

На правах рукописи

Пластуненко Елена Николаевна

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ
ЗАКРЫТЫХ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ НЕЙРОПАТИЙ У ДЕТЕЙ
С ЧРЕЗМЫЩЕЛКОВЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

3.1.10. Нейрохирургия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва - 2026

Работа выполнена в государственном бюджетном учреждении «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии - Клиника доктора Рошаля» Департамента здравоохранения города Москвы

Научный руководитель:
доктор медицинских наук

Семенова Жанна Борисовна

Официальные оппоненты:

Данилов Валерий Иванович доктор медицинских наук,
профессор, ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедра нейрохирургии, профессор кафедры

Никитин Андрей Сергеевич доктор медицинских наук,
ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, нейрохирургическое отделение Университетской клиники, заведующий отделением

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится « ____ » _____ 2026 г. в 13.00 час. на заседании диссертационного совета 21.1.031.01, созданного на базе ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, по адресу: 125047, Москва, 4-я Тверская-Ямская ул., д. 16.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России и на сайте Центра <http://www.nsi.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 21.1.031.01
доктор медицинских наук

Яковлев Сергей Борисович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Черезмышцелковые переломы занимают второе место по встречаемости среди всех переломов у детей, составляя 16,6 %. Это самый распространённый вид перелома дистального плеча у детей [Дамье Н.Г., 1950, Зорин В.И., 2024]. На их долю приходится 30% всех переломов конечностей у детей в возрастной группе до 7 лет [Herring J.A., 2008, Green.N.E., 2009].

Механизм травмы, как правило, разгибательный - падение на ладонь при разогнутой в локтевом суставе конечности (96-98%) [Mubarak S.J., 1994, Canale S.T. 1998, Морозов С.Ю.2015]. Понимание механики перелома важно с точки зрения прогнозирования вероятности травмы периферических нервов.

По литературным данным частота повреждений периферических нервов при черезмышцелковых переломах составляет от 2% до 35 % [Iobst С.А. 2007, Campbell С.С. 1995]. Представленные публикации носят разрозненный характер, что в значительной мере связано с отсутствием единой стратификации повреждения нервов. Вероятность повреждения локтевого нерва представлена в диапазоне 12-43%, срединный нерв травмируется в 17-37%. Вероятность травмы лучевого составляет 10-20%, однако факторы риска повреждения отдельных стволов остаются предметом обсуждения.

Не смотря на все достижения в диагностике повреждений периферических нервов (УЗИ и ЭНМГ) полное представление о характере и объеме повреждения в ряде случаев получить не удастся. Данные ЭНМГ при аксонотмезисе и нейротмезисе могут быть схожими [Zelenski N.A., Oishi T. 2023]. Это в свою очередь приводит к тактическим ошибкам в лечении данной группы пациентов [Birch R. 2011, Ahan P. 2000; Nazem M. etal., 2009]. УЗИ является высокочувствительным и специфичным методом диагностики, дающим исчерпывающую информацию в случаях полного или частичного разрыва нервных стволов. В случаях нейропатии без нарушения анатомической

целостности нерва возможности метода в определении тактики лечения лимитированы.

Взгляды специалистов относительно диагностических критериев и хирургической тактики при повреждении нервов верхних конечностей у детей разнятся в определении показаний и выбора объема хирургического лечения [Grace S., 2003; Cokluk C., Aydin K., 2007; Kaufman Y. et.al, 2009]. В случаях закрытых повреждений без подтверждённого анатомического перерыва многие авторы придерживаются выжидательной тактики [Говенько Ф.С., 2002; Birch R., 2011], либо ограничивают хирургическое лечение невролизом. Несмотря на использование микрохирургической техники, восстановление функции в отдалённом периоде травмы часто бывает разочаровывающей.

Даже в случаях ревизионной хирургии, обнаруженная анатомическая целостность нерва не гарантирует хороший функциональный исход. Необходимость полноценной микрохирургической реконструкции для этой категории пострадавших остается востребованной. С этих позиций дополнительная информация о характере повреждения, полученная интраоперационно может уточнить хирургическую тактику и улучшить результат лечения.

Все вышеперечисленные факторы обуславливают актуальность выбранной темы.

Разработанность темы исследования

Несмотря на частоту встречаемости чрезмышечковых переломов среди пациентов детского возраста, вопросы распространённости и структуры закрытых посттравматических нейропатий изучены недостаточно.

При наличии современных методов диагностики, подход к лечению закрытых повреждений периферических нервов остается дискуссионным. В рамках лечения посттравматических нейропатий однозначный подход к тактике лечения определён только в отношении доказанного нарушения целостности нерва. Большинство работ посвящены хирургии открытых повреждений нервов или компрессионных синдромов. Не сформулированы показания к

хирургическому лечению посттравматических нейропатий в условиях не нарушенной анатомической целостности нерва у детей. Не освещён вопрос необходимости микрохирургической реконструкции в этих условиях.

Не определена значимость ИОНМ в хирургии закрытых повреждений нервов в детской практике. Отсутствует алгоритм диагностики, лечения и выбора хирургической тактики в отношении закрытых повреждений нервов у детей.

Цель исследования

Оптимизировать хирургическое лечение посттравматических нейропатий у детей с чрезмыщелковыми переломами плечевой кости.

Задачи исследования

1. Изучить частоту встречаемости и структуру нейропатий после чрезмыщелковых переломов плечевой кости у детей.
2. Изучить особенности хирургического лечения закрытых повреждений периферических нервов после чрезмыщелковых переломов плечевой кости у детей.
3. Оценить роль и информативность интраоперационного мониторинга в выборе тактики хирургического лечения закрытых повреждений периферических нервов после чрезмыщелковых переломов плечевой кости у детей.
4. Оценить эффективность хирургического лечения закрытых повреждений периферических нервов после чрезмыщелковых переломов плечевой кости у детей.
5. Разработать дифференцированный подход к выбору хирургического лечения закрытых повреждений периферических нервов после чрезмыщелковых переломов плечевой кости у детей, основанный на результатах комплексного обследования и дополнительных интраоперационных данных.

Материалы и методы исследования

В работе использовался ретроспективный анализ хирургического лечения 56 пациентов детского возраста с посттравматическими закрытыми нейропатиями после чрезмышцелковых переломов плечевой кости (60 операций), проходивших лечение в ГБУЗ «НИИ НДХиТ – Клиника доктора Рошаля» с 2018 по 2023 годы. Группу исследования составили 56 пациентов детского возраста с 3-х до 18 лет. Критериями исключения были выбраны случаи посттравматических нейропатий с доказанным анатомическим перерывом ствола и открытыми переломами костей локтевого сустава. Проведение диссертационного исследования одобрено локальным этическим комитетом ГБУЗ «НИИ НДХиТ – Клиника доктора Рошаля».

Научная новизна

Впервые в условиях специализированного стационара определена частота встречаемости посттравматических нейропатий при чрезмышцелковых переломах, проанализирована структура закрытых повреждений, определена частота случаев, требующих оперативного лечения.

Впервые при чрезмышцелковых переломах проанализированы и описаны виды повреждений нервов в соответствии с интраоперационной картиной. В соответствии с видами повреждений предложены варианты оперативных вмешательств.

Впервые определена и обоснована роль интраоперационного нейромониторинга в хирургии посттравматических нейропатий у детей.

Впервые разработан алгоритм выбора хирургической тактики при закрытых повреждениях нервов у детей с чрезмышцелковыми переломами плечевой кости в зависимости от интраоперационной визуальной оценки состояния нервного ствола и данных интраоперационной диагностики.

Практическая значимость

Полученные данные о распространенности и характере

посттравматических нейропатий при закрытых чрезмышцелковых переломах плечевой кости у детей имеют практическое значение с точки зрения этапности оказания своевременной специализированной помощи и раннего выявления пациентов, нуждающихся в хирургическом лечении.

Сформулированы сроки и показания к хирургическому лечению для закрытых посттравматических нейропатий. Определен объем хирургического вмешательства, с учетом вида травматического повреждения, дооперационной инструментальной диагностики и интраоперационных данных. Уточнена роль интраоперационного нейромониторинга в выборе непосредственной хирургической тактики и определении прогноза восстановления.

Разработанный метод дифференцированного подхода к хирургическому лечению закрытых посттравматических нейропатий после чрезмышцелковых переломов плечевой кости у детей, основанный на результатах комплексного обследования и дополнительных интраоперационных данных, позволяет оптимизировать подход к срокам хирургии, эффективному выбору непосредственного вида вмешательства, минимизировать неоправданную выжидательную тактику и улучшить результаты лечения.

Внедрение в практику

Результаты работы и практические рекомендации внедрены в практику отдела нейрохирургии и нейротравмы ГБУЗ «НИИ НДХиТ - клиника доктора Рошаля» и отделения нейрохирургии ГБУЗ «ДГКБ им. З.А. Башляевой ДЗМ».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Закрытые повреждения нервов при чрезмышцелковых переломах плечевой кости без анатомического перерыва подлежат микрохирургической реконструкции в случаях необратимых локальных структурных изменений, препятствующих восстановлению.

2. Дооперационная диагностика закрытых повреждений нерва в ряде случаев не определяет тяжесть травмы, а, следовательно, и объем

хирургического лечения. Объем хирургического вмешательства при закрытых повреждениях определяется интраоперационной картиной и данными интраоперационной диагностики.

3. Интраоперационный нейромониторинг в объеме прямой стимуляции нерва – метод, позволяющий оценить функциональное состояние, тяжесть закрытого повреждения нерва, выбрать объем хирургии и определить прогноз восстановления.

4. Лечение пациентов с закрытыми повреждениями периферических нервов требует дифференцированного подхода, который включает в себя определенный алгоритм обследования с учетом срока травмы.

5. Дифференцированный подход к хирургическому лечению с учетом характера и тяжести повреждения нерва обеспечивает в 95% случаев хорошее восстановление функций.

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационного исследования доложены и обсуждены на: EUROSPINE 2022 (Милан, 19-21 октября 2022 г.); Ежегодной школе НИИ НДХиТ «Неотложная нейрохирургия детского возраста» (Москва, 22 ноября 2023 г.); X Всероссийском съезде нейрохирургов (Нижний Новгород, 10-13 сентября 2024 г.); Школе нервно-мышечных болезней им. Б.М. Гехта (Москва, 17-19 сентября 2024 г.); XIII Национальном конгрессе с международным участием имени Н.О. Миланова «Пластическая хирургия, эстетическая медицина и косметология» (Москва, 9-10 декабря 2024 г.); VII съезде врачей неотложной медицины «Ключевые точки оптимизации скорой, экстренной и неотложной медицинской помощи в РФ» (Москва, 19 сентября 2025 г.); Ежегодной научно-практической конференции с международным участием, посвященной актуальным вопросам травматологии и ортопедии детского возраста «Турнеровские чтения» (Санкт-Петербург, 2-3 октября 2025 г.); на заседании Ученого совета ГБУЗ «НИИ НДХиТ - клиника доктора Рошала» 18 июня 2025 г.; на заседании Московского общества нейрохирургов в ФГАУ

«НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России 30 октября 2025 г.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования опубликовано 5 печатных работ, в которых отражены основные результаты диссертационного исследования, из них 3 статьи – в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки России, 2 – в виде статей и тезисов в журналах и сборниках материалов отечественных и международных съездов и конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация в виде рукописи изложена на 103 страницах машинописного текста, иллюстрирована 11 таблицами, 49 рисунками, состоит из введения, обзора литературы, главы «Материалы и методы», главы с результатами собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы, включающего 117 источников (51 отечественных и 66 зарубежных).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Исследование основано на ретроспективном анализе хирургического лечения пациентов детского возраста с посттравматическими нейропатиями после ЧМП. В исследование вошли 56 пациентов, проходивших лечение на базе отдела нейрохирургии и нейротравмы НИИ НДХиТ с 2018 по 2023 годы.

Критерии включения: -возраст до 17 лет включительно, клиника нейропатии, связанная с ЧМП, отсутствие контрактур в локтевом суставе и кисти.

Критерии исключения: открытые повреждения нервов на фоне открытых переломов, доказанный УЗ визуализацией анатомический перерыв нерва (наличие концевой невромы, диастаз).

Средний возраст пациентов составил 8,5 лет \pm 3,3 (от 3 до 17 лет). Из них 34 пациента мужского пола и 22 – женского. Сроки обращения составили от 0,5 до 12 месяцев с момента травмы (в среднем 4,5 месяца \pm 2,2).

Группу исследования составили 56 пациентов с нейропатиями 60 нервов.

Из числа всех 56 пациентов, составляющих исследование в 39,3% (n=22) травматологическое пособие в отношении ЧМП, оказывалось в НИИ НДХ и Т, остальным 34 пациентам (60,7%) помощь оказывалась в других стационарах.

Всем пациентам проводилось неврологическое обследование, с оценкой силой мышц кисти по шкале MRC, чувствительности и наличия нейропатического болевого синдрома.

Клиника мононейропатии отмечалась у 52 пациентов (92,86%). Изолированное поражение срединного нерва отмечено у 17 пациентов (30,36%), локтевого – у 26 пациентов (46,43%), лучевого – у 9 пациентов (16,07%). Ещё у четырёх (7,14%) была клиника сочетанного поражения срединного и локтевого нервов. Из 56 пациентов клиника пареза была у 52 (92,86%), сенсорные нарушения – у 48 (85,71%), нейропатический болевой синдром – у 18 (32,14%).

Инструментальная диагностика включала ЭНМГ и УЗИ нервов.

ЭНМГ выполнялась всем пациентам 56 пациентам в сроки от 2 до 12 месяцев. Пациентам с давностью травмы 4 и более месяцев (n=32) выполнялась игольчатая ЭМГ. Оценивалась проводимость моторных и сенсорных волокон исследуемых нервов (СРВ, амплитуд М-ответов), наличия или отсутствия спонтанной активности в мышцах, наличия паттерна рекрутирования и потенциалов двигательных единиц (электронейромиограф «Нейро МВП микро», Нейрософт Россия). При исследовании особое внимание уделялось отсутствию паттерна рекрутирования ПДЕ, как критерию отсутствия перспективы восстановления в ближайшие месяцы, и наличию анастомоза Рише-Канью (моторный анастомоз срединного с локтевым нервом), который мог имитировать восстановление функции срединного нерва.

Ультразвуковая нейровизуализация выполнялась всем 56 пациентам на аппарате Philips (EPIQ 5, iU-22 X-MATRIX) с использованием широкополосного

линейного датчика с частотой 5-12 МГц.

Показания к хирургическому лечению вынесены на основании неэффективности консервативной терапии в течении 3-х месяцев, наличия нейропатической боли в течении 1 месяца, прогрессирующей симптоматики и данных диагностики (нарушение проводимости по данным ЭНМГ в сочетании с УЗ-картиной травмы ствола нерва на уровне локтевого сустава).

Всем 56 пациентам было выполнено 60 операций (Рисунок 1).

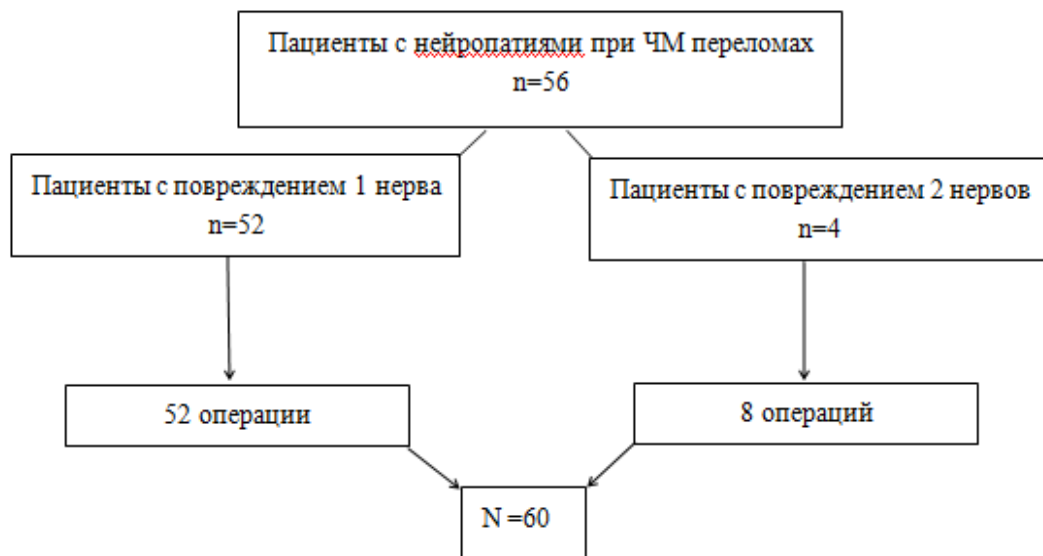


Рисунок 1 - Схема количества операций

Из 60 операций 42 (70%) были выполнены с применением ИОНМ. Пациентам выполнялась прямая стимуляция нерва на этапе полной визуализации нерва на участке предполагаемого повреждения. Прямая стимуляция выполнялась на аппаратах NIM-3.0 Medtronic и Xtrec Protector 32 биполярным вилочковым или концентрическим электродом, с применением единичных повторяющихся с частотой 1Гц прямоугольных стимулов длительностью 0,2 мс силой 1-4мА. Регистрация М-ответа с целевых мышц выполнялась парными игольчатыми электродами. Тестовыми мышцами были выбраны М. Abductor pollicis brevis (для срединного нерва), М. Abductor digiti minimi (для локтевого нерва), М. Extensor pollicis brevis и М. Extensor carpi radialis (для лучевого) (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Фотография расположения регистрирующих игольчатых электродов для мониторинга: А - срединного нерва, Б – локтевого нерва, В - лучевого нерва

ИОНМ выполнялся в условиях КЭТН севофлурана не ранее 40 минут применения рокурония бромида. Для исключения ложно - положительных результатов стимуляции использовался биполярный электрод и изоляция нерва от окружающих мышц. Для исключения ложно-отрицательных результатов учитывалась внутривольная фасцикулярная анатомия нерва на участке повреждения и расположение моторных фасцикулярных групп.

Частота встречаемости и структура нейропатий после ЧМП

По данным НИИ НДХ и Т в период с 2018 по 2023 гг. в отделении травматологии было пролечено 1014 пациентов с чрезмышечковыми переломами плечевой кости. При оценке неврологического статуса в течении первых двух суток у 103 пациентов выявлены признаки нейропатии (10,2%), среди которой преобладали поражения срединного (43,7%, n=45) и локтевого (38,8%, n=40) нервов.

В 78,6% (81 пациент) отмечался регресс неврологических нарушений на фоне консервативного лечения. Значимый регресс пареза, чувствительных нарушений и нейропатической боли был отмечен в сроки $2,8 \pm 1,1$ месяцев. Результат наблюдения этой группы пациентов подтверждает литературные данные, что большинство из посттравматических нейропатий спонтанно регрессируют в течении первых месяцев.

У оставшихся 22 пациентов (21,4%) отсутствовала положительная динамика, что потребовало хирургического лечения (Рисунок 3).

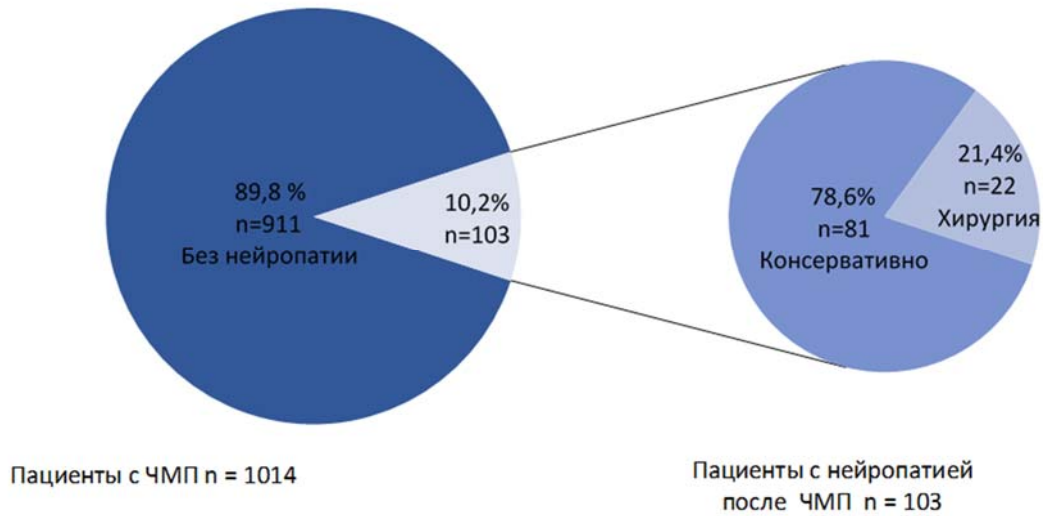


Рисунок 3 - Пациенты с нейропатией после ЧМП за 2018-2023 гг. по данным НИИ НДХиТ

По результатам материала нашего стационара, лишь у каждого десятого пациента отмечалась посттравматическая нейропатия, что соответствует диапазону по литературным данным. Каждому пятому из числа этих пациентов потребовалось хирургическое лечение, несмотря на то, что все они относились к закрытым повреждениям нервов без нарушения их целостности.

Основную возрастную группу в количестве 31 (55,36%) пациента составили дети от 7 до 12 лет (Рисунок 4), что соответствует младшему школьному периоду. Период интенсивного социального взаимодействия, высокая частота бытового и спортивного детского травматизма сочетаются с периодом формирования костных структур и высокой активности ростковых зон. Эти факторы объясняют распространённость переломов области локтевого сустава и сопутствующих осложнений, таких как посттравматическая нейропатия.

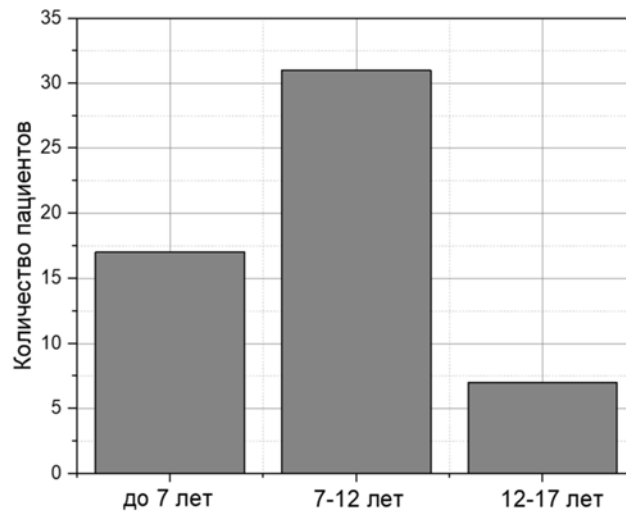


Рисунок 4 - Распределение пациентов исследования по возрастным группам

Ретроспективно механизм перелома установлен у 28 пациентов (50%). Механизм перелома определялся на основании первичных рентгенограмм до выполненного травматологического пособия. В подавляющем большинстве (79%) имел место разгибательный механизм перелома и только у 6 пациентов (21%) – сгибательный, что так же сопоставимо с литературными данными.

Особенности хирургического лечения

По результатам ЭНМГ, выполненного 56 пациентам по 60 нервам (100%) было выявлено: 6 случаев грубой демиелинизации (10%), 35 случаев аксонального поражения (58,33%), 19 случаев неврального поражение (31,67%). (Рисунок 5). У 7-ми пациентов (11,67%) по результатам стимуляционной ЭНМГ был выявлен анастомоз Рише-Канью срединного и локтевого нервов на уровне запястья. Выявление этого анастомоза важно, так как его наличие имитирует наличие проводимости по срединному нерву и создаёт ложное впечатление о восстановлении функции. По данным игольчатой ЭМГ из 32 (57,14%) исследований у 2-х пациентов выявлено рекрутирование ПДЕ, у 30 пациентов при отсутствии рекрутирования ПДЕ выявлена денервационная спонтанная активность.

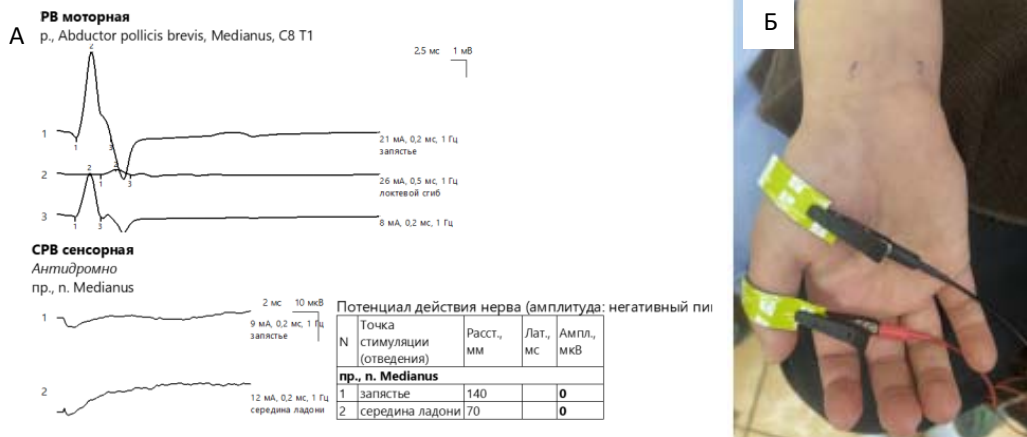


Рисунок 5 - Иллюстрация к протоколу ЭНМГ срединного нерва:
А - кривые проводимости, Б - положение электродов.

По итогу ЭНМГ у 90 % пациентов полностью отсутствовала проводимость по исследуемым нервам.

По данным дооперационного УЗИ выявлены следующие признаки травмы ствола нерва: в 24 случаях (40%) имела место компрессия нерва рубцовой тканью, в 11 случаях (18,3%) – внутривольные изменения (гиперэхогенный, гипозэхогенный локус, нарушение внутривольной дифференцировки), в 10 случаях (16,7%) – компрессия нерва костной мозолью, в 3-х случаях (5%) – интерпозиция нерва в перелом и ещё в 12-ти случаях (20%) – визуализация нерва на уровне травмы была затруднена (достоверно вид повреждения не установлен) (Рисунок 6).

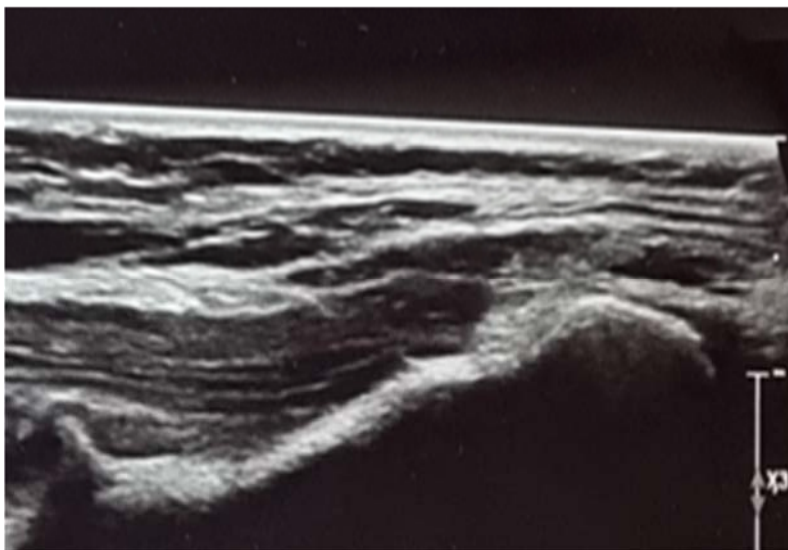


Рисунок 6 - УЗ-изображение ствола срединного нерва в интерпозиции в перелом

В ходе ревизии нервных стволов (n=60) были выявлены: рубцовая компрессия ствола нерва в 29 случаях (48%), компрессия костной мозолью в 10 случаях (17%), интерпозиция ствола нерва в перелом в 10 случаях (17%), деформация ствола на протяжении в 11 случаях (18%).

Совпадение предоперационного УЗИ с фактическим интраоперационным повреждением составило $45,83 \% \pm 0,08 \%$. В 21,5 % случаев были выявлены негрубые расхождения между УЗИ и операционной картиной (компрессия нерва рубцом, а не костной мозолью, отсутствие компрессии, но наличие рубцовой фиксации, отсутствие компрессии костной мозолью, но компрессия рубцами).

В 21,67% УЗИ нервов не дало нам чёткого представления о характере повреждения нерва (Затруднение визуализации нерва в области травмы). В оставшихся 6 случаях (11%) из 60 было отмечено явное несоответствие интраоперационной картины данным дооперационного УЗИ (Таблица 1).

Таблица 1 - Несоответствие данных УЗИ интраоперационной картине

	УЗИ до операции	Характер повреждения на операции
Пациент 1	Компрессия нерва рубцом	Интерпозиция в перелом
Пациент 2	Компрессия нерва рубцом	Внутриствольный рубец
Пациент 3	Компрессия нерва рубцом	Внутриствольный рубец
Пациент 4	Компрессия нерва рубцом	Внутриствольный рубец
Пациент 5	Компрессия нерва костной мозолью	Интерпозиция в перелом
Пациент 6	Компрессия нерва рубцом	Интерпозиция в перелом

Таким образом, в 32,67% случаев УЗИ нервов было неинформативно для определения оптимального объема хирургического вмешательства.

По виду выбранной хирургической тактики пациенты разделились на 5 групп: невролиз, невролиз с транспозицией, эндоневролиз, нейрорафия и аутотрансплантация (Рисунок 7, таблица 2).

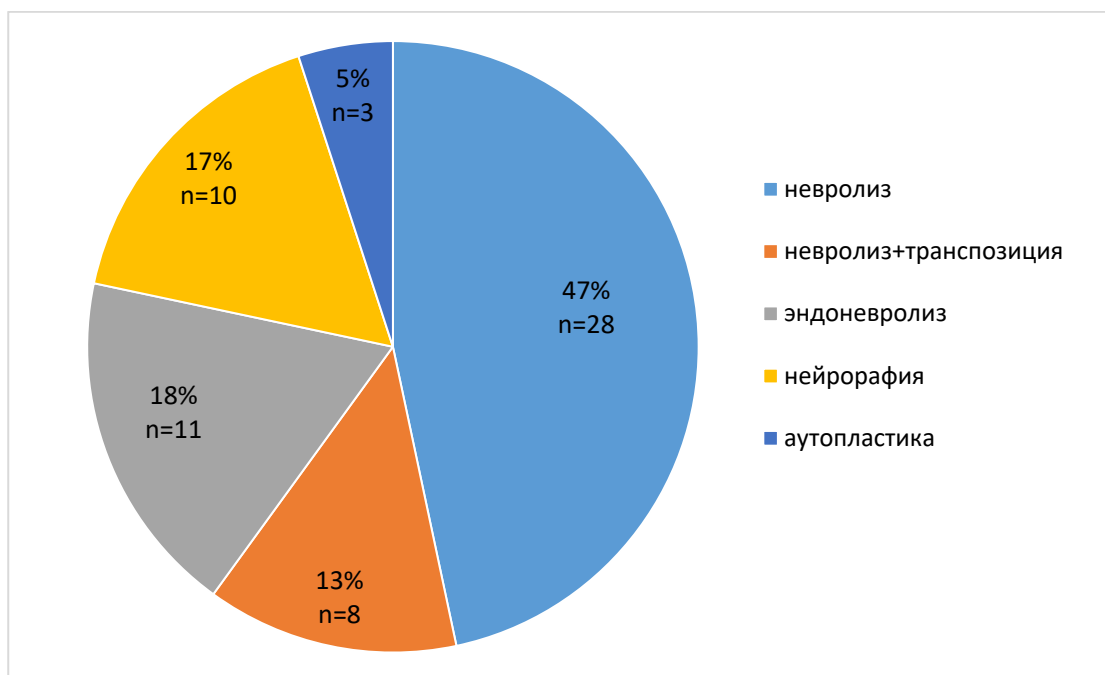


Рисунок 7 - Количественное и процентное соотношение видов операции

Невролиз был выполнен в 28 случаях (46,7%), из них: невролиз срединного нерва - 4 операций, локтевого нерва - 19 операций, лучевого - 5 операции (Рисунок 8).

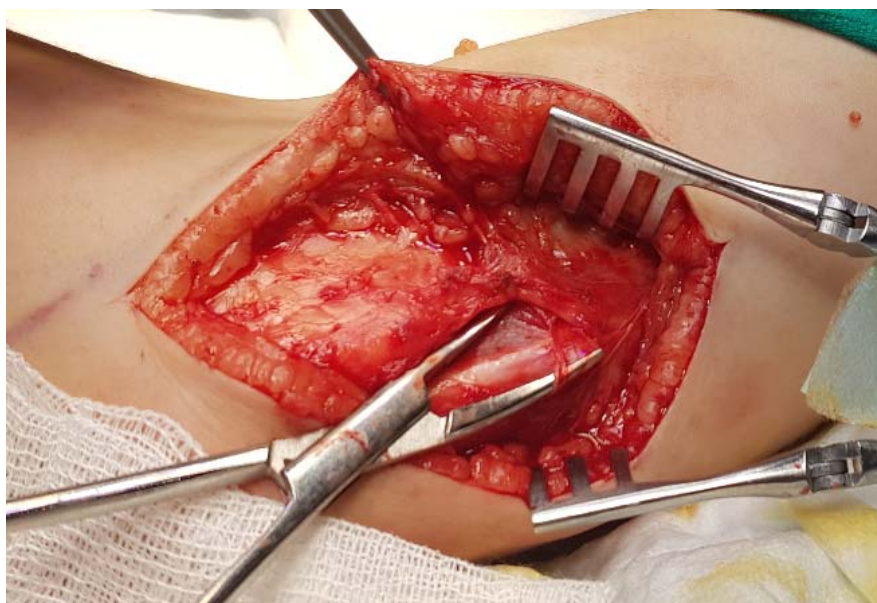


Рисунок 8 - Операционная фотография. Этап невролиза срединного нерва

Невролиз с транспозицией выполнялся пациентам с поражением локтевого нерва и посттравматической деформацией кубитального канала («мелкий» канал с множеством рубцов, остеофиты по ходу канала) и деформацией медиального мышцелка. Невролиз с транспозицией выполнялся в 8-ми случаях (13,3%) при посттравматической компрессии локтевого нерва (Рисунок 9).

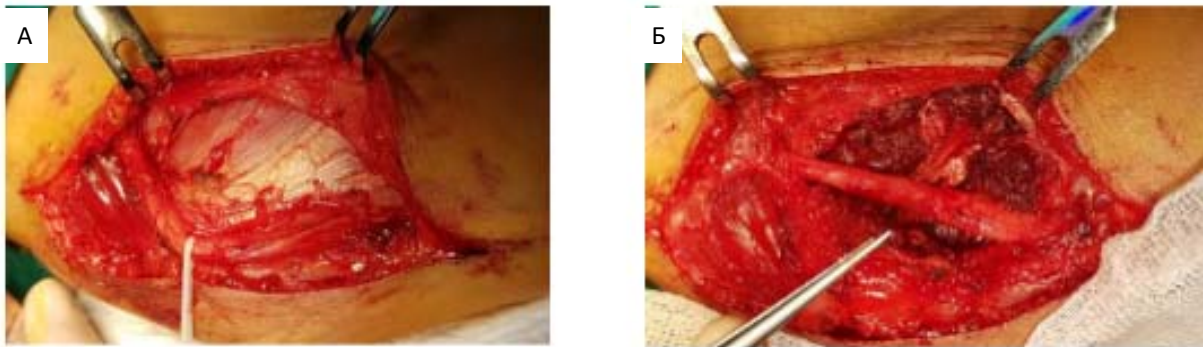


Рисунок 9 - Операционная фотография. Транспозиция локтевого нерва. А – Локтевой нерв после невролиза. Б – Этап транспозиции

Эндоневролиз являлся методом выбора метода хирургического лечения при локальном изменении ствола нерва на УЗИ (отёк, истончение, отсутствие васкуляризации эпинеурия на участке повреждения) и при наличии пальпаторных признаков изменения внутривольной структуры.

Эндоневролиз был выполнен 11 (18,33%) пациентам: 8 - с поражением срединного нерва, 2- с поражением локтевого нерва и 1 - с поражением лучевого. Дооперационное ультразвуковое подтверждение внутривольной компрессии было выявлено только у 6 (54,6%) пациентов. Все 11 пациентов оперированы с применением ИОНМ, в ходе которого М-ответы получены в 8 (72,7%) случаях.

Микрохирургическая реконструкция нерва выполнялась пациентам в ситуациях:

- 1) полной интерпозиции ствола (или ветви) в перелом,
- 2) локального внутривольного рубца нерва (деформация на протяжении) или участка его разможнения.

Нейрорафия нами была выполнена в 10 случаях из 60 (16,7%): 3 операции - при обнаружении частичного повреждения ствола нерва, 1 - при компрессии рубцом, и 6 - при интерпозиции нерва в перелом. Нами было выполнено 7 нейрорафий срединного нерва, 2 нейрорафии лучевого нерва, одна нейрорафия локтевого. Принимая во внимание анатомическую область травмы (локтевой сустав) и риски натяжения, показания к нейрорафии в нашем исследовании были ограничены.

Ауто трансплантация выполнялась в условиях необходимости восполнения диастаза нервной ткани. В нашем исследовании 3 случая (5%) потребовали ауто трансплантации: 2 интерпозиции в перелом (срединный и лучевой) и 1 - внутривольный рубец срединного нерва (Рисунок 10).

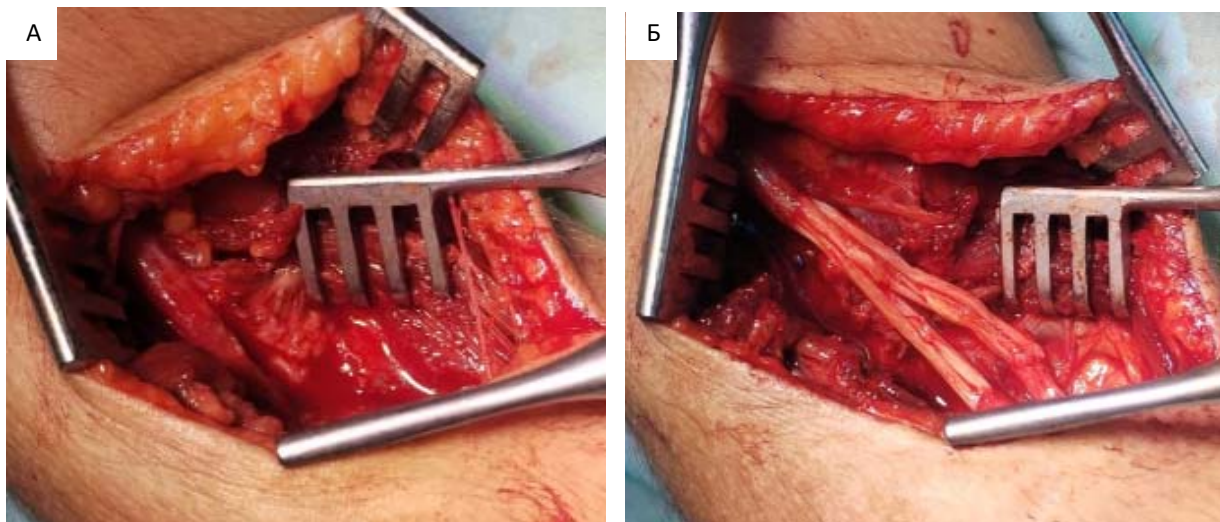


Рисунок 10 - Операционная фотография лучевого нерва на уровне бифуркации: А - диастаз между общим стволом и ветвями;
Б - ауто трансплантация бифуркации

В нашем исследовании в 13 случаях (21,7%) потребовалась микрохирургическая реконструкция нерва (нейрорафия и ауто трансплантация) (Рисунок 11). В 69,3% (n=9) это был срединный нерв.

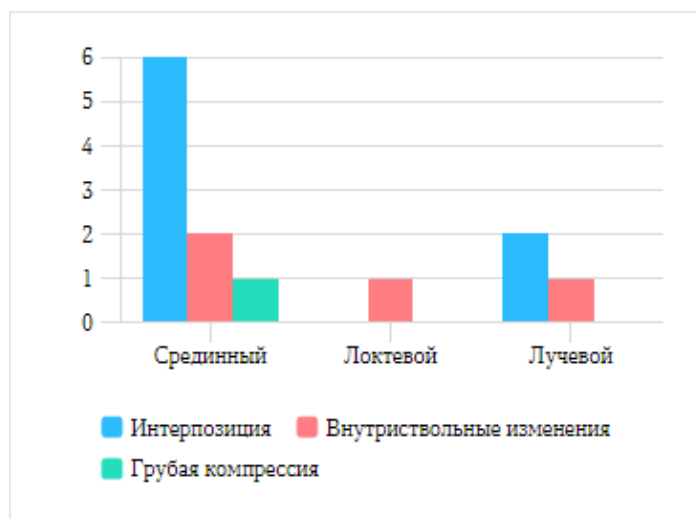


Рисунок 11 - Распределение реконструкций нерва по видам нервов

Таблица 2 - Количественное соотношение вида повреждений нервов и вида операции

	Компрессия рубцом	Компрессия мозолью	Интерпозиция	Внутриствольные изменения (деформация)	Внутриствольный рубец
Невролиз	21	6	0	0	1
Невролиз с транспозицией	4	3	1	0	0
Эндоневролиз	3	1	1	0	6
Нейрорафия	1	0	6	3	0
Ауто-трансплантация	0	0	2	1	0

В нашем исследовании предоперационная оценка вида повреждения на основании результатов УЗИ совпала с интраоперационной картиной только в 45,8% случаев. Каждый пятый случай потребовал микрохирургической реконструкции, не смотря на отсутствие подтверждённого диагностикой анатомического перерыва.

Роль интраоперационного нейромониторинга

Показаниями к применению ИОНМ было подозрение на внутривольные повреждения (внутривольный рубец, изменение внутривольной структуры, подозрение на внутривольную неврому, реже - интерпозицию нерва в перелом) или на необратимую ишемию участка нерва в результате длительного сдавления. Эту группу составили 42 операции (70%). В группу операций с ИОНМ не вошли 6 случаев с выявленной по ЭНМГ грубой демиелинизацией, т.е. с сохранной минимальной проводимостью.

По результатам стимуляции М-ответ зарегистрирован в 27 случаях (64,3%), а в 15 случаях (35,7%) М-ответ отсутствовал. Зарегистрированный М-ответ указывал на сохранность проведения импульса по моторным фасцикуллам нерва. М-ответ при стимуляции статистически достоверно ($p < 0,05$) был зарегистрирован в группе операций, составляющую компрессию нерва рубцом, костной мозолью и интерпозицией нерва в перелом (Таблица 3).

Таблица 3 - Результаты прямой стимуляции нерва в зависимости от повреждения

ИОН М	Компрес сия рубцом	Компрес сия мозолью	Интерпози ция	Деформа ция ствола	Внутри ствольный рубец
М+	12	4	7	2	2
М-	5	2	2	2	4
Всего	17	6	9	4	6

В 26 случаях, когда в ходе ревизии при стимуляции нерва регистрировался М-ответ, при повторной стимуляции после устранения факторов компрессии в 7-ми случаях был отмечен прирост амплитуды М-ответа (Рисунок 12).

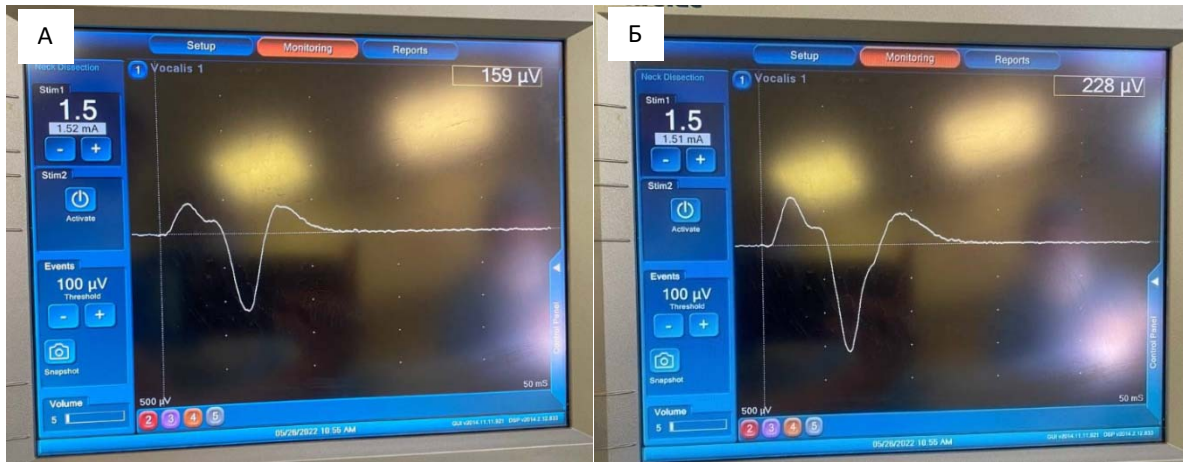


Рисунок 12 - Прирост амплитуды М-ответа: $\Delta=69 \mu V$

А – М-ответ после этапа невролиза ($159\mu V$) Б – М-ответ после этапа эндоневролиза ($228\mu V$)

В 4-х случаях, когда М-ответ не был получен, в двух случаях (1 невролиз и один эндоневролиз) после устранения факторов компрессии при повторной стимуляции был зарегистрирован низкоамплитудный М-ответ.

Прирост амплитуды М-ответа в конце вмешательства расценивался как предиктор успешной декомпрессии нерва.

Среди операций, выполненных с ИОНМ ($n=42$), мы выделили 8 наблюдений (19%), в ходе которых результаты прямой стимуляции принципиально изменили предполагаемую хирургическую тактику (Таблица 4).

Таблица 4 - Выраз хирургической тактики по результатам ИОНМ

Повреждение нерва	N	Нерв	Предполагаемая операция	ИОНМ	Выполненная операция
Компрессия рубцом	1	срединный	невролиз	М-ответ -	Нейрорафия
Внутриствольный рубец	6	Срединный -3 Локтевой - 2 Лучевой -1	Микрохирургическая реконструкция	М-ответ +	Эндоневролиз
Интерпозиция в перелом	1	срединный	Микрохирургическая реконструкция	М-ответ +	Эндоневролиз

В одном случае длительная компрессия участка ствола и отсутствие М-ответа при стимуляции привели к необходимости резекции участка и нейрорафии. В других семи случаях, где повреждение нерва подразумевало резекцию участка, наличие М-ответов на стимуляции оправдало объём хирургии в виде эндоневролиза.

В нашем исследовании ИОНМ выступил в качестве вспомогательного метода определения непосредственной хирургической тактики. Подтверждённая при помощи ИОНМ сохраняемая моторная проводимость по нерву, в большинстве случаев, оправдывала необходимость ограничиться невролизом или эндоневролизом, даже при спорных интраоперационных находках.

Оценка эффективности лечения

Средняя продолжительность катамнеза составила 5,6 месяцев \pm 3,07.

Оценивались регресс пареза в кисти и восстановление мелкой моторики, регресс сенсорных нарушений и регресс нейропатического болевого синдрома отдельно для каждого нерва.

Из 56 случаев моторных нарушений полный регресс пареза (в том числе мелкой моторики) был отмечен в 36 случаях (64,29%). В 18 случаях (32,14%) отмечен регресс пареза до 4-х баллов (MRC). В одном случае (1,79%), у ребенка с нейропатией локтевого нерва восстановление функции достигло только 3-х баллов.

Неполное восстановление функции (n=19) было отмечено в 9-ти случаях при поражении срединного нерва (47,37%), в 7-ми случаях – локтевого нерва (36,84%). В 3-х случаях (15,79%) так же отмечалось неполное восстановление функции лучевого нерва.

Одному пациенту (1,79%) с поражением срединного нерва потребовалась повторная операция (аутооттрансплантация) из-за несостоятельности нейрорафии.

Методами математического и статистического анализа установлена прямая связь восстановления функции с данными ИОНМ ($p < 0,05$). В группе (15,79%) пациентов, у которых во время операции при стимуляции нерва был

получен М-ответ (группа 1) средний балл восстановления составил $4,81 \pm 0,4$. В группе, где М-ответ получен не был (группа 2) средний балл был ниже и составил $3,92 \pm 1,0$. Статистически достоверно мы получили лучший и более предсказуемый результат восстановления моторной функции в группе, в которой был зарегистрирован М-ответ с нерва ($p=0,0002$, $p<0,05$). При отсутствии М-ответа степень восстановления была ниже, а разброс – шире (Рисунок 13).

Так же мы проанализировали прирост балльной оценки движений в группах 1 и 2. В группе 1 прирост статистически достоверно был выше и более предсказуем, чем в группе 2 ($p=0.0276$, $p<0,05$).

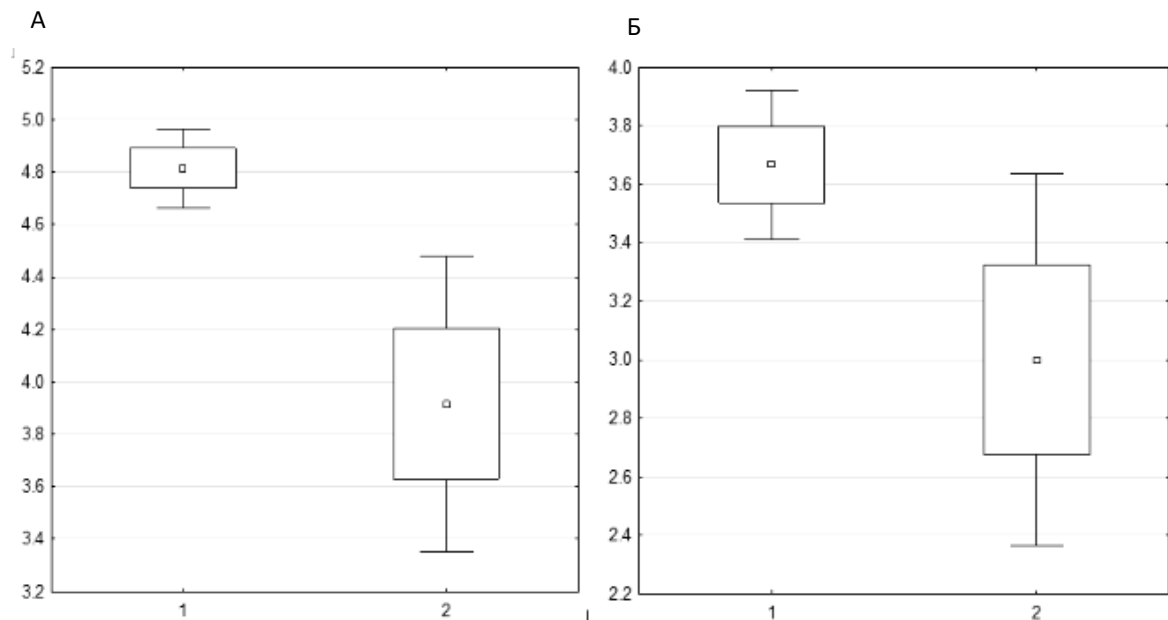


Рисунок 13 - Динамика восстановления моторной функции по баллам MRC в группах 1 и 2. А - Восстановление движений в баллах. Б - средний прирост движений в баллах

Средний прирост в баллах в группе 1 составил 3,72 балла, прирост в группе 2 – 3,2 балла. При оценке средних значений прироста мы установили, что в группе 1 он был выше, а разброс значений прироста движений был более предсказуем, чем в группе 2.

Динамику чувствительных нарушений мы разделили на 3 группы: полный или значимый регресс, частичный регресс и отсутствие регресса. Для унификации результатов полный и значимый регресс были объединены в одну

группу из-за сложности оценки чувствительности у детей в возрасте до 7 лет. Из 49 случаев полный и значимый регресс отмечен у 36 пациентов (73,47%). Частичный регресс с сохранением гипестезии был у 11 пациентов (22,45%). Отсутствие регресса – у двух (4,08%).

У всех пациентов (n=19) с нейропатический болевым синдромом отмечался полный регресс болевого синдрома.

При сравнении результатов лечения в группе операций 1 (невролиз, неврелиз с транспозицией и эндоневролиз) и группе операций 2 (нейрография и аутооттрансплантация) мы не нашли значимых различий.

Для объективизации оценки эффективности лечения мы разделили исходы на «отличный», «хороший», «удовлетворительный» и «неудовлетворительный» (Таблица 5). К «отличному» результату отнесены случаи с полным восстановлением движений, сенсорных нарушений и нейропатического болевого синдрома (n = 33). К «хорошему» результату отнесены случаи с полного регресса двигательных нарушений, но с сохранением гипестезии или регресс пареза до 4-х баллов с регрессом сенсорных нарушений (n=19). «Удовлетворительным» результатом мы считали регресс пареза до 3-4-х баллов с сохранением гипестезии (n=5).

К «неудовлетворительным» результатам мы отнесли 3 случая:

1. Пациент с регрессом пареза до 3х баллов и сохранением анестезии (эндоневролиз срединного нерва, катамнез 5 месяцев);
2. Пациент без исходных парезов с невыраженным восстановлением чувствительности после анестезии (невролиз локтевого нерва, катамнез 5 месяцев);
3. Пациент, потребовавший повторного вмешательства с несостоятельностью анастомоза срединного нерва после нейрографии.

Таблица 5 Шкала оценки результатов

Результат лечения		Количество операций n=60	
Отличный	- Регресс пареза до 5 б - Полный регресс сенсорных симптомов - Регресс болевого синдрома	33	55%
Хороший	-Регресс пареза до 5 б, частичный регресс гипестезии, регресс болевого синдрома -Регресс пареза до 4 б, полный регресс гипестезии, регресс болевого синдрома	19	31,67%
Удовлетворительный	Регресс пареза до 3-4 б Сохраняется гипестезия	5	8,33%
Неудовлетворительный	-Регресс пареза до 3 б, анестезия -Сохраняется изолированная анестезия -Нет регресса (повторная операция)	3	5%

При катамнезе $5,3 \pm 2,9$ месяцев в группе операций без микрохирургической реконструкции - группа 1 (невролиз, невролиз с транспозицией и эндоневролиз) число отличных и хороших результатов достигло 93,63% (n=44), удовлетворительных – один (2,13%), неудовлетворительных – два (4,26%).

Во второй группе, где выполнялась с микрохирургическая реконструкция (нейрорафия и аутотрансплантация) на первый план выдвинулось число хороших результатов, которое составило 26,15%, тогда как число отличных сократилось до 15,38% (n=2). Удовлетворительные результаты составили 30,8%, неудовлетворительный результат отмечен у одного пациента (7,69%). Катамнез - $7,1 \pm 2,8$ месяцев (Рисунок 14).

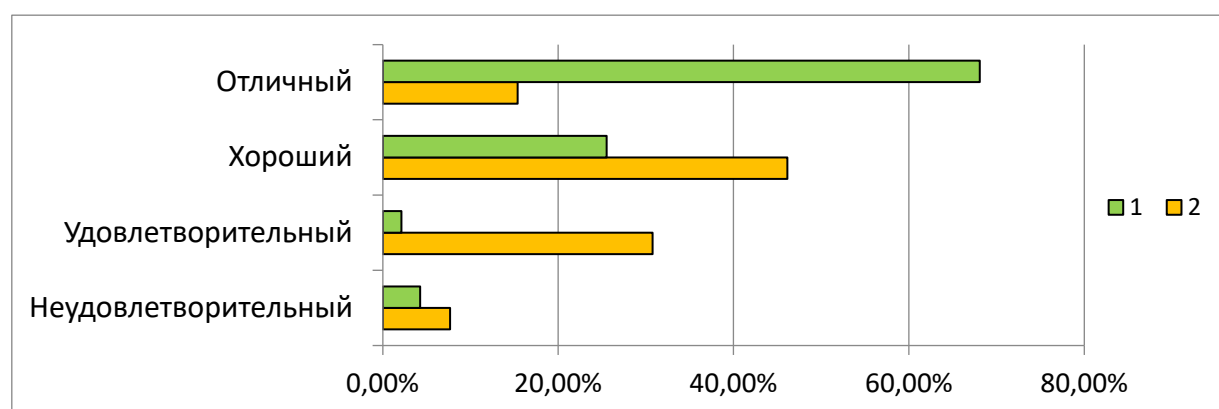


Рисунок 14 - Распределение результатов лечения в группах 1 и 2

Анализ полученных результатов показал значительное число благоприятных исходов (отличный и хороший) как в первой, так и во второй группе. Вместе с тем очевидно, что исход операции в значительной мере зависит от выполненного объема хирургического лечения, и в случаях микрохирургической реконструкции число благоприятных исходов снижается, а сами пациенты требуют более длительного катамнестического наблюдения.

Отдельно рассмотрены результаты хирургического лечения у пациентов, у которых в результате использования ИОНМ, был изменен предполагаемый объем хирургического лечения (Таблица 6).

Таблица 6 Оценка результатов лечения пациентов с изменённой тактикой лечения

Повреждение нерва	N	Предполагаемая операция	ИОНМ	Выполненная операция	Результат
Компрессия рубцом	1	невролиз	М-ответ -	нейрорафия	Удовлетворительный* *4 месяца
Внутриствольный рубец	6	реконструкция	М-ответ +	эндоневролиз	Отличный
Интерпозиция в перелом	1	реконструкция	М-ответ +	эндоневролиз	Отличный

В семи случаях отмечено полное восстановление функций травмированных нервов. В одном случае восстановление движения в пальцах 1 до 4-х баллов с сохранением гипестезии в зоне иннервации срединного нерва. С учётом сроков катамнеза последнего случая (4 месяца после нейрорафии срединного нерва ребёнка 7 лет) результат можно считать неокончательным.

Таким образом, в 19% использование интраоперационного ИОНМ позволило качественно изменить хирургическую тактику и улучшить результаты лечения.

Алгоритм дифференцированного подхода к выбору хирургического лечения

При разработке возможного алгоритма дифференцированного подхода к хирургическому лечению пациентов детского возраста с нейропатиями после закрытых чрезмышечелковых переломов мы руководствовались следующими факторами:

1. оптимальные сроки консервативного ведения
2. особенности преоперационной диагностики
3. лимитирование метода УЗ визуализации
4. вариативности интраоперационных находок
5. необходимость уточняющей интраоперационной диагностики

При постановке показаний к хирургическому лечению должны учитываться динамика неврологической симптоматики, сроки возможного спонтанного восстановления, сроки формирования электрофизиологических и ультразвуковых признаков травмы нерва. Многие авторы придерживаются средних сроков оправданной выжидательной тактики, которая составляет 3 месяца. Отсутствие регресса симптомов в эти сроки является показанием к хирургическому вмешательству. В эти же сроки наиболее информативными для определения дальнейшей тактики становятся результаты ЭНМГ. При формировании алгоритма мы так же учитывали результаты УЗИ, которые демонстрируют неоднозначную картину повреждения нервов. Вариативность интраоперационной картины повреждения нерва также подразумевает необходимость уточнения для определения непосредственной хирургической тактики. В нашем исследовании этим уточняющим методом является интраоперационная прямая стимуляция нерва.

Алгоритм дифференцированного подхода к выбору хирургического лечения представлен на рисунке 15.

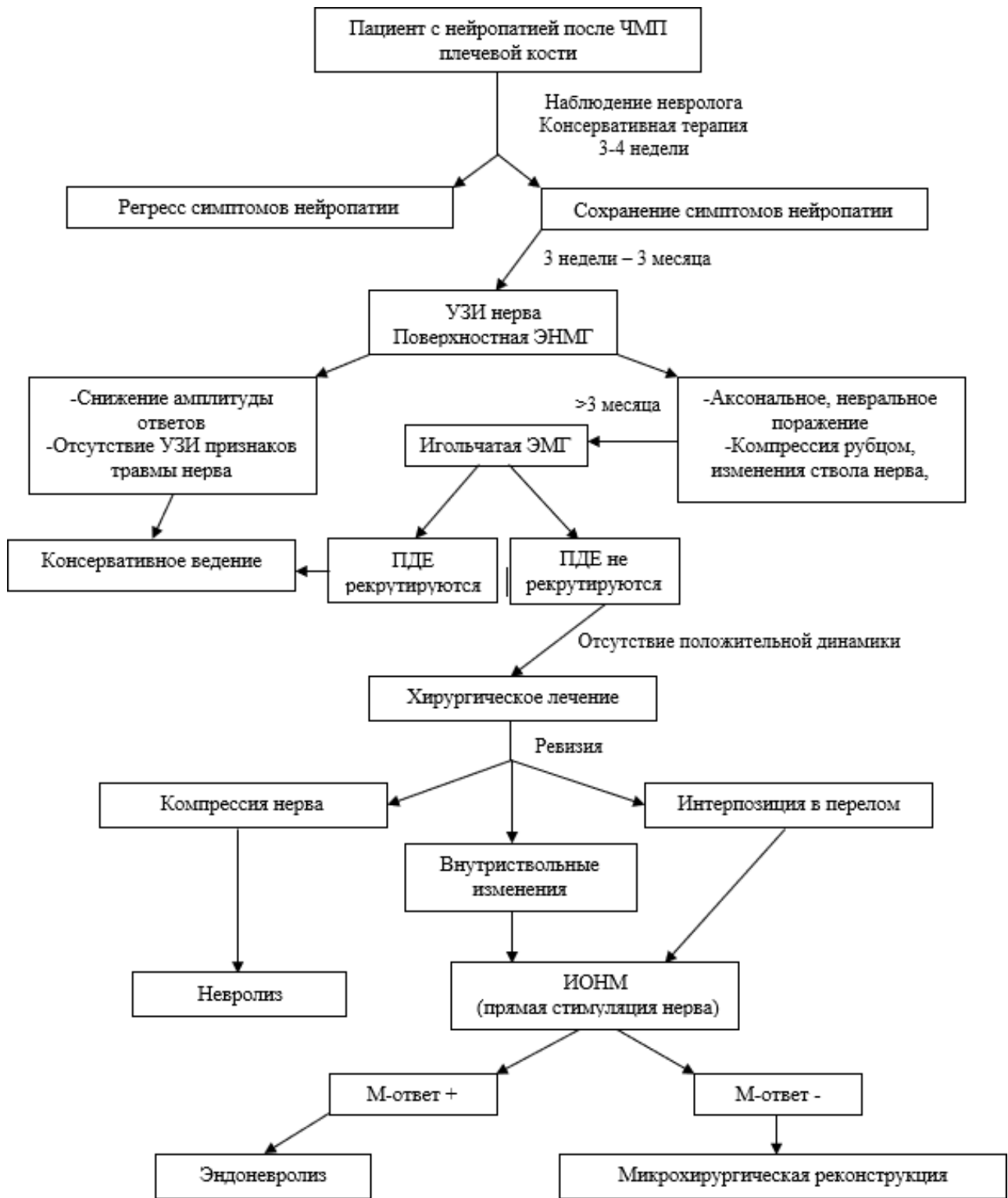


Рисунок 15 - Алгоритм дифференцированного подхода к хирургическому лечению пациентов детского возраста с нейропатиями после закрытых чрезмышечковых переломов

Выводы

1. В структуре чрезмыщелковых переломов плечевой кости у пациентов детского возраста закрытые повреждения периферических нервов составляют 10,2%, из числа которых 78,6% восстанавливаются в течение 3-х месяцев, а в 21,4% наблюдений повреждения носят необратимый характер и требуют хирургического лечения.

2. Разгибательный механизм травмы со смещением проксимального отломка плечевой кости кзади является ведущей причиной развития посттравматических нейропатий, требующих хирургического лечения, и составляет 79%.

3. Объем хирургического вмешательства определяется операционной картиной повреждения периферических нервов и данными интраоперационной электрофизиологической диагностики.

4. Выполнение невролиза и эндоневролиза при закрытых повреждениях периферических нервов обосновывается наличием М-ответа при интраоперационной стимуляции.

5. Показаниями к микрохирургической реконструкции периферических нервов являются выявленные интраоперационно интерпозиция нерва в перелом и деформация его на протяжении при отсутствующей электрофизиологической проводимости по данным интраоперационного нейромониторинга.

6. Каждый 5-й случай (21,7%) закрытой посттравматической нейропатии при чрезмыщелковых переломах требует микрохирургической реконструкции, несмотря на отсутствие признаков анатомического перерыва.

7. Использование интраоперационного нейромониторинга позволяет прогнозировать восстановление моторной функции у пациентов с посттравматическими нейропатиями. Полученный при прямой стимуляции М-ответ статистически достоверно ($p=0,0002$, $p<0,05$) обеспечивает лучший функциональный моторный исход.

8. Разработанный дифференцированный подход в выборе хирургического лечения, основанный на данных дооперационной диагностики и

уточняющих интраоперационных данных (интраоперационная картина и данные интраоперационного нейромониторинга), обеспечивает в 95% случаев значимое восстановление функций («отличный» результат - 55%, «хороший» - 31,67%, «удовлетворительный» - 8,33%) ($p < 0,05$).

Практические рекомендации

1. При лечении чрезмыщелковых переломов плечевой кости необходимо учитывать риск возникновения посттравматических нейропатий, особенно в возрастной группе 7-12 лет.

2. Все пациенты с выявленной нейропатией периферических нервов после чрезмыщелковых переломах плечевой кости должны наблюдаться неврологом с целью отслеживания динамики симптомов и своевременного назначения дообследования при отсутствии спонтанного восстановления.

3. Всем пациентам с чрезмыщелковыми переломами плечевой кости и закрытыми повреждениями периферических нервов в отсутствии регресса симптомов в течении 3 месяцев после травмы должно проводится обследование в следующем объеме: оценка моторной и сенсорной функций кисти; оценка на предмет нейропатического болевого синдрома; электронейромиография от 3-х недель и более после травмы; игольчатая электромиография от 3-х месяцев и более после травмы; УЗИ периферических нервов от 3-х недель и более после травмы.

4. В отсутствие установленного анатомического перерыва периферических нервов при закрытых повреждениях рекомендовано руководствоваться данными интраоперационной картины и результатами интраоперационной диагностики (прямая стимуляция нервов).

5. Оперативные вмешательства при закрытых повреждениях периферических нервов рекомендуется выполнять с использованием микрохирургического инструментария, средств увеличения и интраоперационного нейромониторинга в объеме прямой стимуляции нерва. Предложенные методические рекомендации позволят улучшить результаты

лечения пациентов детского возраста с закрытыми повреждениями периферических нервов в результате чрезмышечковых переломов плечевой кости.

Список печатных работ, опубликованных по теме диссертации

1. Роль электрофизиологической диагностики в выборе тактики лечения нейропатий у детей с чрезмышечковыми переломами / Пластуненко Е.Н., Каньшина Д.С., Кусова Ф.У. // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. 2024. Т. 88. № 3. С. 38-44.

2. Роль анастомоза Рише - Канью в диагностике посттравматической нейропатии срединного нерва при чрезмышечковых переломах у детей / Каньшина Д.С., Пластуненко Е.Н., Кусова Ф.У. // Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова. 2024. Т. 16. № 4. С. 22-29.

3. Хирургическое лечение ребёнка 7 лет с минно-взрывной травмой левого плеча и левой ягодичной области с проникающим ранением брюшной полости / Налбандян Р.Т., Громова А.А., Мединский П.В., Никонов А.В., Дворникова М.А., Челпаченко О.Б., Лушников А.М., Пластуненко Е.Н. // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2025. Т. 13. №4. С. 430-439.

4. Дифференцированный подход к хирургии травмы периферических нервов у детей (по данным НИИ НДХиТ) / Коротченко Е.Н., Семенова Ж.Б., Мещеряков С.В., Глаголев А.Г. // Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова Том XIV. Специальный выпуск. XXI Всероссийская научно-практическая конференция «Поленовские чтения». 2022. С. 137-138.

5. Differentiated approach to surgery of peripheral nerve injury in children / Korotchenko E. //Brain and Spine. 2022. Т. 2. С. 101605.

Список сокращений

MRC (medical reseach council) - шкала оценки мышечной силы от 0 до 5 баллов

ИОНМ - интраоперационный нейромониторинг

КЭТН - комбинированный эндотрахиальный наркоз

М-ответ - мышечный ответ

ПДЕ - потенциал двигательных единиц

СРВ - скорость распространения возбуждения

УЗИ - ультразвуковое исследование

ЭНМГ - электронейромиография

ЭМГ - электромиография