

ШУВАЛОВ
СТАНИСЛАВ ДМИТРИЕВИЧ

РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ЗАКРЫТЫМИ
ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ И СИНДРОМОМ ПОЛНОГО
НАРУШЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ ПО ЕГО СТВОЛАМ

3.1.10. Нейрохирургия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Саратов – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель: доктор медицинских наук
Бажанов Сергей Петрович

Официальные оппоненты: Гайворонский Алексей Иванович
доктор медицинских наук, профессор, профессор
кафедры нейрохирургии ФГБОУ ВО «Военно-
медицинская академия им. С. М. Кирова»
Минобороны России

Балязин-Парфенов Игорь Викторович
доктор медицинских наук, доцент, профессор
кафедры нервных болезней и нейрохирургии
ФГБОУ ВО «Ростовский государственный
медицинский университет» Минздрава России

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы
народов имени Патриса Лумумбы»

Защита состоится «___» _____ 2026 г. в ____ час на заседании
диссертационного совета 21.1.028.03 при ФГБУ «Национальный медицинский
исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России (191014, Санкт
Петербург, ул. Маяковского, 12)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Российского
научно-исследовательского нейрохирургического института им. А.Л. Поленова и на
сайте: <http://www.almazovcentre.ru>

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор Иванова Наталия Евгеньевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Согласно литературным данным, среди всех травм нервной системы на долю периферической её части приходится от 1 до 6%. Среди них доминирующее положение занимают травмы плечевого сплетения (ПС) и его ветвей, достигая от 60 до 81 % случаев (Li et al., 2019; Kaiser et al., 2020; Hill et al., 2021; Luo et al., 2025). Основной причиной возникновения данной патологии являются дорожно-транспортные происшествия, которые регистрируются в 74 % наблюдений. Остальные 26 % случаев обусловлены травмами иного происхождения, включая боевые повреждения, производственный и бытовой травматизм (Rasulić et al., 2018; Li et al., 2019; Kaiser et al., 2020; Wu et al., 2022). Травматическое повреждение ПС остается серьезной медико-социальной проблемой, что обусловлено высоким уровнем стойкой инвалидизации, достигающей 81%. Структура последствий характеризуется преобладанием персистирующих парезов (84%), сенсорного дефицита (69%) и нейропатического болевого синдрома (24%), причем основную группу пациентов составляют мужчины в возрасте 18–45 лет.

Существующие методы диагностики (клиническое обследование, электронейромиография (симуляционная, игольчатая), нейровизуализация) при закрытых повреждениях ПС (ЗППС) не в каждом случае способны обеспечить достоверной информацией об уровне и характере повреждения нервных стволов, особенно при их анатомической сохранности (Fuzari et al., 2018; Hung et al., 2020; Zhao et al., 2023; Brooks et al., 2025). В подобных случаях, при неэффективности консервативного лечения, выбор хирургической тактики остается дискуссионным. Стандартом хирургического лечения является микрохирургический невролиз (МН), однако его эффективность в ряде случаев оказывается недостаточной для достижения удовлетворительных функциональных результатов (Kim et al., 2003; Baltzer et al., 2017; Kubiak et al., 2018; Lee et al., 2024). Применение методов электростимуляции (ЭС) в качестве дополнительной хирургической опции демонстрирует потенциал для улучшения исходов, однако остаются нерешенными

вопросы определения четких показаний, оптимальных параметров и методик стимуляции, особенно при сочетанном воздействии на центральные и периферические отделы нервной системы (Sun et al., 2014; Rich et al., 2019; Huang et al., 2021; Belova et al., 2025).

Таким образом, поиск и разработка новых методов диагностики и комплексного хирургического лечения пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости по его стволам, направленных на улучшение функциональных исходов и сокращение сроков реабилитации, является актуальной и социально значимой задачей современной нейрохирургии.

Степень разработанности темы

В современной нейрохирургии МН признан золотым стандартом хирургического лечения пациентов с закрытым постганглионарным повреждением стволов ПС. Эффективность МН подтверждена многочисленными клиническими исследованиями и составляет 70–80 % при закрытых повреждениях II–III степени по Sunderland (Merrell et al., 2001; Kim et al., 2003; Thatte et al., 2020; Pondaag et al., 2021). Вместе с тем, изолированное применение МН не всегда обеспечивает удовлетворительные функциональные исходы, особенно при тяжёлых и сочетанных повреждениях. В связи с этим активно развиваются методы ЭС в качестве дополнительной хирургической опции. Прямая ЭС периферических нервов улучшает трофику мышц, ускоряет аксональный рост и реиннервацию (Mackinnon et al., 2018; Lv et al., 2025), а эпидуральная ЭС спинного мозга (СМ) оказывает выраженное центральное анальгетическое действие за счёт модуляции ноцицептивной передачи на сегментарном уровне (Melzack, Wall, 1965; Sweet, Wepsic, 1974). Несмотря на внедрение этих технологий, остаются нерешёнными ключевые вопросы: отсутствие чётких показаний к выбору конкретной методики ЭС, нестандартизированные параметры стимуляции и сроки её применения (Lovaglio et al., 2019; AlAbbas, 2023). Таким образом, комбинированный хирургический подход – МН в сочетании с многоуровневой ЭС – требует дальнейшей разработки и научного обоснования, что определяет актуальность настоящего исследования.

Цель исследования

Улучшить результаты лечения пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости по его стволам на основании комплексной оценки применения различных хирургических методик.

Задачи исследования

1. Разработать способы электрофизиологической диагностики уровня (надключичный и подключичный) и характера (преганглионарный и постганглионарный) поражений ПС при закрытых повреждениях и синдроме полного нарушения проводимости по его стволам для оптимизации тактики хирургического лечения.

2. Оценить результаты комплексного лечения пациентов с ЗППС с синдромом полного нарушения проводимости, которым применялись различные методики хирургического вмешательства.

3. Определить клинические и электрофизиологические паттерны отсутствия динамики восстановления длинных стволов ПС у пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости по его стволам после выполнения хирургического вмешательства.

4. Предложить оптимальный способ хирургической коррекции при отсутствии динамики восстановления длинных стволов ПС у пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости и оценить его эффективность.

Научная новизна

При ЗППС и синдроме полного нарушения проводимости по его стволам использование магнитной стимуляции (длительность импульса – 220 ± 20 мкс, интенсивность – 1,2 Тл) позволяет в дооперационном периоде статистически достоверно ($p < 0,05$) определить уровень и характер повреждения стволов ПС, что обеспечивает оптимальный выбор тактики хирургического лечения (Патенты РФ № 2797743 от 08.06.2023, № 2821358 от 21.06.2024, № 2801027 от 01.08.2023).

На основании оценки динамики клинических и электрофизиологических данных, произведен сравнительный анализ ближайших и отдаленных результатов применения различных методик хирургического лечения у пациентов с ЗППС и

синдромом полного нарушения проводимости по его стволам, что позволило выявить статистически значимое превосходство комбинированного подхода (МН с двухуровневой ЭС) в послеоперационном периоде с более быстрым регрессом болевого синдрома ($p=0,041$), улучшением амплитуды М-ответа ($p=0,003$), сокращением латентного периода ($p=0,011$) и ростом мышечной силы ($p=0,001$).

Определены клинические (локальный болевой синдром, положительный симптом Тиннеля-Гофмана-Гольдберга в проекции анатомических туннелей) и электрофизиологические (блок нервной проводимости по данным электронейромиографии (ЭНМГ) в зонах спирального и кубитального каналов) паттерны отсутствия динамики восстановления длинных стволов ПС у пациентов с его закрытыми повреждениями и синдромом полного нарушения проводимости, вероятно, связанные с феноменом «двойного сдавления», а также предложен оптимальный способ хирургической коррекции данного патологического состояния в виде туннельного невролиза с имплантацией электрода для курсовой прямой ЭС, обеспечивающий достоверное восстановление проводимости (увеличение амплитуды М-ответа на 163–244%, $p=0,002–0,011$) и функциональных исходов (≥ 3 балла по Ловетту у 81,25%, $p=0,001$).

Теоретическая и практическая значимость исследования

Разработанные и внедренные в клиническую практику способы электрофизиологической диагностики уровня (надключичный/подключичный) и характера (преганглионарный/постганглионарный) поражений стволов ПС при его закрытых повреждениях и синдроме полного нарушения проводимости позволяют выбрать оптимальный оперативный доступ (надключичный, подключичный или расширенный), определить необходимый объём хирургического вмешательства и снизить травматичность операции за счёт минимизации разреза и диссекции тканей, что в результате приводит к статистически значимому улучшению электрофизиологических показателей (увеличение амплитуды М-ответа длинных нервных стволов на 42,6-58,3% ($p=0,003$) и сокращение латентного периода на 26,4-33,1% ($p=0,011$)).

Применение методик ЭС в структуре комплексного лечения пациентов с ЗППС позволяет улучшить ближайшие результаты лечения за счёт более быстрых темпов регресса болевого синдрома (по шкале ВАШ, $p=0,041$) и улучшения электрофизиологических показателей реиннервации периферических сенсомоторных структур в заинтересованной конечности (амплитуда М-ответа, $p=0,003$; латентный период, $p=0,011$), а также отдалённые результаты за счёт повышения силы мышц (по шкале Ловетта, $p=0,001$) и функциональных исходов (по опроснику DASH, с положительной динамикой в отдалённом периоде).

Методология и методы исследования

Работа проведена на основе анализа результатов комплексного лечения 96 пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости по его стволам, получавших лечение в НИИТОН СГМУ им. В.И. Разумовского с 2005 по 2022 гг.

Методы исследования включали: клинический и неврологический осмотры с использованием шкал и опросников: визуально-аналоговая шкала боли (ВАШ), опросник исходов и неспособности руки и кисти (DASH). Инструментальные методы: ЭНМГ, ЭНМГ в сочетании с миографией, магнитная стимуляция, интраоперационное Ультразвуковое исследование (УЗИ).

Исследование проведено в 3 группах, однородных по полу, возрасту, степени выраженности неврологического дефицита: в I группе всем пациентам ($n=33$) выполняли МН, во II группе ($n=28$) – МН в сочетании с одноуровневой ЭС, в III группе ($n=35$) – МН в сочетании с двухуровневой ЭС. Сравнительный анализ в группах выполняли как до хирургического вмешательства, так и в послеоперационном периоде в динамике.

Положения, выносимые на защиту

1. Разработанные способы электрофизиологической диагностики уровня и характера поражения при ЗППС и синдроме полного нарушения проводимости по его стволам позволяют оптимизировать тактику хирургического лечения за счёт оптимального выбора хирургического доступа к его стволам в надключичной либо подключичной топографо-анатомических областях.

2. Применение методик прямой ЭС в дополнении к МН позволяет улучшить результаты комплексного лечения за счет более быстрых темпов снижения интенсивности болевого синдрома ($p=0,041$) и улучшения электрофизиологических показателей нервной проводимости в заинтересованной конечности ($p=0,003$).

3. Клинические и электрофизиологические паттерны отсутствия динамики восстановления длинных стволов ПС у пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости позволяют выбрать и осуществить оптимальный способ хирургической коррекции данного патологического состояния, что способствует улучшению функциональных исходов ($p=0,001$).

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечена репрезентативным объёмом выборки ($n = 96$), применением современных клинических, инструментальных и статистических методов, адекватных поставленным задачам. Научные положения, выводы и практические рекомендации подтверждены статистически значимыми данными, полученными с использованием непараметрических критериев (Вилкоксона, Краскела–Уоллиса) и соответствующих методов оценки достоверности различий. Полученные авторские результаты сопоставлены с данными отечественных и зарубежных исследований, что подтверждает их объективность и воспроизводимость.

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на следующих научных форумах: 96-м заседании Саратовского регионального отделения Общероссийской общественной организации «Ассоциация травматологов-ортопедов России» (24 февраля 2022 г., г. Саратов), международной научно-практической конференции «Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики» (21 апреля 2022 г., г. Саратов), конференции нейрохирургов Приволжского федерального округа (30 июня – 1 июля 2022 г., г. Чебоксары), IX ежегодной конференции нейрохирургов Северо-Западного федерального округа (16–17 сентября 2022 г., г. Санкт-Петербург), XXII Всероссийской научно-практической конференции «Поленовские

чтения» (13–14 апреля 2023 г., г. Санкт-Петербург), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию НИИТОН СГМУ имени В.И. Разумовского Минздрава России: «Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии. Интеграция науки и практики» (19 ноября 2025 г., г. Саратов).

Внедрение результатов исследования в практику

Основные результаты диссертационного исследования внедрены в клиническую работу нейрохирургического отделения «НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского», клиническую работу нейрохирургического отделения ГУЗ "ОБЛАСТНАЯ КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА", клиническую практику нейрохирургической службы ООО "МЕДИЦИНСКИЙ ДИ ЦЕНТР", научную работу отдела «Клинической и экспериментальной нейрохирургии» «НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского» МЗ РФ, научную работу нейрохирургического отделения №3 РНХИ проф. А.Л. Поленова, в учебную работу кафедры хирургических болезней Саратовского медицинского университета «Реавиз».

Публикации

По материалам диссертационного исследования опубликовано 14 научных работ, из них 4 статьи в журналах, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации. Получено 3 патента Российской Федерации на изобретения: № 2797743 от 08.06.2023 г., № 2801027 от 01.08.2023 г., № 2821358 от 21.06.2024 г., а также свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621417 от 01.07.2021 г.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 157 страницах машинописного текста и включает введение, пять глав, заключение, выводы, практические рекомендации, список литературы и приложение. Текст иллюстрирован 9 таблицами и 30 рисунками. Список литературы содержит 151 источника, из них 30 отечественных и 121 зарубежных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертационная работа основана на анализе результатов комплексного обследования и хирургического лечения 96 пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости по его стволам, находившихся на лечении в нейрохирургическом отделении НИИТОН ФГБОУ ВО Саратовского ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России в период с 2005 по 2022 год.

Исследование носило моноцентровый, контролируемый, продольный, открытый, рандомизированный характер с включением исторической группы и было одобрено локальным этическим комитетом СГМУ (протокол № 4 от 01.11.2022 г.). Все пациенты соответствовали строгим критериям включения: трудоспособный возраст (18–65 лет для мужчин, 18–60 лет для женщин), тракционный механизм повреждения, изолированный характер травмы, постганглионарный уровень поражения, степень повреждения по Sunderland II–III, наличие комплексного регионарного болевого синдрома (КРБС) и неэффективность консервативной терапии в течение не менее 3 месяцев после травмы.

Среди обследованных пациентов преобладали мужчины — 72 (75,0 %), средний возраст составил 34 года (95 % ДИ: 32,1–35,9). Наиболее частыми причинами ЗППС были: мотоциклетные (43,75 %) и спортивные травмы (28,13 %). У всех пациентов, включенных в исследование, был отмечен синдром полного нарушения проводимости: мышечная сила 0 баллов по шкале Ловетта, анестезия в зоне иннервации и выраженный нейропатический болевой синдром (7–8 баллов по визуально-аналоговой шкале боли — ВАШ).

Пациенты были распределены на три сопоставимые по возрасту, полу и степени выраженности неврологического дефицита группы в зависимости от метода хирургического вмешательства: I группа (n = 33): изолированный МН; II группа (n = 28): МН в сочетании с одноуровневой ЭС стволов ПС (Рисунок 1а); III группа (n = 35): МН в сочетании с двухуровневой ЭС — прямой стимуляцией стволов ПС и эпидуральной стимуляцией на уровне шейного утолщения СМ (Рисунок 1).

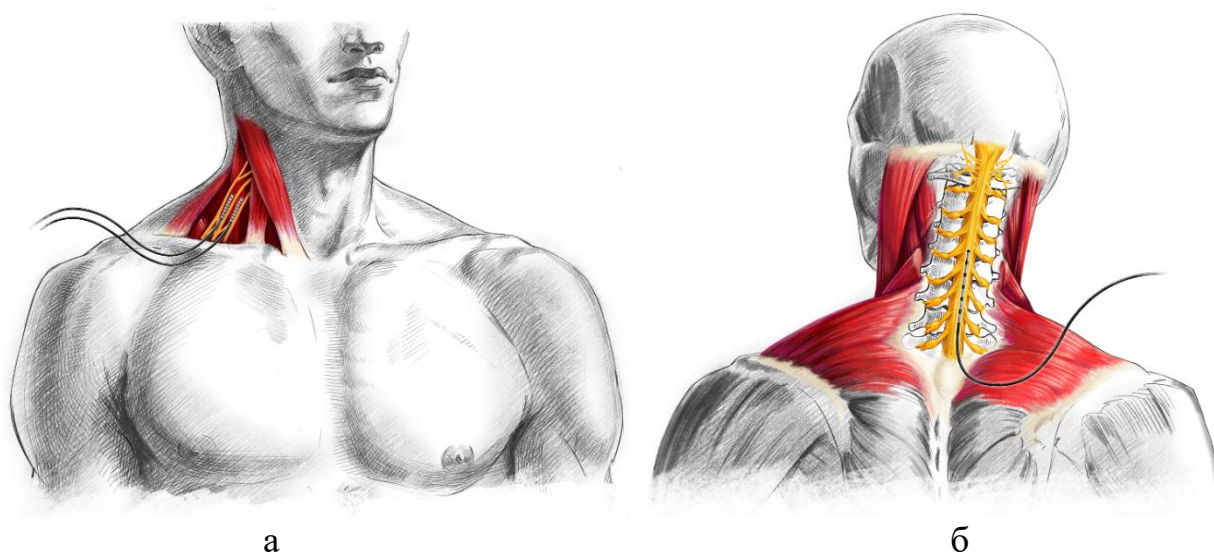


Рисунок 1 – Схема установки электродов: а - на область шейного утолщения спинного мозга; б – на первичные стволы плечевого сплетения

Для определения уровня и характера повреждения стволов ПС были разработаны и внедрены оригинальные методы электрофизиологической диагностики, основанные на сочетании стимуляционной ЭНМГ и магнитной стимуляции с регистрацией вызванных мышечных ответов (ВМО). Разработанные методики защищены патентами РФ: № 2797743 от 08.06.2023 г., № 2801027 от 01.08.2023 г., № 2821358 от 21.06.2024 г.

Всем пациентам до и после операции проводилось комплексное клинико-инструментальное обследование: неврологический осмотр с использованием шкал Ловетта и РНХИ им. А. Л. Поленова, оценка болевого синдрома по ВАШ, функционального статуса — по опроснику DASH, а также ЭНМГ, МР-миелография и интраоперационное УЗИ.

Статистическая обработка данных выполнена с использованием программного обеспечения Statistica 13.0 и Microsoft Excel 2019. Ввиду отсутствия нормального распределения применялись непараметрические методы: критерий Вилкоксона для связанных выборок и критерий Краскела — Уоллиса с попарным сравнением средних рангов. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Разработаны и внедрены новые методы электрофизиологической диагностики. Метод диагностики преганглионарного повреждения спинномозговых корешков с использованием магнитной стимуляции заключается в последовательной магнитной стимуляции сначала проекции спинномозговых корешков (C5-Th1), а затем — соответствующих им первичных стволов ПС с регистрацией вызванных моторных ответов (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Пример реализации метода клинической диагностики преганглионарного повреждения спинномозговых корешков, входящих в состав плечевого сплетения

Данный метод позволил верифицировать 4 случая отрыва корешка, что явилось критерием исключения данных пациентов из исследования. Метод топической диагностики уровня повреждения двигательных ветвей ПС на основе расчета отношения амплитуд ВМО при стимуляции выше (M2) и ниже (M1) ключицы показал высокую диагностическую точность. При значении индекса $M1/M2 > 1,5$ диагностировалось поражение первичных стволов (надключичная область), при $M1/M2 < 0,5$ – вторичных стволов (подключичная область), а при

значениях от 0,5 до 1,5 – сочетанное поражение. ROC-анализ подтвердил, что индекс M_1/M_2 в интервале от 1,0 до 2,6 является надежным классификатором повреждения первичных стволов ПС (Рисунок 3).

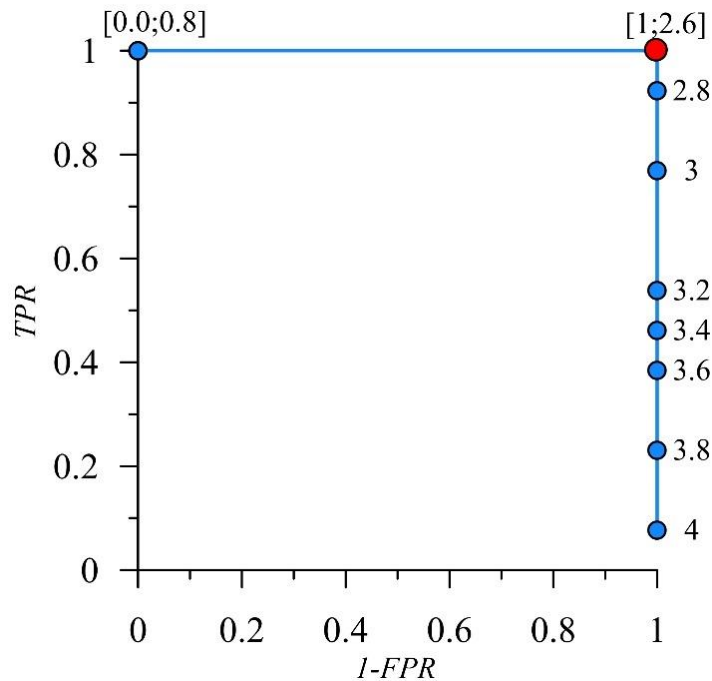


Рисунок 3 – Результаты ROC-анализа для классификации пациентов с закрытым повреждением первичных стволов плечевого сплетения и здоровых добровольцев по значению индекса M_1/M_2 . TPR – частота истинно-положительных. $1 - FPR$ – частота ложноположительных результатов. Рядом с точками указаны пороговые значения

Результаты, полученные с применением данного метода диагностики, были верифицированы интраоперационно в 63 наблюдений, подтвердив высокую точность метода и обоснованность выбора хирургической тактики.

Сравнительный анализ результатов хирургического лечения в трех группах выявил статистически значимые различия. В ближайшем послеоперационном периоде было отмечено достоверное снижение интенсивности КРБС у всех пациентов ($n=96$) (Таблица 1).

Таблица 1 – Динамика показателей по визуально-аналоговой шкале

Этапы/Группы	I	II	III	p
До операции, баллы	8.0(7.0;8.0)	8.0(7.0;8.0)	8.0(7.0;8.0)	0.64
Через 3 мес. после операции	4.0(3.0;5.0)	3.0(2.0;4.0)	2.0(1.0;2.0)	< 0.01
p	< 0,05	< 0,05	< 0,05	

Наиболее выраженное снижение интенсивности болевого синдрома в ближайшем послеоперационном периоде (через 3 месяца после операции) отмечено в группе III (МН + двухуровневая ЭС) ($p < 0,01$). Попарное сравнение выявило отсутствие различий между группами I (изолированный МН) и II (МН + одноуровневая ЭС) ($p_{12} = 0,833$), в то время как различия между группами III и I ($p_{31} = 0,0001$), а также III и II ($p_{32} = 0,002$) были статистически значимыми. Через 3 месяца после операции медианные значения интенсивности КРБС по ВАШ составили: в группе I — 4,0 (3,0; 5,0), в группе II — 3,0 (2,0; 4,0), в группе III — 2,0 (1,0; 2,0) и представлены на рисунке 4.

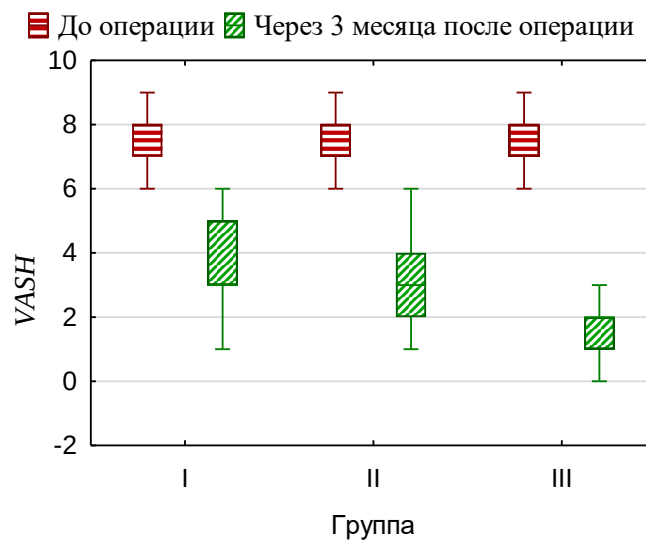


Рисунок 4 – Динамика болевого синдрома в I, II, III группах у пациентов с закрытым повреждением плечевого сплетения в ближайшем послеоперационном периоде

При оценке электрофизиологических показателей в отдаленном послеоперационном периоде (через 12 месяцев после операции) у всех пациентов ($n=96$) по данным стимуляционной ЭНМГ была зафиксирована положительная динамика, проявляющаяся увеличением амплитуды и снижением латентности М-ответа. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Описательные статистики показателей электронейромиографии пораженной верхней конечности

Нерв	Показатели ЭНМГ	р-уровень	Группа I	Группа II	Группа III
			Me (Q1; Q3)	Me (Q1; Q3)	Me (Q1; Q3)
Подмышечный	М-ответ (мА)	p=0,041 p ₁₂ =0,961 p ₁₃ =0,035 p ₂₃ =0,478	0,4 (0,2; 0,63)	0,57 (0,39; 0,92)	0,81 (0,29; 1,8)
	ЛП (мс)	p=0,044 p ₁₂ =1,0 p ₁₃ =0,042 p ₂₃ =0,364	5,9 (5,1; 7,1)	5,3 (3,9; 6,4)	4,2 (3,2; 6,1)
Кожно-мышечный	М-ответ (мА)	p=0,074 p ₁₂ =1,0 p ₁₃ =0,083 p ₂₃ =0,360	0,48 (0,21; 0,65)	0,62 (0,34; 0,90)	0,92 (0,36; 2,2)
	ЛП (мс)	p=0,103 p ₁₂ =1,0 p ₁₃ =0,120 p ₂₃ =0,435	5,6 (4,9; 7,0)	5,1 (3,9; 6,1)	3,9 (3,1; 6,1)
Локтевой	М-ответ (мА)	p=0,045 p ₁₂ =1,0 p ₁₃ =0,049 p ₂₃ =0,276	0,53 (0,2; 0,71)	0,69 (0,24; 0,9)	0,83 (0,34; 2,1)
	ЛП (мс)	p=0,021 p ₁₂ =1,0 p ₁₃ =0,019 p ₂₃ =0,263	5,9 (5,0; 6,9)	5,0 (3,9; 6,0)	4,2 (3,2; 6,1)
Срединный	М-ответ (мА)	p=0,027 p ₁₂ =1,0 p ₁₃ =0,041 p ₂₃ =0,109	0,45 (0,19; 0,70)	0,61 (0,20; 0,82)	0,89 (0,39; 2,0)
	ЛП (мс)	p=0,054 p ₁₂ =1,0 p ₁₃ =0,116 p ₂₃ =0,118	5,5 (4,7; 6,5)	5,1 (4,2; 6,6)	4,0 (3,2; 6,0)
Лучевой	М-ответ (мА)	p=0,006 p ₁₂ =1,0 p ₁₃ =0,008 p ₂₃ =0,046	0,45 (0,23; 0,69)	0,61 (0,20; 0,93)	0,95 (0,41; 2,3)
	ЛП (мс)	p=0,080 p ₁₂ =0,770 p ₁₃ =0,081 p ₂₃ =0,994	5,5 (5,0; 6,6)	5,1 (3,7; 6,1)	3,9 (3,1; 6,5)

Примечание: Me – медиана, Q1, Q3–25% и 75% квартили, р-уровень – значения критерия Краскелла-Уоллиса, при $p > 0.05$ три группы считаются однородными.

р- уровень различия групп перед операцией, р₁₂ уровень различия первой и второй групп, р₁₃ уровень различия первой и третьей групп, р₂₃ уровень различия второй и третьей групп

Как следует из представленной таблицы, попарное сравнение между группами отображает более высокие показатели амплитуды и статистически значимое снижение латентности М-ответа в III исследуемой группе по сравнению с I и II группами.

Восстановление мышечной силы до функционально значимого уровня (≥ 3 баллов по Ловетту) наблюдалось во всех трех группах, однако наибольшее количество благоприятных функциональных результатов было зарегистрировано в группе III, при этом медиана и межквартильный размах составили: в группе I — 1,0 (0,75; 2,0), в группе II — 2,0 (1,0; 2,2), в группе III — 2,0 (1,0; 3,0).

Позитивная динамика функционального статуса по шкале DASH также была более заметной в группе III – 71 балл (52; 80) по сравнению с группами I – 72 балла (68; 76) и II – 72 балла (62; 79)), при этом межгрупповые различия не достигли статистической значимости ($p=0,598$) (Рисунок 5).

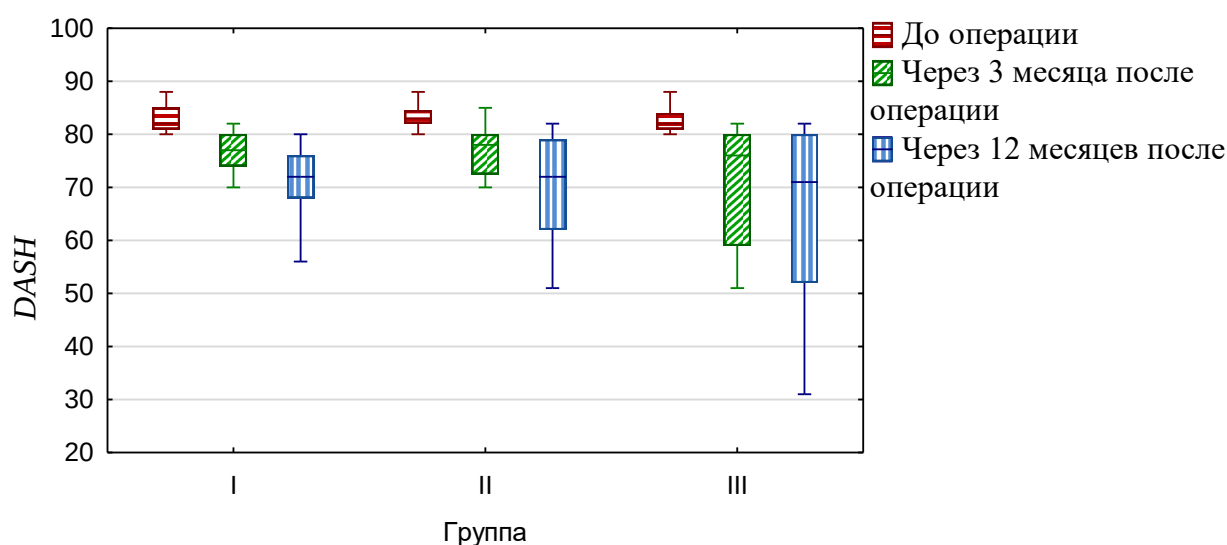


Рисунок 5 – Динамика показателей функциональной недостаточности по шкале DASH в I, II, III группах у пациентов с закрытым повреждением плечевого сплетения

У 16 (16,7%) пациентов (из I, II и III групп) в отдаленном периоде был выявлен синдром отсутствия динамики восстановления длинных стволов ПС, проявлявшийся изолированным поражением лучевого ($n=5$), локтевого ($n=9$) нервов и их комбинацией ($n=2$). Клиническими паттернами являлись локальный болевой синдром и положительный симптом Тиннеля-Гофмана-Гольдберга в

проекции спирального или кубитального каналов. ЭНМГ-картина характеризовалась аксонально-демиелинизирующим блоком проведения импульсов. Эффективным способом хирургической коррекции данного патологического состояния явился неврилиз ствола пораженного нерва в зоне анатомического сужения с интраоперационной имплантацией стимулирующего электрода и последующим курсом прямой ЭС. При контрольном обследовании через 3 месяца после операции отмечено статистически значимое улучшение ЭНМГ-показателей: амплитуда М-ответа лучевого нерва увеличилась с $0,22 \pm 0,08$ мВ до $0,58 \pm 0,12$ мВ ($p=0,003$), локтевого нерва – с $0,18 \pm 0,06$ мВ до $0,62 \pm 0,14$ мВ ($p=0,002$). Мышечная сила возросла с $1,4 \pm 0,5$ до $3,2 \pm 0,6$ баллов ($p=0,001$), а показатель по шкале DASH снизился с $75,2 \pm 8,5$ до $32,4 \pm 10,1$ балла ($p<0,001$). Восстановление полезной функции конечности достигнуто у 13 (81,25%) пациентов (Таблица 3).

Таблица 3 – Сравнительная эффективность хирургического лечения синдрома отсутствия динамики восстановления длинных стволов плечевого сплетения (неврилиз с последующей ЭС)

Параметр оценки	До операции (Исходные данные)	Через 3 месяца после операции	Динамика (в % от исходного уровня)	P-value (критерий Вилкоксона)
ЭНМГ-показатели лучевого нерва				
Амплитуда М-ответа, мВ	$0,22 \pm 0,08$	$0,58 \pm 0,12$	+163%	$p=0,003$
Латентность, мс	$6,8 \pm 1,1$	$4,8 \pm 0,9$	-29%	$p=0,011$
ЭНМГ-показатели локтевого нерва				
Амплитуда М-ответа, мВ	$0,18 \pm 0,06$	$0,62 \pm 0,14$	+244%	$p=0,002$
Латентность, мс	$7,2 \pm 1,3$	$5,1 \pm 1,0$	-29%	$p=0,009$
Клинические показатели				
Мышечная сила (баллы по Ловетту)	$1,4 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,6$	+128%	$p=0,001$
Функциональный исход (опросник DASH), баллы	$75,2 \pm 8,5$	$32,4 \pm 10,1$	-57%	$p<0,001$
Примечание: данные представлены как $M \pm m$. Процентная динамика рассчитана для средних значений				

Таким образом, комбинированная методика МН с двухуровневой ЭС продемонстрировала статистически значимые преимущества в лечении пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости по его стволам, обеспечивая более быстрое снижение болевого синдрома, лучшее восстановление нервно-мышечной проводимости и функции пораженной конечности по сравнению с изолированным МН и его комбинацией с одноуровневой ЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о высокой актуальности и медико-социальной значимости ЗППС, сопровождающихся синдромом полного нарушения проводимости, в структуре которой преобладают пациенты мужского пола молодого и среднего возраста. В рамках работы были разработаны и внедрены в клиническую практику оригинальные методы электрофизиологической диагностики, обеспечивающие надежную дифференциацию преганглионарных и постганглионарных повреждений и точное определение уровня поражения, что является основой для оптимизации хирургического доступа.

Сравнительный анализ эффективности различных хирургических тактик продемонстрировал преимущества комбинированной методики, интегрирующей МН с двухуровневой электростимуляцией (периферических нервных стволов и сегментарного аппарата СМ на уровне шейного утолщения). Применение данного подхода позволило достичь статистически значимого ($p=0,041$) снижения болевого синдрома, позитивной динамики электрофизиологических показателей ($p<0,05$) и улучшения функциональных исходов ($p=0,001$) в сравнении с изолированным МН и МН в сочетании с прямой ЭС стволов ПС.

В ходе исследования идентифицированы и охарактеризованы клинико-электрофизиологические паттерны синдрома отсутствия динамики восстановления, ассоциированного с туннельной нейропатией. Для коррекции данного состояния был предложен и апробирован эффективный хирургический метод, сочетающий невролиз с прямой электростимуляцией, обеспечивающий

статистически значимое улучшение показателей ЭНМГ ($p=0,003$ для амплитуды М-ответа лучевого нерва; $p=0,002$ для амплитуды М-ответа локтевого нерва), мышечной силы ($p=0,001$) и функциональных исходов по шкале DASH ($p<0,001$). Таким образом, реализация комплексного дифференцированного подхода способствует значительному улучшению результатов лечения и сокращению сроков реабилитации пациентов с закрытыми постганглионарными повреждениями ПС.

ВЫВОДЫ

1. Разработанные и внедренные в клиническую практику способы электрофизиологической диагностики уровня (надключичный/подключичный) и характера (преганглионарный/постганглионарный) поражения ПС при закрытых повреждениях с синдромом полного нарушения проводимости по его стволам (патенты РФ № 2797743, № 2821358, № 2801027) обеспечивают статистически значимое улучшение электрофизиологических показателей (увеличение амплитуды М-ответа на 42,6–58,3% ($p=0,003$) и сокращение ЛП на 26,4–33,1% ($p=0,011$)), оптимизируя выбор хирургического доступа, объем вмешательства и снижая его травматичность.

2. МН в сочетании с двухуровневой ЭС (прямая и эпидуральная) у пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости по его стволам обеспечивает статистически значимое превосходство над изолированным МН или его комбинацией с одноуровневой ЭС в регрессе болевого синдрома (по шкале ВАШ, $p=0,041$), улучшении электрофизиологических показателей (увеличение амплитуды М-ответа ($p=0,003$) и сокращение ЛП ($p=0,011$)), повышении мышечной силы (по шкале Ловетта, $p=0,001$) и функциональных исходов (по опроснику DASH).

3. Выявленные клинические (стойкий локальный болевой синдром, положительный симптом Тиннеля-Гофмана-Гольдберга в проекции анатомических туннелей в 100% случаев) и электрофизиологические (аксонально-демиелинизирующий блок проведения импульсов по данным ЭНМГ с амплитудой

М-ответа $0,18 \pm 0,06$ мВ для локтевого и $0,22 \pm 0,08$ мВ для лучевого нервов при ЛП $7,2 \pm 1,3$ мс и $6,8 \pm 1,1$ мс соответственно) паттерны отсутствия динамики восстановления длинных стволов ПС, позволяют объективизировать показания к хирургической коррекции данного патологического состояния.

4. Предложенный способ хирургической коррекции синдрома отсутствия динамики восстановления длинных стволов ПС в виде МН с интраоперационной имплантацией электрода для проведения курса прямой ЭС обеспечивает статистически значимое улучшение нейрофизиологических (увеличение амплитуды М-ответа на 163% для лучевого ($p=0,003$) и 244% для локтевого ($p=0,002$) нервов, сокращение латентности на 29% ($p=0,009-0,011$)) и клинических показателей (достижение мышечной силы ≥ 3 баллов по Ловетту у 81,25% пациентов ($p=0,001$), снижение функциональной недостаточности по шкале DASH на 57% ($p<0,001$)) в ближайшем (3 месяца) и отдаленном послеоперационных периодах.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для определения тактики хирургического лечения пациентов с ЗППС и синдромом полного нарушения проводимости необходимо использовать сочетание стимуляционной ЭНМГ с магнитной стимуляцией, что позволяет дифференцировать преганглионарные и постганглионарные повреждения и устанавливать уровень повреждения ПС в надключичной, либо подключичной топографо-анатомических областях.

2. В структуре хирургического лечения ЗППС при КРБС в верхней конечности высокой степени интенсивности в сочетании с выраженной функциональной недостаточностью предпочтение следует отдавать комбинированной методике, включающей МН и двухуровневую ЭС структур как периферической, так и центральной нервной системы.

3. При развитии синдрома отсутствия динамики восстановления по длинным стволам ПС, связанного с туннельной нейропатией целесообразно хирургическое вмешательство, направленное, на ревизию, невролиз, декомпрессию

ствола нерва в зоне его анатомического сужения, а также имплантацию многоканального стимулирующего электрода на ствол периферического нерва с последующим проведением курса ЭС.

4. В послеоперационном периоде необходимо проводить комплексную нейрореабилитацию, включающую физиотерапию, лечебную физкультуру и медикаментозную поддержку (антихолинэстеразные средства, витамины группы В, препараты тиоктовой кислоты). Контроль эффективности лечения должен осуществляться с помощью динамического клинического, ЭНМГ мониторинга.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективы дальнейшей разработки темы связаны с углублённым изучением клеточно-молекулярных механизмов действия многоуровневой ЭС на процессы нейропластичности, нейродинамики и нейрорегенерации, а также с проведением многоцентровых исследований для валидации оптимальных параметров импульсного тока, сроков применения и продолжительности курсовой электростимуляции в структуре комплексного лечения при травмах и заболеваниях периферической нервной системы. Требуется разработка новых и оптимизация существующих алгоритмов для персонализированного выбора режимов нейромодуляции на основе индивидуальных электрофизиологических и клинических паттернов, что позволит создать унифицированные протоколы лечения. Перспективным направлением является внедрение новых технологий, связанных с применением систем адаптивной стимуляции периферических нервов с оценкой долгосрочных результатов и расчетом экономической эффективности методики. Решение вышеуказанных задач позволит создать научно-обоснованные клинические протоколы, повысить предсказуемость результатов и расширить арсенал методов реабилитации пациентов с тяжелыми повреждениями периферических нервов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Результаты реконструктивно-восстановительного хирургического лечения пациента с сочетанными повреждениями сосудисто-нервного пучка верхней конечности (случай из практики) / Д.К. Джумагишиев, С.П. Бажанов, В.С. Толкачев, И.Н. Щаницын, Р.М. Бахарев, **С.Д. Шувалов** // **Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова.** – 2021. – Т.13, №2. - С. 109-113.
2. Шувалов, С.Д. Результаты лечения пациентов с тракционными повреждениями плечевого сплетения методом электростимуляции / **С.Д. Шувалов**, В.С. Толкачев, С.П. Бажанов // Материалы XIX-XX Всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения». - 2021. - Т. 13. – С. 31.
3. Ближайшие результаты лечения пациентов с закрытыми повреждениями нервов верхних конечностей / **С.Д. Шувалов**, С.П. Бажанов, В.С. Толкачев, Г.А. Коршунова, В.Ю. Ульянов, В.В. Островский // Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики: Сборник научных трудов. - Саратов: Амирит, 2022. С.140-141.
4. Сравнительный анализ результатов применения различных методов хирургического лечения у пациентов с закрытыми повреждениями плечевого сплетения / **С.Д. Шувалов**, С.П. Бажанов, В.С. Толкачев, Г.А. Коршунова, В.В. Островский // Материалы XXII Всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения». – СПб., 2023. - С. 141.
5. Сравнительный анализ клинико-неврологических результатов хирургического лечения пациентов с закрытыми повреждениями нервов верхней конечности с синдромом полного нарушения проводимости по их стволам / С.П. Бажанов, **С.Д. Шувалов**, Г.А. Коршунова, В.В. Островский // Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики: Сб. научн. трудов. – НИИТОН СГМУ. – Саратов: Амирит, 2023. - С. 7-10.
6. Сравнительный анализ электрофизиологических результатов хирургического лечения пациентов с закрытыми мононевропатиями верхних конечностей / **С.Д. Шувалов**, С.П. Бажанов, Г.А. Коршунова, В.В. Островский //

Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики: Сб. научных трудов. – Саратов: Амирит, 2023. - С. 109-112.

7. База данных клинических и электрофизиологических параметров оценки состояния периферических нервов у пациентов с закрытыми тракционными повреждениями плечевого сплетения: **Свидетельство о регистрации базы данных RU 2021621417** / С.П. Бажанов, **С.Д. Шувалов**, Г.А. Коршунова, В.В. Островский; Правообладатель ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России. - № 2021621328 / заявл. 30.06.2021; опубл. 01.07.2021. Бюл. №7. – 1с.

8. Современные представления об особенностях клиники, диагностики и комплексного лечения пациентов с закрытыми тракционными повреждениями плечевого сплетения (обзор литературы) / С.П. Бажанов, **С.Д. Шувалов**, В.В. Островский, В.Ю. Ульянов, С.В. Капралов, В.С. Толкачев, Г.А. Коршунова, А.А. Чехонацкий // **Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова. - 2022. - Т. XIV, №1-1. - С. 137-145.**

9. Сравнительный анализ ближайших результатов хирургического лечения пациентов с закрытыми тракционными повреждениями плечевого сплетения / С.П. Бажанов, **С.Д. Шувалов**, Р.М. Бахарев, С.В. Капралов, Г.А. Коршунова, В.Ю. Ульянов, В.В. Островский // **Гений ортопедии. - 2022. - Т. 28, № 5. - С. 631-635.**

10. Результаты применения различных методов хирургического лечения у пациентов с закрытыми тракционными повреждениями плечевого сплетения / С.П. Бажанов, **С.Д. Шувалов**, Г.А. Коршунова, Ш.М. Айтемиров, В.В. Островский // **Гений ортопедии. - 2023. - Т. 29, № 4. - С. 351-356.**

11. Шувалов, С.Д. Способ диагностики уровня повреждения первичных и вторичных двигательных ветвей плечевого сплетения с синдромом полного нарушения проводимости по его стволам: **Патент на изобретение RU 2797743** / **С.Д. Шувалов**, Г.А. Коршунова, С.П. Бажанов; Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения

Российской Федерации. - № 2023106592 / заявл. 02.03.2023; опубл. 08.06.2023, Бюл. №16. - 9 с.

12. Шувалов, С.Д. Способ выбора хирургического доступа при закрытых повреждениях плечевого сплетения с синдромом полного нарушения проводимости по его стволам: **Патент на изобретение RU 2801027 / С.Д. Шувалов, С.П. Бажанов, Г.А. Коршунова**; «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России. - № 2023106603 / заявл. 21.03.2023; опубл. 2023, Бюл. №. 22. – 11с.

13. Шувалов, С.Д. Способ диагностики преганглионарного повреждения спинных корешков, входящих в состав плечевого сплетения: **Патент на изобретение RU 2821358 / С.Д. Шувалов, Г.А. Коршунова, С.П. Бажанов**; Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации. - № 2023126167 / заявл. 12.10.2023; опубл. 21.06.2024, Бюл. № 18 – 8 с.

14. Шувалов, С.Д. Отдаленные результаты лечения пациентов с закрытым повреждением первичных стволов плечевого сплетения и синдромом полного нарушения проводимости / С.Д. Шувалов, С.П. Бажанов // Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики. – Саратов, 2025. - С 127-129.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВАШ – визуально-аналоговая шкала боли

ЗППС – закрытое повреждение плечевого сплетения

КРБС – комплексный регионарный болевой синдром

ЛП – латентный период

МН – микрохирургический невролиз

М-ответ – мышечный ответ

ПС – плечевое сплетение

СМ – спинной мозг

ЭНМГ – электронейромиография

ЭС – электростимуляция

DASH – опросник исходов и неспособности руки и кисти