

*На правах рукописи*



**Суфианов Ринат Альбертович**

**Топографо-анатомическое обоснование выбора оптимальной  
нейрохирургической технологии при заболеваниях труднодоступной  
локализации**

3.3.1. Анатомия и антропология

3.1.10. Нейрохирургия

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора медицинских наук

Москва – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

**Научные консультанты:**

доктор медицинских наук, профессор

**Дыдыкин Сергей Сергеевич**

доктор медицинских наук

**Маматханов Магомед Рамазанович**

**Официальные оппоненты:**

**Павлов Артем Владимирович** - доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра анатомии человека, заведующий кафедрой

**Ляценко Диана Наилевна** - доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра анатомии человека, заведующая кафедрой

**Шершевер Александр Сергеевич.** Доктор медицинских наук, доцент кафедры патологической анатомии и судебной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «20» апреля 2026 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.31 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М.Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д.37/1) и на сайте организации: <https://www.sechenov.ru>

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 г.

Ученый секретарь

доктор медицинских наук, профессор

**Блинова Екатерина Валериевна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

Хирургия труднодоступных отделов головного мозга представляет одну из наиболее сложных и динамично развивающихся областей современной нейрохирургии (S. M. Elwatidy, et al., 2017; K. L. Chaichana et al., 2022). Отечественные авторы относят к труднодоступным для хирургического лечения локализацию в желудочковой системе, в функционально значимой зоне мозга, близость к диэнцефальным структурам, вовлечение черепно-мозговых нервов и сосудов основания черепа (К. Г. Айрапетов, 2017;. А. В. Шабунин с соавт., 2019). В зарубежной литературе часто используются термины «deep seated» (K. L. Chaichana et al., 2022). и «deep brain» (Shapiro S. Z. et al., 2020), что ближе к понятию «глубинная локализация».

Доступ к глубинным образованиям требует прохождения через значительный объем функционально важной мозговой ткани, что исторически ассоциировано с высоким риском повреждения критических анатомических структур и значительной периоперационной морбидностью. Традиционные микрохирургические подходы предполагают обширные краниотомии, широкие кортикотомии, пролонгированную ретракцию мозговой ткани и диссекцию проводящих путей белого вещества, создавая риск паренхиматозного повреждения, ишемии, послеоперационного отека и энцефаломалации (J. Thorsteinsdottir et al., 2025). Последние два десятилетия характеризуются устойчивым трендом к минимизации инвазивности при лечении патологии глубинных структур головного мозга. Эндоскопические, экзоскопические, стереотаксические и лазерные технологии заняли определенные позиции в арсенале современной нейрохирургии, ассоциированные со снижением операционной травмы, сокращением реабилитационного периода и улучшением функциональных исходов (A. Di Cristofori et al., 2023; Y. Sasagawa et al., 2024). Систематические обзоры 2016–2025 годов демонстрируют сопоставимость малоинвазивных подходов с традиционной микрохирургией по радикальности резекции при снижении периоперационной морбидности (D. G. Eichberg et al., 2018; G. Garufi et al., 2024; Zhang C. et al., 2024).

Технологический прогресс последних десятилетий обеспечил переход от концепции крайне труднодоступных локализаций к прецизионным малоинвазивным вмешательствам (Eliyas J. K et al., 2016; Gassie K. et al., 2019; Sankhla S. K. et al., 2024), однако одновременно выявил фундаментальное несоответствие между возможностями современных технологий визуализации и доступностью адекватного анатомического обеспечения (Ewert S. et al., 2018; Y. Sasagawa et al., 2024), которую можно определить как «анатомический разрыв».

## **Степень разработанности темы исследования**

Фундаментальным ограничением традиционной анатомической базы является то, что она основана на изучении фиксированного кадаверного материала, и не отражает особенностей прижизненной визуализации при малоинвазивных вмешательствах, поэтому не в полной мере соответствует потребностям эндоскопической, экзоскопической и стереотаксической хирургии (Cikla U. et al., 2016; Jeurissen B. et al., 2019; Zaczkowski K. et al., 2025). Систематизированные данные о прижизненной анатомии внутрижелудочковых и глубинных структур в условиях эндоскопической, экзоскопической и стереотаксической визуализации крайне фрагментарны и практически не представлены в современной литературе (Baran O. et al., 2019; Thorsteinsdottir J. et al. 2025). Отсутствуют унифицированные описания анатомических ориентиров желудочковой системы и глубинных структур применительно к малоинвазивным доступам, сравнительные данные о визуализации одних и тех же структур при различных технологических подходах. Отсутствуют обоснованные данные о безопасных зонах и траекториях доступа к труднодоступным структурам при различных анатомических вариантах.

Таким образом, актуально и необходимо комплексное анатомо-клиническое исследование, включающее систематизацию прижизненной топографии ключевых глубинных зон головного мозга с позиций эндоскопии, экзоскопии и стереотаксиса, интеграцию данных кадаверной диссекции с методами прижизненной визуализации, разработку стандартизированных протоколов интраоперационной идентификации функционально значимых образований, создание алгоритмов выбора операционного метода на основе персонализированной цифровой прижизненной анатомии. Результаты исследования обеспечат переход от эмпирического освоения новых технологий к их анатомически, научно обоснованному применению при патологии труднодоступных отделов головного мозга.

## **Цель и задачи исследования**

### **Цель исследования**

Разработать эффективные и безопасные нейрохирургические технологии при заболеваниях головного мозга труднодоступной локализации посредством изучения ключевых анатомических особенностей, на основе персонифицированных топографо-анатомических данных, цифровой прижизненной анатомии пациента и 3D- анатомических моделей.

### **Задачи исследования**

1. На основе топографо-анатомических исследований, использования цифровой и 3D-анатомических моделей определить анатомические условия эффективной и безопасной нейрохирургии различной инвазивности в зонах «труднодоступной локализации».

2. Определить сравнительную клиническую эффективность, используя результаты топографо-анатомических исследований, цифровые и 3D-анатомические модели эндоскопических операций, при объемных образованиях внутрижелудочковых локализаций.

3. Определить анатомические и технологические условия успешной и безопасной стереотаксической нейрохирургии при эпилепсии, выявить важные особенности эндоскопической анатомии венозного угла (зона слияния передней перегородочной вены и таламостриарной вены), как ключа безопасности эндоскопической и стереотаксической нейрохирургии таламуса.

4. Провести экспериментальную оценку результатов лазерного воздействия на формирование очага деструкции нервной ткани у крыс.

5. На основе цифровых анатомических исследований определить наиболее вероятные этиологические анатомические изменения, ведущие к невралгии тройничного нерва.

6. Провести сравнительный анализ результатов разных сочетаний эндоскопических и стереотаксических операций при эпилепсии.

7. Модифицировать с учетом результатов анатомических исследований и найденных закономерностей технологию операции при невралгии тройничного нерва, провести сравнительную оценку ее эффективности.

8. Провести комплексный анализ анатомо-топографических особенностей структур желудочковой системы мозга в пренатальном периоде, а также в эксперименте на животных, на 3D-моделях выявить отработать структуры для предоперационного планирования и определить объем рабочего полостного пространства для внутриутробных эндоскопических операций.

9. Разработать и внедрить в клиническую практику методики внутриутробных дренирующих эндоскопических операций при окклюзионной гидроцефалии плода в зависимости от этиологии, предложить алгоритм действий, оценить клинические результаты таких операций.

### **Научная новизна**

1. Обоснована и внедрена концепция «хирургической прижизненной анатомии» (*in vivo*) как самостоятельного направления нейроанатомических исследований, основанного на развитии технологий интраоперационной визуализации 3D/4К-экзоскопии и 3D/4К-эндоскопии. Установлено кардинальное отличие интраоперационной анатомии глубинных структур (венозный угол, внутрижелудочковые ориентиры, желудочковая система плода) от кадаверной и

томографической картины вследствие прижизненных феноменов: васкулярной пульсации, динамических изменений конфигурации желудочков, циркуляции ликвора, цветовых характеристик тканей. Данное расхождение определяет необходимость систематизации интраоперационных анатомических данных как обязательного условия развития малоинвазивной нейрохирургии.

2. Разработана оригинальная методика экзо-эндоскопической интраоперационной визуализации, основанная на интеграции цифрового хирургического экзоскопа 3D/4K и ригидной нейроэндоскопии 3D/4K в единый бесшовный видеопоток с программной коррекцией цветопередачи и синхронизацией параметров изображения. Технология реализует принцип непрерывного визуального контроля («стрим-визуализация»), устраняющий необходимость переключения между различными режимами визуализации и обеспечивающий хирургическую безопасность на всех этапах малоинвазивных вмешательств на глубинных структурах головного мозга.

3. В сравнительном проспективном исследовании трёх хирургических методов (эндоскопический, микрохирургический, доступ с тубулярным ретрактором) определены количественные параметры хирургической травматичности и радикальности при удалении внутрижелудочковых опухолей. Эндоскопический метод обеспечивает тотальное удаление (GTR 100%) при минимальной травматичности, что достоверно отличается от микрохирургического доступа. Доступ с тубулярным ретрактором занимает промежуточное положение (GTR 68,4% для всех образований, 88,9% при диаметре <30 мм). Предложен алгоритм дифференцированного выбора хирургического метода на основании размера образования, локализации и возраста пациента.

4. Проведена экспериментальная морфологическая оценка результатов высокоэнергетического тулиевого лазерного воздействия (200 Вт) на нервную ткань мозга крыс в динамике. Установлены временные этапы формирования зоны деструкции и репаративных процессов, что обосновывает оптимальные сроки проведения МРТ-диагностики у пациентов после стереотаксической лазерной абляции и специфические требования к параметрам лазерного воздействия в стереотаксической нейрохирургии.

5. Разработана методика стереоэндоскопической лазерной деструкции передних ядер таламуса с интраоперационным видеоэндоскопическим контролем, обеспечивающая достоверно больший объём деструкции по сравнению со стандартной радиочастотной абляцией. Выявлена достоверная корреляционная связь средней силы между объёмом деструкции и благоприятными исходами (74% Engel I–II против 62%;  $R=0,522$ ,  $p=0,012$ ). Применена предоперационная персоналифицированная автоматизированная сегментация передних ядер таламуса в программе FreeSurfer для точного таргетирования структур, недоступных для прямой визуализации на

стандартной МРТ. Для мезиальной темпоральной эпилепсии показано, что стереотаксическая лазерная деструкция амигдало-гиппокампального комплекса обеспечивает максимальный объём деструкции с наилучшими клиническими исходами (78% Engel I–II), достоверно коррелирующими с объёмом воздействия.

6. На основании комплексного кадаверного, томографического (МР-венография в режиме TOF) и интраоперационного исследования установлена количественная вариабельность анатомии венозного угла. Создана классификация вариантов его расположения относительно передних ядер таламуса с определением хирургической безопасности каждого варианта при стереотаксических доступах. Выделены три варианта: передний (59% случаев, наиболее благоприятный), промежуточный (14%, высокий риск фатального венозного кровотечения), задний (27%, умеренный риск). Кардинальное отличие интраоперационной анатомии венозного угла от кадаверной и нейровизуализационной картины патогенетически обосновывает необходимость обязательного интраоперационного видеондоскопического контроля через ригидный нейроэндоскоп 0° для верификации венозных структур и коррекции траектории в режиме реального времени.

7. Выявлена и патогенетически обоснована роль костно-дуральной компрессии на уровне устья полости Меккеля (porus trigeminus) в генезе невралгии тройничного нерва. Определены количественные морфометрические проявления костно-дурального конфликта: уменьшение сагиттального угла нерва на уровне porus trigeminus в среднем на  $8,6 \pm 1,7^\circ$  и редукция площади поперечного сечения на 17,1% в цистернальном сегменте и на 13,4% в зоне porus trigeminus на стороне болевого синдрома. Разработана методика экзо-эндоскопической визуализации для интраоперационной верификации анатомических структур в области porus trigeminus. На основании выявленных закономерностей предложена модифицированная техника микроваскулярной декомпрессии.

8. Впервые описана эндоскопическая анатомия желудочковой системы плода *in vivo*, определены безопасные зоны для выполнения манипуляций в области дна III желудочка и прозрачной перегородки. Разработаны, экспериментально отработаны и внедрены в клиническую практику две дифференцированные методики фетальных эндоскопических вмешательств: фетоскопическая ВЦС дна III желудочка при окклюзионной гидроцефалии и фетоскопическая септостомия при моновентрикулярной гидроцефалии. Показана 100% эффективность внутриутробных вмешательств с элиминацией необходимости постнатального шунтирования в 75% случаев.

9. Впервые предложена основанная на анатомических особенностях, технологическом оснащении и опыте нейрохирурга, методика прогнозирования риска и управления рисками нейрохирургической операции. Впервые предложен способ влияния на результат операции в

зависимости от объективной оценки ее сложности, с возможностью выбора уровня соответствующего нейрохирургического центра, и уровня нейрохирурга .

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

1. Создана и апробирована методика экзо-эндоскопической интраоперационной визуализации на основе интеграции цифрового хирургического экзоскопа 3D/4K и ригидной нейроэндоскопии 3D/4K в единый бесшовный видеопоток, реализующая принцип непрерывного визуального контроля. Применение технологии стрим-визуализации обеспечило прецизионный непрерывный интраоперационный контроль при доступах к глубинным структурам головного мозга и повысило хирургическую безопасность, что обосновывает необходимость технологического оснащения нейрохирургических центров современными системами визуализации как обязательного условия развития малоинвазивной нейрохирургии.

2. Предложен и валидирован на клиническом материале практический алгоритм дифференцированного выбора хирургического метода при внутрижелудочковых опухолях третьего и боковых желудочков, учитывающий размер образования, локализацию и возраст пациента. Установлены количественные критерии выбора метода: эндоскопическое удаление показано при медианных образованиях диаметром до 30 мм с обеспечением минимальной травматичности при сохранении тотальной радикальности (GTR 100%); микрохирургическое удаление показано при латеральных опухолях и образованиях более 30 мм; доступ с тубулярным ретрактором оптимален при образованиях 20-30 мм с ликвородинамическими нарушениями. Применение данного алгоритма обеспечило обоснованный выбор хирургической тактики с оптимизацией баланса между радикальностью удаления и минимизацией хирургической травмы.

3. Сформулирован комплекс практических рекомендаций по предоперационной оценке безопасности стереотаксических доступов к передним ядрам таламуса, включающий обязательное определение типа строения и варианта расположения венозного угла по данным МР-венографии в режиме TOF. Установлены критерии высокого риска фатального венозного кровотечения при промежуточном варианте расположения венозного угла (14% случаев), что определило показания к модификации траектории доступа. Внедрение обязательного интраоперационного видеоконтроля через ригидный нейроэндоскоп 0° для верификации венозных структур и коррекции траектории в режиме реального времени обеспечило элиминацию интраоперационных венозных осложнений и повысило безопасность стереотаксических вмешательств на передних ядрах таламуса.

4. Внедрена в клиническую практику методика стереоконтролируемой лазерной деструкции с предоперационной персонифицированной автоматизированной сегментацией целевых структур в программе FreeSurfer для точного таргетирования передних ядер таламуса и амигдало-гиппокампального комплекса при невозможности их прямой визуализации на

стандартной МРТ. Технология непрерывного видеозендоскопического контроля обеспечила верификацию целевых структур, безопасность траектории и визуальный мониторинг процесса деструкции в режиме реального времени. Применение стереозендоскопической методики позволило достигать достоверно большего объема деструкции целевых структур по сравнению со стандартной радиочастотной абляцией, что коррелировало с благоприятными клиническими исходами (74-78% Engel I-II).

5. Разработан и валидирован комплекс МР-морфометрических критериев для предоперационной диагностики костно-дуральной компрессии тройничного нерва на уровне *porus trigeminus*, включающий измерение сагиттального угла и площади поперечного сечения нерва, что позволяет объективизировать показания к модифицированной технике микроваскулярной декомпрессии и оптимизировать предоперационное планирование. Внедрение методики экзо-эндоскопической визуализации на основе интеграции цифрового хирургического экзоскопа и ригидной нейроэндоскопии в единый видеопоток обеспечивает прецизионную интраоперационную идентификацию области *porus trigeminus*, верификацию костно-дурального конфликта и контроль адекватности установки протектора между нервом и костным краем пирамиды височной кости. Применение модифицированной техники микроваскулярной декомпрессии с дополнительной установкой тefлонового протектора в области *porus trigeminus* обеспечивает достижение благоприятных исходов у всех пациентов, полное купирование болевого синдрома у 80% оперированных и элиминацию рецидивов при среднесрочном наблюдении, что определяет клиническую значимость предложенного подхода.

6. Создан алгоритм организации специализированной медицинской помощи при окклюзионной гидроцефалии плода с прогрессирующей вентрикуломегалией, предусматривающий госпитализацию в перинатальный центр III уровня для проведения мультидисциплинарного консилиума с определением показаний к фетальному эндоскопическому вмешательству на сроке 22-32 недели беременности. Определен дифференцированный подход к выбору методики: фетоскопическая вентрикулоцистерностомия дна III желудочка при тривентрикулярной гидроцефалии и фетоскопическая септостомия при моновентрикулярной гидроцефалии. Применение данного алгоритма с последующим структурированным протоколом послеоперационного наблюдения обеспечило эффективность внутриутробных вмешательств (100%), минимизацию потребности в постнатальном шунтировании (75% случаев) и нормальное развитие детей в соответствии с возрастными нормативами.

7. Предложена цифровая шкала прогнозирования риска и управления рисками нейрохирургической операции, основанная на интегральной количественной оценке анатомических особенностей патологии, технологического оснащения нейрохирургического

центра и опыта хирурга, что позволило объективно определять численное значение риска операции с выделением факторов, снижающих риск. Внедрение методики обеспечило возможность управления рисками посредством выбора оптимального уровня нейрохирургического центра, технического оснащения и опыта специалиста на этапе предоперационного планирования. Использование разработанной шкалы позволило оптимизировать маршрутизацию пациентов в системе нейрохирургической помощи в зависимости от объективной оценки сложности предстоящего вмешательства и повысило безопасность нейрохирургических операций.

### **Методология и методы исследования**

Диссертационное исследование посвящено анатомическому обоснованию новых, минимально инвазивных, эффективных и максимально безопасных методов нейрохирургического лечения при локализации заболеваний в труднодоступных зонах головного мозга. Применялись методы классической кадаверной анатомии, различные варианты цифровой анатомии, в том числе «in vivo», интраоперационной, а также детальная сегментация глубоких структур головного мозга при помощи программы FreeSurfer. Применяли способы виртуального и материального моделирования патологических зон. В клиническом разделе работы использовали неврологическое, нейропсихологическое обследование, компьютерную и магнитно-резонансную томографию, электроэнцефалографию, видеоэлектроэнцефалографию, электрокортикографию, электросубкортикографию.

### **Личный вклад автора**

Автор самостоятельно выдвинул научную гипотезу и сформулировал научное направление, в соответствии с которым поставил цель и определил задачи исследования. Автор лично написал литературный обзор, выбрал и определил методологическую основу работы. Автор самостоятельно выполнил подготовку кадаверного материала для анатомического исследования и забор материала (32 препарата), усовершенствовал методику и техническое оснащение, осуществил диссекцию анатомического материала, а также в фотофиксацию и обработку фотоматериалов результатов диссекции. Автор лично выполнил отбор клинических случаев, провел анализ данных из историй болезней, участвовал в предоперационном планировании пациентов и послеоперационном наблюдении, оперировал лично и ассистировал на операциях, осуществлял ведение компьютерной базы данных прооперированных пациентов с диагнозами фармакорезистентной эпилепсии (82 пациента), опухолей третьего и боковых желудочков мозга (49 пациентов), невралгии тройничного нерва (50 пациентов), гидроцефалии плода (4 случая). Провел статистический анализ полученных результатов с использованием

программных пакетов MS Office 2021, Matlab 2023b, Statistica 13.3., интерпретировал и изложил полученные данные, сформулировал выводы и практические рекомендации.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. На нейрохирургическую анатомию как основу развития новых методов нейрохирургических операций, сегодня все возрастающее влияние оказывают методы «клинической, прижизненной нейрохирургии», и особенно технологическое оснащение самого операционного процесса. Анатомические структуры головного мозга на классических препаратах не всегда могут выглядеть так, как в операционном поле. А интраоперационная визуализация сегодня по своему качеству превышает лабораторные анатомические исследования.

2. Анатомически выверенное сверхточное хирургическое воздействие на глубинные структуры мозга (гипоталамус, гиппокамп) является путем прогресса в лечении важнейших заболеваний (эпилепсия, паркинсонизм). Ключом к успеху и безопасности данных операций является топографо-анатомически обоснованное сочетание стереотаксиса, глубокой сегментации ядер при помощи специальных программ, и визуальный непрерывный контроль для безопасности траектории, точной локализации высокоэнергетического лазерного воздействия, и контроля объема воздействия.

3. Для оценки риска планируемой нейрохирургической операции целесообразно использовать шкальный точный цифровой способ прогнозирования риска и управления рисками нейрохирургической операции, состоящий в возможности определения численного значения как самого риска нейрохирургической операции, а также в возможности определения факторов, которые влияют на риск данной операции, опыт нейрохирурга, выбора оптимального лечебного учреждения и набора оборудования. По мере накопления опыта таких оценок и проверки достоверности каждого фактора система может стать автоматизированным и обязательным инструментом управления лечебным процессом.

4. Разработан и впервые успешно внедрен в клиническую практику фетальный эндоскопический метод септостомии при моновентрикулярной окклюзионной гидроцефалии плода, и метод эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка при тривентрикулярной гидроцефалии плода, что позволяет проводить лечение гидроцефалии на ранних стадиях, во втором триместре.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертационное исследование соответствует Паспорту научной специальности 3.3.1. Анатомия и антропология, а именно: п.3. «Индивидуальная морфологическая изменчивость

(вариантная анатомия) органов, частей тела и их структурных компонентов», п. 6 «Изучение строения тела живого человека с помощью клинических, инструментальных методов исследования и компьютерного моделирования», п.9 «Анатомо-топографическое обоснование новых и усовершенствование существующих диагностических и оперативных вмешательств с учетом анатомической изменчивости и компьютерного моделирования» и п. 10 «Разработка многоуровневых виртуальных технологий изучения анатомии органов и систем органов»; Паспорту научной специальности 3.1.10. Нейрохирургия, а именно: п. 3 «Теоретическая, экспериментальная и клиническая разработка методов и технологий лечения нейрохирургических заболеваний и травм, внедрение их в клиническую практику».

### **Степень достоверности и апробация результатов**

#### **Степень достоверности результатов**

Достаточный экспериментальный и анатомический материал, большое число клинических наблюдений, использование самых современных средств визуализации и документации анатомического и операционного изображения, применение высокоинформативных методов статистической обработки, современного программного компьютерного обеспечения и профильных высокоточных программ обработки являются свидетельством высокой достоверности выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе.

#### **Апробация результатов**

Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на следующих научных конференциях:

1. Международная научно-практическая конференция «Хирургическое лечение эпилепсии» (31.05.2023-02.06.2023., г. Тюмень, Российская Федерация)
2. Международная научно-практическая конференция «Эндоскопическая трансназальная хирургия основания черепа» (28.11.2023-29.11.2023., г. Тюмень, Российская Федерация)
3. 18-й Всемирный конгресс нейрохирургии WFNS-2023 (4-8 декабря 2023 г., г. Кейптаун, ЮАР)
4. Первый международный научно-практический курс «по экзоскопической нейрохирургии. Практический мастер-класс в 3D кадаверной лаборатории с использованием экзоскопа» (8-9 февраля 2024 г., г. Тюмень, Российская Федерация)
5. Международная научно-практическая конференция «Surgical treatment of epilepsy» (22-24 апреля 2024 года г. Астана, Республика Казахстан)

6. IV международный конгресс Кыргызской ассоциации нейрохирургов (6 -7 сентября 2024 года, г. Чолпон-Ата, Кыргызская Республика)

7. Международная научно-практическая конференция «Роль нейрофизиологического мониторинга» (25-28 января 2025 г., г. Бишкек, Кыргызская Республика)

8. IV съезд нейрохирургов «Достижения современной нейрохирургии» (4 -7 сентября 2025 года, г. Хива, Республика Узбекистан)

9. X-й Международный Юбилейный научно-практический курс по 3D эндоскопии и микрохирургии основания черепа» (16-18 октября 2025 г., г. Тюмень, Российская Федерация)

10. Международная научно-практическая конференция по стереотаксической хирургии головного мозга (23-26 октября 2025 г., г. Бишкек, Кыргызская Республика)

### **Внедрение результатов исследования**

Результаты исследования внедрены в клиническую практику ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (г. Тюмень) и используются в учебном процессе на кафедре оперативной хирургии и топографической анатомии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет).

### **Публикации по теме диссертации**

По результатам исследования автором опубликовано 36 работ, в том числе 2 научные статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук; 12 статей в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus, PubMed, 15 иных публикаций по результатам исследования, 7 патентов.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 333 страницах печатного текста и иллюстрирована 150 рисунками и 25 таблицами. Диссертационное исследование состоит из 6 глав, введения, обсуждения результатов, выводов и практических рекомендаций. Библиографический указатель включает 283 источника, из них 53 - отечественные источники и 230 - иностранные.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Материалы и методы исследования**

Исследование носило комплексный и последовательный этапный характер.

I этап. Макроскопическое, эндоскопическое, экзоскопическое изучение анатомии желудочков головного мозга, передних ядер таламуса, венозного угла, амигдалогиппокампального комплекса, мосто-мозжечкового угла на кадаверных препаратах и в условиях «in vivo».

II этап. Создание и изучение персонифицированной цифровой анатомии, а также количественно-качественная верификация структуры передних ядер таламуса и амигдалогиппокампального комплекса путем сегментации с использованием программы FreeSurfer 8.1.

III этап. Экспериментальное изучение воздействия 2010-нм тулиевого волоконного лазера на подкорковые ткани головного мозга крысы, путём нейровизуализационного и гистологического методов исследования.

IV этап. Создание хирургических методик, основанных на топографо-анатомическом обосновании, для выполнения эндоскопической стереотаксической деструкции передних таламических ядер (*nuclei anteriores thalami*), эндоскопической лазерной амигдалогиппокампотомии, комбинированной экзо-эндоскопической малоинвазивной хирургии желудочковой системы головного мозга (III и латеральных желудочков), а также модифицированной методики операции для хирургического лечения невралгии тройничного нерва.

V этап - Внедрение в клиническую практику разработанных малоинвазивных технологий

VI этап. Экспериментальные исследования, направленные на разработку и совершенствование методик эндоскопических внутриутробных вмешательств.

Анатомические исследования на кадаверном материале проводили на базе Тюменского областного бюро судебно-медицинской экспертизы (согласно действующему официальному договору). Для изучения анатомических вариантов венозного угла на секционном материале сонная и позвоночная артерии, а также яремные вены были залиты красным и синим полимеризующим силиконом на основе платины Platset 10 у 32 трупов людей (64 полушария) в возрасте от 35 до 85 лет. Критерием включения/исключения в исследование кадаверного материала взрослых полушарий было отсутствие патологии ЦНС. Заполнение сосудов проводили не позднее 1 суток после смерти. Все образцы были помещены в 10%-ный раствор формалина не менее чем на 3 недели. Красный колер инъецировали во внутреннюю сонную артерию, позвоночные артерии билатерально. Синий колер вводили во внутренние яремные вены (Рисунок 1).

С целью получения хорошего обзора удаляли верхние отделы полушарий головного мозга и крыша боковых желудочков, чтобы визуализировать латеральные желудочки, а также оба отверстия Монро. Особое внимание было уделено анатомическому строению и вариациям субэпендимальных вен в области отверстия Монро. Изучали ход передней перегородочной вены,

таламостриарной вены и внутренней вены мозга, а также дополнительных притоков, например, вены сосудистого сплетения. В инъецированных образцах измеряли диаметр передней септальной, таламостриарной и внутренней вены мозга. Чтобы определить расстояние между внутренней мозговой веной и центральной точкой отверстия Монро и проанализировать структуру сосудов, мы выполняли микродиссекцию сосудистого сплетения. Измерения были выполнены 3 раза для получения среднего арифметического значения.

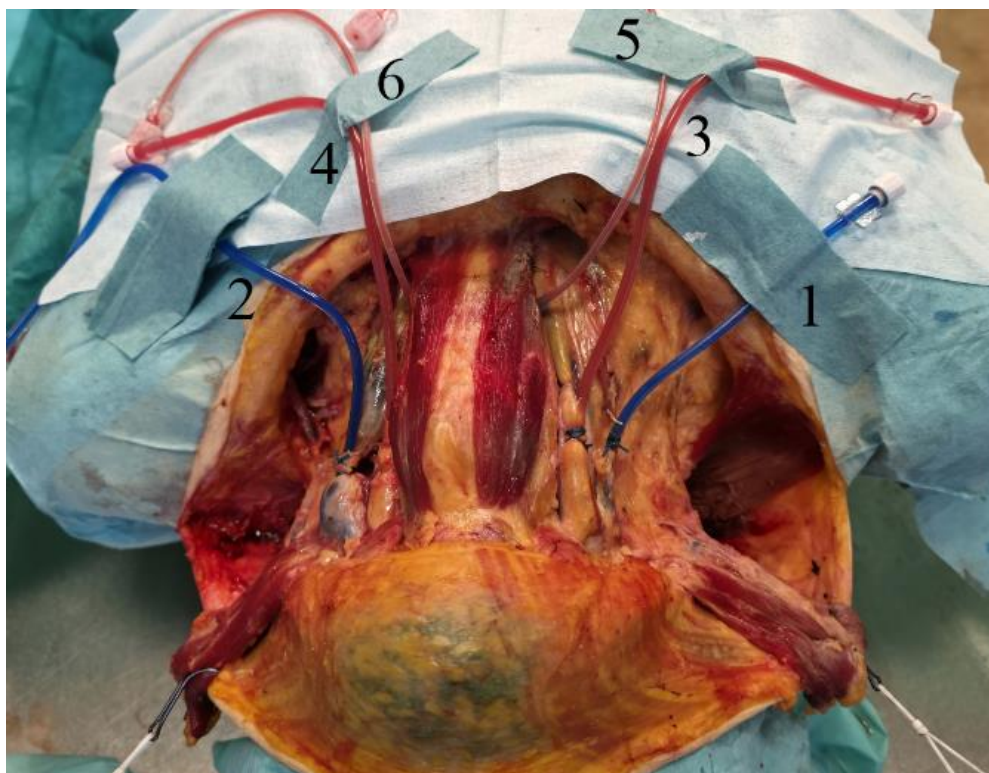


Рисунок 1 – Кадаверный препарат с силиконовой инъекцией магистральных сосудов (макроскопическая картина). Обозначения: 1–правая внутренняя яремная вена (*v. jugularis interna dextra*); 2–левая внутренняя яремная вена (*v. jugularis interna sinistra*); 3–правая общая сонная артерия (*a. carotis communis dextra*); 4–левая общая сонная артерия (*a. carotis communis sinistra*); 5–правая позвоночная артерия (*a. vertebralis dextra*); 6–левая позвоночная артерия (*a. vertebralis sinistra*)

Для создания качественной макрофотографии препарата мы использовали профессиональную фотоаппаратуру: камера Nikon Z7ii–беззеркальный, с КРОП фактором 1, 45.7Мп; объектив af-s micro NIKKOR 60mm 1:2.8G ED с автофокусом и фиксированным фокусным расстоянием 60 мм; осветитель светодиодный Godox Ring72 кольцевой для макросъемки и осветители RayLab LHD-B628. Цифровую обработку фотоматериала производили в программе NX Studio (Рисунок 2). Полученные отредактированные TIFF-файлы в последующем обрабатывали в программе Zerene Stacker.

В методике проведения 3D фото- и видеосъемки хирургической операции через микроскоп Carl Zeiss Opmi Vario использовали фотоаппараты Sony Alpha ILCE-6300 (2шт.) с

матрицей APS-C 24.2 Мп, быстрой гибридной автофокусировкой, поддерживаемой Wi-Fi и NFC, планшеты Samsung Galaxy Tab A9 8.7" 128 ГБ (2шт.), предназначенные для дистанционного управления камерами и мониторинга изображения в реальном времени с программой Imaging Edge Mobile (Sony). Создание 3D фотографий осуществляли с помощью программы StereoPhoto Maker. Создание 3D видео производил в видеоредакторе VDCD.

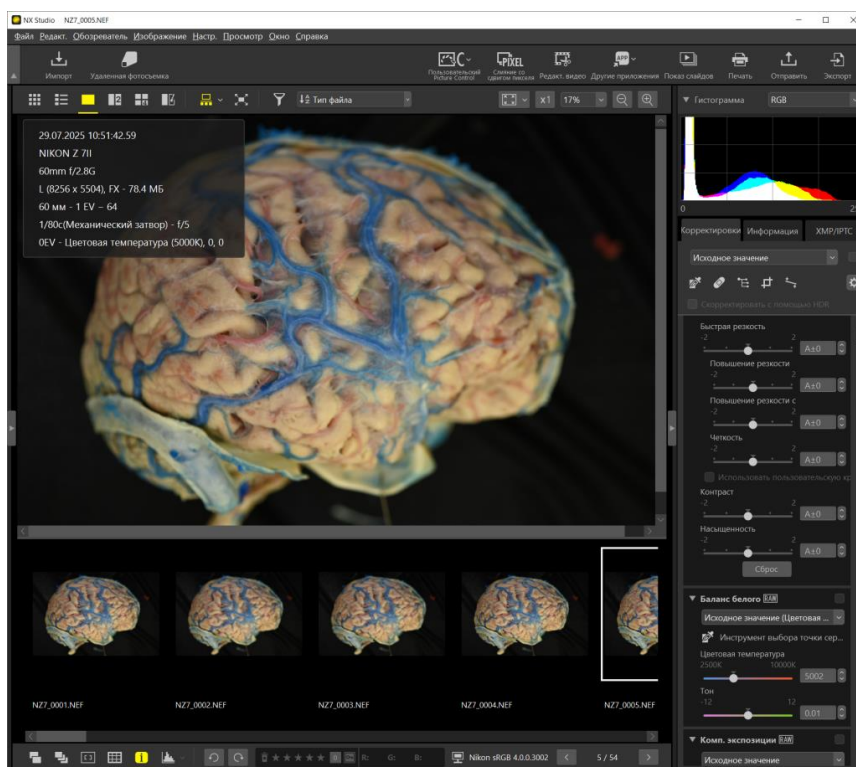


Рисунок 2 – Общий вид программы NX Studio

Для изучения в динамике воздействия 2010-нм тулиевого волоконного лазера на подкорковые ткани головного мозга крысы было проведено экспериментальное исследование на 20 беспородных крысах массой 180-200 г. Все подопытные животные были случайным образом распределены на 4 подгруппы по 5 крыс в каждой. В I подгруппу вошли крысы, исключённые сразу после стереотаксической лазерной абляции, а во II, III и IV подгруппы – особи, выведенные из исследования через 3, 7, 30 сутки. Экспериментальные животные позиционировались в спроектированную и распечатанную на 3D принтере стереотаксическую дугу для крыс. Стереотаксическую лазерную абляцию проводили с помощью хирургической тулиевой лазерной системы YAG, CyberTM мощностью до 200 Вт (Quanta System, Italy). Унилатеральное лазерное воздействие осуществляли в правой половине полушария в проекции теменной доли головного мозга, мощностью 5 Вт, энергией 10 джоулей. Для оценки выраженности лазерного повреждения во всех экспериментальных группах проводили гистологическое исследование, дополнительно у крыс IV группы (выведенных из эксперимента на 30 сутки) под вышеуказанной седацией выполняли динамический нейровизуализационный мониторинг с помощью МРТ в T2

PROPELLER режиме в аксиальной проекции (Discovery MR750w 3.0Тл) сразу после операции, на 1, 3, 7 и 30 сутки с расположением среза на уровне кончика лазерного зонда. Измерение интенсивности МР сигнала и площади размера очага абляции проводили с использованием стандартных измерительных инструментов (closed polygon) программы RadiAnt DICOM Viewer (ver. 2021.2). Результаты измерения представлены в мм<sup>2</sup>. Вычисляли относительную плотность МР сигнала в сравнении с плотностью в контрлатеральном полушарии. С целью проведения гистологического исследования животных подвергали выведению из эксперимента. Полученные гистологические стеклопрепараты сканировали с применением сканирующего микроскопа Leica APERIO AT2 с программным обеспечением APERIO ScanScope Console.

### Клинический раздел работы

Клинический материал основан на результатах обследования двух групп пациентов. Данные пациентов первой группы использовали для изучения топографо-анатомических особенностей и ориентиров труднодоступных зон головного мозга. Вторая группа основывается на изучении результатов обследования и хирургического лечения пациентов с заболеваниями труднодоступных зон головного мозга в период с 2011 по 2025 гг. на базе ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России (г. Тюмень). Распределение больных первой группы для изучения анатомических ориентиров представлены в таблице 1. Для интраоперационного анатомического исследования (анатомия *In-vivo*) изучены интраоперационные видеоданные 180 пациентов, перенесших эндоскопическое внутрижелудочковое оперативное вмешательство. Осуществляли прицельный анатомический анализ основных внутрижелудочковых ориентиров и сосудистой сети.

Таблица 1 – Число пациентов, у которых была изучена анатомии труднодоступных зон головного мозга

Вид анатомического исследования	Всего
Анатомия <i>in-vivo</i>	180
Цифровая 3D анатомия с использованием Freesurfer	70
3D анатомия по данным МСКТ и МРТ пациентов и плодов	110
Итого	360

### Цифровое анатомическое исследование с использованием FreeSurfer

Сегментацию структур головного мозга выполняли с использованием программного обеспечения FreeSurfer версии 8.1 (Laboratory for Computational Neuroimaging, Martinos Center, Harvard Medical School, США). Исходные данные представляли собой T1-взвешенные МРТ-изображения (последовательность MPRAGE) в формате DICOM, которые были предварительно конвертированы в формат NIFTI с помощью утилиты `mri_convert` из пакета FreeSurfer.

Сегментацию проводили на персональном компьютере MAC M3 Ultra, который имел вдвойне 32-ядерный процессор M3 max и 80-ядерную видеокарту, построенную на архитектуре ARM и имеющую 512 гигабайт унифицированной памяти.

Для анализа использовали данные двух групп пациентов. Первую группу составили 35 пациентов (возрастной диапазон: 6–53 лет; средний возраст  $24.3 \pm 12$  лет), для которых была выполнена детальная сегментация таламуса и его передних ядер. Вторую группу составили 35 пациентов (возрастной диапазон: 6–51 год; средний возраст  $23.5 \pm 12.1$  года), для которых была проведена сегментация гиппокампа и миндалевидного тела (амигдалы) (Рисунок 3).

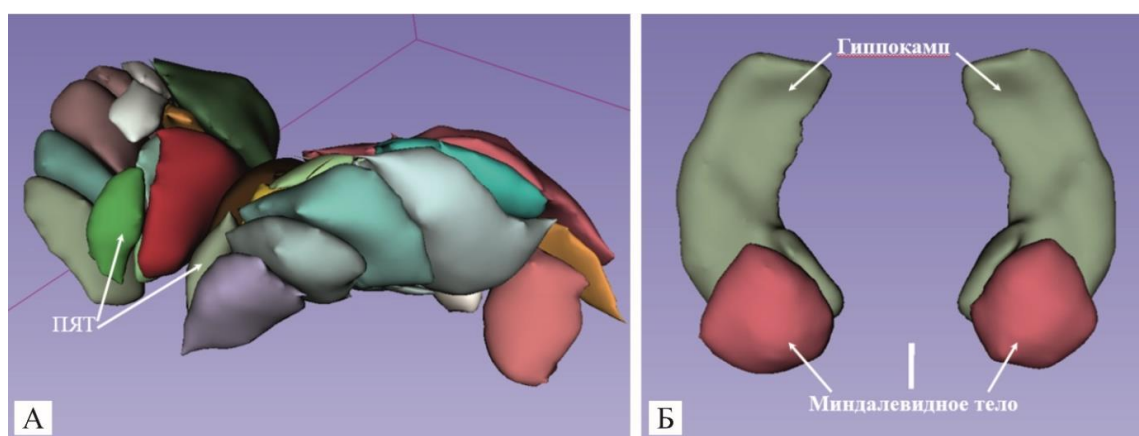


Рисунок 3 – Детальное изучение ядер таламуса и амигдало-гиппокампального комплекса в программе 3D Slicer с сегментацией в программе FreeSurfer: А – ПЯТ – передние ядра таламуса, Б – миндалевидное тело и гиппокамп

Изучение 3D нейровизуализационной цифровой анатомии по данным МСКТ и МРТ пациентов и плодов, в том числе с использованием 3D моделей. Использовали МРТ-сканер GE Healthcare Discovery 750 (GE Healthcare, США), напряжённость магнитного поля 3,0 Тл; КТ-сканер Canon Aquilion One 640 (Canon Medical Systems, Япония), 640-срезовый; нейронавигационную станцию: Brainlab Curve (Brainlab AG, Германия) и Medtronic (Medtronic plc, США) – для предоперационного планирования и интраоперационной навигации. Программное обеспечение для обработки и анализа данных МРТ/КТ: Brainlab Elements (Brainlab AG, Германия) применяли для сегментации объёмов образований, построения трёхмерных моделей, трактографии и воксельного анализа. Печать моделей осуществляли на 3D принтере Bambulab P1S. Позитивную модель мозга печатали с помощью ABS пластика. Создание 3D модели мозга начинали с поиска исходных медицинских данных, пригодных для построения высокодетализированной 3D модели мозга. Подходящими данными являлись МРТ снимки на T1 и/или T2 режимах сканирования. Используя программу Инобитек (Россия), проводили поэтапную сегментацию, в ходе которой выделяются структуры головного мозга (полушария, мозжечок, ствол), а также их объёмы. Программой автоматически строили 3D-модель мозга и при необходимости вручную корректировали поверхность.

При изучении фетальной анатомии материалом исследования послужили данные девяти беременных женщин; срок гестации составлял от 23 до 32 недель. Трёхмерные реконструкции формировались с использованием программного обеспечения RadiAnt DICOM Viewer (Medixant, Польша), Horos (Horos Project, США), OsiriX (Pixmeo SARL, Швейцария) и 3D Slicer (Brigham and Women's Hospital, Harvard Medical School, США). Для изготовления трёхмерных моделей применялся 3D-принтер Anet A8 (Shenzhen Anet Technology Co., Ltd., Китай).

В клинике использовали: неврологическое, нейропсихологическое обследование, сложные инструментальные методы: компьютерную томографию, магнитно-резонансную томографию, электроэнцефалографию, видео-электроэнцефалографию, электрокортикографию, электросубкортикографию. В таблице 2 представлены нозологии труднодоступной локализации, и число оперированных пациентов, включенных в исследование.

Таблица 2 – Распределение оперированных больных по нозологическим формам

Нозологическая форма	Пол		Всего
	М	Ж	
Эпилепсия	42	40	82
Опухоли III и боковых желудочков	27	22	49
Невралгия тройничного нерва	18	66	84
Фетальная хирургия	2	2	4
Всего	89	130	219

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программных пакетов MS Office 2021, Matlab 2023b, Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc., USA). Для количественных переменных с нормальным распределением указывались среднее значение и стандартная ошибка среднего ( $M \pm SEM$ ). При распределении, отличающемся от нормального, данные представлялись в виде медианы и интерквартильного размаха (Q1; Q3). Нормальность распределения проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка при размере выборки менее 50. Гомогенность дисперсий оценивалась с помощью F-критерия Фишера для 2 групп и критерия Левена для 3 и более групп. Для сравнения количественных переменных между двумя независимыми группами использовали t-критерий Стьюдента для независимых выборок при нормальном распределении и гомогенных дисперсиях, t-критерий Уэлча при нормальном распределении и негомогенных дисперсиях, или U-критерий Манна-Уитни при распределении, отличном от нормального. Для сравнения парных количественных переменных применяли парный t-критерий Стьюдента при нормальном распределении разностей или критерий Уилкоксона для связанных выборок при распределении разностей, отличном от нормального. Для сравнения категориальных переменных использовали критерий  $\chi^2$  Пирсона при ожидаемых частотах более 5 во всех ячейках таблицы сопряженности или точный критерий Фишера при наличии ячеек с ожидаемой частотой менее 5. Логистическую регрессию применяли для анализа

факторов риска рецидива и осложнений. Результаты представлены в виде отношения шансов (OR) с 95% доверительными интервалами, рассчитанными методом профиля правдоподобия.

### Полученные результаты

#### Топографо-анатомическое обоснование эндо-экзоскопической малоинвазивной хирургии третьего и боковых желудочков головного мозга.

Был проведен анализ макроскопической кадаверной анатомии третьего и боковых желудочков головного мозга, и сравнение его с интраоперационной анатомией «in vivo». Структуры третьего и боковых желудочков головного мозга, визуализированные в кадаверном анатомическом исследовании, представлены на рисунке 4.

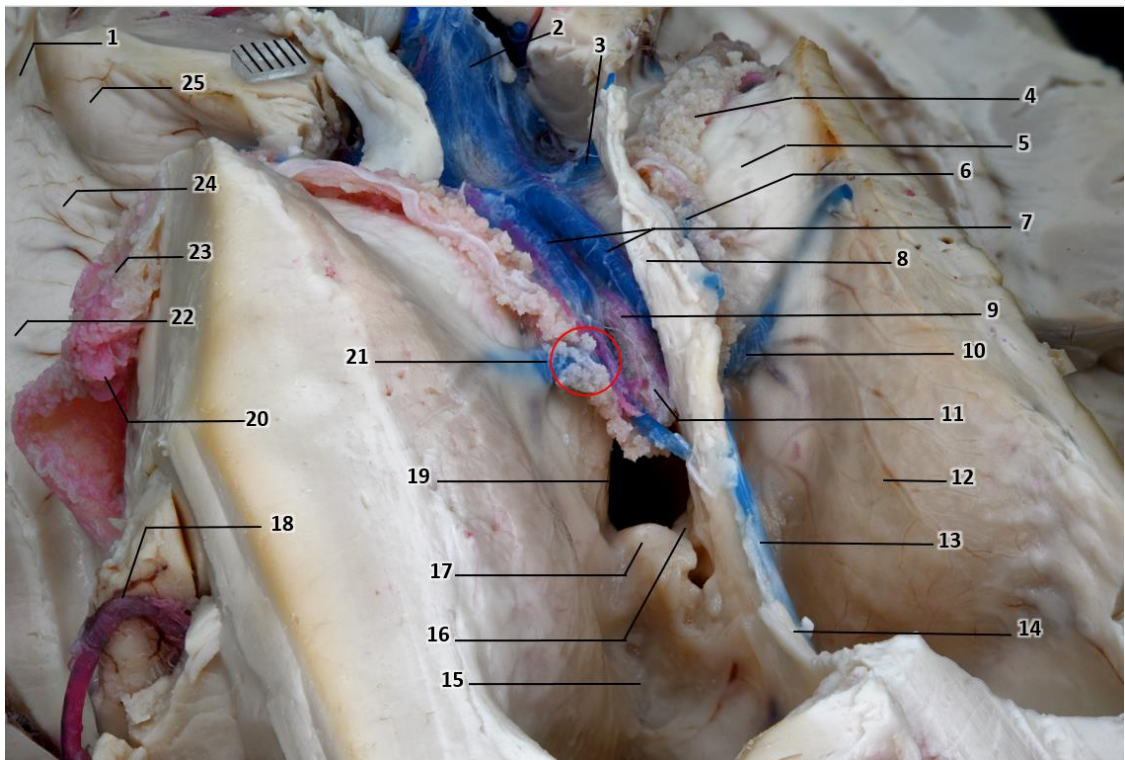


Рисунок 4 – Макропрепарат головного мозга с препарированными боковыми желудочками, верхняя стенка удалена: 1 – затылочный рог (cornu posterius); 2 – вена Галена (v. magna cerebri); 3 – медиальная атриальная вена (v. atrialis medialis); 4 – сосудистое сплетение (plexus choroideus); 5 – таламус (thalamus); 6 – верхняя ворсинчатая вена (v. choroidea superior); 7 – внутренняя вена мозга (v. cerebri interna); 8 – свод головного мозга (fornix); 9 – задняя медиальная ворсинчатая артерия (a. choroidea posterior medialis); 10 – таламостриарная вена (v. thalamostriata); 11 – крыша III желудочка (tectum ventriculi tertii); 12 – головка хвостатого ядра (caput nuclei caudati); 13 – передняя септальная вена (v. anterior septi pellucidi); 14 – прозрачная перегородка (septum pellucidum); 15 – передний рог бокового желудочка (cornu anterius ventriculi lateralis); 16 – передняя спайка (commissura anterior); 17 – столб свода (columna fornicis); 18 – средняя мозговая артерия, сегмент М3 (a. cerebri media, pars opercularis); 19 – межжелудочковое отверстие (foramen interventriculare); 20 – задняя латеральная ворсинчатая артерия (a. choroidea posterior lateralis); 21 – венозный угол (angulus venosus); 22 – височный рог (cornu inferius); 23 – клубок сосудистого сплетения (glomus plexus choroidei); 24 – атриум (atrium ventriculi lateralis); 25 – птичья шпора (calcar avis)

На рисунке 5 представлены интраоперационные анатомические ориентиры при эндоскопической хирургии. Интраоперационная анатомия внутрижелудочковых ориентиров при объемных образованиях боковых и третьего желудочка кардинально отличается от анатомии анатомией «in vivo». Прежде всего – это касается и самих ориентиров, и принципа абсолютно иной визуализации – «взгляд изнутри-наружу». Кроме того, играет роль и патологический процесс. Часто внутрижелудочковое объемное образование приводит к закрытию интравентрикулярных сообщений, и соответственно к нарушению ликворооттока. В свою очередь хориоидпапилломы могут способствовать к гиперпродукции спинномозговой жидкости. Если параллельно опухоль блокирует пути оттока жидкости, это может привести к развитию окклюзионной гидроцефалии (Рисунок 5).

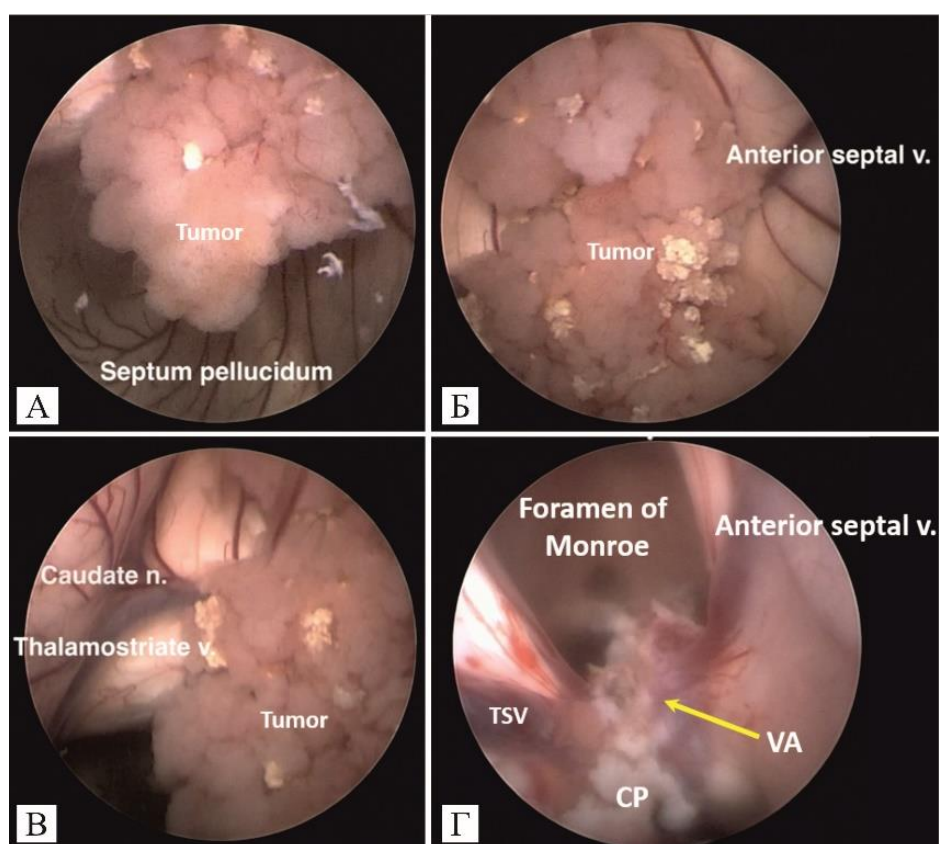


Рисунок 5 – Эндоскопическое изображение центральной части левого бокового желудочка: объемное образование в области межжелудочкового отверстия. Интраоперационное фото. Ригидный нейроэндоскоп, 0°. Доступ из точки Кохера: А, Б, В – до удаления опухоли; Г – после удаления опухоли. Обозначения: Tumor – объемное образование сосудистого сплетения в области межжелудочкового отверстия; Anterior septal v. – передняя септальная вена (v. anterior septi pellucidum); Caudate n. – хвостатое ядро (nucleus caudatus); Thalamostriate vein – таламостриарная вена (v. thalamostriata); CP – сосудистое сплетение (plexus choroideus); Foramen of Monroe – межжелудочковое отверстие (foramen interventriculare)

Сравнительная клиническая оценка результатов эндоскопических операций при объемных образованиях внутрижелудочковых локализаций касалась трёх типов хирургического

лечения (эндоскопическое, микрохирургическое, и с применением тубулярного ретрактора (ТР)). Характеристика операций представлена в таблице 3.

**Эффективность лечения** в отдалённом периоде показатели исходов иллюстрируют различия между методиками в радикальности и завершённости лечения при сходной частоте рецидивов и летальности (Таблица 4).

Установлено, что эндоскопические вмешательства обеспечивают сочетание низкой инвазивности и высокой радикальности при небольших, медианных внутрижелудочковых образованиях, особенно у детей, с преимуществами по осложнениям и послеоперационной логистике (значимые различия по полу/возрасту, локализации, разрезу, кровопотере, ОРИТ, осложнениям, GTR).

Таблица 3 – Клинические характеристики проведенных оперативных вмешательств

Характеристика	Тип операции						Всего		p
	Микро-хирургическая n=21		ТР n=19		Эндоско- пическая n=9		n=49		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Первичная операция	20	95,2%	15	93,8%	9	100,0%	44	95,7%	>0,05 для всех пар
Повторная операция	1	4,8%	1	6,3%	0	0,0%	2	4,3%	
Продолжительность операции, мин. Медиана [Q1; Q3]	240 [175; 342]		209 [135; 289]		160 [117; 265]		214 [170; 283]		>0,05 для всех пар
Длина кожного разреза, см Медиана [Q1; Q3]	14 [12; 15]		4,8 [4,5; 9,75]		1 [0,9; 1]		5 [4,4; 14]		p<0,05 для всех пар
Интраоперационная кровопотеря, мл Медиана [Q1; Q3]	250 [200; 600]		80 [50; 200]		35 [15; 40]		150 [50; 250]		p<0,05 для всех пар

Таблица 4 – Исходы хирургического лечения

Показатель	Тип операции						Всего		p
	Микро-хирургическая n=21		ТР n=19		Эндоско-пическая n=9		n=49		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Рецидив	2	9,5%	2	10,5%	0	0,0%	4	8,2%	>0,05 для всех пар
Летальный исход	5	23,8%	1	5,3%	0	0,0%	6	12,2%	>0,05 для всех пар
Радикальность удаления									
GTR	20	95,2%	13	68,4%	9	100,0%	42	85,7%	p<0,05 для микро/ТР; p>0,05 для остальных пар
STR	1	4,8%	6	31,6%	0	0,0%	10	14,3%	
Законченный случай	2	9,5%	19	100%	9	100,0%	30	61,2%	p<0,05 для микро/ТР и микро/эндо; p>0,05 для ТР/эндо

Микрохирургия остаётся оправданной тактикой для крупных и латеральных опухолей с высокой вероятностью радикальности, однако сопряжена с большими травматичностью и частотой послеоперационных неврологических проявлений и осложнений. Тубулярный ретрактор предлагает компромисс «меньше инвазивность—ниже радикальность», характеризуясь более частой остаточной опухолью и постоперационными МРТ-изменениями при частом ликвородинамическом компоненте для крупных образований; оптимален при образованиях малого и среднего размера и приоритетах тканесбережения. На основе полученных анатомо-клинических результатов разработан алгоритм выбора операционного метода при внутрижелудочковых опухолях III и боковых желудочков (Рисунок 6).



Рисунок 6 - Алгоритм выбора операционного метода при внутрижелудочковых опухолях

### Топографо-анатомическое обоснование малоинвазивной хирургии эпилепсии

Анатомическое исследование выявило значительную вариабельность архитектоники венозного угла, имеющую критическое значение для планирования и безопасного выполнения

стереотаксических вмешательств на передних ядрах таламуса. Магистральный тип венозного угла, при котором угол образован передней септальной веной диаметром 1,02 мм и таламостриарной веной диаметром 1,92 мм с формированием Y-образной структуры, обнаружен в 64,1% случаев, из них билатерально в 43,8% и унилатерально в 20,3% наблюдений. Смешанный тип с участием магистральных сосудов и притоков меньшего калибра встречался в 26,6% случаев, при этом диаметр магистральной передней септальной вены составлял 1,01 мм, а притоков не превышал 0,6 мм. Рассыпной тип, сформированный венами различного калибра с множественными притоками, включая вену сосудистого сплетения, выявлен в 9,3% наблюдений с диаметром передней септальной вены 0,5 мм и таламостриарной вены 0,9 мм.

По отношению к передним ядрам таламуса установлено три варианта расположения венозного угла, имеющих различное клиническое значение. Передний наиболее благоприятный вариант, при котором венозный угол образован за отверстием Монро и кпереди от ядер таламуса, обнаружен в 59% случаев, включая 18,7% билатерально и 40,3% унилатерально. Промежуточный вариант с высоким риском интраоперационного повреждения сосудистых структур при выполнении деструкции выявлен в 14% наблюдений, из них 9% билатерально и 5% унилатерально. Задний менее благоприятный вариант, при котором венозный угол расположен на значительном расстоянии от отверстия Монро и передних ядер таламуса, обнаружен в 27% случаев, включая 23,4% билатерально и 3,6% унилатерально (Таблица 5).

Таблица 5 – Анатомические типы строения и варианты расположения венозного угла

Тип венозного угла	Кол-во полушарий (%)	Вариант расположения венозного угла		
		Передний	Промежуточный	Задний
Магистральный	41 (64,1%)	7 16	5 1	12 1
Билатеральный	28 (43,8%)			
Унилатеральный	13 (20,3%)			
Смешанный	17 (26,6%)	4 7	2 1	3 1
Билатеральный	8 (12,5%)			
Унилатеральный	9 (14,1%)			
Рассыпной	6 (9,3%)	1 3	1	1
Билатеральный	2 (3,2%)			
Унилатеральный	4 (6,1%)			
Итого	64 (100%)	38	9	17

Цифровое анатомическое исследование с использованием FreeSurfer продемонстрировало, что средний объем таламуса составляет  $5977 \pm 1161$  мм<sup>3</sup>, объем переднего вентрального ядра достигает  $106 \pm 25$  мм<sup>3</sup>, что составляет приблизительно 1,7% от общего объема таламуса. Средний объем амигдало-гиппокампального комплекса определен как  $5149 \pm 986$  мм<sup>3</sup>, включая гиппокамп  $3435 \pm 765$  мм<sup>3</sup> и миндалевидное тело  $1713 \pm 369$  мм<sup>3</sup> (Таблица 6). Полученные данные объективно подтверждают невозможность прямой визуализации передних ядер таламуса

при стандартном МРТ-исследовании вследствие их малых размеров и отсутствия четкой дифференцировки от окружающих структур, что обосновывает необходимость персонализированной сегментации для точного хирургического таргетирования (рисунок 7).

Таблица 6 – Объемы сегментированных FreeSurfer структур

Возрастная группа	Средний объем таламуса, мм <sup>3</sup>	Средний объем переднего AV-ядра таламуса, мм <sup>3</sup>	Средний объем гиппокампа, мм <sup>3</sup>	Средний объем амигдалы, мм <sup>3</sup>
6–11 лет	5619 ± 995	105,2 ± 28,6	3523 ± 1329	1815 ± 684
12–17 лет	6303 ± 1322	117 ± 32,6	3353 ± 528	1645 ± 212
18–25 лет	6397 ± 1098	103,6 ± 17,9	3381 ± 673	1728 ± 224
26–64 лет	6076 ± 1131	105 ± 22,3	3495 ± 611	1694 ± 338

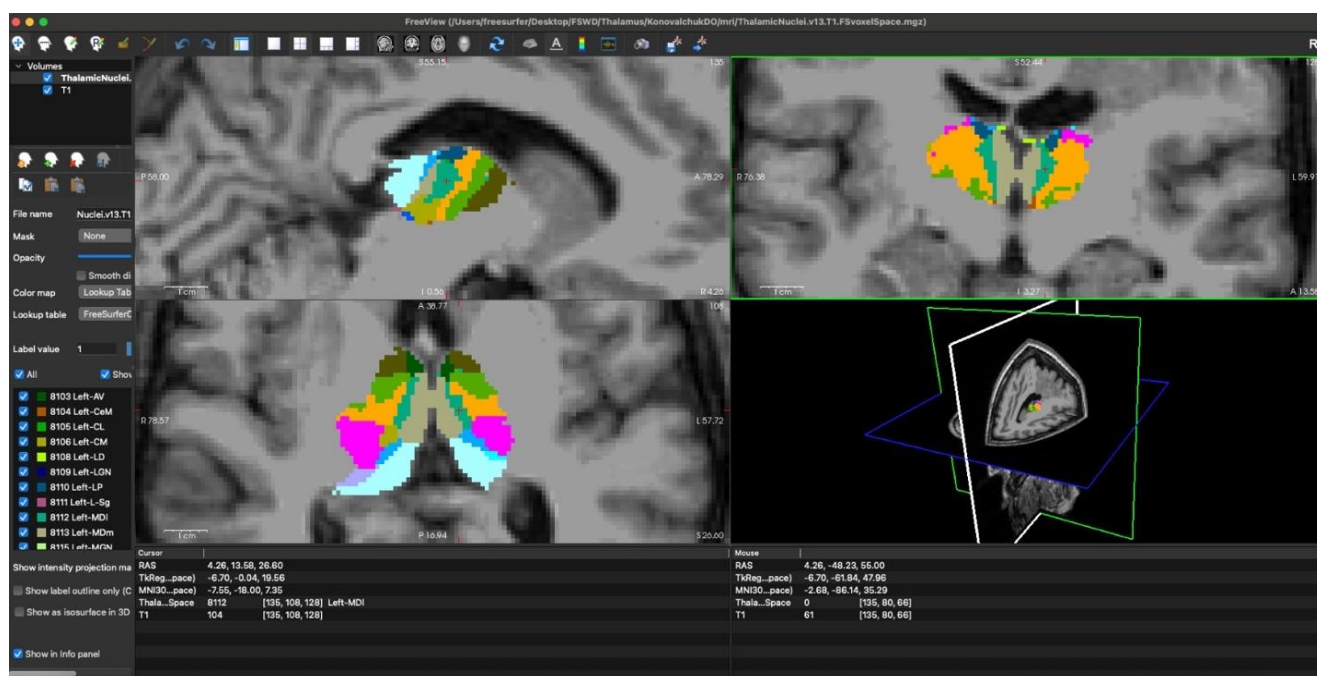


Рисунок 7 – Модель персонализированной анатомии области хирургического интереса с вычислением индивидуального положения передних ядер таламуса

Экспериментальное исследование продемонстрировало четкую стадийность морфологических изменений после лазерной абляции с характерной динамикой развития и организации зоны поражения. Непосредственно после воздействия наблюдались признаки механического повреждения тканей в зоне установки зонда, очаговые кровоизлияния, представленные негемолизированными эритроцитами, перичеллюлярный отек и умеренно выраженные ишемические изменения с формирующимися микронекрозами. На третьи сутки доминировал резко выраженный отек с крупными очагами некроза, ишемическими повреждениями нейронов по темному типу, периваскулярными криблорами и начальными

признаками микрокистозной трансформации стромы. К седьмым суткам в центре постлучевой зоны формировалась кистозная полость с умеренной макрофагальной инфильтрацией и гемосидерофагами при сохранении отека и некротических изменений. На тридцатые сутки определялась организованная неистинная киста с выраженной макрофагальной инфильтрацией и гемосидерофагами, признаками неоангиогенеза, незначительно выраженной грануляционной тканью и реактивным глиозом по периферии, свидетельствующими о начале репаративных процессов и стабилизации зоны поражения.

МРТ-мониторинг выявил характерную динамику изменений интенсивности сигнала и размеров очага поражения, коррелирующую с морфологическими данными. Непосредственно после абляции наблюдалась тенденция к снижению относительной интенсивности сигнала в центральной зоне до  $0,95 \pm 0,07$  и периферической зоне до  $0,82 \pm 0,08$  при площади очага  $2,1 \pm 0,4$  мм<sup>2</sup>. На третьи и седьмые сутки отмечалось статистически значимое увеличение интенсивности сигнала до  $1,82 \pm 0,08$  и  $1,87 \pm 0,07$  единиц соответственно с увеличением площади до  $4,3 \pm 0,6$  мм<sup>2</sup> и  $4,4 \pm 0,3$  мм<sup>2</sup>, что отражает развитие вторичного отсроченного эффекта лазерного воздействия с резко выраженным вазогенным отеком (Рисунок 8, 9).

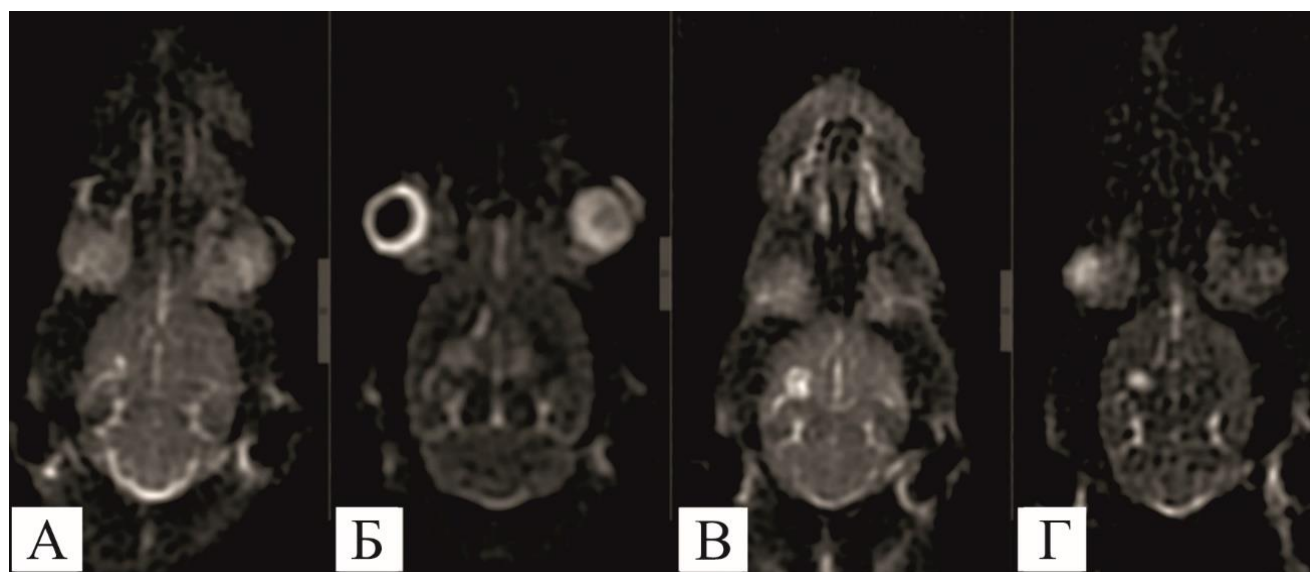


Рисунок 8 – МРТ в T2-PROPELLER-режиме в аксиальной проекции (Discovery MR750w 3,0 Тл): А – МРТ сразу после лазерной абляции, в зоне абляции сутки отмечается изо- и слабогипоинтенсивный МР-сигнал; Б, В – 3, 7 сут. отмечается последовательное повышение интенсивности МР-сигнала в центральной зоне лазерного поражения, на T2-взвешенных изображениях – до выражено гиперинтенсивного в сравнении с контрольным полушарием, а также умеренное увеличение его размеров без видимых изменений МР-сигнала в периферической зоне; Г – 30 сут. после поражения визуализируется формирование кистозной полости с ровными четкими контурами, соответствующей участку кистозной дегенерации в области лазерного поражения

К тридцатым суткам площадь очага статистически значимо уменьшалась до  $3,6 \pm 0,6$  мм<sup>2</sup> при увеличении относительной интенсивности сигнала до  $2,77 \pm 0,06$  единиц, что характеризует организацию процесса с формированием относительно очерченной кисты. Данные изменения демонстрируют безопасность и предсказуемость тулиевого лазерного излучения для применения в нейрохирургической практике.

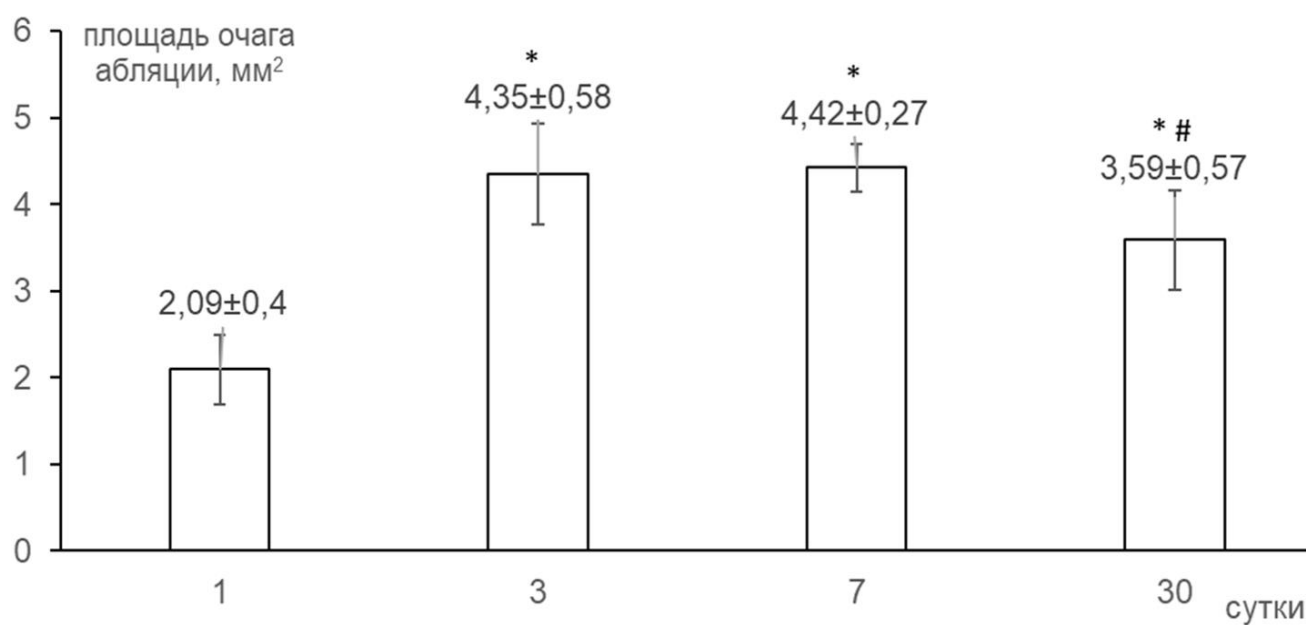


Рисунок 9 – Изменение площади очага абляции, по данным МРТ головного мозга крысы, на 1 (сразу после лазерной абляции), 3, 7 и 30 сутки исследования (4 группа): \*  $p < 0,01$  в сравнении с размером очага в 1 (сразу после абляции) сут.; #  $p < 0,05$  в сравнении с размером очага на 7 сут

В клиническом исследовании медиана длительности активного течения заболевания составила 14 лет с диапазоном от 5 до 20 лет. Среднее количество эпилептических приступов в месяц за 12 месяцев до хирургического лечения достигало 22 с диапазоном от 12 до 44. Заболевание манифестировало у 30% пациентов с фокального эпилептического приступа с последующей генерализацией в тонико-клонический, у 58% с билатерального тонико-клонического приступа с неизвестным дебютом и у 12% с фокального моторного приступа с нарушением осознанности. Согласно типу эпилептических приступов, у 33% пациентов фокальные моторные приступы, у 20% фокальные немоторные приступы и у 47% билатеральные тонико-клонические приступы.

В группу пациентов, которым была проведена стереотаксическая радиочастотная деструкция передних ядер таламуса вошли 29 пациентов (18 мужчин и 11 женщин, средний возраст  $18,2 \pm 8,7$  лет). Медиана длительности активной формы течения дебюта заболевания – 12 (4; 22) лет. За 12 мес., предшествовавших хирургическому лечению, среднее количество

эпилептических приступов достигало 48 (14; 62) в месяц. Средний объем деструкции составил  $312,8 \pm 82,2$  мм<sup>3</sup>. Доля положительных исходов через шесть месяцев составила 62%, включая класс I по Энгелю у 42% и класс II у 20% пациентов, тогда как доля неуспешных исходов составила 38% с классом III у 20% и классом IV у 18% пациентов.

В группу пациентов, которым была проведена стереоэндоскопическая лазерная деструкция передних ядер таламуса вошли 15 пациентов (7 мужчин и 8 женщин, средний возраст  $19,7 \pm 7,2$  лет). Медиана длительности активной формы течения дебюта заболевания – 15 (6; 25) лет. Частота эпилептических приступов за 12 мес., предшествовавших хирургическому вмешательству, составляла в среднем 56 в месяц (26; 77). Данный метод позволил достичь достоверно большего объема деструкции  $1156,1 \pm 236$  мм<sup>3</sup>, что статистически значимо превышает показатели радиочастотного метода. Доля положительных исходов составила 74%, включая класс I по Энгелю у 52% и класс II у 22% пациентов, доля неуспешных исходов составила 26% с классом III у 14% и классом IV у 12% пациентов. Выявлена достоверная корреляционная связь средней силы между большим суммарным объемом деструкции и положительным исходом хирургического лечения.

При деструкции амигдало-гиппокампального комплекса стереотаксическая радиочастотная методика применена у 14 пациентов со средним возрастом  $26,5 \pm 8,2$  лет, медианой длительности заболевания 18 лет и средним количеством приступов 5 в месяц. Средний объем деструкции составил  $2257,4 \pm 726,6$  мм<sup>3</sup>. Доля положительных исходов достигла 70%, включая класс I по Энгелю у 42% и класс II у 28% пациентов.

Стереотаксическая лазерная деструкция выполнена у 9 пациентов со средним возрастом  $28,5 \pm 9,6$  лет, медианой длительности заболевания 19 лет и средним количеством приступов 4 в месяц. Данный метод позволил достичь максимального объема деструкции  $3415,6 \pm 1125$  мм<sup>3</sup> с наилучшим исходом 78% положительных результатов, включая класс I по Энгелю у 56% и класс II у 22% пациентов.

Стереоэндоскопическая лазерная методика (Рисунок 10) применена у 15 пациентов со средним возрастом  $25,9 \pm 9,1$  лет, медианой длительности заболевания 19 лет и средним количеством приступов 5 в месяц. Средний объем деструкции составил  $1322,2 \pm 359,0$  мм. Исходы хирургического лечения оценены через 6 мес. у всех пациентов. Доля положительных исходов составила 58%, включая класс I по Энгелю у 20% и класс II у 38% пациентов. Установлена достоверная корреляционная связь между большим объемом деструкции патологического очага и положительным клиническим исходом.

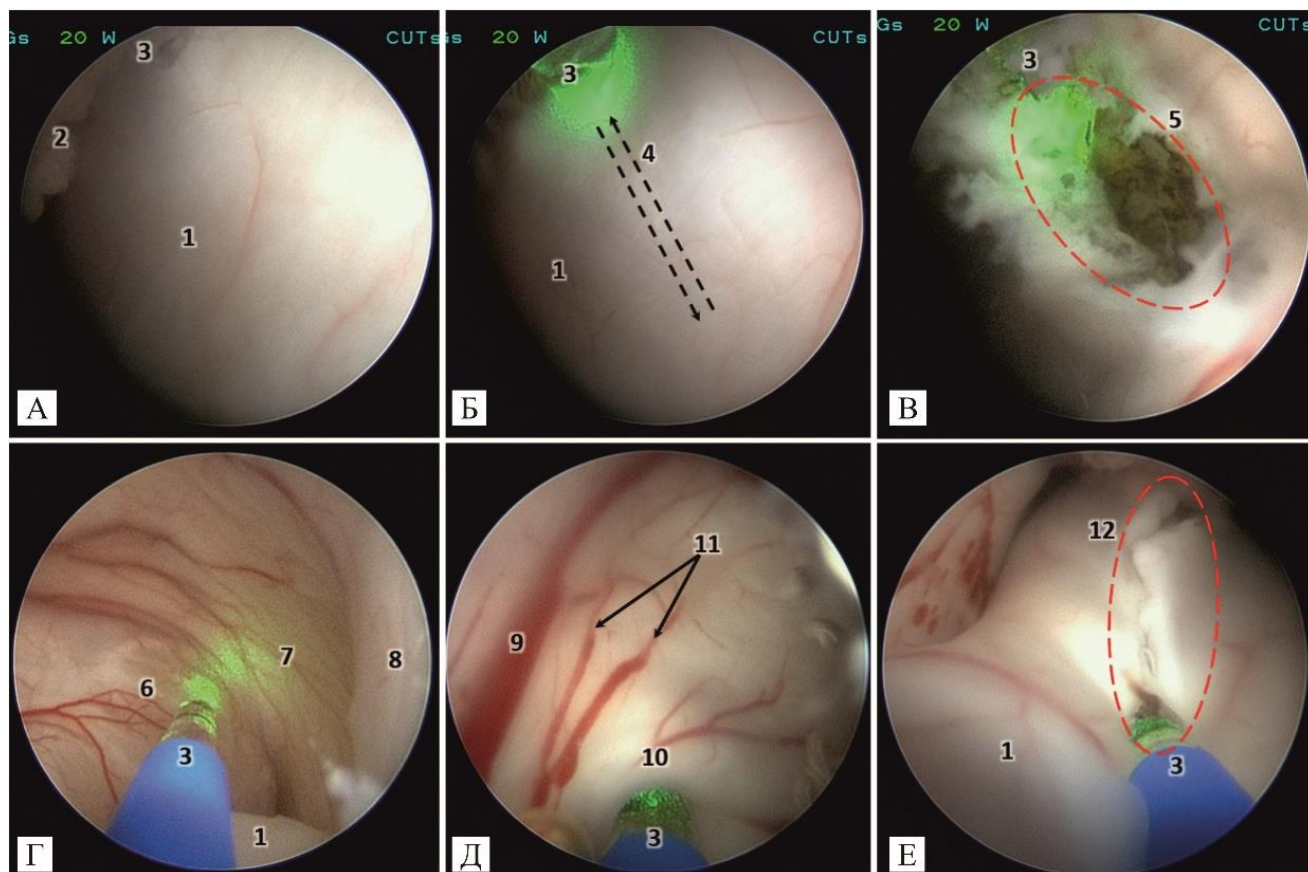


Рисунок 10 – Эндоскопическая визуализация нижнего рога бокового желудочка и гиппокампа при выполнении эндоскопической лазерной абляции и дисконнекции амигдалогиппокампального комплекса. Интраоперационная фотография. Ригидный нейроэндоскоп, 0°. Доступ через задний рог бокового желудочка. 1 – гиппокамп (hippocampus); 2 – клубок сосудистого сплетения (glomus choroideum); 3 – тулиевый лазер системы Cyber TM мощностью 200 Вт (Quanta System, Италия); 4 – траектория лазерной деструкции; 5 – границы лазерной деструкции; 6 – амигдалогиппокампальный комплекс (complexus amygdalohippocampalis); 7 – передняя стенка нижнего рога (cornu inferius ventriculi lateralis); 8 – латеральная стенка нижнего рога; 9 – нижняя желудочковая вена (vena ventricularis inferior); 10 – проекция миндалевидного тела (corpus amygdaloideum); 11 – вены амигдалогиппокампального комплекса; 12 – контуры лазерной деструкции

Общая доля положительных исходов среди всех 82 пациентов составила 72%, при этом распределение по классам Энгеля оставалось стабильным на протяжении всего периода наблюдения до 36 месяцев. Осложнений, связанных с хирургической техникой, включая интраоперационные кровотечения, инфекционные осложнения или стойкий неврологический дефицит, не зарегистрировано ни в одной из исследуемых групп.

В результате полученных анатомических и клинических результатов был разработан «Алгоритм выбора способа диагностики и способа малоинвазивного лечения у пациентов с височной эпилепсией» (Рисунок 11).

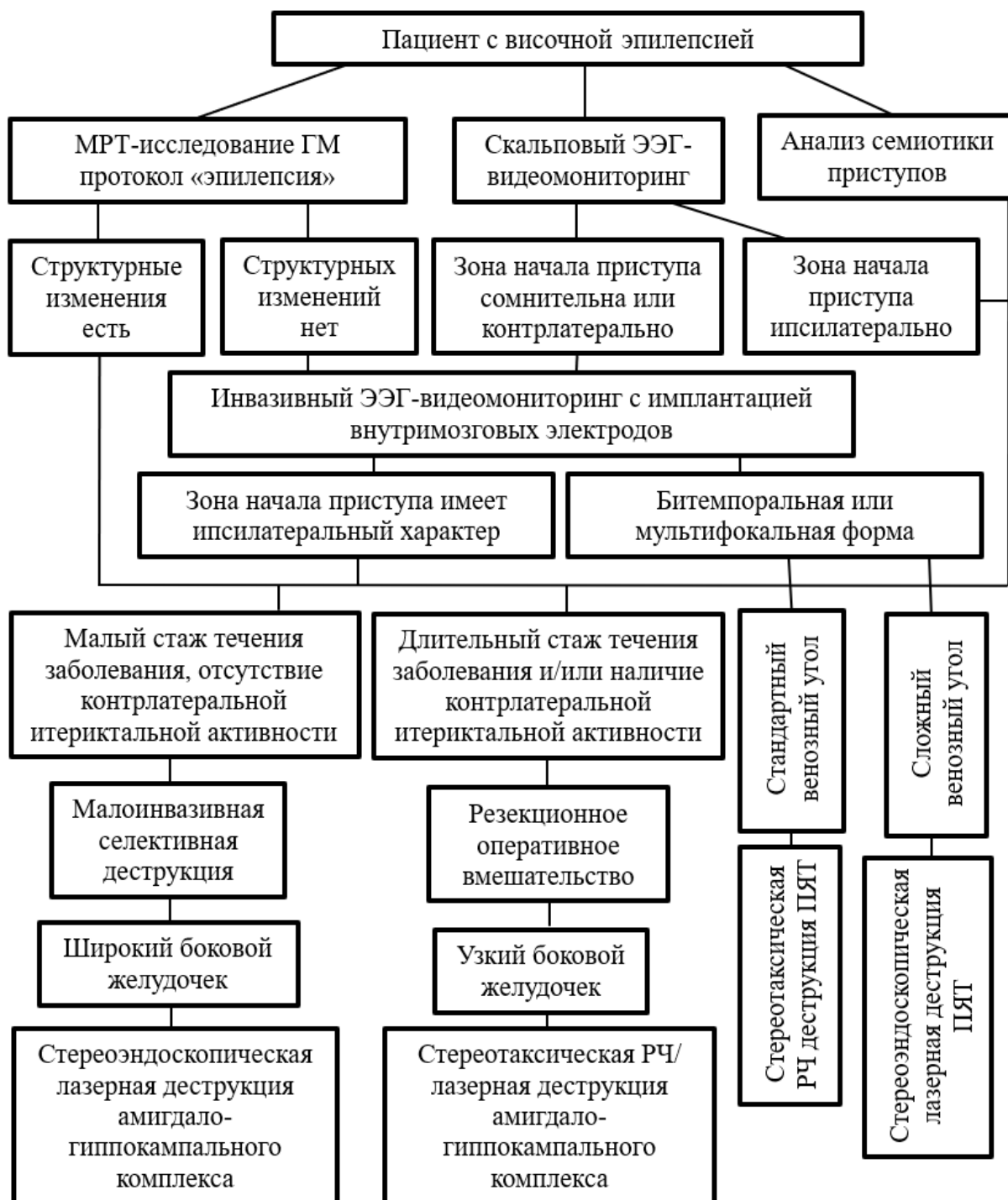


Рисунок 11 - Алгоритм выбора способа диагностики и способа малоинвазивного лечения у пациентов с височной эпилепсией

**Топографо-анатомическое обоснование эндо-экзоскопической малоинвазивной хирургии мостомозжечкового угла на примере хирургического лечения невралгии тройничного нерва**

Мостомозжечковый угол представляет собой анатомически труднодоступную и сложную область задней черепной ямки, ограниченную латерально пирамидой височной кости, медиально

– латеральной поверхностью моста, каудально – полушарием мозжечка, рострально – наметом мозжечка. В пределах мостомозжечковой цистерны располагаются критически важные нейроваскулярные структуры: черепные нервы с IV по XI, верхняя мозжечковая и передняя нижняя мозжечковая артерии, верхняя каменистая вена. Корешок тройничного нерва вступает в ствол головного мозга на середине расстояния между верхней и нижней границами моста, следуя в косом направлении кверху от латерального отдела моста к вершине каменистой части височной кости, где проникает в Меккелеву пещеру через *porus trigeminus* (рисунок 12).

### **Результаты изучения макроскопической анатомии и МР-морфометрия тройничного нерва.**

Для определения зон максимальной компрессии тройничного нерва при невралгии выполнено ретроспективное когортное исследование с формированием проспективной группы сравнения. В основную группу включены 46 пациентов с классической невралгией тройничного нерва (средний возраст  $57,0 \pm 1,6$  лет, женщин 84,8%), которым выполнена стандартная микроваскулярная декомпрессия по Джанетте; контрольную группу составили 23 пациента с гемифасциальным спазмом без клинических проявлений невралгии тройничного нерва. Основная группа и контрольная группа были сопоставимы по возрасту, половому и расовому составу. Сравнительный анализ выявил статистически значимые различия между стороной боли и контралатеральной здоровой стороной. Сагиттальный угол тройничного нерва на уровне *porus trigeminus* на стороне боли составил  $136,7 \pm 1,7^\circ$  против  $145,3 \pm 1,8^\circ$  на здоровой стороне, средняя разница –  $8,6 \pm 1,7^\circ$  ( $p < 0,001$ , Cohen's  $d = 0,73$ ). Площадь поперечного сечения нерва в цистернальном сегменте на стороне боли составила  $5,47 \pm 0,33$  мм<sup>2</sup> против  $6,60 \pm 0,39$  мм<sup>2</sup> на здоровой стороне, что соответствует уменьшению на 17,1% ( $p < 0,001$ ); площадь сечения нерва на уровне *porus trigeminus* составила  $8,24 \pm 0,56$  мм<sup>2</sup> против  $9,51 \pm 0,53$  мм<sup>2</sup>, уменьшение на 13,4% ( $p = 0,009$ ). Размеры костного отверстия *porus trigeminus* не различались между сторонами.

Сравнение с контрольной группой подтвердило, что здоровая сторона у пациентов с невралгией не отличалась от контроля, тогда как сторона боли демонстрировала значимо меньшие значения SATNaPT ( $p = 0,004$ ) и S TP ( $p = 0,009$ ). ROC-анализ определил оптимальные пороговые значения: SATNaPT  $< 130^\circ$  (чувствительность 67%, специфичность 82%, AUC = 0,72) и S TP  $< 8,5$  мм<sup>2</sup> (AUC = 0,70); комбинация критериев повышала AUC до 0,81.

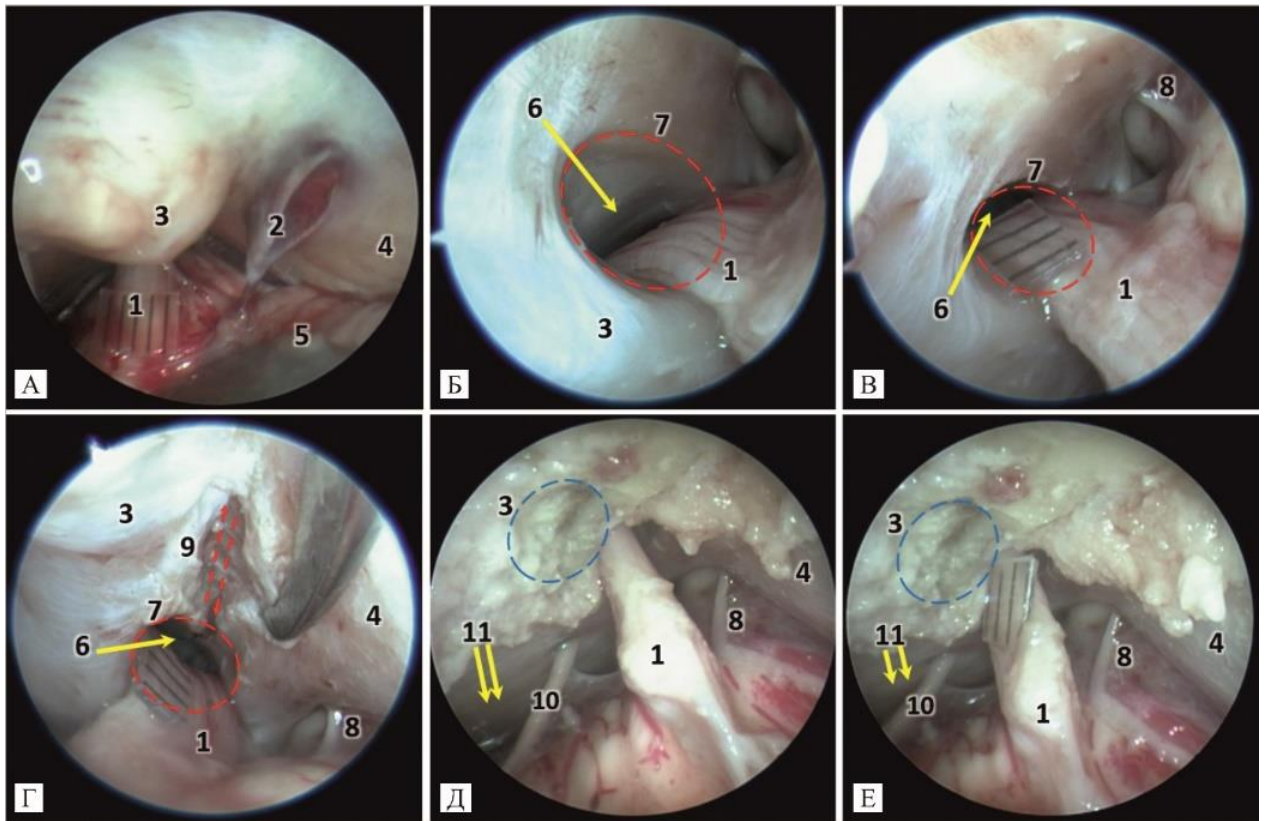


Рисунок 12 – Левый ММУ; эндоскопическая анатомия; препарат головного мозга (кадаверный материал) с контрастированием артериального и венозного русла цветным силиконом; область визуализирована через левый ретросигмовидный доступ: 1 – корешок тройничного нерва (*radix n. trigemini*); 2 – верхняя каменистая вена (*v. petrosa superior*); 3А – супрамеатальный бугорок (*tuberculum suprameatale*); 3Г, Д – супрамеатальный бугорок после резекции; 4 – намет мозжечка (*tentorium cerebelli*); 5 – клочок мозжечка (*flocculus*); 6 – вход в меккелеву полость (*cavum trigeminale*); 7 – расщелина тройничного нерва (*porus trigeminus*), границы обозначены красной штриховой линией; 8 – блоковый нерв, IV черепной нерв (*n. trochlearis*); 9 – рассечение твёрдой мозговой оболочки над расщелиной для расширения операционного пространства, протяжённость разреза обозначена красной штриховой линией; 10 – отводящий нерв, VI черепной нерв (*n. abducens*); 11 – скат (*clivus*)

### Модифицированная техника микроваскулярной декомпрессии

На основании данных МР-морфометрии разработана модифицированная техника микроваскулярной декомпрессии. Для её реализации применена концепция непрерывного видеопотока: цифровой экзоскоп обеспечивает стереоскопическую 3D визуализацию (разрешение 4К, увеличение 2–40×), ригидный нейроэндоскоп (0°, 30°, 45°, 70°) – осмотр зон, недоступных микроскопу, включая область *porus trigeminus*. После сосудистой декомпрессии под эндоскопическим контролем дополнительно устанавливается тефлоновая прокладка (0,5–1,0 мм, 3×5 мм) между цистернальным сегментом нерва и верхним краем пирамиды височной кости в зоне максимального перегиба при входе в *porus trigeminus* (Рисунок 13).

Методика применена у 15 пациентов, сопоставимых с основной группой по морфометрическим параметрам (SATNaPT  $136,1 \pm 3,2^\circ$  против  $136,7 \pm 1,7^\circ$ ,  $p=0,87$ ).

Благоприятный исход (BNI I–IIIa) достигнут у 93,5% пациентов основной группы и 100% – модифицированной; полное купирование боли (BNI I) – у 58,7% против 80,0%. В основной группе рецидив развился у 23,9% при медиане наблюдения 42,1 месяца (безрецидивная выживаемость: 1 год – 95,7%, 3 года – 82,4%, 5 лет – 76,1%). В группе, модифицированной микроваскулярной декомпрессии за 18 месяцев рецидивов не зарегистрировано.

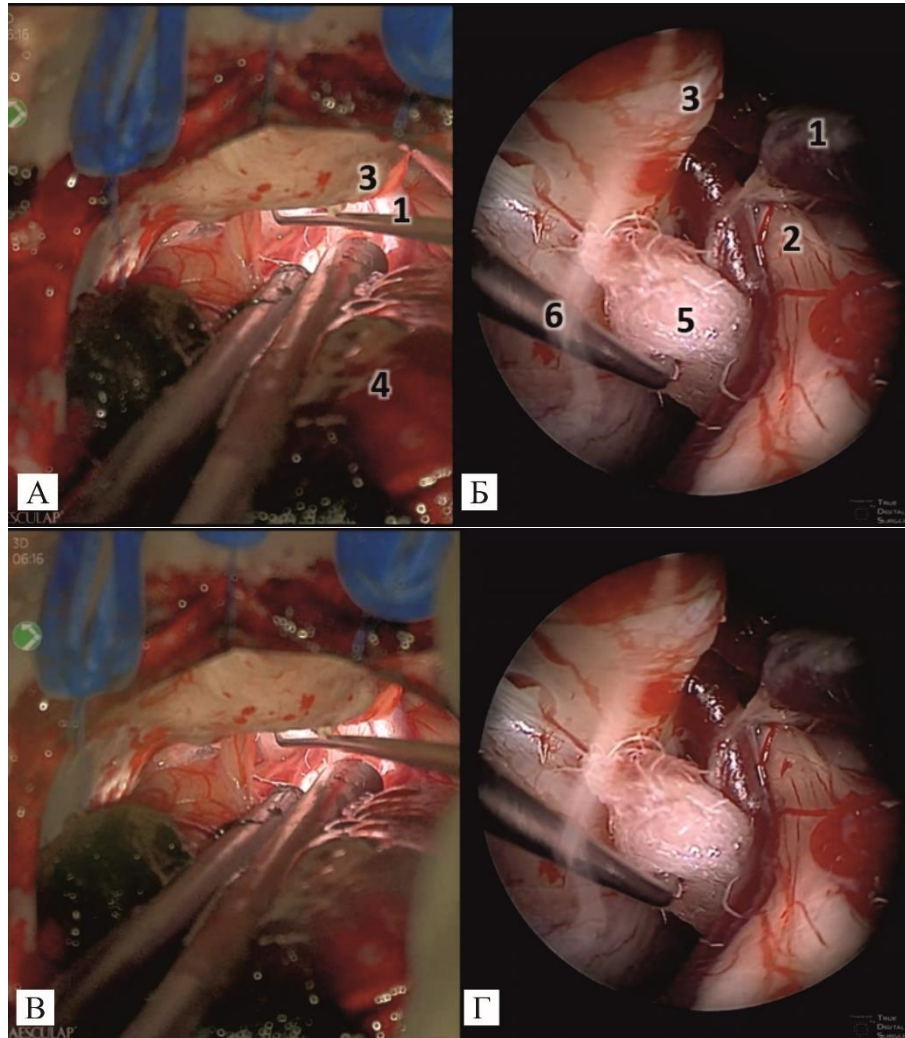


Рисунок 13 – Этап укладки протектора, интраоперационное изображение в формате 3D Full HD: А, В – цифровой хирургический экзоскоп AEOS, Aescular (Tuttlingen, Germany); Б, Г – ригидный нейроэндоскоп, 0°; 1 – верхняя каменистая вена (*v. petrosa superior*); 2 – корешок тройничного нерва (*radix n. trigemini*); 3 – супрамеатальный бугорок (*tuberculum suprameatale*); 4 – полушарие мозжечка (*hemisphaerium cerebelli*); 5 – тefлоновая прокладка (протектор); 6 – диссектор: выполняется позиционирование протектора между корешком тройничного нерва и верхним краем пирамиды височной кости (*margo superior partis petrosae*)

Таким образом, МР-морфометрический анализ убедительно продемонстрировал, что зоной максимальной деформации тройничного нерва при невралгии является область *rogo trigeminus* с уменьшением сагиттального угла в среднем на 8,6° и площади поперечного сечения на 13,4–22,1%. Модифицированная техника микроваскулярной декомпрессии с установкой протектора между нервом и костным краем пирамиды височной кости обеспечивает устранение

не только сосудистой, но и потенциальной костной компрессии, что характеризуется более высокой частотой полного купирования боли (80% против 58,7%) и отсутствием рецидивов в ближайшем послеоперационном периоде.

С учетом полученных данных нами был разработан «Алгоритм анатомической диагностики и выбора технологии операции при невралгии тройничного нерва» (Рисунок 14).



Рисунок 14 - Алгоритм цифровой анатомической диагностики и выбора технологии хирургического лечения при невралгии тройничного нерва

### Фетальная хирургия при окклюзионной гидроцефалии плода

Анатомический раздел работы позволил установить ключевые топографические особенности структур желудочковой системы головного мозга в пренатальном периоде, имеющие фундаментальное значение для планирования фетальных нейрохирургических вмешательств. Нами были определены безопасные зоны для выполнения манипуляций в области дна третьего желудочка и прозрачной перегородки, что позволяет минимизировать риски

ятрогенных повреждений критических структур (рисунок 15), и проведена сравнительная оценка с постнатальной анатомией (6 месяцев).

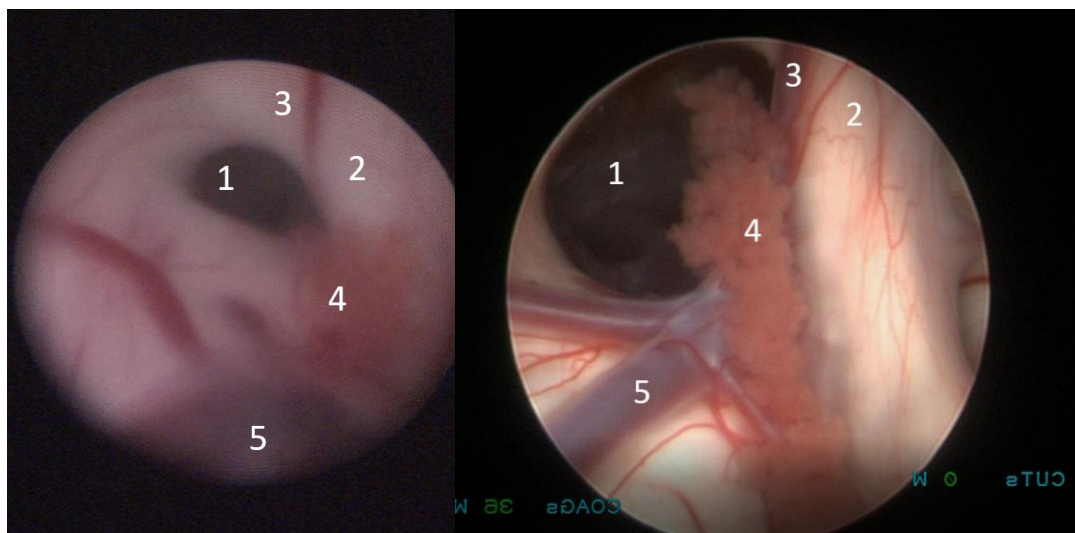


Рисунок 15 – Межжелудочковое отверстие: сравнительная анатомия во внутриутробном периоде (25–26 нед. гестации) и после рождения (возраст 6 мес.). Слева – внутриутробная эндоскопия; справа – эндоскопическая картина у ребёнка постнатального периода. Границы межжелудочкового отверстия определяются следующими структурами: спереди и сверху – столб свода (*columna fornicis*); сзади – передний бугорок таламуса (*tuberculum anterius thalami*); снизу – сосудистое сплетение, огибающее край отверстия. 1 – межжелудочковое отверстие (*foramen interventriculare*); 2 – столбы свода (*columnae fornicis*) и остатки прозрачной перегородки (*septum pellucidum*); 3 – передняя септальная вена (*v. septi pellucidi anterior*); 4 – сосудистое сплетение бокового желудочка (*plexus choroideus ventriculi lateralis*); 5 – таламостриарная вена (*v. thalamostriata superior*)

Полученные анатомические данные легли в основу разработки искусственной модели головы плода, матки и передней брюшной стенки. После валидации данная модель продемонстрировала эффективность в качестве инструмента для отработки мануальных навыков и хирургических приёмов, оптимизируя тем самым этап освоения фетальной эндоскопической техники. Переход от симуляционного обучения к экспериментальной работе подтвердил целесообразность и достаточную эффективность монопортального доступа с использованием полуригидного эндоскопа малого диаметра для выполнения основных этапов внутрижелудочковых операций. Наряду с этим установлена необходимость применения гибкой управляемой эндоскопии в случаях, когда положение головы плода не соответствует прямой траектории доступа.

В период с 2018 по 2025 годы в условиях специализированного перинатального центра III уровня проведено 4 случая успешных фетальных нейрохирургических вмешательств по поводу прогрессирующей окклюзионной гидроцефалии. Анализ представленных клинических наблюдений демонстрирует общую эффективность фетальных вмешательств в 100% случаев, при этом частота последующего шунтирования составила 25%. Все дети, включая пациента с

установленным вентрикулоперитонеальным шунтом, развиваются в соответствии с возрастными нормами.

Совокупность результатов анатомического, экспериментального и симуляционного этапов позволила разработать и внедрить в клиническую практику алгоритм дифференцированного хирургического лечения окклюзионной гидроцефалии у плода (Рисунок 16).



Рисунок 16 - Алгоритм дифференцированного хирургического лечения окклюзионной гидроцефалии у плода

Согласно данному алгоритму, тривентрикулярная гидроцефалия, обусловленная стенозом водопровода мозга, является показанием к фетальной эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка, тогда как при моновентрикулярной гидроцефалии, вызванной стенозом межжелудочкового отверстия, методом выбора служит фетальная эндоскопическая септостомия.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, настоящее исследование решает критическую проблему современной нейрохирургии: создание специализированного анатомического обеспечения для малоинвазивных технологий хирургии глубинных структур головного мозга. Проведенное комплексное анатомо-клиническое исследование интегрировало кадаверную анатомию с данными прижизненной визуализации и интраоперационными находками, восполнив фундаментальный разрыв между технологическим прогрессом малоинвазивных методов и доступностью адекватного анатомического обеспечения.

Систематизация прижизненной эндоскопической анатомии желудочков головного мозга, разработка классификации венозного угла с учетом задач стереотаксической хирургии, внедрение технологии персонифицированной цифровой анатомии, экспериментальное обоснование безопасности высокоэнергетической лазерной деструкции и детальное изучение анатомии зон компрессии тройничного нерва создали необходимую основу для безопасного применения разработанных малоинвазивных методик.

Клиническое внедрение этих методик при хирургическом лечении внутрижелудочковых опухолей, фармакорезистентной эпилепсии, невралгии тройничного нерва и фетальной окклюзионной гидроцефалии продемонстрировало их эффективность, и подтвердило обоснованность избранного подхода, основанного на интеграции фундаментальных анатомических исследований с современными технологиями визуализации, навигации и персонифицированного планирования.

Полученные результаты открывают перспективы дальнейшего развития малоинвазивной нейрохирургии глубинных, труднодоступных образований на основе продолжения систематизации прижизненной анатомии и совершенствования методов персонифицированного планирования вмешательств.

## **ВЫВОДЫ**

1. Эффективность и безопасность нейрохирургических вмешательств при патологии труднодоступных локализаций обеспечивается интеграцией классических топографо-

анатомических данных с методами прижизненной клинической анатомии. Последние включают персонифицированную МР-морфометрию критических зон, FreeSurfer -сегментацию глубинных структур, недоступных прямой визуализации, а также предоперационное 3D-моделирование на основе DICOM-файлов высокого разрешения с созданием цифрового двойника пациента. Интраоперационный этап требует применения стереотаксического планирования, экзо-эндоскопической визуализации в формате 3D/4K с непрерывным видеостримингом, высокоэнергетического лазерного гемостаза и прецизионного сосудистого контроля. Реализация данного комплексного подхода обеспечивает персонализированный выбор оптимальной хирургической технологии с учётом индивидуальных анатомических особенностей пациента, и минимизацию интраоперационных рисков.

2. При хирургическом лечении объемных образований внутрижелудочковых локализаций установлена прямая зависимость между размерами доступа и травматичностью вмешательства. Эндоскопический доступ обеспечивает минимальную травматичность (средняя длина разреза 1 см, кровопотеря 35 мл, пребывание в ОРИТ 1 сутки, послеоперационный койко-день 7) при сопоставимой радикальности удаления небольших медианных образований, особенно у детей. Микрохирургический доступ характеризуется максимальной травматичностью (средняя длина разреза 14 см, кровопотеря 250 мл, пребывание в ОРИТ 4 суток, послеоперационный койко-день 15) и достоверно более высокой частотой послеоперационных неврологических осложнений, оставаясь методом выбора для крупных и латеральных опухолей. Применение тубулярного ретрактора обеспечивает промежуточные показатели (средняя длина разреза 4,8 см, кровопотеря 80 мл, пребывание в ОРИТ 2 суток, послеоперационный койко-день 8) и оптимально при образованиях малого и среднего размера с приоритетом тканесбережения.

3. Анатомия венозного угла (зона слияния передней септальной и таламостриарной вен) - критического ориентира безопасности при стереотаксических вмешательствах на передних ядрах таламуса - характеризуется выраженной индивидуальной вариабельностью. По данным кадаверной диссекции, МР-венографии и интраоперационной эндоскопии *in vivo* выделены типы строения: магистральный (64%, наиболее часто билатеральный - 44%), рассыпной (9%) и смешанный (27%); варианты расположения относительно отверстия Монро: передний (60%), промежуточный (18%) и задний (22%). Промежуточный вариант создает максимальный риск венозного повреждения при стереотаксическом доступе. Выявлены существенные различия визуализации венозных структур между кадаверной анатомией и прижизненной картиной *in vivo*, что обосновывает необходимость обязательной предоперационной МР-венографии и интраоперационного эндоскопического контроля венозного угла при стереотаксических вмешательствах на таламусе.

4. При морфологическом исследовании у крыс на 30-е сутки после абляции формируется неистинная киста, отмечаются ишемические изменения нейронов по светлomu и темному типу, выраженная макрофагальная инфильтрация с гемосидерофагами, признаки неоангиогенеза и незначительно выраженная грануляционная ткань, реактивный глиоз, что свидетельствует о начале репаративных процессов ткани головного мозга.

5. Устье полости Меккеля (porus trigeminus) является критической анатомической зоной максимальной деформации тройничного нерва при невралгии, обусловленной контактом с верхним краем пирамиды височной кости. На стороне болевого синдрома выявлено уменьшение сагиттального угла нерва на уровне porus trigeminus на  $8,6 \pm 1,7^\circ$  и редукция площади поперечного сечения на 17,1% в цистернальном сегменте и на 13,4% в зоне porus trigeminus относительно контралатеральной стороны. Асимметрия угловых параметров с формированием острого угла на стороне конфликта в сочетании с атрофией нерва подтверждают патогенетическую роль перегиба и компрессии нерва на костном крае при входе в полость Меккеля, что обосновывает необходимость дополнительной декомпрессии костно-дурального конфликта для улучшения результатов хирургического лечения.

6. Применение высокоэнергетического лазера в сочетании с эндоскопическим интраоперационным контролем обеспечивает достижение необходимого объема деструкции эпилептогенной зоны при повышении точности и безопасности вмешательства. При хирургическом лечении фармакорезистентной эпилепсии установлено преимущество стереоэндоскопической лазерной термодеструкции с видеоконтролем перед радиочастотной абляцией. При воздействии на передние ядра таламуса (верификация мишени методом FreeSurfer-сегментации) достигнут достоверно больший объем деструкции ( $1156,1 \pm 236$  мм<sup>3</sup> против  $312,8 \pm 82,2$  мм<sup>3</sup>,  $p=0,029$ ) и более высокая доля положительных исходов (74% против 62%,  $p=0,042$ ) с корреляционной связью средней силы между объемом деструкции и клиническим результатом ( $R=0,522$ ,  $p=0,012$ ). При деструкции амигдало-гиппокампального комплекса стереотаксическая лазерная термодеструкция обеспечила максимальный объем воздействия ( $3415,6 \pm 1125$  мм<sup>3</sup>) и наилучшие клинические результаты (78% положительных исходов,  $p=0,029$ ).

7. Модифицированная техника микроваскулярной декомпрессии с установкой дополнительного тефлонового протектора в области porus trigeminus устраняет сосудистую и костно-дуральную компрессию тройничного нерва, обеспечивая благоприятный исход у 100% пациентов против 93,5% при стандартной методике, полное купирование болевого синдрома у 80,0% против 58,7%, отсутствие рецидивов при медиане наблюдения 18 месяцев против 23,9% рецидивов при стандартной микроваскулярной декомпрессии при медиане наблюдения 42 месяца.

8. Идентифицирован безопасный треугольник для эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна III желудочка у плода, ограниченный спереди зрительным углублением, сзади сосцевидными телами, латерально внутренними сонными артериями и зрительными трактами, при этом расстояния между анатомическими структурами в пренатальном периоде значительно меньше по сравнению с постнатальным, что ограничивает максимально допустимый диаметр эндоскопического инструментария до 1,2-2,0 мм и размер баллона дилатации до 3 мм. Экспериментальная отработка на беременных овцах (12-15 недель гестации) в безгазовой среде с ультразвуковой навигацией подтвердила эффективность гемостатических материалов (Тахокомб, Ивисел, Дураформ) и техники баллонной дилатации катетером Фогарти ( $d=0,7$  мм) для безопасного проведения внутриутробных эндоскопических вмешательств.

9. Фетальная эндоскопическая вентрикулоцистерностомия дна III желудочка при тривентрикулярной гидроцефалии и фетальная эндоскопическая септостомия при моноventрикулярной гидроцефалии, выполненные на сроке гестации 24-28 недель, обеспечили декомпрессию желудочковой системы в 100% случаев во внутриутробном периоде. Постнатальное вентрикулоперитонеальное шунтирование потребовалось в 25% случаев. Катамнестическое наблюдение до 6 лет продемонстрировало отсутствие неврологических нарушений и нормальное психомоторное развитие во всех случаях, включая пациента с установленным шунтом.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Хирургические вмешательства на глубинных структурах головного мозга рекомендуется начинать с предоперационного создания цифрового анатомического двойника пациента на основе DICOM-файлов высокого разрешения. Автоматизированную сегментацию рекомендуется выполнять в специализированных программных средах: Brainlab Elements, FreeSurfer, Slicer3D. Полученные трёхмерные реконструкции анатомических структур следует использовать для планирования траекторий доступа и расчёта границ безопасных зон.

2. Интраоперационно рекомендуется прием интеграции цифрового хирургического экзоскопа и ригидной нейроэндоскопии в единый 3D Full HD видеопоток с бесшовным переключением для непрерывного визуального контроля на всех этапах вмешательства. При операциях с риском сосудистых осложнений обязательно применение высокоэнергетического лазерного гемостаза и интраоперационного КТ-контроля с шагом среза 0,5 мм для верификации положения инструментов и отсутствия интракраниальных кровоизлияний.

3. Для количественной оценки риска планируемой нейрохирургической операции рекомендуется использование цифровой шкалы прогнозирования риска (Приложение 1),

включающей пять категорий факторов риска с максимальным суммарным значением 100 баллов: глубина доступа (удельный вес 20), сосудистые структуры в зоне операции (удельный вес 25), черепные нервы, размер образования и техника операции. Для каждого фактора риска определены технологические и методологические способы его снижения с количественной оценкой эффективности в процентах. При суммарном риске более 60 баллов показано применение всего комплекса снижающих риск технологий, включая предоперационное цифровое моделирование (снижение риска на 5%), стереотаксическую навигацию (снижение на 20%), 3D/4К-эндоскопию (снижение на 15%).

4. При расчетном риске операции более 60 баллов по предложенной шкале и отсутствии в лечебном учреждении технологических возможностей для снижения риска (цифровое моделирование, стереотаксическая навигация, экзо-эндоскопическая визуализация, интраоперационный КТ-контроль, высокоэнергетический лазер) рекомендуется перевод пациента в нейрохирургический центр более высокого уровня. Дополнительным критерием для перевода следует считать недостаточный опыт нейрохирурга: при операциях высокого риска желательно выполнение оперирующим хирургом не менее 50 аналогичных вмешательств для снижения индивидуального коэффициента риска.

5. При объемных образованиях внутрижелудочковых локализаций для выбора хирургической методики следует руководствоваться размерами образования, локализацией и возрастом пациента. Эндоскопическое удаление показано при медианных образованиях III желудочка и сосудистых сплетений боковых желудочков диаметром до 30 мм, преимущественно у детей и молодых пациентов. Микрохирургическое удаление показано при латеральных опухолях боковых желудочков и образованиях диаметром более 30 мм независимо от локализации. Доступ с применением тубулярного ретрактора показан при образованиях диаметром 20-30 мм латеральной и медианной локализации с выраженными ликвородинамическими нарушениями.

6. При невралгии тройничного нерва показана предоперационная МР-морфометрия с обязательным измерением сагиттального угла (SATNaPT) и площади поперечного сечения (STP) тройничного нерва на уровне устья полости Меккеля (porus trigeminus) билатерально. Диагностически значимыми критериями костно-дуральной компрессии в области porus trigeminus являются выраженная асимметрия сагиттального угла, SATNaPT  $<130^\circ$  и STP  $<8,5 \text{ мм}^2$  (комбинация критериев обладает AUC 0,81, чувствительностью 78% и специфичностью 89%).

7. При хирургическом лечении невралгии тройничного нерва с морфометрическими признаками костно-дуральной компрессии показана модифицированная техника микроваскулярной декомпрессии с применением экзо-эндоскопической визуализации (интеграция цифрового хирургического экзоскопа и ригидной нейроэндоскопии  $30^\circ$  и  $70^\circ$  в

единый 3D Full HD видеопоток) для прецизионной ревизии области устья полости Меккеля (porus trigeminus) и установки дополнительного протектора между цистернальным сегментом V нерва и верхним краем пирамиды височной кости после стандартной микроваскулярной декомпрессии.

8. При планировании стереотаксических вмешательств на передних ядрах таламуса при фармакорезистентной эпилепсии с генерализованными и мультифокальными формами, а также при мезиальной темпоральной эпилепсии с верифицированным склерозом гиппокампа для стереоэндоскопической лазерной деструкции амигдало-гиппокампального комплекса, предоперационно рекомендуется выполнение персонифицированной автоматизированной сегментации целевых структур в программе FreeSurfer для определения индивидуальной анатомии передних ядер таламуса и амигдало-гиппокампального комплекса, которые требуют точного таргетирования при невозможности прямой визуализации на стандартной МРТ, а также обязательное определение типа строения и варианта расположения венозного угла по данным МР-венографии в режиме TOF. С учетом высокого риска фатального венозного кровотечения при промежуточном варианте расположения венозного угла (14% случаев), когда венозное слияние находится на уровне передних ядер таламуса, рекомендуется обязательная модификация траектории доступа; при переднем варианте (59% случаев) вмешательство может выполняться стандартным доступом, при заднем варианте (27%) рекомендуется планирование траектории с учетом умеренного риска венозного повреждения. Интраоперационно показан непрерывный видеоэндоскопический контроль через ригидный нейрозэндоскоп 0° для верификации венозных структур, коррекции траектории в режиме реального времени и визуального мониторинга процесса высокоэнергетической лазерной деструкции целевых структур.

9. При выявлении окклюзионной гидроцефалии плода с прогрессирующей вентрикуломегалией и признаками внутричерепной гипертензии показана госпитализация в перинатальный центр III уровня для проведения определения показаний к фетальному эндоскопическому вмешательству на сроке 22-32 недели беременности. При тривентрикулярной гидроцефалии вследствие стеноза водопровода показана фетоскопическая вентрикулоцистерностомия дна III желудочка, при моновентрикулярной гидроцефалии вследствие стеноза межжелудочкового отверстия–фетоскопическая септостомия.

10. Рекомендуются к использованию разработанные практические алгоритмы: алгоритм выбора операционного метода при внутрижелудочковых опухолях третьего и боковых желудочков; алгоритм выбора способа диагностики и способа малоинвазивного лечения у пациентов с височной эпилепсией; алгоритм дифференцированного хирургического лечения окклюзионной гидроцефалии у плода.

**СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Малоинвазивная техника эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна III желудочка у детей с окклюзионной гидроцефалией / А. А. Суфианов, Г. З. Суфианова, Ю. А. Якимов, Р. Р. Рустамов, **Р. А. Суфианов** // **Вестник Авиценны**. - 2019. - Т. 21. - № 3. - С. 400-407.
2. Эндоскопия для достижения шунтнезависимого состояния при лечении синдрома щелевидных желудочков / А. А. Суфианов, Р. Р. Рустамов, Ю. А. Якимов, **Р. А. Суфианов**, А. А. Альзахрани, Л. А. Борба, Л. Мастронарди, И. А. Балёл // **Вестник Авиценны**. - 2020. - Т. 22. - № 1. - С. 45-55.
3. Анатомические особенности передней комиссуры головного мозга применительно к хирургии фармакорезистентных форм эпилепсии / А. А. Суфианов, Е. С. Маркин, И. С. Шелягин, С. Ж. Стефанов, **Р. А. Суфианов** // **Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)**. - 2022. - Т. 6. - № 4. - С. 44-51. [Scopus]
4. Анатомия межжочковой цистерны головного мозга / А. А. Суфианов, Ю. А. Якимов, И. С. Шелягин, **Р. А. Суфианов**, Д. А. Мурзаева, Р. Р. Рустамов // **Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)**. - 2021. - Т. 5. - № 3. - С. 46-54. [Scopus]
5. Анатомия экстратемпоральной части лицевого нерва / А. А. Суфианов, М. М. Ячкуринских, Ш. Маханбетхан, М. Р. Гизатуллин, Р. Т. Дениэл, Л. Мастронарди, М. Мессэрэр, П. Гонзалез-Лопез, **Р. А. Суфианов**, И. С. Шелягин, С. С. Дыдыкин // **Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)**. - 2021. - Т. 5. - № 4. - С. 32-41. [Scopus]
6. Линия ската как важный анатомический ориентир при выполнении эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна III желудочка / А. А. Альзахрани, С. С. Дыдыкин, А. А. Суфианов, Ю. А. Якимов, Р. Р. Рустамов, **Р. А. Суфианов** // **Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)**. - 2023. - Т. 7. - № 4. - С. 5-14. [Scopus]
7. Морфометрический анализ топографо-анатомических взаимоотношений между овальным отверстием и другими структурами основания черепа в аспекте экзоэндоскопической анатомии гассерова узла / **Р. А. Суфианов**, С. С. Дыдыкин, М. Р. Маматханов, Н. А. Гарифуллина // **Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)**. - 2025. - Т. 9. - № 3. - С. 12-22. [Scopus]
8. Эндоскопическая анатомия желудочков головного мозга применительно к эндоскопической хирургии области дна III желудочка / Р. А. Суфианов, Р. Р. Рустамов, А. А. Альзахрани, О. В. Кытько // **Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)**. - 2022. - Т. 6. - № 3. - С. 24-34. [Scopus]

9. Clinical and anatomical analysis of the epileptogenic spread patterns in focal cortical dysplasia patients / A. A. Sufianov, P. Gonzalez-Lopez, K. Simfukwe, C. Martorell-Llobregat, Iu. A. Iakimov, **R. A. Sufianov**, L. Mastronardi, L. A. B. Borba, C.C. Rangel, V. Forlizzi, A. Campero, M. Baldoncini // **Surgical Neurology International**. - 2023. - Vol. 14. – P. 291. [**Scopus, Web of Science, PubMed**]

10. Designing and clinical application of a 3d-printed personalized model of a radiofrequency needle guide with a maxillary fixator for puncture of the gasserian ganglion for trigeminal neuralgia treatment / A. A. Sufianov, N.A. Garifullina, A. N. Zyryanov, A. G. Shapkin, L. A. B. Borba, M. Baldoncini, **R. A. Sufianov** // **Journal of Neurosurgery**. - 2025. - Vol. 142. - № 5. - P. 1256-1262. [**Scopus, PubMed**]

11. Endoscopic interhemispheric disconnection for intractable multifocal epilepsy: surgical technique and functional neuroanatomy / A. A. Sufianov, I. A. Iakimov, E. S. Markin, S. Z. Stefanov, **R. A. Sufianov**, G. Cossu, M. Messerer, R. T. Daniel, I. Zemmoura // **Operative Neurosurgery**. - 2020. - Vol. 18. - № 2. - P. 145-157. [**Scopus, PubMed**]

12. Endoscopic treatment of middle cranial fossa arachnoid cysts in children: surgical results of 65 cases / **R. A. Sufianov**, M. M. Abdumazhitova, R. R. Rustamov, R. T. Daniel, L. Mastronardi, L. A. B. Borba, A. A. Sufianov, G.E. Chmutin, M. S. Rassi // **World Neurosurgery**. – 2021. – Vol. 158. – P. 681-688. [**Scopus, PubMed**]

13. Purely neuroendoscopic management of choroid plexus tumors in children / **R. A. Sufianov**, A. A. Sufianov, P. Spennato, M. Porzio, I. A. Gaysin, M. A. Cinalli, Iu. A. Iakimov, G. Cinalli // **Journal of Neurosurgery: Pediatrics**. – 2025. - Vol. 35. - № 5. – P. 467-479. [**Scopus, PubMed**]

14. Validation of specially designed and artificial intelligence-based 3d head model for training of gasserian ganglion puncture / **R. A. Sufianov**, N. A. Garifullina, A. N. Zyryanov, A. D. Zakshauskas, M. F. Chakhmakhcheva, A. A. Sufianov // **Sechenov Medical Journal**. - 2025. - Vol. 16. - № 3. - P. 17-30. [**Scopus**]

15. Одномоментное выполнение эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна III желудочка, акведуктопластики, фенестрации супрацеребеллярной кисты при окклюзионной гидроцефалии у ребенка первого месяца жизни / А. А. Суфианов, Р. Р. Рустамов, Ю. А. Якимов, **Р. А. Суфианов**, А. А. Альзахрани, М. М. Абдумажитова, К. Симфукве // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. - 2021. - Т. 100. - № 5. - С. 194-198.

16. Оценка эффективности эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка с использованием полуригидного игольчатого эндоскопа у детей с гидроцефалией и сопутствующей фармакорезистентной эпилепсией: результаты компьютерной томографической перфузии головного мозга и частотно-временного анализа электроэнцефалограммы / А. А. Суфианов, Г. З. Суфианова, А. Г. Шапкин, И. С. Шелягин, А. А. Х. Аль Захрани, Р. Р. Рустамов,

С. Ж. Стефанов, А. М. Хайретдинов, **Р. А. Суфианов**, К. Симфукве // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. - 2021. - Т. 13. - № 4. - С. 349-358.

17. Повторная эндоскопическая вентрикулоцистерностомия дна III желудочка, роль усовершенствованных мини-инвазивных инструментов при выполнении данной операции / А. А. Суфианов, Р. Р. Рустамов, Ю. А. Якимов, **Р. А. Суфианов**, А. А. Абдулрахман // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. - 2020. - № 1. - С. 21-32.

18. Проводящие пути белого вещества височной доли: клиничко-анатомическое исследование применительно к хирургии фармакорезистентной структурной фокальной эпилепсии / А. А. Суфианов, И. С. Шелягин, К. Симфукве, Е. С. Маркин, С. Ж. Стефанов, Ю. А. Якимов, П. О. Акимова, **Р. А. Суфианов** // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. - 2022. - Т. 14. - № 3. - С. 242-253.

19. Стереотаксическая биопсия и лазерная абляция ганглиоглиомы тулиевым лазером: клинический видеослучай / А. А. Суфианов, И. С. Шелягин, **Р.А. Суфианов** // Сеченовский вестник. - 2022. - Т. 13. - № 2. - С. 30-33.

20. Эндоскопическая внутриутробная вентрикулоцистерностомия при гидроцефалии у плода на 28-й неделе беременности / А. А. Суфианов, Н. В. Башмакова, Н. В. Косовцова, Ю. А. Якимов, **Р. А. Суфианов**, Т. В. Маркова, А. Р. Мусин // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. - 2020. - Т. 99. - № 1. - С. 24-31.

21. Advanced needle neuroendoscopy technique in the treatment of pineal cyst / A. A. Sufianov, I. A. Iakimov, S. Makhanbetkhan, M. M. Abdumazhitova, **R. A. Sufianov** // Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case Management. - 2020. – Vol. 22. - P. 100776.

22. Bipolar, high-voltage, long-duration pulsed radiofrequency ablation of the gasserian ganglion for the treatment of trigeminal neuralgia in a patient with a cardiac implantable electronic device: illustrative case / A. A. Sufianov, N. A. Garifullina, A. G. Shapkin, E. S. Markin, M. Baldoncini, L. A. B. Borba, M. J. Encarnacion Ramirez, **R.A. Sufianov** // Journal of Neurosurgery: Case Lessons. – 2024. – Vol. 7. – № 4.

23. Endoscopically assisted exoscopic surgery for microvascular decompression of the trigeminal nerve with intraoperative use of indocyanine green / **R. A. Sufianov**, N. A. Garifullina, A. Sh. Magomedova, M. G. Hevor, M. De. J. Encarnacion Ramirez, A. A. Sufianov, N. Montemurro // Surgeries. - 2024. - Vol. 5. - № 2. - P. 172-183.

24. Exoscope-assisted microsurgical removal of thalamic tumor-an ergonomic approach: 3-dimensional operative video / L. A. B. Borba, **R. A. Sufianov**, M. S. Rassi, I. A. Gaysin, M. T. Karsanova, Iu. A. Iakimov, A. A. Sufianov // Operative Neurosurgery. - 2023. - Vol. 24. - № 5. - P. 379. [Scopus, PubMed]

25. Exoscopic removal of the fourth ventricle choroid plexus papilloma with use of a midline suboccipital osteoplastic craniotomy / **R. A. Sufianov**, I. A. Gaysin, Iu.A. Iakimov, A. A. Sufianov // Neurosurg Focus Video. – 2024. - Vol. 10. - № 1. - P. 14.

26. Experience of comprehensive training of neurosurgeons / A. A. Sufianov, I. A. Iakimov, M. R. Gizatullin, **R. A. Sufianov**, S. S. Makarov, A. M. Mashkin // Virtual Technologies in Medicine. - 2020. - Vol. 1. - № 4. - P. 18-21.

27. Intraventricular endoscopic surgery for pediatric hypothalamic hamartomas: surgical series and literature meta-analysis / G. Cossu, **R. A. Sufianov**, M. Messerer, P. Ryvlin, R. T. Daniel, A. A. Sufianov // World Neurosurgery. – 2025. – P. 124-129.

28. Purely endoscopic biportal and monoportal removal of the choroid plexus papilloma of the third ventricle with bilateral spread to the lateral ventricles / A.A. Sufianov, I.A. Gaysin, Iu.A. Iakimov, **R.A. Sufianov** // Neurosurg Focus Video. – 2023. Vol. 8. - № 2. – P. 7.

29. Usefulness of intraoperative ultrasound for cortical dysplasia type i treatment - a single-center experience / A. A. Sufianov, K. Simfukwe, Iu. A. Iakimov, **R. A. Sufianov**, M. S. Rassi, L. Mastronardi, L. A. B. Borba, A. Campero, C. C. Rangel, M. Baldoncini // Surgical Neurology International. - 2023. - Vol. 14. - P. 62.

30. **Патент RU 213757 U1**, Российская Федерация, МПК G09B 23/28 (2006.01). Имитация головы пациента : № **2021100874** : заявл. 18.01.2021 : **опубл. 28.09.2022** / Суфианов Р. А. // <https://patents.google.com/patent/RU213757U1/ru?q=213757>

31. **Патент RU 2705895 C1**, Российская Федерация, МПК А61М 1/00 (2006.01). Хирургический инструмент для аспирации и ирригации жидкости в операционной полости : № **2019108354** : заявл. 22.03.2019 : **опубл. 12.11.2019** / Суфианов А. А., Суфианов Р. А., Суфианова Г. З. // <https://patents.google.com/patent/RU2705895C1/ru?q=2705895>

32. **Патент RU 2713150 C1**, Российская Федерация, МПК А61В 17/00 (2006.01). Способ хирургического лечения фармакорезистентной первично и вторично генерализованной эпилепсии : № **2019104913** : заявл. 20.02.2019 : **опубл. 03.02.2020** / Суфианов А. А., Суфианова Г. З., Суфианов Р. А. // <https://patents.google.com/patent/RU2713150C1/ru?q=2713150>

33. **Патент RU 2718466 C1**, Российская Федерация, МПК А61В 17/94 (2006.01). Способ выполнения эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна третьего желудочка у детей с гидроцефалией : № **2018145887** : заявл. 21.12.2018 : **опубл. 08.04.2020** / Суфианов А. А., Рустамов Р. Р., Якимов Ю. А., Суфианов Р. А. // <https://patents.google.com/patent/RU2718466C1/ru?q=2718466>

34. **Патент RU 2729392 C1**, Российская Федерация, МПК А61В 1/00 (2006.01), А61В 17/94 (2006.01). Способ выполнения эндоскопической кистоцистерностомии арахноидальной кисты средней черепной ямки миниатюрным нейроэндоскопом : № **2019126361** : заявл. 20.08.2019 :

**опубл. 06.08.2020** / Суфианов А. А., Суфианов Р. А., Якимов Ю. А., Абдумажитова М. М. // <https://patents.google.com/patent/RU2729392C1/ru?q=2729392>

35. Патент **RU 2818626 C1**, Российская Федерация, МПК G09B 23/28 (2006.01). Симулятор для освоения навыков выполнения пункции овального отверстия черепа : № **2023129697** : заявл. **16.11.2023** : опубл. **03.05.2024** / Суфианов Р. А., Гарифуллина Н. А., Суфианов А. А. // <https://patents.google.com/patent/RU2818626C1/ru?q=2818626>

36. Патент **RU 2824710 C1**, Российская Федерация, МПК А61В 18/12 (2006.01). Персонализированный направитель радиочастотных игл для моно- и биполярной радиочастотной абляции гассерова узла : № **2023126134** : заявл. **11.10.2023** : опубл. **13.08.2024** / Суфианов Р. А., Гарифуллина Н. А., Суфианов А. А. // <https://patents.google.com/patent/RU2824710C1/ru?q=2824710>

### СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

МВД - микроваскулярная декомпрессия

МР - магнитно-резонансная

МРТ - магнитно-резонансная томография

МСКТ - мультиспиральная компьютерная томография

НВК - нейроваскулярный конфликт

3D – трехмерный

AUC - Area Under Curve (площадь под ROC-кривой)

BNI - Barrow Neurological Institute Pain Intensity Score (шкала интенсивности боли Неврологического института Барроу)

FIESTA - Fast Imaging Employing Steady-state Acquisition (быстрое получение изображений с использованием устойчивого состояния)

ROC - Receiver Operating Characteristic (операционная характеристика приемника)

STP - площадь поперечного сечения нерва в зоне porus trigeminus

SATNaPT - сагиттальный угол тройничного нерва на уровне porus trigeminus

SEM - Standard Error of the Mean (стандартная ошибка среднего)