

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
НЕЙРОХИРУРГИИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Н.Н. БУРДЕНКО"  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*На правах рукописи*

Назаров Вячеслав Вячеславович

ПРИМЕНЕНИЕ НАВИГАЦИИ В ХИРУРГИИ ОПУХОЛЕЙ ПЕРЕДНЕ-  
ЛАТЕРАЛЬНЫХ ОТДЕЛОВ ОСНОВАНИЯ ЧЕРЕПА С  
ЭКСТРАКРАНИАЛЬНЫМ РАСПРОСТРАНЕНИЕМ

3.1.10. Нейрохирургия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
доктор медицинских наук, профессор Черехаев Василий Алексеевич

Москва – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава 1 Обзор литературы.....	13
1.1 История развития навигации в нейрохирургии .....	13
1.2 Применение навигации в хирургии основания черепа .....	15
1.3 Передне-латеральные опухоли основания черепа .....	18
1.4 Взаимоотношение опухолей со структурами твердой мозговой оболочки основания черепа.....	20
1.5 Основные гистологические типы опухолей .....	22
1.6 Хирургические доступы .....	29
1.7 Исходы и осложнения хирургического лечения.....	31
Глава 2 Материал и методы исследований.....	34
2.1 Материалы исследования .....	34
2.2 Методы исследования.....	43
Глава 3 Характеристики опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.....	46
3.1 Клиническая картина .....	46
3.2 Рентгенологическая характеристика.....	48
3.3 Характеристика распространения опухолей в зависимости от гистологии.....	55
3.4 Система оценки распространенности опухолей .....	57
3.5 Распределение опухолей по типам распространения .....	68
3.6 Рекомендации применения навигации в зависимости от типа распространения опухолей.....	69
Глава 4 Особенности применения навигации в хирургии опухолей основания черепа.....	71

4.1 Технические аспекты применения навигации .....	71
4.2 Хирургические аспекты применения навигации .....	77
4.3 Сбои в работе навигации и их причины .....	87
4.4 Клинические наблюдения .....	89
Глава 5 Результаты хирургического лечения с применением навигации.....	101
5.1 Оценка наличия и локализации доступных для удаления фрагментов опухоли до операции .....	102
5.2 Оценка наличия доступных для удаления остатков опухоли после операции.....	103
5.3 Осложнения в ближайшем послеоперационном периоде.....	107
5.4 Оценка динамики общего состояния пациентов.....	109
5.5 Статистический анализ методом логистических моделей.....	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	112
ВЫВОДЫ .....	120
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	121
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	123
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	125

## Введение

### Актуальность исследования

Хирургическое лечение опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением представляет собой сложную и активно разрабатываемую проблему. Единство хирургических подходов в настоящий момент позволяет выделить несколько групп опухолей в зависимости от их локализации и распространенности в передних, средних и задних отделах основания черепа, а также по наличию экстракраниального компонента. Так, наряду со срединными краниофациальными опухолями [3] можно выделить опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением, при удалении которых сегодня используется единый хирургический подход. Опухоли данной группы отличаются большим количеством анатомических структур и областей, вовлекаемых в патологический процесс. При значительном распространении удаление таких опухолей сопряжено с множеством трудностей. Вовлечение в патологический процесс областей транзита внутренней сонной артерии (парафарингеальное пространство, рваное отверстие, каротидный канал височной кости, кавернозный синус) накладывает ограничения на радикальность хирургического лечения. В то же время, сочетание субтотального удаления злокачественных опухолей основания черепа и современных методов адьювантной терапии позволяют достичь результатов, сопоставимых с радикальным удалением [36]. При этом, чем больший объем опухоли удален – тем лучше результаты комплексного лечения [81,82,90]. Хирургическое лечение рассматриваемой группы опухолей сопряжено с высокими рисками послеоперационных осложнений, вероятность которых достигает 25%, а послеоперационная летальность – 4% [42]. Стремление к радикальности может привести к возникновению обширных дефектов основания черепа, что увеличивает риски ликвореи, менингита и местного гнойно-воспалительного процесса. При одноэтапном удалении гигантских

распространенных опухолей основания черепа предоперационное определение размера будущего дефекта является сложной задачей [22]. При недостаточно объективной оценке объема дефекта может возникнуть ситуация, при которой местных тканей для пластики будет недостаточно. Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что для распространенных опухолей основания черепа требуется дифференцированный хирургический подход, учитывающий топографо-анатомические особенности распространения каждой конкретной опухоли.

При возникновении и росте опухолей основания черепа происходит изменение нормальной анатомии, что затрудняет ориентацию хирурга. Наиболее остро эта проблема проявляется при опухолях с экстра-интракраниальным распространением, когда граница между наружным и внутренним основанием черепа не может использоваться в качестве ориентира при удалении опухоли. Неверное предположение о близости критически важной структуры может вызвать как ее повреждение, так и излишнюю осторожность, что отрицательно сказывается на радикальности операции.

Разрешающая способность современных методов КТ и МРТ позволяет получить детальную информацию о взаимоотношениях экстра-интракраниальной опухоли основания черепа и соседних анатомических структур [9]. Рентгенологический подход позволяет оценить распространение опухоли, а на основании информации различных режимов нейровизуализации – провести первичную дифференциальную диагностику и оценить кровоснабжение и плотность образования [24].

На основе данных нейровизуализации хирург формирует собственное представление о трехмерных взаимоотношениях опухоли и окружающих тканей в каждом конкретном случае. Однако в процессе операции это представление может оказаться ошибочным вследствие несоответствия с реальной интраоперационной картиной. Методика навигации позволяет сформировать более точное представление хирурга о трехмерной анатомии опухоли путем интраоперационного контроля ориентации в привязке к данным

нейровизуализации.

Интраоперационная навигация – многообещающая методика, показавшая хорошие результаты в хирургии внутримозговых опухолей [12], сосудистой нейрохирургии [13], неотложной нейрохирургии [10,11] и эндоскопической эндоназальной хирургии основания черепа [8].

Однако возможности использования навигации при транскраниальном удалении распространённых экстра-интракраниальных опухолей основания черепа не до конца изучены. В то же время, интраоперационная навигация может помочь в решении таких хирургических задач, как уменьшение объема остаточной опухоли, уменьшение риска повреждения критически важных структур и улучшение ориентации хирурга в условиях анатомии, измененной опухолевым процессом.

#### Степень разработанности темы

Достижения хирургии опухолей основания черепа позволили добиться хороших результатов лечения опухолей, распространяющихся в глазницу. Так были разработаны алгоритмы лечения гиперостотических краниоорбитальных менингиом [17]. В то же время, с успехом развивалась хирургия передних срединных опухолей основания черепа [4]. Во многом, этому послужило развитие эндоназальной эндоскопической техники и совершенствование транскраниальных трансбазальных доступов [7].

Вместе с тем, хирургия опухолей основания черепа, распространяющихся одновременно в глазницу, крылонебную и подвисочную ямки, парафарингеальное пространство и околоносовые пазухи, всё еще представляет серьезную хирургическую проблему. Важным шагом к решению этой проблемы стала разработка в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко единого хирургического подхода для удаления опухолей данной группы [18]. Орбитозигматический доступ в комбинации с лобно-височной краниотомией позволил выполнять подход не только к структурам глазницы и крылонебной ямки, но получить хороший обзор содержимого подвисочной ямки и

парафарингеального пространства. В то же время, наличие обширного мышечного массива в подвисочной ямке, близость слуховой трубы и экстракраниального отдела внутренней сонной артерии, затрудняет удаление опухолей, распространяющихся в эту анатомическую область. Зачастую эти опухоли также инфильтрируют пирамиду височной кости в области рваного отверстия, канала сонной артерии, внутреннего уха и наружного слухового прохода. Височно-нижнечелюстной сустав (ВЧНС), вовлекаемый в анатомический процесс, также может затруднять доступа к задне-медиальным отделам опухолей этой локализации.

Для решения проблемы потери анатомических ориентиров в процессе операции было разработано множество технических методик, позволяющих дополнить трехмерное представление хирурга об анатомических структурах передне-латеральных отделов основания черепа. Нейрофизиологический мониторинг позволяет идентифицировать черепные нервы по выходу из полости черепа [21]. Интраоперационное метаболическое сканирование позволяет отличить опухоль от здоровой ткани посредством идентификации специфических метаболитов опухолевой ткани [15]. Одним из важнейших и доступных на сегодняшний день нейрохирургу методик интраоперационного контроля являются электромагнитная и оптическая навигация. Метод навигации позволяет «привязать» предоперационные данные МРТ и КТ к анатомическим структурам пациента и контролировать манипуляции хирурга в пространстве в режиме реального времени. Это может повысить безопасность и радикальность хирургического лечения опухолей основания черепа с экстра-интракраниальным распространением.

#### Цель исследования

Оценить возможность и целесообразность применения интраоперационной навигации при опухолях передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.

### Задачи исследования

1. Определить показания к применению навигации при удалении опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.
2. Выявить факторы, ограничивающие использование магнитной и оптической навигации при удалении опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.
3. Оценить риск осложнений и динамику функционального статуса пациентов с опухолями передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением с использованием и без использования интраоперационной навигации.
4. Оценить влияние интраоперационной навигации на объем удаленной опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением при первичных и повторных вмешательствах.
5. Сравнить влияние магнитной и оптической навигации на объем удаленной опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.

### Научная новизна

Впервые создана классификация опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением, основанная на взаимоотношении опухоли и твердой мозговой оболочки.

Впервые выполнено сравнительное исследование эффективности и безопасности хирургического лечения опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением с применением и без применения навигации.

Впервые статистически подтверждено, что использование интраоперационной навигации увеличивает объем удаления опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением без увеличения риска осложнений и ухудшения функционального статуса



пациентов.

Впервые выявлены факторы, статистически значимо увеличивающие объем удаления доступной части опухоли передне-латеральных основания черепа с экстракраниальным распространением.

#### Теоретическая и практическая значимость

1. Определены анатомические структуры, точная локализация которых с помощью интраоперационной навигации наиболее значима при удалении опухолей передне-латеральных отделов основания черепа в зависимости от типа их распространения.

2. Описана оптимальная схема расположения оборудования при использовании магнитной и оптической навигации с учетом особенностей транскраниальных доступов к передне-латеральным отделам основания черепа.

3. Подробно описано применение навигации на каждом этапе удаления опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.

4. Обоснованы показания к применению навигации в хирургии опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением в зависимости от классификационного типа новообразования.

#### Основные положения, выносимые на защиту

1. Основным фактором, определяющим характер экстраинтракраниального распространения опухолей передне-латеральных отделов основания черепа, является расположение опухоли относительно твердой мозговой оболочки.

2. Установлены анатомические структуры области передне-латеральных отделов основания черепа, точная локализация которых с помощью интраоперационной навигации наиболее значима.

3. Применение магнитной и оптической навигации при удалении опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным

распространением возможно с учетом ограничений, связанных с физическими принципами действия методик.

4. Применение навигации в ходе удаления опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением позволяет достоверно увеличить объем удаленной опухоли без увеличения риска осложнений и ухудшения функционального статуса пациентов.

5. Факторами, значимо увеличивающими эффективность применения навигации, являются первичный характер вмешательства и отсутствие интрадурального распространения опухоли в области медиальных отделов средней черепной ямки.

#### Методология и методы диссертационного исследования

Дизайн работы основан на проспективном исследовании. Объектом исследования выбрана группа опухолей основания черепа, имеющих интракраниальный компонент, как минимум, в средней черепной ямке и экстракраниальный компонент, как минимум, в подвисочной ямке. Помимо указанных областей, опухоли могли распространяться в смежные области.

Материал исследования составили 70 наблюдений пациентов с опухолями основания черепа с экстра- и интракраниальным распространением, оперированных с 2016 по 2021 годы в 6 клиническом отделении НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, в исследование включены все доступные для анализа наблюдения пациентов, метод выборки – тотальный. Основную группу составили 36 наблюдений пациентов, оперированных с использованием навигации (20 – магнитной, 16 – оптической), контрольную - 34 наблюдений пациентов, оперированных без использования навигации. Включение пациента в ту или иную группу было по сути случайным и зависело от плана работы операционного блока и наличия рабочей навигационной системы. В исследование были включены пациенты с опухолями различной гистологической природы. Учитывая небольшое количество наблюдений, был применен метод псевдорандомизации. Использованные методы описательной статистики

позволили подтвердить сопоставимость основной и контрольная групп по полу, возрасту пациентов и гистологическому диагнозу и сделать вывод о том, что проводить сравнение групп правомерно.

#### Достоверность результатов исследования

Теория построена на проверенных известных фактах, согласуется с современными представлениями и опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; использованы сравнения авторских данных с литературными данными, полученными ранее по рассматриваемой тематике; в работе использованы современные методы сбора и статистической обработки информации.

#### Личный вклад автора

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

#### Внедрение в практику

Результаты диссертационной работы внедрены в хирургическую практику 6 нейрохирургического отделения (краниофациальная нейрохирургия) ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

#### Апробация работы

Материалы работы доложены и обсуждены на: XVII Всероссийской научно-практической конференции «Поленовские чтения» (Санкт-Петербург, август 23-25.04.2018 г.); VIII всероссийском съезде нейрохирургов (Санкт-Петербург, 18-22.09.2018 г.); 18th European Congress of Neurosurgery (Брюссель, 21-25.10.2018

г.), 9th Harbin International Neurosurgical Conference (Харбин, 05-07.07.2019 г.), 16th World Congress of WFNS (Стамбул, 20-25.08.2017 г.); расширенном заседании проблемной комиссии «Опухоли основания черепа» ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России 19.01.2024 г. (протокол № 01/24).

### Публикации

По теме исследования опубликовано 10 печатных работ, в которых полностью отражены основные результаты диссертационного исследования, из них 5 статей - в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ, 5 – в виде статей и тезисов в журналах, сборниках трудов и материалов отечественных и зарубежных конгрессов, съездов, конференций.

### Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 136 страницах текста, состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка использованной литературы. Работа содержит 4 таблицы и 62 рисунка. Библиографический указатель содержит 99 источников, из них 24 отечественных и 75 зарубежных.

## Глава 1 Обзор литературы

### 1.1 История развития навигации в нейрохирургии

Одной из основных задач хирургии всегда была возможность достижения необходимой анатомической структуры наиболее безопасным и наименее инвазивным способом. Это стремление легло в основу создания и развития систем интраоперационной навигации. В сравнении с другими специальностями, нейрохирургия особенно нуждалась в инструменте, позволяющем минимизировать хирургическую травму: мозг и окружающие его структуры, состоят из тесно расположенных жизненно и функционально значимых образований, что ставит во главу угла особую точность и безопасность хирургических манипуляций.

Под «навигацией» в нейрохирургии мы понимаем технологии, основанные на сопоставлении предоперационных данных нейровизуализации и анатомических структур пациента на операции. На сегодняшний день можно отдельно выделить направления развития навигации для удаления внутримозговых опухолей и внемозговых опухолей основания черепа.

Открытие рентгенографии сделало возможным разработку системы рамного стереотаксиса, которая была предложена Е.А. Spiegel и Н.Т. Wycis в 50-х годах XX века. Однако краниограммы и вентрикулограммы не давали полноценной информации о структурах мозга и экстракраниальных мягких тканях. Разработка компьютерной томографии в 70-х годах вывело стереотаксис на новый уровень точности и безопасности. Однако необходимость крепления рамы ограничивала использование стереотаксиса для стандартных нейрохирургических операций, пока в 1986 г. Roberts D. с соавт. предложили концепцию безрамного стереотаксиса [76].

Это событие открыло путь к разработке систем отслеживания положения инструментов относительно анатомических структур в реальном времени [65].

Первыми системами интраоперационной безрамной навигации,

позволяющими отслеживать положение инструмента в реальном времени, были системы механической навигацией. Навигационный инструмент помещался рядом с операционным столом на гибкую стойку, состоящую из нескольких подвижных сегментов, углы наклона которых регистрировались встроенным микрокомпьютером и проводился расчёт положения инструмента в пространстве. Эти первые навигационные инструменты были неудобны в использовании, так как были резко ограничены в подвижности. Только в 1995 Roth M. с соавт. предложили удобную схему использования навигации для хирургии околоносовых пазух, основанную на оптическом принципе [78].

История развития систем интраоперационной навигации в хирургии основания черепа начинается с имени профессора Georg Schlondorff, заведующего отделением оториноларингологии в г. Аахене. В тесной кооперации с физиками и инженерами он создал прототип навигационной станции. Первая операция на основании черепа с применением навигации была выполнена в 1987 г. Его концепция позиционирования на трех проекциях на экране до сих пор используется в современных навигационных системах [69].

В современные системы оптической навигации входит парная инфракрасная камера, располагающаяся на штативе, и блок управления с монитором. Для позиционирования применяются инструменты, имеющие крепление с 3-4 отражающими сферами, которые должны постоянно находиться в зоне видимости камер. Третьим типом безрамной навигации, применяемой в настоящее время, являются системы, основанные на электромагнитном принципе. Концепция электромагнитной навигации была предложена в 1991 г. Kato A. с соавт. [56]. Вскоре, электромагнитная навигация стала применяться в эндоназальной эндоскопической хирургии [96]. В отличие от оптических систем, в электромагнитных позиционирование инструментов происходит в постоянном магнитном поле, создаваемом генератором, располагаемом вблизи операционного поля.

## 1.2 Применение навигации в хирургии основания черепа

Навигация применяется как в эндоскопической, так и в открытой хирургии основания черепа.

В современной эндоскопической эндоназальной хирургии рутинно применяются оптические и электромагнитные системы навигации.

Навигация играет важную роль в хирургии основания черепа. Целесообразность использования этого метода связана с несколькими факторами. Известно, что из-за индивидуальной анатомической изменчивости структур основания черепа нередко возникают проблемы с ориентировкой в операционном поле. Навигация помогает в тех ситуациях, когда видимое операционное поле сильно ограничено или видимость затруднена из-за большого массива мягких тканей, например, в подвисочной ямке.

Помимо анатомической вариабельности, при онкологическом заболевании нормальная анатомия органов и тканей меняется под воздействием опухолевого процесса. Сопоставление данных нейровизуализации и реального объекта помогает определить изменившееся положение анатомических объектов. Это особенно важно для идентификации критически значимых анатомических структур в области основания черепа и предотвращения их повреждения. Наибольшую клиническую значимость, по нашему мнению, имеет навигация сонной артерии при больших и распространенных опухолях основания черепа, поскольку позволяет быстро уменьшить объем опухоли вдали от сонной артерии, а затем под навигационным контролем производить более безопасные манипуляции вблизи сосуда. Известно, что применение навигации в хирургии внутримозговых образований осложняется эффектом «brain-shift», когда смещение структур мозга после удаления опухоли нивелирует ценность навигации для контроля полноты удаления и предотвращения повреждения функционально значимых зон. Напротив, ригидность костных структур основания черепа увеличивает ценность применения навигации в хирургии патологии этой области.

Первые упоминания о применении навигации в хирургии основания черепа

появляются во второй половине 90-х годов XX века. Исторически первой навигационной методикой стала механическая навигация. В 1995 г. Carrau R. с соавт. опубликовали первое описание случая применения механической навигации при краниофациальной резекции [34]. В том же году появилась статья о применении навигации в хирургии интракраниальных менингиом, в числе которых были и опухоли основания черепа [29]. Уже в 1996 г. эта же группа исследователей описала серию из 20 наблюдений применения навигации при различных операциях на основании черепа [35]. Одновременно появилась публикация о применении системы механической навигации (ISG — viewing wand) в хирургии основания черепа [63]. Этот первый опыт показал важность использования навигации при манипуляциях вблизи критически важных структур, а также для более точного определения границ синусо- и краниотомий. В этом же году появилось сообщение об актуальности использования навигации при манипуляциях на образованиях средней черепной ямки [33]. В 1998 г. Hassfeld S. с соавт. опубликовали описание большой серии наблюдений, в которой сравнили применение оптической и механической навигации в хирургии основания черепа [47]. В то время точность обоих методов не превышала 2,7 мм. Уже в 1999 г. появились сообщения о применении первых прототипов электромагнитной навигации в хирургии основания черепа [51]. В 2001 г. опубликованы сообщения о применении первой промышленной системы электромагнитной навигации в хирургии основания черепа [98]. Тогда погрешность системы оценивалась в диапазоне 1,2-2,8 мм. Современные системы электромагнитной навигации позволяют добиться погрешности, не превышающей 2 мм [14]. С 2002 г. в хирургии основания черепа активно начали применять оптическую навигацию [99]. В хирургии передних отделов основания черепа навигация помогает при определении границ резекции в случаях распространенных злокачественных опухолей [43]. Описано применение навигации при эндоскопическом эндоназальном удалении доброкачественных опухолей основания черепа [6,23] и мукоцеле околоносовых пазух [5].

Среди областей применения навигации в открытой хирургии основания



черепу необходимо выделить лечение опухолей внутреннего основания черепа и нижележащих отделов наружного основания черепа. Известно исследование Rothweiler R. с соавт. [79], в котором рассматривались 10 случаев злокачественных опухолей основания черепа, при удалении 8 из которых использовалась навигация. Отмечена эффективность навигации для улучшения радикальности. В серии Bir S. с соавт. проанализировано применение навигации в хирургии менингиом основания черепа без экстракраниального распространения на материале 188 операций с использованием навигации и 153 — без. Показано, что применение интраоперационной навигации обеспечивает большую безрецидивную выживаемость, меньшую кровопотерю, меньшую длительность госпитализации и меньшую частоту осложнений [32]. В работе Guo с соавт. 29 пациентов с рецидивами злокачественных опухолей подвисочной ямки оперированы с применением интраоперационной навигации [44], в 20 случаях проведено тотальное и в 9 случаях – субтотальное удаление. Осложнения были отмечены у 14% пациентов, что меньше, чем в сериях без использования навигации. Необходимо упомянуть исследование Wei B. с соавт., в котором оценивались эффективность и безопасность использования навигации при удалении опухолей основания черепа [91]. В исследование было включено 15 пациентов с краниофациальной аденокарциномой и анкилозом ВНЧС. Данное исследование показало высокую эффективность и безопасность методики интраоперационной навигации.

Также при анализе литературы найдено несколько клинических наблюдений применения навигации при удалении опухолей основания черепа с экстракраниальным распространением [48,89,99]. В этих публикациях отмечают преимущества методики в плане повышения радикальности удаления опухолей и снижения риска повреждения критически важных структур.

Применение навигации можно найти практически во всех направлениях хирургии основания черепа, что говорит о несомненной актуальности исследования применения данной технологии для повышения эффективности и безопасности манипуляций в этой сложной анатомической области.

### 1.3 Передне-латеральные опухоли основания черепа

Особую сложность для хирургического лечения представляют опухоли основания черепа, распространяющиеся как интра-, так и экстракраниально. Эти опухоли разрушают костные структуры основания черепа или формируют гиперостоз. При этом происходит смещение или исчезновение анатомических ориентиров, что затрудняет хирургические манипуляции.

Не существует единого подхода к анатомической классификации экстраинтракраниальных опухолей основания черепа. Для интракраниальных опухолей основания черепа общепринятой является классификация, основана на работах Lang и Rhoton, которая делит основание черепа на переднюю, среднюю и заднюю черепные ямки [75]. Наружное основание черепа граничит с множеством анатомических структур, поэтому возникает сложность систематизации экстраинтракраниальных опухолей. Основой для выделения групп этих опухолей были наблюдаемые закономерности распространения опухолей, а также хирургические доступы, преимущественно используемые для подхода к той или иной анатомической области.

Первая попытка классифицировать основание черепа с точки зрения экстраинтракраниального распространения опухолей принадлежит Jackson I. с соавт. [53]. Авторы выделили передний, центральный и задний регионы. К передней группе относились опухоли средней черепной ямки с распространением в глазницу и подвисочную ямку, к центральной – опухоли средней черепной ямки с распространением в пирамиду височной кости, и к задней – опухолей задней черепной ямки с распространением экстракраниально. Однако в данной работе не рассматривались опухоли передней черепной ямки, распространяющиеся в полость носа и околоносовые пазухи.

В литературе встречается также понятие «латеральное основание черепа». Границы этого понятия отличаются в различных литературных источниках. В работе Krespi граница проходит через медиальные пластинки крыловидных отростков, медиальные края рваных отверстий, край большого затылочного отверстия [58]. В его работе рассматриваются радикальные вмешательства при

злокачественных опухолях.

Современный хирургический подход к экстра-интракраниальным опухолям основания черепа впервые был отражен в классификации Irish J. с соавт. [52] (Рисунок 1).

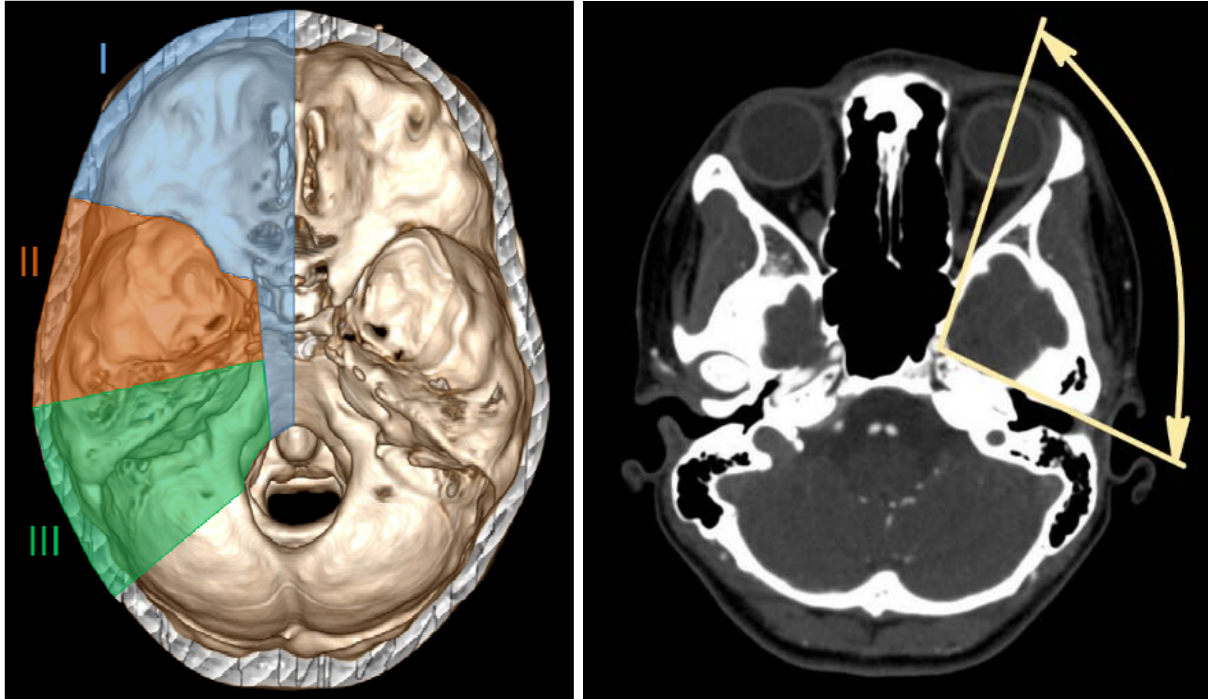


Рисунок 1 - Классификация Irish (слева) и выделение передне-латеральных отделов основания черепа Hentschel (справа)

Опухоли передней черепной ямки, турецкого седла и ската составляют I регион. Для интракраниальных компонентов этих опухолей в настоящий момент используются преимущественно транскраниальные доступы (птериональные, субфронтальный, бикоронарный), а для экстракраниальных - применяются эндоскопические эндоназальные и трансоральные подходы. При злокачественных экстра-интракраниальных опухолях этого региона выполняется краниофациальная резекция. Опухоли региона II преимущественно затрагивают среднюю черепную ямку с распространением в глазницу, подвисочную, крылонебную ямки и парафарингеальное пространство. Опухоли III региона распространяются из структур пирамиды височной кости интракраниально в область средней или задней черепных ямок и могут вовлекать рваное и яремное отверстия. Для удаления этих опухолей применяются варианты

транспирамидного, субокципитального и других доступов.

В отдельную категорию выделяют опухоли, затрагивающие среднюю черепную ямку и распространяющиеся экстракраниально: в глазницу, крылонебную, височную и подвисочную ямки, парафарингеальное пространство [19]. В литературе для обозначения этой группы экстра-интракраниальных опухолей применяется термин «передне-латеральные опухоли основания черепа» и «передне-латеральные отделы основания черепа» [1,2]. Наиболее подробно обосновывается выделение этой анатомической области в работе Hentschel S. с соавт. (Рисунок 1) [49]. Передняя граница проходит через середину глазного яблока и включает опухоли, распространяющиеся в глазницу. Далее граница проходит по латеральной стенке основной пазухи, и заканчивается в области входа внутренней сонной артерии в рваное отверстие. Задняя граница опухоли – интрапиримидная часть сонной артерии и передняя граница наружного слухового прохода. Опухоли этой группы распространяются экстракраниально в височную, подвисочную, крылонебную ямки, парафарингеальное пространство. Этот регион включает частично I и II регионы согласно классификации Irish. Локализация и распространенность этих опухолей обуславливает общий принцип хирургического доступа, состоящий в комбинации экстракраниального (орбитозигоматический доступ) и интракраниального (лобно-височный доступ) подходов.

#### **1.4 Взаимоотношение опухолей со структурами ТМО основания черепа**

Опухоли могут лежать как изнутри (интрадурально), так и снаружи (экстрадурально) от ТМО. В области основания черепа ТМО образует дубликатуру, которая формирует латеральную стенку кавернозного синуса. Для опухолей, лежащих между листками ТМО на основании черепа, применяется термин «интердуральный». Впервые в литературе этот термин был применен в 1927 г. при описании абсцесса в области эндолимфатического мешка, который при аутопсии был обнаружен между листками ТМО на основании черепа [50]. В 1992 г. Были уточнены анатомические варианты расположения опухолей

относительно структур ТМО на основании черепа. Так опухоли, лежащие непосредственно в кавернозном синусе, были отнесены к интракавернозным, а располагающиеся между внутренним листком ТМО (*dura propria*) и дуральной мембраной кавернозного синуса – к интердуральным (Рисунок 2).

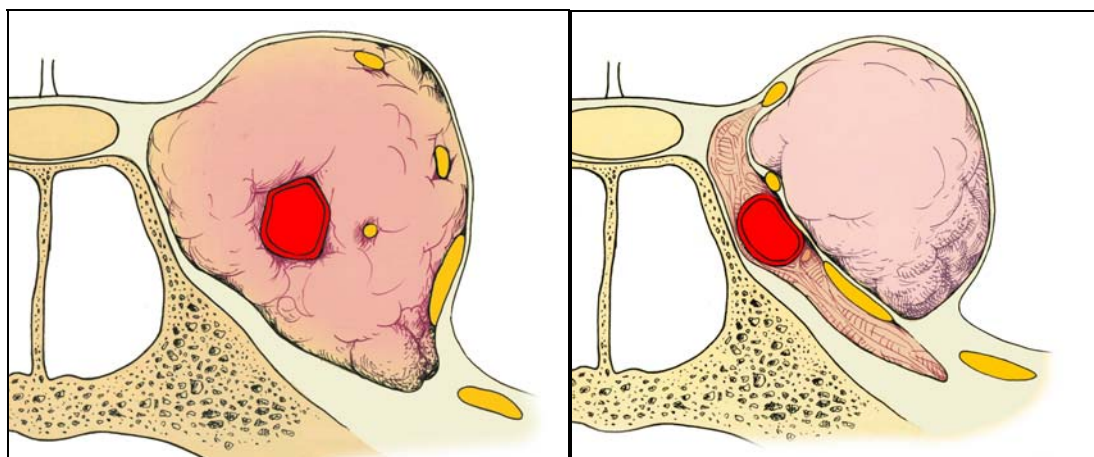


Рисунок 2 – Интракавернозный (слева) и интердуральный (справа) и типы распространения опухолей

Доступ с диссекцией латеральной стенки кавернозного синуса был разработан Dolenc [38] и Nakuba [45] в 1982-1983 гг. Интердуральная диссекция обычно начинается в области верхней глазничной щели в проекции первой ветви тройничного нерва и блокового нерва (треугольник Паркинсона) и продолжается спереди назад. Эти листки ТМО рыхло спаяны между собой, поэтому диссекция не представляет технических трудностей. По этой же причине опухоли латеральной стенки кавернозного синуса (например, невриномы корешков тройничного нерва) распространяются между листками ТМО интракраниально. Эти опухоли могут распространяться и экстракраниально по оболочкам ветвей тройничного нерва через верхнюю глазничную щель, круглое и овальное отверстия в глазницу, крылонебную и подвисочную ямки соответственно.

Таким образом, экстра-интракраниальные опухоли передне-латеральных отделов основания черепа могут располагаться экстрадурально, интрадурально и интердурально.

## 1.5 Основные гистологические типы опухолей

Среди всех опухолей данной локализации первичные опухоли занимают от 25 до 30%. Злокачественные опухоли представлены саркомами, аденокистозными карциномами и аденокарциномами слюнной железы. Также источником аденокистозных карцином может являться слизистая оболочка верхнечелюстной пазухи, носоглотки, глубокая долька околоушной слюнной железы, что делает эту опухоль самой частой из злокачественных опухолей данной области. Среди доброкачественных опухолей данной локализации наиболее часто встречаются менингиомы, невриномы и нейрофибромы.

Менингиомы средней черепной ямки, распространяющиеся экстракраниально, составляют до 15% опухолей этой локализации [28]. К моменту распространения менингиомы в подвисочную ямку чаще всего уже поражена ТМО средней черепной ямки, глазница, околоносовые пазухи и кавернозный синус. Поэтому методом выбора является транскраниальный или комбинированный (транскраниальный и трансназальный эндоскопический) подходы. Установлено, что степень радикальности резекции менингиом достоверно коррелирует с вероятностью рецидивов [67]. В исследовании Leonetti et al. 55 рецидивов менингиом крыльев основной кости в 17 случаях отмечено каудальный продолженный рост с разрушением основания средней черепной ямки. В 9 случаях было отмечено распространение опухоли через круглое и овальное отверстия [60]. Распространению опухоли экстракраниально обычно предшествует гиперостоз крыльев основной кости и чешуи височной кости. Однако исследование Pieper et al. по анализу менингиом, распространяющихся в подвисочную ямку, показало, что распространение опухоли не всегда связано с гиперостозом дна средней черепной ямки. Инвазия опухоли в подвисочную ямку практически всегда ассоциирована с инвазией слизистой оболочки околоносовых пазух, ветвей тройничного нерва и мышц подвисочной ямки [71]. Поэтому необходим тщательный анализ предоперационных МРТ и КТ для улучшения степени радикальности удаления менингиом данной локализации. В этом также может помочь использование интраоперационной навигации.

Невриномы тройничного нерва могут возникать экстракраниально или распространяться через овальное отверстие. В исследовании Yoshida, Kawase et al. проанализирована большая серия из 429 пациентов с тригеминальными шванномами. Среди вариантов распространения опухоли был выделены варианты E для опухолей, располагающихся экстракраниально (E1 – в глазнице или E2 – подвисочной ямке) и ME, при котором опухоль распространялась из Меккелевой полости в глазницу и/или подвисочную ямку (Рисунок 3). Суммарно таких опухолей 8,9% (5,4% E тип и 3,5% ME тип). Таким образом, невриномы, локализующиеся в подвисочной ямке, встречаются достаточно редко [94].

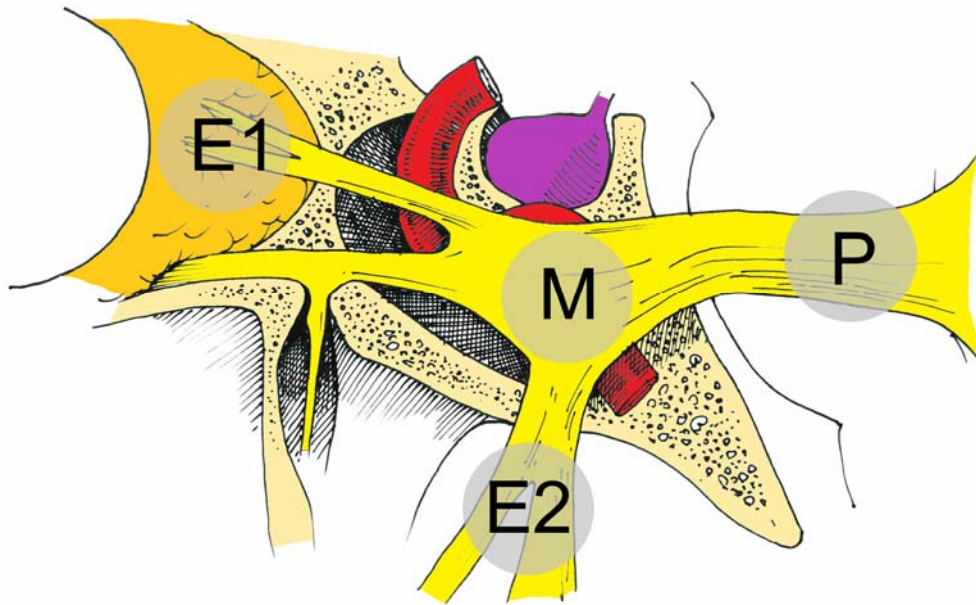


Рисунок 3 - Анатомическая классификация распространения неврином тройничного нерва из работы Yoshida [94] (распространение опухоли: в Меккелеву полость – М, в ЗЧЯ – Р, в глазницу – E1, в подвисочную ямку – E2)

К опухолям периферических нервов относятся также злокачественные шванномы. Источником этих опухолей в подвисочной ямке являются оболочки 2 и 3 ветви тройничного нерва. Это крайне агрессивные инфильтративные опухоли, склонные к периневральной и гематогенной диссеминации [88]. Вследствие быстрого роста в строме опухоли обнаруживаются некрозы, а соседние костные структуры могут лизироваться как следствие давления, оказываемого опухолью.

По причине радиорезистентности, максимально радикальная резекция является методом выбора лечения злокачественных шванном, однако это трудновыполнимая задача для опухолей подвисочной ямки. Для улучшения радикальности можно использовать интраоперационную навигацию.

Отдельно необходимо выделить ангиофибромы, распространяющиеся в подвисочную ямку из носоглотки, полости носа и околоносовых пазух. В исследовании Lisan Q. с соавт. ангиофибромы составили 47% всех опухолей подвисочной ямки и более половины доброкачественных опухолей [62]. Максимально радикальная хирургическая резекция ангиофибром основания черепа критически важна для исключения рецидивов. Если для опухолей, ограниченных носоглоткой, околоносовыми пазухами и полостью носа (стадия I и II по Andrews) оптимальным является эндоназальный эндоскопический доступ, то для опухолей, распространяющихся в подвисочную ямку, глазницу, среднюю черепную ямку и кавернозный синус (III и IV стадии по Andrews) необходим транскраниальный или комбинированные подходы [93].

В случае карцином, поражающих подвисочную ямку, резекция опухоли с достижением чистых (негативных) краев резекции достоверно улучшает контроль роста опухоли и выживаемость пациентов [25]. Однако эти опухоли имеют высокую склонность к периневральной инвазии и зачастую поражают ТМО, кавернозный синус и мозговую ткань. В этих случаях достижение чистых (негативных) краев резекции не представляется возможным. Однако ряд исследований доказывают, что распространение карцином в эти анатомические области не ухудшает контроль роста и прогноз по выживаемости при комплексном лечении [59]. В отличие от передне-центрального отдела основания черепа, анатомия ТМО, которого предрасполагает к прорастанию опухолей, передне-латеральный отдел основания черепа имеет существенные отличия. На всем протяжении в этой области имеется 2 слоя ТМО: внутренний листок ТМО (*dura propria*) и наружный листок, являющийся, по сути, надкостницей внутреннего основания черепа, кроме области кавернозного синуса и отверстий, через которые проходят черепные нервы. Ветви тройничного нерва по выходу из



череп покрыты одним слоем ТМО (наружный слой), что способствует периневральному распространению опухолей. В то же время, интердуральная диссекция в области верхней и нижней глазничной щели, круглого и овального отверстия позволяют значительно расширить подход к образованиям этой области.

Периневральная инвазия карцином отмечается в 48% опухолей, поражающих подвисочную ямку, однако это не является предиктором плохих исходов в долгосрочном периоде наблюдения [26]. Вместе с тем, совершенствование микрохирургической техники позволяет достичь высокого уровня радикальности даже при периневральном распространении опухолей основания черепа [74]. В исследовании Solares С. с соавт. продемонстрированы лучшие показатели 5-летней выживаемости после хирургического лечения опухолей основания черепа с периневральным распространением по сравнению с лучевой терапией [84]. Таким образом, хирургическая резекция является важным элементом лечения злокачественных опухолей основания черепа, поражающих подвисочную ямку. Достижения микрохирургической техники, а также вспомогательные методы, такие как интраоперационная навигация, позволяют улучшить результаты хирургического лечения.

Метастатические опухоли передне-латеральных отделов основания черепа встречаются редко. В клинические сериях, описанных в литературе, эти опухоли встречаются в 5% наряду с первичными опухолями этой области и опухолями, распространяющимися из соседних областей [55]. Также в литературе можно найти несколько описаний клинических случаев метастатических опухолей различной гистологической природы. В данных наблюдениях чаще всего хирургическое лечение не проводилось согласно онкологическим принципам, а предпочтение отдавалось паллиативному химиолучевому лечению [30,37,86]. Однако также описаны случаи успешного хирургического лечения метастазов в подвисочную ямку [68,70]. Особенностью клинического течения метастазов в основание черепа является относительно длительный период их бессимптомного течения при возникновении очага метастаза в так называемых «немых» зонах

(подвисочной ямке, парафарингеальном пространстве, решетчатой и основной костях). Таким образом, к моменту клинической манифестации метастазы в подвисочную ямку приобретают распространенный характер и достигают больших размеров. Это требует особой настороженности у пациентов с опухолями с высокой вероятностью метастазирования в основание черепа (рак молочной железы, почечно-клеточный рак, колоректальный рак, меланома). Отсутствие больших серий клинических наблюдений данной патологии не позволяет четко сформулировать показаний к хирургическому лечению. По результатам анализа серии Chamoun R. с соавт., из 27 наблюдений метастазов в основание черепа были сформулированы ориентировочные показания к хирургическому лечению. Идеальными кандидатами для хирургического лечения являются пациенты с радиорезистентными крупными солитарными метастазами, с быстро прогрессирующей неврологической симптоматикой и с «ожидаемой большой продолжительностью жизни», под которой авторы подразумевают свыше 3 месяцев [36].

При метастазах в области основания черепа часто наблюдаются следующие рентгенологические признаки: опухоль преимущественно имеет интра-экстракраниальный рост, костная ткань подвергается деструкции. Исключение составляют метастазы предстательной железы и аденокарциномы легкого, при которых костные изменения могут носить остеобластический характер. Синдром хвоста часто отмечается при метастазах основания черепа при вовлечении в патологический процесс ТМО. Однако ТМО зачастую играет роль естественного барьера на пути распространения метастазов. Нередко в опухоли выявляются фрагменты костной ткани. Сопоставление интраоперационных находок с данными КТ – во время оперативных вмешательств выявляет, что часть кости полностью замещена опухолевой тканью, края костного дефекта неровные. Поражение кости распространяется далеко за пределы костного дефекта. Патологические изменения проявляются в виде снижения плотности кости, замещения губчатого вещества опухолевой тканью. Как правило, опухоль, поражая кость и, не разрушая ее, образует тонкий мягкотканый слой над

компактным слоем. Часто при доступе к зоне поражения выявлялась инфильтрация надкостницы, апоневроза и мышцы опухолевой тканью.

Важным аспектом понимания распространения опухолей в подвисочную ямку являются пути метастазирования. Гематогенный путь является наиболее частым. Гематогенные эмболы злокачественных опухолей достигают основания черепа через мелкие артерии из бассейна наружной сонной артерии. Местом исходного роста зачастую становится губчатое вещество костей основания черепа. Другими путями распространения опухоли в основание черепа являются мышечные прикрепления к основанию черепа, межмышечные пространства, вдоль нейрососудистых пучков, особенно через периневральные пространства. Известно распространение меланом лица в основание черепа через периневральные пространства тройничного нерва.

Саркомы составляют от 30% до 50% злокачественных опухолей, поражающих латеральные отделы основания черепа и представлены широким спектром гистологических вариантов [19,39,49,64,97]. Показано, что в целом, прогноз лечения мягкотканых сарком зависит от степени радикальности удаления опухоли. Среди сарком данной локализации необходимо выделить рабдомиосаркомы, которые отличаются агрессивным течением и неблагоприятным прогнозом. Источником роста этого типа сарком являются ткани крылонебной ямки. В исследовании Minard-Colin V. с соавт. в 34% отмечено интракраниальное распространение, в 49% отмечено разрушение основания средней черепной ямки, а в 28% отмечено расширение круглого и овального отверстий [66]. Синовиальные саркомы возникают из тканей ВНЧС. Хорошая отграниченность сарком позволяет ошибочно заподозрить доброкачественный процесс [72]. При анализе описанных случаев синовиальных сарком подвисочной ямки, в 2 из 9 случаев отмечено интракраниальное распространение через расширенное овальное отверстие. Источниками развития остеосарком данной локализации являются костные структуры верхней и нижней челюсти [57]. Распространение этих опухолей происходит через разрушение костных структур основания черепа. Хондросаркомы также характерны для

данной локализации. Это медленно растущие опухоли, склонные к местно-агрессивному распространению. Основная гипотеза из возникновения — эмбриональные хрящевые зачатки в центральной области оксификации швов черепа. Наиболее часто источниками опухолевого роста являются клиновидно-каменистый, клиновидно-затылочный и каменисто-затылочный костные швы. Распространение опухоли происходит преимущественно параселлярно, экстрадурально, в область средней черепной ямки, подвисочной ямки, пирамиды височной кости, яремного отверстия, задней черепной ямки, кавернозного синуса. Распространение происходит с разрушением костной ткани. В толще опухоли может происходить остеобластический процесс с формированием оксификатов [41]. Кроме часто встречающихся сарком описаны и редкие формы для данной локализации: липосаркомы, фибросаркомы, лейомиосаркомы, гистиоцитомы, ангиосаркомы.

Лимфомы характеризуются отграниченностью и разрушением костной ткани, а плазмоцитомы преимущественно поражают костные структуры основания черепа. Роль хирургического лечения лимфом и плазмоцитом ограничена биопсией [83].

Амелобластома является редкой опухолью с преимущественной краниофациальной локализацией. Эта опухоль возникает из одонтогенного эпителия верхней и нижней челюсти и склонна к местно-рецидивирующему течению [27]. Предпочтительной тактикой лечения является максимально радикальная резекция по причине склонности к рецидивированию и радиорезистентности. Эти опухоли распространяются медленно и вызывают эрозию костных структур основания черепа. Характер роста амелобластом инфильтративный с формированием множества кист и солидных участков. Периферические участки опухоли могут находиться на значительном отдалении от основной массы опухоли, что может привести к оставлению значительной части опухоли. Интраоперационная навигация помогает идентифицировать отдаленные опухолевые фрагменты и повысить радикальность резекции.

Таким образом, для большинства доброкачественных и злокачественных

опухолей передне-латеральных отделов основания черепа методом выбора является хирургическое лечение в составе комплексного онкологического лечения. Распространение опухолей происходит по ходу черепных нервов и посредством разрушения костных структур основания средней черепной ямки.

При этом подвисочная и крылонебная ямки являются «немыми» зонами и к моменты клинической манифестации опухоли в этих областях достигают больших размеров.

### **1.6 Хирургические доступы**

В 2009 году Yoshida К. с соавт. обобщили и систематизировали доступы к опухолям, распространяющимся из средней черепной ямки экстракраниально [95]. Для различных вариантов распространения экстра-интракраниальных опухолей применялись следующие подходы:

А. Подвисочный экстрадуральный доступ – для подхода к опухолям в пределах средней черепной и подвисочной ямок.

В. Зигоматический подвисочный доступ – комбинация подвисочного экстрадурального подхода с резекцией скуловой дуги для смещения височной мышцы книзу и расширения хирургического коридора в сторону нижних отделов подвисочной ямки.

С. Орбитозигоматический подвисочный доступ - комбинация подвисочного экстрадурального подхода с резекцией скуло-орбитального комплекса для доступа к глазнице, верхней и нижней глазничным щелям.

Д. Комбинация транскраниального, трансмандибулярного и трансцервикального доступа для гигантских распространенных опухолей подвисочной ямки. Доступ может быть дополнен ретроаурикулярным разрезом, резекцией нижней челюсти выше и ниже ее угла (Рисунок 4).

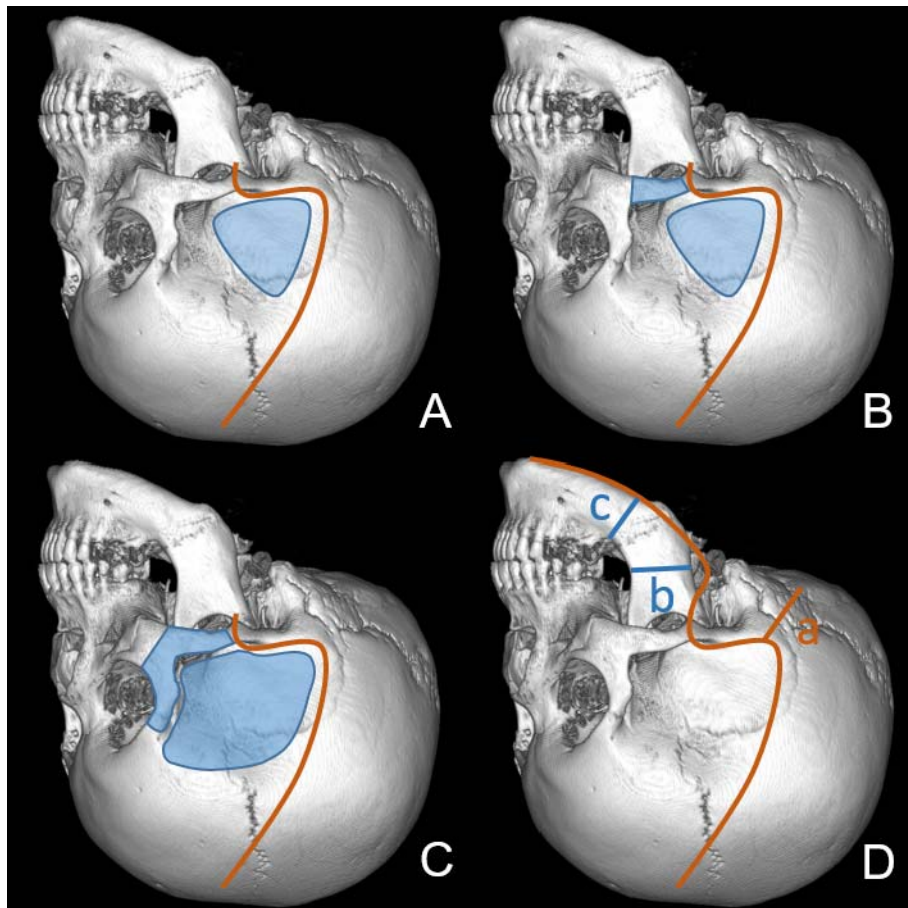


Рисунок 4 - Схема доступов к экстра-интракраниальным опухолям основания черепа согласно Yoshida К. с соавт. [95]

Для адекватного подхода к распространенным опухолям передне-латеральных отделов основания черепа необходимы доступы, позволяющие широко визуализировать как интракраниальную (лобно-височный доступ), так и экстракраниальную (орбитозигматический доступ) части опухоли с открытием (при необходимости) верхней и нижней глазничных щелей, круглого и овального отверстий. В НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко разрабатывались различные комбинации орбитозигматического доступа для удаления опухолей передне-латеральных отделов основания черепа [20]. Использовалась 2-лоскутная техника (орбитозигматический и лобно-височный лоскуты, более подробно доступ описан в главе 2) с дополнительной резекцией головки нижней челюсти. Были также впервые разработаны методы пластики обширных дефектов основания черепа с использованием жирового тела щеки.

### 1.7 Исходы и осложнения хирургического лечения

Хирургическое лечение опухолей основания черепа передне-латеральной локализации сопряжено с высоким риском осложнений. В литературе анализируются исходы хирургического лечения как смешанных серий опухолей подвисочной ямки (доброкачественных и злокачественных), так и отобранных по гистологической природе (карциномы, невриномы, менингиомы и др.). В исследовании В. Givi с соавт. 43 пациента с опухолями подвисочной ямки смешанной гистологической природы тотальное удаление было достигнуто в 70% случаев [42]. Ограничивающими радикальность анатомическими структурами являлись внутренняя сонная артерия и кавернозный синус. Реконструкция во всех случаях проводилась свободным лоскутом на питающей ножке. В 21% случаев наблюдались следующие осложнения: ликворея, субдуральная гематома, транзиторный парез лицевого нерва, абсцесс и гематома в области операции. В серии Hentschel S. с соавт. по хирургическому лечению 52 пациентов со злокачественными опухолями передне-латеральных отделов основания черепа хирургические осложнения отмечены в 25% случаев [49]. Чаще всего это были: нарастание или появление дефицита черепных нервов, некроз лоскута для реконструкции дефекта основания черепа. Также были отмечены ликворея, менингит, абсцесс в области операционной раны. Послеоперационная летальность составила 4%. В серии Bigelow D. с соавт. проанализирована серия из 25 пациентов со злокачественными опухолями латеральных отделов основания черепа [31]. Хирургические осложнения отмечены у 15 пациентов. Наиболее частым являлся дефицит черепных нервов (52%). Среди других осложнений отмечены сосудистые: 2 пациента погибли в послеоперационном периоде как следствия манипуляций на внутренней сонной артерии при удалении опухолей. Среди других осложнений отмечались ликворея, некроз лоскута для реконструкции дефекта основания черепа, инфекционные осложнения в области операционной раны. В недавней серии Yafit D. с соавт. проанализировано 63 пациента с опухолями подвисочной ямки смешанной гистологической природы (73% злокачественные и 27% доброкачественные) [92]. В данной серии

хирургические осложнения отмечены в 30% случаев: некроз лоскута для реконструкции, ликворея, инфицирование операционной раны. В серии Вао S. с соавт., состоящей из 33 пациентов с опухолями средней черепной и подвисочной ямок смешанной гистологической природы тотальная резекция проведена у 23 пациентов, субтотальная у 6 и парциальная у 4 [28]. Послеоперационные осложнения отмечены у 7 пациентов (21%). Наиболее частыми были: нарастание дефицита черепных нервов, ликворея, инфицирование и гематома в области операционной раны. В исследовании Yoshida K. с соавт. описана серия из 12 пациентов с опухолями, распространяющимися из интракраниального пространства в подвисочную ямку [95]. Применялись различные варианты транскраниальных подходов и комбинации транскраниальных и трансцервикальных доступов. Осложнения были отмечены лишь после трансцервикальных доступов в виде отека глотки и пареза лицевого нерва. Показано, что для широкого спектра опухолей, распространяющихся в подвисочную ямку, транскраниальные доступы (лобно-височный, трансзигоматический, орбитозигоматический) предоставляют необходимый хирургический коридор для радикальной резекции. Вместе с тем, отпадает необходимость в продлении разреза книзу на лицо, манипуляции вблизи лицевого нерва, снижается травматичность доступа. Крупная распространенная невринома в упомянутом исследовании не была удалена полностью из комбинированного лобно-височного и трансзигоматического доступа по причине трудности ориентации в операционной ране. Интраоперационная навигация может помочь в подобных случаях добиться более радикальной резекции.

Таким образом, радикальные резекции экстра-интракраниальных опухолей передне-латеральных отделов основания черепа сопряжены с высоким риском послеоперационных осложнений. Наиболее частыми осложнениями являются некрозы трансплантатов для пластики дефектов основания черепа, недостаточность черепных нервов вследствие манипуляций в зонах их прохождения, ликворея вследствие широкого открытия околоносовых пазух. Осложнения более вероятны при применении трансцервикальных доступов и



подходов через околоушную слюнную железу. Комбинированный транскраниальный (лобно-височный) и экстракраниальный (транскигматический, орбитозигматический) доступы позволяют снизить вероятность послеоперационных осложнений. Вместе с этим, отказ от продления разреза книзу в скуло-височной области приводит к сужению и углублению хирургического коридора, что ведет к усложнению ориентации в операционной ране. В этот момент интраоперационная навигация может помочь улучшить ориентацию хирурга при удалении опухоли.

Недостаточная радикальность и высокая вероятность интра- и послеоперационных осложнений при удалении передне-латеральных экстраинтракраниальных опухолей основания черепа связана во многом с потерей ориентации хирурга в условиях анатомии, измененной опухолевым процессом. Интраоперационная навигация может повысить радикальность и снизить вероятность послеоперационных осложнений.

## Глава 2 Материал и методы исследований

### 2.1 Материалы исследования

#### Описание исследуемых групп пациентов

Предметом исследования является группа из 70 пациентов с опухолями передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением. Критерием включения являлось поражение костного основания черепа с наличием опухоли как минимум интракраниально (в средней черепной ямке) и экстракраниально (в подвисочной ямке). Помимо этих анатомических областей опухоли могли распространяться в переднюю черепную ямку, глазницу, крылонебную ямку, полость носа, околоносовые пазухи и парафарингеальное пространство.

Работа основана на детальном анализе 36 хирургических вмешательств (исследуемая группа, операции проведены в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с 2017 по 2021 гг.) с целью удаления опухолей различной гистологической природы, оперированных транскраниально с применением интраоперационной навигации (при необходимости использовалась эндоскопическая ассистенция). Из них 20 вмешательств (55,6%) выполнено с применением электромагнитной навигации и 16 (44,4%) – с применением оптической навигации. Для сравнения результатов хирургического лечения, проанализированы 34 операции (контрольная группа, оперированы в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с 2016 по 2021 гг.), выполненные без использования навигации.

Включение пациента в ту или иную группу было по сути случайным и зависело от плана работы операционного блока и наличия рабочей навигационной системы. В исследование были включены пациенты с опухолями различной гистологической природы. Учитывая небольшое количество наблюдений, был применен метод псевдорандомизации.

### Распределение пациентов по полу и возрасту

Среди пациентов в исследуемой группе было 12 мужчин и 24 женщины в возрасте от 13 до 79 лет (среднее 48,5), находившихся на обследовании и оперированных с 2017 по 2021 гг. В контрольную группу вошло 12 мужчин и 22 женщины в возрасте от 15 до 77 лет (среднее 51), получивших лечение с 2016 по 2021 гг. (Рисунок 5). Статистически группы по полу ( $p=1$ ) и возрасту ( $p=0,488$ ) были сопоставимы.

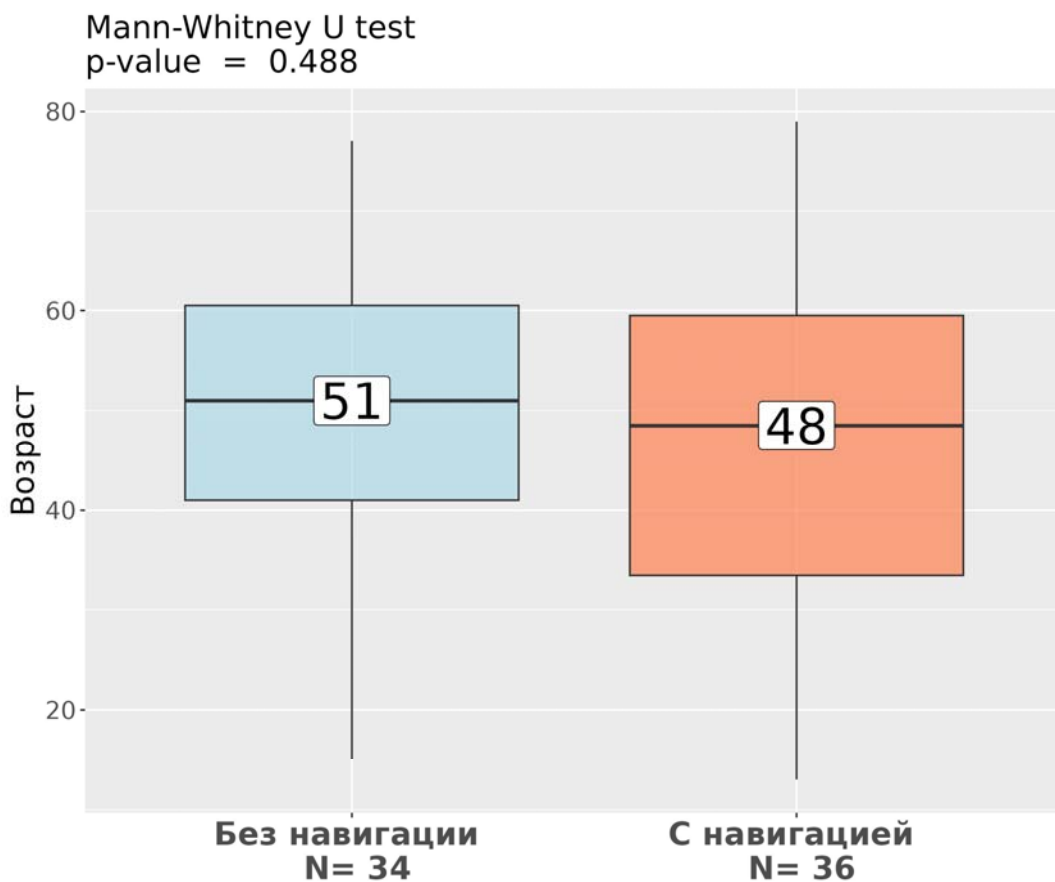


Рисунок 5 - Распределение пациентов по возрасту

### Распределение пациентов по распространенности опухолей

Обязательным условием включения в исследование было наличие интракраниальной опухоли основания черепа с распространением в подвисочную ямку. При этом интракраниальная часть опухоли располагалась в средней черепной ямки и могла распространяться в переднюю черепную ямку, кавернозный синус и пирамиду височной кости. Часть опухолей располагалась

экстрадурально, другая часть распространялась интрадурально с инфильтрацией мозговой ткани лобной и височной долей или без нее (Таблица 1).

Таблица 1 – Распространенность опухолей исследуемой и контрольной группах

Локализация опухоли	Исследуемая группа	Контрольная группа
<b>Интракраниально</b>		
Передняя черепная ямка	2	1
Средняя черепная ямка	36	34
Кавернозный синус	26	20
Меккелева полость	21	16
<b>Костное основание черепа</b>		
Крылья основной кости	36	34
Пирамида височной кости	21	16
Височно-нижнечелюстной сустав	26	17
Скат	5	3
<b>Экстракраниально</b>		
Глазница	19	17
Подвисочная ямка	36	34
Крылонебная ямка	26	27
Верхнечелюстная пазуха	16	10
Основная пазуха	21	10
Лабиринт решетчатой кости	17	6
Полость носа	6	8
Парафарингеальное пространство	32	25

Большое крыло основной кости было включено в зону поражения во всех случаях. В исследуемой группе в 19 случаях отмечалось разрушение, а в 17 случаях - утолщение кости. В контрольной группе в 23 случаях в той или иной степени крыло было разрушено, и в 11 случаях отмечался гиперостоз.

### **Распределение пациентов по гистологическим вариантам опухолей**

Гистологические варианты опухолей исследуемой и контрольной групп представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение пациентов по гистологическим диагнозам

Гистологический диагноз	Количество пациентов	
	Исследуемая группа	Контрольная группа
Менингиома	18	9
Шванномы	3	5
Псевдотумор	0	4
Ангиофиброма	3	1
Аденокарцинома	1	1
Аденокистозный рак	0	1
Плоскоклеточный рак	1	1
Хондросаркома	1	0
Рабдомиосаркома	1	1
Лимфома В-клеточная	1	1
Аденома слюной железы	1	0
Ксантогранулема	0	1
Фиброзная дисплазия	1	1
Гиперплазия костной ткани	1	0
Гемангиома	1	1
Гигантоклеточная опухоль	1	0
Метастаз рака простаты	0	1
Метастаз рака молочной железы	1	0
Миоэпителиальная карцинома	1	0
Дермоидная киста	0	1
Нейрофиброма	0	1
Недифференцированный рак	0	1
Хондробластома	0	1
Параганглиома	0	2
Эхинококк	0	1
Меланома	0	1
Лимфоэпителиальная карцинома	0	1
Пирофосфатная артропатия ВЧНС	1	0

В исследуемой группе 27 пациентов имели доброкачественные опухоли, 7 пациентов – злокачественные опухоли и 2 пациента – опухолеподобные образования. В контрольной группе 19 пациентов имели доброкачественные опухоли, 10 пациентов – злокачественные опухоли и 5 пациентов –

опухолеподобные образования (Рисунок 6). Группы пациентов по гистологическому типу были статистически сопоставимы ( $p=0,226$ ).

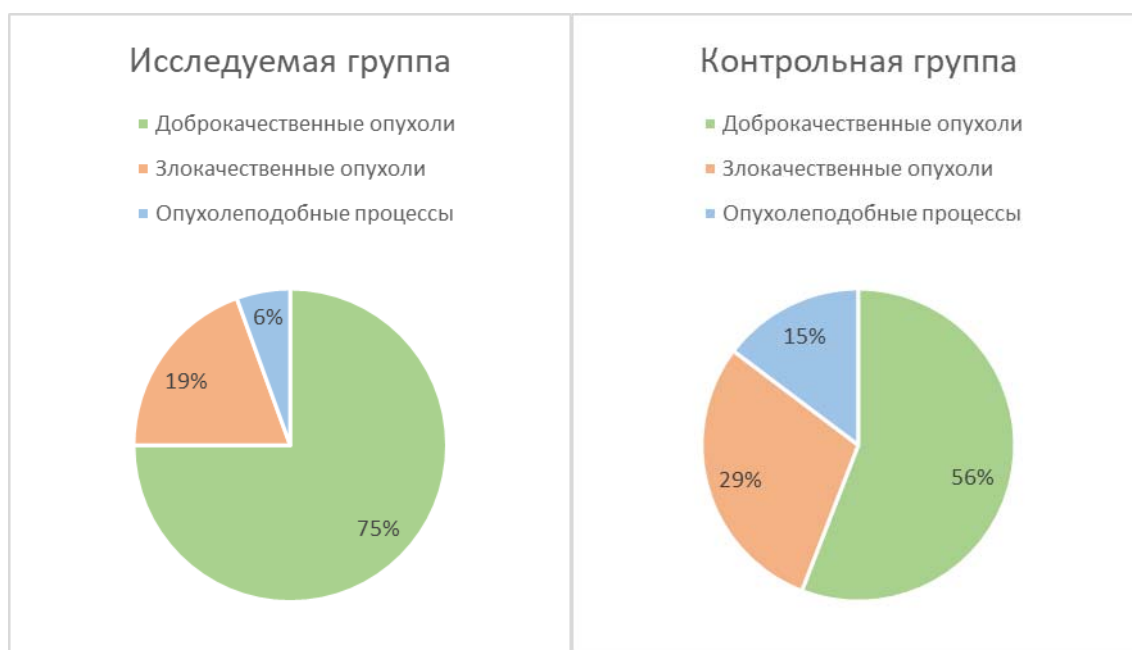


Рисунок 6 - Распределение пациентов по гистологической природе опухолей

### Описание оперативных вмешательств

Целями хирургического лечения при распространенных опухолях основания черепа являются: установление гистологического диагноза (если перед этим не выполнялась биопсия образования) и максимально возможное уменьшение объема опухоли. В случае паллиативных вмешательств доступного для удаления объема опухоли нет и вмешательство направлено на предотвращение, снижение интенсивности или стабилизацию неврологических, косметических и функциональных нарушений. В нашем исследовании во всех случаях имели место доступные для удаления фрагменты опухоли, и все операции были направлены на максимально возможное уменьшение объема опухоли. Паллиативные операции и операции с целью только биопсии опухоли не были включены в наше исследование.

### Хирургический доступ осуществлялся в трех вариациях

Первый вариант - орбитозигматический доступ с лобно-височной краниотомией. Данный вариант применялся при сохранности костных структур крыльев основной кости, латеральной стенки глазницы и скуловой дуги. Первым этапом выполнялась лобно-височная краниотомия. Затем проводилась резекция орбитозигматического лоскута, включающего в себя скуловой отросток лобной кости, скуловой отросток височной кости и верхнюю треть тела скуловой кости. Далее проводилась резекция большого и малого крыльев основной кости до уровня верхней и нижней глазничных щелей, и при необходимости – круглого и овального отверстий. Задней границей костной резекции являлось начало пирамиды височной кости до появления ячей и передней части нижнечелюстной ямки. При этом оба лоскута после удаления опухоли устанавливались на место (Рисунок 7).

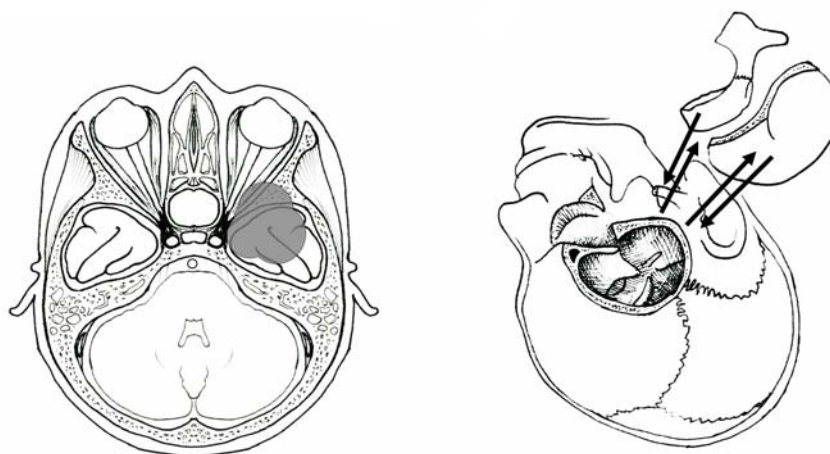


Рисунок 7 – Схема распространения опухоли (слева, выделено серым цветом) и орбитозигматического доступа с лобно-височной краниотомией

Второй вариант - орбитозигматический доступ с резекцией пораженной кости в области большого крыла основной кости. Данный вариант применялся при интактности латеральной стенки глазницы и скуловой дуги и распространении опухоли на латеральные отделы большого и малого крыльев основной кости. При этом первым этапом выполнялся орбитозигматический лоскут по описанной схеме. Далее кость по границе опухолевой инфильтрации

истончалась, и визуализировалась ТМО лобной и височной долей, после чего при помощи высокоскоростного бора проводилась резекция костных структур основания черепа до уровня здоровой костной ткани. Задней границей костной резекции являлось начало пирамиды височной кости до появления ячей и передней части нижнечелюстной ямки. После удаления опухоли орбитозигматический лоскут устанавливался на место, а в области костного дефекта большого крыла основной кости проводилась краниопластика. При небольшом размере дефекта краниопластика не проводилась (Рисунок 8).

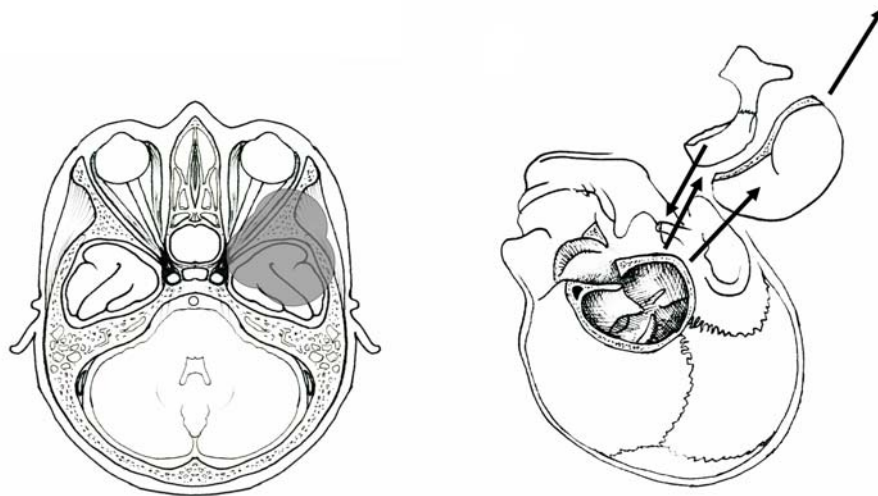


Рисунок 8 – Схема распространения опухоли (слева, выделено серым цветом) и орбитозигматического доступа с резекцией в области большого крыла основной кости

Третий вариант - резекционная разновидность доступа. При поражении латеральных отделов крыльев основной кости, латеральной стенки глазницы и скуловой дуги проводилась резекция орбитозигматического комплекса вместе с латеральными отделами крыльев основной кости. В этих случаях опухоли носили распространенный и, чаще всего, злокачественный характер. Краниопластика в этих случаях не проводилась (Рисунок 9).



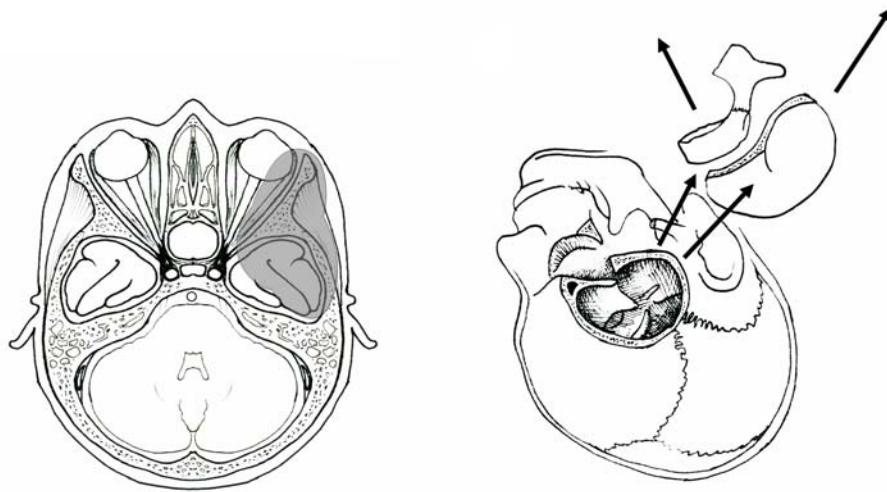


Рисунок 9 – Схема распространения опухоли (слева, выделено серым цветом) и резекционного варианта доступа

В исследуемой группе первый вариант доступа выполнен в 16, второй - в 15, и третий - в 5 вмешательствах. В контрольной группе первый, второй и третий варианты доступа выполнялись в 17, 18 и одном случае соответственно.

Во все случаях помимо краниотомии осуществляется дополнительная костная резекция для расширения хирургического коридора. Граница экстрадурального распространения пролегает по глазничной части лобной кости (верхняя стенка глазницы) и малого крыла основной кости до уровня верхней глазничной щели, далее по большому крылу до уровня нижней глазничной щели, круглого и овального отверстий медиально. При удалении фрагмента опухоли, распространяющейся экстрадурально, лобная и основная кости должны быть резецированы до этой границы. Нижней границей и ориентиром является латеральная пластинка крыловидного отростка. Задняя костная граница пролегает по передней части чешуи височной кости до переднего края суставной ямки ВНЧС и переднего края пирамиды височной кости (о чем при резекции будет указывать появление ячей пирамиды).

Таким образом, костная резекция латеральнее этой границы позволяет получить удалить все доступные фрагменты опухоли. Костная резекция медиальнее этой границы нецелесообразна, так как не увеличивает хирургический коридор для доступных фрагментов опухоли.

### **Повторные операции**

Отдельные подгруппы в исследуемой и контрольных группах составили вмешательства, проводимые в связи с продолженным ростом опухоли после предшествующего хирургического или комплексного лечения. Эти операции отличались наличием рубцового процесса, измененным положением анатомических структур после пластики дефектов основания черепа перемещенными местными тканями. Все это затрудняло ориентацию хирурга в операционной ране. В исследуемой группе таких вмешательств было 15 (41,7%), в контрольной - 8 (23,5%). Группы были статистически сопоставимы ( $p=0,174$ ). В 4 случаях исследуемой группы и в 2 случаях контрольной группы основной операции предшествовала эндоскопическая биопсия опухоли.

### **Предоперационная эмболизация**

При подозрении на наличие выраженной сосудистой сети опухоли по данным нейровизуализации и прогнозируемой обширной кровопотере, проводилась тотальная церебральная ангиография и эмболизация сосудов опухоли (при наличии доступных для эмболизации афферентов). В исследуемой группе церебральная ангиография выполнена в 14 случаях, из них в 8 случаях была выполнена эмболизация афферентов опухоли. В контрольной группе ангиография выполнена 6 пациентам, 3-м из них проведена эмболизация.

### **Эндоскопическая ассистенция**

Распространение опухоли за пределы хирургического коридора в ряде случаев приводило к необходимости применения эндоскопической ассистенции для осмотра и удаления фрагментов опухоли, недоступных для прямого обзора через операционный микроскоп. В исследуемой группе эндоскопическая ассистенция выполнялась в двух случаях, в контрольной группе – в трех.

## **2.2 Методы исследования**

### **Методы клинического исследования**

Комплексное клиническое исследование предшествовало хирургическому лечению в каждом случае: неврологическое, нейроофтальмологическое, отоневрологическое, КТ и/или МРТ головы с контрастом. В исследуемой группе предоперационные МРТ и КТ содержали не менее одной серии с толщиной срезов не менее 1 мм для использования в навигационной станции. Использовались магнитная навигационная система Fiagon (Германия) и оптическая навигационная система Medtronic StealthStation (США). Послеоперационный КТ-контроль с контрастом проводился в первые сутки после операции.

### **Клинико-лабораторные исследования**

Помимо стандартного комплекса исследований: общий анализ крови и мочи, биохимический анализ крови, ЭКГ (электрокардиография) (по показаниям – Эхо-КГ (эхокардиография), рентгенография грудной клетки, ультразвуковое исследование вен нижних конечностей).

### **Гистологическое исследование**

Обычная световая микроскопия производилась во всех случаях. Использовалась общепринятая методика с фиксацией гистологического материала в 10% растворе формалина и с последующей заливкой в парафин с окраской срезов гематоксилин-эозином. В единичных случаях для уточнения гистологической природы опухоли и для выявления характера инвазивности опухоли применялся метод иммуногистохимического анализа.

### **Оценка эффективности хирургического лечения**

Для оценки эффективности хирургического лечения наиболее важными явились оценка неврологических и хирургических осложнений. Неврологическими осложнениями считались нарастание имеющейся или

появление новой неврологической симптоматики. Хирургическими осложнениями считались инфекционно-воспалительные осложнения в области операционной раны, различные типы ликворей, геморрагические осложнения в области операции.

### **Градации оценки раннего послеоперационного периода**

Проводилась оценка частоты неврологических и хирургических осложнений в ближайшем послеоперационном периоде в исследуемой и контрольной группах. Также оценивалась динамика индекса Карновского на моменты поступления и выписки.

### **Методы герметизации и пластики структур основания черепа**

После удаления опухоли производилась герметизация и пластика основания черепа по методике: перемещенный фрагмент жирового тела щеки на питающей ножке, перемещенный лоскут надкостницы, фрагмент височной мышцы. В качестве аллотрансплантатов применялись метил-метакрилат и фибрин-тромбиновый клей.

### **Оценка локализации остаточной опухоли**

Оценка проводилась на основании КТ головы с контрастом, выполненной в первые сутки после операции. Дополнительно в некоторых наблюдениях анализировалась контрольная МРТ с контрастом, выполненная в первые 3 месяца после операции.

### **Статистический анализ**

Фактический материал фиксировался в специально разработанной электронной базе данных «Microsoft Excel». На основании базы данных был проведен статистический анализ фактических данных клинического материала по клиническим признакам, диагностическим данным и лечебным мероприятиям. Статистический анализ данных выполнялся с помощью языка статистического

программирования R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org), версия 3.6.3) в интегрированной среде разработки RStudio Server (версия 1.3.1056). Сценарий статистического анализа был записан в виде программного кода для обеспечения автоматизации и воспроизводимости расчетов.

Задачи оценки статистической значимости различий в распределениях категориальных переменных решали с помощью критерия Хи-квадрат и точного теста Фишера. Для числовых показателей различия оценивали с помощью критерия Стьюдента (для нормально распределенных случайных величин) или критерия Манна-Уитни (при опровержении гипотезы о нормальном распределении).

Результаты тестирования гипотез признавались статистически значимыми при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## Глава 3 Характеристики опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением

### 3.1 Клиническая картина

Клиническая симптоматика была связана с воздействием интракраниального и экстракраниального компонентов опухоли на мозг и окружающие анатомические структур (Таблица 3).

Таблица 3 - Распределение клинической симптоматики

Клиническая симптоматика	Исследуемая группа (n = 36)	Контрольная группа (n = 34)
	Количество пациентов (%)	
Головная боль	15 (41,67%)	13 (38,24%)
Гемигипестезия лица	12 (33,33%)	11 (32,45%)
Зрительные нарушения	12 (33,33%)	10 (29,41%)
Глазодвигательные нарушения	10 (27,78%)	12 (35,29%)
Кондуктивная тугоухость	10 (27,78%)	10 (29,41%)
Экзофтальм	8 (22,22%)	10 (29,41%)
Затруднения при открывании рта	7 (19,44%)	2 (5,88%)
Деформация лица	6 (16,67%)	9 (26,47%)
Прозопарез	6 (16,67%)	1(2,94%)
Обонятельные нарушения	6 (16,67%)	2 (5,88%)
Нарушения координации	5 (13,89%)	2 (5,88%)
Тригеминальная нейропатия	4 (11,11%)	7 (20,59%)
Пирамидная симптоматика	3 (8,33%)	1 (2,94%)
Структурная эпилепсия	3 (8,33%)	8 (8,82%)
Птоз или полуптоз	2 (5,56%)	5 (14,71%)
Когнитивно-личностные нарушения	1 (2,78%)	2 (5,88%)

Воздействие опухоли на мозг проявлялось головной болью, структурной эпилепсией и когнитивно-личностными нарушениями. При распространении отека мозговой ткани на кортико-спинальный тракт возникали пирамидная симптоматика в виде гемипареза и координаторных нарушений.

Сдавление опухолью ветвей тройничного нерва приводило к нейропатии в области их иннервации на лице, проявляющейся гемигипестезией и болями. При воздействии опухоли на зрительный нерв в зрительном канале и/или глазнице

возникали зрительные нарушения. Воздействие опухоли на обонятельные нервы на основании передней черепной ямки проявлялось первичными обонятельными нарушениями. Поражение экстраокулярных мышц и глазодвигательных нервов приводило к глазодвигательным нарушениям, в том числе, с наличием птоза или полуптоза вследствие нарушения функции мышцы, поднимающей верхнее веко. При компрессии слуховой трубы возникала кондуктивная тугоухость, а при поражении опухолью структур височно-нижнечелюстного сустава и/или вовлечении латеральной крыловидной мышцы, возникало затруднение при открывании рта. Компрессия лицевого нерва опухолью вызывала периферический прозопарез на стороне опухоли. При распространении опухоли в скуло-височную область возникала деформация лица.

График распределения клинической симптоматики представлен на рисунке 10.

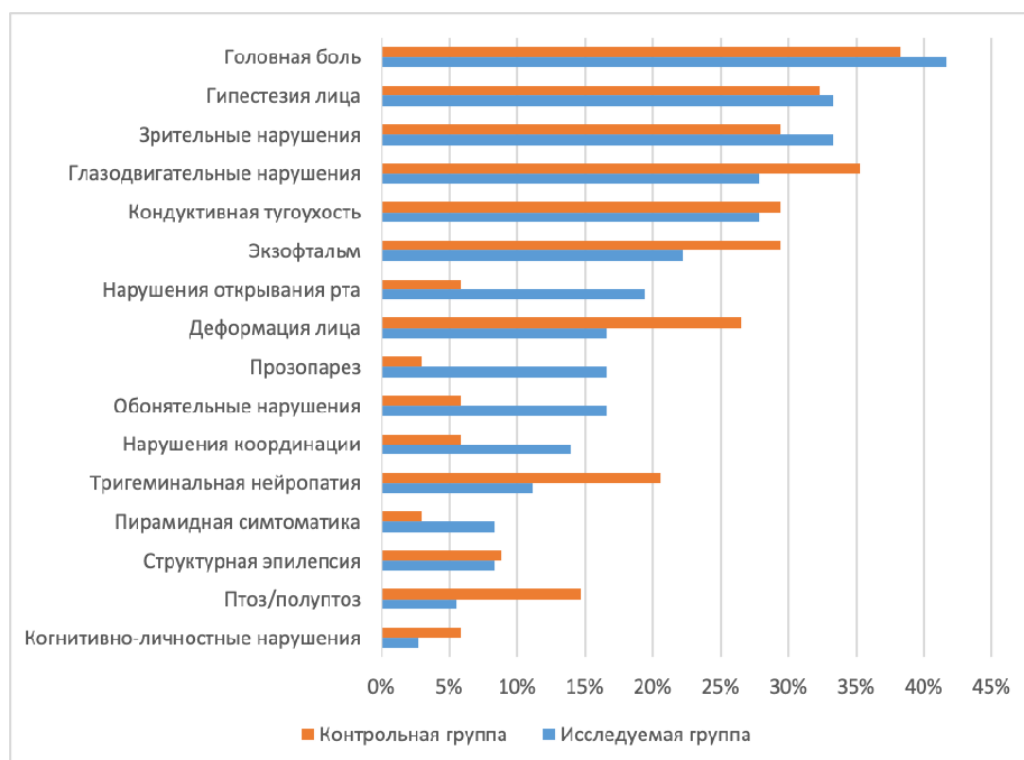


Рисунок 10 – Распределение клинической симптоматики

Общая клиническая динамика в обеих группах оценивалась по общепринятому индексу Карновского. Исходно состояние пациентов в исследуемой и контрольной группах было статистически сопоставимо: индекс

Карновского составил в среднем от 70 до 80 баллов на момент госпитализации (Рисунок 11).

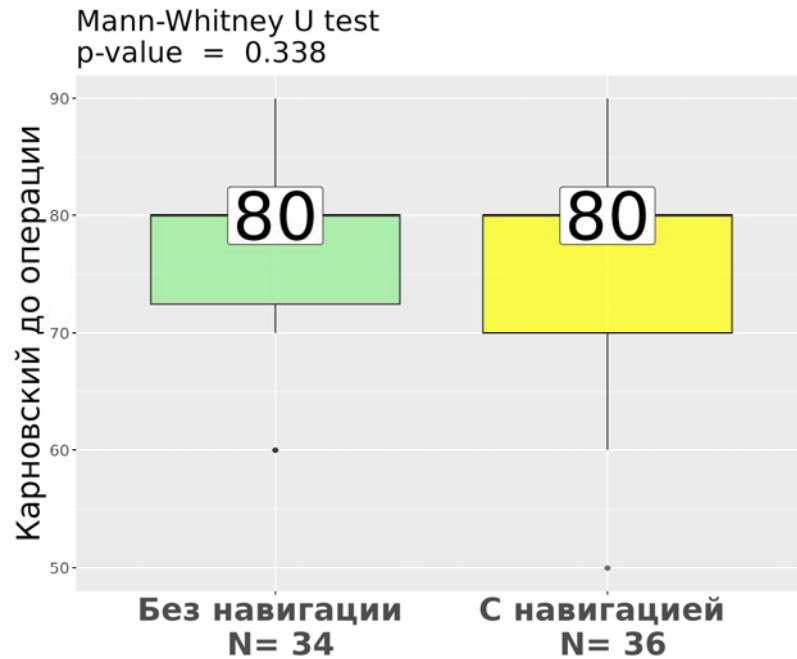


Рисунок 11 – Распределение пациентов по индексу Карновского

### 3.2 Рентгенологическая характеристика

Предоперационный анализ рентгенологических данных необходим для оценки возможностей и результатов применения навигации.

Опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением – сложный объект с точки зрения оценки распространенности патологического процесса. Анатомические области наружного основания черепа характеризуются сложной пространственной конфигурацией, а ткани различной плотности и мобильности находятся в тесной и разнородной взаимосвязи.

При распространении опухоли анатомические структуры изменяют свое положение, что затрудняет ориентацию хирурга и формирование плоскостей диссекции. Одной из задач данного исследования является попытка создания алгоритма оценки опухолей по данным КТ и МРТ для оптимизации планирования операции и оценки результатов применения навигации.

При формировании образа опухоли на основании МРТ и КТ нельзя не



учитывать закономерности распространения опухолей в области наружного и внутреннего основания черепа. Это, в свою очередь, неразрывно связано с гистологической природой, которая определяет закономерности распространения опухолей.

Чтобы охарактеризовать опухоли исследуемой группы необходимо описать рентгенологическую картину распространения опухолей на наружное основание черепа. Опухоли средней черепной ямки распространяются экстракраниально в глазницу, полость носа и околоносовые пазухи, подвисочную ямку, крылонебную ямку, парафарингеальное пространство, а также могут поражать ВНЧС и пирамиду височной кости.

Один из основных путей распространения опухолей основания черепа – распространение в глазницу через верхнюю глазничную щель. При таком распространении опухоль обнаруживается в области вершины глазницы (Рисунок 12).

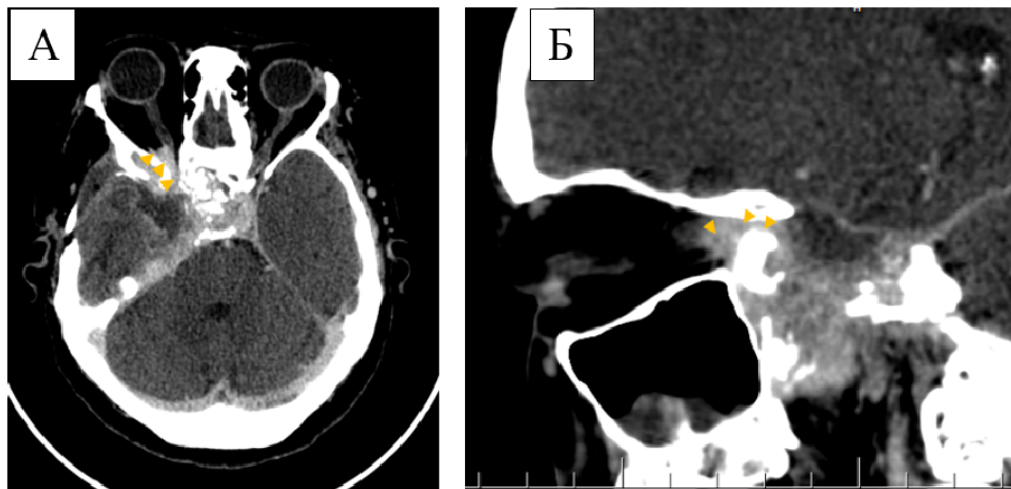


Рисунок 12 - КТ с контрастом пациента Л., исследуемая группа. Аксиальный срез – А, сагиттальный срез – Б. Стрелками показано распространение опухоли в глазницу через верхнюю глазничную щель (менинготелиоматозная менингиома, WHO Grade I). При этом большое крыло основной кости утолщается

Так распространяются злокачественные опухоли, для которых характерна периневральная инвазия, и опухоли периферических нервов. Также могут распространяться менингиомы кавернозного синуса, инфильтрирующие глазницу.

Другой путь распространения патологических процессов в глазницу – путем разрушения опухолью ее стенок без перидуральной или периневральной инвазии (Рисунок 13). Злокачественные опухоли и менингиомы могут распространяться в глазницу обоими путями: одновременно и через верхнюю или нижнюю глазничные щели, и путем разрушения ее стенки, а также прямой инвазии крыльев основной кости с формированием гиперостоза и инфильтрацией надкостницы глазницы. Таким образом, при распространении опухоли в глазницу костное основание черепа (крылья основной кости) может утолщаться (гиперостоз), истончаться или разрушаться.

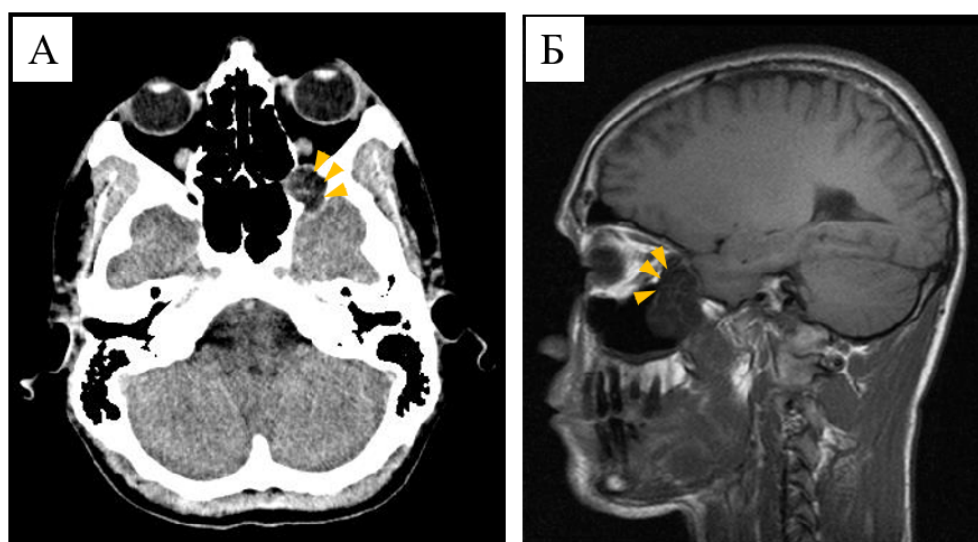


Рисунок 13 - Пациент Д., контрольная группа, эхинококкоз. А - КТ с контрастированием, Б - МРТ в режиме T1. Стрелками показано распространение процесса в глазницу путем разрушения ее боковой стенки (большое крыло основной кости)

В крылонебную ямку опухоли чаще всего распространяются из подвисочной ямки через крыловидно-верхнечелюстную щель. При этом на КТ и МРТ это проявляется как внедрение опухоли между задней стенкой верхнечелюстной пазухи и большим крылом основной кости (Рисунок 14).

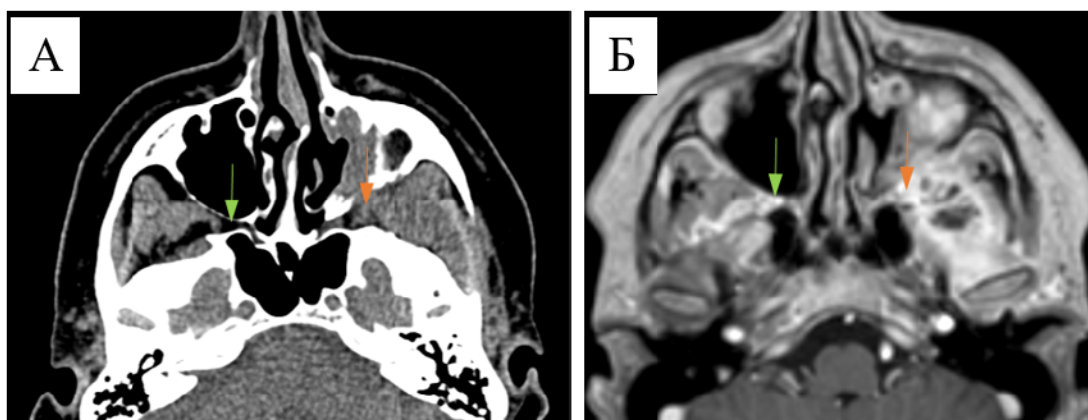


Рисунок 14 - Пациентка В., контрольная группа, воспалительная псевдоопухоль. А - КТ, Б - МРТ в режиме T1 с контрастом. Вид крылонебной ямки на здоровой стороне (зеленые стрелки), и на стороне патологического процесса (оранжевые стрелки)

Описание распространения опухолей в подвисочную ямку и парафарингеальное пространство осложняется отсутствием единого подхода к рентгенологической характеристике этих анатомических областей. Так согласно Cummings, передней стенкой подвисочной ямки является задняя стенка верхнечелюстной пазухи и нижняя глазничная щель, задней – сосцевидный отросток и барабанная часть височной кости, верхней – нижняя часть большого крыла основной кости, и чешуя височной кости, латеральной – скуловая дуга и ветвь нижней челюсти [40]. Кверху подвисочная ямка сообщается с височной ямкой через височное отверстие. Медиальная граница описывается в литературе по-разному: латеральная пластинка крыловидного отростка, глотка, мышца, напрягающая, и мышца, поднимающая небную занавеску (Gray's anatomy) [87]; крыловидный отросток (обе пластинки), латеральная часть ската, первый шейный позвонок, нижняя поверхность каменистой части височной кости (Cummings). Ямка описывается без анатомического дна, условное дно проводится либо на уровне нижнего края медиальной пластинки крыловидного отростка, либо на уровне верхнего края заднего пучка двубрюшной мышцы.

Согласно отечественной литературе, подвисочная ямка снаружи ограничена скуловой дугой и ветвью нижней челюсти, медиально - крыловидным отростком, сверху – большим крылом основной кости, спереди – задней стенкой верхней

челюсти и височной поверхностью скуловой кости. Снизу и сзади подвисочная ямка открыта и не имеет костных стенок [16].

Рентгенологическая классификация Harnsberg (Рисунок 15) выделяет жевательную область (выделено синей пунктирной линией), состоящую из мышц, участвующих в жевании (жевательная, латеральная и медиальная крыловидные и височная), задней части тела нижней челюсти, нижнечелюстного нерва и внутренней ветви верхнечелюстной артерии [46].

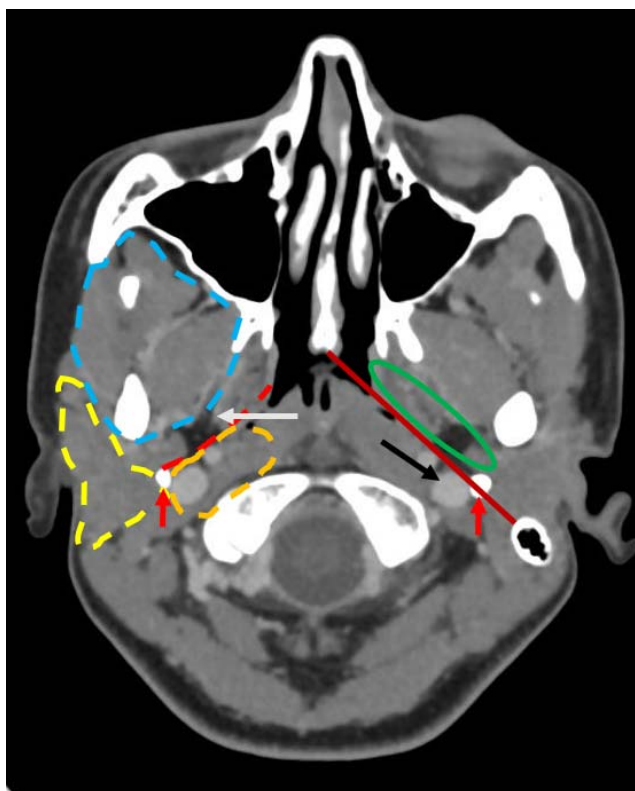


Рисунок 15 - На КТ с контрастом отмечены зоны классификации Harnsberg и соавт. (слева) и Som и соавт. (справа): околоушное пространство выделено светло-желтой пунктирной линией, парафарингеальное пространство указано серой стрелкой, каротидное пространство выделено оранжевой пунктирной линией, отделено красной пунктирной линией от парафарингеального пространства, красной линией указана проекция шило-глоточной фасции, прстилоидный отдел выделен овалом, внутренняя яремная вена указана черной стрелкой, шиловидные отростки указаны красными стрелками

Жевательную область ограничивают поверхностный и глубокий слои шейной фасции. Кзади эта область граничит с парафарингеальным пространством и околоушной слюнной железой (околоушное пространство). Парафарингеальное

пространство – это пространство, располагающееся латеральнее глотки и среднего слоя шейной фасции, заполнено жиром и лежит кпереди от шиловидного отростка. Также в это пространство включены: крыловидное венозное сплетение, восходящая глоточная артерия и дольки слюнных желез, разбросанных в жировой клетчатке. Кзади от сосцевидного отростка лежит каротидное пространство, включающее ВСА и каудальную группу черепных нервов. Данная классификация удобна для описания процессов, которые распространяются вдоль фасциальных плоскостей, таких как флегмоны.

Однако опухолевые процессы зачастую распространяются, нарушая фасциальные плоскости, и для их описания предложена другая классификация. Som P. с соавт. предложили разделить парафарингеальное пространство на престилоидный и ретростилоидный отделы [85]. Границей между отделами является шиловидный отросток и шило-глоточная фасция, покрывающая шило-глоточную, шило-язычную и шило-подъязычную мышцы. В престилоидном отделе располагаются структуры, аналогичные каротидному пространству в классификации Harnsberg. В ретростилоидном пространстве располагается ВСА, внутренняя яремная вена, параганглионарная ткань, IX-XII черепные нервы (IX кпереди, остальные кзади от сосудов), симпатическое сплетение. Шиловидный отросток и шило-глоточная фасция являются прочным барьером для распространения опухолей, поэтому авторы выделили образования, характерные для каждого из отделов. Для ретростилоидного отдела характерны опухоли гломусного ряда и редкие опухоли оболочек нервов каудальной группы. Как показала практика, хирургические манипуляции в ретростилоидном отделе сопряжены с крайне высокими хирургическими рисками. Поэтому методом выбора гломусных опухолей на сегодняшний день является лучевое лечение.

После анализа существующих подходов для описания распространения опухолей основания черепа экстракраниально нами предложены следующие условные рентгенологические границы подвисочной ямки и смежных областей. Передней границей подвисочной ямки является задняя стенка верхнечелюстной пазухи, а верхней - нижнюю часть большого крыла основной кости и чешую

височной кости, что согласуется с общепринятым в литературе подходом. Нижней условной границей будем считать нижний край крыловидного отростка. Задней границей будем считать переднюю границу нижнечелюстной ямки, капсулу ВНЧС и головку нижней челюсти. Медиальной границей будем считать медиальный край латеральной крыловидной мышцы и латеральную пластинку крыловидного отростка. Проекцией медиального края на костное основание черепа будет считаться овальное отверстие. Кзади и медиально от вышеописанной области лежит парафарингеальное пространство, состоящее из пре- и ретростилоидного отделов (согласуется с классификацией Som P. с соавт.).

С точки зрения фасциальных пространств можно разделить подвисочную ямку на жевательное пространство и парафарингеальное пространство (Рисунок 16).

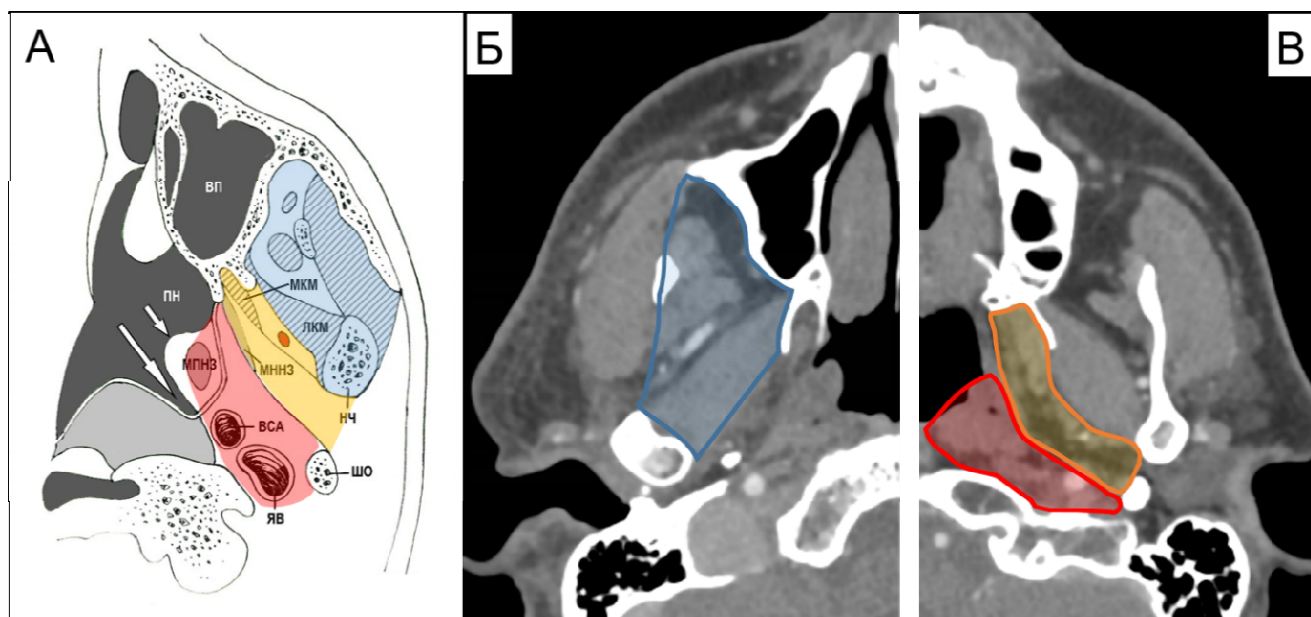


Рисунок 16 – Схема (А) и КТ головы (Б и В) аксиального среза на уровне крыловидного отростка основной кости: жевательная область (выделена синим), престилоидный (выделен желтым) и ретростилоидный (выделен красным) отделы парафарингеального пространства. Красным овалом выделена 3-я ветвь тройничного нерва после выхода из овального отверстия. ВП – верхнечелюстная пазуха, ПН – полость носа, МПНЗ – мышца, поднимающая небную занавеску, ЯВ – яремная вена, ВСА – внутренняя сонная артерия, ШО – шиловидный отросток, МННЗ – мышца, напрягающая небную занавеску, НЧ – нижняя челюсть, МКМ – медиальная крыловидная мышца, ЛКМ – латеральная крыловидная мышца, короткая стрелка – трубный валик, длинная стрелка – ямка Розенмюллера

Опухоли, распространяющиеся через овальное отверстие экстракраниально, на первом этапе проникают между латеральной крыловидной мышцей кпереди и фасцией мышцы, напрягающей небную занавеску кзади. ВНЧС является естественным препятствием на пути распространения опухолей кзади. В нашем исследовании лишь в одном случае инфильтрация опухоли кзади и медиально от сустава привела к необходимости осуществить резекцию головки сустава. Поэтому в нашей системе оценки задней границей подвисочной ямки является головка сустава и передний край нижнечелюстной ямки. Кзади и медиально естественной границей распространения опухолей данной группы является шиловидный отросток и шило-глоточная фасция. Книзу эти опухоли могут распространяться неограниченно, так как отсутствует естественное дно подвисочной ямки. По данным крупного исследования Yoshida К. с соавт. комбинация транскраниального доступа с резекцией элементов скуловой кости позволяют удалять опухоли, опускающиеся до 4,5 см книзу от уровня наружного основания черепа. Опухоли, распространяющиеся ниже, обычно требуют дополнительно производить шейный доступ [95].

### **3.3 Характеристика распространения опухолей в зависимости от гистологии**

Опухоли распространяются по путям наименьшего сопротивления. Это значит, что опухоль распространяется в первую очередь в щели, каналы и вдоль твердых и плотных анатомических структур, а уже потом разрушает костные и мягкотканые структуры, являющиеся естественными ограничителями распространения опухолей. Рассмотрим с этой позиции опухоли передне-латеральных отделов основания черепа в зависимости от их тканевой принадлежности.

Костные опухоли вызывают расширение костных структур и в ряде случаев их разрушение. Так при фиброзной дисплазии происходит утолщение костей основания черепа. При этом окружающие структуры не поражаются опухолью, а смещаются под воздействием увеличивающейся опухолевой массы. При этом естественные отверстия могут сужаться с компрессией структур, проходящих

через них. Другие опухоли вместе с увеличением костной ткани (остеобластический процесс), могут вызывать разрастание мягкотканного компонента опухоли с оттеснением или прорастанием соседних тканей. Мягкотканый компонент будет распространяться в области наименьшего сопротивления.

Мягкотканые опухоли распространяются по путям наименьшего сопротивления вдоль костных структур и плотных оболочек. В случае длительно растущих опухолей костные структуры могут смещаться и истончаться от длительной компрессии прилежащей опухоли. Агрессивные мягкотканые опухоли могут на первом этапе распространяться вдоль костных и мягкотканых анатомических структуры, не разрушая их.

Опухоли мозговых оболочек имеют особый характер распространения в области основания черепа. Менингиомы распространяются вдоль ТМО, формируют зачастую гиперостоз с мягкотканой экстракраниальной инфильтрацией. В случае гиперостотических краниоорбитальных менингиом опухоль поражает ТМО основания височной и/или лобной долей, формирует гиперостоз крыльев основной кости. При дальнейшем распространении опухоль поражает надкостницу и формирует мягкотканый компонент в глазнице. Гиперостоз большого крыла основной кости может перейти на тело основной кости, височную кость и крыловидный отросток, что приведет к обнаружению мягкотканного компонента опухоли в просвете основной пазухи и в подвисочной ямке. Гиперостоз латеральных отделов большого крыла может приводить к формированию мягкотканного компонента в височной ямке и под височной мышцей.

Опухоли черепных нервов имеют особый паттерн распространения. Они распространяются между дубликатурами ТМО. Например, опухоль Гассерова узла начинает свой путь из Меккелевой полости. Далее опухоль может распространяться между дубликатурами латеральной стенки кавернозного синуса. Оттуда через верхнюю глазничную щель – в глазницу, через нижнюю глазничную щель – в крылонебную, а через овальное отверстие – в подвисочную ямку. Другой



путь из Меккелевой полости – интрадурально в область задней черепной ямки.

Этим же путем происходит периневральная инвазия злокачественных опухолей.

### **3.4 Система оценки распространенности опухолей**

Целесообразно выделить 3 топографо-анатомические зоны экстраинтракраниального распространения опухолей передне-латеральных отделов основания черепа и на основании этого построить алгоритм рентгенологического описания.

Экстрадуральная зона распространения охватывает как экстра- так и интракраниальное пространство и лежит снаружи от ТМО. В эту зону входят все костные структуры и мягкие ткани анатомических областей наружного основания черепа (глазница, околоносовых пазух, полость носа, крылонебная и подвисочная ямки, парафарингеальное пространство).

Интердуральная зона распространения - это зона, формирующаяся дубликатами и структурами ТМО:

- полость кавернозного синуса (между латеральной и медиальной стенками);
- латеральная стенка кавернозного синуса (состоит из 2 слоев ТМО);
- Меккелева полость (состоит из 2 слоев ТМО).

Опухоли мозговых оболочек (напр., менингиома) прорастают ТМО и могут распространяться как внутри, так и снаружи этой зоны. Для опухоли оболочек нервов (например, шваннома) ТМО, как правило, является ограничивающим фактором, и вначале эти опухоли лежат внутри этой зоны и, только по мере своего роста, распространяются периневрально экстрадурально через отверстия черепа на наружное основание черепа, а также через тройничную полость интрадурально субтенториально (Рисунок 17).

Интрадуральная зона распространения лежит интракраниально внутри от внутреннего листка ТМО и охватывает переднюю, среднюю и заднюю черепные ямки с мозговой тканью, мягкой и арахноидальной оболочками.

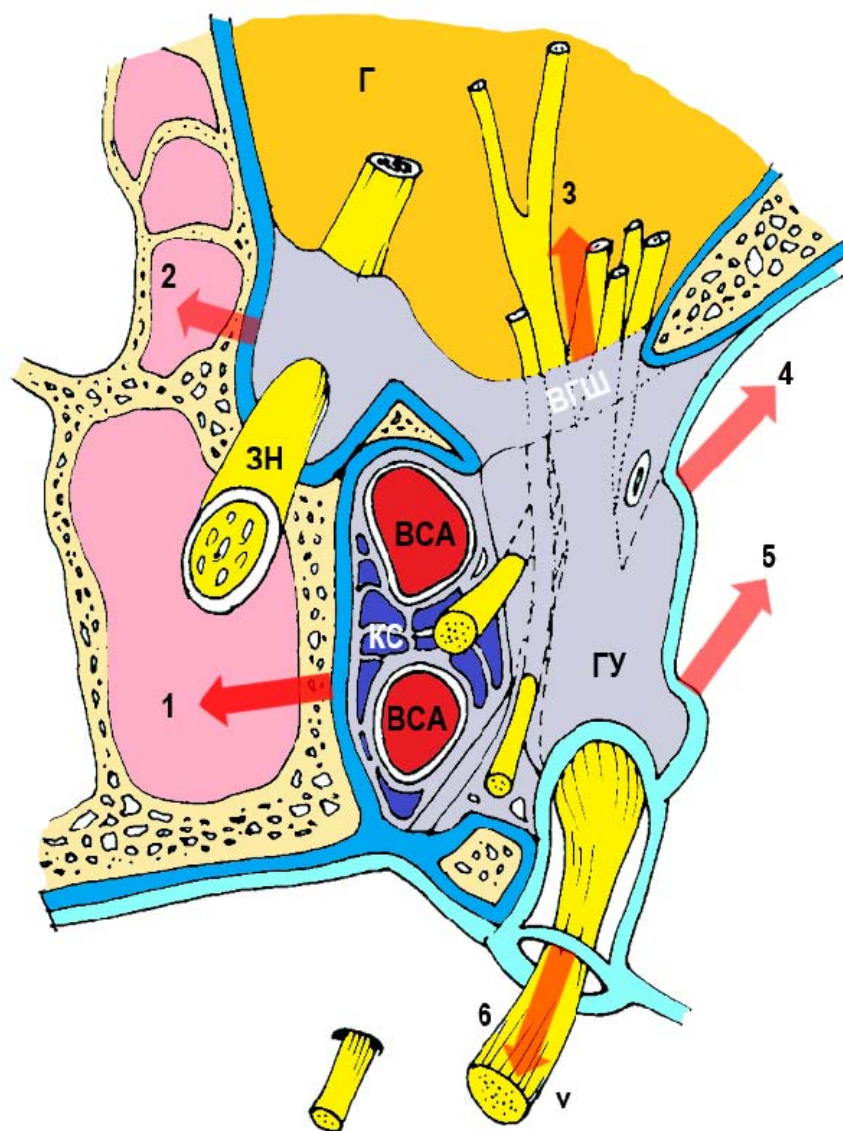


Рисунок 17 - Схема интрадурального и экстрадурального распространения опухолей. Красными стрелками показано возможное распространение опухолей в основную пазуху (1), лабиринт решетчатой кости (2), глазницу (3), крылонебную (4) и подвисочную ямки (5), заднюю черепную ямку (6) по ходу корешка тройничного нерва (V). ГУ – Гассеров узел, КС – кавернозный синус, ВСА – внутренняя сонная артерия, ЗН – зрительный нерв, ВГЩ – верхняя глазничная щель, Г - глазница

Для оценки распространенности опухолей предлагается следующая схема (Таблица 4).

Таблица 4 - Топографо-анатомические зоны распространения опухолей согласно данным нейровизуализации

Интрадурально	Интердурально	Экстрадурально	
Передняя черепная ямка	Кавернозный синус	Глазница	Лабиринт решетчатой кости
		Крылья основной кости	Околоносовые пазухи
Средняя черепная ямка	Меккелева полость	Подвисочная ямка	Полость носа
		Парафарингеальное пространство	Крылонебная ямка
Задняя черепная ямка		Пирамида височной кости	Височно- нижнечелюстной сустав

Соответственно, можно выделить 3 типа экстра-интракраниального распространения опухолей основания черепа (Рисунок 18):

Тип I – экстра-интрадуральные опухоли без интердурального компонента;

Тип II – экстра-интердуральные опухоли без интрадурального распространения;

Тип III – опухоли, распространяющиеся кнаружи, кнутри и между листками и дубликатами ТМО.



Рисунок 18 - Показано взаимоотношение зон распространения экстра-интракраниальных опухолей передне-латеральных отделов основания черепа и принцип классификации

### **Тип I: экстра-интрадуральные опухоли**

Опухоли данного типа берут начало из костной или соединительной ткани. Обычно эти опухоли куполообразно отгесняют ТМО средней черепной ямки вверх, при этом их удается отделить от ТМО и удалить радикально. В других случаях они проникают интрадурально и могут создавать масс-эффект и перифокальный отек мозговой ткани. Для них не характерно распространение между дупликатурами ТМО (кавернозный синус, Меккелева полость), так как они лежат более латерально (Рисунок 19). Тем не менее эти опухоли экстракраниально могут распространяться в область парафарингеального пространства и пирамиды височной кости и располагаться в непосредственной близости с экстракраниальным отделом ВСА. При этом для снижения риска повреждения сосуда может применяться интраоперационная навигация.

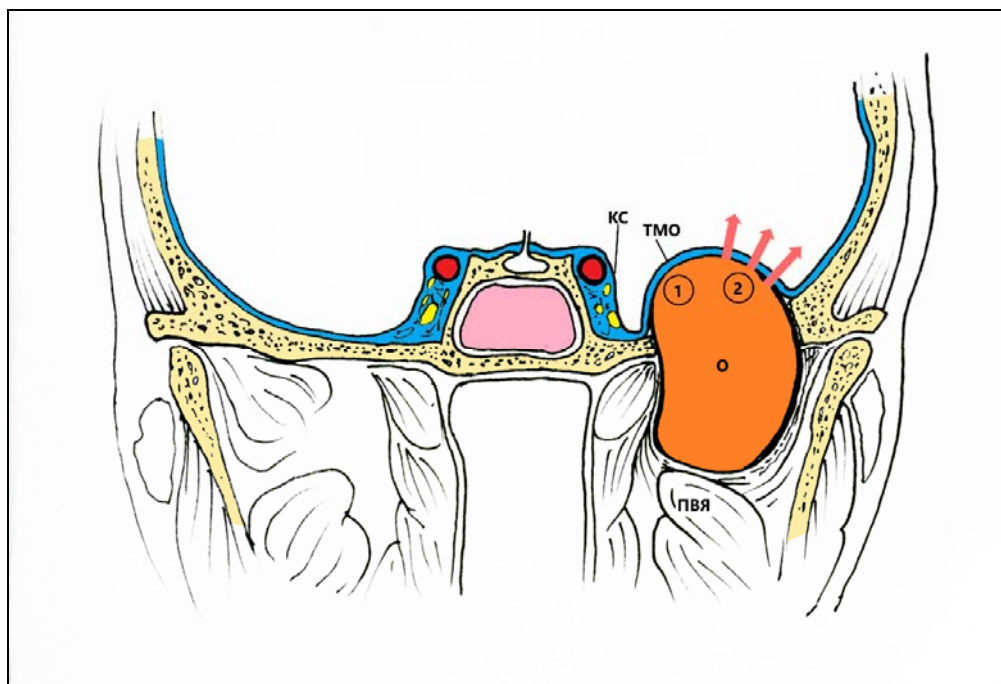


Рисунок 19 – Схематический фронтальный срез головы на уровне кавернозного синуса, демонстрирующий взаимоотношения опухоли и структур ТМО при I типе распространения: КС – кавернозный синус, О – опухоль, ПВЯ – подвисочная ямка, 1 – опухоль не проникает интрадурально, 2 - распространение опухоли интрадурально

Примером опухоли I типа без интрадурального распространения является опухоль у пациентки М. 41 года с меланомой в области средней черепной ямки (Рисунок 20, контрольная группа). Опухоль, гетерогенно накапливающая контрастный препарат, располагается экстрадурально, куполообразно приподнимая ТМО средней черепной ямки. Отсутствие перифокального отека мозговой ткани на МРТ в режиме T2 указывает на отсутствие интрадурального прорастания опухоли. При этом костное основание средней черепной ямки разрушено, опухоль вовлекает ВНЧС. На КТ отмечается костная плотность опухоли и распространение в подвисочную ямку и пирамиду височной кости, где граничит с каменной частью ВСА.

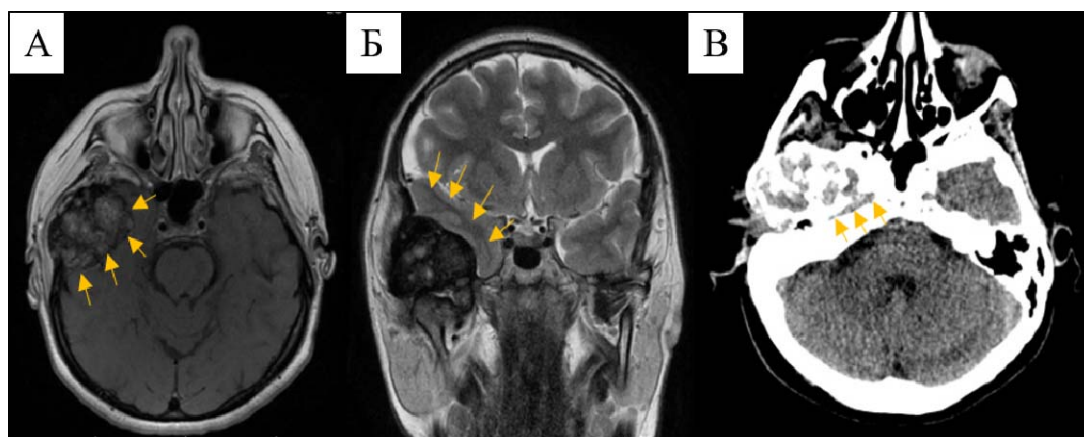


Рисунок 20 – МРТ и КТ опухоли I типа (пациентка М., меланома, контрольная группа). А – МРТ в режиме Т1 с контрастным усилением (желтыми стрелками указано экстрадуральное расположение опухоли); Б - МРТ в режиме Т2 (желтыми стрелками указано отсутствие перифокального отека мозговой ткани); В – КТ с контрастным усилением (желтыми стрелками указан канал ВСА в пирамиде височной кости)

Еще один пример опухоли I типа: хондросаркома основания средней черепной ямки слева у пациентки К. 69 лет (контрольная группа). На МРТ опухоль гетерогенной плотности заполняет подвисочную ямку и распространяется парафарингеально, где граничит с ВСА (Рисунок 21). Также в опухолевый процесс вовлекается ВЧС, костное основание средней черепной ямки разрушается, а ТМО височной доли куполообразно поднимается вверх.

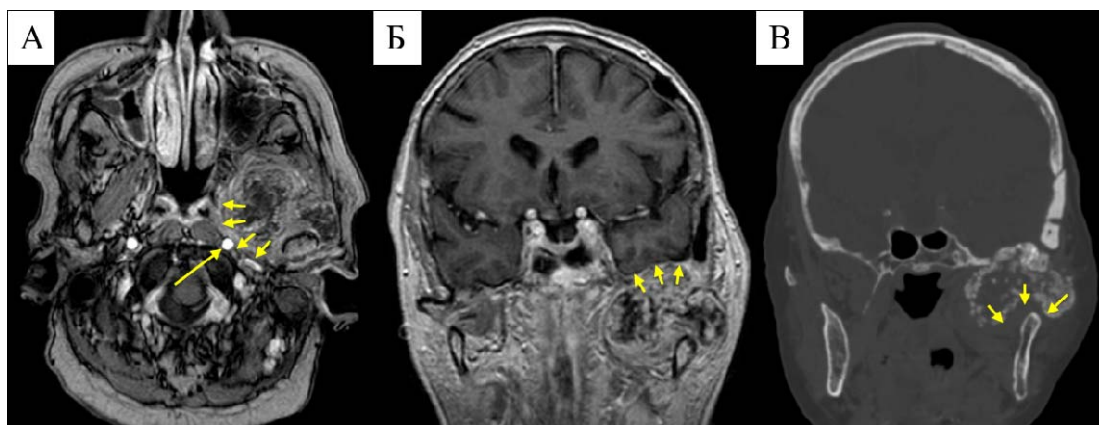


Рисунок 21 - МРТ и КТ опухоли I типа (пациентка К., хондросаркома, контрольная группа). А, Б - МРТ в режиме Т1 с контрастным усилением (короткими желтыми стрелками указано парафарингеальное распространение опухоли, куполообразное поднятие ТМО височной доли, длинной желтой стрелкой указано расположение ВСА экстракраниально); В - КТ (короткими желтыми стрелками указано вовлечение ВЧС)

Примером опухоли I типа с формированием интрадурального узла опухоли является опухоль у пациента К. 72 лет с метастазом рака предстательной железы в области средней черепной ямки. Опухоль инфильтрировала костное основание средней черепной ямки (Рисунок 22) и распространялась экстра-интракраниально. При этом на МРТ в режиме T2 виден интрадуральный узел опухоли и перифокальный отек мозговой ткани. Опухоль не контактировала с кавернозным синусом и не проникала между дупликаатур ТМО.

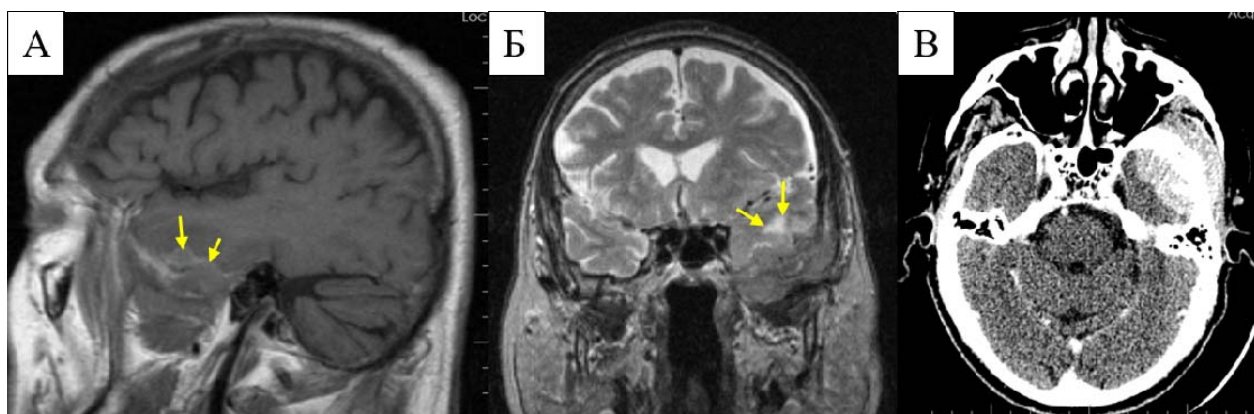


Рисунок 22 - МРТ и КТ опухоли I типа (пациент К., метастаз рака простаты, контрольная группа). А - МРТ в режиме T1 с контрастным усилением (желтыми стрелками указано интрадуральный узел опухоли); Б - МРТ в режиме T2 (желтыми стрелками указан перифокальный отек мозговой ткани); В - КТ с контрастным усилением

Еще одним примером новообразования I типа с интрадуральным распространением является воспалительная псевдоопухоль у пациентки В. 54 лет (контрольная группа). Новообразование формировало интрадуральный узел с выраженным перифокальным отеком мозговой ткани и экстрадуральный компонент в подвисочной ямке (Рисунок 23). При этом новообразование не распространялось на кавернозный синус и Меккелеву полость. Опухоли данного типа чаще всего злокачественной природы, лежат латеральнее кавернозного синуса и не поражают дупликации ТМО.

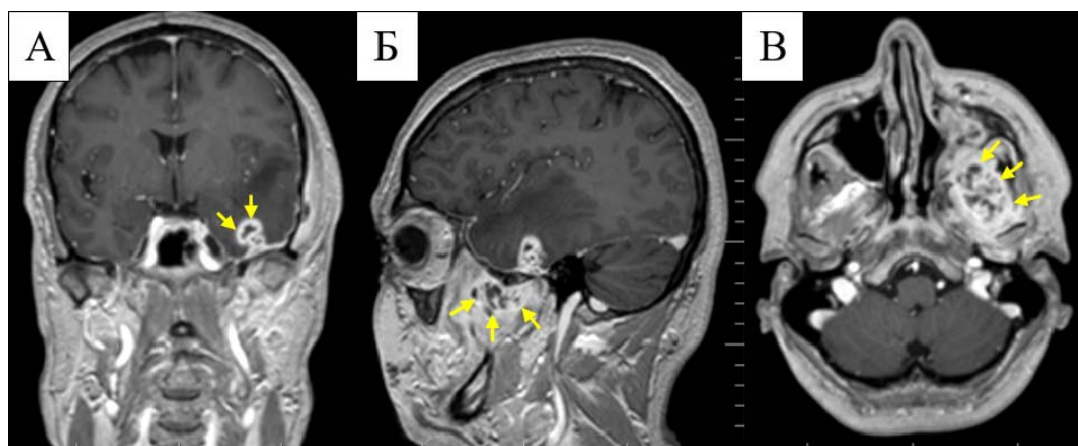


Рисунок 23 - МРТ в режиме T1 с контрастным усилением опухоли I типа (пациентка В., воспалительная псевдоопухоль, контрольная группа). А - фронтальный срез (желтыми стрелками указан интрадуральный узел опухоли); Б - сагиттальный срез (желтыми стрелками указано экстрадуральный компонент опухоли в подвисочной ямке); В - аксиальный срез (желтыми стрелками указано экстрадуральный компонент опухоли в подвисочной ямке)

### Тип II: экстра-интердуральные опухоли

В этот тип опухолей входят опухоли оболочек нервов и некоторые злокачественные эпителиальные опухоли, склонные к периневральной инвазии. Эти опухоли раздвигают листки дупликатуры ТМО и распространяются как интракраниально в среднюю черепную ямку без нарушения целостности внутреннего слоя ТМО, так и экстракраниально (Рисунок 24).

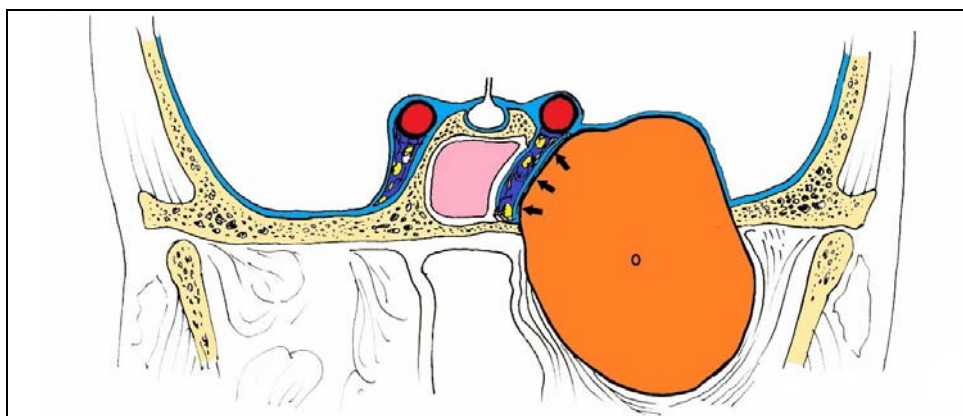


Рисунок 24 - Схематический фронтальный срез головы на уровне кавернозного синуса, демонстрирующий взаимоотношения опухоли и структур ТМО при II типе распространения (О - опухоль, стрелками показано отеснение кавернозного синуса без его повреждения)



При этом кавернозный синус оттесняется опухолью медиально, без нарушения целостности его наружной стенки (Рисунок 24).

Примером экстра-интердуральной опухоли является опухоль у пациента Х., 48 лет со шванномой третьей ветви тройничного нерва в области средней черепной ямки справа (Рисунок 25). Чаще всего распространение таких опухолей происходит через расширенные отверстия основания черепа. В этом случае опухоль будет располагаться медиальнее латеральной крыловидной мышцы, то есть в простилоидном отделе парафарингеального пространства. При этом ТМО основания средней черепной ямки куполообразно приподнимается без нарушения целостности.

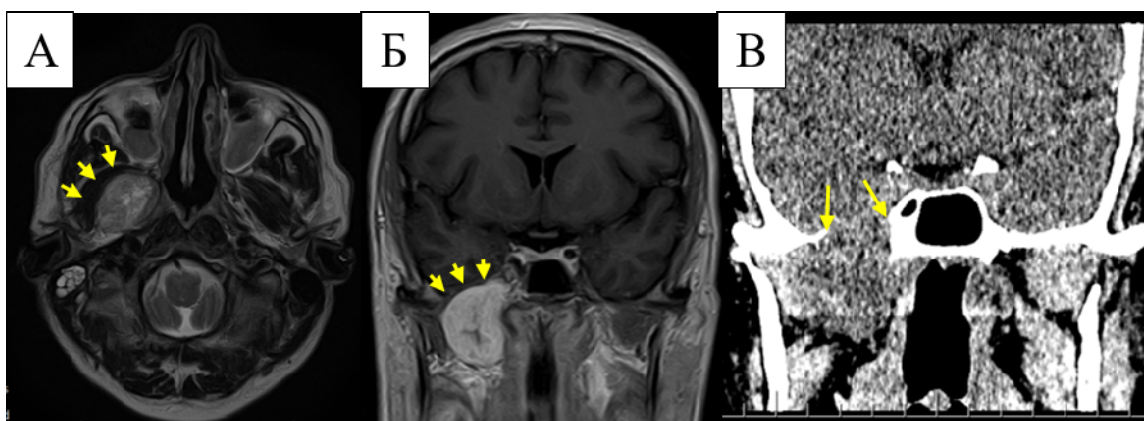


Рисунок 25 - МРТ и КТ опухоли II типа (пациент Х., шваннома, контрольная группа). А - МРТ в режиме Т2 (желтыми стрелками указана латеральная крыловидная мышца); Б - МРТ в режиме Т1 с контрастным усилением расширенное овальное отверстие, указано стрелками (желтыми стрелками указано куполообразное поднятие ТМО височной доли); В - КТ (желтыми стрелками указано расширенное овальное отверстие)

Еще одним примером опухоли II типа является нейрофиброма у пациентки Б. 63 лет (Рисунок 26, контрольная группа). Экстракраниально опухоль распространяется медиальнее латеральной крыловидной мышцы в парафарингеальном пространстве. Интракраниально опухоль оттесняет кавернозный синус медиально без признаков повреждения его латеральной стенки. Часто при этом типе опухолей происходит распространение опухоли в основную пазуху через разрушенную латеральную стенку.

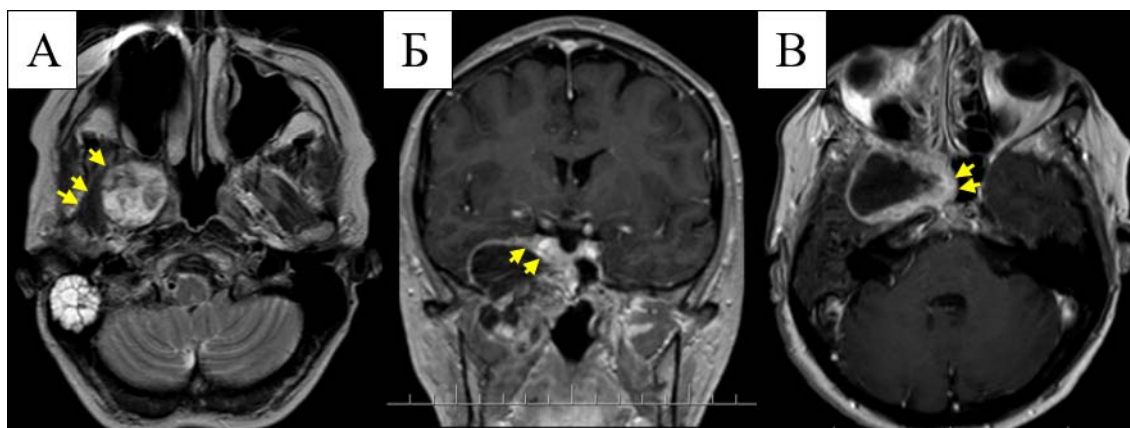


Рисунок 26 - МРТ опухоли II типа (пациентка Б., нейрофиброма, контрольная группа). А - МРТ в режиме Т2 (желтыми стрелками указана латеральная крыловидная мышца); Б, В - МРТ в режиме Т1 с контрастным усилением (желтыми стрелками указано отеснение кавернозного синуса опухолью и внедрение в основную пазуху)

### Тип III: экстра-интер-интрадуральные опухоли

К этому типу относятся опухоли мозговых оболочек (менингиомы) и злокачественные опухоли (первичные и вторичные), которые разрушают структуры ТМО, распространяются в кавернозный синус (Рисунок 27) и интрадурально.

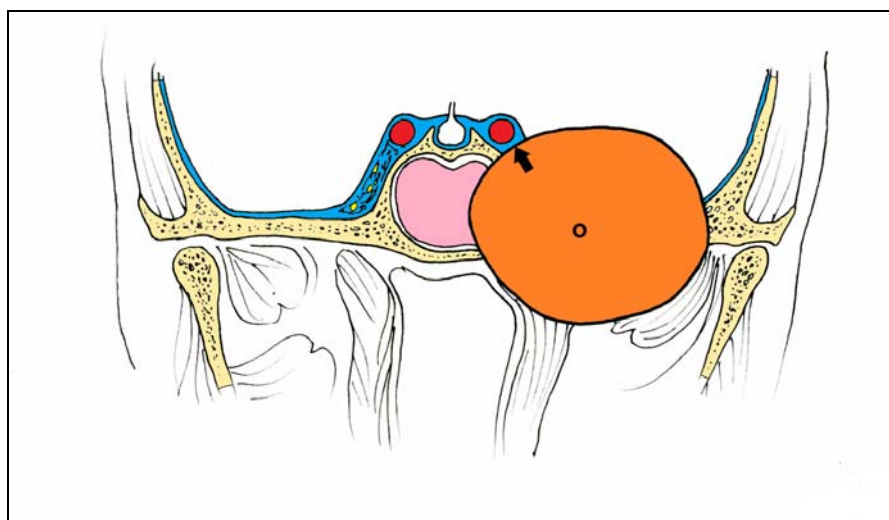


Рисунок 27 - Схематический фронтальный срез головы на уровне кавернозного синуса, демонстрирующий взаимоотношения опухоли и структур ТМО при III типе распространения (О - опухоль, стрелкой показано распространение опухоли в кавернозный синус)

Примером опухоли III типа является атипичическая менингиома Grade II у пациентки К., 37 лет (исследуемая группа). В подвисочной ямке опухоль инфильтрирует латеральную крыловидную мышцу, а не оттесняет ее, как при опухолях II типа (Рисунок 28). При этом опухоль распространяется в полость кавернозного синуса. На МРТ видно распространение опухоли кнутри и кнаружи от латеральной стенки кавернозного синуса. Опухоль не оттесняет, а прорастает синус насквозь и распространяется на стенку основной пазухи. Также опухоль распространяется интрадурально в области средней черепной ямки.

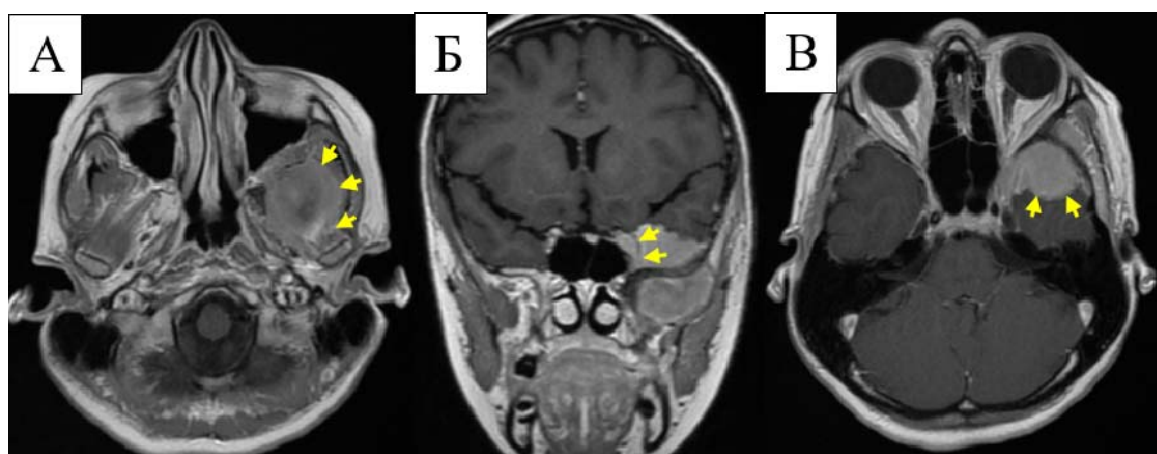


Рисунок 28 - МРТ в режиме T1 с контрастным усилением опухоли III типа (пациентка К., атипическая менингиома, исследуемая группа). А, В - аксиальный срез (желтыми стрелками указаны инфильтрация латеральной крыловидной мышцы опухолью и прорастание в кавернозный синус); Б - фронтальный срез (желтыми стрелками указано интрадуральное распространение в область средней черепной ямки)

Еще одним примером опухоли III типа является аденокарцинома у пациентки Г., 62 лет (Рисунок 29, исследуемая группа). Опухоль у данной пациентки разрушала костные структуры основания черепа. На МРТ кавернозный синус не дифференцируется, опухоль распространяется интрадурально. На КТ также отмечается распространение опухоли на кавернозный синус с распространением в основную пазуху через разрушенную латеральную стенку.

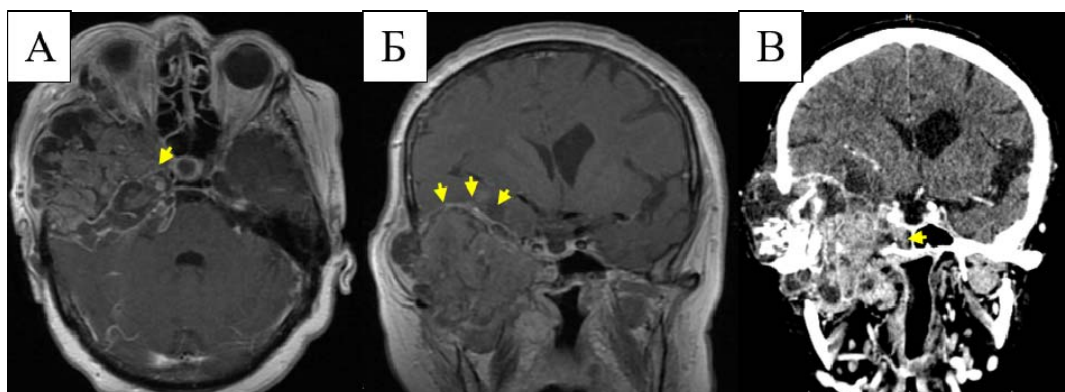


Рисунок 29 - МРТ и КТ опухоли II типа (пациентка Г., аденокарцинома, исследуемая группа). А - МРТ в режиме Т2 (желтой стрелкой указано отсутствие дифференцировки кавернозного синуса); Б - МРТ в режиме Т1 с контрастным усилением (желтыми стрелками указаны интрадуральное распространение и перифокальный отек мозговой ткани); В - КТ (желтыми стрелками указано распространение опухоли в основную пазуху)

Закономерности экстра-интракраниального распространения опухолей передне-латеральных отделов основания черепа позволяют выделить 3 типа опухолей, причем определяющим в этом выделении является отношение опухоли к структурам ТМО основания черепа. Классификация может быть использована для планирования и прогнозирования исходов хирургического лечения опухолей данной группы. Навигация при удалении опухолей каждого из этих типов улучшает ориентацию хирурга и позволяет идентифицировать критически важные структуры (в первую очередь – внутреннюю сонную артерию).

### 3.5 Распределение опухолей по типам распространения

Опухоли исследуемой и контрольной групп распределялись следующим образом (рисунок 30):

- в исследуемой группе опухолей I типа было 9 (27,8%), в контрольной группа – 10 (30,6%);
- в исследуемой группе опухолей II типа было 5 (22,2%), в контрольной группа – 10 (38,9%);
- в исследуемой группе опухолей III типа было 22 (50%), в контрольной группа – 16 (30,6%).

По типу распространенности опухолей группы оказались статистически сопоставимы ( $p=0,272$ ).

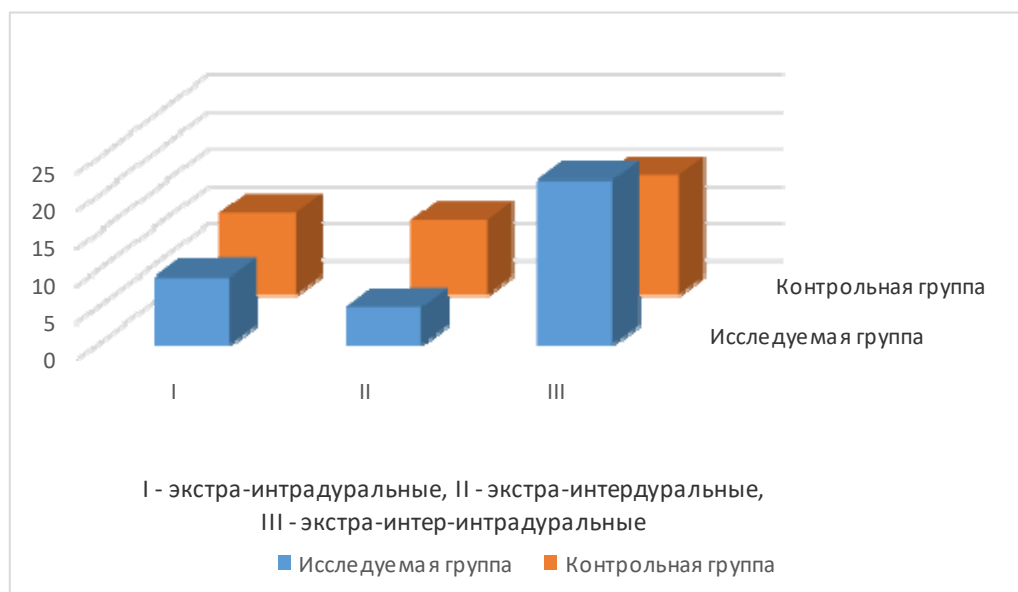


Рисунок 30 - Распределение опухолей исследуемой и контрольной групп по типам распространения

### 3.6 Рекомендации применения навигации в зависимости от типа распространения опухолей

При I типе распространения целесообразно использовать навигацию для:

- определения проекции и предотвращения открытия верхнечелюстной пазухи, что повышает риск послеоперационной ликвореи;
- контроля заднего полюса опухоли и ВСА в области парафарингеального пространства;
- определения проекции и предотвращения повреждения наружного слухового прохода и каменной части ВСА.

При II типе распространения опухоль располагается между дубликатами ТМО на основании черепа, поэтому, помимо перечисленного выше, целесообразно использовать навигацию для:

- определения границы опухоли и ТМО в области нижней глазничной щели, круглого и овального отверстий, а также для снижения риска повреждения ТМО и

послеоперационной назальной ликвореи;

- определения проекции латеральной стенки кавернозного синуса для снижения рисков повреждения интракавернозной части ВСА и черепных нервов;

- определения проекции и предотвращения открытия основной пазухи, что повышает риск послеоперационной ликвореи.

При III типе распространения основной целью навигации является контроль ВСА во всех зонах хирургической опасности и предотвращение широкого открытия околоносовых пазух для снижения риска послеоперационной ликвореи.

## **Глава 4 Особенности применения навигации в хирургии опухолей основания черепа**

### **4.1 Технические аспекты применения навигации**

В процессе применения навигации при удалении опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением были оптимизированы технические аспекты установки и настройки навигационных систем.

#### **Установка эмиттера магнитного поля и референсной метки**

После загрузки данных в навигационную станцию необходимо установить эмиттер магнитного поля и референсную метку. Референсная метка представляет собой плоский цилиндр диаметром 3 см и толщиной 5 мм, соединяемый проводом с блоком управления. Референсная метка «привязывает» трехмерную модель к голове пациента. Соответственно, чем плотнее и статичнее метка фиксирована к голове - тем меньше будет погрешность навигации. Магнитные референсы представлены 2-мя типами: не инвазивный референс, который фиксируется к коже головы клейкой пластинкой и инвазивный, который фиксируется к кости титановым шурупом. Так как в процессе операции мягкие ткани могут увеличиваться и уменьшаться в размерах в зависимости от гидратации, не инвазивный референс демонстрирует большую погрешность навигации по сравнению с инвазивным. Кроме того, при отведении кожного лоскута мягкие ткани также могут сместиться, что приведет к изменению положения трехмерного образа относительно реального объекта навигации. В нашем исследовании мы применяли как инвазивные, так и не инвазивные референсы. Важным моментом является выбор точки фиксации референса в условиях доступов к основанию черепа. Практически всегда при доступе к передне-латеральным отделам основания черепа применяется полукружный разрез кожи и мягких тканей, начинающийся в лобной области на уровне средней линии на 1-2 см кзади от

линии роста волос и продолжающийся в височную область на 1 см кпереди от козелка. После разреза кожный лоскут смещается базально. При этом передний шип скобы для трехточечной фиксации головы устанавливается в лобную область контрлатеральной стороны. Так как скоба для трехточечной фиксации головы является металлическим объектом и способна изменять контур магнитного поля, необходимо располагать референс как можно дальше от скобы. С другой стороны, мягкие ткани в области разреза могут смещаться, поэтому референс необходимо располагать также максимально удаленно от кожного разреза. В то же время, нужно стараться избегать слишком базальной установки референса для предотвращения повреждения лобной пазухи. В процессе работы с магнитной навигацией нами найдено оптимальное расположение референса в условиях доступа к передне-латеральным отделам основания черепа.

Инвазивный референс следует устанавливать равноудаленно от медиального края кожного разреза и точки крепления шипа настолько базально, насколько возможно, для минимизации повреждения лобной пазухи (Рисунок 31).



Рисунок 31 - Фотография фиксации инвазивного референса магнитной навигации (красными стрелками показано равноудаленное расположение магнитного референса от шипа скобы трехточечной фиксации головы и края кожного разреза)



Вариант установки референса в теменной области кзади от кожного разреза представляется менее удачным, так как в этом случае референс располагается дальше от зоны операции, что может увеличить величину погрешности.

Установка эмиттера магнитного поля также имеет ряд особенностей в хирургии опухолей передне-латеральных отделов основания черепа. С одной стороны, эмиттер должен быть размещен максимально близко к области операции. С другой стороны, массивные металлические объекты, находящиеся вблизи эмиттера, могут искривить магнитное поле и снизить точность позиционирования инструментов. Этими объектами в хирургии является скоба для трехточечной фиксации головы и операционный микроскоп. Также необходимо учитывать, что справа от головы пациента располагается стол операционной сестры и подаются инструменты, а слева находится ассистент (Рисунок 32).

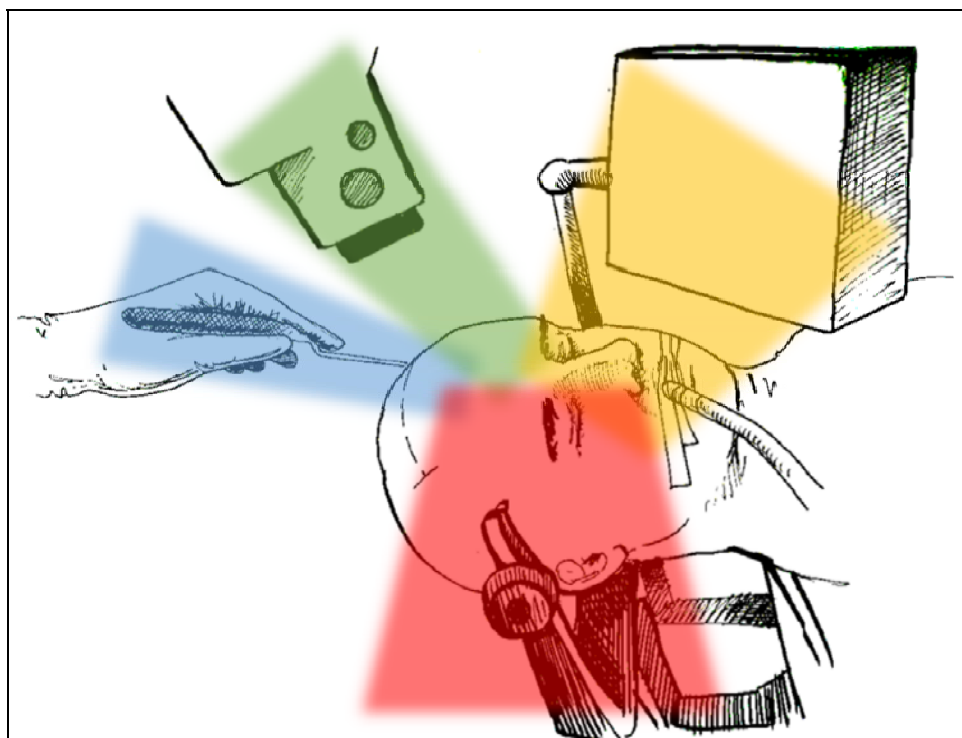


Рисунок 32 - Схема влияния металлических объектов на магнитное поле эмиттера. Магнитные поля отмечены разными цветами

Кроме того, спереди от головы пациента расположена дуга, к которой фиксируется кожно-апоневротический лоскут. Дуга не является массивным объектом, но выполнена из металла и может нарушать функционирования

эмиттера. В процессе нашего исследования проводились пробные размещения эмиттера для поиска оптимального положения с точки зрения удобства и минимизации влияния на магнитное поле. Оптимальное расположение эмиттера – на уровне грудины пациента. Дуга в данном случае фиксируется позади эмиттера. После драпировки операционного поля лоскут может быть фиксирован к дуге по обе стороны от эмиттера (Рисунок 33).

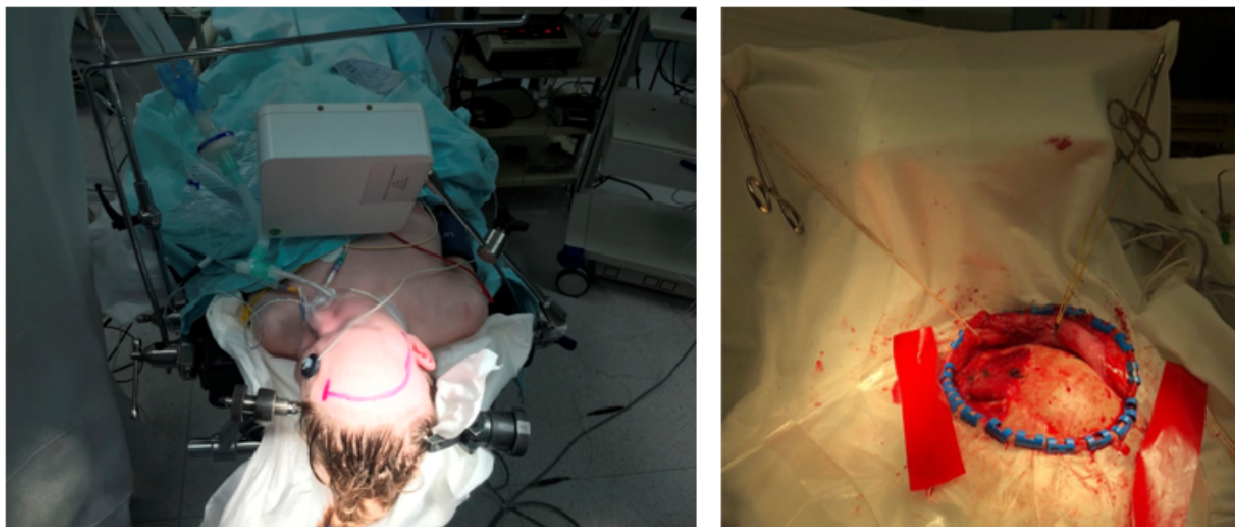


Рисунок 33 - Расположение эмиттера относительно головы пациента (слева - перед драпировкой, справа - после драпировки и разреза кожи)

### **Крепление референсной рамки и расположение ИК-камеры**

При использовании оптической навигации парная инфракрасная камера должна находиться на расстоянии не менее 1,5 и не более 2,5 метров от референсной рамки и области операции. В процессе операции между камерой, референсной рамкой и навигационными инструментами не должно быть объектов, мешающих прохождению светового сигнала. Оптимальным для хирургии опухолей основания черепа является расположение стойки камеры в ногах пациента (Рисунок 34 и 35).



Рисунок 34 - Фотография, демонстрирующая положение инфракрасной камеры и монитора навигационной системы. Красными линиями отмечено пространство, которое нельзя заслонять в процессе операции

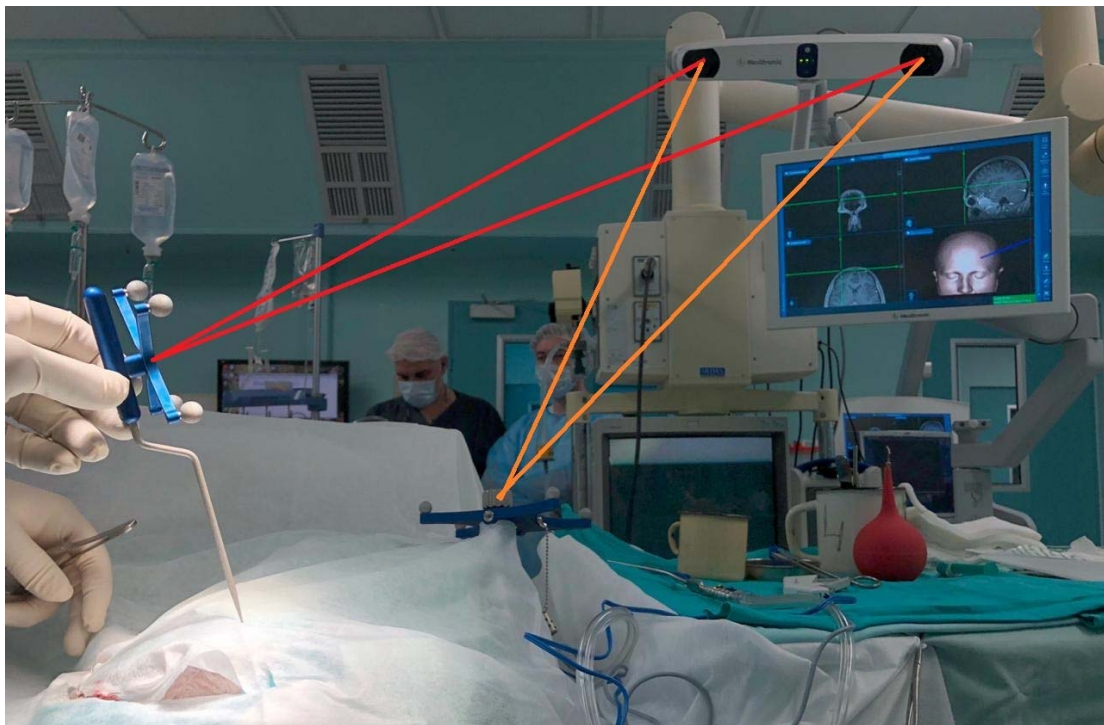


Рисунок 35 - Фотография, демонстрирующая расположения инфракрасной камеры по отношению к референсной рамке (оранжевые линии) и навигируемой указке (красные линии)

Расположение самой камеры в условиях хирургии основания черепа сопряжено с рядом трудностей. Дуга, необходимая для фиксации кожно-апоневротического лоскута, располагается на пути следования светового сигнала снизу, а операционный микроскоп нависает над операционной раной сверху. Эти

объекты формируют довольно узкий коридор для прохождения светового сигнала, поэтому камера должна находиться достаточно высоко, чтобы попадать в поле видимости референсной рамки и инструментов (Рисунок 36).

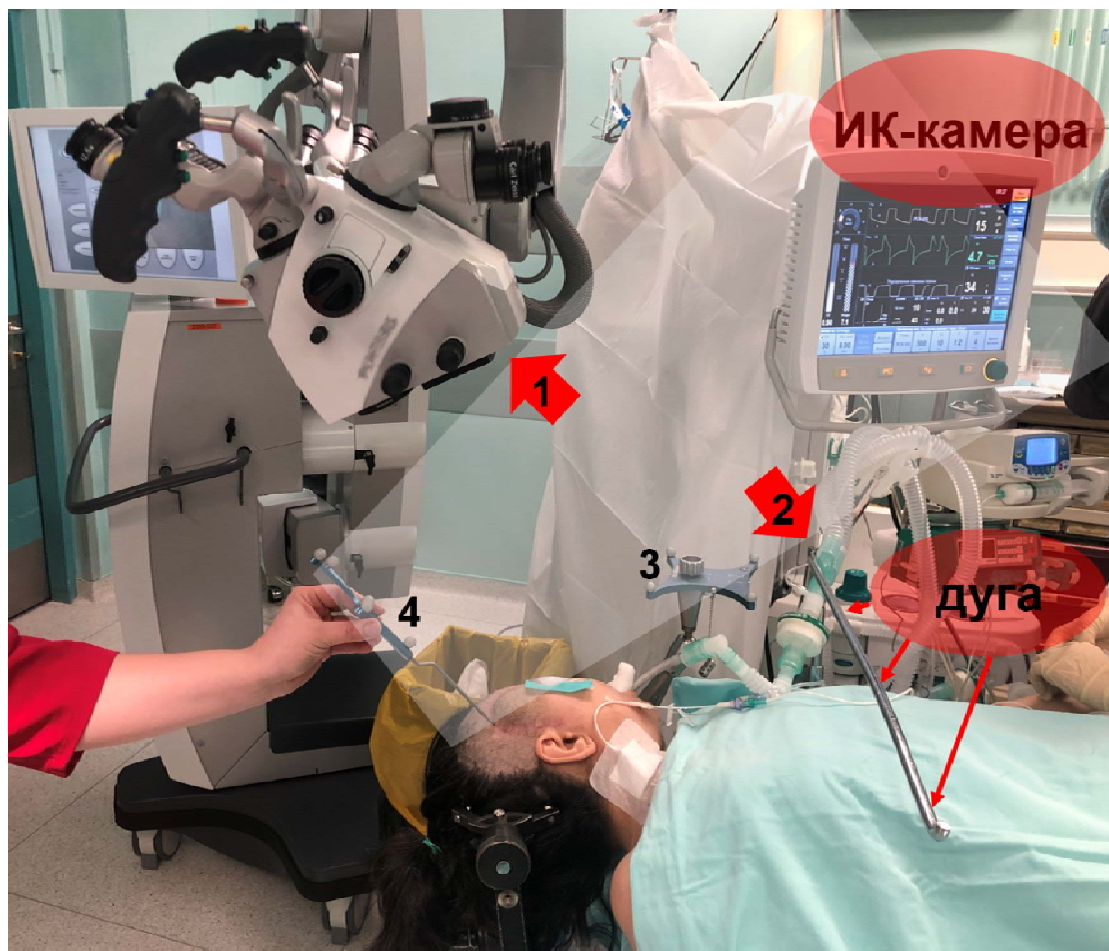


Рисунок 36 - Фотография демонстрирует «коридор видимости» (серая зона) референсной рамки (3) и навигационной указки (4) для инфракрасной камеры, ограниченный операционным микроскопом (1) и дугой для фиксации кожно-апоневротического лоскута (2)

Еще одним важным моментом подготовки к навигации является установка референсной рамки. С одной стороны, рамка должна находиться в плоскости ИК-излучения камер и достаточно близко к операционному полю. С другой стороны, рамка не должна мешать хирургу, ассистенту и операционной сестре при работе и передаче инструментов. Диапазон размещения рамки также ограничен креплением к скобе для трехточечной фиксации головы. В процессе практического применения навигации при удалении опухолей передне-

латеральных отделов основания черепа нами определены оптимальные варианты размещения референсной рамки. Оптимальная позиция рамки – непосредственно перед и на уровне дуги для фиксации лоскута. При левостороннем доступе рамка располагается справа, а при правостороннем – слева (Рисунок 37). При этом рамка не находится на пути передачи инструментов между хирургом и операционной сестрой и не мешает работе ассистента.

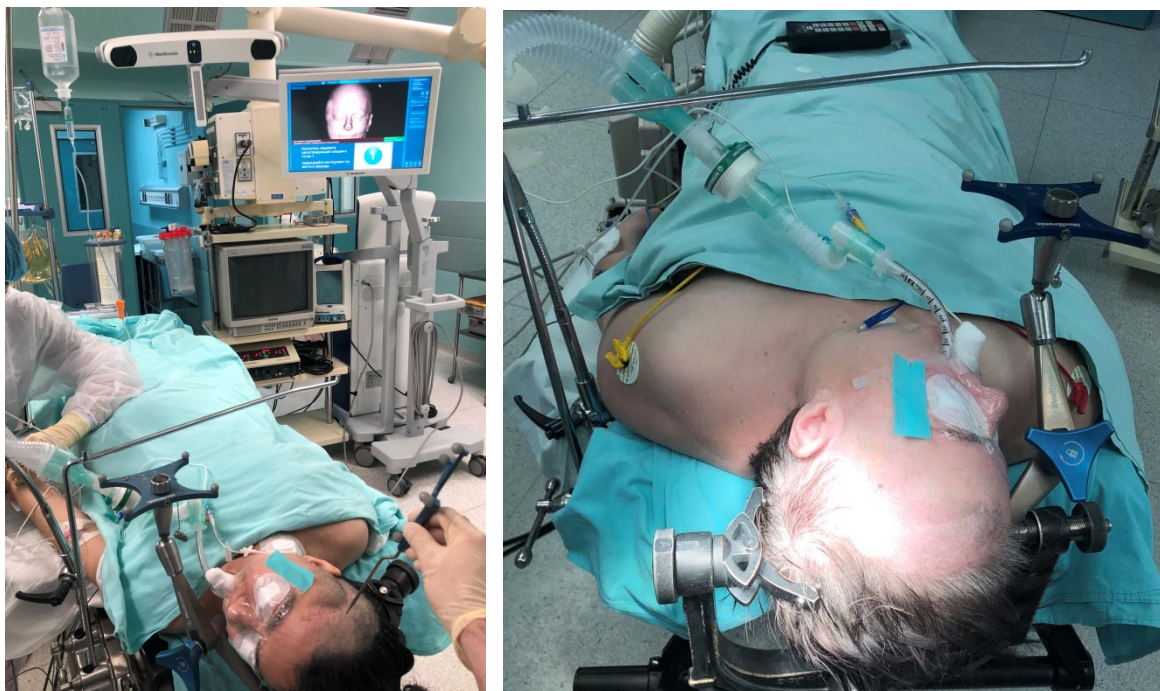


Рисунок 37 - Положение референсной рамки при право- (справа) и левостороннем (слева) доступах

## **4.2 Хирургические аспекты применения навигации**

### **Предоперационное планирование хирургического доступа**

На этапе планирования доступа навигация позволяет выбрать оптимальный угол жесткой фиксации головы с учетом предполагаемого угла атаки и глубины расположения доступа. В хирургии передне-латеральных опухолей основания черепа чаще всего применяется полукружный разрез в лобно-височной области. Уровень задней границы разреза зависит от распространенности опухоли, которую можно оценить с применением навигации на нестерильном этапе предоперационной подготовки (Рисунок 38).

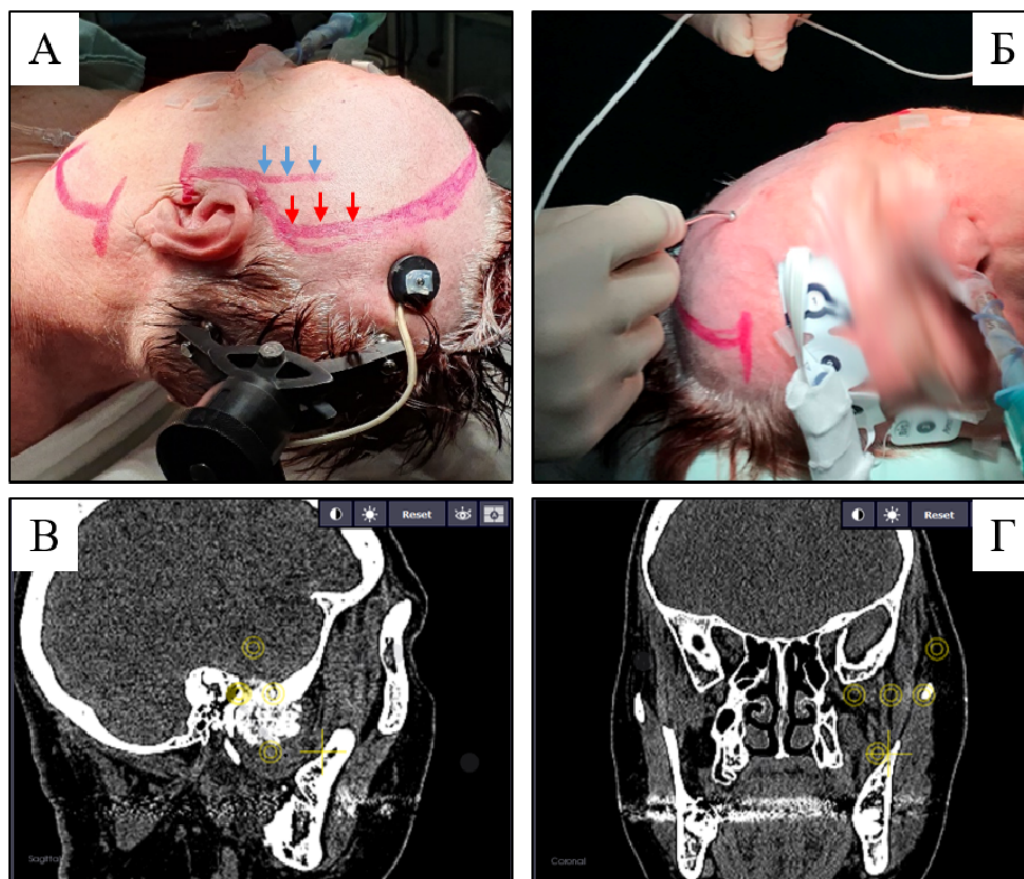


Рисунок 38 - Применение навигации для разметки кожного разреза. А - синими стрелками указан первоначальный уровень кожного разреза, красными стрелками указана линия кожного разреза, скорректированная после применения навигации; Б - определение проекции опухоли при помощи навигационной указки на поверхность кожи на нестерильном этапе операции; В, Г - снимок экрана навигационной станции: на КТ головы желтыми метками отмечены границы распространения опухоли, что помогает в планировании кожного разреза

### **Определение границ резекции свода и основания черепа**

После диссекции мягких тканей навигация позволяет спроецировать границы опухоли на кости свода и основания черепа для оптимизации объема резекции. Это позволяет минимизировать хирургическую травму и косметический дефект. Навигация позволяет определить оптимальный угол атаки для удаления опухоли и выполнить костную резекцию с учетом размера необходимого хирургического коридора.

Навигация позволяет определить границы лобной пазухи в случаях, когда ее вскрытие нежелательно в процессе операции. Границы необходимой резекции костного основания средней черепной ямки также может быть определена при

помощи навигации (Рисунок 39). Навигационная станция позволяет подключить камеру операционного микроскопа и синхронизировать его с положением навигационной указки на КТ и/или МРТ в трёх проекциях.

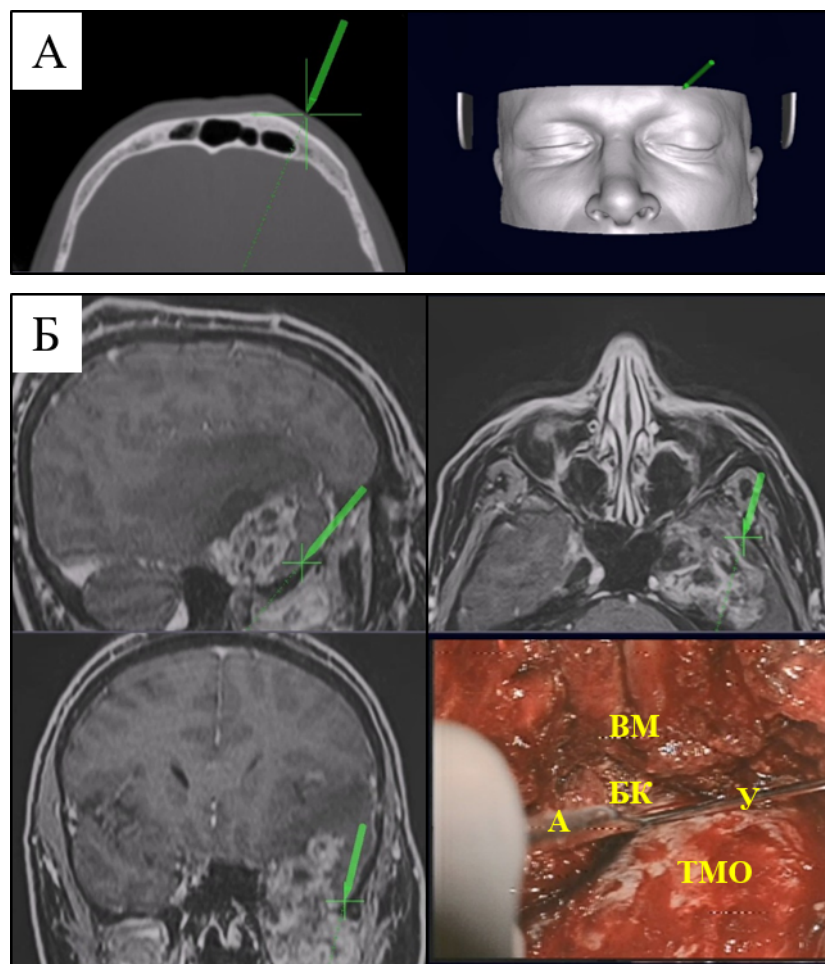


Рисунок 39 - Снимки экрана навигационной станции (положение навигационной указки в трёх проекциях МРТ и вид в операционный микроскоп) в процессе операции: А - определение проекции латерального края лобной пазухи на кожу; Б - определение необходимого размера костной резекции основания черепа (ВМ - височная мышца, А - аспиратор, У - навигационная указка, БК - большое крыло височной кости, ТМО - твердая мозговая оболочка)

### **Идентификация магистральных сосудов при удалении опухолей**

Опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением могут граничить как с экстракраниальным, так и с интракраниальным сегменты ВСА. При удалении опухоли из подвисочной ямки экстракраниальный сегмент ВСА располагается кзади и медиально опухоли,

что затрудняет безопасное удаление задней части опухоли. Менингиомы крыльев основной кости зачастую распространяются в Сильвиеву щель и контактируют с бифуркацией ВСА, СМА и ее крупными ветвями. Это затрудняет удаление верхнего полюса опухоли. Интраоперационная навигация позволяет выделить ход магистральных артерий на экране и контролировать их положение в процессе операции. При приближении навигируемого инструмента индикатор на экране изменяет цвет на красный, а при критическом приближении - подает звуковой сигнал. Это особенно важно, когда ориентация в узком хирургическом коридоре затруднена, и поверхность раны покрыта кровью. Навигация позволяет не только оценить расстояние до сосуда, но и показывает угол атаки относительно хода артерии.

Путём цифровой субтракции сосуды могут быть визуализированы в форме трёхмерной модели без окружающих костных и мягкотканых структуры. Это позволяет визуализировать удаленность инструмента от сосуда и положение инструмента относительно сосуда в трехмерном пространстве (Рисунок 40).



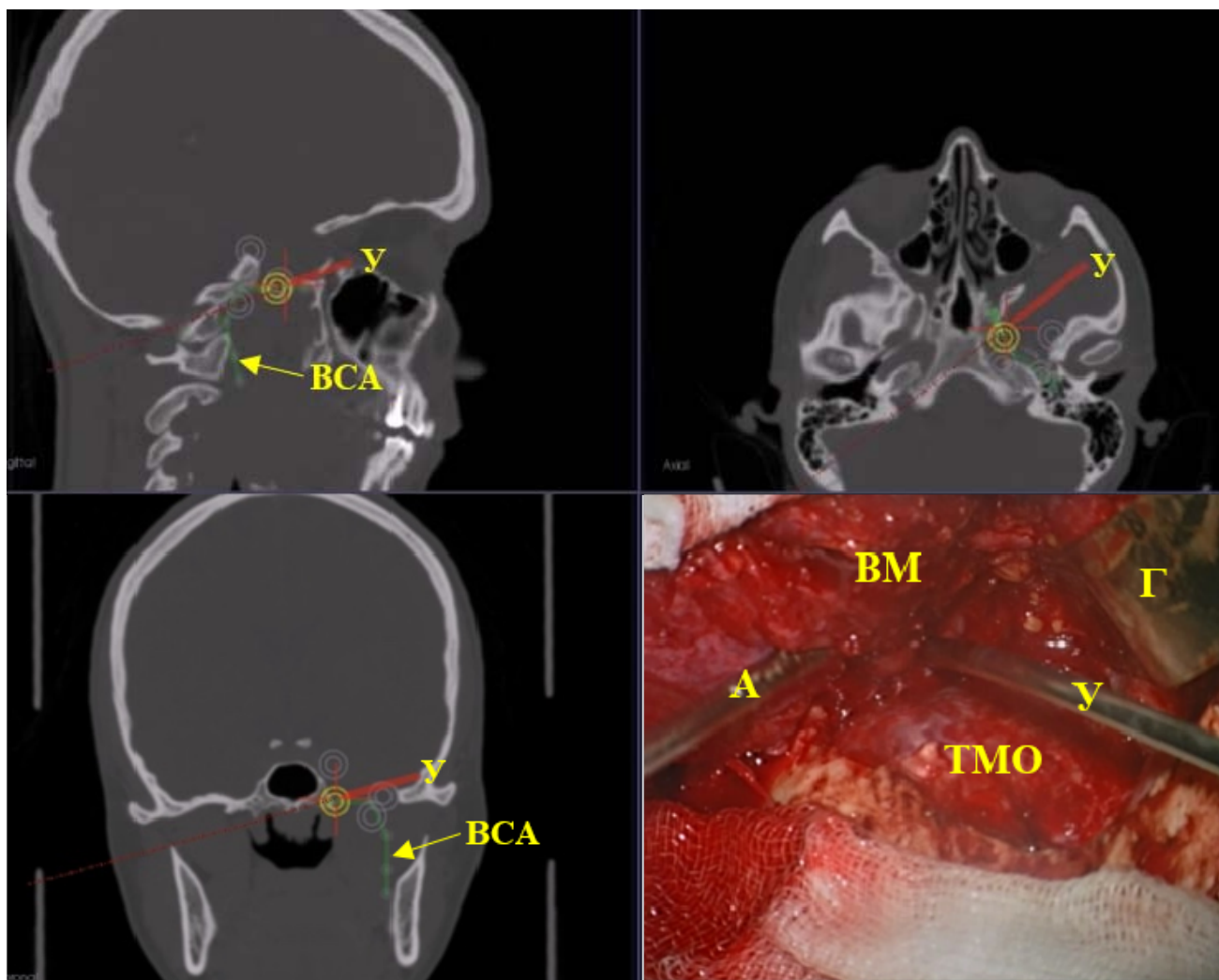


Рисунок 40 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. ВСА - ход ВСА, помеченный зеленой линией, У - навигационная указка, отмеченная красной линией, - ТМО - ТМО левой височной доли; ВМ – височная мышца, А - аспиратор, Г - ткани левой глазницы под шпателем

### Определение границ опухоли

В условиях относительной несмещаемости опухолей основания черепа навигация позволяет определить расположение границы и полюсов опухоли. По мнению одних ученых навигация позволяет хорошо определить границы опухоли [73]. Другие говорят о том, что роль навигации в определении границ опухоли преувеличена и должна приниматься во внимание только после гистологического исследования [80]. Опухоли основания черепа, распространяющиеся экстраинтракраниально, обычно занимают несколько смежных анатомических областей. Границы анатомических областей в этом случае являются естественными

факторами, ограничивающими распространение опухоли. Поэтому границы опухоли зачастую совпадают с границами анатомических областей. По этой причине важнейшая роль навигации в хирургии распространенных опухолей основания черепа – это определение границ анатомических областей, которыми являются анатомические структуры.

Верхний полюс опухоли может разрушать основание СЧЯ, ТМО височной доли и инфильтрировать мозговую ткань. В этом случае навигация позволяет определить проекцию опухоли на ТМО для ее экономного рассечения (Рисунок 41). В ряде случаев удаление экстр-интракраниальных опухолей разделяется на два этапа. Такое решение может быть связано с риском критической кровопотери при попытке одномоментного удаления всего массива опухоли. В этом случае необходимо сформировать плоскость диссекции между наружным и внутренним основанием черепа, что затруднительно в условиях нарушения опухолью анатомических границ. Навигация в этом случае позволяет сформировать плоскость диссекции путем интраоперационного контроля положения инструментов относительно анатомических структур.

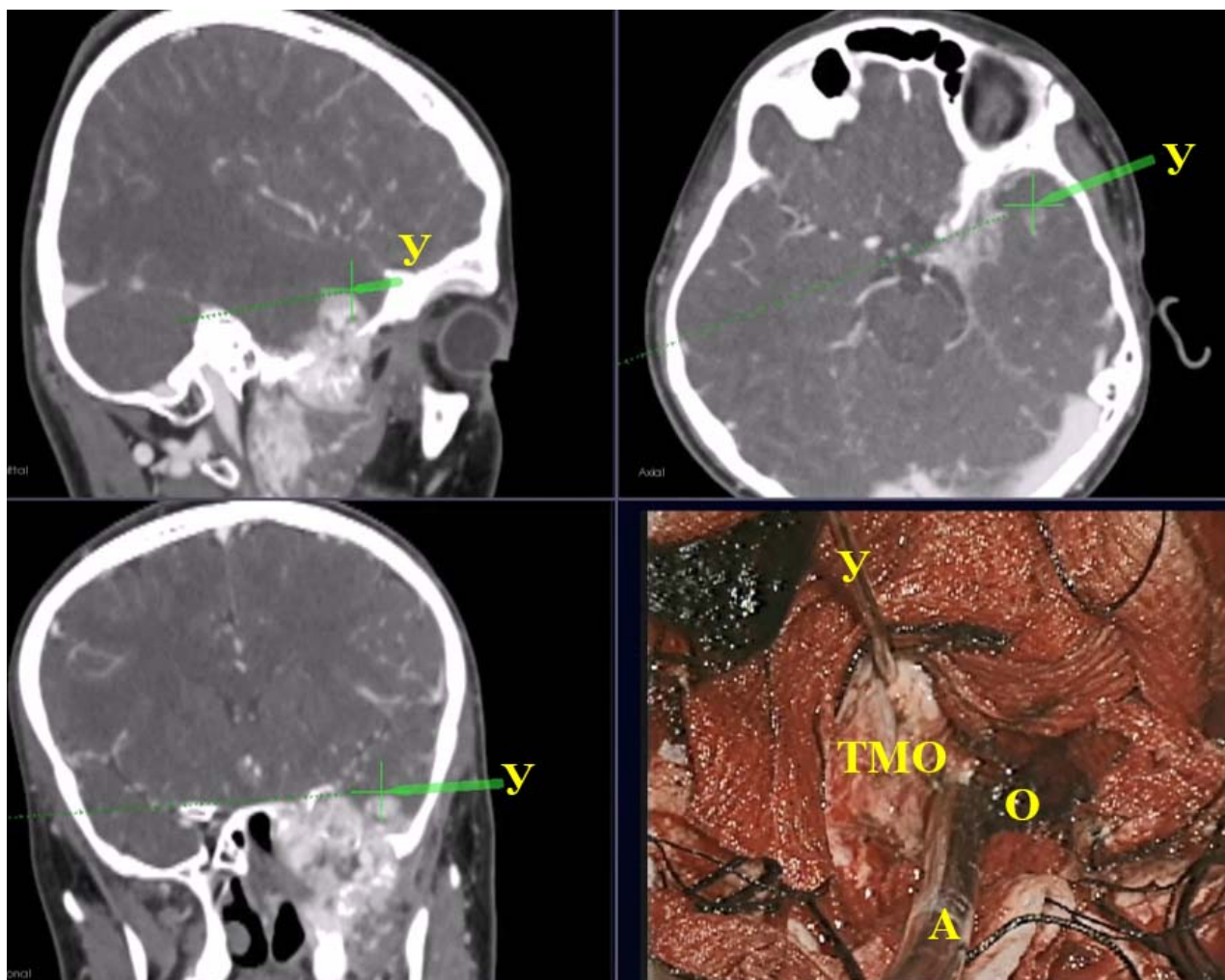


Рисунок 41 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. ТМО – ТМО левой височной доли, А - aspirатор, О - опухоль, У - навигационная указка

Передней границе опухоли соответствует боковая стенка глазницы (если она не разрушена опухолью). Ниже передняя стенка соответствует костной задней стенке верхнечелюстной пазухи. Костная стенка верхнечелюстной пазухи в большинстве случаев является хорошим барьером для распространения опухолей кпереди. В случае медленно растущих опухолей задняя стенка верхнечелюстной пазухи может истончаться и смещаться кпереди. В этом случае она является хорошим ориентиром для определения передней границы опухоли. В других случаях задняя стенка верхнечелюстной пазухи оказывается разрушенной и опухоль проникает или замещает полость пазухи. В этом случае навигация позволяет контролировать переднюю границу опухоли (Рисунок 42).

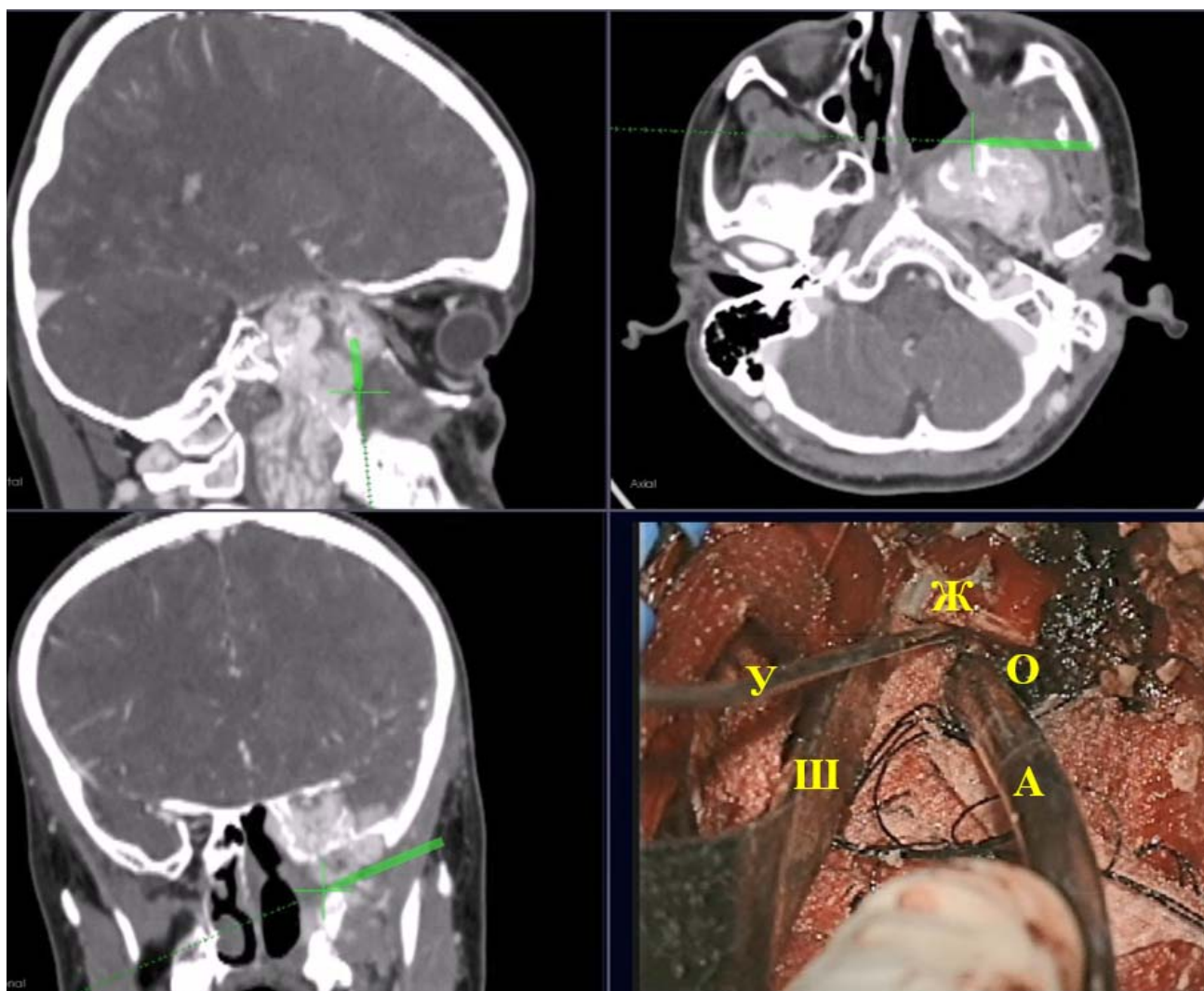


Рисунок 42 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. А - аспиратор, О - опухоль, У - навигационная указка, Ш - шпатель на тканях глазницы, Ж - жировое тело щеки

**Контроль интракапсулярного удаления опухоли.** При удалении распространенной опухоли основания черепа, разрушающей границы анатомических областей, задачей хирурга является определить, как далеко находится край опухоли и критически важные структуры. Например, в процессе интракапсулярного уменьшения объема опухоли, хирург должен понимать, может ли он работать более агрессивно, или же требуется повышенная осторожность в каждой конкретной точке опухоли (Рисунок 43).

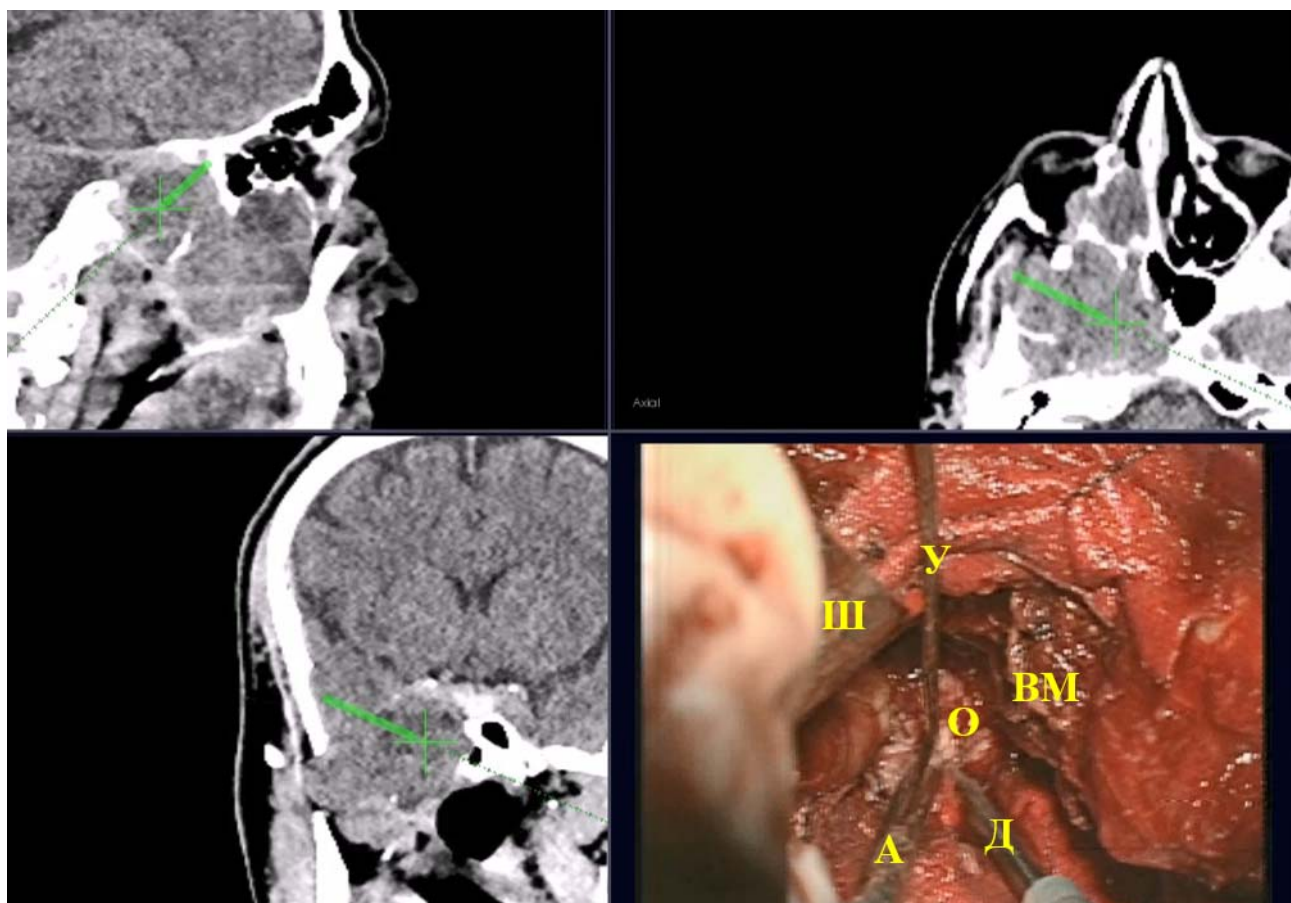


Рисунок 43 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. ВМ - височная мышца, А - аспиратор, О - опухоль, У - навигационная указка, Ш - шпатель на тканях глазницы, Д - ультразвуковой деструктор

В случае разрушения костных структур в толще опухоли нормальная конфигурация их изменяется. При визуализации таких структур в процессе удаления опухоли хирургу необходимо понимать, элементом какой структуры является встреченный им в ране костный фрагмент. Если костный фрагмент является стенкой канала ВСА пирамиды височной кости, в этой области необходимо работать особенно аккуратно. Навигация может применяться для идентификации измененных костных фрагментов в структуре опухоли (Рисунок 44).

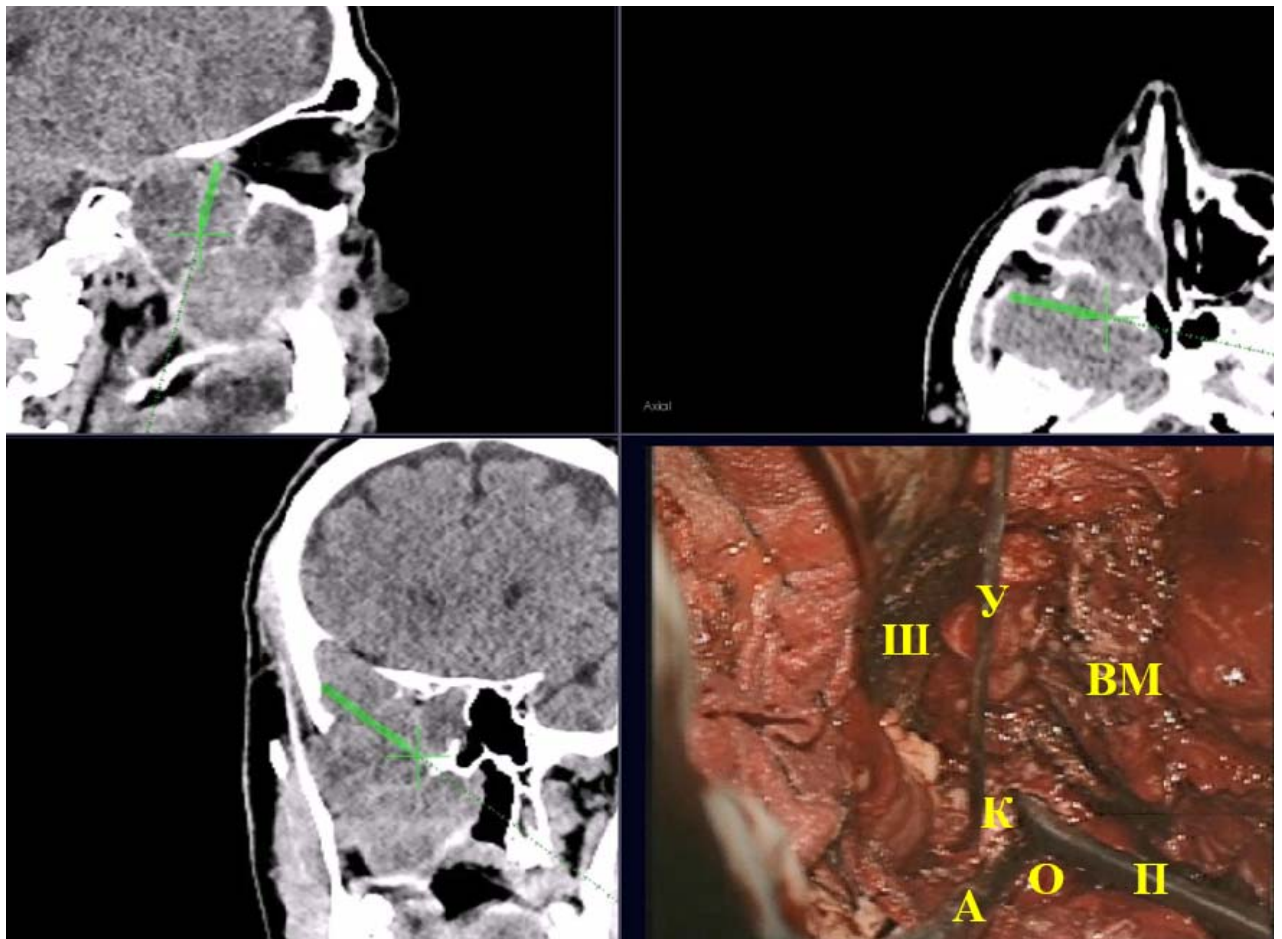


Рисунок 44 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. ВМ - височная мышца, А - аспиратор, О - опухоль, У - навигационная указка, Ш - шпатель на тканях глазницы, К - костная структура в толще опухоли, П - препаровалка

Подвисочная ямка не имеет анатомического дна, поэтому экстракраниальная часть опухолей основания черепа может опускаться настолько низко, что затрудняет идентификацию нижнего полюса. Для уточнения глубины распространения опухоли в подвисочной ямке применяется навигация (Рисунок 45).

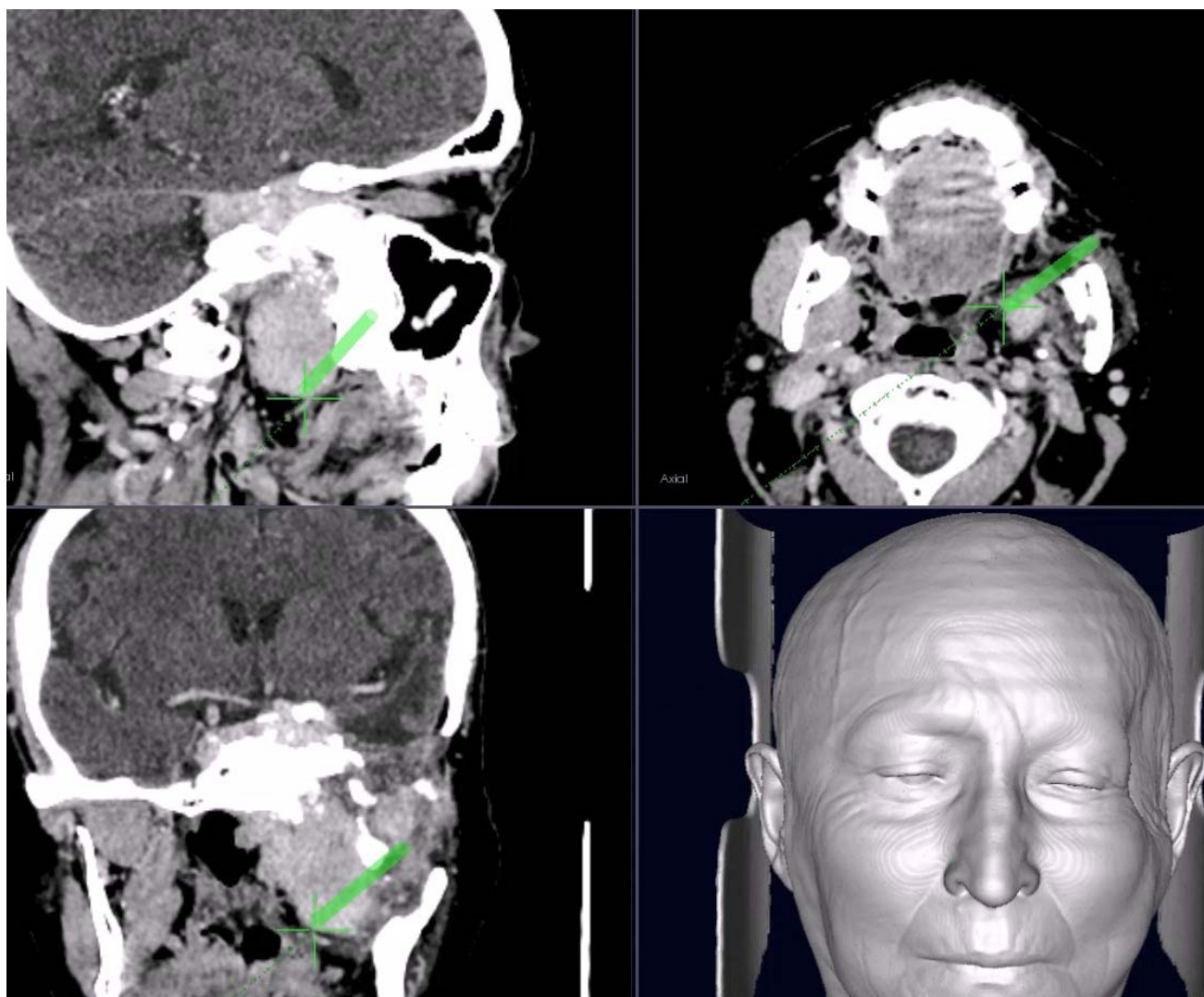


Рисунок 45 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции: навигационная указка на нижнем полюсе опухоли

### 4.3 Сбои в работе навигации и их причины

Самой частой причиной сбоя в работе навигационной системы является смещение головы пациента и референса друг относительно друга в процессе операции. «Привязка» навигационной трехмерной проекции обеспечивается неподвижностью всех узлов соединения головы пациента и референса. Рассмотрим самые распространенные причины нарушения этой взаимосвязи.

#### Смещение рамки оптической навигации

Наиболее часто происходит смещение референсной рамки в момент непреднамеренного задевания рукой хирурга или ассистента. При базальных

доступах рамка находится под рукой ассистента и при длительных вмешательствах о ней забывают и используют ее в качестве опоры. В этих случаях визуальное смещение может составлять всего несколько миллиметров и зачастую даже не удается зафиксировать момент смещения, однако ошибка значительно отражается на информативности навигации. Чтобы не упустить момент сбоя в работе навигации необходимо периодически проверять точность навигации путем контроля основных анатомических ориентиров и поверхностей (например, козелок, латеральный край глазницы, поверхность теменной кости и т. д.).

Самый надежный метод крепления референса – это инвазивный метод крепления магнитного референса. Закрепленный шурупом референс обеспечивает полную неподвижность навигационной трехмерной проекции.

### **Смещение головы в скобе жесткой фиксации при оптической навигации**

При сохранной неподвижности крепления референсной рамки сбой навигации может произойти из-за небольшого, и, зачастую, незаметного сдвига головы в скобе жесткой фиксации. Чаще всего это происходит в момент внезапного движения пациента при уменьшении глубины наркоза. При этом голова остается фиксированной, но происходит ее сдвиг на несколько миллиметров относительно изначального положения. Эластичность кожи при этом не позволяет зафиксировать сдвиг даже после операции в момент снятия головы с фиксации, однако это сразу отражается на точности навигации и снижает ее применимость. Поэтому после непреднамеренного движения пациента всегда необходимо осуществлять контроль навигации по основным анатомическим ориентирам. При выявлении отклонения необходимо прекратить использование навигации, так как это создает дополнительные риски повреждения критически важных анатомических структур.

### **Искажение магнитного поля металлическими объектами**

Частой причиной неточности магнитной навигации является некорректное



расположение эмиттера магнитного поля вблизи крупных металлических объектов (операционный микроскоп, дуга и др.). Однако в процессе операции может возникнуть необходимость помещения рядом с эмиттером металлических инструментов, что приводит к нарастанию погрешности навигации. Периодический навигационный контроль анатомических ориентиров позволяет зафиксировать момент искажения магнитного поля и прекратить использование навигации.

#### 4.4 Клинические наблюдения

##### Клиническое наблюдение №1

Пациент, мужчина, 55 лет (исследуемая группа), обратился в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко с жалобами на слезотечение, заложенность носа, снижение слуха слева, которые наблюдались около пяти лет. Наблюдался у оториноларинголога по месту жительства, выполнялась консервативная терапия, была выполнена шунтирующая операция на барабанной перепонке левого уха, с положительным эффектом. Однако через месяц после операции слух снова снизился. Появилось онемение на левой губе, по поводу чего обратился к неврологу и направлен на КТ и МРТ (Рисунок 46).



Рисунок 46 - МРТ и КТ головы с контрастом до операции: опухоль средней черепной ямки слева с экстракраниальным распространением

По данным снимков от 21.05.2018 в полости носа, основной пазухе,

крылонебной ямке, подвисочной ямке выявлено объемное образование слева. Ячей сосцевидного отростка слева затемнены.

30.08.2018 выполнена эндоскопическая биопсия опухоли. 06.09.2018 проведено удаление краниофациальной опухоли слева с применением магнитной навигации, эндоскопической ассистенции, пластика дефекта основания черепа перемещённым лоскутом жирового тела щеки. Выполнен комбинированный орбитозигоматический и лобно-височный доступы. Выявлен дефект большого крыла основной кости и прилежавших отделов чешуи височной кости, через который выбухала покрытая растянутыми волокнами латеральной крыловидной мышцы опухоль серовато желтого цвета, распространявшаяся кверху в среднюю черепную ямку, книзу - в подвисочную и крылонебные ямки, кпереди и медиально - в основную пазуху, верхнечелюстную пазуху и носоглотку. Сначала произведено рассечение опухоли на уровне дефекта основания черепа на 2 части интракраниальную и экстракраниальную. Затем начато под контролем магнитной навигации интракапсулярное уменьшение экстракраниальной части опухоли в подвисочной и крылонебной ямках, основании пирамиды. Опухоль была неоднородной плотности, тяжистая, без четких границ с прилежащими тканями, умеренно кровоточивая, уменьшалась окончатым пинцетом, ножницами, ультразвуковым деструктором. Задние отделы опухоли распространялись до пирамиды височной кости и ската (Рисунок 47).

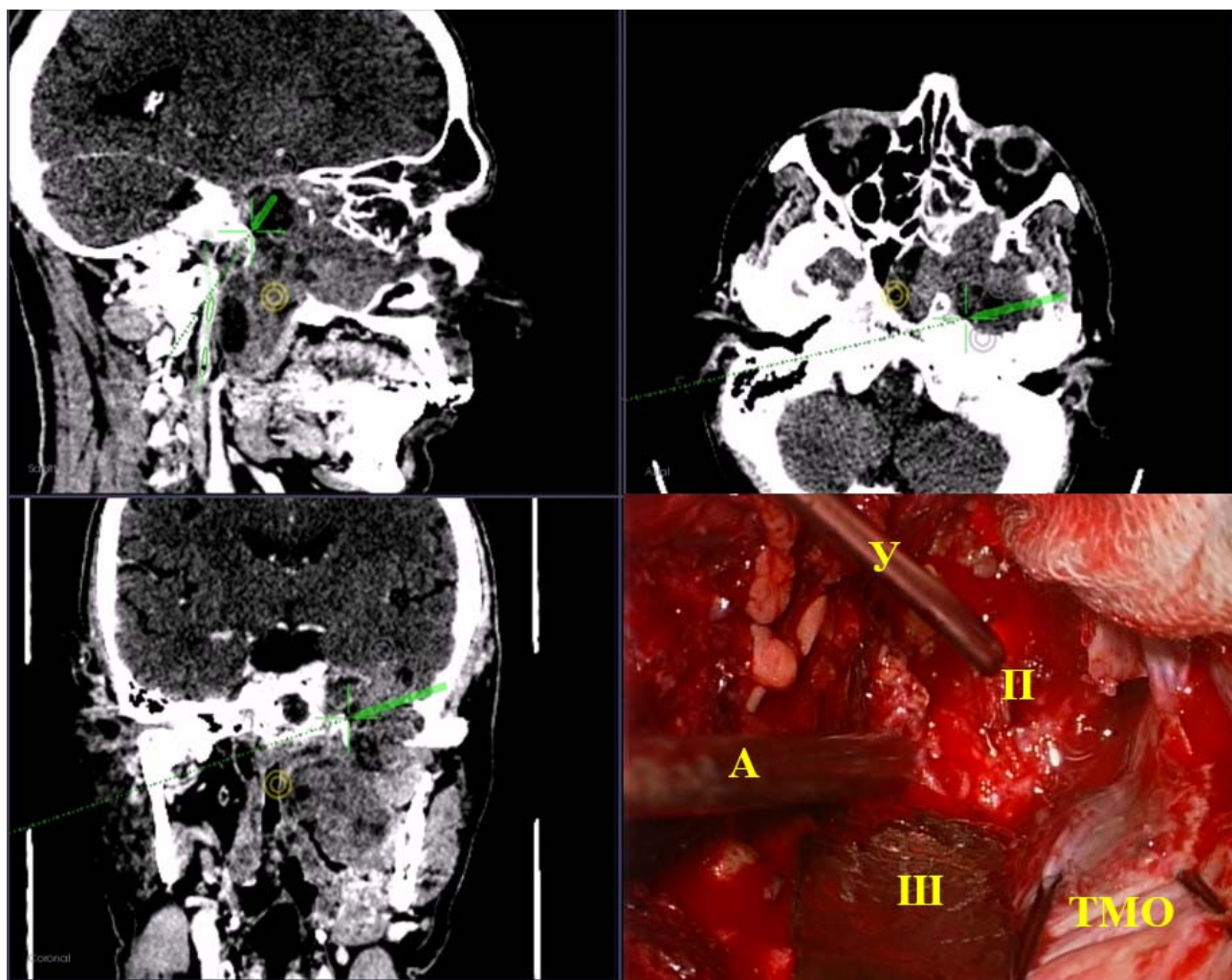


Рисунок 47 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. А - aspirатор, П - передняя поверхность пирамиды височной кости, У - навигационная указка, Ш - шпатель на тканях глазницы, ТМО - твердая мозговая оболочка височной доли

При уменьшении задних медиальных отделов опухоли в подвисочной ямке стало видно слуховую трубу, участок ВСА, третьей ветви тройничного нерва. При уменьшении передне-верхних отделов открылась полость основной пазухи, заполненная опухоль, произведено уменьшение этой части опухоли. Затем произведено удаление передних отделов опухоли, распространявшихся через костный дефект в верхнечелюстную пазуху, при этом открылась левая половина полости носа, заполненная опухолью. Затем произведено удаление нижней части опухоли, распространявшейся медиально парафарингеально, книзу до угла нижней челюсти. Затем отделённая в начале операции верхняя интракраниальная часть опухоли толщиной около 2 см отделена от твёрдой оболочки, которую не

прорастала и удалена. Под контролем эндоскопа с оптикой 45 градусов осмотрено ложе удаленной опухоли: выявлены остатки опухоли в области основной пазухи и передних отделах полости носа. Под контролем интраоперационной навигации произведено удаление остатков опухоли, при этом широко вскрыта левая верхнечелюстная пазуха, из которой удален полип (Рисунок 48).

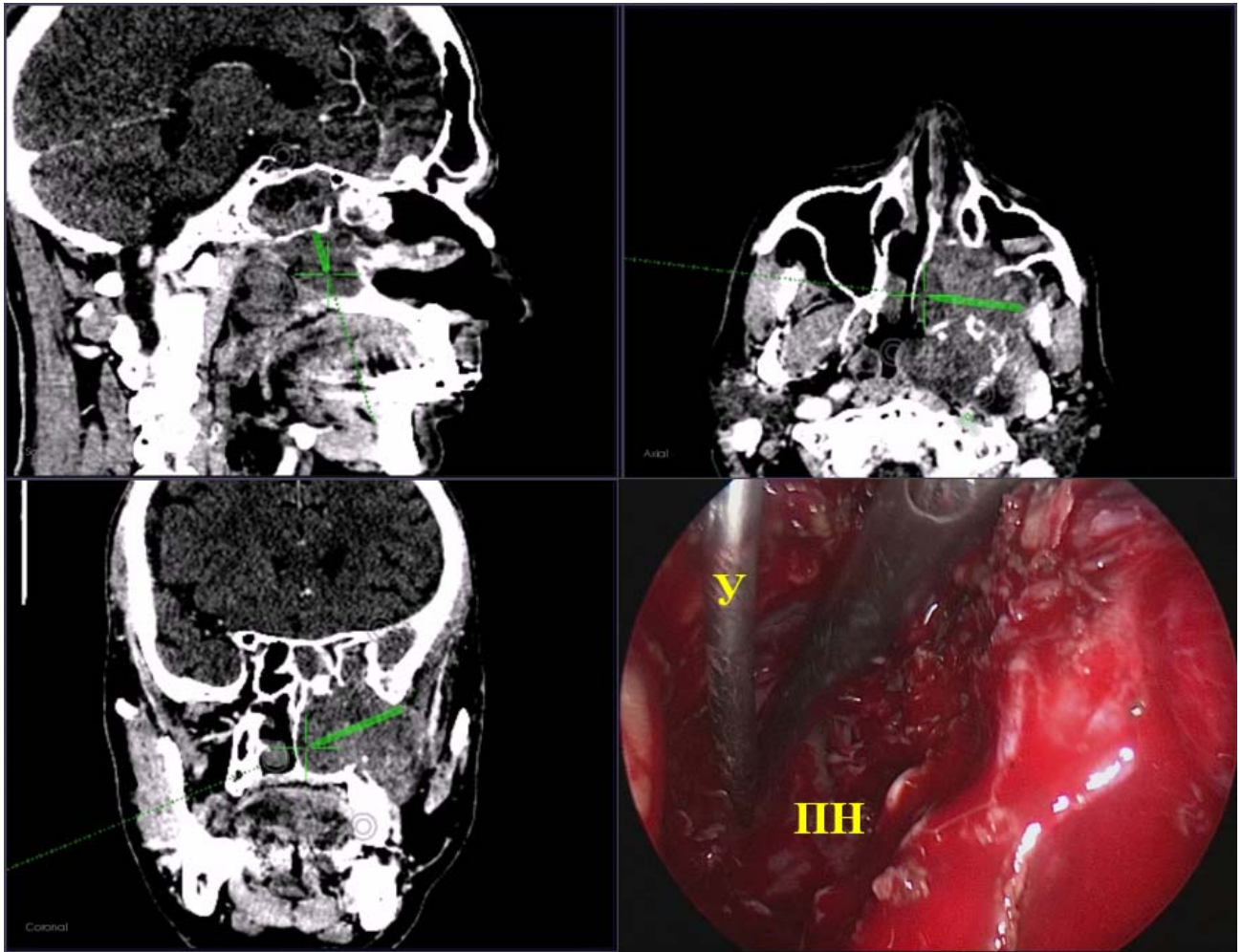


Рисунок 48 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции (фотография с камеры эндоскопа). У - навигационная указка, ПН - перегородка носа

При повторном осмотре ложа удаленной опухоли явных остатков опухоли не обнаружено. Гемостаз с помощью биполярной коагуляции, гемостатической марли. Выполнена пластика множественных мелких дефектов ТМО в области основания СЧЯ перемещенным на сосудистой ножке жировым телом щеки, герметизация фибрин-тромбиновым клеем. Ложе удаленной опухоли в полости

носа тампонировано мазевой турундой, которая выведена через левый носовой ход наружу.

14.09.2018 выполнено удаление остеомиелитического костного лоскута в связи с местной воспалительной реакцией.

Заключение по морфологическому исследованию: шваннома с участками кистозного строения, WHO Grade I.

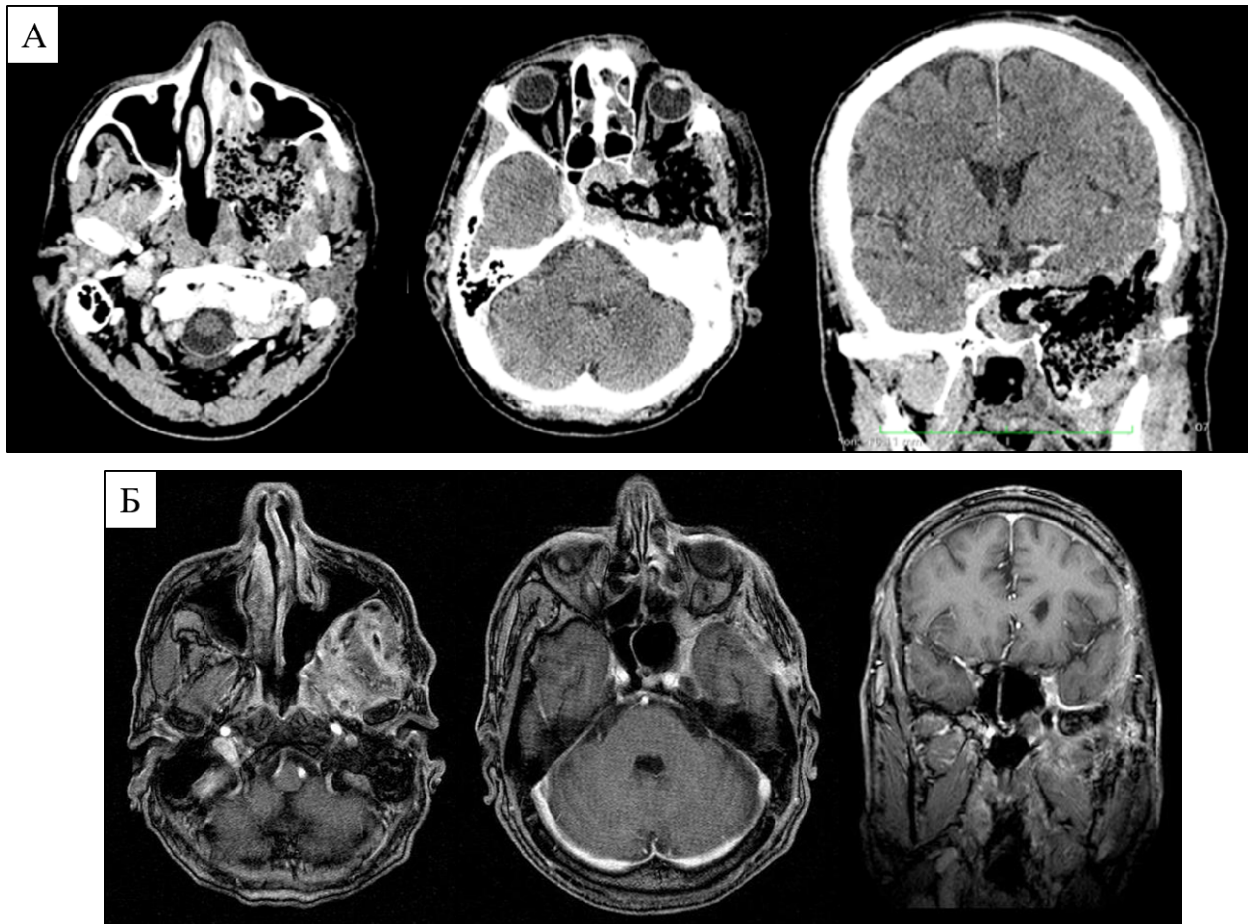


Рисунок 49 - Контрольные исследования после операции: А - КТ головы с контрастом в первые сутки после операции; Б - МРТ головы с контрастом через 3 месяца после операции

На контрольных КТ и МРТ головы с контрастом картина субтотального удаления опухоли (Рисунок 49).

Данное клиническое наблюдение демонстрирует преимущества применения навигации при выраженном изменении анатомии и разрушении границ между внутренним и наружным основанием черепа. Навигация применяется также для

улучшения ориентации в операционной ране при использовании эндоскопической ассистенции.

### **Клинический наблюдение №2**

Пациент, женщина, 62 лет (исследуемая группа), с 2014 года получала комплексное лечение по поводу анапластической менингиомы крыльев основной кости слева (хирургическое лечение в 2014 по месту жительства с последующей лучевой терапией). В декабре 2017 - появилось выпячивание левого глаза. Проведено повторное хирургическое лечение в 2018 в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко в связи с продолженным ростом опухоли, далее проведена лучевая терапия. Контрольная МРТ головы с контрастом от 30.07.2019 (Рисунок 50) - данные за продолженный рост опухоли, рекомендовано удаление новообразования. Поступил в НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко для повторного вмешательства.

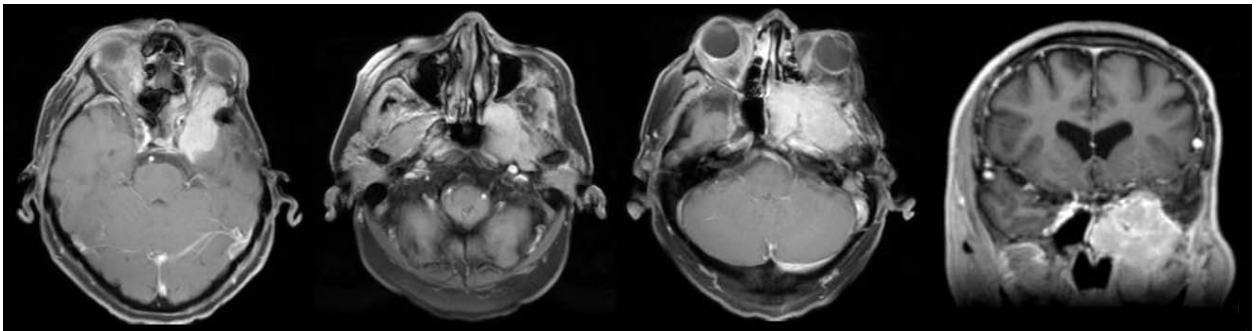


Рисунок 50 - МРТ головы с контрастом до операции: опухоль средней черепной ямки слева с экстракраниальным распространением

В клинической картине при поступлении парез глазодвигательного нерва слева, слух слева снижен (жалуется на снижение слуха после лучевой терапии).

### **Ход операции**

Разрез мягких тканей по старому рубцу. Кожно-апоневротический лоскут отслоен от краёв костного дефекта. Твёрдая оболочка была напряжена, не пульсировала. Переходящий в твёрдую оболочку трансплантат рассечён над

опухолью серого цвета в подвисочной ямке и нижних отделах средней черепной ямки.

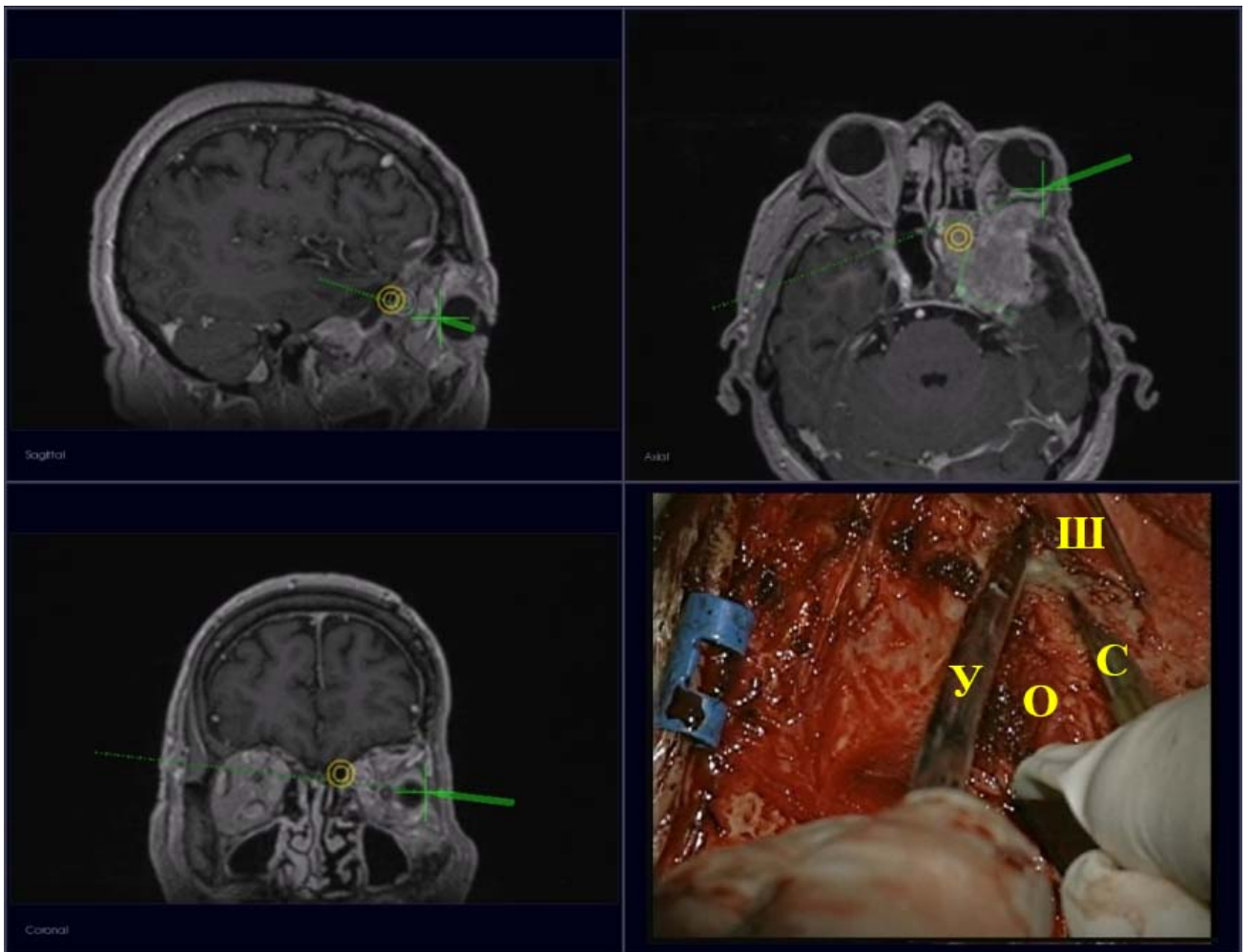


Рисунок 51 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. У - навигационная указка, Ш - шпатель на тканях глазницы, С - скальпель, О - опухоль

Затем под контролем магнитной навигации произведено рассечение плотной рубцовой ткани в проекции резецированного крыла основной кости до появления рубцово изменённых тканей глазницы, нижний полюс опухоли отделен от рубцово измененной, смещённой вниз латеральной крыловидной мышцы и остатков жирового тела щеки. При помощи навигации в условиях выраженного рубцового процесса определяется проекция глазного яблока для снижения риска повреждения при острой диссекции. (Рисунок 51).

Ввиду отсутствия выраженного интрадурального распространения опухоли

и для снижения риска послеоперационной ливореи принято решение воздержаться от формирования большого дефекта ТМО. Для контроля верхнего полюса опухоли и ТМО применялась магнитная навигация (Рисунок 52).

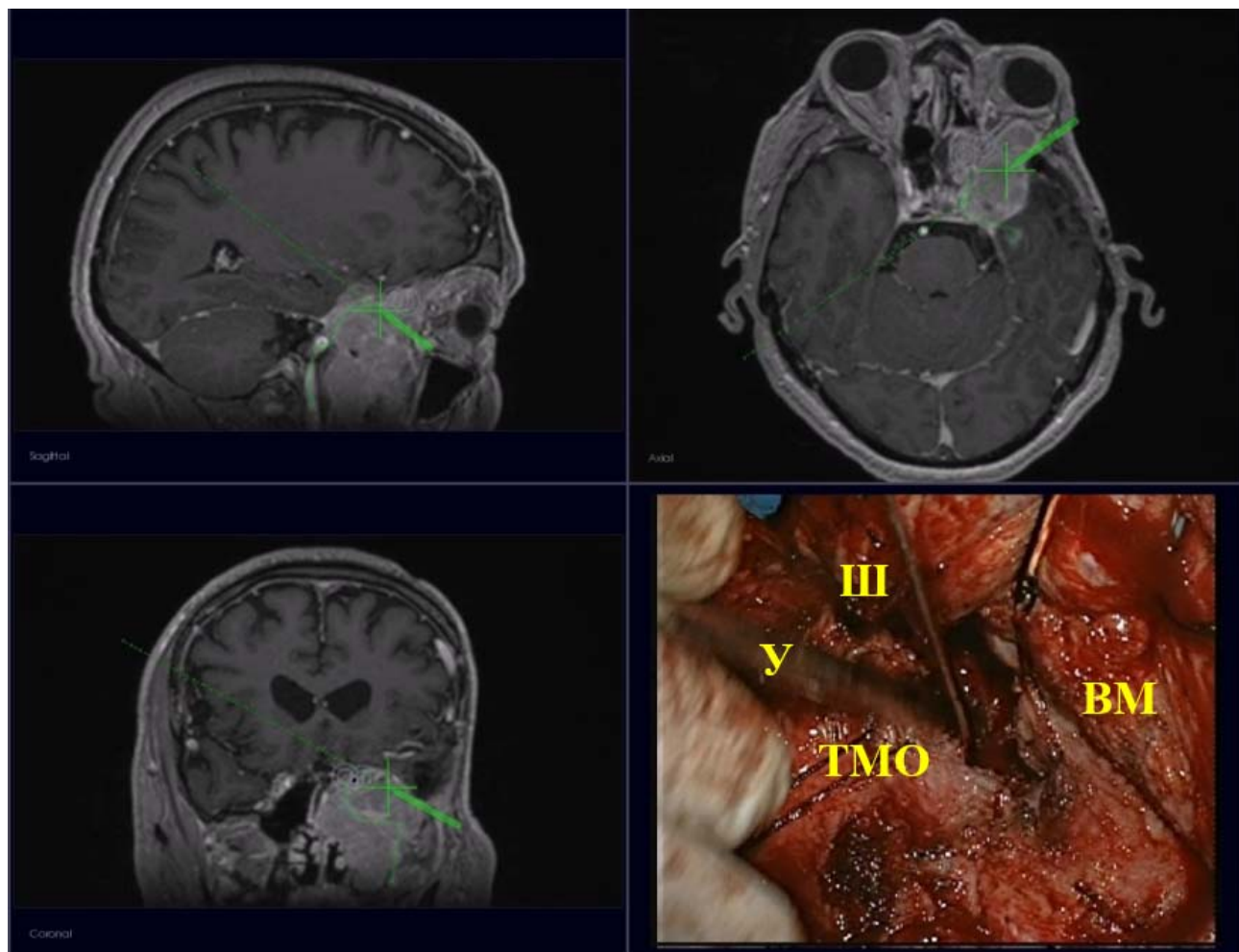


Рисунок 52 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. У - навигационная указка, Ш - шпатель на тканях глазницы, ТМО - твердая мозговая оболочка височной доли, ВМ - височная мышцы

Для уменьшения риска вскрытия ТМО проводится навигационный контроль проекции верхней границы опухоли.

Область канала зрительного нерва выделена меткой на предоперационном этапе планирования в навигационной станции (рисунок 52). При направлении навигационной указки точно в область выделенной точки, она подсвечивается зеленым. Таким образом, хирург контролирует местонахождение анатомической структуры и расстояние до нее в реальном времени. В данном случае это



особенно важно, так как имеет место сочетание опухолевого и рубцового процессов, что еще больше затрудняет ориентацию в пространстве операционной раны.

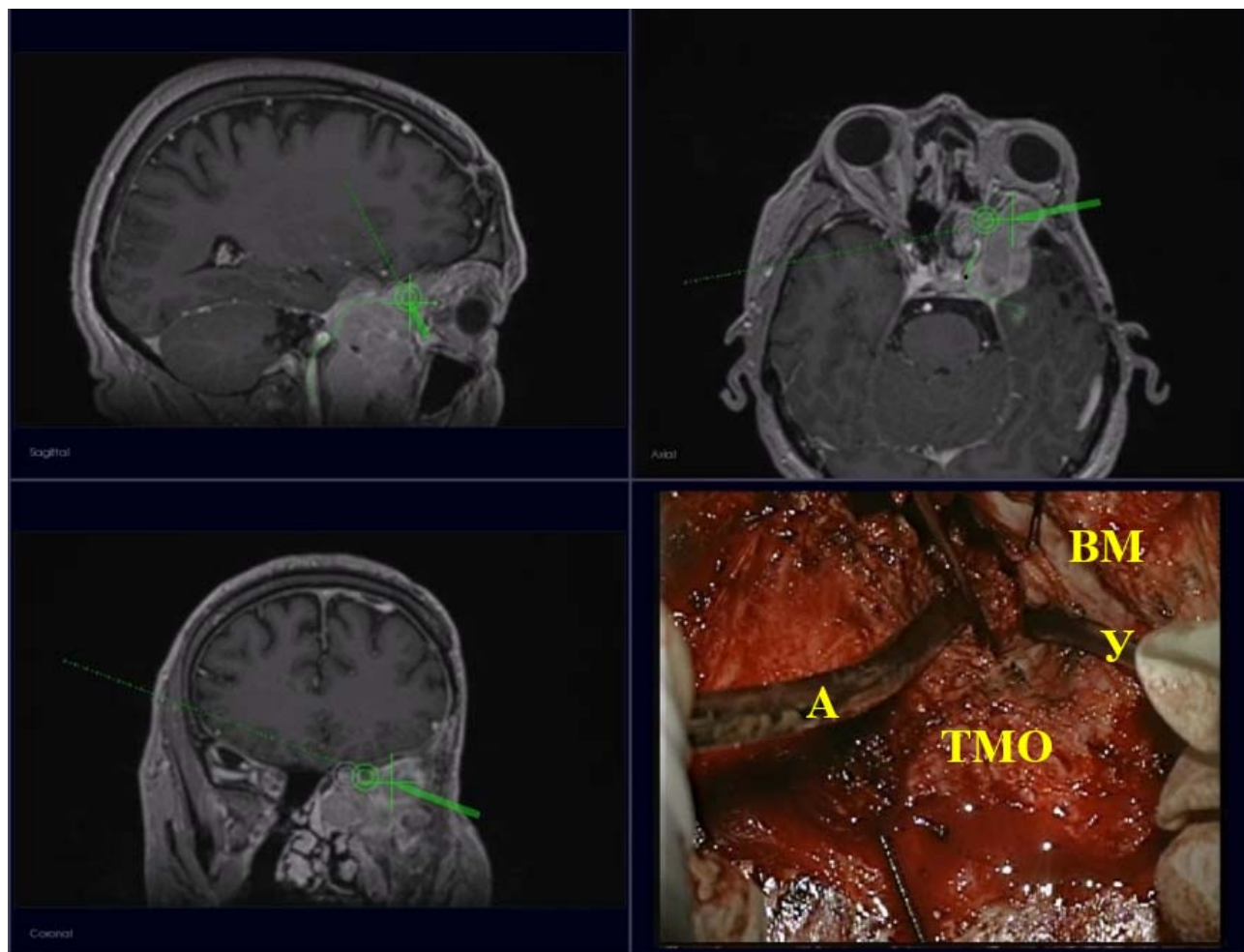


Рисунок 52 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. У - навигационная указка, ТМО - твердая мозговая оболочка височной доли, А - аспиратор, ВМ - височная мышца

Задняя часть опухоли под контролем навигации отделена от сустава нижней челюсти, наружных отделов задней поверхности пирамиды височной кости (Рисунок 53). Затем рассечена капсула наружных отделов опухоли и начато интракапсулярное уменьшение. Опухоль была неоднородной плотности, в основном, плотная, кровоточивая, уменьшалась окончатым пинцетом, ножницами, местами - ультразвуковым деструктором.

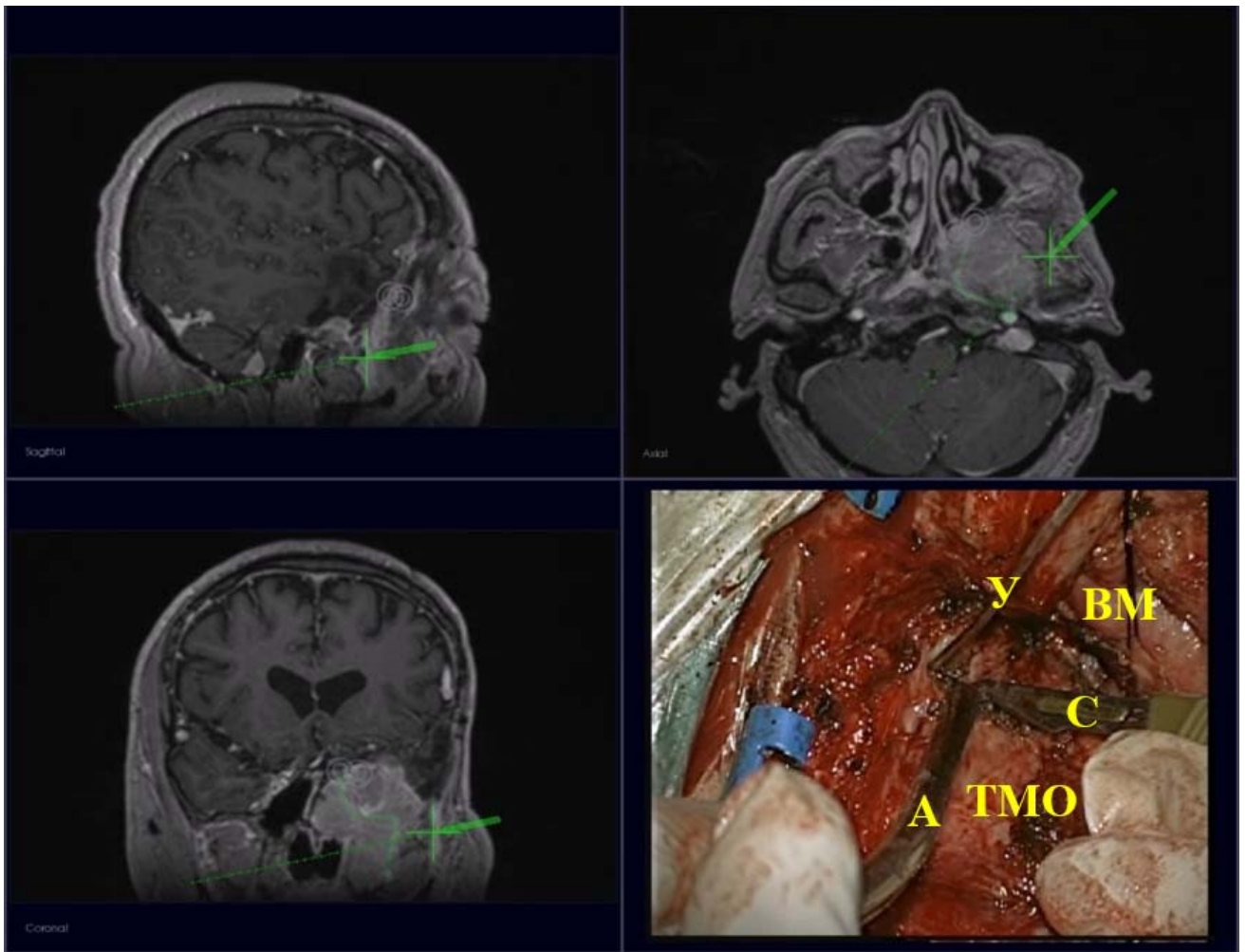


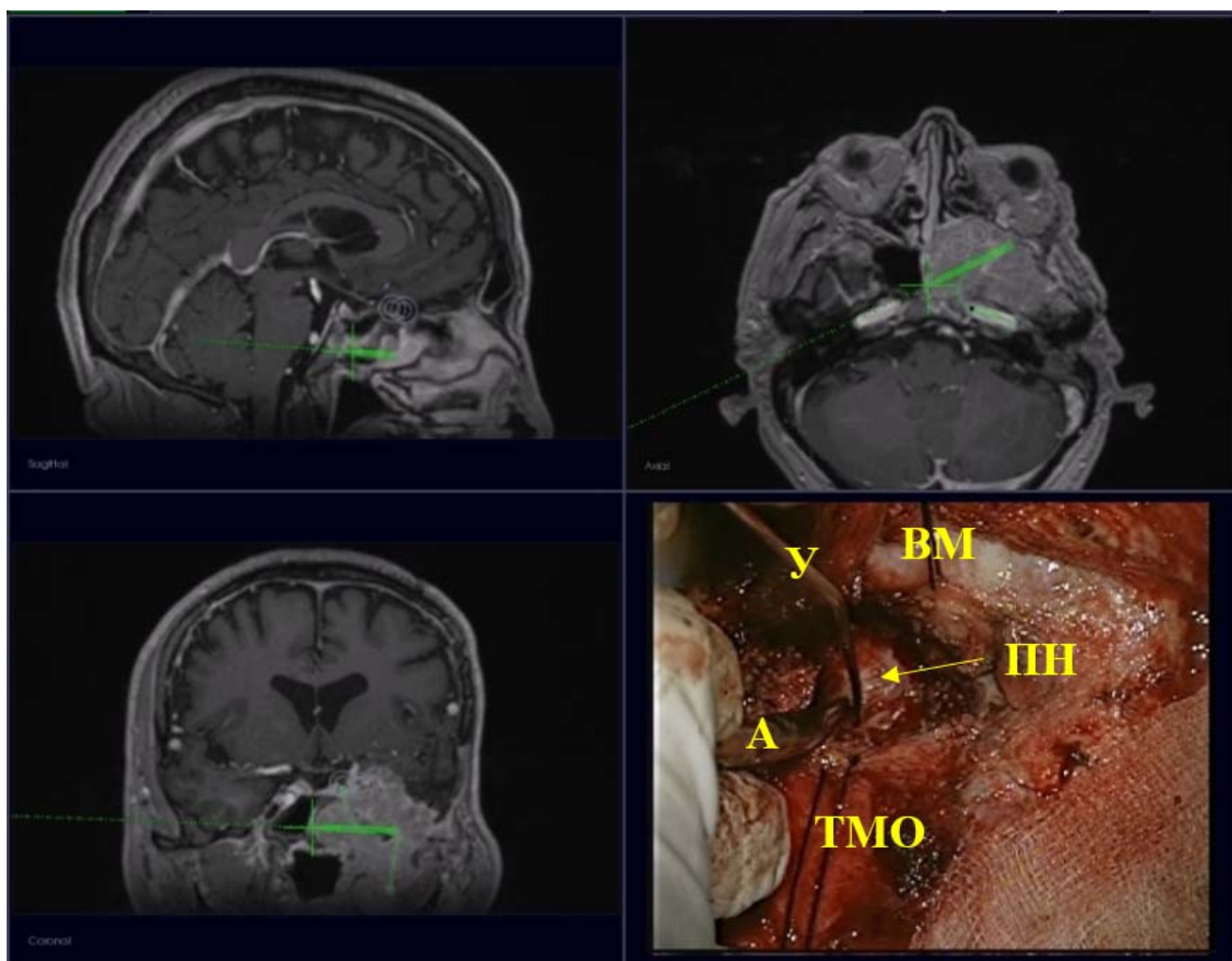
Рисунок 53 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. У - навигационная указка, ТМО - твердая мозговая оболочка височной доли, А - аспиратор, ВМ - височная мышца, С - скальпель

Затем под контролем безрамной магнитной навигации удалены медиальные отделы опухоли в области крылонебной ямки, инфильтрированного кавернозного синуса, верхушки пирамиды, основной пазухи. Навигация позволила истончить медиальную часть опухоли, не сформировав сообщение с полостью носа в области носовой перегородки (Рисунок 54).

Гемостаз. Твёрдая оболочка пульсировала. Дефект зашит наглухо. Ложе выстлано фрагментами фибрин-тромбиновой композиции и препаратом оксигиллюлозы. Пластика дефекта основания черепа перемещённым лоскутом надкостницы с фиксацией фибрин-тромбиновой композицией и фибрин-тромбиновым клеем. Швы на мягкие ткани. Установлен люмбальный дренаж.

Ранний постоперационный период протекал без осложнений. Рана зажила

первичным натяжением, швы сняты на 7-е сутки после операции. Пациент соматически сохранен.



Неврологически без динамики по сравнению с дооперационным уровнем.

Рисунок 54 - Снимки экрана навигационной станции в процессе операции. У - навигационная указка, ТМО - твердая мозговая оболочка височной доли, А - аспиратор, ВМ - височная мышца, ПН – перегородка носа

На послеоперационной КТ головы с контрастом от 17.09.19 опухоль удалена субтотально, признаков наличия кровоизлияний, нарастания гидроцефалии, отека вещества головного мозга не выявлено (Рисунок 55).

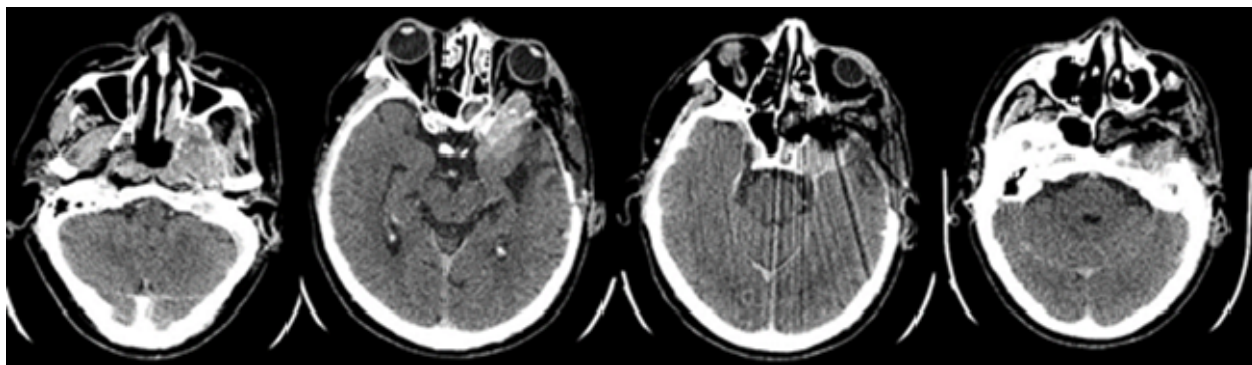


Рисунок 55 - КТ головы с контрастом в первые сутки после операции

18.09.19 и 24.09.19 осмотрен отоневрологом, исключена назальная ликворея. В послеоперационном периоде несколько narosли глазодвигательные расстройства.

Данное клиническое наблюдение демонстрирует применение навигации для определения расположения нормальных анатомических структур (глазное яблоко, зрительный нерв, ВСА) в условиях анатомии, измененной по причине опухолевого поражения. Навигация позволяет локализовать и предотвратить вскрытие ТМО, что уменьшает риск послеоперационной ликвореи в условиях открытых околоносовых пазух. Навигация также позволяет определить границы опухоли для удаления доступной ее части. Однако наличие рубцового процесса после предыдущего вмешательства приводит к еще более грубому изменению нормальной анатомии, по сравнению с первичными вмешательствами, что, на наш взгляд, снижает эффективность применения навигации.

## Глава 5 Результаты хирургического лечения с применением навигации

Целью хирургического лечения опухолей передне-латеральных отделов основания черепа является максимально допустимое уменьшение объема опухоли. Лимитирующими факторами являются вовлечение в опухолевый процесс внутренней сонной артерии, а также нервных структур, повреждение которых ухудшает функциональные исходы лечения и снижает качество жизни пациентов.

В зону хирургической опасности при удалении опухолей передне-латеральных отделов основания черепа входят анатомические области, окружающие ВСА интракраниально и экстракраниально:

1. Кавернозный синус. Удаление фрагментов опухоли из кавернозного синуса сопряжено не только с риском прямого повреждения сосуда, но и с повреждением ветвей интракавернозной части внутренней сонной артерии. При отрыве такого сосуда достаточно близко к месту ответвления хирург сталкивается с трудно контролируемым кровотечением. Венозное кровотечение из кавернозного синуса также с трудом поддается контролю и осложняет ориентацию в ране.

2. Меккелева полость непосредственно примыкает к каналу ВСА пирамиды височной кости и к каменистой части ВСА. При распространении опухоли в Меккелеву полость манипуляции в этой области сопряжены с высоким риском повреждения каменистого сегмента сосуда.

3. Пирамида височной кости (канал сонной артерии). При разрушении опухолью передних отделов пирамиды височной кости в зону поражения может войти канал ВСА. Чаще всего разрушается его передняя стенка. При этом манипуляции в этой области сопряжены с высоким риском повреждения сосуда.

4. Парафарингеальное пространство. Перед входом в полость черепа в области рваного отверстия внутренняя сонная артерия залегает в парафарингеальном пространстве кзади от шило-глочной фасции.

Таким образом, в зону хирургической доступности входит:

А. часть опухоли, распространяющаяся экстракраниально (область экстрадурального распространения: латеральная часть глазницы, крылья основной кости, подвисочная ямка);

Б. часть опухоли, распространяющаяся интракраниально (медиальные отделы средней черепной ямки).

По данным контрольной КТ и МРТ возможно оценить расположение опухоли в зонах хирургической доступности и опасности, а затем применять навигацию для улучшения ориентации в процессе удаления.

Практически все опухоли передне-латеральных отделов основания черепа распространяются в зону хирургической опасности, что делает недостижимым их радикальное удаление.

В нашем исследовании мы оценивали наличие остатков опухоли в зоне хирургической доступности после операции. Наличие доступного остатка опухоли после операции мы связывали с потерей ориентации хирурга в операционной ране. Для анализа эффективности применения навигации оценивалась количество пациентов, у которых не обнаруживалось остатков опухоли в зоне хирургической доступности экстра- и интракраниально.

### **5.1 Оценка наличия и локализации доступных для удаления фрагментов опухоли до операции**

Опухоли исследуемой и контрольной групп были разделены на 2 подгруппы по распространенности доступных для удаления опухолевых узлов (группы статистически сопоставимы:  $p=0,666$ ):

- экстра-интракраниальный тип распространения (чаще всего, это опухоли III типа распространения по нашей классификации) - опухоль имеет доступные для удаления узлы в средней черепной ямке и экстракраниально (латеральная часть глазницы, крылья основной кости, подвисочная ямка). В исследуемой группе таких пациентов было 24 (67%), в контрольной – 20 (59%);

- экстракраниальный тип распространения (чаще всего, это опухоли I и II

типов распространения по нашей классификации) - опухоль представлена экстракраниальным узлом с минимальным плоскостным участком в средней черепной ямке. В исследуемой группе таких пациентов было 12 (33%), в контрольной – 14 (41%) (Рисунок 56).

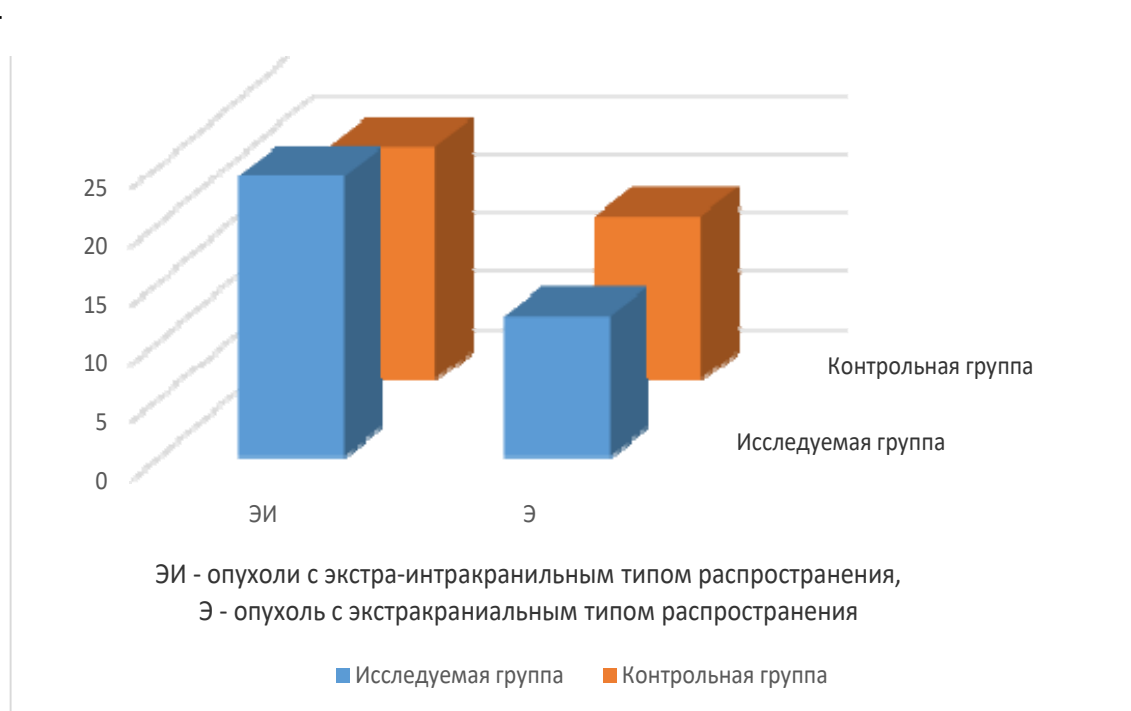


Рисунок 56 - Диаграмма распределения опухолей по распространенности опухолевого узла

## 5.2 Оценка наличия доступных для удаления остатков опухоли после операции

Для определения эффективности применения навигации проводилась оценка наличия или отсутствия остаточной опухоли в средней черепной и подвисочной ямках. Было введено 2 степени достижения целей хирургического лечения:

- цель операции достигнута: нет доступных для удаления контрастируемых остатков опухоли в экстра- и интракраниально;
- цель операции не достигнута: есть остаток экстра- и/или интракраниально.

При данной оценке не учитывалось наличие остаточной опухоли в зоне хирургической опасности.

В исследуемой группе цель операция была достигнута в 18 случаях, в контрольной – в 9 случаях, при этом различия были на грани статистической достоверности ( $p=0,076$ ).

Учитывая небольшие выборки и отсутствие статистически достоверных различий в результатах хирургического лечения, для выявления возможных корреляций был применён метод псевдорандомизации. Метод псевдорандомизации позволяет подобрать наиболее сопоставимые по изучаемым параметрам случаи в исследуемой и контрольной группах и выявить статистически значимые закономерности, которые могли быть не найдены при сравнении всех вмешательств обеих групп.

Для проверки гипотез о различиях в результатах оперативного лечения при использовании навигации применяли технологию «псевдорандомизации» - подбор пациентов по индексу соответствия (англ. propensity score matching, PSM) [77]. Метод позволяет из двух групп подобрать равные по числу пациентов подгруппы таким образом, чтобы распределение их основных характеристик (потенциально влияющих на радикальность хирургии или риск осложнений) было примерно одинаковым. В результате в двух «псевдорандомизированных» группах можно с большей надежностью проверять гипотезы о различиях. В нашем исследовании с помощью технологии PSM из исследуемой и контрольной групп были подобраны подгруппы по 24 пациента. Подбор проводили по полу, возрасту, повторности операции, гистологическому типу процесса (доброкачественный или злокачественный) и распространенности (экстра-интракраниально или экстракраниально). При анализе результатов доступных для удаления остатков опухоли не было в 15 случаях (62%) исследуемой группы и 5 случаях (21%) контрольной группы. Выявленное различие было статистически значимым ( $p=0,008$ ) (Рисунок 57).



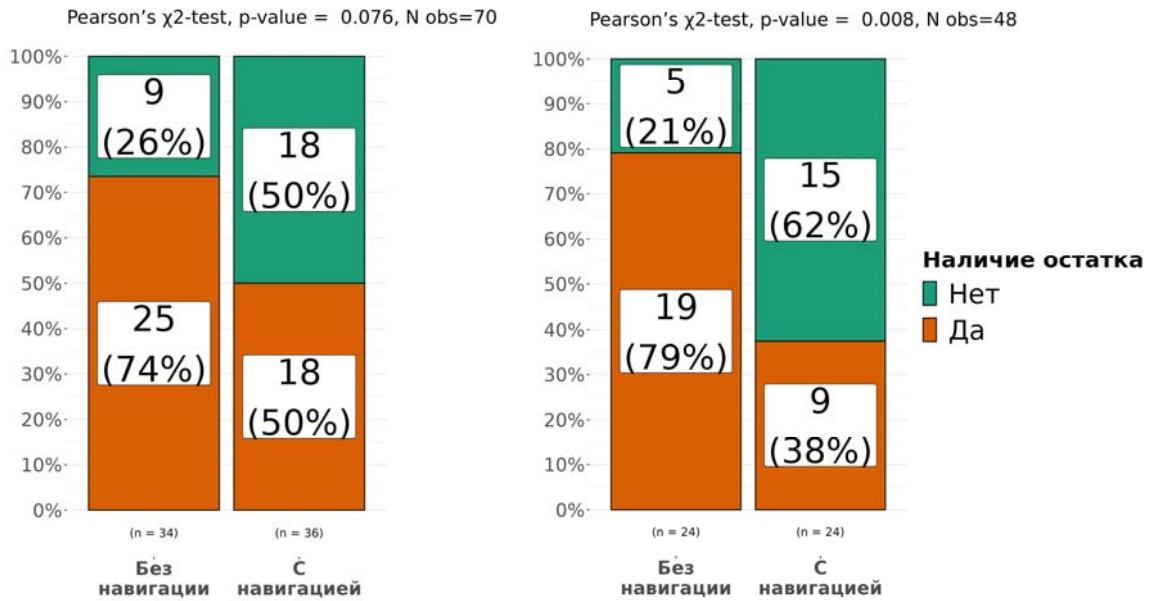


Рисунок 57 - Диаграммы наличия остатков опухоли в зоне хирургической доступности без (слева) и с применением метода псевдорандомизации (справа)

При сравнении остатка опухоли в подгруппах первичных и повторных вмешательств выявлены следующие различия (Рисунок 58). При первичных вмешательствах остаток не обнаруживался в 15 случаях в группе с навигацией и в 8 случаях в группе без навигации, при этом различия были статистически достоверны ( $p=0,013$ ). В группе повторных вмешательств статистически значимых различий выявить не удалось ( $p=1$ ).

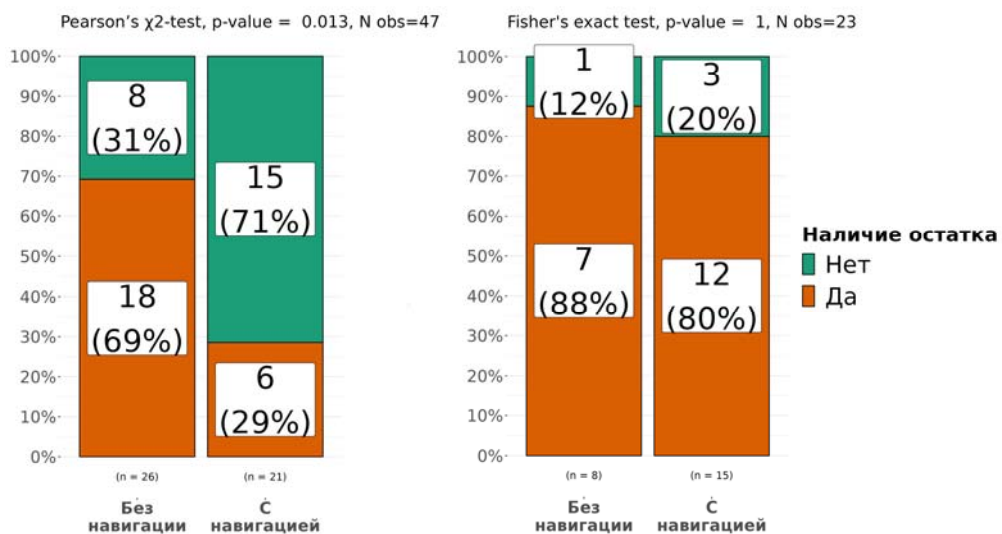


Рисунок 58 - Сравнение наличия остатка опухоли в зоне хирургической доступности при первичных (слева) и повторных (справа) вмешательствах

При сравнении наличия остатка опухоли в подгруппах доброкачественных и злокачественных процессов статистически значимых различий в операциях с использованием и без использования навигации не выявлено. Также не выявлено статистических различий при сравнении в подгруппах по распространенности процесса (экстракраниальные и экстра-интракраниальные типы распространения доступных для удаления фрагментов опухоли).

Проводилось сравнение достижения целей хирургического лечения отдельно в группе магнитной и оптической навигации в соотношении с контрольной группой. В группе с применением магнитной навигации остаточная опухоль отмечена в 9 случаях (45%), а в контрольной группе – в 25 (73,5%). Эти различия были статистически не значимы ( $p=0,071$ ). В группе с применением оптической навигации остаточная опухоль отмечена также в 9 случаях (56,2%). Эти различия были также статистически не значимы ( $p=0,37$ ).

При сравнении с применением метода псевдорандомизации (уравнивание по тем же параметрам, что и сравнение исследуемой и контрольной групп) выявлено статистически значимое отличие при сравнении «магнитная навигация – контроль» в то время, как при сравнении «оптическая навигация – контроль» статистически значимых отличий не было (Рисунок 59). В подгруппах «магнитная навигация – контроль» подобрано по 18 наблюдений, при этом в 10 случаях с применением навигации остаточной опухоли не отмечено, при этом без применения навигации остаточной опухоли не отмечено в 2 случаях. При этом различие статистически значимо ( $p=0,012$ ). В подгруппах «оптическая навигация – контроль» подобрано по 15 наблюдений, при этом в 7 случаях с применением навигации остаточной опухоли не отмечено, при этом без применения навигации остаточной опухоли не отмечено в 2 случаях. Различие при этом статистически не значимо ( $p=0,109$ ).

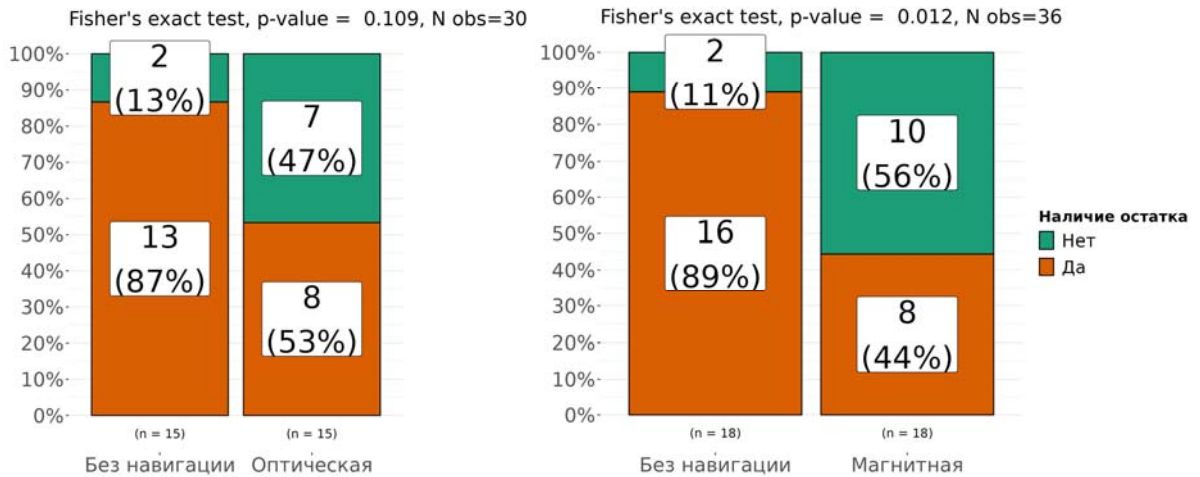


Рисунок 59 - Сравнение наличия остатка опухоли в зоне хирургической доступности при оптической (слева) и магнитной (справа) навигации с применением метода псевдорандомизации

### 5.3 Осложнения в ближайшем послеоперационном периоде

В исследуемой группе неврологические осложнения возникли у 8 пациентов (22,2%) (Рисунок 60). Среди осложнений этой категории были отмечены следующие: глазодвигательные нарушения в 4 случаях, появление недостаточности по ветвям тройничного нерва в 3 случаях. В одном случае возникла гипосмия, снижение слуха зарегистрировано у одного пациента и у одного – снижение зрения. У одного пациента возникла недостаточность лицевого нерва и у одного – недостаточность языкоглоточного нерва. Хирургические осложнения возникли в 4 случаях (11,1%). К этим осложнениям отнесены: назальная ликворея, отоликворея, остеомиелит и нагноение в области операционной раны. В одном случае возник отёк и дислокация головного мозга в послеоперационном периоде, потребовавшие установки вентрикулярного дренажа и длительного лечения в отделении реанимации.

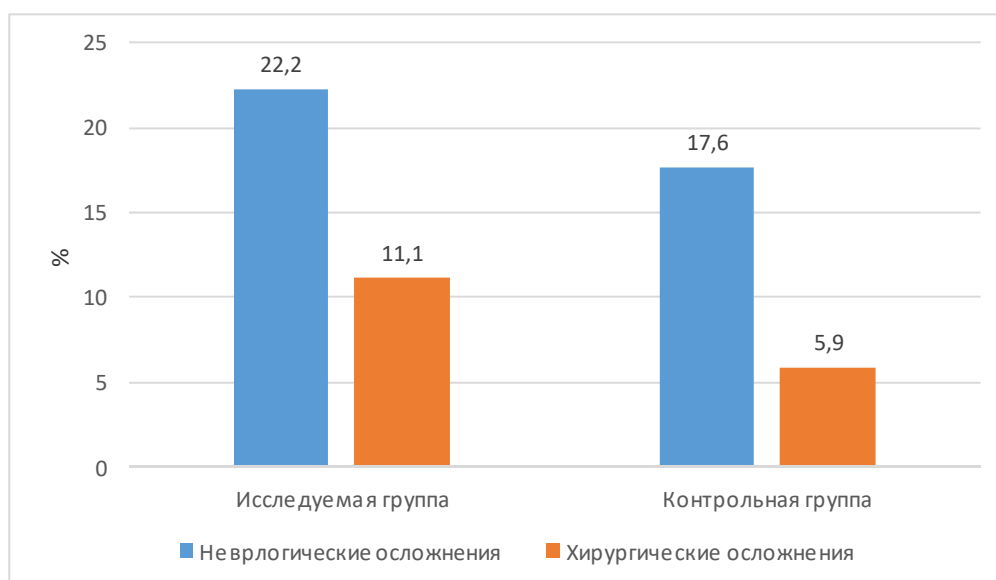


Рисунок 60 - Диаграмма распределения осложнений в ближайшем послеоперационном периоде

В контрольной группе неврологические осложнения возникли у 6 пациентов (17,6%). Спектр неврологических осложнений в этой группе состоял из вновь возникшего эписиндрома (2 пациента), нарастание когнитивных нарушений (1 пациент), нарастание недостаточности черепных нервов (тройничного нерва – 1, лицевого нерва – 1, лагофталм в послеоперационном периоде потребовал частичной кровавой блефарорафии), появление глазодвигательных нарушений (1 пациент), появление нейропатической боли по ветвям тройничного нерва (1 пациент). Хирургические осложнения возникли в 2 случаях (5,9%). В одном случае возникла назальная ликворея, которая регрессировала к моменту выписки на фоне люмбального дренирования. В одном случае после выписки возникли раневая ликворея и менингит, потребовавший повторной госпитализации и ревизии операционной раны. Один пациент скончался от возникновения субдуральной и внутримозговой гематом с последующим дислокационным синдромом. Статистически значимых различий в частоте неврологических и хирургических осложнений между группами с применением и без применения навигации не выявлено ( $p=0,858$  и  $p=0,674$  соответственно).

#### 5.4 Оценка динамики общего состояния пациентов

Динамика общего состояния оценивалась по изменению индекса Карновского на день поступления и день выписки (Рисунок 61).

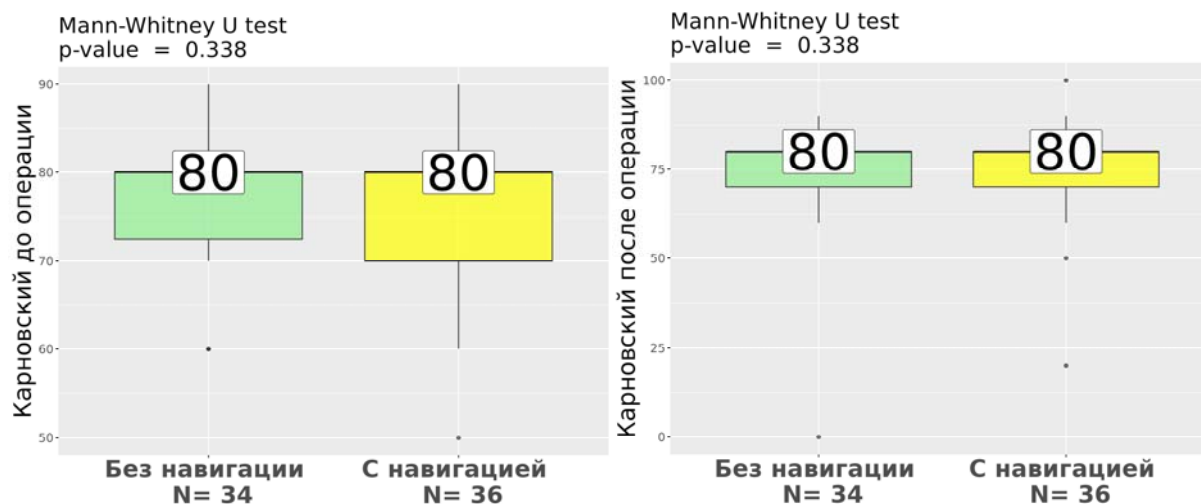


Рисунок 61 - Индекс Карновского на момент поступления (слева) и выписки (справа) в исследуемой и контрольной группах

В исследуемой группе в 31 случае (86,1%) динамики не отмечено, в 2 случаях (5,6%) отмечено улучшение и в 3 случаях (8,3%) отмечено ухудшение. В контрольной группе в 33 случаях (97,1%) динамики не отмечено, в 1 случае (2,9%) отмечено ухудшение, а улучшения не отмечено ни в одном случае. Статистически значимых различий в динамике индекса Карновского между исследуемой и контрольной группами не отмечено ( $p=0,361$ ).

#### 5.5 Статистический анализ методом логистических моделей

Многомерный анализ факторов, влияющих на объем удаления опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением проводили с помощью модели бинарной логистической регрессии. В качестве бинарного исхода в модели рассматривали отсутствие доступных для удаления экстр- и интракраниальных фрагментов опухоли. Рассчитывалось отношение шансов (ОШ) - число неудач (наличие остатка) деленное на число удач (без остатка). Если ОШ меньше единицы — значит этот

предиктор уменьшал вероятность наличия остатка опухоли после операции, если больше единицы – увеличивал (Рисунок 62).

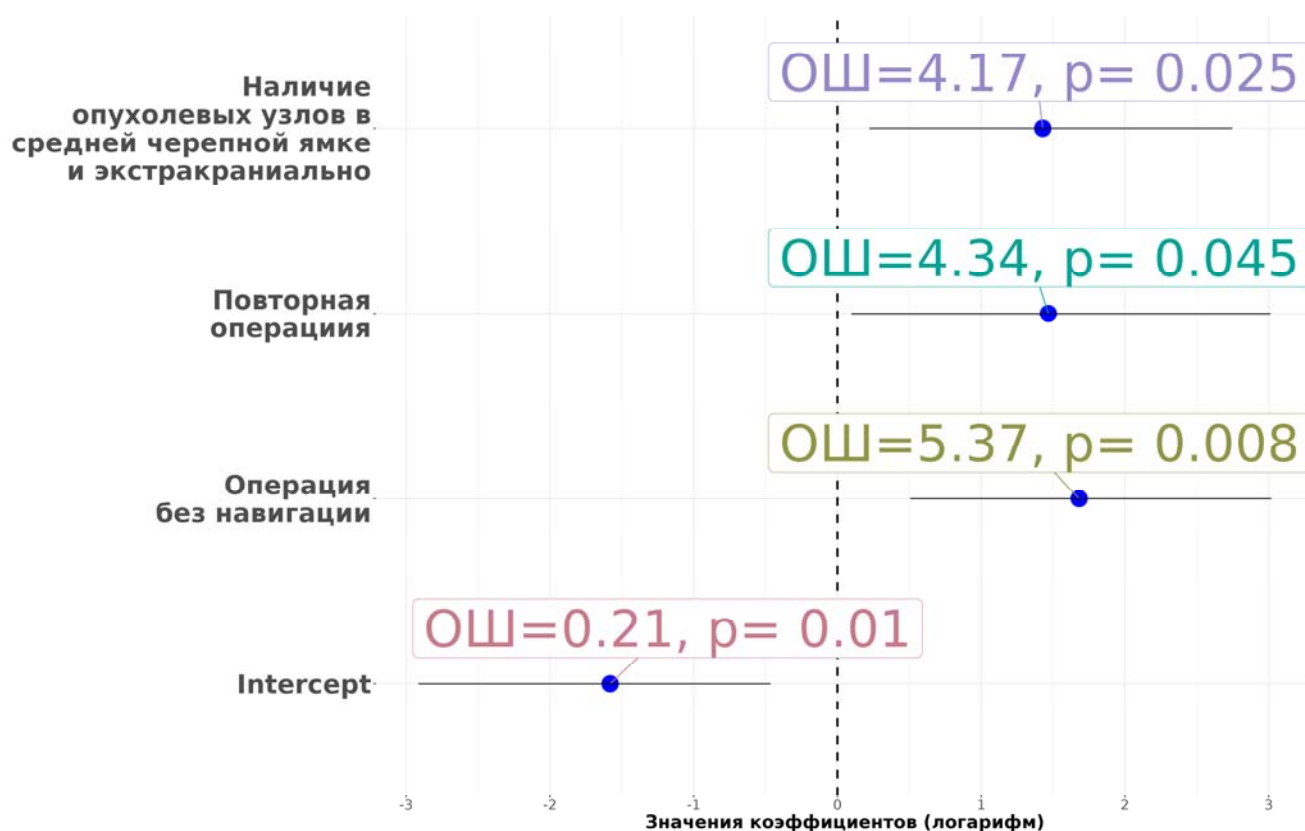


Рисунок 62 - Логистическая модель, демонстрирующая влияние факторов на радикальность удаления (ОШ - отношение шансов)

Были выявлены следующие факторы, значимые для увеличения вероятности оставления доступных для удаления фрагментов опухоли экстраинтракраниально:

1. Распространенность опухоли: наличие опухолевых узлов одновременно в интрадурально в области медиальных отделов средней черепной ямки и экстракраниально статистически значимо снижает радикальность вмешательств ( $p=0,025$ ).

2. Повторная операция: наличие рубцового процесса и измененной анатомии после предыдущего вмешательства статистически значимо увеличивает риск оставления доступных для удаления фрагментов опухоли ( $p=0,045$ ).

3. Операция без применения навигации статистически значимо уменьшает радикальность удаления опухоли ( $p=0,008$ ).

Результаты тестирования гипотез признавались статистически значимыми при уровне значимости  $p<0,05$ .

Таким образом, оптимальными условиями для применения навигации является первичная операция у пациентов без интрадурального компонента в области медиальных отделов средней черепной ямки (I и II типы согласно нашей классификации).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением являются одними из самых сложных с точки зрения хирургической анатомии. Возникающие при этих опухолях экстракраниальные узлы, обширные гиперостозы или участки деструкции костей черепа затрудняют или делают невозможным использование стандартных анатомических ориентиров (костных швов, отверстий, анатомических точек и схем). В свою очередь, невозможность интраоперационной идентификации анатомических ориентиров может вести как к снижению радикальности хирургического вмешательства за счет неполной резекции доступной части опухоли, так и к неоправданному повышению радикальности со вскрытием околоносовых придаточных пазух или повреждением магистральных артерий и черепных нервов.

Целью исследования явилась оценка возможности и целесообразности применения интраоперационной навигации при опухолях передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить показания к применению навигации при удалении опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.
2. Выявить факторы, ограничивающие использование магнитной и оптической навигации при удалении опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.
3. Оценить риски осложнений и динамику функционального статуса пациентов с опухолями передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением при использовании интраоперационной навигации.



4. Оценить влияние интраоперационной навигации на объем удаленной опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением при первичных и повторных вмешательствах.

5. Сравнить влияние магнитной и оптической навигации на объем удаленной опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.

При анализе литературы работ по использованию навигации в хирургии опухолей основания черепа с экстра- и интракраниальным распространением не обнаружено. Таким образом, проведенная работа является единственным на сегодня сравнительным исследованием проблемы.

Материал исследования составили 70 наблюдений пациентов с опухолями основания черепа с экстра- и интракраниальным распространением, оперированных с 2016 по 2021 годы в 6 нейрохирургическом отделении НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко, в исследование включены все доступные для анализа наблюдения пациентов, метод выборки – тотальный. Основную группу составили 36 наблюдений пациентов, оперированных с использованием навигации (20 – магнитной, 16 – оптической), контрольную - 34 наблюдений пациентов, оперированных без использования навигации. Включение пациента в ту или иную группу было по сути случайным и зависело от плана работы операционного блока и наличия рабочей навигационной системы. В исследование были включены пациенты с опухолями различной гистологической природы. Учитывая небольшое количество наблюдений, был применен метод псевдорандомизации. Использованные методы описательной статистики позволили подтвердить сопоставимость основной и контрольной групп по полу, возрасту пациентов и гистологическому диагнозу и сделать вывод о том, что проводить сравнение групп правомерно.

В каждом случае проведено общее, неврологическое, нейроофтальмологическое, отоневрологическое исследования, КТ и/или МРТ головы с контрастированием. Послеоперационная КТ с контрастным усилением проводилась в первые сутки после операции. В некоторых случаях через 3 месяца

после операции проводили МРТ головы с контрастированием. Оценивали динамику индекса Карновского при поступлении и выписке, частоту неврологических и хирургических осложнений в исследуемой и контрольной группах.

Для оптимизации методики интраоперационной навигации был проведен анализ закономерностей роста опухолей основания черепа с экстра- и интракраниальным распространением. При анализе литературы не обнаружено единой общепринятой классификации вариантов распространения опухолей анализируемой группы.

Нами предложена классификация опухолей основания черепа с экстра- и интракраниальным распространением по отношению к ТМО, поскольку именно анатомия ТМО определяет вариант роста опухоли, а также именно ТМО часто определяет плоскость диссекции при удалении опухолей основания черепа.

Опухоли могут располагаться как изнутри (интрадурально), так и снаружи (экстрадурально) от ТМО. В области основания черепа ТМО образует дубликатуру, которая формирует латеральную стенку кавернозного синуса и Меккелеву полость. Для фрагментов опухолей, лежащих между листками ТМО на основании черепа, применяется термин «интердуральные». Нами выделены 3 типа распространения опухолей основания черепа: экстра-интрадуральные опухоли без интердурального компонента (I тип), экстра-интердуральные опухоли без интрадурального распространения (II тип) и опухоли, распространяющиеся кнаружи, кнутри и между листками и дубликатурами ТМО (III тип).

Опухоли I типа – это чаще всего первичные или метастатические злокачественные опухоли, а также доброкачественные процессы, локализующиеся в области височно-нижнечелюстного сустава. Для них не характерно распространение в дубликатуру ТМО в области кавернозного синуса и Меккелевой полости. Экстракраниально опухоли I типа могут распространяться парафарингеально или в пирамиду височной кости и располагаться в непосредственной близости от экстракраниального отдела ВСА. При данном типе опухолей навигация может применяться контроля положения

экстракраниального отдела ВСА, для определения проекции и предотвращения открытия верхнечелюстной пазухи, наружного слухового прохода и повреждения каменистой части ВСА.

Опухоли II типа - это опухоли черепных нервов и некоторые злокачественные эпителиальные опухоли, склонные к периневральной инвазии. Эти опухоли раздвигают листки дубликатур ТМО и распространяются как интракраниально в среднюю черепную ямку без нарушения целостности внутреннего слоя ТМО, так и экстракраниально. Навигация при удалении опухолей II типа может применяться для определения границы опухоли и ТМО в области нижней глазничной щели, круглого и овального отверстий для снижения риска повреждения ТМО и послеоперационной назальной ликвореи, для определения проекции латеральной стенки кавернозного синуса с целью снижения риска повреждения интракавернозной части ВСА и черепных нервов и для определения проекции и предотвращения вскрытия основной пазухи.

Опухоли III типа - опухоли мозговых оболочек (менингиомы) и злокачественные опухоли (первичные и вторичные), которые разрушают ТМО и распространяются в кавернозный синус и интрадурально. Основной целью навигации при удалении опухолей III типа является контроль ВСА экстра- и интракраниально, а также предотвращение широкого открытия околоносовых пазух для снижения риска послеоперационной ликвореи.

Практическая значимость данной классификации связана с возможностью более дифференцированного подхода к планированию хирургического лечения и использования навигации. Для опухолей исследуемой группы выделены зона «хирургической опасности» вблизи экстра- и интракраниального отделов ВСА и околоносовых воздухоносных пазух, и зона хирургической доступности, где объем опухоли может быть безопасно уменьшен.

В лечении пациентов с опухолями передне-латеральных отделов основания черепа, распространяющимися экстракраниально, используют комбинацию лобно-височной краниотомии или краниэктомии с резекцией латеральных отделов крыльев основной кости, и орбитозигоматического доступа. Такой

комбинированный подход обеспечивает удаление как интракраниального, так и экстракраниального компонентов новообразования. При этом медиальной границей резекции костного основания черепа является верхняя и нижняя глазничные щели, круглое, овальное и остистое отверстия.

Используемый нами комбинированный подход к опухолям основания черепа отличается от применяемых в хирургии опухолей головы и шеи более травматичных трансфациальных или низких преаурикулярных доступов с транспозицией лицевого нерва и риском его повреждения. «Побочным эффектом» нашего менее инвазивного доступа является отсутствие широкого обнажения нормальных анатомических структур в окружности опухолевого процесса, что затрудняет ориентацию хирурга в процессе удаления опухоли. Соответственно, целесообразность улучшения ориентировки хирурга при удалении опухоли из менее инвазивного доступа обуславливает актуальность исследования и потенциальную пользу применения навигации в хирургии опухолей данной локализации.

В ходе исследования оптимизирована технология использования оптической и магнитной навигации при транскраниальных вмешательствах на основании черепа, выявлены ограничения методик и возможные пути обхода этих ограничений. Основные ограничения связаны с жесткой фиксацией головы пациента в металлической скобе, необходимостью использования операционного микроскопа и металлической дуги для отграничения операционного поля и фиксации кожно-мышечного лоскута. Эти металлические объекты способны искажать магнитное поле эмиттера и нарушать процесс магнитной навигации. При использовании оптической навигации беспрепятственная связь инфракрасной камеры и референсной рамки ограничена дугой для фиксации кожно-мышечного лоскута снизу и операционным микроскопом сверху. Были найдены оптимальные варианты расположения элементов навигационной системы для использования в современной операционной при выполнении доступов к основанию черепа.

При использовании магнитной навигации референсная метка и эмиттер магнитного поля должны быть установлены так, чтобы вероятность смещения их

в процессе операции была минимальной, и эти элементы оборудования должны быть максимально удалены от массивных металлических объектов. Инвазивный референс устанавливается равноудаленно от медиального края кожного разреза и точки крепления шипа настолько возможно базально, что минимизирует риск повреждения лобной пазухи.

Важным моментом подготовки к использованию оптической навигации является установка референсной рамки. С одной стороны, рамка должна находиться в плоскости ИК-излучения камер и достаточно близко к операционному полю, с другой - не должна мешать хирургу, ассистенту и операционной сестре при работе и передаче инструментов. Оптимальная позиция рамки – непосредственно перед и на уровне дуги для фиксации кожного лоскута. При левостороннем доступе рамка располагается справа, а при правостороннем – слева.

В результате исследования показано, что применение навигации в хирургии опухолей передне-латеральных отделов основания черепа, распространяющихся экстракраниально, позволяет оптимизировать планирование доступа, контролировать объём удаленной и оставшейся опухоли, локализовать границы опухоли, идентифицировать положение ВСА и других критически важных структур как в экстра-, так и интракраниальном пространстве. Актуальность идентификации ВСА с помощью навигации при удалении опухолей основания черепа подтверждается литературными данными [61]. Также важным аспектом применения навигации является контроль положения околоносовых пазух, ячеек височной кости и наружного слухового прохода, вскрытие которых увеличивает риск назальной и отоликвореи.

Самой частой причиной сбоя в работе навигационной системы является смещение головы пациента и референса друг относительно друга в процессе операции. Чтобы не упустить момент сбоя в работе навигации, необходимо периодически проверять точность навигации путем контроля основных анатомических ориентиров и поверхностей (например, козелок, латеральный край глазницы, поверхность теменной кости и т.д.) При выявлении отклонения

необходимо прекратить использование навигации, так как это создает дополнительные риски повреждения критически важных анатомических структур. Необходимо отметить, что именно сбои и ошибки в работе навигационных систем являются наиболее частой причиной отказа от их использования в хирургии основания черепа [54].

Установлено, что опухоли передне-латеральных отделов основания черепа, распространяющиеся экстракраниально часто связаны с экстра- или интракраниальным отделом ВСА, что делает невозможным радикальное хирургическое вмешательство. Соответственно, основной целью хирургического лечения данных опухолей является максимально возможное уменьшение их объема, поскольку чем больший объем опухоли удален, тем лучшие условия будут созданы для проведения адьювантной терапии. При этом очевидно, что неоправданное повышение объема удаления радикально неоперабельной опухоли сопровождается более высоким риском осложнений.

В результате проведенного исследования установлено, что потенциально доступные для удаления интра- и/или экстракраниальные остатки опухоли были выявлены при КТ или МРТ в 19 (79%) наблюдениях из контрольной группы, а в группе с применением навигации – в 9 (38%), различие статистически достоверно ( $p=0,008$ ).

Также при сравнении только первичных операций в обеих группах остаток опухоли не был обнаружен при КТ или МРТ в 15 (71%) случаях в группе с навигацией и в 8 (31%) случаях в группе без навигации, различие также статистически достоверно ( $p=0,013$ ).

При сравнении подгрупп магнитной и оптической навигации с контрольной группой методом псевдорандомизации магнитная методика показала достоверно большую эффективность ( $p=0,012$ ). Таким образом, можно предположить, что в случае наличия выбора для хирургии экстра-интракраниальных опухолей передне-латеральных отделов основания черепа предпочтительно выбирать магнитную навигационную систему.

Гистологический диагноз и степень злокачественности опухоли в нашем исследовании достоверно не влияли на вероятность оставления потенциально доступных для удаления остатков новообразования.

Применение навигации достоверно не приводило к увеличению рисков неврологических и хирургических осложнений. Также не было отмечено влияния применения навигации на динамику функционального статуса пациентов после операции.

Методом многофакторного анализа доказано, что 1) отсутствие интраоперационной навигации, 2) III тип опухолей по нашей классификации (с интракраниальным узлом) и 3) повторный характер вмешательства значимо увеличивают риски оставления доступных для удаления фрагментов опухоли,  $p < 0,05$ . Соответственно, применение навигации наиболее эффективно в ходе первичных вмешательств по поводу опухолей I и II типов по нашей классификации (без выраженного интракраниального распространения).

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод, что использование интраоперационной навигации позволяет увеличить объем удаления опухолей передне-латеральных отделов основания черепа, распространяющиеся экстракраниально без возрастания риска интра- и послеоперационных осложнений.

## ВЫВОДЫ

1. Предложенная классификация опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением по отношению к твердой мозговой оболочке позволила определить показания и оптимизировать применение интраоперационной навигации. При опухолях I и II типов (без интрадурального компонента в области медиальных отделов средней черепной ямки) интраоперационная навигация позволяет увеличить объем удаленной опухоли ( $p < 0,05$ ), но при опухолях III типа (с интрадуральным распространением) влияния на объем удаления не оказывает.

2. Факторами, ограничивающими использование навигации при удалении опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением, являются: для магнитной - наличие крупных металлических объектов в магнитном поле источника; для оптической - крупных объектов, находящиеся между инфракрасной камерой и операционной раной.

3. Применение интраоперационной навигации не увеличивает риск осложнений и не снижает функциональный статус пациентов с опухолями передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.

4. Применение навигации при первичных хирургических вмешательствах позволяет увеличить объем удаленной опухоли передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением ( $p < 0,05$ ), но при повторных на степень удаления доступной части опухоли не влияет.

5. Объем удаления доступной части опухоли при применении магнитной навигации оказался достоверно большим по сравнению с оптической ( $p < 0,05$ ), что позволяет при наличии выбора считать предпочтительным использование магнитной навигационной системы в ходе удаления опухолей передне-латеральных отделов основания черепа с экстракраниальным распространением.



## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Применение навигации при опухолях передне-латеральных отделов основания черепа оправдано с целью контроля положения ВСА, для предотвращения вскрытия околоносовых воздухоносных пазух и наружного слухового прохода. При интракраниальном распространении опухоли в дубликатуру ТМО применение навигации позволяет точно определить границы новообразования, проекцию латеральной стенки кавернозного синуса, снизить риск повреждения проходящих в нем структур и внутреннего листка ТМО.

2. Навигацию рекомендуется применять для определения оптимального расположения и формы кожного разреза, костно-пластической и резекционной трепанации. В процессе удаления опухоли навигацию рекомендуется применять для контроля границ и остающегося объема опухоли. Периодически следует проверять точность навигации по нормальным анатомическим ориентирам.

3. Оптимальная позиция эмиттера при использовании магнитной навигации – в проекции шеи пациента непосредственно перед дугой для фиксации кожно-апоневротического лоскута. При использовании оптической навигации, оптимальная позиция приподнятой до  $45^\circ$  по отношению к горизонтальной плоскости инфракрасной камеры – в ногах пациента.

4. Оптимальная позиция референсной метки при использовании магнитной навигации – в вершине равнобедренного треугольника, равноудаленно от шипа трехточечной фиксации с одной стороны и переднего края кожного разреза – с другой. Оптимальное положение референсной рамки при использовании оптической навигации – непосредственно перед дугой для фиксации кожно-апоневротического лоскута, при правостороннем доступе – слева, при левостороннем – справа.

5. Наиболее эффективно применение навигации при первичных вмешательствах по поводу опухолей передне-латеральных отделов основания черепа I и II типов по предложенной нами классификации (без интрадурального

распространения). При наличии выбора между магнитной и оптической навигацией оптимально применение магнитной.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

- ВГЩ – верхняя глазничная щель  
ВМ – височная мышца  
ВП – верхнечелюстная пазуха  
ВСА – внутренняя сонная артерия  
ВЧНС – височно-нижнечелюстной сустав  
ГУ – Гассеров узел  
ЗН – зрительный нерв  
ЗЧЯ – задняя черепная ямка  
ИК – инфракрасный  
КНЯ – крылонебная ямка  
КС – кавернозный синус  
КТ – компьютерная томография  
ЛКМ – латеральная крыловидная мышца  
ЛРК – лабиринт решетчатой кости  
МКМ – медиальная крыловидная мышца  
МННЗ – мышца, напрягающая небную занавеску  
МПНЗ – мышца, поднимающая небную занавеску  
МРТ – магнитно-резонансная томография  
НГЩ – нижняя глазничная щель  
НЧ – нижняя челюсть  
ПВК – пирамида височной кости  
ПВЯ – подвисочная ямка  
ПН – полость носа  
ПСП – простилоидное пространство  
ПЧЯ – передняя черепная ямка  
РСП – ретростилоидное пространство  
СЧЯ – средняя черепная ямка

ТМО – твердая мозговая оболочка

ШО –шиловидный отросток

ЭКГ – электрокардиография

ЭхоКГ – эхокардиография

ЯВ – яремная вена

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Белов, И. Ю. Анализ локальных осложнений и периоперационной летальности в хирургии передне-латерального отдела основания черепа / И.Ю. Белов, Д.А. Гуляев, Н.А. Примак, С.Я. Чеботарев, В.В. Горбань, Г.В. Науменко // Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова. – 2016. – № 5. – с. 121.
2. Белов, И. Ю. Ангиофиброма носоглотки с поражением передне-латерального отдела основания черепа и интракраниальным распространением в кавернозный синус: два случая из практики и обзор литературы / И.Ю. Белов, Д.А. Гуляев, С.Я. Чеботарев, Н.А. Примак // Нейрохирургия и неврология детского возраста. – 2014. – № 2. – с. 38 – 44.
3. Гольбин, Д. А. Лечение срединных краниофациальных менингиом: что мы узнали из анализа 125 наблюдений? Часть 1. Результаты и исходы лечения. / Д.А. Гольбин, В.А. Черкаев, Д.Н. Капитанов, А.В. Козлов, А.Б. Кадашева, Ю.В. Струнина, М.В. Галкин, Н.В. Ласунин, Н.Н. Григорьева, А.В. Голанов, Н.К. Серова, Т.В. Цуканова, Г.В. Данилов, М.А. Шифрин, А.С. Лопатин // Российская ринология. – 2022. – № 3. – с. 158 – 168.
4. Гольбин, Д. А. Выбор переднего срединного доступа при опухолях основания черепа / Д.А. Гольбин, В.А. Черкаев, А.В. Козлов, А.М. Паршунина // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2017. – № 2. – с. 103 – 114.
5. Доронина, В. А. Применение интраоперационной навигации в эндоскопической эндоназальной хирургии мукоцеле околоносовых пазух / В.А. Доронина, Е.В. Шелеско, А.И. Баталов, Ю.В. Струнина, Н.А. Черникова, Д.Н. Зинкевич, И.Н. Пронин // Российская оториноларингология. – 2023. – № 3. – с. 40 – 50.
6. Доронина, В. А. Применение интраоперационной навигации в эндоскопической хирургии доброкачественных костнофиброзных образований околоносовых пазух и основания черепа / В.А. Доронина, Е.В. Шелеско, Н.А.

Черникова, А.И. Баталов, И.Н. Пронин, М.В. Нерсесян, Ю.В. Струнина, Д.Н. Зинкевич // Российская оториноларингология. – 2022. – № 5. – с. 8 – 18.

7. Капитанов, Д. Н. Развитие методов эндоназальной хирургии основания черепа / Д.Н. Капитанов, А.С. Лопатин // Российская ринология. – 2004. – № 4. – с. 4 – 8.

8. Капитанов, Д. Н. Применение навигационной системы в эндоскопической хирургии околоносовых пазух и основания черепа / Д.Н. Капитанов, А.С. Лопатин, А.А. Потапов, А.Г. Гаврилов // Вестник оториноларингологии. – 2005. – № 2. – с. 12 – 17.

9. Корниенко, В. Н. Диагностическая нейрорадиология, Том 4, Опухоли основания черепа. Орбита. Передняя черепная ямка и краниофациальная область. Хиазмально-селлярная область и средняя черепная ямка. Задняя черепная ямка / В.Н. Корниенко, И.Н. Пронин. – Москва, 2012 – 504 с.

10. Крылов, В. В. Использование безрамной нейронавигации в неотложной нейрохирургии / В.В. Крылов, С.А. Буров, В.Г. Дашьян, А.А. Шаклунов // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2008. – № 3. – с. 9 – 14.

11. Левченко, О. В. Использование безрамной навигации для пластического устранения костных дефектов лобноглазничной локализации / О.В. Левченко, А.З. Шалумов, В.В. Крылов // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. – 2011. – № 3. – с. 30 – 36.

12. Лошаков, В. А. Планирование хирургического доступа при удалении внутримозговых опухолей больших полушарий с использованием функциональной мрт, навигационных систем и электрофизиологического мониторинга / В.А. Лошаков, В.Ю. Жуков, И.Н. Пронин, А.Ю. Лубнин, Г.А. Щекутьев, С.Б. Буклина, М.А. Хить // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2010. – № 2. – с. 9 – 14.

13. Лукьянчиков, В.А. Применение навигации в сосудистой нейрохирургии / В.А. Лукьянчиков, И.В. Сенько, Е.С. Рыжкова, А.Ю. Дмитриев // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2020. – № 4. – с. 82 – 89.

14. Нерсесян, М. В. Оценка эффективности использования

электромагнитной навигации при эндоскопических эндоназальных операциях на околоносовых пазухах и основании черепа / М.В. Нерсесян, В.И. Попадюк, М. Гукасян, Д.Н. Зинкевич, Н.А. Черникова, В.А. Доронина, А.Ю. Лубнин // *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. – 2022. – № 3. – с. 4 – 18.

15. Потапов, А. А. Значение интраоперационной флуоресцентной диагностики и лазерной спектроскопии как одного из компонентов мультимодальной нейронавигации в нейрохирургии / А.А. Потапов, А.Г. Гаврилов, С.А. Горяйнов, Д.А. Гольбин, А.И. Белов, П.В. Зеленков, В.А. Охлопков, В.А. Шурхай, В.Ю. Жуков, Т.А. Савельева, В.Б. Лощенов, М.Н. Холодцова, С.Г. Кузьмин // *Фотодинамическая терапия и фотодиагностика*. – 2012. – № 1. – с. 48.

16. Пуцилло, М. В. Нейрохирургическая анатомия / М.В. Пуцилло, А.Г. Винокуров, А.И. Белов. – Москва : Антидор, 2002. – 200 с.

17. Черкаев, В. А. Хирургия гиперостотических краниоорбитальных менингиом / В.А. Черкаев, А.И. Белов, А.Г. Винокуров // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. – 2002. – № 1. – с. 2.

18. Черкаев, В. А. Орбитозигматические доступы к основанию черепа / В.А. Черкаев, Д.А. Гольбин, А.И. Белов, Н.С. Радченков, Н.В. Ласунин, А.Г. Винокуров // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. – 2015. – № 4. – с. 95 – 101.

19. Черкаев, В. А. Хирургия опухолей основания черепа, распространяющихся в глазницу, околоносовые пазухи, полость носа, крылонебную и подвисочную ямки: история и современное состояние диагностики и подходов к хирургическому лечению / В.А. Черкаев, А.Б. Кадашева, Д.А. Гольбин, А.И. Белов, А.В. Козлов, И.В. Решетов, Н.В. Ласунин, Д.С. Спирин // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. – 2013. – № 5. – с. 3 – 15.

20. Черкаев, В. А. Менингиомы основания черепа, распространяющиеся в подвисочную ямку: клиника, диагностика, тактика лечения / В.А. Черкаев, А.Г. Коршунов, В.Н. Корниенко, А.Х. Бекашев, А.И. Белов, А.Г. Винокуров, В.М.

Цикаришвили, А.Б. Кадашева, Смирнов. Р.А. // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2004. – № 4. – с. 6 – 11.

21. Черкаев, В. А. Интраоперационная идентификация глазодвигательного, блокового и отводящего нервов в хирургии инфильтративных краниоорбитальных опухолей (новая методика) / В.А. Черкаев, Г.А. Щекутьев, А.А. Огурцова, Д.А. Гольбин, Р.А. Смирнов // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2010. – № 3. – с. 31 – 37.

22. Чиссов В. И., Пластические операции при лечении злокачественных опухолей краниофациальной локализации / В.И. Чиссов, И.В. Решетов, А.М. Сдвижков, В.А. Черкаев, А.П. Поляков // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. – 1997. – № 3. – с. 11.

23. Шелеско, Е.В. Редкий случай синоназальной нейрофибромы с интраорбитальным распространением и разрушением костей основания черепа / Е.В. Шелеско, Н.А. Черникова, Д.Н. Зинкевич, И.В. Чернов, А.И. Белов, М.В. Рыжова, Т.Н. Панина, С.Д. Никонова, В.А. Доронина, А.Х. Абдулгамидов // Head and Neck. Голова и шея. Российский журнал. – 2023. – № 1. – с. 37 – 43.

24. Яковленко, Ю.Г. Кровоснабжение краниофациальных опухолей / Ю.Г. Яковленко, В.А. Черкаев, В.Н. Корниенко, И.Н. Пронин, Л.В. Шишкина, А.С. Тоноян, Е.И. Шульц, А.М. Паршунина // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н.Бурденко. – 2017. – № 4. – с. 78 – 94.

25. Amit, M. Surgical management of carcinomas of the infratemporal fossa and skull base: patterns of failure and predictors of long-term outcomes / M. Amit, D. Bell, P.J. Hunt, E. Hanna, S.Y. Su, M. Kupferman, M. Aashiq, H. Takahashi, P.W. Gidley, M.-E. Nader, F. DeMonte, S.M. Raza // Journal of Neurosurgery. – 2020. – Vol. 134. - P. 1392 – 1398.

26. Amit, M. Perineural Spread in Noncutaneous Head and Neck Cancer: New Insights into an Old Problem. / M. Amit, A. Eran, S. Billan, E. Fridman, S. Na'ara, T. Charas, Z. Gil. // Journal of Neurological Surgery, Part B: Skull Base. – 2016. – Vol. 77. – P. 86 – 95.

27. Aramanadka, C. Recurrent Ameloblastoma: A Surgical Challenge / C.



Aramanadka, A.T. Kamath, A. Kudva // *Case Reports in Dentistry*. – 2018. – Vol. 2018.

28. Bao, S. Treatment of lesions involving both the infratemporal fossa and middle skull base / S. Bao, S. Ni, J. Zhang, L. Li, D. Mo, C. Guo, J. Zhang, G. Yu, Y. You // *Surgical Neurology*. – 2006. – Vol. 66. – P. 10 – 17.

29. Barnett, G.H. Intracranial meningioma resection using frameless stereotaxy / G.H. Barnett, C.P. Steiner, J. Weisenberger // *Journal of image guided surgery*. – 1995. – Vol. 1. – P. 46 – 52.

30. Bashyam, A. Metastatic endometrial cancer of the paranasal sinuses / A. Bashyam, A. Stewart, K. Potter, I. Bagwan, V.S. Sunkaraneni // *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. – 2018. – Vol. 100. – P. 161 – 164.

31. Bigelow, D.C. Treatment of malignant neoplasms of the lateral cranial base with the combined frontotemporal-anterolateral approach: Five-year follow-up / D.C. Bigelow, P.G. Smith, J.P. Leonetti, R.L. Backer, R.L. Grubb, M.J. Kotapka // *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*. – 1999. – Vol. 120. – P. 17 – 24.

32. Bir, S.C. Utility of Neuronavigation in Intracranial Meningioma Resection: A Single-Center Retrospective Study / S.C. Bir, S.K. Konar, T.K. Maiti, J.D. Thakur, B. Guthikonda, A. Nanda // *World Neurosurgery*. – 2016. – Vol. 90. – P. 546 – 555.

33. Bumpous, J.M. Applications of image-guided navigation in the middle cranial fossa: an anatomic study / J.M. Bumpous, H.D. Curtin, E.P. Prokopakis, I.P. Janecka // *Skull Base Surgery*. – 1996. – Vol. 6. – P. 187 – 190.

34. Carrau, R.L. Practical Applications of Image-Guided Navigation during Anterior Craniofacial Resection / R.L. Carrau, H.D. Curtin, C.H. Snyderman, J. Bumpous, M. Stechison // *Skull Base Surgery*. – 1995. – Vol. 5. – P. 51 – 55.

35. Carrau, R.L. Computer-assisted intraoperative navigation during skull base surgery / R.L. Carrau, C.H. Snyderman, H.D. Curtin, I.P. Janecka, M. Stechison, J.L. Weissman // *American Journal of Otolaryngology*. – 1996. – Vol. 17. – P. 95 – 101.

36. Chamoun, R.B. Surgical management of cranial base metastases / R.B. Chamoun, D. Suki, F. Demonte // *Neurosurgery*. – 2012. – Vol. 70. – P. 802 – 809.

37. D'Angelo, T. Solitary metastasis of renal cell carcinoma in infratemporal fossa / T. D'Angelo, A. Blandino, G. Ascenti, S. Vinci, M. Gaeta, S. Mazziotti //

Clinical Imaging. – 2015. – Vol. 39. – P. 155 – 157.

38. Dolenc, V. Direct microsurgical repair of intracavernous vascular lesions / V. Dolenc // *Journal of Neurosurgery*. – 1983. – Vol. 58. – P. 824 – 831.

39. Donald, P.J. Complications in skull base surgery for malignancy / P.J. Donald // *Laryngoscope*. – 1999. – Vol. 109. – P. 1959 – 1966.

40. Flint, P. *Cummings Otolaryngology* / P. Flint, B. Haughey, V. Lund, K. Robbins, J.R. Thomas, M. Lesperance, H.W. Francis. - 7<sup>th</sup> ed. – Elsevier, 2020. – P. 3568.

41. Geng, S. Diagnosis and microsurgical treatment of chondromas and chondrosarcomas of the cranial base / S. Geng, J. Zhang, L.W. Zhang, Z. Wu, G. Jia, X. Xiao, S. Hao // *Oncology Letters*. – 2014. – Vol. 8. – P. 301 – 304.

42. Givi, B. Outcome of resection of infratemporal fossa tumors / B. Givi, J. Liu, M. Bilsky, B. Mehrara, J. Disa, A. Pusic, P. Cordeiro, J.P. Shah, D.H. Kraus // *Head and neck*. – 2013. – Vol. 35. – P. 1567 – 1572.

43. Gregoire, C. Basosquamous carcinoma involving the anterior skull base: a neglected tumor treated using intraoperative navigation as a guide to achieve safe resection margins / C. Gregoire, D. Adler, S. Madey, R.B. Bell // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. – 2011. – Vol. 69. – P. 230 – 236.

44. Guo, R. Application of a computer-aided navigation technique in surgery for recurrent malignant infratemporal fossa tumors / R. Guo, Y.X. Guo, Z. Feng, C. Bin Guo // *Journal of Craniofacial Surgery*. – 2015. – Vol. 26. – P. 126 – 132.

45. Hakuba, A. Surgical approaches to the cavernous sinus. Report of 19 cases / A. Hakuba, S. Nishimura, S. Shirakata, M. Tsukamoto, A. Hakuba // *Neurologia medico-chirurgica*. – 1982. – Vol. 22. – P. 295 – 308.

46. Harnsberger, H. R. *Handbook of Head and Neck Imaging* / H. R. Harnsberger ed. – Mosby Inc., 1995. – P. 8 – 28.

47. Hassfeld, S. Preoperative planning and intraoperative navigation in skull base surgery / S. Hassfeld, J. Zoller, F.K. Albert, C.R. Wirtz, M. Knauth, J. Muhling // *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. – 1998. – Vol. 26. – P. 220 – 225.

48. He, D. Navigation-guided resection for a tenosynovial giant cell tumor

involving the temporomandibular joint and skull base / D. He, C. Yang, G. Shen, M. Chen, X. Yang, D. Huang, Q. Zhou, Z. Guo, P. Wang, M. Ye // *J Craniofac Surg.* – 2012. – Vol. 23. – P. 521 – 523.

49. Hentschel, S.J. Malignant tumors of the anterolateral skull base / S.J. Hentschel, Y. Vora, D. Suki, E.Y. Hanna, F. DeMonte // *Neurosurgery.* – 2010. – Vol. 66. – P. 102 – 112.

50. Horne, J. The Formation of a Circumscribed Interdural Abscess at the Site of the Saccus Endolymphaticus. / J. Horne // *Proceedings of the Royal Society of Medicine.* – 1927. – Vol. 20. – P. 1868 – 1873.

51. Ikeda, K. Cranionavigator combining a high-speed drill and a navigation system for skull base surgery - technical note / K. Ikeda, K. Shoin, H. Taguchi, J. Yamano, J. Yamashita // *Neurologia medico-chirurgica.* – 1999. – Vol. 39.– P. 701 – 708.

52. Irish, J.C. Tumors of the skull base: Outcome and survival analysis of 77 cases / J.C. Irish, P.J. Gullane, F. Gentili, J. Freeman, J.B. Boyd, D. Brown, J. Rutka // *Head and Neck.* – 1994. – Vol. 16. – P. 3 – 10.

53. Jackson, I.T. A systematic approach to tumours of the base of the skull / I.T. Jackson, T.A.H. Hide // *Journal of Maxillofacial Surgery.* – 1982. – Vol. 10. – P. 92 – 98.

54. Jödicke, A. Clinical Use of Navigation in Lateral Skull Base Surgery: Results of a Multispecialty National Survey among Skull Base Surgeons in Germany / A. Jödicke, M. Ottenhausen, T. Lenarz // *Journal of neurological surgery. Part B, Skull base.* – 2018. – Vol. 79. – P. 545 – 553.

55. Johnson, A.T. Extra-cranial tumours of the infratemporal fossa / A.T. Johnson, A.G.D. Maran // *The Journal of Laryngology & Otology.* – 1982. – Vol. 96. – P. 1017 – 1026.

56. Kato, A. A frameless, armless navigational system for computer-assisted neurosurgery / A. Kato, T. Yoshimine, T. Hayakawa, Y. Tomita, T. Ikeda, M. Mitomo, K. Harada, H. Mogami // *Journal of Neurosurgery.* – 1991. – Vol. 74. – P. 845 – 849.

57. Khammissa, R.A. Osteosarcoma of the jaw. A brief review and a case

report. Vol. 64 / R.A. Khammissa, M. Mabusela, N.H. Wood, M. Bouckaert, R. Meyerov, J. Lemmer, L. Feller // SADJ: journal of the South African Dental Association. – 2009. – Vol. 64. – P. 220 – 221.

58. Krespi, Y.P. Lateral skull base surgery for cancer / Y.P. Krespi // Laryngoscope. – 1989. – Vol. 99. – P. 514 – 524.

59. Lee, Y.C. Cavernous sinus involvement is not a risk factor for the primary tumor site treatment outcome of Sinonasal adenoid cystic carcinoma / Y.C. Lee, T.J. Lee, N.M. Tsang, Y. Huang, C.L. Hsu, L.J. Hsin, Y.H. Lee, K.P. Chang // Journal of Otolaryngology - Head and Neck Surgery. – 2018. – Vol. 47.

60. Leonetti, J.P. Meningiomas of the lateral skull base: Neurotologic manifestations and patterns of recurrence / J.P. Leonetti, O.H. Reichman, P.G. Smith, R.L. Grubb, P. Kaiser // Otolaryngology - Head and Neck Surgery. – 1990. – Vol. 103. – P. 972 – 980.

61. Leong, J.L. Three-dimensional computed tomography angiography of the internal carotid artery for preoperative evaluation of sinonasal lesions and intraoperative surgical navigation / J.L. Leong, P.S. Batra, M.J. Citardi // Laryngoscope. – 2005. – Vol. 115. – P. 1618 – 1623.

62. Lisan, Q. Infratemporal fossa tumors: When to suspect a malignant tumor? A retrospective cohort study of 62 cases / Q. Lisan, N. Leclerc, R. Kania, J.P. Guichard, P. Herman, B. Verillaud // European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases. – 2018. – Vol. 135. – P. 311 – 314.

63. McDermott, M.W. Image-guided surgery for skull base neoplasms using the ISG viewing wand. Anatomic and technical considerations / M.W. McDermott, P.H. Gutin // Neurosurgery Clinics of North America. – 1996. – Vol. 7. – P. 285 – 295.

64. McGrew, B.M. Lateral skull base malignancies. / B.M. McGrew, C.G. Jackson, R.A. Redtfeldt // Neurosurgical focus. – 2002. – Vol. 12. – P. 1 – 4.

65. Mezger, U. Navigation in surgery / U. Mezger, C. Jendrewski, M. Bartels // Langenbeck's Archives of Surgery. – 2013. – Vol. 398. – P. 501 – 514.

66. Minard-Colin, V. Impact of extensive surgery in multidisciplinary approach of pterygopalatine/infratemporal fossa soft tissue sarcoma / V. Minard-Colin,

F. Kolb, C. Saint-Rose, F. Fayard, F. Janot, A. Rey, S. Canale, M. Julieron, N. Corradini, M.A. Raquin, J.L. Habrand, J. Grill, B. George, P.T. Ba Huy, V. Couloignier, M.J. Terrier-Lacombe, B. Luboinski, D. Valteau-Couanet, O. Oberlin // *Pediatric Blood and Cancer*. – 2013. – Vol. 60. – P. 928 – 934.

67. Mirimanoff, R.O. Meningioma: Analysis of recurrence and progression following neurosurgical resection / R.O. Mirimanoff, D.E. Dosoretz, R.M. Linggood, R.G. Ojemann, R.L. Martuza // *Journal of Neurosurgery*. – 1985. – Vol. 62. – P. 18 – 24.

68. Morita, N. Infratemporal fossa metastasis of papillary thyroid cancer / N. Morita, K. Morimoto, K. Yonezawa, N. Otsuki, K.I. Nibu // *Head and Neck*. – 2013. – Vol. 35. – P. 119 – 121.

69. Mosges, R. Georg Schlondorff - the father of computer-assisted surgery / R. Mosges // *HNO*. – 2016. – Vol. 64. – P. 630 – 634.

70. Pelaz, A.C. Infratemporal metastasis from occult follicular thyroid carcinoma / A.C. Pelaz, J.L. Llorente, C. Suárez // *Journal of Craniofacial Surgery*. – 2009. – Vol. 20. – P. 165 – 167.

71. Pieper, D.R. Management of intracranial meningiomas secondarily involving the infratemporal fossa: Radiographic characteristics, pattern of tumor invasion, and surgical implications / D.R. Pieper, O. Al-Mefty // *Neurosurgery*. – 1999. – Vol. 45. – P. 231 – 238.

72. Rangheard, A.S. Synovial sarcomas of the head and neck: CT and MR imaging findings of eight patients / A.S. Rangheard, D. Vanel, J. Viala, G. Schwaab, O. Casiraghi, R. Sigal // *American Journal of Neuroradiology*. – 2001. – Vol. 22. – P. 851 – 857.

73. Rassekh, C.H. Passive marker computer-aided sinonasal and cranial base surgery: observations from a learning curve / C.H. Rassekh, H.J. Nauta // *The Annals of otology, rhinology, and laryngology*. – 2003. – Vol. 112. – P. 45 – 51.

74. Raza, S.M. Nonmelanoma cutaneous cancers involving the skull base: Outcomes of aggressive multimodal management / S.M. Raza, R. Ramakrishna, R.S. Weber, M.E. Kupferman, P.W. Gidley, E.Y. Hanna, F. DeMonte // *Journal of*

Neurosurgery. – 2015. – Vol. 123. – P. 781 – 788.

75. Rhoton, A.L. The anterior and middle cranial base / A.L. Rhoton. // – Neurosurgery. – 2002. – Vol. 51. – P. 273 – 302.

76. Roberts, D.W. A frameless stereotaxic integration of computerized tomographic imaging and the operating microscope. / D.W. Roberts, J.W. Strohbehn, J.F. Hatch, W. Murray, H. Kettenberger // Journal of Neurosurgery. – 1986. – Vol. 65. – P. 545 – 549.

77. Rosenbaum, P.R. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects / P.R. Rosenbaum, D.B. Rubin. // Biometrika. – 1983. – Vol. 70. – P. 41 – 55.

78. Roth, M. Advantages and disadvantages of three-dimensional computed tomography intraoperative localization for functional endoscopic sinus surgery. / M. Roth, D.C. Lanza, J. Zinreich, D. Yousem, K.A. Scanlan, D.W. Kennedy // The Laryngoscope. – 1995. – Vol. 105. – P. 1279 – 1286.

79. Rothweiler, R. Interdisciplinary management of skull base surgery / R. Rothweiler, M.C. Metzger, P.J. Voss, J. Beck, R. Schmelzeisen. // Journal of oral biology and craniofacial research. – 2021. – Vol. 11. – P. 601 – 607.

80. Schlosser, R.J. Image-guided procedures of the skull base / R.J. Schlosser, W.E. Bolger // Otolaryngologic Clinics of North America. – 2005. – Vol. 38. – P. 483 – 490.

81. Seidensaal, K. Inoperable or incompletely resected craniofacial osteosarcoma treated by particle radiotherapy / K. Seidensaal, M. Dostal, J. Liermann, S. Adeberg, F. Weykamp, M.P. Schmid, C. Freudlsperger, J. Hoffmann, I. Hompland, K. Herfarth, J. Debus, S.B. Harrabi // Frontiers in oncology. – 2022. – Vol. 12.

82. Shakir, S.I. Prognostic factors for progression in atypical meningioma / S.I. Shakir, L. Souhami, K. Petrecca, J.J. Mansure, K. Singh, V. Panet-Raymond, G. Shenouda, A.A. Al-Odaini, B. Abdulkarim, M.C. Guiot // Journal of Neurosurgery. – 2018. – Vol. 129. – P. 1240 – 1248.

83. Siyag, A. Plasmacytoma of the Skull-base: A Rare Tumor / A. Siyag, T.P. Soni, A.K. Gupta, L.M. Sharma, N. Jakhotia, S. Sharma // Cureus. – 2018. – Vol. 10.

84. Solares, C.A. Surgical Management of Perineural Spread of Head and Neck Cancers / C.A. Solares, E. Mason, B.J. Panizza // *Journal of Neurological Surgery, Part B: Skull Base.* – 2016. – Vol. 77. – P. 140 – 149.
85. Som, P.M. Head neck imaging / P.M. Som, H.D. Curtin eds. – Mosby Inc., 2003. – P. 1954 – 2002.
86. Somali, I. Infratemporal fossa and maxillary sinus metastases from colorectal cancer: A case report / I. Somali, Ö. Yersal, S. Kilçiksiz. // *Journal of B.U.ON.* – 2006. – Vol. 11. – P. 363 – 365.
87. Standring, S. *Gray's Anatomy* / S. Standring ed. - 42<sup>nd</sup> ed. - Elsevier, 2021. – P. 955-985.
88. Touati, M.M. Malignant schwannoma of the infratemporal fossa: A case report / M.M. Touati, Y. Darouassi, M. Chihani, A. Al Jalil, K. Tourabi, M. Lakouichmi, I. Essadi, B. Bouaity, H. Ammar // *Journal of Medical Case Reports.* – 2015. – Vol. 9.
89. Voss, P.J. Navigation-guided resection with immediate functional reconstruction for high-grade malignant parotid tumour at skull base / P.J. Voss, A.M. Leow, D. Schulze, M.C. Metzger, N. Liebehenschel, R. Schmelzeisen // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* – 2009. – Vol. 38. – P. 886 – 890.
90. Wang, K. The role of Gamma Knife radiosurgery in the management of skull base chordoma / K. Wang, D. Gao, J. Pan, E. Bao, S. Sun. // *Frontiers in oncology.* – 2023. – Vol. 12.
91. Wei, B. The Safety and Accuracy of Surgical Navigation Technology in the Treatment of Lesions Involving the Skull Base / B. Wei, G. Sun, Q. Hu, E. Tang // *Journal of Craniofacial Surgery.* – 2017. – Vol. 28. – P. 1431 – 1434.
92. Yafit, D. Surgical approaches for infratemporal fossa tumor resection: Fifteen years' experience of a single center / D. Yafit, I. Duek, S. Abu-Ghanem, O.J. Ungar, A. Wengier, H. Moshe-Levyn, R. Yanko-Arzi, A. Zaretski, N. Margalit, A. Abergel, N. Muhanna, D.M. Fliss // *Head and Neck.* – 2019. – Vol. 41. – P. 3755 – 3763.
93. Yamada, M. Surgery for juvenile nasopharyngeal angiofibroma with lateral

extension to the infratemporal fossa / M. Yamada, A. Tsunoda, T. Tokumaru, M. Aoyagi, Y. Kawano, T. Yano, S. Kishimoto // *Auris Nasus Larynx*. – 2014. – Vol. 41. – P. 359 – 363.

94. Yoshida, K. Trigeminal neurinomas extending into multiple fossae: Surgical methods and review of the literature / K. Yoshida, T. Kawase // *Journal of Neurosurgery*. – 1999. – Vol. 91. – P. 202 – 211.

95. Yoshida, K. Surgical strategy for tumors located in or extending from the intracranial space to the infratemporal fossa - Advantages of the transcranial approach (zygomatic infratemporal fossa approach) and the indications for a combined transcranial and transcervical / K. Yoshida, T. Kawase, T. Tomita, K. Ogawa, H. Kawana, K. Yago, S. Asanami // *Neurologia Medico-Chirurgica*. – 2009. – Vol. 49. – P. 580 – 586.

96. Zaaroor, M. Novel magnetic technology for intraoperative intracranial frameless navigation: in vivo and in vitro results. / M. Zaaroor, Y. Bejerano, Z. Weinfeld, S. Ben-Haim // *Neurosurgery*. – 2001. – Vol. 48. – P. 1100 – 1108.

97. Dubois, L. Predictability in orbital reconstruction. A human cadaver study, part III: Implant-oriented navigation for optimized reconstruction / L. Dubois, H. Essig, R. Schreurs, J. Jansen, T.J. Maal, P.J. Gooris, A.G. Becking // *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. – 2015. – Vol. 43. – P. 2050 – 2056.

98. Heermann, R. Image-guided surgery of the anterior skull base / R. Heermann, B. Schwab, P.R. Issing, C. Haupt, C. Hempel, T. Lenarz // *Acta Oto-Laryngologica*. – 2001. – Vol. 121. – P. 973 – 978.

99. Schmelzeisen, R. Navigation-guided resection of temporomandibular joint ankylosis promotes safety in skull base surgery / R. Schmelzeisen, N.C. Gellrich, A. Schramm, R. Schon, J.E. Otten // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. – 2002. – Vol. 60. – P. 1275 – 1283.