$) (Рисунок 8).

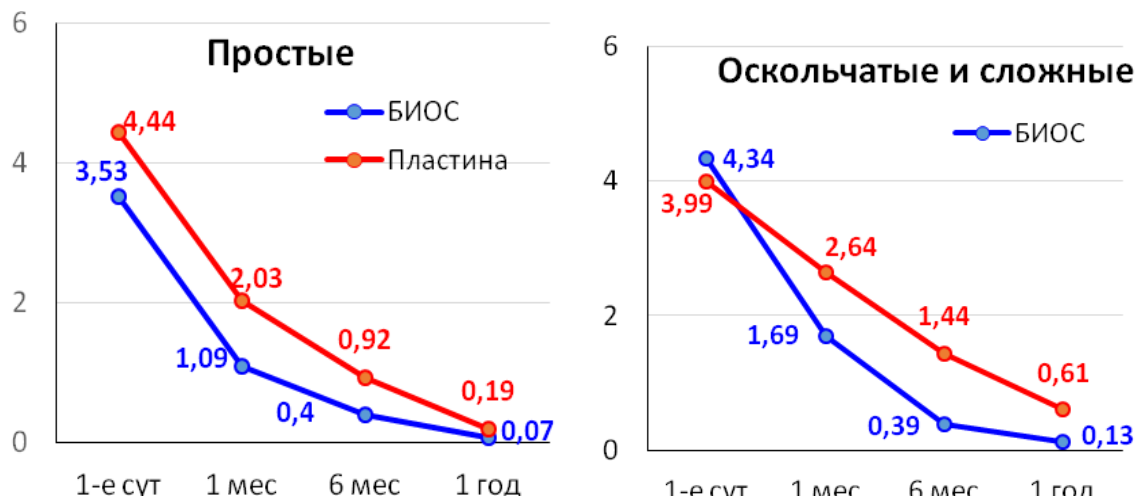


Рисунок 8 – Динамика болевого синдрома у пациентов 1-4 групп в зависимости от варианта фиксации (в баллах по ВАШ)

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.

Оценку функции оперированного сегмента проводили по международной шкале DASH, в соответствии с которой средние показатели всех групп к 1 году наблюдения были расположены в оценочном диапазоне «хорошо и отлично», однако если различия 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) ($p < 0,01$) (Рисунок 9).

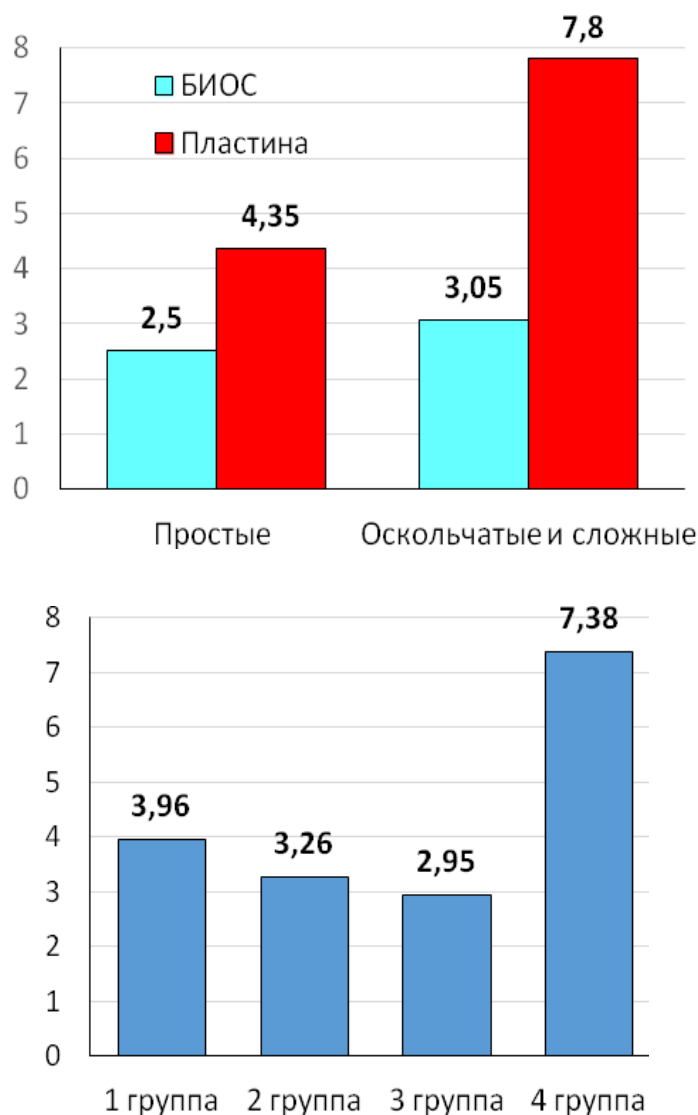


Рисунок 9 – Средние показатели DASH (в баллах) у пациентов 1–4 групп через 1 год после операции

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% (Рисунок 10).

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

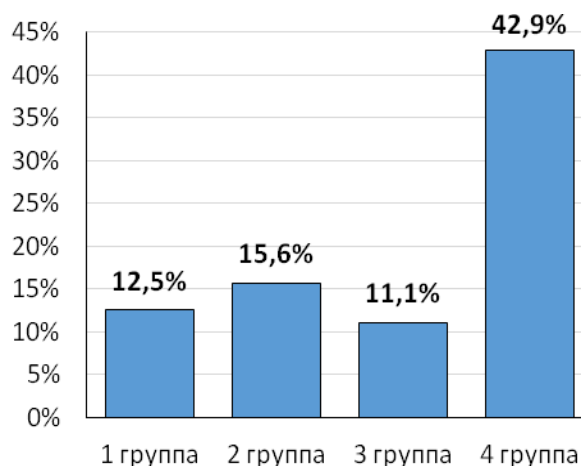


Рисунок 10 – Ограничения ротации у пациентов 1–4 групп через 1 год после операции

ограничения ротации $\geq 50\%$, отмеченные 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%) (Рисунок 11, Рисунок 12).

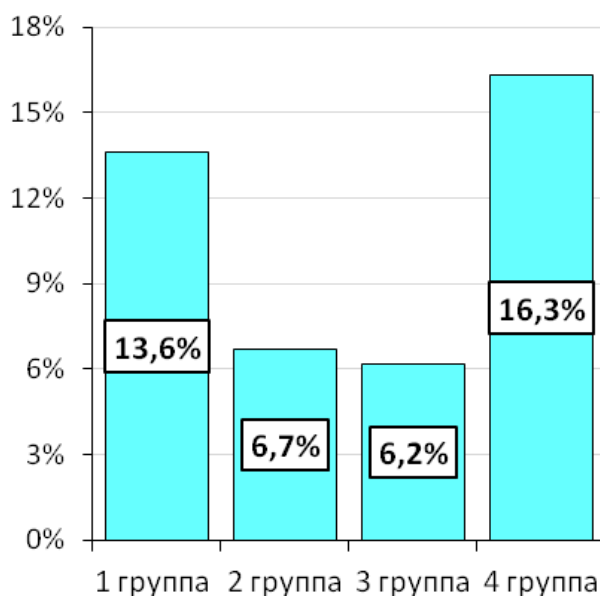


Рисунок 11 – Частота осложнений в группах наблюдения



Рисунок 12 – Характер и доля осложнений в общем количестве наблюдений

Таким образом, результаты применения БИОС в лечении пациентов со свежими переломами костей предплечья показали 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 (1984). 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 и выполняли 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 показала 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 (осложнения) 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 12 случаях (54,5%) это были последствия накостного остеосинтеза, в 4 наблюдениях – после попыток консервативного лечения, в 3 случаях – после интрамедуллярного остеосинтеза без блокирования, и еще у 3 человек применили аппарат наружной фиксации как основной метод лечения. 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, 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.

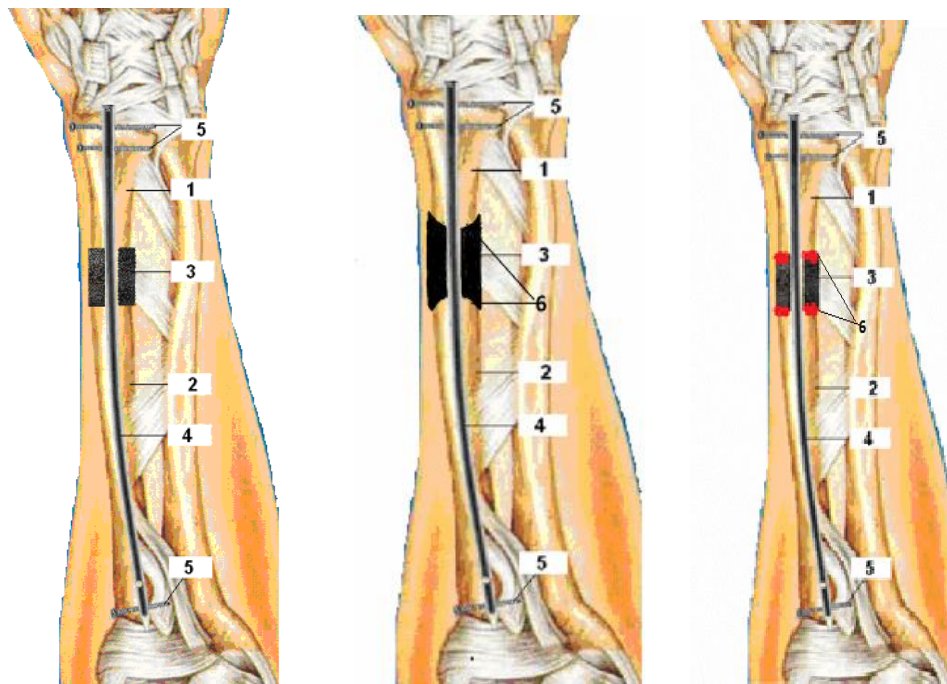
П о с л е д о в а т е л ь н о с т ь р е к о н с т р у к ц и и к о с т е й.

Как ранее было сказано, 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.

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 последующей 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 (Рисунок 13).



1-й способ

2-й способ

3-й способ

Рисунок 13 – Способы костной пластики:

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

Вначале ауто трансплантат изготавливали с плоскими торцевыми костными поверхностями (1-й способ). По этой методике было оперировано 3 пациента (13,6%). Затем, по мере накопления опыта, была изменена форма ауто трансплантата: торцевые поверхности отломков костей предплечья и трансплантата обрабатывали сферическими фрезами для увеличения площади соприкосновения и центрирования отломков с дальнейшим созданием между ними компрессии (2-й способ). По этой методике было оперировано 7 пациентов (31,8%). Дальнейшая модификация формы и размеров ауто трансплантата (3-й способ) заключалась в том, что его формируют на 4–6 мм длиннее дефекта, а на торцевых поверхностях производят резекцию кортикального слоя кости по 2–3 мм с каждой стороны. После внедрения трансплантата между отломками достигается наиболее 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%).

Техника операции реконструкции

Оперативные вмешательства проводили по разработанным способам, манипуляции проводили в строгой последовательности в соответствии с разработанным алгоритмом (Рисунок 14).



Рисунок 14 – 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 на костных фиксаторов.
- Периостальная декортикация. Выполнение периостальной декортикации 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 остеоиндуктивный 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 с целью восстановления биологических условий для сращения кости.
- 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.
- Измерение дефектов костей. После описанных выше манипуляций кости подготовлены к замещению дефектов. Далее, при помощи максимальной ручной или аппаратной тракции растягивали отломки и замеряли длину образовавшихся дефектов при помощи линейки.
- Забор костного ауто трансплантата из гребня подвздошной кости.

- 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. 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 ауто трансплантат, продвигая стержень сквозь его толщину в периферический отломок. За счет лигаментотаксиса трансплантат зажимается между отломками. Тщательно контролировали ротационное положение отломков, при этом оценивали соответствие положения межкостного края центрального и периферического отломков (место прикрепления межкостной мембраны).

- Проведение блокирующих винтов в локтевой кости. 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. 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.
- Итоговый ЭОП-контроль и контроль ротации предплечья, движений в локтевом и кистевом суставах для оценки положения отломков, трансплантатов, отсутствия выстояния стержней из костей, отсутствия импиджмента блокирующих винтов с соседней костью, особенно в дистальном радиоульнарном сочленении.

П о с л е о п е р а ц и о н н о е в е д е н и е

Реабилитационный протокол предусматривает отказ от внешней иммобилизации и движения во всех суставах с мелкой бытовой нагрузкой сразу после операции. В обязательном порядке считали показанными к применению

препараты, усиливающие процессы остеорепарации и ингибирующие костную резорбцию.

Анализируя особенности ведения и течения послеоперационного периода, 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 раннюю реабилитацию для восстановления функции конечности.

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 ауотрансплантата с костными отломками благодаря использованию третьего 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 достигнуто сращение переломов, хотя в 2 наблюдениях консолидация 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, благодаря использованию при лечении пациентов с неблагоприятными последствиями переломов костей предплечья методик, включающих выполнение разработанных нами 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 применена 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» 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 (0,36 балла по ВАШ) – на 0,15 балла больше ($p < 0,01$);
- функция по DASH (5,51 балла) – на 1,48 балла больше;
- общая доля осложнений (19,1%) – больше на 9,0%, или в 1,9 раза ($p < 0,01$);
- из общего числа осложнений – функционально значимые ограничения ротации (8,2%) – больше на 4,3%, или в 2,1 раза ($p < 0,01$) (Рисунок 15, Рисунок 16).

Описанные отличия в значительной степени обусловлены существенной разницей избранной методики остеосинтеза, так как доминирование случаев накостного остеосинтеза в ретроспективной группе определило преобладание результатов, свойственных этому варианту хирургической тактики.

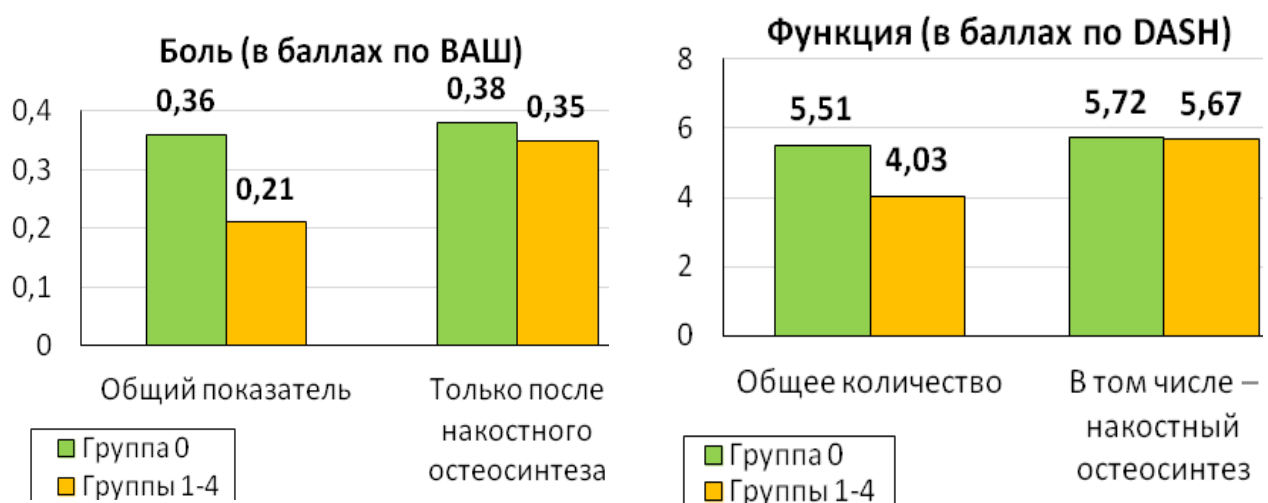


Рисунок 15 – Средние показатели результатов лечения через 1 год после операции у пациентов групп 0–4

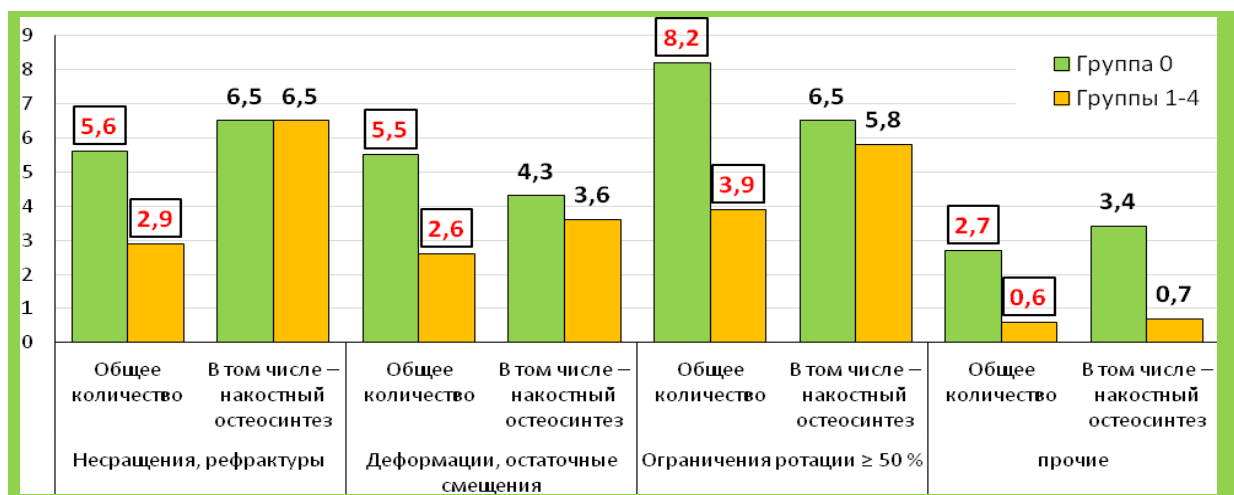


Рисунок 16 – Структура и частота осложнений после операций у пациентов 0–4 групп

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 интрамедулярный 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 интрамедулярный 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 ауто трансплантатом с блокируемым интрамедуллярным остеосинтезом по разработанным нами методикам. Проведение первичной костной аутопластики при остеосинтезе свежих диафизарных переломов костей предплечья не оправдано.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. 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.

2. Неверов, В.А. Применение блокированных 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.

3. 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.

4. Неверов, В.А. 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.

5. Неверов, В.А. 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.

6. Неверов, В.А. Интраоперационная репозиция при остеосинтезе костей предплечья / В.А. Неверов, **С.Н. Черняев**, А.А. Хромов, И.Н. Кравченко, Д.Л. Мотовилов // Современные технологии в травматологии и ортопедии: юбилейная научная конференция. – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010 г. – С. 33–34.

7. Неверов, В.А. К вопросу о восстановлении анатомии при остеосинтезе переломов локтевой кости / В.А. Неверов, **С.Н. Черняев**, А.А. Хромов // Современные технологии в травматологии и ортопедии: юбилейная научная конференция. – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010 г. – С. 34–35.

8. Неверов, В.А. Современный способ хирургического лечения диафизарных переломов костей предплечья / В.А. Неверов, **С.Н. Черняев**, А.А. Хромов, К.С. Егоров, А.Д. Щеглов // Современные технологии в травматологии и ортопедии: юбилейная научная конференция. – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010 г. – С. 35–36.

9. Неверов, В.А. Этапное лечение при тяжелых оскольчатых переломах костей предплечья / В.А. Неверов, **С.Н. Черняев**, А.А. Хромов // Современные технологии в травматологии и ортопедии: юбилейная научная конференция. – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010 г. – С. 36–37.

10. Неверов, В.А. Проксимальное блокирование при БИОС лучевой кости / В.А. Неверов, **С.Н. Черняев**, А.А. Хромов, А.Л. Шебаршов, К.С. Егоров,

А.Д. Щеглов // Современные технологии в травматологии и ортопедии: юбилейная научная конференция. – Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2010 г. – С. 37.

11. Неверов, В.А. Проблема репозиции при интрамедуллярном остеосинтезе костей предплечья / В.А. Неверов, **С.Н. Черняев**, А.А. Хромов, А.Л. Шебаршов, К.С. Егоров, А.Д. Щеглов // Труды Мариинской больницы. Выпуск VIII. – Санкт-Петербург: Издание СПбГПМА. – 2010. – С. 170.

12. 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.

13. Неверов, В.А. Лечение больных с открытыми и осложненными переломами костей предплечья / В.А. Неверов, **С.Н. Черняев** // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2013. – Т. 172. – № 4. – С. 54–58.

14. **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.**

15. 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 г. – С. 188–189.

16. 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 г. – С. 189.

17. **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.**

18. Неверов, В.А. К вопросу о биомеханике предплечья / В.А. Неверов, **С.Н. Черняев**, Д.В. Шинкаренко // Труды Мариинской больницы: сборник научных работ. – Петрозаводск: Издательство ПетрГУ. – 2015. – С. 94–95.

19. 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. (**Scopus**)

20. 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. (**Scopus**)

21. **Патент на изобретение № 2577937**, Российская Федерация, С1, МПК А61В 17/56. Способ костной пластики при лечении несращений, 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.**

22. **Черняев, С.Н.** Тактика лечения больных с открытыми переломами костей предплечья / **С.Н. Черняев**, В.А. Неверов, Н.В. Грохольский // **Международный научно-исследовательский журнал.** – 2016. – № 1 (43). – С. 72–75.

23. **Черняев, С.Н.** Биомеханика ротации предплечья / **С.Н. Черняев**, В.А. Неверов, Д.В. Шинкаренко // VI Евразийский конгресс травматологов-ортопедов. – Казань, 24–26 августа 2017 г. – С. 177.

24. **Черняев, С.Н.** Инновации в лечении осложненных переломов костей предплечья / **С.Н. Черняев**, В.А. Неверов // VI Евразийский конгресс травматологов-ортопедов. – Казань, 24–26 августа 2017 г. – С. 178.

25. **Черняев, С.Н.** Новые подходы к лечению больных с осложненными

переломами костей предплечья / **С.Н. Черняев**, В.А. Неверов // Травма 2017: мультидисциплинарный подход: сборник тезисов международной конференции. – Москва, 3–4 ноября 2017 г. – С. 442–443.

26. **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.

27. **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.

28. **Черняев, С.Н.** Методы лечения диафизарных переломов костей предплечья / **С.Н. Черняев**, В.А. Неверов // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 2. – Ст. 171.

29. **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.

30. **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.

31. Неверов, В.А. 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. (Scopus)

32. Егоров, К.С. 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. (**Scopus**)

33. **Черняев, С.Н.** 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. (**Scopus**)

34. **Черняев, С.Н.** 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. – Ст. 50.

35. **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. – Ст. 28.

36. **Черняев, С.Н.** 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.

37. **Черняев, С.Н.** 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.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АО/ОТА (Arbeitsgemeinschaft Fur Osteosynthesefragen/Orthopedic Trauma Association) – Универсальная классификация переломов пересмотра 2018 г.

БИОС – блокируемый интрамедуллярный остеосинтез

ВАШ – визуальная аналоговая шкала

DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measure) – шкала-опросник для определения функции верхней конечности