

МИЛИЦА
ИГОРЬ МИХАЙЛОВИЧ

**ОПЕРАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА,
АССОЦИИРОВАННЫХ С НЕВРОЛОГИЧЕСКИМ ДЕФИЦИТОМ**

3.1.8. – Травматология и ортопедия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации
на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

Кулешов Александр Алексеевич, доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Официальные оппоненты:

Млявых Сергей Геннадьевич – доктор медицинских наук, Акционерное общество «Ильинская больница», руководитель службы хирургии позвоночника.

Мушкин Александр Юрьевич – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела вертебрологии, травматологии-ортопедии.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург.

Защита диссертации состоится «___» _____ 2025 года в 14:00 на заседании диссертационного совета 21.1.041.01 на базе ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России по адресу: 127299, г. Москва, ул. Приорова, д. 10

С диссертацией можно ознакомиться в научном отделе ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (127299, г. Москва, ул. Приорова, д. 10.) и на сайте <https://www.cito-priorov.ru/>

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.м.н.

Аркадий Иванович Казьмин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Прогрессирование деформаций позвоночника нередко сопровождается развитием компрессии спинного мозга (СМ) и, как следствие, формированием неврологического дефицита различной степени выраженности. Деформации позвоночника, сопровождающиеся неврологическим дефицитом, представляют собой сложную медицинскую проблему, которая находится на стыке травматологии-ортопедии, нейрохирургии и неврологии (Matee S., Ayaz S. и др., 2021; Guarino J. и др., 2007; McMaster M.J., 1999). Согласно эпидемиологическим данным частота вертеброгенных миелопатий при кифозах составляет в среднем 21%, с вариациями в зависимости от причины деформации: при агенезии позвонков – более 66%, при гипогенезии – до 33%, при гипоплазии – около 20% (Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю., 2009). Однако систематизированная статистика по идиопатическим деформациям отсутствует.

Патогенез неврологического дефицита при деформациях позвоночника представляет собой многофакторный процесс, не до конца изученный в настоящее время. Ведущими механизмами, приводящими к повреждению СМ, являются: прямая компрессия на вершине деформации, тракционное воздействие вследствие растяжения СМ, а также комбинация этих факторов, приводящая к нарушению спинального кровообращения (Миронов С. П. и др., 2006). Особенности кровоснабжения СМ играют значительную роль в патогенезе неврологических нарушений (Breig A., 1964). При компрессии и трaкции СМ происходит механическое сдавление сосудов, что закономерно приводит к венозной обструкции и редукции кровотока. Развивающаяся гипоксия нарушает функциональную активность СМ, что клинически проявляется неврологической симптоматикой. Физиологические особенности кровоснабжения верхнегрудного отдела СМ, характеризуются наименьшим количеством артерий, а также меньшим калибром перфорантных артерий. Эти особенности делают шейно-грудной отдел наиболее уязвимым к ишемическим повреждениям при деформациях (Миронов С. П. и др., 2006; Sugimoto Y. и др., 2009).

Хирургические подходы к лечению неврологически осложненных деформаций позвоночника эволюционировали параллельно с развитием хирургических техник и совершенствованием инструментария. До внедрения современных систем фиксации в научной литературе преимущественно описывались методы задней декомпрессии (к примеру, ламинэктомия) и их многочисленные модификации. Однако сравнительные исследования этих методик не выявили значимого улучшения неврологического статуса – более чем у половины пациентов неврологический дефицит прогрессировал и в послеоперационном периоде (Lonstein J. E. и др., 1980; Kleinberg S., Kaplan A., 1952).

Принципиальным прорывом стало внедрение методик вентральной и заднебоковой декомпрессии СМ, которые значительно улучшили результаты лечения. Внедрение в клиническую практику систем сегментарной дорсальной фиксации позвоночника (субламинарные крючки, транспедикулярные винты) позволило комбинировать декомпрессию СМ со стабилизацией деформации позвоночника (Kawahara N. и др., 2001; Dommissse G. F., 1974).

Несмотря на достигнутый прогресс, сохраняется ряд нерешенных проблем, связанных с хирургическим лечением пациентов с деформациями позвоночника, осложненными неврологическим дефицитом. Во-первых, отсутствуют четкие критерии выбора оптимального метода декомпрессии СМ в зависимости от анатомо-топографических особенностей позвоночника. Во-вторых, малоизучены факторы, влияющие на динамику развития неврологического дефицита и его восстановления после хирургического лечения. В-третьих, требуют дальнейшего развития методы объективной оценки функционального состояния СМ и прогнозирования результатов лечения.

В последние годы в медицинскую практику активно внедряются аддитивные технологии, в частности 3D-печать. Использование индивидуальных 3D-моделей позвоночника и СМ позволяет провести детальный предоперационный анализ анатомо-топографических взаимоотношений костных и миелорадикулярных структур позвоночника, определить оптимальную зону декомпрессии СМ. Однако

в современной научной литературе отсутствуют систематизированные данные об эффективности применения 3D-моделирования в хирургическом лечении пациентов с деформациями позвоночника, осложненными неврологическим дефицитом (Katiyar P. и др., 2024; Mobbs R. J. и др., 2017).

Важным аспектом проблемы является сложность объективной оценки степени повреждения и возможности восстановления функции СМ. Методы лучевой диагностики (компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ)) позволяют визуализировать анатомические изменения, но не обеспечивают количественной характеристики функционального состояния СМ. Электрофизиологические методы исследования, такие как электронейромиография (ЭНМГ), недостаточно эффективны для диагностики состояния немиелинизированных нервных волокон, которые играют важную роль в восстановительных процессах.

Метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) со спектральным вейвлет-анализом колебаний кровотока представляет перспективный подход к объективной оценке функционального состояния тонких немиелинизированных нервных волокон, которые участвуют в регуляции микроциркуляции и играют важную роль в восстановительных процессах. Этот метод получил широкое распространение в различных областях медицины, но его применение в травматологии-ортопедии для оценки динамики восстановления неврологических функций остается малоизученным (Адамбаев З. И., 2019; Ипполитова Е. Г. и др., 2020).

Проведение настоящего исследования обусловлено необходимостью решения этих актуальных проблем современной вертебрологии и разработки научно обоснованного алгоритма диагностики и лечения пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом, что будет способствовать оптимизации тактики хирургического лечения и повышению эффективности восстановления неврологических функций у данной категории пациентов.

Цель исследования: улучшить результаты оперативного лечения пациентов с деформацией позвоночника, ассоциированной с неврологическим дефицитом.

Задачи исследования

1. Определить параметры деформации позвоночника и параметры позвоночного канала, в том числе с использованием 3D-печати, влияющие на выбор метода хирургического лечения.

2. На основании оценки результатов хирургического лечения пациентов с деформацией позвоночника и неврологическим дефицитом с помощью данных лучевой диагностики и шкал оценки неврологического дефицита определить факторы, способствующие регрессу неврологического дефицита, в том числе с применением персонализированных имплантатов.

3. Провести оценку вегетативной регуляции и функции немиелинизированных волокон нижних конечностей пациентов с деформациями позвоночника и компрессией спинного мозга с использованием лазерной доплеровской флоуметрии до и после хирургического лечения.

4. Разработать алгоритм выбора метода хирургического лечения пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом, на основе дифференцированного подхода в зависимости от метода декомпрессии спинного мозга, фиксации и коррекции деформации позвоночника.

Научная новизна исследования

Проведен комплексный анализ влияния различных методов хирургической декомпрессии спинного мозга на динамику неврологического статуса у пациентов с деформациями позвоночника.

Установлены ключевые факторы, влияющие на динамику неврологического статуса. Определены особенности восстановления неврологических функций в зависимости от метода декомпрессии спинного мозга.

Обосновано применение метода лазерной доплеровской флоуметрии со спектральным вейвлет-анализом колебаний кровотока для объективной оценки функции спинного мозга у пациентов с деформациями позвоночника,

ассоциированными с неврологическим дефицитом. Выявлены закономерности изменения параметров микроциркуляции в динамике после хирургической декомпрессии спинного мозга. Установлена корреляция между показателями микроциркуляции и динамикой неврологического статуса, что позволило выявить ранние предикторы неврологического восстановления.

Разработан лечебно-диагностический алгоритм ведения пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом, основанный на дифференцированном подходе к выбору метода декомпрессии спинного мозга с учетом анатомо-морфологических особенностей компрессии спинного мозга, характера деформации позвоночника и неврологического дефицита. Определены критерии выбора оптимального хирургического подхода в зависимости от вида компрессии спинного мозга.

Практическая значимость

Определение прогностических факторов обеспечивает возможность обоснованного выбора оптимальной хирургической тактики и информирования пациентов о вероятных результатах лечения.

Выявленные возрастные особенности пациентов, показатели продолжительности неврологического дефицита, исходной степени компрессии спинного мозга и характера деформации спинного мозга позволяют прогнозировать эффективность хирургического лечения пациентов с деформациями позвоночника и компрессией спинного мозга.

Предложены варианты хирургической тактики при выполнении вентральной декомпрессии спинного мозга и/или стабилизации позвоночника. Они включают следующие конфигурации металлоконструкций: серийный межтеловой кейдж в сочетании с индивидуальной пластиной, пластины mesh, индивидуальную пластину.

Использование метода лазерной доплеровской флоуметрии со спектральным вейвлет-анализом колебаний кровотока в клинической практике позволяет проводить объективную оценку динамики восстановления функции

немиелинизированных нервных волокон и прогнозирование неврологического восстановления у пациентов после декомпрессии спинного мозга. Выявленные параметры микроциркуляции, демонстрирующие положительную динамику раньше клинических проявлений неврологического восстановления, могут служить ранними предикторами эффективности хирургического лечения и использоваться для планирования реабилитационных мероприятий.

Разработанный алгоритм выбора метода хирургического лечения пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом, обеспечивает дифференцированный подход к лечению пациентов с компрессией спинного мозга.

Положения, выносимые на защиту

1. Выбор оптимального метода хирургического лечения пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом, должен основываться на дифференцированном подходе, учитывающем анатомо-топографические особенности компрессии спинного мозга и характер деформации позвоночника.

2. Метод лазерной доплеровской флоуметрии со спектральным вейвлет-анализом колебаний кровотока позволяет объективно оценивать функциональное состояние немиелинизированных нервных волокон и прогнозировать восстановление неврологических функций у пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом.

Результаты исследования внедрены:

– в Государственном бюджетном учреждении здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии – Клиника доктора Рошаля» Департамента здравоохранения города Москвы.

– в Государственном бюджетном учреждении здравоохранения города Москвы «Детская городская клиническая больница имени Н. Ф. Филатова» Департамента здравоохранения города Москвы.

Апробация работы

Основные положения диссертации доложены на следующих конференциях: X Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Неотложная детская хирургия и травматология», посвященная 100-летию члена-корреспондента АМН СССР, РАМН профессора Г.А. Баирова, 16–19 февраля 2022 г., г. Москва; X Всероссийская научно-практическая конференция «Приоровские чтения», посвященная 100-летию академика РАМН М.В. Волкова, 15–16 декабря 2023 г., г. Москва; XII Всероссийский научно-практический форум с международным участием «Неотложная детская хирургия и травматология», 14–16 февраля 2024 г., г. Москва; XI Всероссийский Приоровский форум, посвященный 100-летию профессора К.М. Сиваша, 13–14 декабря 2024 г., г. Москва; Всероссийская конференция Молодых ученых «Вреденовские игры», 12 апреля 2024 г., г. Санкт-Петербург; Четвертая международная научно-практическая конференция «Экспериментальные и клинические аспекты микроциркуляции и функции эндотелия», 10–11 октября 2024 г., г. Смоленск; XIII Всероссийский научно-практический форум с международным участием «Неотложная детская хирургия и травматология», 19–21 февраля 2025 г., г. Москва; X съезд травматологов-ортопедов Республики Беларусь с международным участием, 10–11 апреля 2025 г., г. Минск, Республика Беларусь. 45th SICOT Orthopaedic world congress, 3-5 сентября 2025 г., г. Мадрид, Испания.

Публикация результатов исследования

По теме диссертации опубликовано 9 печатных работ, из них 4 статьи в журналах, включенных в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации. Получен патент РФ на изобретение № 2845521.

Личный вклад соискателя

Автору принадлежит ведущая роль в выполнении всех этапов исследования: анализ литературы и степени разработанности проблемы, формулировка цели и задач исследования, разработка дизайна и выбор методов исследования,

определение критериев включения и невключения пациентов, внедрение разработанных инструментов в практику работы многопрофильного стационара, статистическая обработка и анализ результатов, формулировка основных положений и выводов диссертационного исследования, подготовка публикаций по теме диссертации. Автором проведено клиническое обследование всех пациентов с последующим наблюдением в ближайшие и отдаленные сроки, при личном участии автора прооперировано более 60% больных.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту специальности 3.1.8 –травматология и ортопедия («медицинские науки») и областям исследования п. 1 «Изучение этиологии, патогенеза и распространенности заболеваний опорно-двигательной системы» и п. 3 «Разработка и усовершенствование методов диагностики и профилактики заболеваний и повреждений опорно-двигательной системы». Травматология и ортопедия – область науки, занимающаяся методами диагностики, лечения и профилактики повреждений, их последствий, врожденных и приобретенных заболеваний опорно-двигательной системы (позвоночника, грудной клетки и конечностей)

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается репрезентативной выборкой пациентов, объем которой достаточен для проведения исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены убедительными фактическими данными. Подготовка, анализ и интерпретация полученных результатов проведены с использованием современных методов обработки информации и статистического анализа. Тщательный и всесторонний анализ клинического материала, сопоставимость анализируемых групп с использованием стандартизованной оценки данных, современные методы статистической обработки результатов, длительное время наблюдения свидетельствуют о достоверности полученных результатов ($p < 0,05$).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении освещена актуальность темы, определены цель и задачи для ее достижения. Изложена научная новизна и практическая значимость исследования, освещены положения, выносимые на защиту, представлены сведения о реализации и апробации работы, а также об объеме и структуре диссертации.

В первой главе «Обзор литературы» выполнен анализ данных отечественных и зарубежных публикаций, имеющихся в англо- и русскоязычных информационных базах данных PubMed, Clinical Key, Cochrane Library, eLibrary, Google scholar по вопросу оперативного лечения деформаций позвоночника, ассоциированных с неврологическим дефицитом.

Подробно изложены эпидемиология и патогенез неврологического дефицита при прогрессирующих сколиотических и кифотических деформациях позвоночника. Приведен анализ ключевых механизмов повреждения СМ, включающих прямую компрессию, тракционное повреждение и нарушение спинального кровообращения.

Описаны методы диагностики для оценки функционального состояния СМ. Представлены возможности метода ЛДФ для комплексной оценки состояния и функции СМ при его компрессии на вершине деформации.

Представлен взгляд на подходы к хирургическому лечению, прослежено их развитие до современных декомпрессивно-стабилизирующих и корригирующих оперативных вмешательств.

Освещено применение аддитивных технологий в хирургии деформаций позвоночника, ассоциированных с неврологическим дефицитом. Описаны этапы создания и использования 3D-моделей и персонализированных металлоконструкций. Показано, что интеграция 3D-печати в клиническую практику способствует сокращению времени операции, повышению точности вмешательств и улучшению клинических результатов.

Во второй главе «Материал и методы исследования» представлены и охарактеризованы клинический материал и методы исследования.

Проведено ретроспективное наблюдательное когортное исследование с участием 51 пациента с кифосколиотическими, сколиотическими и кифотическими деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом, поступившего в НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова в период с 2012 по 2024 г. (рисунок 1). Распределение по этиологии было следующим: добавочный заднебоковой полупозвонок – 15 пациентов, гипоплазия или клиновидный полупозвонок – 18 пациентов, нейрофиброматоз – 4 пациента, синдром цервико-торакальной инклинации – 5 пациентов, идиопатические деформации – 6 пациентов, прочие (аплазия тел и корней дуг, мукополисахаридоз, ахондроплазия) – 3 пациента.

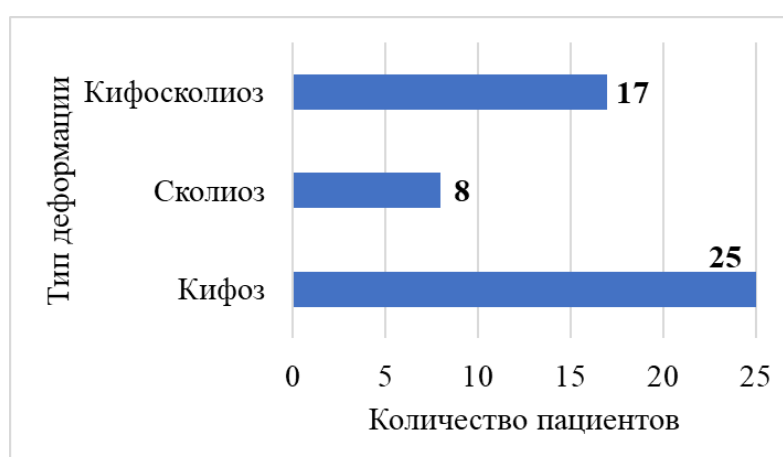


Рисунок 1 – Распределение пациентов по типу деформации

Исследование состояло из двух частей. В первой части проведен двунаправленный анализ многоэтапного хирургического лечения 51 пациента, которые в зависимости от вектора направления компрессии СМ на вершине деформации были разделены на три группы. Во второй части выполнен сравнительный ретроспективный анализ выборки 20 пациентов из общей когорты, которые были обследованы с использованием ЛДФ в период с 2022 по 2024 г.

Диагностический комплекс включал исследование общеклинического и ортопедического статуса, оценку неврологического статуса с использованием валидных шкал, лучевые методы исследования и ЛДФ. Оценка общеклинического статуса включала сбор жалоб и анамнеза с акцентом на периоде появления и прогрессирования как деформации, так и неврологического дефицита.

Неврологический статус оценивали по модифицированной шкале Ashworth, шкале ASIA/ISNCSCI и шкале функциональной независимости (Functional Independence Measure, FIM) для оценки самообслуживания.

Лучевые методы включали постуральную рентгенографию позвоночника в двух проекциях с измерением углов деформации, КТ, МРТ, КТ-миелографию и интраоперационную флюороскопию. На основе данных лучевых исследований рассчитывали относительную величину компрессии СМ (К, %) до и после лечения.

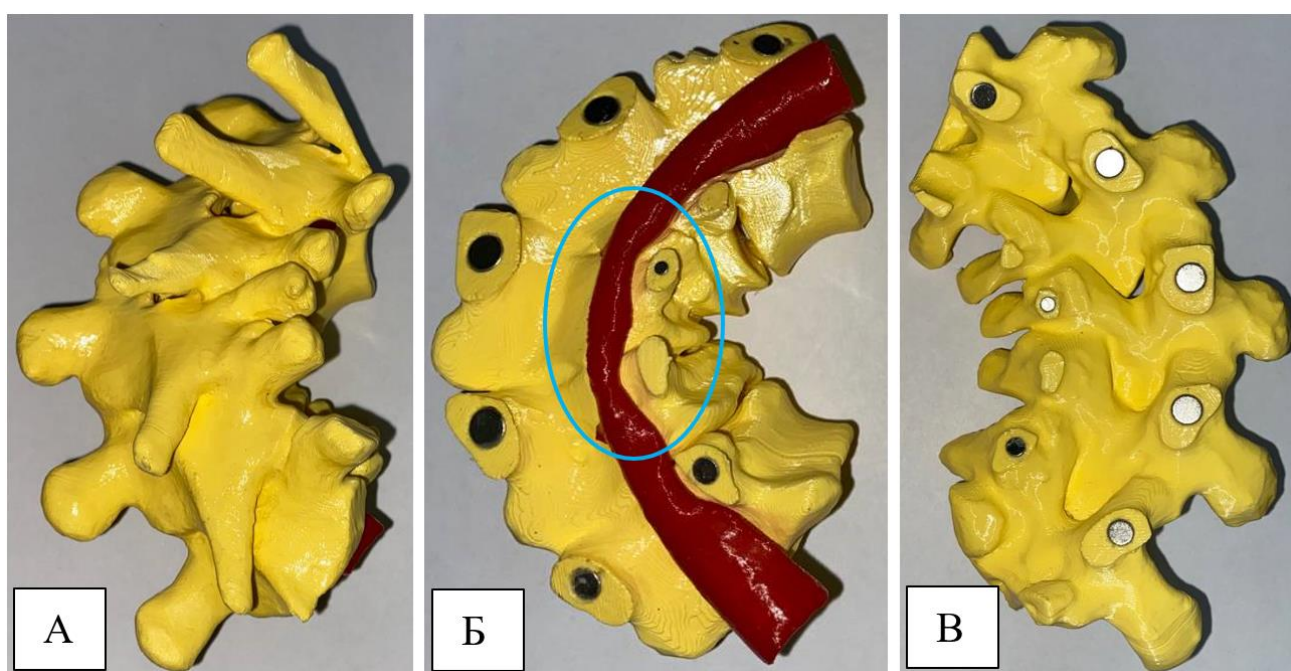
Для оценки функции спинного мозга применяли ЛДФ. Исследование перфузии с определением среднего показателя микроциркуляции проводилось на уровне подушечки дистальной фаланги большого пальца стопы с использованием двухканального аппарата ЛАКК-02 с полупроводниковым лазером. Полученные результаты ЛДФ обрабатывались методом спектрального амплитудно-частотного вейвлет-анализа для характеристики факторов регуляции микроциркуляции в диапазонах симпатической адренергической регуляции (0,02–0,046 Гц), сенсорных пептидергических влияний (0,047–0,069 Гц), миогенных осцилляций (0,07–0,145 Гц). (рисунок 2).



Рисунок 2 – Лазерный двухканальный аппарат ЛАКК-02 для измерения микроциркуляции крови

Оценку результатов лечения проводили по динамике неврологического статуса по шкале ASIA и функционального статуса по шкале FIM до операции и через 3, 6, 12 и 18 месяцев после операции. Для объективной оценки изменений использовали коэффициент восстановления Hirobayashi recovery rate (RR).

В методологическом аспекте для 26 пациентов были изготовлены индивидуальные полноразмерные 3D-модели позвоночника и СМ на основе данных КТ-миелографии для предоперационного планирования (рисунок 3). Получен патент РФ на изобретение «Способ планирования лечения при деформациях переходных зон позвоночника с использованием оценки взаимодействия костных, миелоредикулярных и сосудистых структур» № 2845521.



Примечание – А – вид сзади. Б и В – вид модели в разобранном положении в сагиттальной плоскости. Синим овалом (Б) обозначена зона наибольшей компрессии миелорадикулярных структур на уровне Th6–Th 9, обусловленной корнями дуг, реберно-поперечными суставами, головками ребер с вогнутой стороны деформации

Рисунок 3 – Анатомическая полноразмерная 3D-модель позвоночника (желтый цвет) и СМ (красный цвет) на уровне Th6–Th10 пациента с диагнозом: Наследственная невропатия Шарко – Мари – Тута тип 4С. Нейрогенный левосторонний кифосколиоз грудного отдела позвоночника 4 ст. Компрессия СМ на уровне Th6–Th9. Нижний смешанный глубокий парализ.

Для предоперационной подготовки использовали гало-тракцию, которая показала эффективность в достижении частичного регресса неврологических нарушений. Гало-кольцо было установлено 19 пациентам, при этом у 18 из них

проводилась гало-пельвик тракция со средней продолжительностью $13,6 \pm 3,2$ суток. В одном случае была применена гравитационная гало-тракция.

Разработаны методы вентральной декомпрессии СМ и вентральной стабилизации шейно-грудного позвоночника с применением серийных и индивидуальных металлоконструкций (пластин) и их комбинации (1 вариант – серийным межтеловым кейджем и индивидуальной пластиной, 2 вариант – индивидуальной пластиной mesh, 3 вариант – передняя фиксация позвоночника индивидуальной пластиной) (рисунок 4).

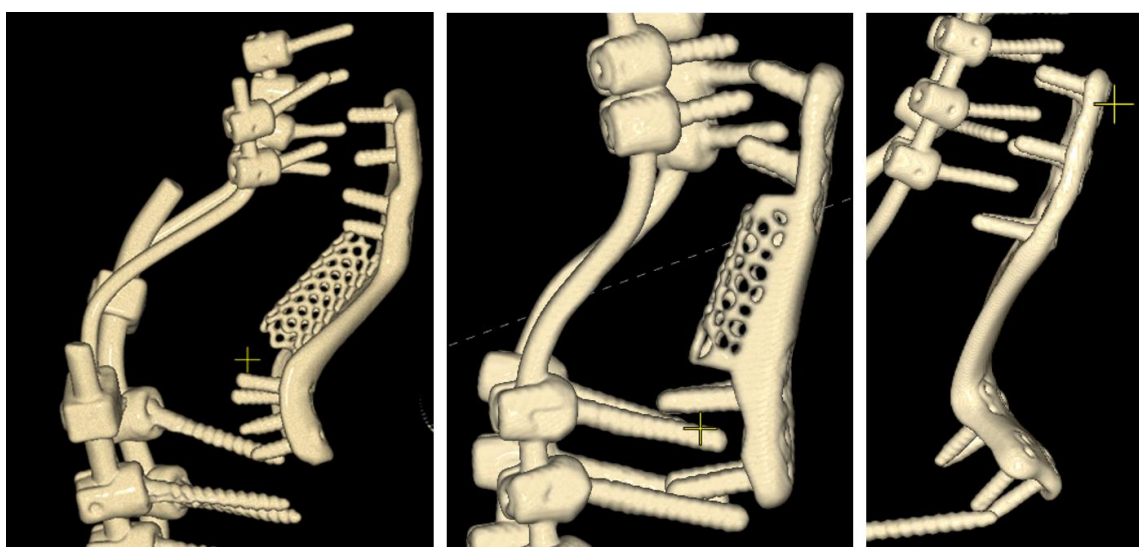


Рисунок 4 – Варианты вентральной декомпрессии СМ и вентральной стабилизации позвоночника

В третьей главе «Результаты лечения пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом» проведен анализ 51 пациента с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом.

Возрастное распределение пациентов представлено медианой и квартилями ввиду асимметрии данных и наличия выбросов. В группе пациентов младше 18 лет ($n=39$) медиана возраста составила 11 [8; 14] лет, (диапазон: 2–17 лет), в группе 18 лет и старше ($n=12$) – 20 [18; 25] лет (диапазон: 18–60 лет) (рисунок 5). Из них 25 (49%) пациентов были мужского пола, а 26 (51%) – женского.

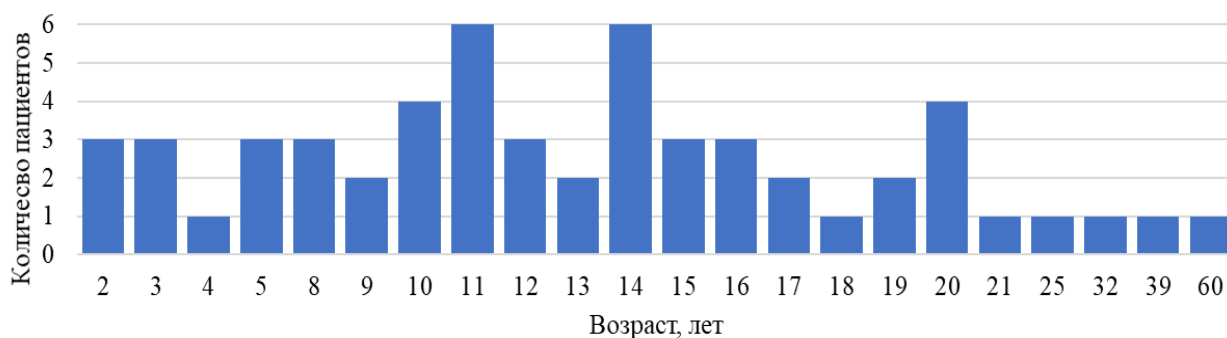


Рисунок 5 – Распределение пациентов по возрасту

Вершина кифотической деформации преимущественно локализовалась на уровне позвонков С3, Th5, Th12, L1. Сколиотическая деформация наиболее часто располагалась в грудном отделе на уровне Th5–Th6, а кифосколиотическая деформация – на уровне позвонков Th4, Th5, Th8 и L1.

Пациенты были разделены на **три группы** в зависимости от **направления вектора компрессии спинного мозга на вершине деформации**.

В **первую группу** вошли 18 пациентов с локальной деформацией позвоночника (преимущественно, кифотической) и вентральной СМ (рисунок 6). В этой группе основное внимание уделялось устранению вентральной компрессии СМ в условиях локальной угловой деформации позвоночника. Средние показатели по шкале ASIA до операции составляли: моторная функция $84,6 \pm 8,2$ балла, тактильная – $89,4 \pm 9,3$ балла, болевая – $90,1 \pm 8,7$ балла. По шкале функциональной независимости FIM показатель достигал 83 ± 26 балла. Рассчитана величина компрессии СМ (К, %), медиана составила $59,7 [51,8; 68,5]$ %.

Эффективность вмешательства коррелировала со степенью снижения компрессии на вершине деформации. Возраст пациентов и длительность неврологического дефицита оказывали негативное влияние на динамику восстановления.



Рисунок 6 – Схематическое изображение деформации позвоночника пациентов 1 группы (сагиттальная и аксиальная проекция). Деформация позвоночника (кифоз) на фоне нарушения передней колонны позвоночника (врожденный клиновидный позвонок). Компрессия СМ обусловлена передней колонной позвоночника

Во **вторую группу** были включены 12 пациентов с протяженной деформацией позвоночника (преимущественно, сколиотической) и вентральной компрессией СМ (рисунок 7). Во 2-й группе ключевым компонентом оперативного лечения являлась непрямая декомпрессия, обусловленная коррекцией деформации позвоночника. Показатели по шкале ASIA до лечения были следующими: моторная функция $86,2 \pm 24,1$ балла, тактильная – $96,8 \pm 12,9$ балла, болевая – $97,3 \pm 11,8$ балла. Показатель FIM составлял $97,3 \pm 21,5$ балла. Рассчитана величина компрессии СМ (К, %), медиана которой составила 23,0 [16,4; 31,8] %.

У пациентов отмечалось улучшение сенсорных функций в большей степени, чем моторных, с выраженной зависимостью результатов от коррекции сколиотического компонента. Как и в 1-й группе, длительность дефицита и возраст ограничивали потенциал восстановления, а снижение компрессии коррелировало с улучшением тактильной и болевой чувствительности.

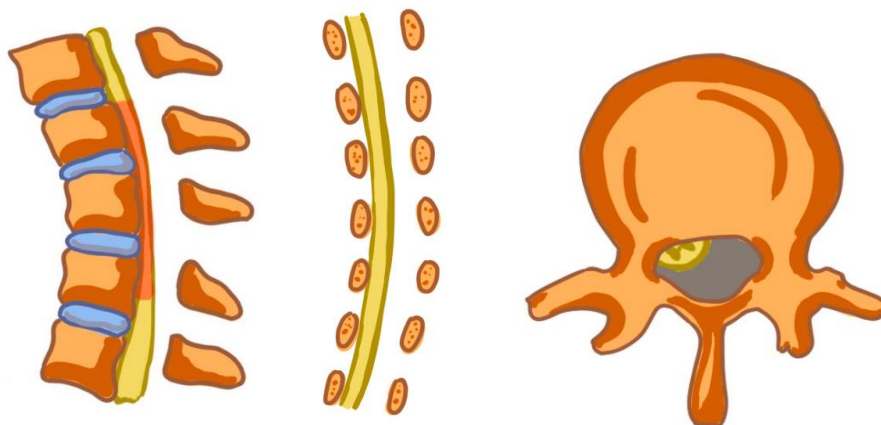


Рисунок 7 – Схематическое изображение деформации позвоночника пациентов 2 группы (сагиттальная, фронтальная и аксиальная проекции).

Третью группу составили 21 пациент с протяженной деформацией позвоночника (преимущественно, кифосколиотической) и задней или заднебоковой компрессией СМ (рисунок 8). Показатели по шкале ASIA до операции были следующими: моторная функция $83,8 \pm 9,6$ балла, тактильная – $91,2 \pm 10,1$ балл, болевая – $93,4 \pm 9,2$ балла. По шкале FIM показатель достигал $91,6 \pm 22,3$ балла. Среднее значение компрессии (К, %) СМ составляло $58,80 [28,6; 71,2]$ %. Наибольший прирост функциональных показателей наблюдался при коррекции кифотического компонента деформации. Динамика восстановления также демонстрировала зависимость от своевременности вмешательства: пациенты с меньшей продолжительностью дефицита достигали лучших результатов.



Рисунок 8 – Схематическое изображение деформации позвоночника (фронтальная и аксиальная проекция).

Клинико-лучевые результаты оперативного лечения показали значительное улучшение неврологического статуса во всех группах пациентов. Наибольшая положительная динамика наблюдалась в первые 6-12 мес. после проведенного хирургического вмешательства. В 1-й группе после выполнения вентральной декомпрессии было отмечено увеличение показателей по шкале ASIA: моторная функция улучшилась с $84,6 \pm 8,2$ до $105,6 \pm 5,8$ балла ($p = 0,0023$), тактильная – с $89,4 \pm 9,3$ до $110,1 \pm 3,1$ балла ($p = 0,0034$), болевая – с $90,1 \pm 8,7$ до $110,7 \pm 2,9$ балла ($p = 0,001$). Величина компрессии СМ после операции снизилась до $12,5 [6,8; 23,8] \%$ ($p = 0,003$). Коэффициент Hirobayashi RR по шкале FIM через 18 мес. составил в среднем $85,2 \pm 12,3\%$, расценен как «отличный» ($p = 0,026$).

Результаты коррекции деформации пациентов 1-й группы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение углов кифотического и сколиотического компонента деформации ($в^\circ$) до и после операции у пациентов 1-й группы

Компонент деформации	Параметр	Значение		p
		M \pm SD	Me [Q1; Q3]	
Кифоз	Угол кифоза до операции	$79,50 \pm 43,07$	81 [38; 105]	–
	Угол кифоза после операции	$36,40 \pm 30,16$	34 [3; 53]	0,011
	Δ	$43,10 \pm 24,95$	49 [35; 58]	0,0032
Сколиоз	Угол сколиоза до операции	$83,14 \pm 38,47$	95 [64; 140]	–
	Угол сколиоза после операции	$52,00 \pm 29,63$	55 [44; 71]	0,011
	Δ	$31,14 \pm 27,45$	25 [17; 45]	0,024
Кифосколиоз	Угол кифоза до операции	$89,20 \pm 40,64$	105 [58; 142]	–
	Угол кифоза после операции	$51,20 \pm 23,07$	56 [34; 69]	0,0031
	Δ	$38,00 \pm 19,49$	49 [24; 68]	0,0026
	Угол сколиоза до операции	$61,00 \pm 30,98$	67,5 [35; 95]	–
	Угол сколиоза после операции	$40,60 \pm 21,36$	40 [25; 55]	0,0041
	Δ	$20,40 \pm 10,69$	19 [15; 23]	0,014

Примечание. Δ – разница между значениями угла деформации до и после операции.

Во 2-й группе после выполнения не прямой декомпрессии было зафиксировано улучшение моторной функции по шкале ASIA с $86,2 \pm 24,1$ до $90,2 \pm 21,8$ балла ($p = 0,0023$). Тактильная функция улучшилась с $96,8 \pm 12,9$ до $104,8 \pm 10,5$ балла ($p = 0,0044$), а болевая – с $97,3 \pm 11,8$ до $105,0 \pm 10,2$ баллов ($p = 0,0034$). Величина компрессии СМ после операции снизилась до $21,0 [6,8; 24,8] \%$ ($p = 0,012$). Коэффициент восстановления Hirabayashi RR по шкале функциональной независимости FIM достиг $82,1 \pm 12,4\%$, расценен как «отличный» ($p < 0,001$).

Результаты коррекции деформации пациентов 2-й группы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение углов (Cobb, °) кифотического и сколиотического компонента деформации до и после операции у пациентов 2-й группы

Компонент деформации	Параметр	Значение		P
		M ± SD	Me [Q1; Q3]	
Кифоз	Угол кифоза до операции	$79,50 \pm 43,07$	81 [53; 105]	–
	Угол кифоза после операции	$36,40 \pm 30,16$	34 [23; 53]	0,002
	Δ	$43,10 \pm 24,95$	49 [35; 58]	0,002
Сколиоз	Угол сколиоз до операции	$85,40 \pm 38,21$	95 [64; 140]	–
	Угол сколиоза после операции	$52,00 \pm 29,63$	55 [44; 71]	0,032
	Δ	$33,40 \pm 19,89$	25 [17; 45]	0,004
Кифосколиоз	Угол кифоза до операции	$89,20 \pm 40,64$	105 [58; 142]	–
	Угол кифоза после операции	$51,20 \pm 23,07$	56 [34; 69]	0,0028
	Δ	$38,00 \pm 19,49$	49 [24; 68]	0,0018
	Угол сколиоза до операции	$67,50 \pm 30,98$	67,5 [35; 95]	–
	Угол сколиоза после операции	$40,60 \pm 21,36$	40 [25; 55]	0,0054
	Δ	$20,40 \pm 10,69$	19 [15; 23]	0,006

В 3-й группе после выполнения задней и/или заднебоковой декомпрессии СМ моторная функция улучшилась с $83,8 \pm 9,6$ до $98,1 \pm 5,2$ балла ($p = 0,0018$). Тактильная функция показала положительную динамику с $91,2 \pm 10,1$ до $111,2 \pm 3,4$ балла ($p = 0,0021$), болевая – с $93,4 \pm 9,2$ до $112,0 \pm 1,1$ балла ($p = 0,024$). Уровень компрессии СМ снизился с $58,8\%$ до $17,9 \%$ ($p < 0,012$). Коэффициент

восстановления Hirobayashi RR по шкале FIM составил 89,7%, расценен как «отличный» ($p < 0,001$).

Результаты коррекции деформации пациентов 3-й группы представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение углов кифотического и сколиотического компонента деформации по Cobb (в °) до и после операции у пациентов 3-й группы

Компонент деформации	Параметр	Значение		p
		M ± SD	Me [Q1; Q3]	
Кифоз	Угол кифоза до операции	74,5 ± 32,3	81 [53; 105]	–
	Угол кифоза после операции	42,4 ± 28,6	34 [23; 53]	0,0024
	Δ	32,1 ± 22,4	49 [35; 58]	0,0031
Сколиоз	Угол сколиоза до операции	77,0 ± 14,2	95 [64; 140]	–
	Угол сколиоза после операции	50,8 ± 23,6	55 [44; 71]	0,0035
	Δ	26,2 ± 21,1	25 [17; 45]	0,0031
Кифосколиоз	Угол кифоза до операции	94,6 ± 26,8	105 [58; 142]	–
	Угол кифоза после операции	54,4 ± 30,2	56 [34; 69]	0,0026
	Δ	40,3 ± 23,5	49 [24; 68]	0,0028
	Угол сколиоза до операции	70,6 ± 15,1	67,5 [35; 95]	–
	Угол сколиоза после операции	39,9 ± 17,3	40 [25; 55]	0,032
	Δ	30,8 ± 18,7	19 [15; 23]	0,027

Вне зависимости от выбранной модели хирургического лечения, способа декомпрессии, для всех групп характерны следующие положения. Во-первых, снижение компрессии СМ на вершине деформации являлось ключевым фактором, определяющим положительную динамику неврологического статуса. Уменьшение величины компрессии коррелировало с улучшением моторной и сенсорной функций. Во-вторых, возраст пациентов и длительность неврологического дефицита оказывали негативное влияние на исходы лечения: более молодые пациенты и те, у кого вмешательство проводилось в первые 12 мес. после развития симптомов неврологического дефицита, демонстрировали лучшие результаты. В-третьих, тип деформации определял специфику восстановления: коррекция кифоза способствовала улучшению моторной функции и тактильной чувствительности, а сколиоза – моторной функции и болевой чувствительности. Комбинированные

деформации (кифосколиоз) требовали комплексного подхода для достижения синергетического эффекта. Во всех случаях наибольший прогресс отмечался в первые 6–12 мес. после операции, с последующей стабилизацией показателей к 18 мес., что подчеркивает важность ранней реабилитации и длительного наблюдения для закрепления результатов. Несмотря на небольшие размеры групп (18, 12 и 21 пациент), выявленные изменения были подтверждены статистически.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что дорсальная фиксация и коррекция деформации позвоночника (прежде всего, кифотического компонента деформации) с декомпрессией СМ на вершине деформации является эффективным методом лечения, способствующим значительному улучшению неврологического статуса пациентов. Основными факторами, определяющими успешность неврологического восстановления, являются возраст пациента, продолжительность неврологического дефицита до операции, степень достигнутой декомпрессии СМ и величина коррекции кифотической деформации. Эти показатели могут служить прогностическими критериями при планировании хирургического вмешательства и информировании пациентов о вероятных результатах лечения.

Разработан алгоритм дифференцированного подхода к хирургическому лечению на основе типа компрессии спинного мозга (рисунок 9).

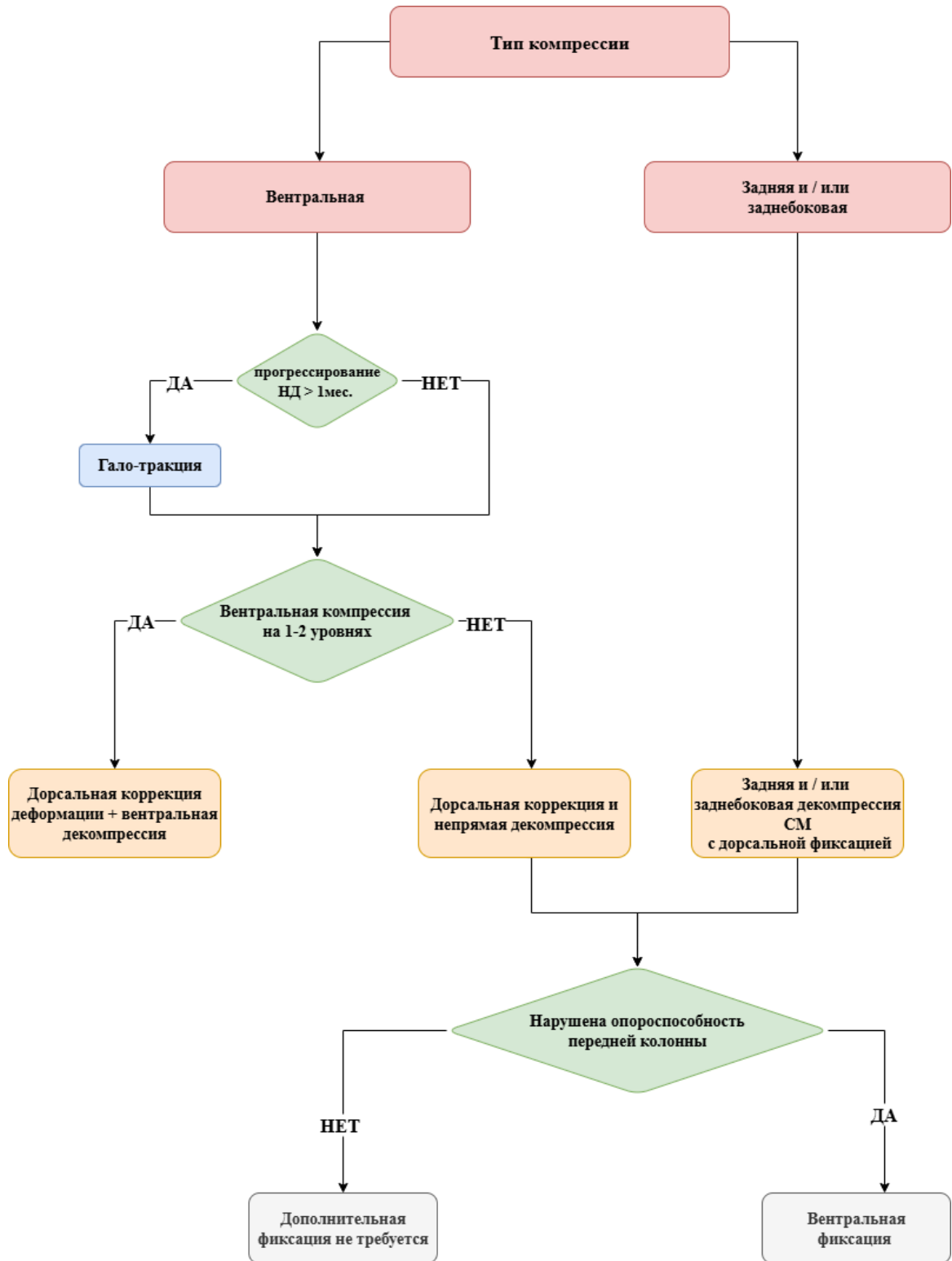
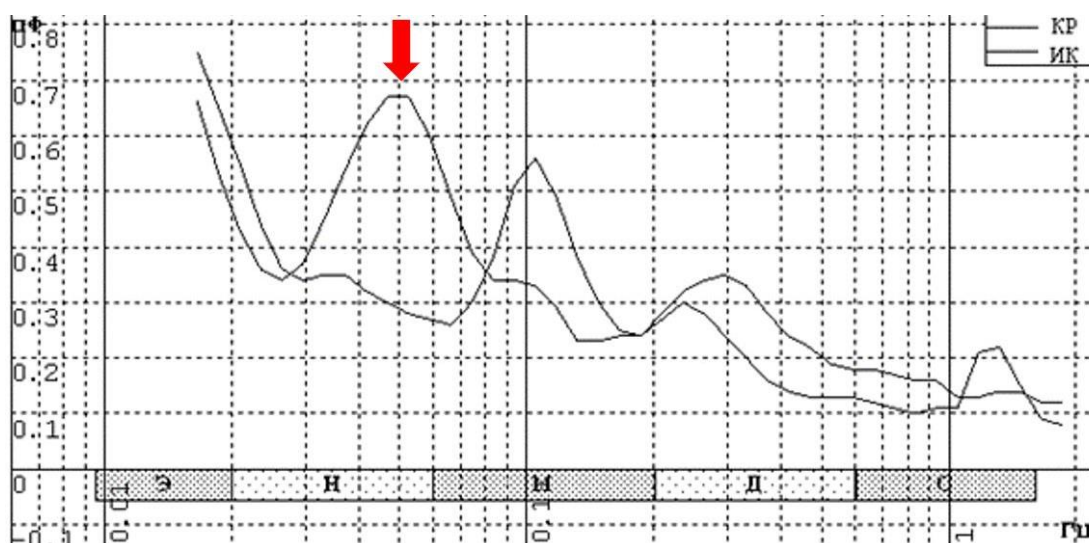


Рисунок 9 – Блок-схема алгоритма лечения

В четвертой главе «Оценка функции спинного мозга методом лазерной доплеровской флоуметрии» выполнена оценка функции тонких немиелинизированных нервных волокон методом ЛДФ выборки 20 пациентов, входящих в когорту 51 пациента с деформацией позвоночника, ассоциированной с

неврологическим дефицитом, которые были обследованы с использованием метода ЛДФ в период с 2022 по 2024 г. Пример записи вейвлет-спектра ЛДФ-граммы до операции (рисунок 10).



Примечание – По горизонтали – частотные диапазоны (в Гц): э (эндотелиальные), н (нейрогенные), м (миогенные), д (дыхательные веноулярные), с (сердечные), по вертикали – амплитуда колебаний кровотока (в п. е.).

Рисунок 10 – Запись вейвлет-спектра колебаний кровотока при ЛДФ до операции.

После проведенного оперативного лечения относительная величина стеноза позвоночного канала у пациентов снизилась с $54,1 \pm 19,1\%$ до $27,5 \pm 14,7\%$ ($p = 0,032$).

В динамике наблюдения у 8 пациентов с исходным неврологическим статусом ASIA C в виде нижнего смешанного глубокого парапареза отмечена положительная динамика до уровня ASIA D. Из 12 пациентов с дооперационным статусом ASIA D у 7 пациентов динамики неврологического дефицита не выявлено, а у 5 пациентов зарегистрирован регресс неврологических расстройств до уровня ASIA E. Общие результаты хирургического лечения оценены как «хорошие», при этом у 13 пациентов (65%) выявлен регресс неврологического дефицита в период наблюдения от 3 до 6 мес. после операции. Средняя величина коррекции деформации в этой группе пациентов составила $29,3 \pm 12,1\%$.

Согласно полученным данным, вклад трофотропной сенсорной пептидергической регуляции начинает увеличиваться с 3–6 мес. после операции,

достигает максимума в сроки 6–12 мес. и несколько снижается, но сохраняется через год и более после хирургического вмешательства. На этом фоне на всех этапах сохраняется участие эрготропного канала регуляции, связанного с симпатическими волокнами, однако их вклад в контроль микроциркуляторно-тканевых систем отчетливо снижается, начиная с 6-го месяца после операции, достигая минимума в период 6–12 мес.

Среди количественных параметров микроциркуляции отчетливую положительную динамику после операции демонстрировала величина средней перфузии. Активность трофотропного сенсорного пептидергического канала регуляции достоверно возростала после операции, а эрготропного симпатического канала достоверно снижалась только в сроки 6–12 мес. после операции (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели ЛДФ до и после оперативного лечения (Me [Q1; Q3])

Интервал обследован ия	Ан./σ КР	Ан./σ ИК	Асп./σ КР	Асп./σ ИК	Ам./σ КР	Ам./σ ИК	М, п.е. КР	М, п.е. ИК	Р
До операции	0,41 [0,32; 0,44]	0,53 [0,46; 0,60]	–	0,38 [0,34; 0,42]	0,38 [0,36; 0,40]	0,24 [0,22; 0,26]	1,10 [1,06; 1,14]	11,7 [10,6; 12,8]	0,0034
1-2 нед. после операции	0,40 [0,28; 0,52]	0,64 [0,62; 0,6]*	0,57 [0,49; 0,65]*	0,53 [0,50; 0,56]*	0,41 [0,36; 0,46]	0,30 [0,26; 0,34]	2,30 [2,28; 2,32]*	10,0 [9,0; 11,5]	0,0021
3–6 мес. после операции	0,60 [0,54; 0,66]	0,65 [0,62; 0,68]*	0,41 [0,36; 0,46]*	0,54 [0,52; 0,56]*	0,39 [0,35; 0,43]	0,19 [0,12; 0,26]	2,34 [2,32; 2,36]*	13,0 [12,0; 14,4]	0,0014
6–12 мес. после операции	0,37 [0,33; 0,41]*	0,44 [0,40; 0,48]*	0,47 [0,40; 0,54]*	0,43 [0,41; 0,45]*	0,43 [0,41; 0,45]*	0,28 [0,25; 0,31]	5,40 [5,35; 5,45]*	13,0 [11,0; 15,3]	0,0046
Более 1 года после операции	0,45 [0,35; 0,55]	0,50 [0,43; 0,57]	0,32 [0,28; 0,36]*	0,54 [0,47; 0,61]*	0,35 [0,30; 0,40]	0,34 [0,32; 0,36]*	7,20 [6,60; 7,80]*	18,7 [17,6; 19,8]*	0,0001
Контроль (n=20)	0,40 [0,34; 0,46]	0,48 [0,42; 0,54]	0,27 [0,21; 0,33]	0,29 [0,23; 0,35]	0,45 [0,41; 0,49]	0,40 [0,38; 0,42]	5,10 [5,04; 5,16]	11,8 [10,6; 13,0]	0,0012

Проведенное исследование позволило установить значимые закономерности между параметрами микроциркуляции и клинической динамикой неврологического статуса. Выявлена обратная зависимость средней силы между показателем нейрогенного тонуса и моторной функцией по шкале ASIA, которая усиливалась в динамике наблюдения (до операции $r = -0,41$, в раннем послеоперационном периоде $r = -0,55$ и через 12 мес. $r = -0,68$). Показатель миогенного тонуса продемонстрировал положительную корреляцию с клиническими показателями неврологического статуса ($r = 0,59$). Наблюдалась тенденция к снижению нейрогенного тонуса, повышению миогенного тонуса и увеличению показателя шунтирования в послеоперационном периоде. Сопоставление этих изменений с динамикой неврологического статуса позволяет предположить, что умеренное снижение нейрогенного тонуса, повышение миогенного тонуса и показателя шунтирования являются прогностическими признаками положительной динамики неврологического статуса.

Выводы

1. Компрессия СМ на вершине деформации ($58,4 \pm 15,6\%$ – в 1 группе, во 2-й группе – $29,0 \pm 21,2\%$, в 3-й группе – $50,6 \pm 23,8\%$), изолированный локальный угол кифоза, сочетание кифотического угла деформации со сколиотической деформацией, протяженность дуги деформации (1–2 сегмента позвоночника при нарушении опороспособности передней колонны и более 2 сегментов без нарушений передней колонны позвоночника) являются основными параметрами, влияющими на выбор метода хирургического лечения. Пациенты с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом, требуют комплексного обследования (клинические и лучевые методы диагностики, анкетирование). Применение КТ-миелографии с последующим изготовлением 3D-моделей позвоночника и СМ (51% пациентов) является важным инструментом для визуализации локальной компрессии СМ.

2. Ключевыми факторами, определяющими эффективность восстановления неврологических функций, являются: возраст пациента (младше 18 лет, отрицательная корреляция), продолжительность неврологического дефицита до операции (менее 12 мес., отрицательная корреляция), степень декомпрессии СМ в зоне максимального стеноза (К менее 58% при передней компрессии и 51% – при задней/заднебоковой, положительная корреляция) и величина коррекции деформации позвоночника (при коррекции кифотического компонента деформации на 40° и более, сколиотического – на 30° и более, положительная корреляция). Определена группа пациентов, которым в приоритете показано выполнение передней декомпрессии СМ с минимальной коррекцией деформации позвоночника: пациенты с многоплоскостной деформацией шейно-грудного отдела позвоночника и компрессией СМ за счет локального кифоза и неврологическим статусом, соответствующим группам В и С по ASIA.

3. Метод ЛДФ со спектральным вейвлет-анализом колебаний кровотока является объективным инструментом оценки динамики восстановления функции СМ. Изменения показателей опережают клинические изменения в неврологическом статусе, что позволяет использовать данный метод для раннего

прогнозирования результатов лечения и своевременной коррекции реабилитационной программы. Максимальная активация трофотропных нейрогенных механизмов саногенеза наблюдается в период 6–12 мес. после операции.

4. Разработан алгоритм выбора метода хирургического лечения на основании стратификации пациентов на три группы в зависимости от локализации компрессии СМ и характера деформации, позволяющий улучшить результаты оперативного лечения у пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом

Практические рекомендации

1. При планировании хирургического лечения пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом, следует руководствоваться дифференцированным подходом: при передней компрессии СМ и нарушении формирования передней колонны позвоночника рекомендована вентральная декомпрессия со стабилизацией; при стенозе позвоночного канала за счет передней колонны без нарушений ее формирования оптимальна непрямая декомпрессия через инструментальную коррекцию; при компрессии задними или заднебоковыми структурами показана задняя или заднебоковая декомпрессия с последующей стабилизацией.

2. Оперативное лечение пациентов с неврологическим дефицитом, ассоциированным с деформациями позвоночника, необходимо проводить в максимально ранние сроки, не позднее 12 мес. от появления неврологических нарушений, что значительно повышает вероятность восстановления функций СМ. У пациентов с быстро прогрессирующим неврологическим дефицитом (в течении 1 месяца и менее) рекомендовано применение гало-тракции для стабилизации деформации, непрямой декомпрессии СМ и замедления прогрессирования неврологического дефицита. Предоперационная гало-пельвик тракция увеличивает эффективность последующего хирургического лечения за счет

начальной коррекции деформации, снижения натяжения оболочек СМ и улучшения микроциркуляции.

3. В клинической практике рекомендуется использовать метод ЛДФ со спектральным вейвлет-анализом колебаний кровотока для объективной оценки функции СМ до операции и в динамике восстановительного периода. Ключевыми показателями для мониторинга являются НТ, МТ и ПШ, которые демонстрируют выраженную корреляцию с динамикой неврологического статуса.

4. Реабилитационные мероприятия должны проводиться с максимальной интенсивностью в первые 6–12 мес. после операции, когда наблюдается наиболее выраженная мобилизация трофотропных нейрогенных механизмов саногенеза и происходит наиболее интенсивное восстановление неврологических функций. Период после 12 мес. характеризуется стабилизацией показателей, что требует коррекции реабилитационной программы с акцентом на поддержание достигнутых результатов.

Список работ по теме диссертации

1. Назаренко А.Г., Кулешов А.А., Милица И.М., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. Кифосколиотические деформации позвоночника, ассоциированные с высоким риском развития неврологического дефицита. Обзор литературы // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 3. С. 415–425. DOI: 10.17816/vto629012
2. Назаренко А.Г., Крупаткин А.И., Кулешов А.А., Милица И.М., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. Функциональная оценка тонких немиелинизированных нервных волокон у пациентов с кифосколиозом, ассоциированным с компрессией спинного мозга // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 3. С. 295–304. DOI: 10.17816/vto630428
3. Кулешов А.А., Назаренко А.Г., Ветрилэ М.С., Макаров С.Н., Милица И.М., Лисянский И.Н. Хирургическое лечение деформаций позвоночника, ассоциированных с неврологическим дефицитом, с применением технологий 3D-моделирования // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2025. Т. 32, № 1. С. 161–172. DOI: 10.17816/vto633743
4. Кулешов А.А., Назаренко А.Г., Крупаткин А.И., Милица И.М., Ветрилэ М.С., Струнина Ю.В., Макаров С.Н., Лисянский И.Н., Шаров В.А. Результаты хирургического лечения пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированными с неврологическим дефицитом // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2025. Т. 32, № 2. С. 361–374. DOI: 10.17816/vto656745 EDN: NHRTEA
5. Назаренко А.Г., Кулешов А.А., Милица И.М., Синегубов О.Н., Ветрилэ М.С., Макаров С.Н., Лисянский И.Н., Кокорев А.И., Шаров В.А. Патент RU 2845521 С1. Способ планирования лечения при деформациях переходных зон позвоночника с использованием оценки взаимодействия костных, миелоредикулярных и сосудистых структур / патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова"

Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU). – № 2024122314; заявл. 05.08.2024; опубл. 21.08.2025, Бюл. № 24.

6. Назаренко А.Г., Крупаткин А.И., Кулешов А.А., Милица И.М., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. Нейро-микроциркуляторные взаимосвязи пациентов с кифотическими и сколиотическими деформациями позвоночника, ассоциированными с компрессией спинного мозга // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2024. Т. 23, № 3. С. 141–148. DOI: 10.37903/vsgma.2024.3.17.

7. Крупаткин А.И., Кулешов А.А., Милица И.М., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. Нейро-микроциркуляторные взаимосвязи пациентов с кифотическими и сколиотическими деформациями позвоночника, ассоциированными с компрессией спинного мозга // Неотложная детская хирургия и травматология: материалы XIII Всероссийского научно-практического форума, Москва, 19–21 февраля 2025 года. – Москва – Санкт-Петербург: Эко-Вектор Ай-Пи, 2025. – С. 60.

8. Кулешов А.А., Милица И.М., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. Результаты хирургического лечения пациентов с деформациями позвоночника, ассоциированных с неврологическим дефицитом // Неотложная детская хирургия и травматология: материалы XIII Всероссийского научно-практического форума, Москва, 19–21 февраля 2025 года. – Москва – Санкт-Петербург: Эко-Вектор Ай-Пи, 2025. – С. 61.

9. Крупаткин А.И., Кулешов А.А., Милица И.М., Ветрилэ М.С., Лисянский И.Н., Макаров С.Н. Нейро-микроциркуляторные взаимосвязи пациентов с кифотическими и сколиотическими деформациями позвоночника, ассоциированными с компрессией спинного мозга // XI Всероссийский Приоровский Форум, посвященный 100-летию профессора К.М. Сиваша : сборник работ, Москва, 13–14 декабря 2024 года. – Москва: Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, 2024. – С. 176-177.