

*На правах рукописи*

**ГУЛАЕВ ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**

**КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
РАДИКУЛОПАТИЧЕСКИХ И МОТОНЕЙРОНАЛЬНЫХ ПОРАЖЕНИЙ**

3.3.3. Патологическая физиология

3.1.24. Неврология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Москва – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Научные руководители:**

доктор медицинских наук, доцент **Баклашев Владимир Павлович**  
доктор медицинских наук, профессор **Линьков Вячеслав Викторович**

**Официальные оппоненты:**

**Никитин Сергей Сергеевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой генетики неврологических болезней Института высшего и дополнительного профессионального образования Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Медико-генетический научный центр имени академика Н.П. Бочкова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Лаптева Кристина Николаевна** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории клинической нейрофизиологии Федерального государственного автономного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации

Защита состоится «20» февраля 2025 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.180.01, созданного на базе ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», по адресу: 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «НИИОПП», а также на сайте <http://www.niiopp.ru/>

Автореферат разослан

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ года

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор биологических наук



Н.Б Панкова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность и степень разработанности темы исследования

В последнее время наблюдается растущий интерес к исследованиям в области диагностики и фундаментального анализа патологий сегментов спинного мозга, включая уровни переднероговых и корешковых поражений, что во многом стало возможным за счет активного развития нейрофизиологических и нейровизуализационных методов диагностики (Пирадов, Иллариошкин, 2015; Alluri et al., 2021; Dikmen et al., 2021; Samuelly-Leichtag et al., 2022; Zhang et al., 2023).

В клинической практике важное значение приобретает нейрофизиологический мониторинг состояния мотонейронального сегментарного и корешкового уровней поражения нервной системы, и, в первую очередь, на основе анализа показателей соматосенсорных (ССВП) и моторных вызванных потенциалов (МВП) (Iorio et al., 2023; Melachuri et al., 2020; Murphy et al., 2017; Sandner et al., 2013; Wilent, Trott, Sestokas, 2021). Среди заболеваний, имеющих известную и относительно изолированную локализацию поражения спинномозговых корешков и передних рогов спинного мозга, рассматриваются дискогенные радикулопатии на поясничном уровне (ДРПУ) и спинальная мышечная атрофия (СМА), соответственно. Полученные при нейрофизиологическом мониторинге сведения при ДРПУ и СМА могут рассматриваться в качестве моделей при других патологиях с повреждением соответствующего уровня (MacDonald et al., 2019; Mercuri et al., 2018). Проведены лишь немногочисленные исследования МВП, полученных в ходе транскраниальной электростимуляции при ДРПУ и СМА (Вишневыский и др., 2005; Brooks, Sponseller, 2016; Kay et al., 2020; Pastorelli et al., 2015).

Необходимость нейрофизиологического мониторинга с целью функционального контроля возникает в случаях хирургического лечения заболеваний позвоночника и спинного мозга и проводится интраоперационно (ИОНМ), в том числе при коррекции нейромышечного сколиоза, развивающегося у большинства пациентов со СМА 2-го и 3-го типов. Риск возникновения интраоперационного дефицита у таких пациентов значительно выше по сравнению с коррекцией других деформаций позвоночника (Удалова, Михайловский, 2013; Mercuri et al., 2018; Pastorelli et al., 2015).

Для профилактики интраоперационных осложнений, а также последующей оценки проводящих путей спинного мозга при операциях на позвоночнике необходима разработка эффективных экспериментальных животных моделей (Nardone et al., 2017; Ye et al., 2018). До сих пор в России не были представлены релевантные исследования изолированного корешкового и мотонейронального поражений в условиях ИОНМ.

Таким образом, исследование соматосенсорных и моторных вызванных потенциалов при радикулярных и мотонейрональных поражениях нервной системы при ИОНМ с целью контроля проводимого оперативного вмешательства на позвоночнике и профилактики возможных интраоперационных осложнений определяют высокую актуальность данной научной работы.

### **Цель исследования**

На основании анализа клинических данных, соматосенсорных и моторных вызванных потенциалов при радикулярных и мотонейрональных поражениях нервной системы оптимизировать протоколы проведения интраоперационного нейрофизиологического мониторинга оперативных вмешательств на позвоночнике.

### **Задачи исследования**

1. Дать клинико-нейрофизиологическую характеристику корешковых синдромов при дискогенных радикулопатиях на поясничном уровне в зависимости от возраста и пола пациентов, а также уровня и типа дискогенных поражений.
2. Провести клинико-функциональное сопоставление интраоперационных показателей МВП и ССВП при хирургическом лечении грыж межпозвоночных дисков на поясничном уровне и на раннем постоперационном этапе для ССВП; оптимизировать протоколы проведения интраоперационного мониторинга МВП и ССВП при радикулярных поражениях.
3. Определить клинико-функциональные особенности МВП и ССВП при СМА, а также оптимизировать протоколы проведения ИОНМ при нейромышечных деформациях позвоночника, вызванных поражением нижнего мотонейрона.
4. Разработать экспериментальную модель спинального/радикулярного уровня поражения с оценкой МВП и ССВП для предотвращения интраоперационных осложнений с последующим контролем проводящих путей спинного мозга.

### **Научная новизна работы**

Получены новые данные о параметрах МВП и ССВП при дискогенных радикулопатиях на поясничном уровне, а также их динамика в зависимости от роста, возраста и веса пациента.

Обоснована необходимость проведения ИОНМ ССВП и МВП при дискогенных поражениях на поясничном уровне с целью контроля проводимого оперативного вмешательства. Получены доказательства наличия интраоперационных изменений МВП и ССВП при изолированном радикулярном поражении на поясничном уровне.

Впервые в России проведено исследование транскраниальных электрических МВП при изолированном поражении сегментарных мотонейронов, представлена возможность надежного интраоперационного контроля с оптимизацией параметров стимуляции.

Разработана экспериментальная модель дозированного повреждения спинного мозга с интра- и постоперационным контролем МВП и ССВП для изучения формирующихся патологических процессов при мотонейрональных и радикулярных поражениях.

### **Теоретическая и практическая значимость**

На основании изучения данной темы впервые в России проведено клинико-нейрофизиологическое проспективное исследование ИОНМ при дискогенных радикулопатиях на поясничном уровне, с использованием МВП и ССВП.

Показано влияние антропометрических факторов, возраста и локализации грыж межпозвоночных дисков (ГМД) при радикулопатиях на поясничном уровне на показатели МВП и ССВП.

Полученные при микродискэктомиях параметры изолированного поражения корешков, а также оптимизированные протоколы проведения ИОНМ МВП и ССВП рекомендованы к применению для контроля возможного корешкового повреждения в ходе проведения спинальных операций, в том числе при коррекции деформаций позвоночника, стенозах позвоночного канала.

В клиническую практику хирургической коррекции нейромышечного сколиоза успешно внедрена методика ИОНМ МВП у пациентов со СМА. Были определены и оптимизированы параметры мониторинга МВП, полученных с помощью транскраниальной электрической стимуляции, и выявлены их особенности у данных пациентов.

Предложена экспериментальная модель дозированного повреждения спинного мозга под контролем ИОНМ МВП и ССВП с их последующей послеоперационной динамикой, которая может использоваться в фундаментальных, прикладных, лечебных и реабилитационных исследованиях.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Регистрация изменений ССВП и МВП при ИОНМ возможна даже при изолированном дискогенном радикулярном поражении.
2. По данным ИОНМ ССВП и МВП, при выполнении радикулярной декомпрессии во время микродискэктомий полное функциональное восстановление проведения по корешку не достигается к моменту завершения хирургического вмешательства.
3. У пациентов со СМА при хирургической коррекции нейромышечного сколиоза необходим ИОНМ МВП и ССВП для профилактики интраоперационных осложнений.
4. Установлено, что для надежной регистрации и повышения амплитуды МВП в большем количестве мышц при поражении сегментарных мотонейронов наиболее эффективной является фасилитация стимуляцией двойным трейном. Оптимальные длительности межтрейнового интервала составляют 12 или 20 мс.
5. Экспериментальная модель спинального и корешково-спинального поражения, разработанная на самцах обезьян (*Macaca mulatta*), воспроизводит этиологию и патогенез феномена интраоперационного повреждения. Она может быть использована для разработки клинических методов предотвращения интраоперационных осложнений и оптимизации послеоперационного контроля.

#### **Личный вклад автора**

Автор сформулировал научную гипотезу и дизайн исследования, провёл анализ научной литературы и освоил ИОНМ ССВП и МВП. Был выполнен отбор пациентов и их клиническое обследование. Все пациенты прошли нейрофизиологическое исследование ССВП и МВП на пред- и интраоперационных этапах. Автор также провёл ИОНМ ССВП и МВП, а затем осуществил динамическое наблюдение в рамках создания животной экспериментальной модели. Диссертант провёл статистическую обработку и анализ полученных данных, результаты были опубликованы в научных журналах и представлены на многочисленных конференциях.

### **Степень достоверности и обоснованности проведенного исследования**

Достоверность исследования подтверждена достаточным количеством исследованных пациентов, с подробной клинико-функциональной характеристикой и проведением ИОНМ МВП и ССВП. В процессе реализации работы использовались современные методики и сертифицированное нейрофизиологическое оборудование. Обработка полученных результатов осуществлялась при помощи адекватно подобранных статистических методов, что подтверждает доказательность представленных данных. Достоверность результатов подтверждена актом проверки первичной документации диссертационной работы.

Материалы диссертационной работы были представлены на следующих конференциях: «Клиническая нейрофизиология и нейрореабилитация» (Санкт-Петербург, 2021); II Конгресс клинических нейрофизиологов Азии и Европы (Киев, 2021); «Intraoperative Neuromonitoring For Neurosurgeons: practical aspects and clinical applications» (Москва, 2021); 7th Congress of the International Society of Intraoperative Neurophysiology and Educational Course (Австрия, Вена, 2019); XI Всероссийский съезд неврологов и IV конгресс Национальной ассоциации по борьбе с инсультом (Москва, 2019); «Нейрофизиологический мониторинг. От концепции до воплощения» (Москва, 2019); «Актуальные вопросы профилактики, ранней диагностики, лечения и медицинской реабилитации больных с неинфекционными заболеваниями и травмами» (Иваново, 2017); «Медико-биологические, клинические и социальные вопросы здоровья и патологии человека» (Иваново, 2014, 2015); X Международная Пироговская научная медицинская конференция студентов и молодых ученых (Москва, 2015).

### **Внедрение результатов работы**

Результаты внедрены в практическую работу отделений патологии позвоночника и функциональной диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова» Минздрава России (г. Москва).

По результатам работы были оптимизированы и внедрены в стандартное программное обеспечение шаблоны проведения ИОНМ при операциях по поводу радикулярных поражений, а также нейромышечных и идиопатических сколиозов для системы «Нейро-ИОМ» (ООО «Нейрософт»), единственного российского производителя систем для ИОНМ.

### **Публикации**

По теме диссертационной работы опубликовано 16 научных работ, из которых 7 опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ и приравненных к ним публикациях.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертационная работа представлена на 152 страницах машинописного текста, содержит рисунки (26), таблицы (24), список литературы, состоящий из 28 отечественных и 208 иностранных источников. В составе выделяются введение, материалы и методы, результаты собственных исследований, обсуждение полученных данных, выводы и практические рекомендации.

## МАТЕРИАЛЫ, ДИЗАЙН И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Дизайн исследования

Работа над диссертацией проводилась на кафедре неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» МЗ РФ в несколько этапов. Исследования были сравнительными, проспективными, одноцентровыми, нерандомизированными.

1. **Первый этап:** исследование проводилось на базе ОБУЗ «Ивановская областная клиническая больница». Был осуществлен отбор и клинико-функциональное обследование пациентов ДРПУ, поступающих для проведения микродискэктомии. В ходе операций выполнялся ИОНМ, оценивались показатели здоровой стороны и стороны ДРПУ. Были сформированы две группы исследования: ДРПУ ССВП (56 пациентов) и ДРПУ МВП (43 пациента), с последующей статистической обработкой данных.

Дополнительно у 15 пациентов из группы ССВП проводились предоперационная (за 2–5 дней до операции) и постоперационная (через 3–5 дней после операции) лабораторные оценки показателей ССВП для нижних конечностей.

2. **Второй этап:** совместно с Центром патологии позвоночника А. Н. Бакланова (г. Москва). Проведено клинико-функциональное обследование 12 пациентов со спинальной мышечной атрофией (СМА), поступивших для хирургической коррекции нейромышечного сколиоза (НМС). В контрольную группу вошли 10 пациентов с идиопатическим сколиозом (ИПС) без неврологического дефицита. Всем пациентам на протяжении оперативного вмешательства проводился ИОНМ ССВП и МВП с целью профилактики осложнений.

Дополнительно было проведено пилотное исследование по поиску оптимальных параметров стимуляции при регистрации МВП у данных пациентов. Участвовало 6 пациентов с нейромышечным сколиозом при СМА и 8 пациентов с идиопатическим сколиозом.

3. **Третий этап:** экспериментальное исследование в сотрудничестве с ФНКЦ ФМБА России (г. Москва) на шести макаках-резус. Проведено предоперационное клинико-функциональное исследование, затем под контролем ССВП и МВП наносилась дозированная спинальная травма с последующим динамическим клинико-функциональным контролем на различных временных этапах.

### Проведение комплексного предоперационного обследования пациентов

Для всех групп пациентов оценивались: анамнез заболевания, характер жалоб, сопутствующая патология. Проводился клинический и неврологический осмотр пациента, оценивались антропометрические показатели. Неврологический осмотр проводился после пробуждения и на второй день после операции.

В группах ДРПУ оценивалась выраженность болевого синдрома по ВАШ. Оценивались объемы произвольных движений и сила разных мышечных групп нижних конечностей по шкале MRC. В группе ДРПУ с учетом уровня локализации преимущественно оценивались мышечная сила сгибателей и разгибателей стопы, пальцев нижних конечностей. В группе пациентов со СМА оценивалась сила мышц всех основных мышечных групп. Болевая чувствительность оценивалась при помощи стандартных методик с определением

границ гипо- и анестезии.

В группах коррекции сколиоза оценивались все классические сухожильные рефлексy, для пациентов с ДРПУ — только ахиллового рефлекса. Пациентам с ДРПУ предоперационно проводилось МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника, пациентам со сколиозом выполнялась рентгенография всех отделов позвоночника, при необходимости — МРТ.

### **Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг**

Пациентам проводился ИОНМ при помощи системы «Нейро-ИОМ» (ООО «Нейрософт») в процессе оперативного вмешательства: транскраниальные МВП, ССВП, тест правильной установки транспедикулярных винтов, спонтанная ЭМГ, контроль уровня миорелаксации (ТОF-стимуляция).

Мониторинг ССВП: регистрировались корковые ответы ССВП Р38 и N46 для нижних конечностей: проводилась поочередная стимуляция n. tibialis в области медиальной лодыжки: длительностью импульса 200 мкс и с частотой от 3,12 до 4,72 Гц, интенсивность от 15 до 90 мА. Производилось усреднение от 200 до 500 стимулов. ССВП ответ регистрировался при помощи corkscREW-электродов в проекции Cz-Fz по системе наложения электродов ЭЭГ «10-20%». На протяжении операции проводилась динамическая оценка показателей латентности и амплитуды Р38 и N46 на стороне ДРПУ в сравнении со здоровой.

Мониторинг МВП: на протяжении операции фиксировались показатели латентности и амплитуды МВП на транскраниальную электрическую стимуляцию для m. abductor hallucis (АН) и m. tibialis anterior (ТА). Стимуляция проводилась в точках, соответствующих отведениям С3-С4/С4-С3 по системе наложения электродов ЭЭГ «10-20%». Оценивались показатели на момент завершения операции.

При ИОНМ пациентов со сколиозом, регистрирующие игольчатые электроды также устанавливались в мышцах: vastus lateralis, sphincter ani, external oblique, rectus abdominis, abductor pollicis brevis.

При поиске оптимальных параметров стимуляции, регистрация МВП производилась при помощи одиночных и двойных трейнов из 6 стимулов, длительностью 0,2 мс каждый, с межстимульным интервалом 3 мс, последовательно с разной длительностью межтрейнового интервала (МТИ) 12, 20, 50, 80, 100 мс. Анализировались индивидуальная максимальная амплитуда МВП ТА, а также суммарная амплитуда всех анализируемых мышц.

### **Методология экспериментального этапа**

Работа выполнена на 6 половозрелых обезьянах-самцах (Macaca mulatta), возраст — 2,5–3,4 года на момент начала эксперимента, без неврологического дефицита. Протокол эксперимента был одобрен локальной биоэтической комиссией НИИ медицинской приматологии РАН (Протокол заседания ЛЭК от 13.07.2016) и Локальным этическим комитетом ФГБУ ФНКЦ ФМБА России (Протокол №10а от 12.09.2016). Животных поделили на две группы: G1 с нанесением повреждения на уровне Th-9-10, G2 – на уровне Th7-8. Хирургическое вмешательство осуществлялось в условиях стерильной операционной в положении животного на животе, в условиях ингаляционной анестезии. Под контролем операционного микроскопа и интраоперационной регистрации ССВП и МВП иссекалось 25%

поперечного сечения спинного мозга в проекции левого заднего канатика и наружной части левого бокового канатика. Степень неврологического дефицита определялась с помощью модифицированной шкалы Hindlimb score (за основу взята шкала, описанная в работе Z. Ma et al.). МВП и ССВП интраоперационно и с последующей послеоперационной динамикой проводились по стандартным вышеописанным методикам с оценкой мышечных ответов и пиков коркового ответа (P1 и N1), соответственно. Через 12 недель после выполнения последнего исследования ССВП и МВП, животных глубоко наркотизировали с проведением забора тканевого материала для гистологического и иммуногистохимического анализа.

### **Статистическая обработка данных**

Анализ данных проводился с использованием программ Microsoft Office Excel и IBM SPSS Statistics 22. Проверка нормальности распределения осуществлялась критерием Колмогорова-Смирнова. Различия в группах анализировались с помощью параметрического критерия Стьюдента и непараметрических критериев Манна-Уитни для независимых выборок и Вилкоксона для зависимых. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Результаты представлены как среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение. Корреляции оценивались коэффициентами Пирсона ( $r$ ) и Спирмена ( $R$ ). Качественные признаки — в виде абсолютных и относительных частот.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

### **Клинико-функциональные характеристики пациентов группы ДРП**

#### ***Клинико-неврологическая характеристика группы ССВП***

В группе получены данные ССВП у 56 пациентов (22 (39,3%) — женщины, 34 (60,7%) — мужчины), средний возраст —  $45,76 \pm 10,70$  лет. Средний рост обследуемых  $172,38 \pm 8,97$  см, средний вес —  $80,44 \pm 14,26$  кг.

Левосторонние ГМД были определены у 28 (50%) пациентов, правосторонние — у 22 (39,3%), двусторонние — у 6 (10,3%). ГМД L4-L5 — у 34 (60,3%) пациентов. Длительность заболевания у всех пациентов составляла более 1 года.

У всех пациентов с ДРПУ в группах ССВП и МВП наблюдался болевой синдром в области поясницы, а также радикулярные боли в конечностях с интенсивностью не меньше 4 баллов по шкале ВАШ. Тазовых нарушений в исследуемых группах не наблюдалось.

Односторонние чувствительные нарушения определялись у 36 пациентов (64,3%) при односторонней ДРПУ, у 3 (5,4%) — при двухсторонних, отсутствовали у 17 (30,4%) человек. Среди пациентов с гипестезией она выявлялась в дерматомах: L5 — у 11 человек (19,6%), S1 — у 17 (30,4%), L4, L5 — у двух (3,6%), L5, S1 — у четырех (7,1%), L4-S1, L5-S2 — у двух (3,6%). Случаи гиперестезии не были обнаружены. Симптомы натяжения нервных стволов определялись у 48 пациентов. Двигательные нарушения в виде пареза мышц или снижения/исчезновения ахиллового рефлекса были отмечены у 36 пациентов. Односторонний парез мышц передней и латеральной групп голени зафиксирован у 6 пациентов, задней группы — у 2.



Значимых корреляционных связей показателей латентности пиков P38 и N46 от возраста не было выявлено. При оценке показателей латентности ССВП от роста была получена прямая выраженная корреляционная связь, для амплитуды – обратная. Показатели латентности ССВП продемонстрировали прямую корреляционную связь с весом (таблица 3).

**Таблица 3** – Корреляция показателей ССВП в зависимости от антропометрических показателей и возраста пациентов (n = 50)

Показатель		Сторона ДРП (n = 50)			Здоровая сторона (n = 50)		
		P38	N46	Амплитуда	P38	N46	Амплитуда
Рост	Коэффициент корреляции Спирмена	0,675	0,640	-0,295	0,718	0,697	-0,338
	Достоверность (p)	<0,01	<0,01	0,042	<0,01	<0,01	0,019
Вес	Коэффициент корреляции Спирмена	0,526**	0,500**	-0,113	0,460**	0,448**	-0,224
	Достоверность (p)	<0,01	<0,01	0,446	<0,01	<0,01	0,125

Отмечено выраженное замедление проведения ССВП на стороне ДРПУ при ГМД L4-L5 по сравнению с ГМД L5-S1 (таблица 4), что, вероятно, связано с большим вовлечением в патологический процесс L5 корешка, на здоровой стороне значимых отличий не выявлено.

**Таблица 4** – Характеристика ССВП в зависимости от уровня поражения

	Сторона ДРП		
	P38, мс*	N46, мс*	Амплитуда P38-N46, мкВ
ГМД L4-L5	44,92 ± 4,44	52,78 ± 4,63	0,91 ± 0,69
ГМД L5-S1	42,10 ± 4,75	49,73 ± 5,56	0,84 ± 0,70
Достоверность	p= 0,039	p= 0,047	p= 0,72

Максимальные, минимальные и средние латентности ССВП всех усреднений на протяжении операции у пациентов достоверно (p <0,05) различались при попарном анализе. Асимметрия ответов в каждом отрезке времени сохранялась независимо от колебаний латентности ССВП.

При проведении исследования ССВП у 15 пациентов из группы ДРПУ до операции и на 5–7 день после операции, значимых изменений показателей коркового ответа не отмечалось (таблица 5).

Полного функционального восстановления показателей латентности ССВП при ДРПУ не происходит ни непосредственно после декомпрессии корешка, ни на 5 день после оперативного вмешательства.

При проведении ИОНМ ССВП с нижних конечностей во время операции дискэктомии под ингаляционной анестезией наиболее информативными и воспроизводимыми являлись латентности пиков P38 и N46, достоверных различий показателей амплитуды не выявлено.

**Таблица 5** – Сравнительная характеристика динамики латентностей пика Р38

Латентность Р38	Сторона поражения	Здоровая сторона
До операции (n = 15)	38,93 ± 2,91 мс	37,72 ± 2,61 мс
На момент окончания операции (n = 50)	43,74 ± 4,74 мс	41,67 ± 3,54 мс
Через 5–7 дней после операции (n = 15)	39,11 ± 2,64 мс	37,91 ± 3,01 мс

Получены значимые гендерные различия латентности ССВП при проведении микродискэктомии на поясничном уровне. Среди главных факторов, определяющих латентность ССВП, являются гендерные различия, рост, вес и уровень ДРПУ.

***Клинико-неврологическая характеристика группы пациентов с использованием анализа МВП.***

В группе получены данные МВП у 43 (20 женщин) пациентов в возрасте от 27 до 69 лет. Значимого преобладания по стороне развития ДРПУ (слева или справа) в исследуемых группах не выявлено. ДРПУ на уровне L4-L5 наблюдалась у 22 человек (51,2%), на уровне L5-S1 — у 19 человек (44,2%), на обоих уровнях — у 2 человек (4,7%). Длительность заболевания составила от 1 до 12 лет. МВП получены у 38 пациентов с односторонней локализацией ДРПУ (левосторонней — у 20 (52,6%), правосторонней — у 18 (47,4%)), двусторонней — у 5.

У 13 из 43 больных (30,2%) клинических чувствительных или двигательных выпадений выявлено не было. Из 30 пациентов с односторонней или двусторонней ДРПУ сенсорно-моторные нарушения регистрировались в 11 случаях (36,7%), сенсорные — в 15 (50,0%), моторные — в 4 (13,3%).

Клинически односторонние сенсорные нарушения наблюдались у 25 пациентов (96,2%), двусторонние — у одного (3,8%). Гипестезия выявлялась в 8 случаях в дерматоме L5 (30,8%), в 11 — в дерматоме S1 (42,3%), в двух — в дерматомах L4-L5 (7,7%), в четырех — в дерматомах L5-S1 (15,4%), в одном случае — в дерматомах L4-S1 (3,8%). Случаев гиперестезии выявлено не было. Симптомы натяжения с одной или двух сторон выявлялись у 31 человека. Односторонние двигательные нарушения были отмечены у 15 пациентов, двусторонние — не наблюдались.

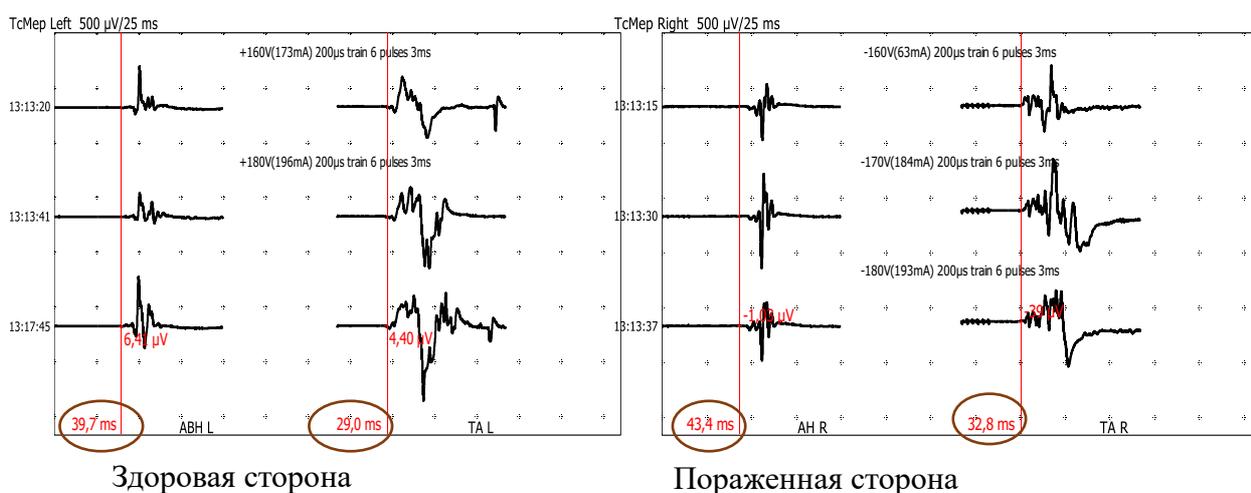
***Результаты нейрофункционального исследования МВП у пациентов с ДРПУ***

При проведении ИОНМ МВП воспроизводимые ответы удовлетворительной амплитуды с обеих нижних конечностей получены у 41 пациента (95,3%). В 2-х (4,7%) случаях глубокого пареза исследуемых мышц, достоверных МВП на стороне ДРПУ не получено. Сохранение МВП свидетельствует о том, что при развитии ДРПУ, в том числе с многоуровневым поражением, не происходит полной утраты проведения по спинномозговым корешкам. Латентность МВП АН и ТА достоверно различались при попарном анализе (таблица 6, рисунок 2).

Амплитуда МВП с АН и ТА варьировала в широких пределах без достоверных различий вследствие воздействия системных факторов и ингаляционной анестезии.

**Таблица 6** – Показатели латентности МВП с АН и ТА при односторонней ДРПУ (n=37)

ИОНМ МВП	Латентность ответа, мс
МВП АН: пораженная сторона ДРП здоровая сторона	32,69 ± 3,73 мс 31,92 ± 4,86 мс
Статистическая значимость	p<0,01
МВП с ТА пораженная сторона ДРП здоровая сторона	43,3 ± 3,86 мс 42,41 ± 3,68 мс
Статистическая значимость	p<0,01

**Рисунок 2** – Увеличение латентности МВП при изолированном радикулярном поражении

У пациентов с двигательными нарушениями на стороне поражения ДРПУ латентности МВП с АН на момент окончания операции были достоверно выше, с наличием только чувствительных выпадений достоверных различий не было выявлено (таблица 7).

С высокой вероятностью увеличение латентности МВП с АН в группе пациентов с моторными нарушениями связано с нарушением проведения корешков S1-S2, что подтверждается клиническими данными: у 80% пациентов наблюдалось снижение или выпадение ахиллова рефлекса, дуга которого проходит через эти спинномозговые корешки. У пациентов с моторными нарушениями латентность МВП с ТА на стороне поражения была также достоверно увеличена. В одном случае МВП с ТА на пораженной стороне не было получено. Выявлены достоверные различия латентности ответа в группе с изолированными чувствительными выпадениями (таблица 8). Амплитуда ответа статистически не различалась.

**Таблица 7** – Латентность МВП с m. abductor hallucis на момент окончания операции

	Группа пациентов	Латентность ответа, мс
1	Лица с клиническими моторными нарушениями (n = 14)	
	Пораженная сторона	44,3 ± 4,63
	Здоровая сторона	42,0 ± 4,51
	Статистическая значимость	<b>p&lt;0,006</b>
2	Лица без клинических моторных нарушений (n = 23)	
	Пораженная сторона	42,7 ± 3,26
	Здоровая сторона	42,7 ± 3,17
	Статистическая значимость	p=1
3	Лица с чувствительными выпадениями без моторных нарушений (n = 13)	
	Пораженная сторона	42,1 ± 3,49
	Здоровая сторона	42,2 ± 2,91
	Статистическая значимость	p=0,819

**Таблица 8** – Сравнительная характеристика МВП, полученных с m. tibialis anterior на момент окончания операции

	Группа пациентов	Латентность ответа, мс
1	Лица с клиническими моторными нарушениями (n = 14)	
	Пораженная сторона	32,7 ± 4,20
	Здоровая сторона	31,5 ± 3,30
	Статистическая значимость	<b>*p=0,048</b>
2	Лица без клинических моторных нарушений (n = 23)	
	Пораженная сторона	32,7 ± 3,48
	Здоровая сторона	32,1 ± 2,83
	Статистическая значимость	p=0,09
3	Лица с чувствительными выпадениями без моторных нарушений (n = 13)	
	Пораженная сторона	32,5 ± 2,85
	Здоровая сторона	31,46 ± 2,18
	Статистическая значимость	<b>p=0,028</b>

С высокой вероятностью полученные данные связаны с тем, что МВП с ТА соответствуют корешковому уровню поражения L4-L5, при этом нет рефлекторных проявлений, отражающих данный уровень патологии. Клиническое выявление легкого поражения моторных волокон корешка L5 затруднено без значимого пареза длинного разгибателя большого пальца.

Латентность МВП на момент окончания операции была достоверно увеличена на стороне двигательных нарушений по сравнению со здоровой стороной и стороной ДРПУ без моторных нарушений. Значимых различий в показателях латентности между здоровой стороной и стороной ДРПУ при отсутствии вовлечения двигательных корешков не выявлено.

Функциональное состояние соответствовало клиническим проявлениям двигательных нарушений. Амплитуда МВП более вариабельна и зависела от уровня анестезии, при этом при наличии моторных нарушений, связанных с ДРПУ, амплитуда ответа МВП с ТА и с АН снижается по сравнению со здоровой стороной при попарном анализе.

При анализе показателей латентности МВП на стороне ГМД и на здоровой стороне выявлена прямая корреляционная зависимость с возрастом пациентов. При оценке показателей МВП в зависимости от роста и веса пациентов были получены прямые корреляционные связи для латентности МВП как для здоровой стороны, так и стороны ДРПУ. Значимой зависимости для показателей амплитуды выявлено не было (Таблица 9).

**Таблица 9** – Корреляция показателей МВП в зависимости от антропометрических показателей и возраста пациентов на момент окончания операции

Сторонность показателя		Сторона ГМД (n = 41)				Здоровая сторона (n = 43)			
Показатель		Латентность		Амплитуда		Латентность		Амплитуда	
Регистрируемая мышца		АН	ТА	АН	ТА	АН	ТА	АН	ТА
<b>Возраст</b>	Коэффициент корреляции Спирмена	0,298	0,332	-0,172	-0,032	0,227	0,347	0,084	-0,055
	Достоверность (p)	<b>0,029</b>	<b>0,016</b>	0,141	0,420	0,074	<b>0,012</b>	0,298	0,364
<b>Рост</b>	Коэффициент корреляции Спирмена	0,543	0,519	0,181	-0,140	0,552	0,408	-0,021	-0,175
	Достоверность (p)	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,126	0,185	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,003</b>	0,447	0,131
<b>Вес</b>	Коэффициент корреляции Спирмена	0,431	0,387	0,293	0,063	0,366	0,299	0,408	0,149
	Достоверность (p)	<b>0,002</b>	<b>0,005</b>	<b>0,030</b>	0,344	<b>0,008</b>	<b>0,026</b>	<b>0,003</b>	0,171

Корреляционная связь между возрастом и латентностью МВП, по всей вероятности, обусловлена замедлением проведения по двигательным волокнам в результате частичного нарушения функционирования проводящих структур.

### **Клинико-функциональные характеристики пациентов группы СМА**

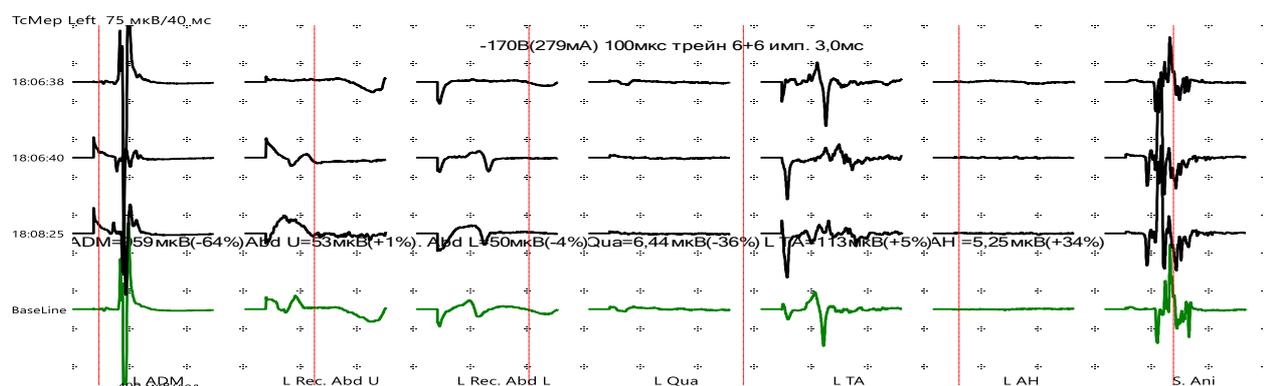
Интраоперационное исследование изолированного поражения сегментарных мотонейронов проводилось при сравнении 12 пациентов со СМА и группой контроля ИПС. Пациенты со СМА предъявляли жалобы на выраженную слабость мышц в верхних и нижних конечностях (вплоть до отсутствия движений), повышенную утомляемость, невозможность ходить и ровно сидеть в кресле-каталке, боли в спине, грубую деформацию позвоночника и суставов, одышку, резкое затруднение самообслуживания. Антропометрические данные пациентов представлены в таблица 10.

**Таблица 10** – Распределение антропометрических показателей в группах СМА и контроля

Показатель	Группа СМА (n = 12)	Группа контроля ИПС (n = 10)
Возраст, лет	20,6 ± 9,4	21,2 ± 8,11
Пол, n (женщины, %)	10 (83,3)	8 (80)
Рост, см	145,6 ± 13,6	164,6 ± 9,0
Вес, кг	46,6 ± 15,4	56,9 ± 9,5

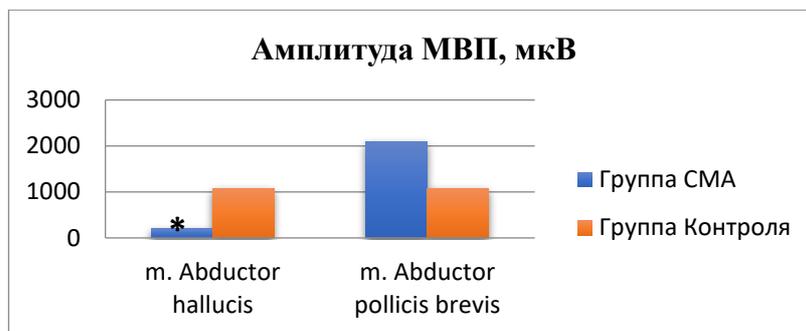
Все пациенты группы имели периферический, преимущественно проксимальный тетрапарез. В проксимальных и дистальных мышцах верхних конечностей сила мышц составила 3,2 и 3,8 балла, соответственно, нижних конечностей — 1,7 и 2,8 балла. Контроль тазовых функций сохранен у всех больных группы СМА. Сухожильные рефлексy с нижних конечностей (ахиллов, коленный) отсутствовали у всех пациентов, в 3 случаях были сохранены бицепитальные рефлексy. Чувствительные нарушения не выявлялись.

МВП были получены у всех пациентов с большинства исследуемых мышц, в том числе дистальной группы нижних конечностей. В большинстве случаев отмечались стабильные ответы с наружного сфинктера ануса и мышц брюшного пресса, что соответствует и клинической сохранности мышечной силы этих мышечных групп (рисунок 3).

**Рисунок 3** – Данные МВП верхних и нижних конечностей при коррекции сколиоза у пациента со СМА

Во время операций не зафиксировано изменений параметров, связанных с хирургическим вмешательством, которые потребовали бы корректировки хода операции.

Амплитуда МВП для нижних конечностей (АН) при СМА была достоверно симметрично снижена, а латентность увеличена по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). Средние параметры МВП для мышц верхних конечностей (m. abductor pollicis) достоверно не различались, однако отмечалась тенденция превышения амплитуды ответов с верхних конечностей в группе СМА, за счет применения большей интенсивности транскраниальной стимуляции с целью получения МВП нижних конечностей (рисунок 4).



**Рисунок 4** – Параметры амплитуды МВП при транскраниальной электрической стимуляции

Параметры латентности и амплитуды ССВП, достоверно в группах не различались.

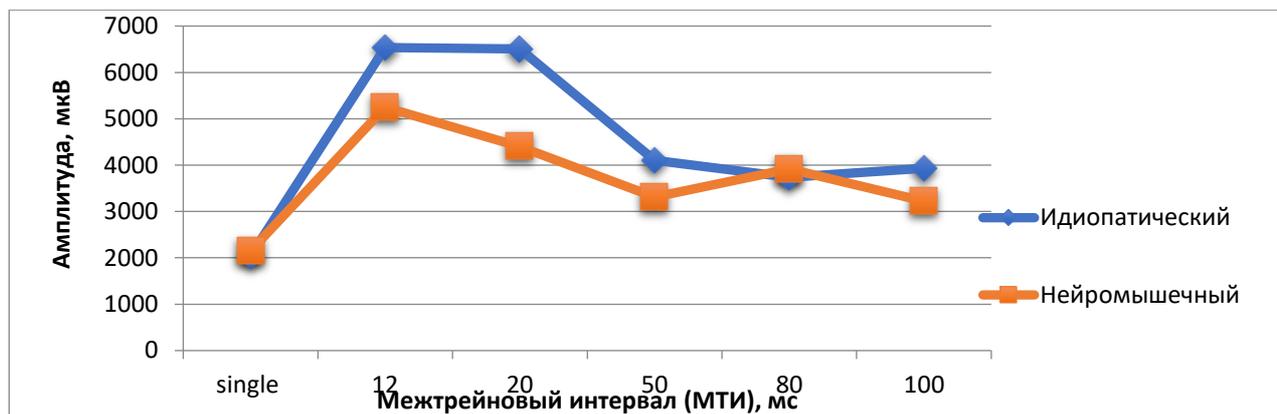
Стимуляция двойным трейном является методом, который позволяет повысить частоту регистрации МВП в большем количестве мышц и увеличить их амплитуду, особенно при наличии моторного дефицита и использовании ингаляционных анестетиков. ИОНМ МВП и ССВП проводился у 8 пациентов с коррекцией ИПС и 6 пациентов с НМС при СМА (таблица 11).

**Таблица 11** – Распределение антропометрических показателей в группах НМС и контроля

Показатель	Нейромышечный (n = 6)	Идиопатический (n = 8)
Возраст, лет	18,6 ± 9,4	21,6 ± 7,1
Пол, n (женщины, %)	4 (66,7)	6 (75)
Рост, см	144,6 ± 12,6	166,6 ± 9,6
Вес, кг	45,4 ± 13,4	58,9 ± 8,5

Успешный мониторинг МВП проведен у всех пациентов в обеих группах, при одинаковой интенсивности стимуляция двойным трейном вызывала достоверно большую амплитуду МВП ТА, чем одиночным ( $p < 0,05$ ).

При анализе амплитуды МВП в МТИ выявлены закономерности. В обеих группах амплитуда МВП с ТА отмечалась при МТИ 12 или 20 мс. В случаях ИПС максимальная амплитуда МВП с ТА отмечалась при МТИ 20 мс в 5 из 8 случаев (62,5%), в группе со СМА — при МТИ 12 мс в 4 из 6 случаях (66,7%) (рисунок 5).



**Рисунок 5** – Суммарная амплитуда МВП при стимуляции одиночным и двойным трейном с различным МТИ

Во всех случаях хирургической коррекции сколиоза при СМА достигается надежный контроль интраоперационных осложнений с помощью МВП и СВП. Полученные данные свидетельствуют о высокой способности сохранившихся сегментарных мотонейронов к проведению МВП, в отличие от поражения кортикоспинальных трактов при спинальных травмах, где чаще наблюдается более выраженное затруднение проведения МВП при аналогичном уровне мышечной слабости. Проведение ИОНМ при коррекции НМС у пациентов со СМА рекомендуется для профилактики развития полной параплегии и анестезии нижней половины тела, а также контроля МВП тазовых органов и мышц брюшного пресса, функция которых в большинстве случаев сохранена.

Получено достоверное увеличение суммарной амплитуды МВП всех мышечных групп при использовании фасилитации стимуляцией двойным трейном ( $p < 0,05$ ), а также показано, что оптимальными параметрами МТИ являются 12 или 20 мс (были предпочтительнее в группе НМС), но в связи с малой выборкой, требуются дополнительные исследования.

### **Результаты этапа экспериментального моделирования спинального повреждения**

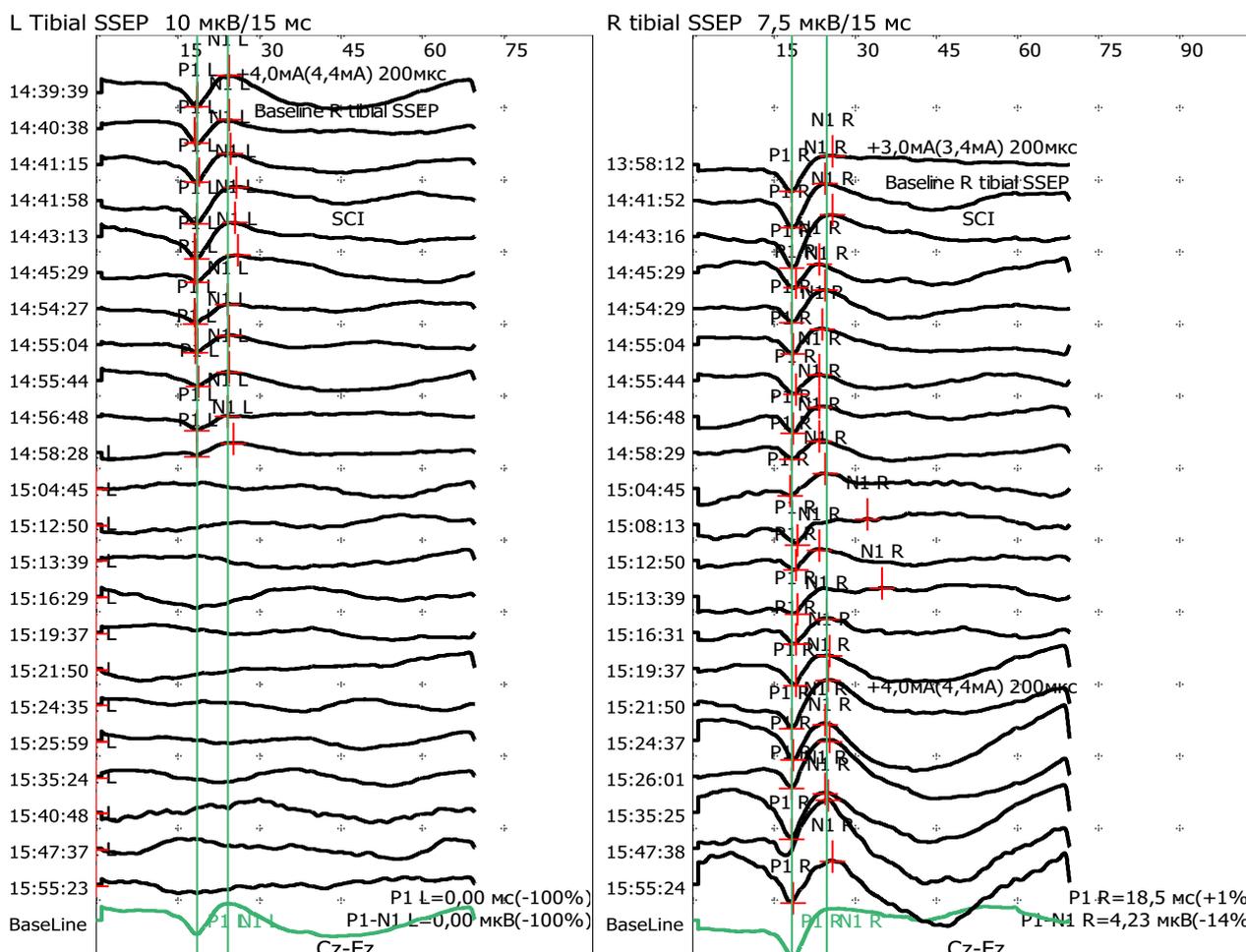
Оценка неврологического статуса показала различную степень повреждения спинного мозга и различную частоту развития осложнений у животных в первой и второй группах.

В первой группе животных (G1), получивших повреждение на уровне T9-10 без последующей пластики твердой мозговой оболочки, наблюдалось два вида отклонений от предполагаемого течения экспериментальной дозированной спинальной травмы. У животных G1.1 и G1.3 развилась клиническая картина компрессии спинного мозга с развитием параплегии. У животного G1.2, наблюдалось спонтанное восстановление моторной функции парализованной конечности в течение 2 месяцев после повреждения.

У животных второй группы (G2), получивших повреждение на уровне T7-8, наблюдалась устойчивая моноплегия с соответствующими клиническими проявлениями в виде анизорефлексии и анизотонии S>D, появлением патологических и отсутствием активных движений левой конечности. Количество баллов по шкале Hindlimb для левой конечности у этих животных на всем протяжении эксперимента не превышало 4, что свидетельствовало о развитии стойкого глубокого монопареза в ипсилатеральной конечности.

### *Интраоперационная динамика ССВП и МВП в момент эксперимента*

ИОНМ ССВП и МВП был применен с целью верификации степени повреждения эфферентных и афферентных путей спинного мозга для ипсилатеральной конечности. В дальнейшем анализ вызванных потенциалов позволил объективизировать степень нарушения проведения и изучить возможность спонтанного восстановления проведения (рисунок 6).

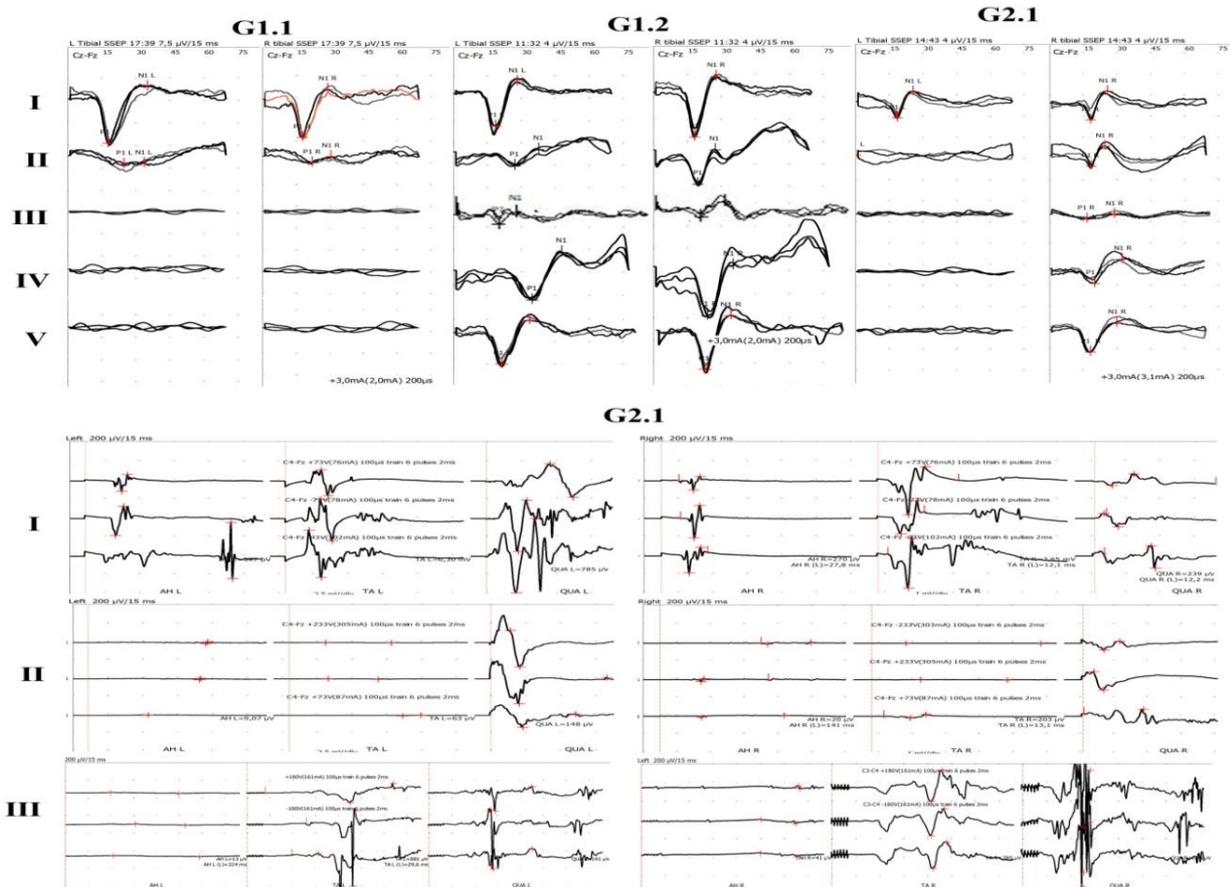


**Рисунок 6** – Динамика показателей ССВП на интраоперационном этапе с моментом нанесения травмы. Начало травматизации спинного мозга — 14:45, прекращение травмирующего воздействия — 15:04.

У двух животных G1 группы с выраженной неврологической симптоматикой, нарушения проведения прогрессировали и при контрольном исследовании спустя 2 недели ССВП отсутствовали с двух сторон (рисунок 7).

У животного G1.2, глубина наркоза у данного животного в момент регистрации МВП и ССВП была выше, что могло спровоцировать угнетение регистрации на фоне сохранности проводящих трактов. Произошло спонтанное восстановление показателей ССВП и МВП, начиная со второй постоперационной недели, что свидетельствовало о недостаточном уровне повреждения проводящих путей спинного мозга.

У всех животных второй группы, получивших стандартизованное повреждение спинного мозга на уровне T8-9, наблюдалось устойчивое угнетение ССВП и МВП на ипсилатеральной стороне в течение всего периода наблюдения (вплоть до 12 недель) без развития осложнений, обусловленных компрессией спинного мозга.



**Рисунок 7** – Динамика ССВП и МВП у экспериментальных животных в процессе наблюдения. Верхние графики: ССВП у животных. Обозначения: I — до повреждения; II — сразу после повреждения (интраоперационно); III — 2 недели после повреждения; IV — 4 недели после повреждения; V — 8 недель или 12 недель после повреждения. Нижние графики: Динамика МВП у обезьяны G2.1. Обозначения: I — до повреждения; II — сразу после повреждения (интраоперационно); III — 12 недель после повреждения.

С целью создания высоко воспроизводимой модели спинальной травмы у нечеловекообразных приматов, характеризующейся частичным, но необратимым повреждением спинного мозга, использовалась хирургическая резекция 25% спинного мозга под интраоперационным контролем ССВП и МВП с последующей количественной оценкой двигательного дефицита.

ИОНМ ССВП и МВП позволяет объективизировать степень повреждения спинного мозга. При этом необходимым критерием получения воспроизводимого и необратимого дозированного повреждения спинного является умеренная степень наркоза, обеспечивающая аналгезию, но не приводящая к угнетению ССВП и МВП.

Hindlimb score  $\leq 4$  и отсутствие ССВП и МВП в дистальных отделах ипсилатеральной конечности через 2 недели являются наиболее надежными критериями дозированного и необратимого повреждения проводящих путей спинного мозга.

### **ВЫВОДЫ**

1. При дискогенных радикулопатиях на поясничном уровне увеличение латентности ССВП и МВП при ИОНМ на стороне клинических двигательных выпадений указывает на нарушение проведения по чувствительным и двигательным корешкам, даже при их изолированном поражении. Установлена прямая корреляция латентности МВП мышц нижних конечностей и ССВП (пики Р38 и N46) с ростом и весом пациентов как на здоровой, так и на пораженной стороне. Также выявлена прямая корреляция латентности МВП с возрастом и обратная корреляционная связь латентности ССВП с возрастом.
2. Полного восстановления проводимости двигательных и чувствительных корешков у пациентов с ДРПУ сразу после декомпрессии при микродискэктомии и в первые 5–7 дней, по данным МВП и ССВП, не наблюдается. Нарушения проведения при двухсторонних ДРПУ более выражены, что проявляется увеличенной латентностью пиков Р38 и N46. Замедление коркового ответа ССВП нижних конечностей при грыжах диска L4-L5 выражено сильнее, чем при грыжах L5-S1.
3. Регистрация и контроль МВП при СМА возможны у всех пациентов с использованием транскраниальной электрической стимуляции, включая дистальные мышцы, наиболее информативные для ИОНМ. Это позволяет контролировать поражение кортикоспинального тракта и предотвращать осложнения, несмотря на выраженный исходный двигательный дефицит. У пациентов со СМА наблюдается симметричное снижение амплитуды и увеличение латентности МВП нижних конечностей по сравнению с идиопатическим сколиозом, при этом значимых различий в амплитудах дистальных мышц верхних конечностей не выявлено.
4. Модель спинального поражения с дозированным интраоперационным повреждением заднего канатика и заднебокового кортикоспинального тракта с интра- и постоперационным контролем МВП и ССВП, разработанная на обезьянах-самцах (*Macaca mulatta*), воспроизводит этиологию и патогенез феномена интраоперационного повреждения спинного мозга и корешков.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Полученные при микродискэктомиях параметры изолированного поражения корешков, а также оптимизированные протоколы проведения ИОНМ МВП и ССВП рекомендованы к применению в клинической практике с целью контроля возможного корешкового повреждения в ходе проведения ряда спинальных операций по коррекции деформаций позвоночника, декомпрессии спинальных корешков при стенозах позвоночного канала.
2. Рекомендуется учитывать антропометрические факторы пациента (например, рост, вес) и локализацию межпозвоночных грыж при проведении ИОНМ. Эти данные должны

- использоваться для индивидуальной корректировки протоколов МВП и ССВП, что позволит повысить точность диагностики и безопасность хирургического вмешательства.
3. Для улучшения безопасности и эффективности хирургических вмешательств при коррекции НМС у пациентов со СМА, настоятельно рекомендуется использовать ИОНМ МВП и ССВП. Рекомендуемые параметры для стимуляции МВП включают применение двойного трейна с межтрейновым интервалом 12 или 20 мс, что обеспечивает точную диагностику функционального состояния кортикоспинальных путей.
  4. Рекомендуется использовать предложенную экспериментальную модель дозированного повреждения спинного мозга под контролем МВП и ССВП для разработки и совершенствования методик ИОНМ, оценки эффективности новых методов лечения, создания протоколов регенерации спинного мозга и корешков, а также проведения фундаментальных исследований, направленных на повышение точности и безопасности ИОНМ.

**СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ  
ДИССЕРТАЦИИ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЯХ И  
ПРИРАВНЕННЫХ К НИМ ПУБЛИКАЦИЯХ**

1. **Гулаев Е. В.**, Баклаушев В. П., Линьков В. В. Применение интраоперационного нейромониторинга моторных и соматосенсорных вызванных потенциалов для оценки функции корешков спинного мозга при хирургических вмешательствах на позвоночнике // Патогенез. – 2024. – Т.22. - №.1. – С. 15-22
2. **Гулаев Е. В.**, Линьков В. В. Моторные и сенсорные вызванные потенциалы при коррекции сколиотической деформации пациентов со спинальной мышечной атрофией // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33164>
3. Baklaushev V. P., Durov, O. V., Kalsin, V. A., **Gulaev, E. V.** Disease modifying treatment of spinal cord injury with directly reprogrammed neural precursor cells in non-human primates //World Journal of Stem Cells. – 2021. – Т. 13. – №. 5. – С. 452.
4. Baklaushev V. P., Durov, O. V., Kim, S. V., **Gulaev, E. V.** Development of a motor and somatosensory evoked potentials-guided spinal cord Injury model in non-human primates //Journal of Neuroscience Methods. – 2019. – Т. 311. – С. 200-214.
5. **Гулаев Е. В.**, Линьков В. В. Клинико-функциональная характеристика интраоперационного мониторинга моторных вызванных потенциалов при микродискэктомиях //Казанский медицинский журнал. – 2016. – Т. 97. – №. 3. – С. 371-376
6. **Гулаев Е. В.**, Линьков В. В. Характеристика интраоперационных показателей соматосенсорных вызванных потенциалов при микродискэктомиях на поясничном уровне //Врач-аспирант. – 2015. – Т. 71. – №. 4.2. – С. 220-225.
7. **Гулаев Е. В.**, Линьков, В. В., Гаранина, Е. С., & Чельшева, И. А. Интраоперационный мониторинг соматосенсорных вызванных потенциалов при микродискэктомиях на поясничном уровне //Вестник Ивановской медицинской академии. – 2015. – Т. 20. – №. 4. – С. 66-68.

**Статьи в научных журналах и сборниках, которые не включены в перечень ВАК**

8. Баклаушев В. П., Богуш В. Г., Дуров О. В., Кальсин В. А., Ким С. В., & Гулаев, Е. В. Регенеративная терапия экспериментальной спинальной травмы у приматов с помощью нейральных прогениторных клеток и многокомпонентного матрикса //Биотехнология-медицине будущего. – 2019. – С. 62-62.
9. Баклаушев В. П., Дуров О. В., Кальсин В. А., Ким С. В., Гулаев Е. В., & Троицкий А. В. Механизм действия трансплантированных нейральных прогениторных клеток при спинальной травме: интеграция или паракринный эффект? //Гены и Клетки. – 2019. – Т. 14. – №. S. – С. 33–33.
10. **Gulaev E. V.**, Baklanov A. N. , Linkov V. V. Effects of intertrain intervals in double train stimulation on MEP monitoring during correction idiopathic and neuromuscular scoliosis //7 th Congress of International Society of intraoperative Neurophysiology and educational course Abstract book. – 2019. – С. 68.
11. Гаранина Е. С., **Гулаев Е. В.**, Линьков В. В. Моторные и соматосенсорные вызванные потенциалы при микродискэктомиях на поясничном уровне//Журнал неврологии и психиатрии им. СС Корсакова. 2019. Т. 119. № 5. Материалы XI Всероссийского съезда неврологов и IV конгресса Национальной ассоциации по борьбе с инсультом, 15-19 июня 2019 г. – 2019.
12. **Гулаев Е. В.**, Линьков В. В. Моторные и соматосенсорные вызванные потенциалы при хирургической коррекции сколиоза у лиц со спинальной мышечной атрофией//Журнал неврологии и психиатрии им. СС Корсакова. 2019. Т. 119. № 5. Материалы XI Всероссийского съезда неврологов и IV конгресса Национальной ассоциации по борьбе с инсультом. – 2019.
13. **Гулаев Е. В.**, Линьков В. В., Гаранина Е. С. Характеристика моторных и соматосенсорных вызванных потенциалов при микродискэктомиях //Актуальные вопросы профилактики, ранней диагностики, лечения и медицинской реабилитации больных с неинфекционными заболеваниями и травмами. – 2017. – С. 75-77.
14. **Гулаев Е. В.** Гендерные особенности показателей интраоперационного мониторинга соматосенсорных вызванных потенциалов при микродискэктомии // II Всероссийская научная конференция студентов и молодых ученых с международным участием «Медико-биологические, клинические и социальные вопросы здоровья и патологии человека» Материалы., 2015 – С. 186.
15. **Гулаев Е. В.**, Линьков В. В. Результаты интраоперационного мониторинга соматосенсорных вызванных потенциалов при дискогенных радикулопатиях// Вестник РГМУ. – 2015.- №2. – С.363-364
16. **Гулаев Е. В.** Интраоперационная нейрофизиологическая характеристика дискогенных радикулопатий на поясничном уровне // Материалы ежегодной научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Медико-биологические, клинические и социальные вопросы здоровья и патологии человека», 2014 – С. 148.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

ВАШ — визуально-аналоговая шкала боли

ГМД — грыжа межпозвоночного диска

ДРПУ — дискогенная радикулопатия на поясничном уровне

ИОНМ — интраоперационный нейрофизиологический мониторинг

МВП — моторные вызванные потенциалы

МРТ — магнитно-резонансная томография

МТИ — межтрейновый интервал

НМС — нейромышечный сколиоз

ИПС — идиопатический сколиоз

СМА — спинальная мышечная атрофия

ССВП — соматосенсорные вызванные потенциалы

ЭМГ — электромиография

АН — m. abductor hallucis

ТА — m. tibialis anterior