

На правах рукописи

КАХХАРОВ Руслан Абдуллаевич

Хирургическое удаление опухолей больших полушарий и подкорковых структур головного мозга, прилежащих к пирамидному тракту, с использованием МР-трактографии и интраоперационного электрофизиологического мониторинга у детей

3.1.10. Нейрохирургия

1.5.5. Физиология человека и животных (медицинские науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва - 2025

Работа выполнена в федеральном государственном автономном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научные руководители:

доктор медицинских наук

Кадыров Шавкат Умидович

кандидат медицинских наук

Огурцова Анна Анатольевна

Официальные оппоненты:

Семенова Жанна Борисовна

доктор медицинских наук,

ГБУЗ «НИИ НДХиТ – Клиника доктора Рошалья», отдел нейрохирургии и нейротравмы, руководитель отдела

Зорин Роман Александрович

доктор медицинских наук,

доцент, ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, кафедра неврологии и нейрохирургии, профессор кафедры

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

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2025 г. в 13.00 час. на заседании диссертационного совета 21.1.031.01, созданного на базе ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, по адресу: 125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16.

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

Автореферат разослан «_____» _____ 2025 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета 21.1.031.01

доктор медицинских наук

Яковлев Сергей Борисович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Проблема комплексного лечения опухолей головного мозга у детей - одна из актуальных в настоящее время. Опухоли ЦНС в структуре онкологической патологии детского возраста занимают второе место (20%) после гемобластозов (40%), и первое место среди всех солидных опухолей. По данным статистического отчета The Central Brain Tumor Registry of the United States (CBTRUS) за 2016-2020 гг. (выпуск 2023 года), у детей и подростков в возрасте 0–19 лет частота выявления всех первичных опухолей ЦНС составила 6,13 на 100 000 населения [Ostrom Q.T., 2023].

При доброкачественных опухолях головного мозга радикальное хирургическое удаление опухоли является основным и, нередко, единственным видом онкологического лечения, тогда как при злокачественных опухолях хирургическая резекция - лишь один из этапов лечения. Несмотря на превалирование в детской популяции доброкачественных опухолей, тотальное удаление может быть ограничено топографо-анатомическим расположением опухоли.

Актуальной проблемой современной нейрохирургии является резекция опухолей головного мозга, прилежащих к кортикоспинальному тракту (КСТ), в связи с риском его повреждения, развитием двигательного дефицита на стороне, контралатеральной очагу поражения, приводящего к инвалидизации пациента и снижению качества жизни. В связи с этим, цель резекции опухолей, расположенных вблизи пирамидного тракта - максимально радикальное удаление опухоли, с одновременным сохранением целостности пирамидного тракта, что позволит избежать нарастания двигательного дефицита.

В детской нейрохирургии основными методами предотвращения повреждения КСТ во время операции является предоперационная МР-трактография и интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОМ). Оба метода исторически встречали ряд технических затруднений в получении результатов у детей, особенно младшей возрастной группы. И лишь в последние

годы появились публикации, освещающие опыт применения данных методов [Alluhaybi A., 2022; Benes V., 2022; Cinalli G., 2018; Dorfer C., 2021; Kim J., 2018; Kis D., 2014; Lorenzen A., 2018; Roth J., 2020; Steinbok P., 2017]. К сожалению, в публикациях практически нет развернутых данных о планировании хирургического подхода в зависимости от результатов МР-трактографии, вариантах использования ИОМ при опухолях вблизи пирамидного тракта, значений тока прямой стимуляции, а также не встречается публикаций по сопоставлению данных МР-трактографии и ИОМ в детской популяции.

В работе НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко [Косырькова А.В., 2021] освещен опыт лечения взрослых пациентов с супратенториальными опухолями вблизи КСТ, проведено сравнение результатов с данными мировой литературы. Отмечается, что подавляющий мировой опыт использования МР-трактографии и комплексного ИОМ – взрослые пациенты с опухолями больших полушарий [Димерцев А.В., Косырькова А.В., Bello L., De Witt Hamer P.C., Duffau H., Caverzasi E., Raabe A., Sanai N., Seidel K., Yamaguchi F.]. Таким образом, соотнести показатели ИОМ во взрослой и детской группе невозможно со статистической и «доказательной» точки зрения. Следует учитывать особенности получения результатов МР-трактографии и нейрофизиологического мониторинга в условиях незавершённых процессов синаптогенеза и миелинизации нервных волокон у детей раннего возраста, топографические и гистологические особенности опухолей, прилегающих к пирамидному тракту у детей.

Степень разработанности темы

При анализе русскоязычной и англоязычной литературы не выявлены научные исследования, систематизирующие показания к использованию МР-трактографии, определение необходимого объема ИОМ при хирургическом удалении опухолей, прилегающих к пирамидному тракту у детей.

Существует небольшое количество публикаций, описывающих применение МР-трактографии при глубинных опухолях разной гистологической

природы у детей, применение метода при полушарных опухолях описано скудно. По данным литературы, реконструкция КСТ при МР-трактографии у детей является более сложной, чем у взрослых. При этом четкого описания факторов, которые влияют на результаты трактографии у детей в литературе нет.

Применение ИОМ в протекции КСТ в детской нейрохирургии долгое время оставалось низкорезультативным, преимущественно за счет детей младшей возрастной группы. Только при расширении технических возможностей комплексов для интраоперационного мониторинга и применении их в повседневной практике вновь появился интерес к изучению ИОМ при резекции опухолей вблизи моторных зон.

Комплексный интраоперационный нейрофизиологический мониторинг состояния пирамидного тракта у детей включает транскраниальные моторные вызванные потенциалы (ТК МВП) и прямую стимуляцию. В доступной мировой литературе не освещается объем применяемого ИОМ, фактически нет разработанной тактики и определения необходимого объема ИОМ во время резекции опухолей вблизи КСТ. Не описаны факторы, влияющие на воспроизводимость ТК МВП и прямую стимуляцию, роль динамики показателей ИОМ на функциональные исходы и влияние этих показателей на радикальность операций. Важно отметить, что существуют работы, которые определили проблемы использования ИОМ у детей, возможные пути их решения и первичные результаты применения ИОМ у детей. Необходимо дальнейшее изучение факторов, влияющих на результаты применения МР-трактографии и ИОМ у детей.

Цель исследования

Оценить результаты применения МР-трактографии и различного объема интраоперационного нейрофизиологического мониторинга в хирургическом лечении детей с супратенториальными опухолями головного мозга, прилежащими к кортикоспинальному тракту.

Задачи исследования

1. Оценить особенности расположения кортикоспинального тракта по результатам МР-трактографии в различных топографо-анатомических группах супратенториальных опухолей, прилежащих к пирамидному тракту у детей;
2. Выявить значимость предоперационной МР-трактографии в планировании удаления различных топографо-анатомических групп супратенториальных опухолей, прилежащих к пирамидному тракту у детей;
3. Определить роль комплексного интраоперационного нейрофизиологического мониторинга при резекции супратенториальных опухолей, прилежающих к пирамидному тракту, в сохранении функционального статуса и степени резекции опухолей у детей;
4. Выявить физиологические факторы, влияющие на информативность модальности различных методов интраоперационного электрофизиологического мониторинга - транскраниальных моторных вызванных потенциалов и прямой стимуляции;
5. Определить прогностическую значимость динамики модальности транскраниальных моторных вызванных потенциалов в ближайших и отдаленных неврологических исходах.

Новизна исследования

Выполнена исследовательская работа, освещающая результаты применения МР-трактографии и комплексного нейрофизиологического мониторинга в хирургическом лечении пациентов с супратенториальными опухолями, прилежащими к КСТ у детей.

Впервые на большом клиническом материале проведен анализ применения МР-трактографии у детей, оценка расположения КСТ относительно опухоли в различных топографо-анатомических группах. На основании результатов МР-трактографии выработан алгоритм выбора хирургического доступа.

Впервые освещены результаты применения различного объема ИОМ, модальности ТК МВП и прямой стимуляции у детей разного возраста,

различного гистологического и топографо-анатомического расположения опухолей. Выполнено сопоставление данных МР-трактографии и ИОМ в зависимости от топографо-анатомической группы опухоли.

Впервые определена чувствительность и специфичность изменения модальности ТК МВП и прогностическая значимость динамики модальности в ближайших и отдаленных неврологических исходах. Предпринята попытка систематизации модальности прямой стимуляции и её роль в радикальности резекции различных топографо-анатомических опухолей.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработаны показания к применению МР-трактографии в зависимости от топографии опухоли, объективно сформулированы показания к выбору хирургического доступа в топографо-анатомических группах опухолей.

Определен необходимый объем ИОМ при резекции супратенториальных опухолей различной топографии, прилежащих к КСТ у детей.

Результаты исследования позволяют определять показания к применению обоих инструментальных методов в хирургическом лечении супратенториальных опухолей вблизи КСТ для сохранения функционального статуса детей и увеличения радикальности операций в топографо-анатомических группах опухолей.

Методология и методы диссертационного исследования

Дизайном работы является когортное нерандомизированное исследование, группа состоит из ретроспективной (с 2016 по 2018 гг.) и проспективной (с 2019 по 2023 гг.) части.

Методология, использованная в исследовании, базируется на современных теоретических и практических основах нейрохирургического лечения пациентов с опухолями, прилежащими к КСТ.

Всем пациентам проведены клинические (неврологическое, нейроофтальмологическое и оториноларингологическое обследования),

нейровизуализационные и лабораторные методы исследования (морфологическое исследование биологического материала). Объект исследования – пациенты с супратенториальными опухолями головного мозга, прилежащими к пирамидному тракту у детей, оперированные с 2016 по 2023 год в 1 нейрохирургическом отделении ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. В основную группу, с использованием комплексного ИОМ (ТК МВП и прямая стимуляция КСТ), включены 67 операций, в контрольную – 52 операции.

Предметом исследования являлись результаты инструментальных методов исследования (МРТ, МР-трактография, ИОМ), функциональный статус детей до и после хирургического лечения (ближайшие и отдаленные неврологические исходы).

В ходе исследования применялись общенаучные методы статистического и сравнительного анализов, табличные и графические приемы визуализации данных. Работа выполнена в соответствии с современными требованиями к научно-исследовательской работе.

Положения, выносимые на защиту

1. Супратенториальные опухоли, прилежащие к пирамидному тракту у детей, имеют определенные особенности смещения пирамидного тракта относительно опухоли в зависимости от топографо-анатомической группы;

2. МР-трактография позволяет планировать безопасную резекцию супратенториальных опухолей, прилежащих к пирамидному тракту, не зависимо от возраста ребенка, топографо-анатомического расположения опухоли;

3. Применение комплексного интраоперационного нейрофизиологического мониторинга (ТК МВП и прямая стимуляция) позволяет проводить безопасную радикальную резекцию опухолей вблизи пирамидного тракта, чем использование только ТК МВП или при отсутствии ИОМ;

4. Возраст ребенка, топографо-анатомическое расположение опухоли и

функциональный статус до операции влияют на модальность ТК МВП и прямой стимуляции;

5. Анализ динамики модальности ТК МВП в ходе резекции опухоли позволяет спрогнозировать ближайшие и отдаленные неврологические исходы.

Степень достоверности исследования

Наличие репрезентативной выборки пациентов, выбранной в соответствии с целью и задачами исследования, а также использование статистических методов обработки данных делают результаты диссертации и основанные на них выводы достоверными и обоснованными в соответствии с принципами доказательной медицины. Они согласуются с литературными данными, полученными ранее по рассматриваемой тематике.

Апробация результатов исследования

Основные положения и результаты диссертации доложены и обсуждены на: X Ежегодной конференции нейрохирургов Северо-Западного Федерального округа, г. Санкт-Петербург, 29.09.2023; XI Всероссийской научно-практической конференции «Клиническая нейрофизиология и нейрореабилитация», г. Санкт-Петербург, 13.10.2023; XXIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Поленовские чтения», г. Санкт-Петербург, 12.04.2024; Всероссийском Форуме молодых ученых «Медицинская наука: вчера, сегодня, завтра», посвященный 300-летию Российской Академии наук и 80-летию отделения медицинских наук РАН, г. Москва, 18.04.2024; расширенном заседании проблемной комиссии «Детская нейрохирургия» ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России 03.07.2024.

Внедрение в практику

Результаты исследований используются в работе 1 нейрохирургического отделения (детская нейрохирургия) и лаборатории клинической нейрофизиологии ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

Личный вклад автора

Автору принадлежит ведущая роль в сборе материала, анализе, обобщении и научном обосновании полученных результатов, в непосредственном участии во всех этапах исследования: определении цели и задач исследования, участии в лечении пациентов, в том числе в нейрохирургических операциях в качестве ассистента, в формулировке выводов, подготовке публикаций результатов исследования, написании текста диссертации и автореферата.

Публикации и реализация результатов исследования

По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ, которые полностью отражают результаты исследования, из них 2 статьи - в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 5 - в виде статей и тезисов в материалах отечественных и зарубежных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 152 страницах текста, состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка использованной литературы. Работа содержит 8 таблиц, 72 рисунка. Библиографический указатель содержит 136 источников, из них 16 отечественных и 120 зарубежных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

В основу работы положено когортное нерандомизированное исследование с ретроспективной (с 2016 по 2018) и проспективной (с 2019 по 2023) частью, основанное на опыте хирургического лечения супратенториальных опухолей головного мозга, прилегающих к кортикоспинальному тракту у детей.

Проанализированы данные 100 пациентов, которым проведено 119 операций в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с января 2016 по декабрь 2023 гг. Возраст пациентов варьировал от 6 месяцев до 18 лет. Средний

возраст детей составил 8,8 лет. В зависимости от возраста пациенты разделены на группы: 0-5 лет 30 пациентов (30%), 6-12 лет 42 детей (42%), 13-17 лет 28 детей (28%). Пациентов женского пола было 51 (51%), мужского – 49 (49%). Опухоль располагалась справа у 40 пациентов (40%), слева – у 60 (60%).

Критериями включения пациентов в исследование были дети с супратенториальными опухолями головного мозга различной степени злокачественности, расстояние солидной части опухоли до КСТ по данным МРТ не более 1 см.

Исключались из исследования пациенты с сопутствующей патологией ЦНС (перинатальное поражение ЦНС, факотомозы и др.), классические МР-диффузные (WHO grade 2,3) опухоли.

Неврологическая симптоматика была полиморфной, основным объединяющим и оцениваемым неврологическим дефицитом являлось снижение мышечной силы по стандартной шкале от 0 до 5 баллов. Двигательный статус пациента оценивался на 1 сутки после операции и к моменту выписки (в среднем, 7-14 суток).

Осуществлено распределение пациентов на группы по динамике функционального статуса: с улучшением двигательных функций; без ухудшения двигательных функций; ухудшение двигательных функций с восстановлением на дооперационный уровень к моменту выписки из стационара; ухудшение без восстановления к моменту выписки.

Отдаленные функциональные исходы оценивались при очном осмотре пациента на 3 и 6 месяце от дня выписки, только в группе пациентов со стойким двигательным дефицитом на момент выписки. Летальность в раннем послеоперационном периоде в изучаемой группе отсутствовала.

Обследование пациентов включало неврологическое, офтальмологическое, отоневрологическое исследование до и после операции, данные СКТ и МРТ головного мозга на до - и послеоперационном этапе.

Метод МР-трактографии (режим DTI, CSD-HARDI) был проведен 45 (45%) пациентам.

В исследование включались следующие топографо-анатомические группы опухолей:

✓ опухоли больших полушарий моторной коры и субкортикальной локализации головного мозга (34 пациента):

- опухоли области центральных извилин (ЦИ): расположенные в области прецентральной и постцентральной извилин, прилежащих отделов лучистого венца – 23 пациента;

- гигантские опухоли больших полушарий (ГО): опухоли, поражающие более чем одну долю одного полушария, расположенные в области моторных зон – 11 пациентов;

✓ Опухоли подкорковых структур (глубинные опухоли, 66 пациентов):

- опухоли таламуса:

А. передних отделов таламуса (ПТ) – 7 пациентов;

Б. медиальных отделов таламуса (МТ) – 4 пациента;

В. задних отделов таламуса (ЗТ) – 24 пациента;

- опухоли таламопедункулярной области (ТП) – 10 пациентов;

- опухоли зрительного тракта (ЗрТ) – 14 пациентов;

- распространенные опухоли подкорковых узлов (РОПУ) – 7 пациентов.

Распределение пациентов в зависимости от гистологической структуры опухоли производилось на основании классификации опухолей центральной нервной системы ВОЗ, редакции 2021 года.

При удалении полушарных опухолей моторных зон использовались транскортикальные доступы. При опухолях области центральных извилин, в некоторых случаях, разметка операционного доступа осуществлялась с использованием безрамной интраоперационной навигации (Fiagon, Medtronic StealthStation navigation). Для подхода к опухолям глубинных структур применялись следующие доступы: 1) транскаллезный, 2) затылочный межполушарный, 3) транскортикальные трансвентрикулярные доступы (лобный, височный, теменной), 4) птериональный, 5) инфратенториальный супрацеребеллярный, 6) субвисочный.

В период с 2016 по 2021 год объем использованного ИОМ определялся ведущим хирургом на основании эмпирического опыта, в ряде случаев организационными причинами. С 2021 года была определена и несколько модифицирована нейрофизиологическая стратегия удаления опухолей, прилежащих к пирамидному тракту, которая используется на базе 1 нейрохирургического отделения (детская нейрохирургия) НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко.

Транскраниальная стимуляция проводилась при помощи винтовых субдермальных электродов, расположенных в точках С3-С4 (по международной схеме Джаспера). На них подавался ток в виде пачек импульсов (train-4) длительностью от 0,5 до 1 мс. Амплитуда стимуляции варьировала в зависимости от уровня моторного порога (от 40 до 120 мА, стандартный уровень 40-60 мА). Регистрировались моторные вызванные потенциалы (МВП) с мышц верхних и нижних конечностей, с мышц лица (*m.biceps/triceps brahii*, *m.tenar*, *m.rectus femoris/biceps femoris*, *m.gastrocnemius/m tibialis anterior*, *m.orbicularis oris*) путем установки на указанные мышцы-мишени субдермальных игольчатых электродов.

Прямую стимуляцию волокон кортикоспинального тракта в операционной ране проводили с использованием моно- и биполярных зондов (Метод М. Taniguchi, train-4) с интенсивностью от 1 до 20 мА. Регистрация МВП при прямой стимуляции проводилась с тех же мышц-мишеней, что и для ТК МВП. Картирование КСТ проводилась биполярным зондом на силе тока 20 мА, в большинстве случаев для безопасной кортикотомии. С этапа начала резекции опухоли, проводилась непрерывная субкортикальная стимуляция монополярным зондом, присоединенным к аспиратору, сила тока устанавливалась на 12-15 мА. При получении МВП в глубине раны область моторного ответа обозначалась. Интраоперационно, при отграниченных опухолях и четкой плоскости диссекции, проводилась дальнейшая резекция всей видимой части опухоли, в месте получения МВП резекция проводилась до интактного мозга с постепенным снижением силы тока прямой стимуляции вне

зависимости от получаемой модальности. В конце резекции опухоли МВП регистрировались биполярным зондом на минимальном токе – фиксировалась пороговая сила тока. Количество точек стимуляции в глубине раны значительно различалась в зависимости от топографоанатомической группы опухоли (при глубинных до 5 точек, при полушарных глиомах 10-15 точек). При отсутствии четкой плоскости диссекции решение об окончании операции принималось на основании интраоперационных данных и показателей мониторинга в совокупности (динамика ТК МВП, модальность тока прямой стимуляции). Помимо вышеперечисленного фиксировалось место, где были получены МВП прямой стимуляцией, для последующего соотношения с расположением КСТ по результатам МР-трактографии.

Таким образом, были описаны 3 группы пациентов в зависимости от объема использованного мониторинга:

- А. Удаление опухолей без использования ИОМ - 24 (20,2%) операции;
- Б. Удаление опухолей только с использованием ТК МВП - 28 (23,5%) операций;
- В. При удалении опухолей использован комплексный ИОМ – ТК МВП и прямая стимуляция – 67 (56,3%) операций.

ТК МВП в ходе резекции использованы у 95 пациентов (группа Б и В). Оцениваемыми параметрами являлись стабильность инициальных МВП до резекции опухоли и их конфигурация и амплитуда в зависимости от функционального статуса до операции, возраста и топографо-анатомической группы опухоли; устойчивость МВП во время операции, соотношение динамики показателей МВП с ранними и отдаленными неврологическими исходами. Были обозначены группы по динамике ТК МВП во время операции: стабильные в ходе резекции, снижение модальности МВП без восстановления к концу операции, снижение модальности с восстановлением к концу операции и снижение модальности с исчезновением к концу операции. Низкоамплитудными МВП считались отличие их от «здоровой стороны» на 50% и более. Снижение (редукция) ТК МВП регистрировалась при снижении амплитуды ТК МВП более чем на 10% от исходного уровня.

В группе с использованием прямой стимуляции фиксировалась пороговая сила тока и пациенты были разделены эмпирически на подгруппы: в пределах 1-3 мА, 4-8 мА, 9-12 мА, 12-15 мА.

МР-трактография при опухолях, прилежающих к пирамидному тракту у детей

Метод МР-трактографии (режим DTI, CSD-HARDI) проведен 45 пациентам (45%), учитывалось расположение КСТ относительно опухоли в топографо-анатомических группах. При опухолях центральных извилин смещение КСТ по контуру опухоли отмечено у 6 (46%) пациентов, смещение КСТ кпереди – у 6 (46%), дислокация КСТ кзади от опухоли - у 1 (8%). В группе гигантских опухолей, в подавляющем большинстве, наблюдалось смещение КСТ по краю опухоли (84%): при расположении опухоли ближе к средней линии, пирамидный тракт был расположен по латеральному контуру (16%), при расположении опухоли латерально относительно средней линии - по медиальному контуру опухоли (68%), в одном случае пирамидный тракт был смещен кпереди (16%).

Таким образом, нельзя выявить тенденции смещения КСТ относительно полушарной опухоли, если она расположена в предполагаемой моторной зоне. Лишь при достижении крупных размеров, если они расположены преимущественно в премоторной или теменно-затылочной области, можно прогнозировать, что КСТ смещается кзади в первом случае, и кпереди во втором случае.

Смещение КСТ при глубинной опухоли зависело от точной локализации опухоли: глиомы передних отделов таламуса – дорсолатерально; медиальных и задних отделов таламуса, таламопедункулярные опухоли – антелатерально; глиомы зрительного тракта смещают КСТ медиально. Исключение составляли распространенные опухоли подкорковых узлов, МР-трактография выполнена 2 пациентам – в одном случае КСТ был расположен в пределах внутренней капсулы, которая была включена в строму опухоли, в другом случае КСТ был

смещен кзади. Примеры МР-трактографии в топографо-анатомических группах представлены ниже (Рисунок 1).

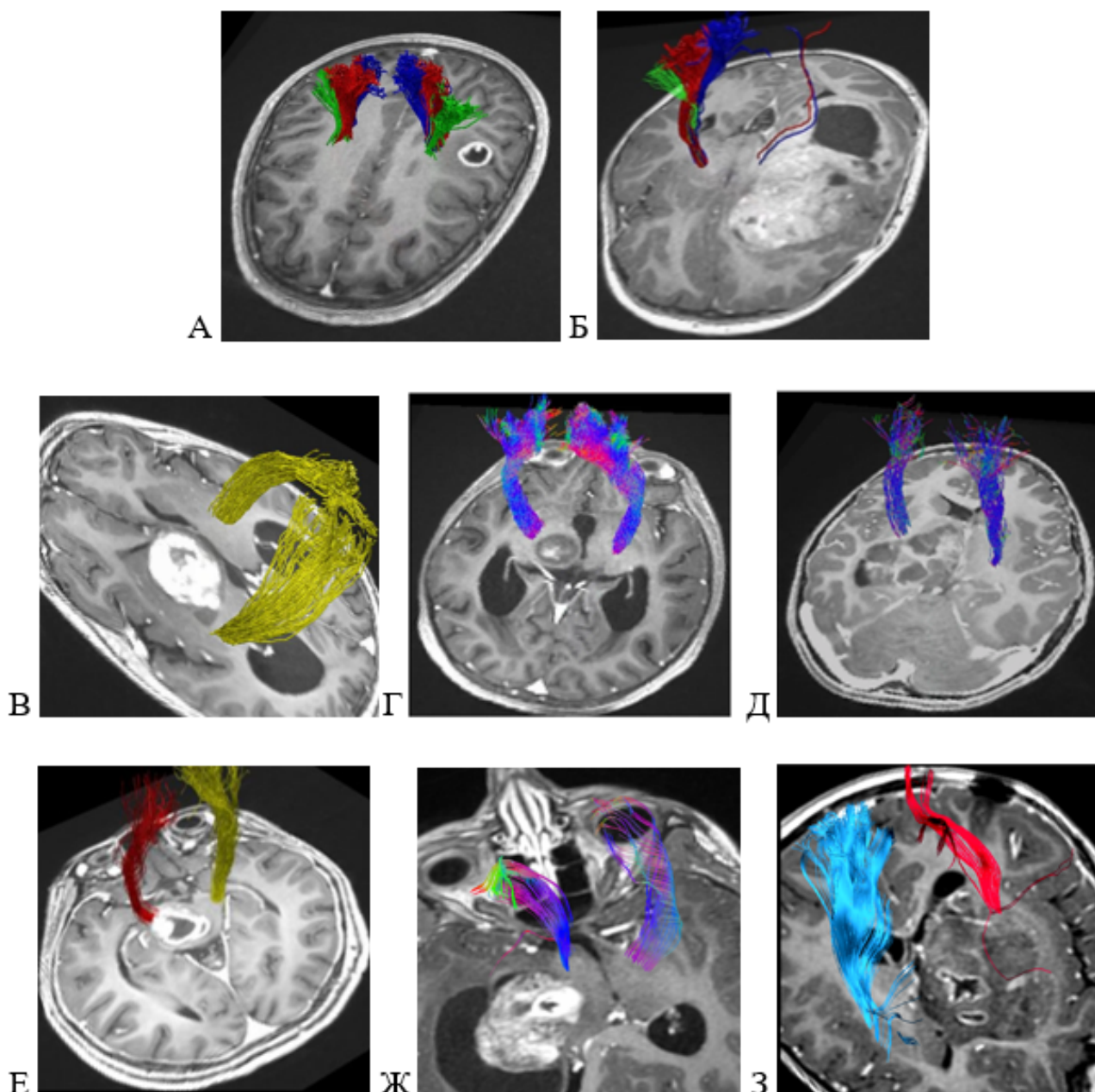


Рисунок 1 - Примеры дооперационной МР-трактографии (CSD-HARDI трактография А-Е, стандартная трактография Ж-З), Т1-последовательность с контрастным усилением в аксиальной проекции. А – пилоидная астроцитома области центральных извилин слева; Б- гигантская нейробластома ЦНС, FOXR2-активированная, левой лобно-височно-теменной области; В - пилоидная астроцитома передних отделов таламуса слева; Г - пилоидная астроцитома медиальных отделов таламуса слева; Д – диффузная срединная глиома задних отделов таламуса слева; Е - пилоидная астроцитома таламопедункулярной области слева; Ж - пилоидная астроцитома, зрительного тракта слева; З – распространенная пилоидная астроцитома подкорковых узлов слева

В 1 случае, при стандартной МР-трактографии, не удалось провести реконструкцию КСТ – ребенок раннего возраста, с гигантской опухолью зрительного тракта. CSD-HARDI МР-трактография позволила выстроить КСТ, с помощью специальной математической обработки снимков. Трудностей, которые влияли бы на реконструкцию КСТ, выявлено не было. Самый младший возраст ребенка с проведенной МР-трактографией – 1 год 1 месяц.

В группе пациентов с проведенной МР-трактографией проводилось сопоставление факта наличия двигательного дефицита с фактом истончения пирамидного тракта в режиме DTI. При наличии гемипареза ($n = 38$), у 97% детей наблюдалось уменьшение волокон пирамидного тракта со стороны опухоли в сравнении с противоположным КСТ по результатам МР-трактографии. При статистическом анализе выявлено, что наличие двигательных нарушений у ребенка сопровождается истончением реконструированного КСТ по результатам МР-трактографии (точный критерий Фишера, $p < 0,01$). Важно отметить, что чувствительность метода составила 95,2%, тогда как специфичность была невысокой (70,8%).

Планирование удаления опухолей, прилегающих к пирамидному тракту у детей, в зависимости от результатов МР-трактографии

Планирование удаления полушарных опухолей моторных зон головного мозга

В группе опухолей больших полушарий основным является транскортикальный доступ ($n=38$), имеет свои особенности в зависимости от топографоанатомического варианта.

При планировании операций следует учитывать: 1) глубину распространения опухоли; 2) расположение опухоли относительно средней линии; 3) расположение КСТ относительно опухоли.

Корковые опухоли целесообразно делить на медиальные и конвекситальные, в этих случаях речь всегда идет о компактных опухолях области центральных извилин. Все гигантские опухоли моторных зон имеют

распространение на прилежащие отделы лучистого венца. При удалении опухолей кортикального расположения (конвекситальных/медиальных отделов), кортикотомии предшествует картирование предполагаемой моторной коры для избежания её повреждения. В этих случаях предпочтительно использовать интраоперационную навигацию (ультразвуковая, электромагнитная). Удаление опухолей лучистого венца производится путем кортикотомии и микрохирургического подхода в обход функциональных зон мозга, ввиду чего картирование места кортикотомии не целесообразно. Основным методом интраоперационного контроля является ультразвуковая навигация.

Было выявлено, что предоперационная МР-трактографии занимает ведущую роль в планировании хирургического доступа к полушарным опухолям моторных зон мозга у детей.

Планирование удаления опухолей глубинных структур головного мозга

Выбор хирургического доступа к глубинным опухолям заключается в определении наименее травматичной траектории подхода к опухоли без рассечения мозга, либо с рассечением его на небольшом протяжении в обход функциональных зон мозга. Доступ зависел от точной локализации опухоли в пределах глубинных структур, расположения КСТ относительно опухоли.

При удалении глиом передних и медиальных отделов таламуса используется транкаллезный ипси-/контралатеральный доступ, при опухолях задних отделов - затылочный межполушарный и теменной трансвентрикулярный; таламопедункулярные и глиомы зрительного тракта предпочтительнее резецировать путем височного трансвентрикулярного трансхориоидального доступа. При распространенных инфильтративных опухолях удаление осуществлялось преимущественно через транскортикальные доступы; резекция доброкачественных РОПУ в большей степени зависит от расположения КСТ относительно опухоли.

Данные МР-трактографии показали типичное направление смещения КСТ при различных топографо-анатомических вариантах глубинной опухоли. Степень дислокации зависела от размеров опухоли.

Результаты хирургического лечения

Пролечено 100 пациентов, которым проведено 119 операций. В группе преобладали доброкачественные опухоли (53,8%), в основном пилоидные астроцитомы (n=48, 40% от общей исследуемой группы), среди злокачественных - диффузная срединная глиома (n=23, 19% от общей исследуемой группы). В 19 (16%) случаях проведена повторная резекция опухоли. Показанием к повторным операциям являлся, как правило, продолженный рост доброкачественной опухоли. Повторные операции выполнялись при опухолях таламуса (n=6), зрительного тракта (n=5), распространенных опухолях подкорковых узлов (n=5) и реже в других топографо-анатомических группах.

Доброкачественные опухоли области центральных извилин это компактные, часто глионейрональные, образования. Злокачественный вариант этой анатомической группы – диффузные полушарные глиомы. Гигантские опухоли больших полушарий, как правило, имели злокачественную гистологию (83%). Эмбриональные опухоли составили 42% от всех гигантских опухолей, чаще наблюдались у детей раннего возраста до 5 лет. Среди опухолей передних отделов таламуса, таламопедункулярной области и опухолях зрительного тракта преобладали пилоидные астроцитомы (88-100%). Опухоли подушки зрительного бугра и распространенные опухоли подкорковых узлов в большинстве случаев были представлены диффузными срединными глиомами и анапластическими астроцитомами (77% и 78% соответственно) (Рисунок 2).

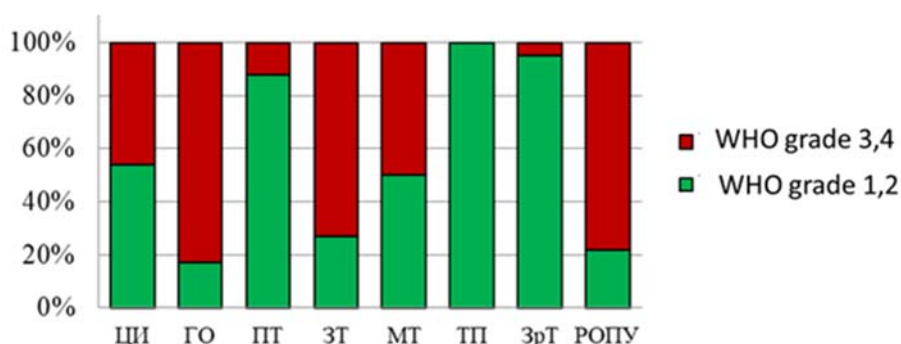


Рисунок 2 - Гистология опухолей в топографо-анатомических подгруппах (процентное соотношение). ЦИ-центральных извилин, ГО – гигантские опухоли, ПТ – передние отделы таламуса, ЗТ – задние отделы таламуса, МТ – медиальные отделы таламуса, ТП – таламопедункулярная область, ЗрТ – зрительный тракт, РОПУ – распространенные опухоли подкорковых узлов

Радикальность резекции

Радикальное удаление (тотальное и околототальное) достигнуто в большинстве случаев (n=84, 70,5%), субтотальная резекция у 24 (20,1%), частичное удаление опухоли выполнено 11 пациентам (9,4%).

Доброкачественные опухоли удалены преимущественно радикально (n = 52, 81%). Радикальное удаление злокачественных опухолей проведено 58% детей, расположение злокачественной опухоли в глубинных структурах являлось предиктором не радикальной резекции (точный критерий Фишера, $p < 0,001$). При резекции инфильтративных глубинных опухолей отсутствует плоскость диссекции, при нестабильности показателей ИОМ (редукция ТК МВП, отсутствие МВП от прямой стимуляции в глубине раны) попыток радикального удаления не проводилось. Радикальность операций в топографо-анатомических группах представлена ниже (Рисунок 3).

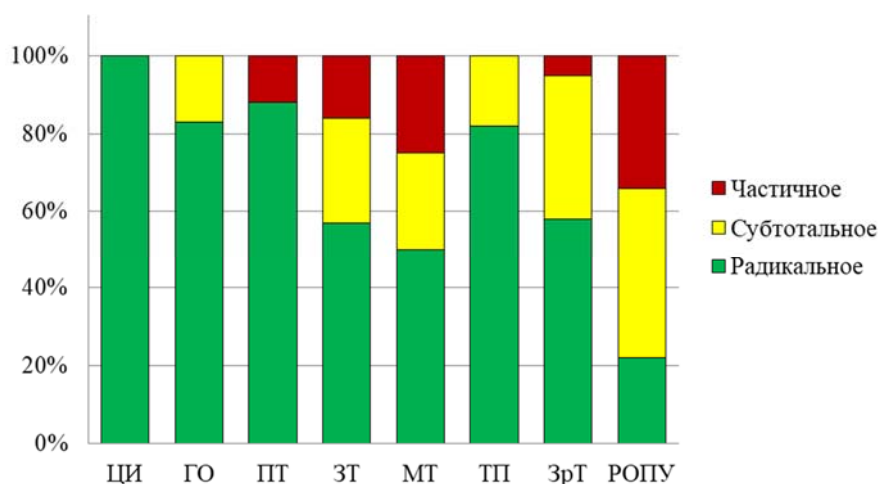


Рисунок 3 - Радикальность операций в топографо-анатомических подгруппах (в процентном соотношении). ЦИ-центральных извилин, ГО – гигантские опухоли, ПТ – передние отделы таламуса, ЗТ – задние отделы таламуса, МТ – медиальные отделы таламуса, ТП – таламопедункулярная область, ЗрТ – зрительный тракт, РОПУ – распространенные опухоли подкорковых узлов

Большая радикальность достигнута при удалении опухолей полушарного расположения (95%). Удаление гигантских полушарных опухолей часто сопровождается гемодинамическими нарушениями ввиду массивной кровопотери. Радикальное удаление (83%) - основной способ достичь гемостаза.

Включение в строму опухоли гемодинамически значимых артерий и вен ограничивала радикальность операций (субтотальное удаление, n=2, 17%).

Глубинные опухоли радикально удалены у 59% детей. Ввиду этого отдельно проанализирована радикальность операций в этой группе в зависимости от гистологии опухоли. Все пилоидные астроцитомы располагались в подкорковой области (n=48), помимо этого верифицированы единичные случаи субэпендимомы и нейроцитомы.

ПА удалены радикально в 73% случаев (n=35). Локализовались в области передних отделов таламуса (7 из 8 пациентов ПА, радикальность 87%), таламопедункулярной области (все пациенты ПА, радикальность 82%) и зрительного тракта (18 из 19 пациентов, радикальность 58%). Причиной меньшей радикальности удаления при опухолях зрительного тракта является частое распространение опухоли в область хиазмы и гипоталамуса, когда попытка тотального удаления может приводить к негативным зрительным и эндокринологическим последствиям.

Злокачественные опухоли в подкорковой области являются диффузными срединными глиомами (n=22, 77%) и анапластическими астроцитомами (n=8, 23%). В этой группе околототальное удаление достигнуто в 33,3% случаев (n=10, для ДСГ 36%, для АА 25%). Чаще они располагались в подушке таламуса (23 из 30 пациентов, радикальность 57%), и в группе распространенных глиом подкорковых узлов (7 из 9 пациентов, радикальность 14%). По сравнению с инфильтративными полушарными опухолями, радикальное удаление глубоинной злокачественной опухоли сопряжено с риском повреждения основных артерий, вен и ростральных отделов ствола мозга.

При анализе радикальности повторных операций выявлено, что в 12 из 19 случаев (63%) рецидивирующая опухоль удалена радикально, в 7 случаях субтотально (37%, все случаи злокачественные опухоли). Таким образом, выявлено, что попытки повторной резекции глубоинных злокачественных глиом в большинстве случаев заканчиваются не радикальным удалением опухоли (точный критерий Фишера, $p < 0,05$). Исходя из этого, необходимость повторного

удаления злокачественной глиомы должна обсуждаться с онкологами индивидуально.

При сравнении радикальности операции в зависимости от объема ИОМ, частота радикальных удалений была выше при использовании комплексного ИОМ во время операции (n=57, 85%). В подгруппах удаления опухолей только с использованием ТК МВП и без ИОМ процент радикальных операций был ниже - 47% (n=13) и 58% (n=14) соответственно (Рисунок 4).

При применении комплексного ИОМ радикальность резекции полушарной и глубокой опухоли, прилегающей к КСТ, значимо выше, чем при применении только ТК МВП или отсутствии ИОМ во время операции (критерий Мак-Немара, $p < 0,05$).

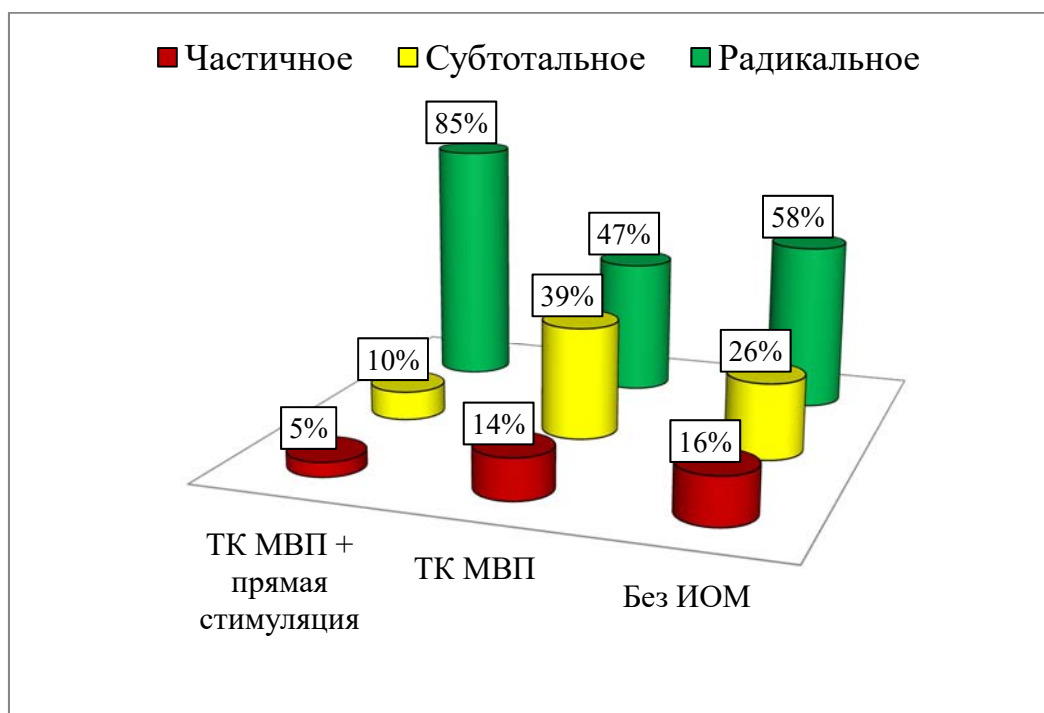


Рисунок 4 - Радикальность удаления опухолей в зависимости от объема нейрофизиологического мониторинга

Ближайшие неврологические исходы

Проанализированы неврологические исходы в раннем послеоперационном периоде и представлены в топографо-анатомических группах.

Отдельно проанализирована динамика двигательных функций: улучшение мышечной силы отмечалось у 32 пациентов (26,8%); дооперационный

двигательный статус у 41 пациента (34,5%); временное нарастание дефицита с регрессом выросших двигательных нарушений ко дню выписки у 9 пациентов (7,6%); стойкий двигательный дефицит у 37 пациентов при выписке (31,1%). Положительным исходом операции расценивалось улучшение двигательных функций и двигательный статус равный дооперационному, n=73 (61,3%), это обусловлено высоким процентом пациентов без дооперационного пареза (43,6%).

Динамика двигательного дефицита после операции в зависимости от топографо-анатомической подгруппы опухоли представлена на рисунке 5.

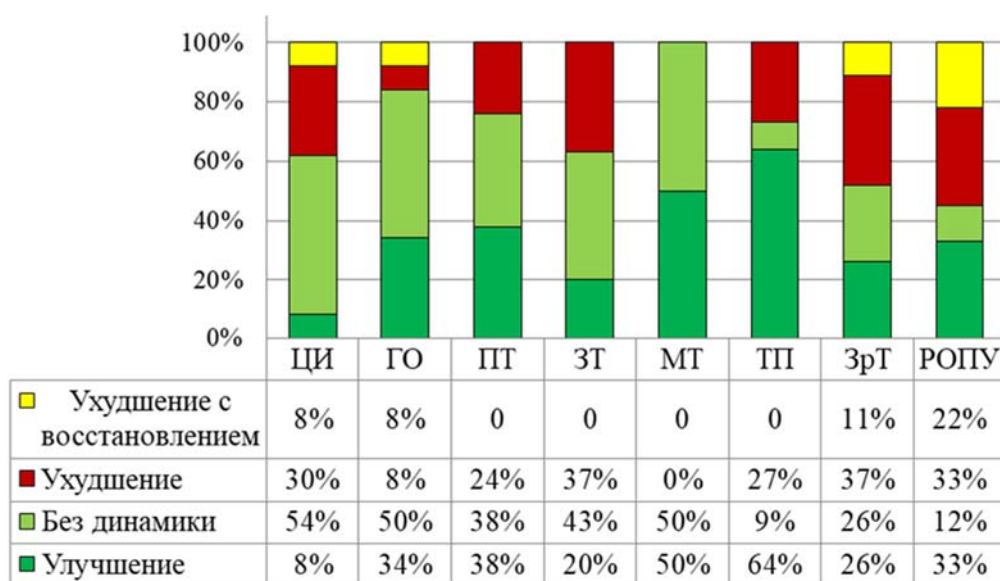


Рисунок 5 - Динамика двигательного дефицита в топографо-анатомических подгруппах (процентные значения). ЦИ - центральных извилин, ГО – гигантские опухоли, ПТ – передние отделы таламуса, ЗТ – задние отделы таламуса, МТ – медиальные отделы таламуса, ТП – таламопедункулярная область, ЗрТ – зрительный тракт, РОПУ – распространенные опухоли подкорковых узлов

Процент улучшений в раннем послеоперационном был выше в группе доброкачественных опухолей (34% против 20%). Частота развития стойкого пареза, по результатам статистического анализа, не зависела от гистологии удаленной опухоли (точный критерий Фишера, $p=0,2$).

Улучшение/сохранение двигательных функций в раннем послеоперационном периоде было выше после удаления гигантских опухолей полушарий (84%), глиом передних (76%) и медиальных отделов таламуса

(100%), таламопедункулярных опухолей (73%). Меньший процент улучшения двигательных функций после операции отмечен в группе детей с опухолями области центральных извилин, у большинства этих пациентов функциональный статус не изменился (54%). Это объясняется исходно сохранным функциональным статусом этих детей (всего 27% с двигательными нарушениями).

Неблагоприятные по неврологическому исходу были пациенты с опухолями области центральных извилин (30% стойкого дефицита), глиомами задних отделов таламуса и зрительного тракта (по 37% в каждой подгруппе), РОПУ (33%).

По результатам послеоперационного МРТ, в группе с усугублением двигательных функций, у 30 (81,1%) пациентов не отмечено очагов ишемии, у 7 (18,9%) выявлены локальные очаги ишемии в области прохождения КСТ в режиме DWI – у 5 пациентов после резекции полушарной опухоли (38 операций), у 2 после резекции глубинной опухоли (81 операция). Ухудшение двигательных функций после удаления полушарных опухолей часто обусловлено микрососудистыми нарушениями в области моторных зон, что подтверждают патологические изменения в режиме DWI послеоперационного МРТ, в отличие от группы глубинных глиом, что говорит о преимущественном прямом повреждении КСТ интраоперационно в этой топографо-анатомической группе ($p=0,014$, доверительный интервал 10-75%).

Были проанализированы неврологические исходы в зависимости от объема использованного ИОМ. В группе без использования ИОМ ($n=24$) в 59% случаев наблюдалось возникновение стойкого послеоперационного двигательного дефицита, при использовании только ТК МВП ($n=28$) у 39%. При использовании всего объема ИОМ ($n=67$) процент стойкого двигательного дефицита был низким (13%) (Рисунок 6). Применение комплексного ИОМ сокращает вероятность развития двигательного дефицита и увеличивает процент улучшения функционального статуса после операции, по сравнению с группами использования только ТК МВП и без ИОМ (критерий Мак-Немара, $p<0,001$).

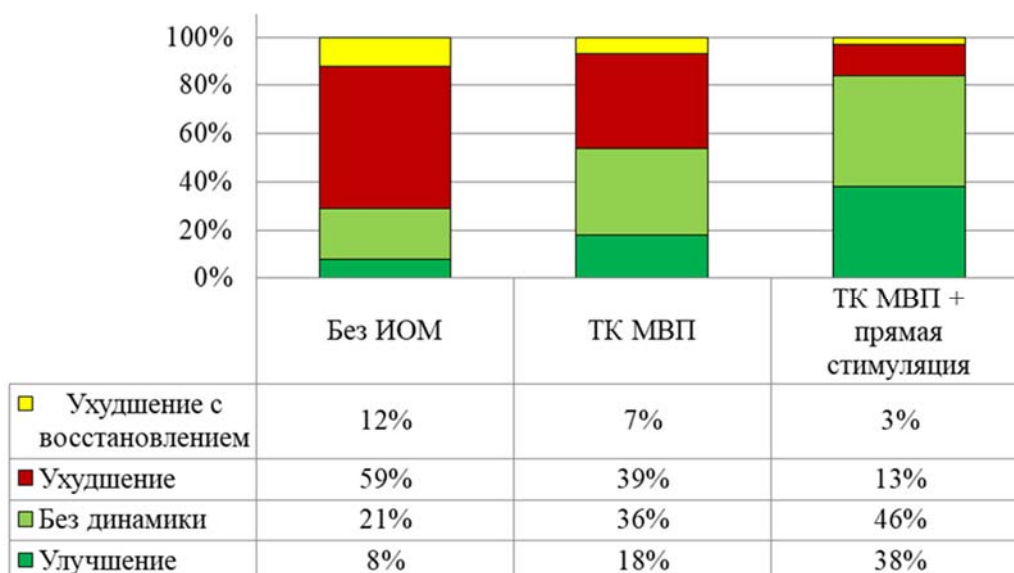


Рисунок 6 - Зависимость динамики двигательного дефицита от объема ИОМ (в процентном соотношении)

Роль комплексного интраоперационного нейрофизиологического мониторинга функционального состояния пирамидного тракта в радикальности резекции и сохранении двигательного статуса у детей

Транскраниальные моторные вызванные потенциалы

В ходе резекции ТК МВП использованы у 95 пациентов. Оцениваемыми параметрами являлись: устойчивость получения ТК МВП на момент начала операции и их амплитуда, воспроизводимость полученных МВП на момент начала операции, устойчивость ТК МВП во время операции, динамика ТК МВП в ходе резекции опухоли и к концу операции. Перечисленные параметры ТК МВП соотнесены путем многофакторного анализа с различными переменными пациентов, основными являлись возраст ребенка, топографическая группа глиом и функциональный статус до и после операции.

Изначальное отсутствие регистрируемых МВП до начала резекции, при сохранном функциональном статусе ребенка, отмечено у 2 пациентов. У 93 пациентов (98%) получены исходные МВП, у 75 пациентов зарегистрирована стандартная амплитуда (81%), у 18 пациентов (19%) отмечена низкая амплитуда вызываемых МВП. Стандартная воспроизводимость ТК МВП – получение устойчивых потенциалов от всех групп мышц на стандартной силе тока ТК МВП

(40-60 мА), отмечалась у большинства пациентов (n=76, 82%). Сниженная воспроизводимость ТК МВП в начале операции отмечена у 17 пациентов (18%), наблюдались такие явления как – разница амплитуды МВП от верхних и нижних конечностей с одной/с двух сторон, от проксимальных и дистальных мышц в пределах одной конечности.

Выявлено, что топография глиом и их гистология не влияют на стабильность получаемых МВП в начале операции (точный критерий Фишера, $p > 0,9$, $p = 0,6$, соответственно). Наличие пареза любой степени выраженности до операции статистически значимо влияет на получаемые ТК МВП до начала резекции – наблюдается низкая амплитуда МВП (точный критерий Фишера, $p = 0,008$) или же их сниженная воспроизводимость (точный критерий Фишера, критерий согласия Пирсона, $p = 0,028$). Возраст ребенка не влияет на амплитуду получаемых МВП, но достоверно чаще сниженная воспроизводимость МВП наблюдается у детей до 5 лет (точный критерий Фишера, критерий согласия Пирсона, $p = 0,026$).

Проанализирована динамика изменения полученных ТК МВП в ходе резекции опухоли у 93 пациентов и описана следующим образом: 1. Снижение без восстановления к концу операции: снижение модальности ТК МВП на 10% и более без восстановления к концу операции - 31 пациент (33%); 2. Снижение с исчезновением к концу операции: ТК МВП получены в начале операции, полная редукция во время или к концу резекции опухоли - 12 пациентов (13%); 3. Снижение с восстановлением к концу операции: снижение модальности ТК МВП на 10% и более с полным восстановлением к концу операции - 9 пациентов (10%); 4. Нормальные МВП во время резекции: МВП стабильные за время удаления опухоли - 41 пациент (44%). Группы 1 и 2 были обозначены как «отрицательные явления по динамике ТК МВП», 3 и 4 группы «положительные явления по динамике ТК МВП».

Функциональные исходы представлены в 3 группах: с увеличением мышечной силы (n=29), без нарастания дефицита (n=44), перманентное нарастание дефицита (n=17). Группа пациентов с временным нарастанием

двигательного дефицита, во время операции у которых были использованы ТК МВП, составили 3 пациента, для удобства представления данных были добавлены к группе «без нарастания неврологического дефицита» и общее количество группы составило 47 пациентов.

Положительная динамика по модальности ТК МВП наблюдалась у 50 пациентов (54%), в большей степени отмечалась в группах со стабильным функциональным статусом (57% в группе) и у детей с улучшением мышечной силы после операции (59% в группе).

Отрицательная динамика по модальности ТК МВП отмечена у 43 пациентов (46%), чаще наблюдалась в группе с развитием перманентного ухудшения двигательных функций (76% в группе).

Перманентный двигательный дефицит развился у 17 пациентов, из них у 13 пациентов наблюдалась отрицательная динамика по модальности (76%), у 4 пациентов положительная. Таким образом, из 43 пациентов с отрицательной динамикой по модальности, лишь у 13 пациентов реализовался стойкий двигательный дефицит (30%). Часто редукция или снижение амплитуды ТК МВП сопровождалась удалением больших размеров опухоли и западением мозга, что является известным фактором, влияющим на получаемые МВП.

На основании представленных данных было выявлено, что метод ТК МВП обладает 76% чувствительностью, 61% специфичности к развитию стойкого двигательного дефицита, но не имеет достоверной значимости в прогнозировании ближайших неврологических исходов (точный критерий Фишера, $p=0,3$).

Субкортикальная прямая стимуляция

Группа с применением комплексного ИОМ (ТК МВП и прямая стимуляция) составила 67 пациентов - у 25 пациентов с полушарной опухолью (65,8% из всех полушарных) и у 42 пациентов с глубинной опухолью (51,9% из всех глубинных).

При прямой стимуляции в конце удаления опухоли у 54 из 67 пациентов (80,5%) МВП получены на силе тока 1-12 мА. Сила тока в конце резекции в

пределах 1-3 мА зафиксирована у 22 пациентов (33%), 4-8 мА у 22 пациентов (33%), на 9-12 мА у 10 пациентов (15%), 13-15 мА у 3 пациентов (4%). В 10 случаях (15%) КСТ не был идентифицирован посредством прямой стимуляции. Максимальная сила тока составила 15 мА.

Дополнительно исследована зависимость полученных ТК МВП в начале операции и факт нахождения КСТ в глубине раны. Было выявлено, что при стабильных инициальных ТК МВП достоверно чаще пирамидный тракт лоцируется прямой стимуляцией (точный критерий Фишера, $p=0,004$), при этом статистически значимого влияния изменения амплитуды ТК МВП в ходе удаления опухоли на получение МВП прямой стимуляцией выявлено не было (точный критерий Фишера, $p=0,2$).

Проведено соотношение стороны смещения КСТ по результатам МР-трактографии и области получения МВП прямой стимуляцией. В 44 из 45 случаев МВП от двигательного пути во время операции получены из области, соответствовавшим данным МР-трактографии.

Полученные данные были проанализированы отдельно в зависимости от топографо-анатомической подгруппы опухолей (Рисунок 7).

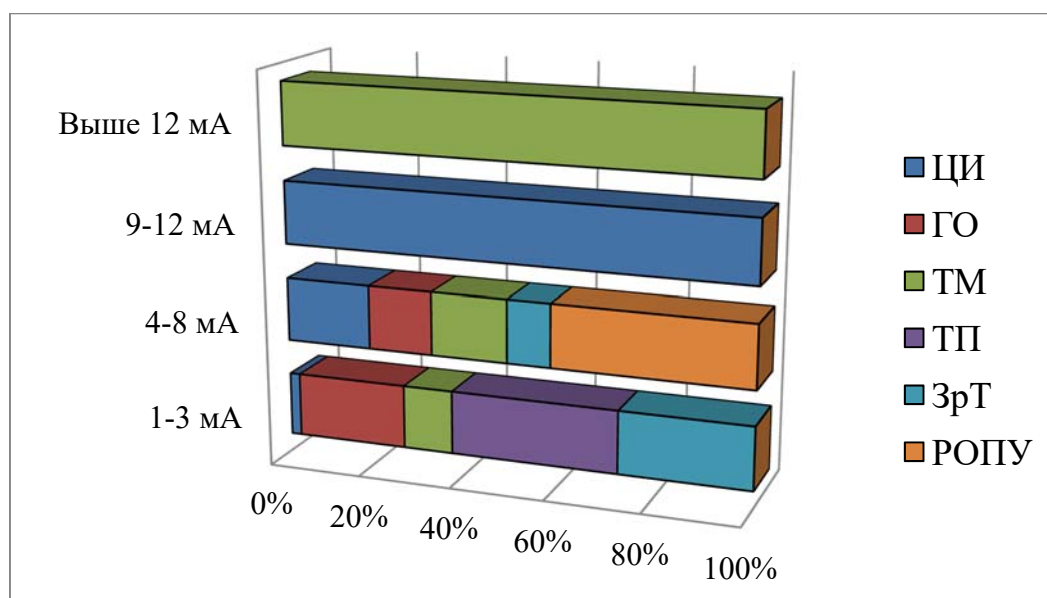


Рисунок 7 - Пороговая сила тока биполярной стимуляции в топографо-анатомических группах опухолей. ЦИ - центральных извилин, ГО – гигантские опухоли, ТП – передние отделы таламуса, ЗТ – задние отделы таламуса, МТ – медиальные отделы таламуса, ТП – таламопедункулярная область, ЗрТ – зрительный тракт, РОПУ – распространенные опухоли подкорковых узлов

Все полушарные опухоли удалены радикально. Пороговая сила тока отличалась в зависимости от места исходного роста и размеров опухоли, не зависела от гистологии глиом. В группе опухолей области центральных извилин, при смещении пирамидного тракта по контуру опухоли, МВП регистрировались на силе тока от 4 до 8 мА (44%), в одном случае ниже 3 мА (6%). При смещении КСТ кпереди/кзади МВП получены на токе 9-12 мА (50%). При гигантских опухолях у 67% МВП получены на токе менее 3 мА, у 33% на токе от 4 до 8 мА.

В группе опухолей таламуса пороговая сила тока значительно отличалась от размеров глиом. В 69% случаев фиксировалась ПСТ до 8 мА и наблюдалась при крупных глиомах таламуса с деформацией мозговых структур мозга. При компактных опухолях таламуса, без деформации прилежащих структур, отмечена сила тока от 12 мА (31%).

При радикальном удалении опухолей таламопедункулярной области пороговый ток получения МВП составляет ниже 3 мА (100%), так же, как и при глиомах зрительного тракта (n=7, 78%).

В одном случае доброкачественная РОПУ была удалена радикально, фиксирована сила тока до 8 мА. В 2 случаях злокачественная РОПУ удалена субтотально, резекция остановлена на силе тока 3 и 6 мА.

Пациенты с ухудшением двигательных функций отмечены одинаково часто в различных группах ПСТ. Идентификация КСТ прямой стимуляцией не говорит о сохранности функционального статуса. Данный тезис подтверждает 13% пациентов с развитием стойкого двигательного дефицита. Стойкий парез отмечался у 3 пациентов на силе тока до 3 мА – два удаления продолженного роста ПА зрительного тракта и злокачественной РОПУ; у 2 пациентов на токе от 4 до 8 мА – резекция РОПУ и опухоли области центральных извилин; у 3 пациентов на токе от 9 до 12 мА - в 2 случаях при удалении опухолей области центральных извилин и один пациент с крупной злокачественной глиомой таламуса. Важно отметить, что непрерывная прямая стимуляция КСТ позволяет локализовать функциональные зоны мозга и избежать повреждения пирамидного тракта даже при МВП на токе 1 мА.

Клинические наблюдения получения пороговой силы тока прямой биполярной стимуляцией в различной анатомической области пирамидного тракта представлены ниже (Рисунок 8-10).

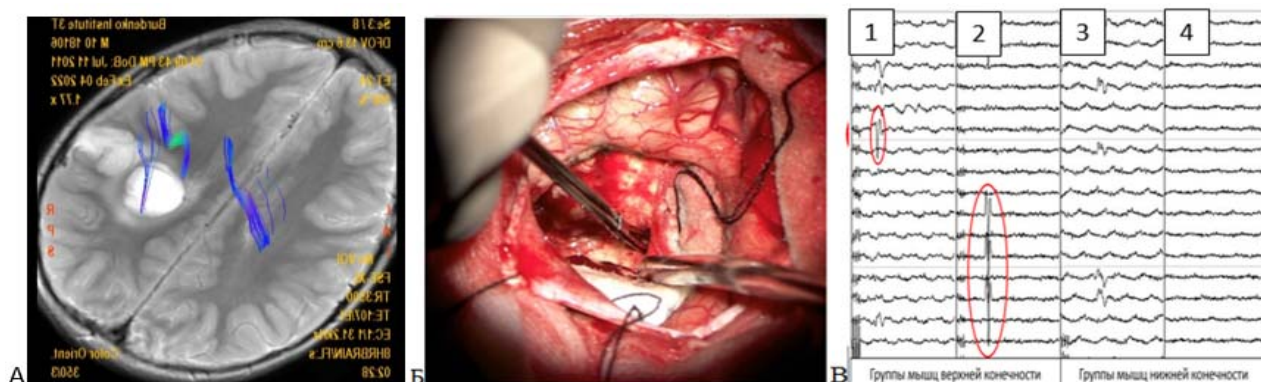


Рисунок 8 - Дизэмбриопластическая нейроэпителиальная опухоль, комплексная форма, WHO grade 1, области центральных извилин справа. Смещает КСТ по контуру опухоли (А); Б, В – прямая биполярная стимуляция, интраоперационное фото (Б, транскортикальный доступ), МВП (В, выделено красным) от мышц руки слева на токе 7 мА



Рисунок 9 - Пилоидная астроцитома зрительного тракта слева, WHO grade 1. КСТ смещен медиально и впереди, по контуру опухоли (А); Б, В – прямая биполярная стимуляция, интраоперационное фото (Б, височный трансхориоидальный доступ), МВП (В, выделено красным) от всех групп мышц справа на токе 1 мА

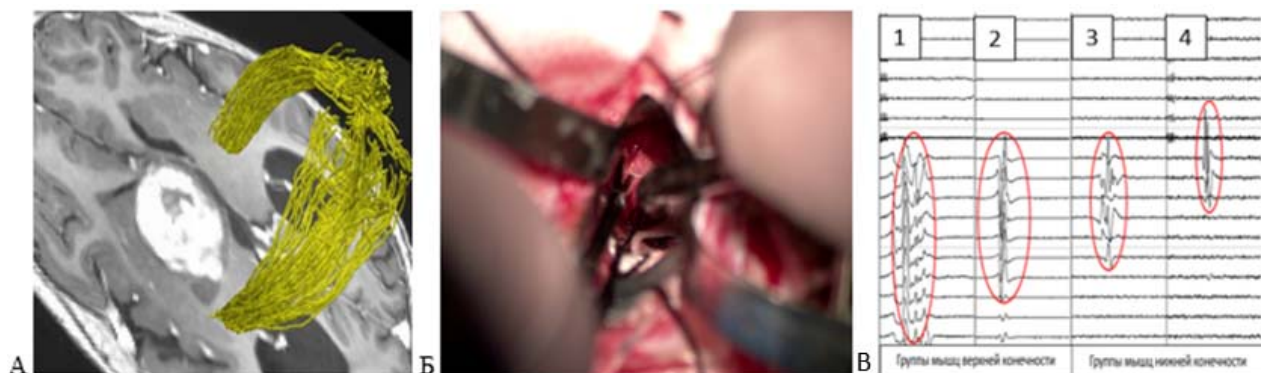


Рисунок 10 - Пилоидная астроцитома передних отделов таламуса слева, WHO grade 1. КСТ смещен дорсолатерально (А); Б, В - прямая биполярная стимуляция, интраоперационное фото (Б, транскаллезный доступ), МВП (выделено красным) от мышц руки и ноги справа на токе 7 мА

Осложнения хирургического лечения

1. Специфические

Причины усугубления двигательного дефицита и не радикальное удаление опухолей при использовании МР-трактографии и всего объема ИОМ.

Выполнение МР-трактографии и использование комплексного ИОМ состояния пирамидного тракта (ТК МВП, прямая стимуляция КСТ) во время резекции опухолей, прилегающих к пирамидному тракту у детей, является максимальным объемом протекции пирамидного тракта. Ввиду этого проанализированы данные пациентов, которым резекция опухолей выполнена с использованием комплексного ИОМ, но при этом наблюдалось ухудшение функционального статуса или не радикальное удаление опухоли.

В группе, с использованием всего объема ИОМ, стойкое ухудшение двигательных функций наблюдалось у 9 пациентов (13%). 4 пациентам была выполнена предоперационная МР-трактография. Значимых предикторов ухудшения двигательных функций не выявлено. 89% детей в группе с усугублением дефицита были старше 5 лет. На данный показатель, возможно, влияет общее преобладание в исследуемой группе детей старшего возраста (в основном 6-12 лет).

Так же исследованы причины не радикальной резекции, в группе с использованием всего объема ИОМ выполнено 10 пациентам (15%), дооперационная МР-трактографии выполнена 5 из них.

Проведено 7 субтотальных (70%) и 3 частичных (30%) резекций глубинных, в большинстве случаев инфильтративных (70%) опухолей, при этом функциональный статус не ухудшился/стал лучше (n=9, 90%). Сила тока прямой стимуляции является важным интраоперационным показателем, на который можно ориентироваться при резекции глубинной опухоли. Достоверной причиной не радикального удаления глубинной опухоли является гистология опухоли (злокачественные глиомы), даже при наличии предоперационной МР-трактографии и комплексного ИОМ ($p < 0.001$).

При резекции РОПУ с получением МВП в глубине раны только в одном

случае отмечена радикальная резекция опухоли с улучшением двигательных функций (25%) – пилоидная астроцитома с предоперационной МР-трактографией. В 2 случаях удаления инфильтративной РОПУ отмечается не радикальная резекция с усугублением двигательного дефицита, в 1 случае распространенная пилоидная астроцитома удалена не радикально с улучшением двигательных функций. Ввиду этого следует воздержаться от попыток радикального удаления инфильтративной опухоли при получении МВП в глубине раны.

2. Неспецифические

После резекции глубинной опухоли гидроцефалия персистировала в 4 (4,9%) из 81 наблюдения, и явилась причиной имплантации вентрикулоперитонеального шунта.

Гематома в ложе остатков РОПУ обнаружена на проведенной КТ головного мозга после операции в 1 (11,1% от всех резекций) случае, в связи с чем выполнена ревизия операционной раны.

Интраоперационно, при картировании коры головного мозга на силе тока 20 мА., развился эпилептический приступ в 1 (4%) из 25 случаев картирования области моторных зон.

Отдаленные неврологические исходы

Отдаленные неврологические исходы оценивались у пациентов со стойким двигательным дефицитом на момент выписки из стационара (n=37 пациентов). Контрольный осмотр проводился через 3 и 6 месяцев от дня выписки.

Катамнезу были доступны 24 пациента (64,8%), из них 16 (66%) пациентов с доброкачественной опухолью, 8 (34%) пациентов со злокачественной.

В 6 случаях опухолевая прогрессия спровоцировала нарастание двигательного дефицита, они были исключены из исследования. 7 пациентов были недоступны для оценки катамнеза.

В отдаленном периоде, у всех пациентов после операции наблюдалось улучшение двигательных функций. Дети разделены на группы в зависимости от

функционального статуса через 6 месяцев от операции: частичное восстановление (<5 баллов) и полное восстановление двигательных функций (5 баллов).

Через 6 месяцев частичное восстановление двигательных функций наблюдалось у 13 пациентов (54%), полное восстановление у 11 пациентов (46%). Полное восстановление движений достоверно чаще наблюдалось у детей после резекции доброкачественных опухолей (n=10, 63% в группе), чем после резекции злокачественных (n=1, 13%) (точный критерий Фишера, $p=0,033$).

Дети, прооперированные по поводу опухолей глубинной локализации, составили больший процент катamnестических пациентов (17 пациентов, 71% соответственно). 35% этих пациентов восстановились полностью, у 65% двигательные функции восстановились частично. Пациенты с опухолями больших полушарий, а именно области центральных извилин, восстановились полностью в 71% случаев, и преимущественно в пределах 1-2 месяцев после выписки.

Дополнительно изучена динамика изменения показателей ТК МВП и возможная её прогностическая значимость в восстановлении двигательного статуса пациентов.

Амплитуда вызываемых ТК МВП на момент начала операции не влияла на отдаленные неврологические исходы (точный критерий Фишера, $p=0,3$). Было выявлено, что в группе детей с частичным восстановлением двигательного статуса чаще наблюдалась отрицательная динамика по ТК МВП – редукция (30%) без восстановления или полное исчезновение МВП без восстановления к концу операции (60%).

Важно отметить, что полная редукция МВП не была выявлена ни у одного пациента с полным восстановлением движений в катamnестической группе. Таким образом, при развитии стойкого двигательного дефицита сразу после операции, прогностически неблагоприятным фактором для полного восстановления двигательных функций является частичная или полная редукция ТК МВП во время операции (точный критерий Фишера, $p<0,006$).

ВЫВОДЫ

1. При полушарных опухолях, прилегающих к пирамидному тракту, отсутствует закономерность смещения пирамидного тракта, ввиду различного места исходного роста опухоли. Часто, опухоли области центральных извилин и гигантские опухоли больших полушарий, смещают пирамидный тракт по контуру опухоли (57,8%), реже в переднем (36,8%) и заднем (5,2%) направлении. Смещение пирамидного тракта при классических глубинных опухолях зависит от точной топографии: при глиомах передних отделов таламуса – дорсолатерально; медиальных и задних отделов таламуса, таламопедункулярных опухолях – антелатерально; глиомах зрительного тракта - КСТ медиально;

2. Планирование хирургического доступа и вмешательства при полушарных опухолях, прилегающих к пирамидному тракту и распространенных опухолях подкорковых узлов должно включать МР-трактографию, ввиду отсутствия закономерности смещения пирамидного тракта. При остальных топографических вариантах глубинной опухоли, таких как опухоли таламуса, таламопедункулярных глиомах и опухолях зрительного тракта сторона смещения кортикоспинального тракта стандартная и проведение МР-трактографии не обязательно;

3. При применении комплексного интраоперационного нейрофизиологического мониторинга возрастает радикальность резекции ($p < 0,05$) опухолей, прилегающих к пирамидному тракту, и сокращается вероятность развития двигательного дефицита ($p < 0.001$), чем при применении только транскраниальных моторных вызванных потенциалов или отсутствии интраоперационного мониторинга во время операции;

4. Ведущим физиологическим фактором, влияющим на информативность модальности транскраниальных моторных вызванных потенциалов, является наличие двигательного дефицита у пациента до операции, для которого характерна низкая амплитуда ($p = 0,008$) или сниженная воспроизводимость вызываемых моторных потенциалов ($p = 0,028$). Возраст ребенка не влияет на амплитуду получаемых моторных потенциалов, но

сниженная их воспроизводимость наблюдается у детей до 5 лет ($p=0,026$). Основным физиологическим фактором, влияющим на пороговую силу тока моторных потенциалов, получаемых прямой стимуляцией, является анатомический отдел пирамидного тракта где были получены моторные потенциалы и составляет от 4 до 8 мА на уровне моторной коры, лучистого венца и внутренней капсулы и от 1 до 3 мА на уровне ножки мозга;

5. Динамика транскраниальных моторных вызванных потенциалов не имеет достоверной значимости в прогнозировании ближайших неврологических исходов ($p=0,3$), но позволяет спрогнозировать уровень восстановления двигательных функций при отдаленных исходах ($p<0,006$). Прогностически неблагоприятным фактором для полного восстановления является стойкая частичная или полная редукция моторных потенциалов во время операции.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Проведение МР-трактографии у детей рекомендовано во всех случаях опухолей области центральных извилин, гигантских опухолях моторных зон и при распространенных опухолях подкорковых узлов при стабильном клиническом состоянии пациентов. Планирование хирургического доступа и объема хирургического вмешательства при глубинных опухолях зависит от точной топографии опухоли, проведение МР-трактографии не принципиально;

2. ИОМ в объеме ТК МВП и прямой стимуляции (моно- и биполярная стимуляция) рекомендовано применять при резекции опухолей больших полушарий области моторной коры головного мозга, глубинных опухолях – крупных глиомах таламуса, которые деформируют прилежащие мозговые структуры, таламопедункулярной области, зрительного тракта и при распространенных опухолях подкорковых узлов. Компактные опухоли таламуса, не деформирующие прилежащие мозговые структуры, могут быть удалены ранее описанными хирургическими доступами в зависимости от места исходного роста, с использованием только ТК МВП;

3. При наличии технических возможностей, во время резекции опухолей,

прилежающих к пирамидному тракту, рекомендовано использовать моно- и биполярный зонд для проведения прямой стимуляции для более точной локализации пирамидного тракта;

4. Целью операции при доброкачественных отграниченных опухолях является радикальное удаление опухоли. Идентификация двигательного пути в глубине раны даже на низком токе (до 3 мА) не является показанием для остановки операции при стабильных ТК МВП;

5. При удалении инфильтративной глубинной опухоли, прилежающей к кортикоспинальному тракту, место получения моторного ответа должно маркироваться и хирургические манипуляции в этой области необходимо прекратить независимо от силы тока прямой стимуляции. Для большей радикальности операции в месте получения моторного ответа и наличия в этой области слоя опухолей ткани, резекцию можно продолжить до переходной с мозгом зоной при условии стабильных ТК МВП и титрованием силы тока в сторону уменьшения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Каххаров Р.А. Опыт хирургического лечения глиом больших полушарий и подкорковых структур головного мозга, прилежающих к кортикоспинальному тракту, у детей с использованием МР-трактографии и интраоперационного электрофизиологического мониторинга / Р.А. Каххаров, Ш.У. Кадыров, А.А. Огурцова, А.А. Баев, И.Н. Пронин И.Н., А.Н. Коновалов // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. – 2022. - №6. – с.16-24.

2. Каххаров Р.А. Хирургическое лечение глиом головного мозга подкорковой области, прилежающих к кортикоспинальному тракту с использованием интраоперационного электрофизиологического мониторинга / Р.А. Каххаров, Ш.У. Кадыров, А.А. Огурцова, Е.А. Хухлаева, А.Н. Коновалов // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова. – 2022. – Том 14, специальный выпуск. – с.132-132.

3. Каххаров Р.А. МР-трактография при глиомах больших полушарий

головного мозга и подкорковой области, прилегающих к кортикоспинальному тракту у детей [Электронный ресурс] / Р.А. Каххаров, Ш.У. Кадыров, А.А. Огурцова // Сборник статей, научно-практической конференции X ежегодная конференция нейрохирургов северо-западного федерального округа. – 2023.

4. Каххаров Р.А. Актуальные вопросы хирургического лечения опухолей головного мозга, прилегающих к кортикоспинальному тракту у детей / Р.А. Каххаров, Ш.У. Кадыров, А.А. Огурцова, А.А. Баев, Р.М. Афандиев, И.Н. Пронин // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. – 2024. - №88. – с.97-102.

5. Каххаров Р.А. МР-трактография при опухолях больших полушарий и подкорковой области головного мозга, прилегающих к кортикоспинальному тракту у детей / Р.А. Каххаров, Ш.У. Кадыров, А.А. Огурцова, Р.М. Афандиев, И.Н. Пронин, А.Н. Коновалов // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова. – 2024. – Том 16, специальный выпуск. – с.37-38.

6. Каххаров Р.А. Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг пирамидного тракта при опухолях больших полушарий и подкорковой области головного мозга, прилегающих к кортикоспинальному тракту у детей / Р.А. Каххаров, Ш.У. Кадыров, А.А. Огурцова, Р.М. Афандиев, И.Н. Пронин, А.Н. Коновалов // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова. – 2024. – Том 16, специальный выпуск. – с.135-136.

7. Каххаров Р.А. Хирургическое удаление опухолей больших полушарий и подкорковых структур головного мозга, прилежащих к пирамидному тракту, с использованием МР-трактографии и интраоперационного электрофизиологического мониторинга у детей / Р.А. Каххаров, Ш.У. Кадыров, А.А. Огурцова, Р.М. Афандиев // Сборник статей и тезисов. Медицинская наука: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – с.1298-1308.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

CBTRUS - The Central Brain Tumor Registry of the United States

WHO - Всемирная организация здравоохранения

АТРО - атипичная тератоидно-рабдоидная опухоль

ВАК - высшая аттестационная комиссия

ВОЗ - Всемирная организация здравоохранения

ГО - гигантская опухоль

ЗТ - задние отделы таламуса

ЗрТ - зрительный тракт

ИОМ - интраоперационный нейрофизиологический мониторинг

КСТ – кортикоспинальный тракт

МВП – моторные вызванные потенциалы

МТ - медиальные отделы таламуса

МР-трактография – магнитно-резонансная трактография

ПА - пилоидная астроцитома

ПСТ – пороговая сила тока

ПТ - передние отделы таламуса

РОПУ - распространенные опухоли подкорковых узлов

ТК МВП – транскраниальные моторные вызванные потенциалы

ТП - таламопедункулярная область

ЦНС – центральная нервная система

ЦИ - опухоль центральных извилин