

На правах рукописи

Педяш Никита Витальевич

РОБОТ-АССИСТИРОВАННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ ГЛУБИННЫХ
ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНВАЗИВНОГО СТЕРЕО-ЭЭГ
МОНИТОРИНГА У ПАЦИЕНТОВ С ФАРМАКОРЕЗИСТЕНТНОЙ
ЭПИЛЕПСИЕЙ

3.1.10. Нейрохирургия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, доцент

Зуев Андрей Александрович

Официальные оппоненты:

Синкин Михаил Владимирович

доктор медицинских наук,

ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», отделение неотложной нейрохирургии, ведущий научный сотрудник

Дмитриев Александр Борисович

кандидат медицинских наук,

ЦНМТ на Пирогова, Многопрофильная сеть специализированных клиник «Центр новых медицинских технологий», врач-нейрохирург

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

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

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

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета 21.1.031.01

доктор медицинских наук

Яковлев Сергей Борисович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности темы исследования

Эпилепсия — это хроническое заболевание, характеризующееся стойкой предрасположенностью к возникновению преходящих клинических признаков и/или симптомов, обусловленных аномальной чрезмерной или синхронной активностью нейронов головного мозга, а также нейробиологическими, когнитивными, психологическими и социальными последствиями этого состояния [Beretta S. с соавт., 2017].

Раннее полноценное начало лечения данного заболевания предотвращает развитие патологических изменений личности и улучшает качество жизни больных [Wiebe S., 2004]. К сожалению, на фоне консервативного лечения у 30% пациентов не удается достичь полного контроля над приступами и у них развивается фармакорезистентность [Mula M. с соавт., 2015; Kalilani L. С соавт., 2015].

Каждого пациента с фармакорезистентной эпилепсией (ФРЭ) необходимо рассматривать как кандидата на хирургическое лечение. Такие пациенты требуют специализированного предхирургического обследования с последующей оценкой возможности проведения резекционной операции. Правильно выполненная операция позволяет избавиться от приступов 50-88% таких пациентов и существенно улучшить качество их жизни [Kwan P. с соавт., 2010; Picot M. с соавт., 2016].

В ряде случаев проведения неинвазивных методов предхирургической диагностики, таких как многосуточный видео-ЭЭГ мониторинг, магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга по эпилептологическому протоколу, позитронная эмиссионная томография (ПЭТ), магнитоэнцефалография (МЭГ) и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), бывает недостаточно для четкой локализации эпилептогенной зоны (ЭЗ). В таких ситуациях используются методы длительного инвазивного мониторинга ЭЭГ, такие как стерео-

электроэнцефалография (стерео-ЭЭГ) [Valentin A. с соавт., 2017; Joswig H. с соавт, 2020].

Метод стерео-ЭЭГ применяется с 50-х годов XX века, когда имплантация электродов проводилась с использованием принципов стереотаксиса и специализированных стереотаксических рам [Talairach J. с соавт., 1961].

В XXI веке с развитием компьютеризированных технологий и нейронавигационных систем появились технологии, позволяющие производить имплантации глубинных электродов быстрее и с сопоставимой точностью стереотаксических рам, что сделало стерео-ЭЭГ более привлекательным и доступным методом инвазивного ЭЭГ-мониторинга.

В последние годы все чаще в клинической практике стала использоваться робот-ассистированная методика имплантации электродов для проведения стерео-ЭЭГ, позволяющая устанавливать электроды с высокой точностью по заранее запланированным траекториям [Spire W. с соавт., 2008].

Однако до настоящего времени нет единого стандарта в определении показаний к проведению инвазивного стерео-ЭЭГ мониторинга, остается спорным вопрос о минимальном объеме исследований первого уровня перед его проведением, не оценена эффективность и безопасность метода робот-ассистированной имплантации глубинных электродов. В связи с этим особый интерес представляют собой определение возможностей данного метода, его влияние на эффективность последующего резекционного вмешательства, а также определение факторов, ухудшающих исходы хирургического лечения пациентов с ФРЭ.

Цель исследования

Улучшение результатов лечения пациентов с фармакорезистентной эпилепсией с помощью применения робот-ассистированной методики имплантации глубинных электродов для проведения инвазивного стерео-ЭЭГ мониторинга.

Задачи исследования

1. Оценить вклад неинвазивных методов обследования в формировании корректной предимплантационной концепции для робот-ассистированной имплантации глубоких электродов в предхирургическом обследовании пациентов с фармакорезистентной эпилепсией.

2. Оценить спектр патологии у пациентов с фармакорезистентной эпилепсией, которым показано выполнение робот-ассистированной имплантации глубоких электродов для проведения инвазивного стерео-ЭЭГ мониторинга.

3. Оценить риски хирургических осложнений у робот-ассистированной методики имплантации глубоких электродов.

4. Оценить диагностическое значение данных стерео-ЭЭГ мониторинга по результатам дальнейшего хирургического лечения пациентов с фармакорезистентной эпилепсией.

Научная новизна

Разработан комплексный подход в предхирургической диагностике пациентов с фармакорезистентной эпилепсией, на основании которого могут быть определены показания к проведению инвазивного стерео-ЭЭГ мониторинга.

Показана возможность точной и безопасной имплантации глубоких электродов в головной мозг с использованием робот-ассистированной методики.

Уточнены данные стерео-ЭЭГ мониторинга, на основании которых последующее резекционное хирургическое лечение не показано (двусторонняя или множественная зона инициации приступов, отсутствие достоверных данных о локализации эпилептогенной зоны или ее локализация в функционально значимой зоне).

Определена эффективность последующей резекционной хирургии, основанной на данных стерео-ЭЭГ с применением робот-ассистированной

методики, при «МР-негативной» эпилепсии и у пациентов с множественной структурной патологией.

Практическая значимость исследования

Методика имплантации глубинных электродов с использованием роботизированной навигационной системы позволяет выполнять сопоставимую со стереотаксической точную имплантацию стерео-ЭЭГ электродов, снижая риски развития геморрагических осложнений по сравнению с имплантацией с использованием безрамных навигационных систем.

Методика робот-ассистированной имплантации стерео-ЭЭГ электродов позволила ускорить проведение операции, особенно при сравнении с другими методами стереотаксической имплантации. Все это позволяет уменьшить сроки стационарного лечения и затраты на него.

Проанализированы и определены критерии, полученные при инвазивном стерео-ЭЭГ мониторинге, на основании которых последующее резекционное хирургическое лечение будет неэффективно.

Установлено, что метод робот-ассистированной имплантации глубинных электродов и инвазивный стерео-ЭЭГ мониторинг позволяет улучшить результаты хирургического лечения пациентов с ФРЭ, добиться контроля над приступами и уменьшить последующую противосудорожную терапию.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Показаниями к имплантации глубинных электродов для проведения инвазивного стерео-ЭЭГ мониторинга являются множественная структурная патология, «МР-негативная» эпилепсия, а также расхождение данных неинвазивных методов предхирургической диагностики касательно локализации зоны инициации приступов или их недостаточная информативность.

2. Метод робот-ассистированной имплантации глубинных электродов для проведения инвазивного стерео-ЭЭГ мониторинга у пациентов с

фармакорезистентной эпилепсией безопасен в плане риска развития осложнений и обладает высокой точностью установки электродов.

3. Метод робот-ассистированной имплантации глубинных электродов для проведения инвазивного стерео-ЭЭГ мониторинга позволяет выявить зону инициации приступов у большинства пациентов: и при ее локализации в одной доле головного мозга, и при множественных (в том числе двусторонних) зонах инициации приступов.

4. При формировании предимплантационной концепции положения глубинных стерео-ЭЭГ электродов и их количества используются данные неинвазивных методов диагностики (многосуточный видео-ЭЭГ мониторинг, МРТ по эпилептологическому протоколу, ПЭТ-КТ, приступная и межприступная ОФЭКТ по протоколу SISCOM, МЭГ), из которых наибольшую корреляцию с результатами стерео-ЭЭГ мониторинга имеют данные о семиологии приступов и интериктальной и иктальной эпилептиформной активности, полученные при проведении многосуточного видео-ЭЭГ мониторинга.

5. Проведение резекционной хирургии на основании данных, полученных при стерео-ЭЭГ мониторинге, позволяет добиться исхода Engel I у большинства пациентов с фармакорезистентной эпилепсией, в том числе при «МР-негативных» формах эпилепсии.

Методология и методы исследования

В рамках данной работы проведено моноцентровое ретроспективное исследование.

Объект исследования – пациенты с фокальной фармакорезистентной эпилепсией, которым проводился инвазивный стерео-ЭЭГ мониторинг в нейрохирургическом центре ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России в период с 2016 по 2021 гг. В исследуемую группу было отобрано 187 пациента на основании строгих критериев включения и невключения.

В ходе работы были использованы общенаучные методы

математического, статистического и сравнительного анализов, а также табличные и графические приемы визуализации данных, что соответствует современным требованиям научно-исследовательской работы.

Степень достоверности исследования

Исследование обладает высокой степенью достоверности благодаря использованию репрезентативной выборки пациентов, согласно поставленным целью и задачам исследования. В работе применяются релевантные методы статистической обработки данных, результаты представлены в текстовом формате, в таблицах и графиках, дополнительно иллюстрированы клиническими примерами.

Результаты и выводы исследования являются обоснованными и соответствуют принципам доказательной медицины. Авторские данные были сопоставлены с литературными источниками, посвященными теме работы.

Внедрение результатов в практику

Результаты исследования внедрены в работу центра нейрохирургии ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России и используются в педагогической работе на кафедре нейрохирургии Института усовершенствования врачей ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

Личный вклад соискателя

Автор самостоятельно осуществил поиск отечественных и зарубежных источников литературы по данной теме, провел их аналитический обзор, провел ретроспективный сбор, систематизацию клинических наблюдений, осуществил анализ данных с использованием статистических методов, полностью участвовал во всем процессе обследования и лечения пациентов. Автор самостоятельно выполнил более 75% имплантаций электродов в исследуемой группе, а также более 60% резекций эпилептогенных зон,

локализованных в результате проведения стерео-ЭЭГ мониторинга.

Апробация диссертации

Материалы диссертации были представлены и обсуждены в виде устных докладов на IX Всероссийском съезде нейрохирургов (Москва, 15.06.2021-18.06.2021), конференции нейрохирургов Южного Федерального округа (Ялта, 14.10.2021-15.10.2021), Всероссийском нейрохирургическом форуме (Москва, 15.06.2022-17.06.2022), Третьем Сибирском нейрохирургическом Конгрессе (Новосибирск, 11.07.2022-16.07.2022), Третьем Российском нейрохирургическом фестивале клинических наблюдений НейроФест (Екатеринбург, 06.10.2022-07.10.2022), Всероссийском нейрохирургическом форуме (Москва, 14.06.2023-16.06.2023), X Всероссийском съезде нейрохирургов (Нижний Новгород, 10.09.2024-13.09.2024), а также на межкафедральном заседании Института усовершенствования врачей ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России от 11.08.2025 (протокол №132).

Публикации

По результатам проведенной работы опубликовано 16 печатных работ, из них 8 статей - в журналах, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки РФ, 7 – в виде тезисов в материалах конференций, съездов и конгрессов, получен 1 патент РФ на изобретение.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы. Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста, в работе использованы 30 таблиц, 35 рисунков, 1 приложение. Библиографический указатель содержит 153 источника литературы (9 отечественных и 144 зарубежных).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы

Проведено моноцентровое ретроспективное исследование пациентов с ФРЭ, которым была выполнена робот-ассистированная имплантация стерео-ЭЭГ электродов в нейрохирургическом отделении ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России в период с 2016 по 2021гг.

Критериями включения пациентов в исследуемую группу были: наличие у пациента фокальной ФРЭ; наличие проведенных пациенту предхирургических обследований первого уровня (видео-ЭЭГ мониторинга и МРТ головного мозга по эпилептологическому протоколу); проведенная имплантация глубинных электродов с использованием робот-ассистированной методики; наличие данных высокопольной тонкосрезовой МРТ головного мозга до и после имплантации электродов; возраст пациентов от 18 лет; для пациентов, которым было проведено последующее хирургическое лечение на основании стерео-ЭЭГ мониторинга – катамнез не менее 12 месяцев.

Критериями исключения были: отсутствие необходимого объема нейровизуализационных, катамнестических и других данных для полноценного анализа; генерализованные формы эпилепсии; тяжелая сопутствующая общесоматическая патология, психические расстройства.

Всего в период с 2016 по 2021гг. было обследовано 1259 пациентов с эпилепсией, с учетом всех вышеперечисленных критериев включения и исключения в исследуемую группу было отобрано 187 пациентов, всем из которых была проведена имплантация глубинных электродов.

Определение фармакорезистентности

Все пациенты в исследуемой группе были фармакорезистентными. За критерии фармакорезистентности мы принимали признаки, описанные ILAE: сохранение приступов на фоне лечения двумя адекватно подобранными и хорошо переносимыми противосудорожными препаратами с различными механизмами действия, используемыми в монотерапии или в комбинациях в

максимально переносимых дозировках [Kwan P. и соавт., 2010].

Видео-ЭЭГ мониторинг

Всем пациентам перед проведением инвазивного этапа диагностики проводили многосуточный скальповый видео-ЭЭГ мониторинг. Регистрацию электрофизиологической активности головного мозга проводили на аппаратах: Xltek EMU (Natus Neurology, США), Ve plus (EBneuro, Италия) и BrainQuick (Micromed, Италия). С помощью ЭЭГ регистрировали патологическую иктальную и интериктальную эпилептиформную активность коры головного мозга. Регистрация межприступной эпилептиформной активности (спайки, спайк-волны и др.) позволяла определять ирритативную зону, а регистрация патологической эпилептиформной активности, предшествующей клиническому проявлению приступа – зону начала приступа.

Важным этапом в анализе данных видео-ЭЭГ мониторинга была тщательная оценка семиологии приступа, предшествующей ему ауры и первых клинических проявлений [Luders H., 2008].

Семиология и данные ЭЭГ совпадали только в 44,4% случаев, тогда как чаще (55,6%) наблюдали несовпадение паттерна и локализационных/латерализационных симптомов. У 64 (34,2%) пациентов во время проведения видео-ЭЭГ мониторинга не было зарегистрировано четкого иктального паттерна, а у 84 (44,9%) не было отмечено какой-либо клинически значимой локализационной/латерализационной семиологии или она отличалась в различных приступах.

МРТ головного мозга по эпилептологическому протоколу

Вторым обязательным исследованием на прединвазивном этапе диагностики было проведение тонкосрезовой МРТ головного мозга по стандартизированному эпилептологическому протоколу на томографе Magnetom Skyra 3 Тл (Siemens, Германия). Частота выявления структурной эпилептогенной патологии в исследуемой группе пациентов составила 55,1%,

«МР-негативными» же оказалось 44,9% пациентов. Множественная структурная патология была выявлена у 26 (13,9%) пациентов, причем в 4 (2,1%) случаях только в одном полушарии, а в 22 (11,8%) – в обоих. Структурная эпилептогенная патология без учета множественных форм была выявлена у 77 (41,2%) пациентов, однако в данных случаях отмечали несовпадение локализации патологии по данным МРТ с данными видео-ЭЭГ мониторинга (паттерн ЭЭГ или семиология приступов), что и послужило причиной имплантации глубинных электродов в последующем.

Дополнительные неинвазивные методы исследования

В ряде случаев, на неинвазивном этапе диагностики использовали следующие дополнительные методы исследования: ПЭТ-КТ, ОФЭКТ, МЭГ. Данные методы применялись с целью получения дополнительной информации касательно вероятной локализации ЭЗ для построения корректной предимплантационной концепции. Дополнительные методы исследования были выполнены 46 (24,6%) пациентам, причем в 8 (4,3%) случаях – было использовано более одного метода. В исследуемой группе пациентов ПЭТ-КТ была выполнена в 28 (15%) случаях, иктальная и интериктальная ОФЭКТ с вычитанием и наложением на МРТ по протоколу SISCOM – в 16 (8,5%) случаях, МЭГ – в 10 (5,3%) случаях.

Дополнительные методы исследования в совокупности предоставили клинически и диагностически значимую информацию в 69,6%, а их результаты не совпадали с данными МРТ и видео-ЭЭГ в 67,4% случаев.

Построение предимплантационной концепции

При недостаточности данных, полученных на этапе неинвазивной диагностики, для принятия решения о локализации ЭЗ и/или объеме хирургического лечения, показанного пациенту, коллегиально рассматривали вопрос о показаниях к имплантации глубинных электродов. В случае принятия решения относительно проведения пациенту стерео-ЭЭГ мониторинга,

выстраивали предимплантационные гипотезы – предположения касательно вероятной локализации ЭЗ, основанные на семиологических, нейровизуализационных и электрофизиологических данных. Следует отметить, что планирование имплантации электродов – всегда пациент-специфическая процедура, требующая максимально индивидуализированного подхода в каждом конкретном случае.

В первую очередь принимали во внимание клинически значимую семиологию приступов, а также иктальную и интериктальную эпилептическую активность, зарегистрированную в ходе проведения скальпового видео-ЭЭГ мониторинга; локализацию структурной эпилептогенной патологии по данным МРТ, в случае ее наличия. При информативности дополнительных методов неинвазивной диагностики, их данные также использовали в построении предимплантационных гипотез. После формирования гипотез на их основе вырабатывали схему имплантации, т.е. определяли области коры головного мозга, в которые будет проводиться имплантация глубинных электродов, а также их количество и предполагаемую траекторию заведения (Рисунок 1). Была запланирована имплантация от 4 до 18 электродов (в среднем $11,1 \pm 2,8$ электродов на пациента).

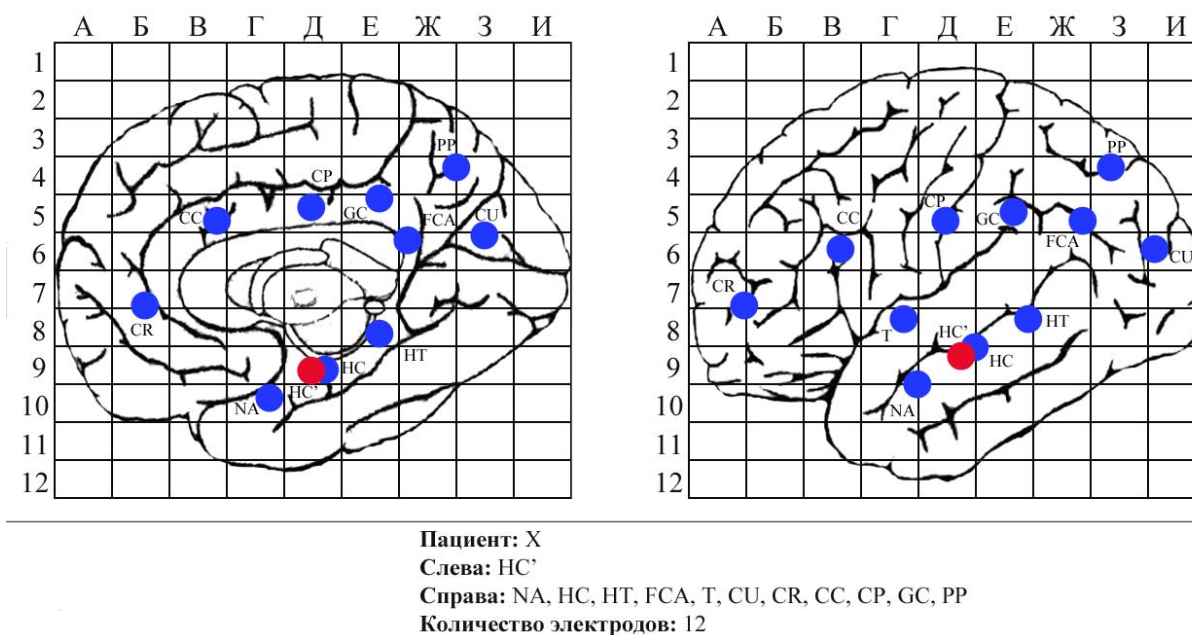


Рисунок 1 - Пример схемы имплантации электродов. Синим цветом обозначены зоны интереса в правом полушарии, красным – в левом

Пред- и послеоперационная нейровизуализация

Всем пациентам накануне операции была выполнена МРТ головного мозга на аппарате Magnetom Skyra 3 Тл (Siemens, Германия) в следующих последовательностях: в режиме T1-ВИ с контрастированием и в режиме T2-ВИ. Предоперационную МРТ выполняли с целью построения запланированных траекторий для имплантации электродов. После проведения имплантации, с целью определения истинного положения электродов и исключения внутрочерепных гематом, всем пациентам в течение 24 ч после операции выполняли МРТ головного мозга – 187 (100%) на аппаратах Magnetom Skyra 3 Тл (Siemens, Германия) или Magnetom Aera 1,5 Тл (Siemens, Германия).

Построение траекторий имплантации глубинных электродов

Данные предоперационной МРТ в формате DICOM переносили в навигационную роботизированную систему Rosa (Zimmer Biomet, США), на которой проводили планирование положения и построение траектории каждого электрода (Рисунок 2).

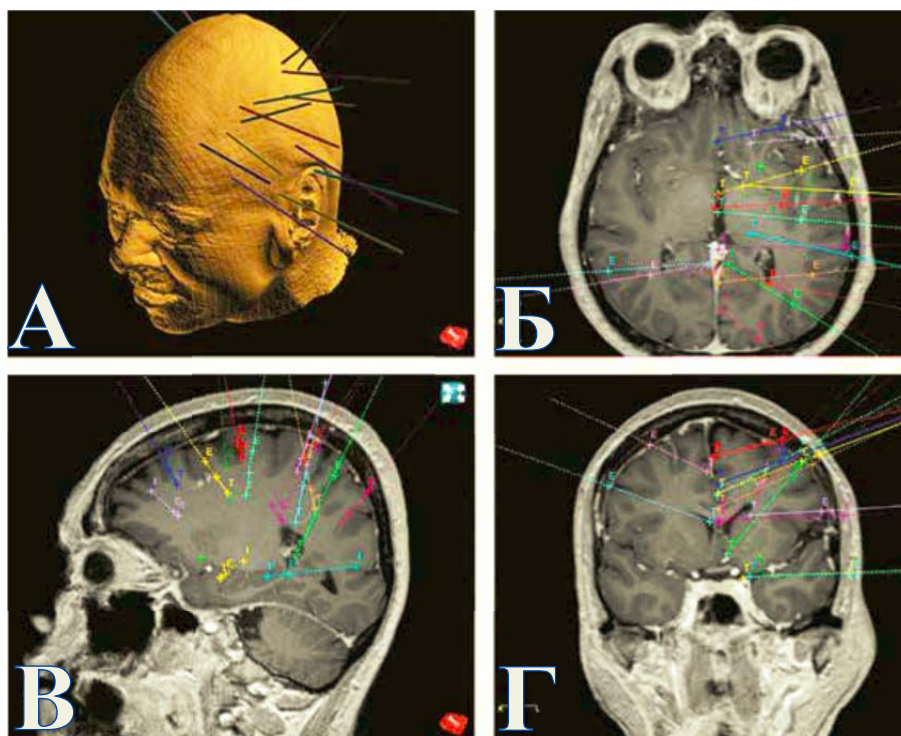


Рисунок 2 - Построение траекторий имплантации 14 электродов для стерео-ЭЭГ мониторинга с использованием роботизированной навигационной системы по данным МРТ: а – трехмерная реконструкция; б – аксиальный срез; в – сагиттальный срез; г – фронтальный срез

Методика имплантации глубинных электродов

Имплантацию глубинных электродов проводили в условиях общей анестезии с использованием роботизированной системы Rosa (Zimmer Biomet, США) по заранее запланированным траекториям. Голова пациента фиксировалась в жесткой скобе, которая закреплялась к роботической станции. Регистрацию пациента в роботизированной навигационной системе проводили по принципу полуавтоматического лазерного распознавания лица, где допустимой погрешностью являлась ошибка менее 0,75 мм.

Далее, по запланированным траекториям, после антисептической обработки головы пациента, через направляющую манипулятора робота последовательно накладывали перфорационное отверстие в кости и твердой мозговой оболочке при помощи сверла с диаметром 2,4 мм. Далее в трефинационном отверстии фиксировали костный анкерный болт. С использованием направляющей манипулятора робота определяли расстояние (в мм) от наружного отверстия анкерного болта до точки «цель», далее с использованием специальной линейки на электроде на данном расстоянии от его кончика устанавливали фиксирующую гайку. По направляющей проводили погружение глубинного электрода (диаметр 1,1 мм, длина контактов 2,41 мм, расстояние между контактами электрода в 5 мм, AdTech) до заданного положения (точки «цель»), и закрепляли его положение на анкерном болте фиксирующей гайкой. После завершения установки электродов на голову пациентов накладывали асептическую повязку.

Проведение стерео-ЭЭГ мониторинга

После проведения МРТ-контроля, выполненного в течение 24 ч после имплантации, пациентов переводили в лабораторию видео-ЭЭГ мониторинга. На 2-ые сутки после операции начинали запись стерео-ЭЭГ. Регистрация электрофизиологической активности проводилась на аппаратах: Xltek EMU (Natus Neurology), Ve plus (EBneuro, Италия) и BrainQuick (Micromed, Италия) с возможностью записи 128 каналов (Рисунок 3).

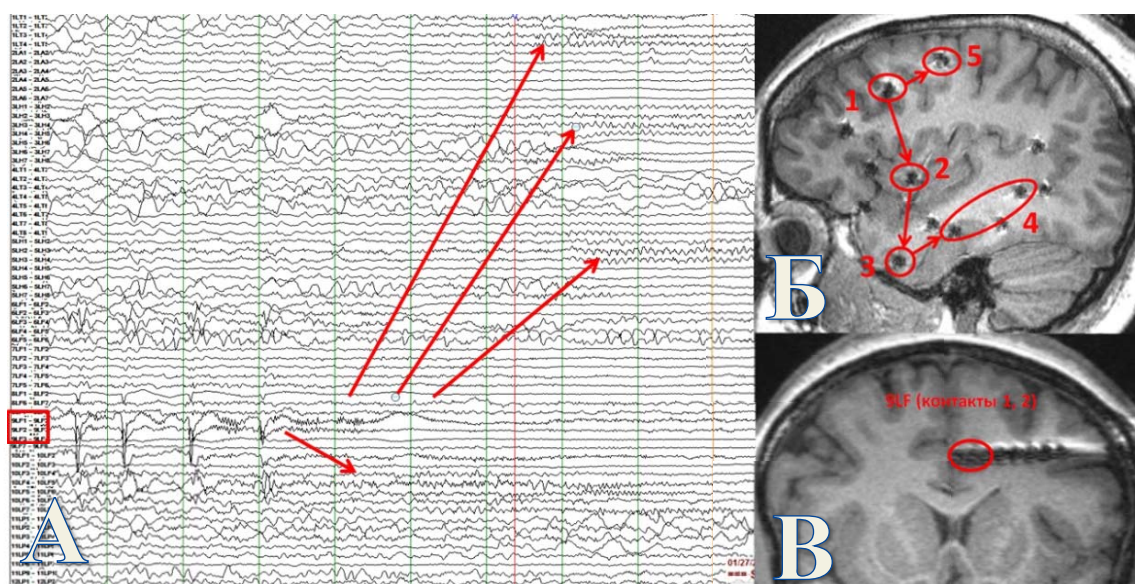


Рисунок 3 - Развитие приступа по данным стерео-ЭЭГ мониторинга. А. Данные стерео-ЭЭГ. Красным прямоугольником выделены контакты, расположенные в зоне начала приступа – в средних отделах левой поясной извилины. Красными стрелками отмечено распространение приступа на зону, расположенную в задних отделах верхней лобной извилины; далее последовательно – на зоны в области коротких инсулярных извилин, в области полюса височной доли и в левый гиппокамп. Вертикальной голубой линией обозначен момент развития клинической картины приступа. Б. Схема развития приступа, наложенная на МР-изображение в T1-ВИ в сагиттальной проекции. В. МР-изображение в T1-ВИ во фронтальной проекции. Красным цветом выделены 1-2 контакты электрода, расположенного в левой поясной извилине, с которых было записано начало развития приступов

В нашем исследовании за иктальную ЭЭГ-активность мы принимали следующие виды паттернов: низкоамплитудную высокочастотную гамма-активность; высокочастотную активность средней амплитуды; повторяющиеся вспышки высокочастотных спайков; средне-высокоамплитудную пиковую активность; низкочастотные высокоамплитудные спайки длительностью более 5 сек; ритмичную островолновую активность; дельта-вспышки. Проведение мониторинга заканчивали при регистрации не менее 2-3 однотипных приступов с регистрацией паттерна на ЭЭГ.

Удаление глубинных электродов

После завершения этапа инвазивного видео-ЭЭГ мониторинга под местной анестезией в асептических условиях проводили удаление электродов и

анкерных болтов с наложением кожных узловых швов на послеоперационные раны. После удаления электродов пациентов в тот же или на следующий день выписывали из стационара. Узловые швы снимали через 7 сут в поликлинике по месту жительства.

Последующие этапы лечения

После проведения стерео-ЭЭГ мониторинга эпилептологами проводился анализ полученных данных, далее каждый клинических случай рассматривался отдельно на междисциплинарном эпилептологическом консилиуме. В случае выявления показаний к проведению резекционной операции – она осуществлялась не раньше чем через 1 месяц после проведения стерео-ЭЭГ мониторинга. Ряду пациентов по решению консилиума было отказано в проведении резекционной операции, преимущественно по следующим причинам: локализация эпилептогенного очага в функционально значимой зоне, двусторонние или множественные эпилептогенные зоны.

При проведении в последующем пациенту резекционной операции, катамнез составлял от 12 месяцев от момента проведения такой операции. Хирургические исходы таких пациентов оценивали по шкале J. Engel (1993г).

Статистический анализ

Статистический анализ проводили с использованием программы SPSS Statistics (IBM, США). Для определения нормальности распределения количественных показателей использовали критерий Колмогорова-Смирнова. При сравнении двух групп пациентов при нормальном распределении признака применяли непарный t-критерий Стьюдента, при ненормальном – критерий Манна-Уитни. Для сравнения порядковых и номинальных величин использовали точный критерий Фишера и χ^2 . Для многофакторного анализа использовали модели логистической регрессии. Различия в сравниваемых группах считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Характеристика имплантированных электродов

Возраст пациентов на момент имплантации составил от 18 до 59 лет (средний возраст – $30,6 \pm 8,7$). Соотношение женщин и мужчин было 1:1 (94 и 93 человека соответственно). Каждому пациенту из исследуемой группы ($n=187$) была произведена имплантация от 4 до 20 глубинных электродов (в среднем $11,25 \pm 3$) для проведения дальнейшего стерео-ЭЭГ мониторинга. Всего было имплантировано 2104 электрода. Наибольшее количество электродов в абсолютных числах было имплантировано в височную – 694 (33%) и лобную – 562 (26,7%) доли. Длина интракраниальной части имплантированного электрода в среднем составила $45,6 \pm 5,5$ мм, а количество контактов на нем – 9 {8-10} (в среднем, $9,1 \pm 0,9$). Длительность операции составила от 21 до 210 мин (в среднем $76,2 \pm 41,1$ мин). На установку одного глубинного электрода уходило в среднем $7,5 \pm 4,9$ мин.

Билатеральная установка электродов была выполнена 120 (64,2%) больным, изолировано слева – 37 (19,8%), изолировано справа – 30 (16%) пациентам. Наиболее часто имплантация проводилась в височную долю – 168 (89,8%) пациентов, теменную – 164 (87,7%) и лобную – 152 (81,3%) доли; в островковую и затылочную доли она была произведена в 100 (53,5%) и 59 (31,6%) случаях соответственно.

Мальпозиция имплантированных электродов

Состояние, при котором положение глубинных электродов по данным послеоперационной МРТ отличалось от запланированной траектории, мы характеризовали как «мальпозицию». В первую очередь нас интересовали смещения траектории электродов, потенциально влияющие на ход проведения стерео-ЭЭГ мониторинга и с точки зрения вероятности развития осложнений. В исследуемой группе пациентов было выявлено, что при установке глубинного электрода вероятность развития его мальпозиции составила 2,3%.

Принимая во внимание характер и локализацию смещений глубинных

электродов от заранее запланированных траекторий у пациентов в исследуемой группе, после предварительного анализа мы выделили четыре основных вида мальпозиции глубоких электродов (Рисунок 4):

- Тип 1: расположение электрода в базальных ядрах или стволе головного мозга;
- Тип 2: расположение в базальных цистернах или цистерне сильвиевой щели;
- Тип 3: субдуральное расположение на поверхности коры;
- Тип 4: незапланированное прохождение электрода через боковой желудочек.

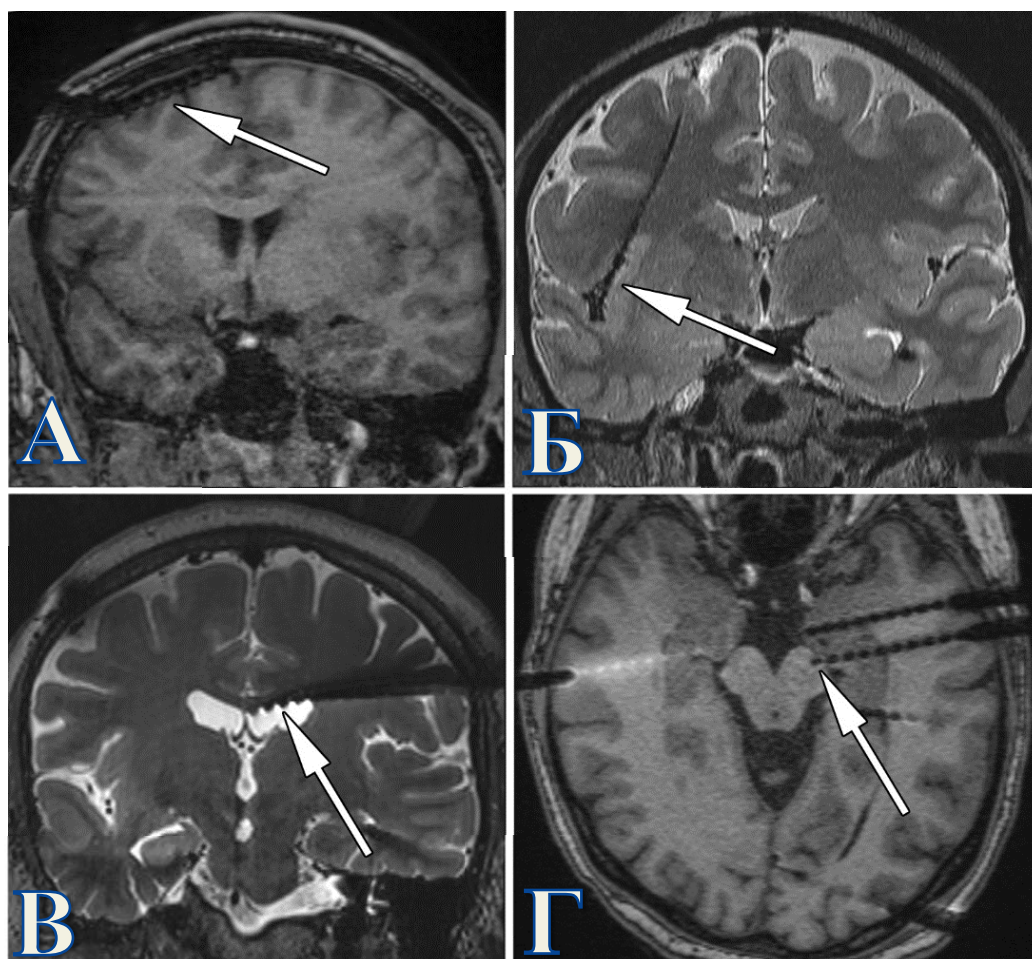


Рисунок 4 - Виды мальпозиции электродов по данным послеоперационной нейровизуализации (электроды указаны стрелками). А. Субдуральное расположение электрода (тип 3). Б. Расположение ортогонального инсулярного электрода в цистерне сильвиевой щели справа (тип 2). В. Незапланированное прохождение электрода через левый боковой желудок (тип 4). Г. Расположение кончика электрода в левой ножке мозга (тип 1)

В нашей группе пациентов осложнений, связанных с мальпозицией электродов, выявлено не было. Все 4 типа мальпозиций были дополнительно разделены нами на две группы в зависимости от того, повлияло ли отклонение в положении электрода на ход дальнейшего проведения стерео-ЭЭГ мониторинга или нет. Мы считали, что мальпозиция электрода влияет на ход дальнейшего проведения стерео-ЭЭГ мониторинга, если с него невозможна запись электрической активности из целевой (куда планировалась имплантация) структуры. Большинство мальпозиций (51%) не повлияло на проведение стерео-ЭЭГ мониторинга. Повлиявшими на ход проведения стерео-ЭЭГ мониторинга чаще являлись 3 и 4 типы мальпозиций (34,7% и 8,2% соответственно).

Осложнения имплантации глубинных электродов

Осложнения стерео-ЭЭГ оценивались с учетом модифицированной классификации Хамера [Wellmer J. и соавт, 2012]. К осложнениям стерео-ЭЭГ мы относили: ряд внутричерепных кровоизлияний, инфекционные осложнения и развившийся после имплантации электродов дефицит, не связанный с образованием внутричерепной гематомы (Рисунок 5).

Осложнения в исследуемой группе были выявлены у 13 (6,9%) пациентов, а вероятность развития осложнений из расчета на один электрод составила 0,6%. Наиболее часто встречались геморрагические осложнения (3,2%) и неврологические нарушения (3,2%); перманентный неврологический дефицит (сохраняющийся у пациента на последнем контрольном осмотре или на момент резекционной операции) отмечался лишь у одного пациента в исследуемой группе – 0,5%. Единственное инфекционное осложнение (внутричерепной абсцесс, развившийся через 2 недели после удаления электродов и потребовавший открытого хирургического вмешательства по его удалению) было причиной развития сепсиса и единственного летального исхода в исследуемой группе пациентов (летальность, таким образом, составила 0,5%).

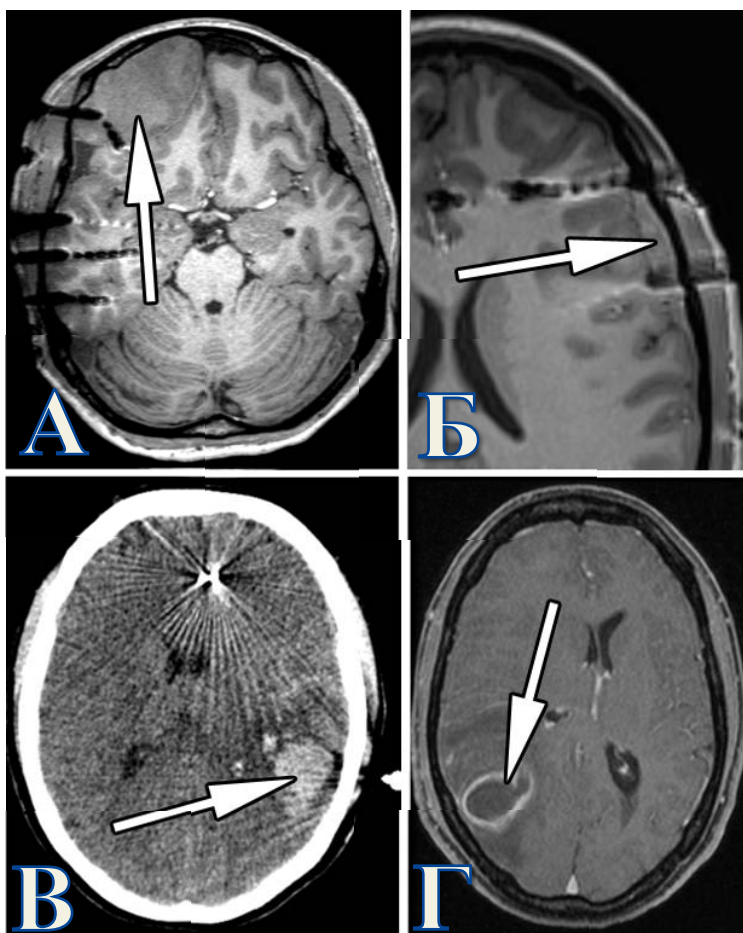


Рисунок 5 - Виды осложнений при проведении стерео-ЭЭГ мониторинга. А. Эпидуральная гематома в лобной области справа. Б. Небольшая бессимптомная эпидуральная гематома в лобной области слева. В. Внутримозговая гематома в левой височной области с развитием у пациентки сенсорной афазии. Г. Абсцесс головного мозга в правой теменной области, развившийся в позднем послеоперационном периоде

Прогностические факторы мальпозиций и осложнений

Нами был проведен статистический анализ на предмет выявления прогностических факторов возникновения мальпозиций электродов и развития осложнений. Выявлено, что эпидуральное расположение электродов (3 тип мальпозиций) было чаще ассоциировано с имплантацией в лобные доли (ОШ 1,109; 95% ДИ 1,053-1,169; $p=0,039$), что может быть объяснено в среднем бóльшим углом между траекторией вхождения электрода и поверхностью кости в этой области, так как при предоперационном планировании мы старались избегать установки электродов в безволосистой лицевой части лобной области и избегали прохождения траектории через лобные пазухи. Ни один из случаев

мальпозиции глубинных электродов в исследуемой группе пациентов не привел к развитию какого-либо вида осложнений ($p < 0,001$). Было обнаружено, что большее количество электродов, имплантированных в головной мозг пациенту, было ассоциировано с большей частотой возникновения мальпозиций любого вида в целом ($p = 0,019$).

При исследовании взаимосвязи различных факторов и развития послеоперационных осложнений, нами было выявлено, что статистически значимое влияние оказывала имплантация затылочных глубинных электродов: этот фактор был ассоциирован с большей частотой развития послеоперационных осложнений (ОШ 3,859; 95% ДИ 1,205-12,359; $p = 0,021$). Ни длина ($p = 0,780$), ни количество электродов ($p = 0,738$), ни длительность стерео-ЭЭГ мониторинга ($p = 0,511$) не влияли на развитие осложнений.

Результаты записи приступов при стерео-ЭЭГ мониторинге

Продолжительность стерео-ЭЭГ-мониторинга у пациентов варьировалась в зависимости от поставленных задач и частоты возникновения приступов и составляла от 2 до 20 дней (в среднем – $6,1 \pm 2,7$ дней). В исследуемой группе пациентов было записано от 0 до 62 приступов в течение проведения стерео-ЭЭГ мониторинга, медиана – 4 {2-5} эпилептических приступа у одного пациента. Зона инициации приступов в ходе мониторинга по данным ЭЭГ была локализована у 176 (94,1%) пациентов, тогда как безрезультативный стерео-ЭЭГ мониторинг был проведен в 11 (5,9%) случаях. Частота выявления ЭЗ по данным стерео-ЭЭГ мониторинга была почти идентична у «МР-негативных» и «МР-позитивных» пациентов – 94% и 94,2%, соответственно ($p = 0,604$). Таким образом, далее для оценки эффективности последующего хирургического лечения будут анализироваться результаты записи только пациентов с успешным проведением стерео-ЭЭГ мониторинга ($n = 176$).

Локализация зоны инициации приступов

В ходе проведения стерео-ЭЭГ мониторинга зона инициации приступов

была выявлена в пределах одного полушария – в 151 (85,8%) случае, биполушарные приступы были записаны у 25 (14,2%) пациентов. Приступы чаще всего происходили из одной доли головного мозга (120 пациентов – 68,2%), реже – из разных долей (56 пациентов – 31,8%). Наиболее часто зона инициации однополушарных приступов локализовалась в височной (76 пациентов – 43,2%) и лобной (23 пациента – 13,1%) долях головного мозга.

Соотношение данных стерео-ЭЭГ мониторинга и неинвазивной диагностики

Данные о зоне инициации приступов по результатам проведения стерео-ЭЭГ мониторинга в большинстве случаев совпадали полностью или частично с какими-либо данными неинвазивных исследований (108 пациентов – 61,4%); совершенно новая информация о локализации зоны инициации приступов, ранее не выявленная с помощью хотя бы одного из неинвазивных, была получена в 68 случаях (38,6%).

Наиболее часто из ранее проведенных предхирургических неинвазивных методов исследования стерео-ЭЭГ мониторинг частично или полностью подтвердил информацию видео-ЭЭГ мониторинга о зоне инициации приступов (семиологию и/или паттерн) – у 89 (50,6%) пациентов. Причем полностью данные стерео-ЭЭГ совпадали с паттерном, полученным во время видео-ЭЭГ – у 50 (28,4%) и с семиологией приступов, описанной на неинвазивном этапе диагностики – у 53 (30,1%) пациентов. Данные ПЭТ-КТ совпали с данными стерео-ЭЭГ у 9 (36%) пациентов, ОФЭКТ – у 6 (37,5%) и МЭГ – у 5 (50%).

Последующее хирургическое лечение

Резекционное хирургическое вмешательство было показано 136 (72,7% от общего количества больных) пациентам, однако проведено лишь в 95 (50,8%) случаях. Трем пациентам (1,6%) вместо резекционного вмешательства была произведена дисконнекция (височно-затылочная, теменно-затылочная и височно-теменно-затылочная, соответственно). Таким образом, хирургическое

удаление/дисконнекция эпилептогенного очага были выполнены 98 (52,4%) пациентам, тогда как 89 (47,6%) данное лечение не проводилось. Основными причинами отказа пациентам от последующего резекционного хирургического лечения были: двусторонняя (13,4%) или множественная (3,7%) зона инициации приступов, отсутствие достоверных данных о локализации ЭЗ (5,9%), локализация ЭЗ в функционально значимой зоне (3,2%).

Паллиативное лечение (имплантация стимулятора блуждающего нерва или операция по стимуляции глубинных структур головного мозга) было показано 50 (26,7%) пациентам, однако по причине отказа части из них от проведения данного лечения нейромодуляция была проведена только 34% (17 пациентов) из них. В общей сложности хирургическое лечение (как резекционное, так и паллиативное) было выполнено 115 (61,5%) пациентам.

Виды проведенных резекционных операций

Срок от момента выписки после проведения стерео-ЭЭГ мониторинга до момента проведения резекционной операции или дисконнекции составил от 1 до 40,1 месяцев (в среднем – $6,9 \pm 5,6$ месяцев). Височная резекция была проведена 56 пациентам (57,1%), а экстратемпоральная – в 39 (39,8%) случаях. Операция с интраоперационным пробуждением и речевым картированием (по протоколу «наркоз-пробуждение-седация») была выполнена в 38 (39,2%) случаях.

Резекционная операция или дисконнекция при структурной эпилептогенной патологии по данным предоперационной МРТ головного мозга была выполнена 55 (56,1%) пациентам, тогда как при «МР-негативной» эпилепсии она была выполнена 43 (43,9%).

Исходы операций, проведенных на основании данных стерео-ЭЭГ

После проведенного хирургического лечения (резекционной операции либо дисконнекции) в 89 случаях были оценены исходы пациентов после операции по шкале Engel (катамнез составил от 12 до 55 месяцев; в среднем –

24±9,6 месяцев), а в оставшихся 9 случаях связаться с пациентами после операции и оценить исходы не удалось. Также в ряде случаев (11 пациентов) после проведенной термокоагуляции отмечалось полное отсутствие приступов (Engel I), что послужило причиной отказа от проведения дальнейшего хирургического лечения. Эффективность височной резекции (хирургический исход Engel I) составила 81,3%, тогда как эффективность экстратемпоральной резекции – 65,8% (Таблица 1).

Таблица 1 -- Хирургические исходы пациентов в исследуемой группе

Тип резекции	Engel I	Engel II	Engel III	Engel IV	Всего:
Резекционная операция:					
- Височная	39 (81,3%)	4 (8,3%)	3 (6,2%)	2 (4,2%)	48
- Экстратемпоральная	25 (65,8%)	3 (7,9%)	4 (10,5%)	6 (15,8%)	(100%)
Всего:	64 (74,4%)	7 (8,1%)	7 (8,1%)	8 (9,3%)	38
					(100%)
					86
					(100%)
Дисконнекция	3 (100%)	–	–	–	3 (100%)

Эффективность хирургического лечения (резекции либо дисконнекции) пациентов со структурной эпилептогенной патологией по данным предоперационной МРТ головного мозга (хирургический исход Engel I) составила 72,5%. Эффективность операций при «МР-негативной» эпилепсии была составила 78,9%. После хирургического лечения пациентов с множественной структурной МР-патологией благоприятный хирургический исход был достигнут лишь у 7 (53,8%) больных. Статистически значимой разницы в эффективности операций у пациентов со структурной эпилептогенной патологией по сравнению с эффективностью операций у «МР-негативных» пациентов выявлено не было ($p=0,621$).

Прогностические факторы благоприятных хирургических исходов

В результате проведенного монофакторного статистического анализа, факторов, достоверно влияющих на развитие благоприятного хирургического исхода (Engel I) после проведенной операции (резекция либо дисконнекция) на

основании данных стерео-ЭЭГ мониторинга, выявлено не было. В результате проведения многофакторного анализа свою значимость в развитии благоприятных хирургических исходов продемонстрировали факт совпадения данных стерео-ЭЭГ мониторинга с данными неинвазивных методов исследования (ОШ 3,913; 95% ДИ 1,118-13,704; $p=0,033$) и бóльшая продолжительность стерео-ЭЭГ мониторинга (ОШ 1,420; 95% ДИ 1,043-1,932; $p=0,026$). Резекция эпилептогенной зоны в теменной доле была ассоциирована с менее благоприятными исходами (ОШ 0,199; 95% ДИ 0,047-0,847; $p=0,029$) (Рисунок 6).

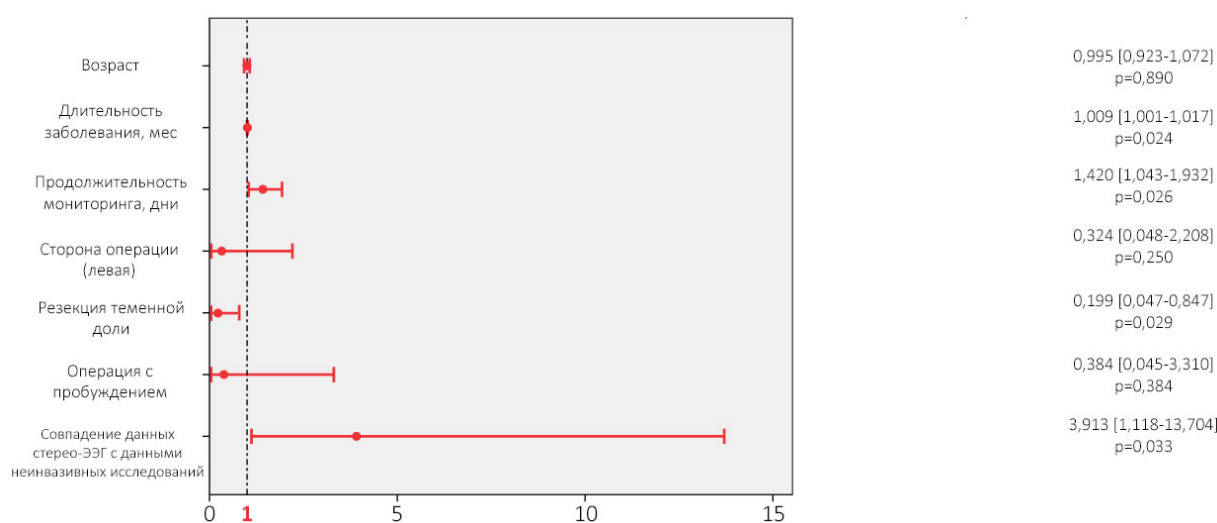


Рисунок 6 - Шансы развития благоприятного хирургического исхода (Engel I) у пациентов с ФРЭ, перенесших резекцию/дисконнекцию, основанную на данных стерео-ЭЭГ мониторинга, в зависимости от разных факторов. График типа «forest plot». Ось абсцисс – различные параметры, ось ординат – отношение шансов

Отдельно нами было исследовано влияние на развитие благоприятных хирургических исходов следующих факторов в комбинации между собой: вида резекции (височной или экстратемпоральной) и данных предоперационной МРТ головного мозга (структурная эпилептогенная патология или «МР-негативная» эпилепсия) в ходе проведения моно- и многофакторного анализов. Статистически значимого влияния любых комбинаций этих факторов на развитие исхода Engel I выявлено не было.

ВЫВОДЫ

1. Для формирования предимплантационной концепции используются: данные многосуточного видео-ЭЭГ мониторинга с анализом семиологии приступов, интериктальной и иктальной эпилептиформной активности в 100% случаев, данные МРТ головного мозга эпилептологическому протоколу у 100% пациентов. В ряде случаев также необходимо проведение дополнительных неинвазивных инструментальных методов исследования: ПЭТ-КТ головного мозга в 15% случаев, ОФЭКТ-SISCOM и МЭГ – в 8,5% и 5,3% случаев соответственно. При этом данные неинвазивного видео-ЭЭГ мониторинга совпали с данными стерео-ЭЭГ мониторинга у 50,6% пациентов; у «МР-позитивных» пациентов совпадение с данными полученными при инвазивном мониторинге у 49%; ПЭТ-КТ головного мозга совпало с данными инвазивного мониторинга у 36%; ОФЭКТ-SISCOM и МЭГ - совпадение у 37,5% и 50% пациентов соответственно.

2. У пациентов с фармакорезистентной эпилепсией инвазивный стереоЭЭГ мониторинг проводится при: множественной структурной патологии по данным МРТ-головного мозга у 26 (13,9%) пациентов; «МР-негативной» формой эпилепсии у 84 (44,9%); расхождении данных неинвазивных методов предхирургической диагностики (МРТ по эпилептологическому протоколу, многосуточный видео-ЭЭГ мониторинг, ПЭТ, ОФЭКТ, МЭГ) у 77 (41,2%) пациентов.

3. При робот-ассистированной имплантации глубинных электродов риск развития осложнений на один электрод составил 0,62%; вероятность развития угрожающих геморрагических осложнений на один электрод – 0,28%. Внутричерепные кровоизлияния могут возникнуть у 3,2% пациентов, однако лишь в 1,1% случаев они влияют на тактику лечения. Риск мальпозиции в расчете на один электрод составил 2,3%, но в 51% случаев мальпозиция электродов не влияет на 124 ход проведения стерео-ЭЭГ мониторинга.

4. Метод робот-ассистированной имплантации электродов позволяет выявить зону инициации приступов в 94,1% случаев. У 4,3% пациентов

причина не выявленной зоны инициации приступов не зависела от методики имплантации глубинных электродов (отсутствие приступов во время мониторинга и запись только приступов, не являющихся предметом жалоб и обращения пациентов). По результатам стерео-ЭЭГ мониторинга резекционное лечение не показано в 27,3% случаев в связи с двусторонними (13,4%) или множественными (3,7%) зонами инициации приступов, отсутствием достоверных данных о локализации эпилептогенной зоны (5,9%), а также ее локализацией в функционально значимой области коры (3,2%).

5. Резекционная хирургия, проведенная на основании данных, полученных при стерео-ЭЭГ мониторинге, позволяет добиться благоприятного исхода (Engel I) у 75,3% пациентов; хирургического исхода Engel II – в 7,9%; хирургического исхода Engel III – в 7,9%; хирургического исхода Engel IV – в 9% случаев. Благоприятный исход (Engel I) достигается у 78,9% пациентов с «МРнегативной» и у 72,5% пациентов – с «МР-позитивной» формой эпилепсии. Эффективность височной резекции, проведенной на основании данных инвазивного мониторинга, составляет 81,3%, тогда как эффективность экстратемпоральной резекции – 65,8%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациентов с фокальной фармакорезистентной эпилепсией следует рассматривать в качестве кандидатов на хирургическое лечение, в связи с чем таким пациентам необходимо проведение предхирургической неинвазивной диагностики. В случае выявления множественной структурной патологии или при отсутствии структурной эпилептогенной патологии по данным МРТ головного мозга по эпилептологическому протоколу, а также при расхождении данных различных методов исследования на этапе неинвазивной предхирургической диагностики, рекомендуется проведение инвазивного стерео-ЭЭГ мониторинга с целью обнаружения зоны инициации приступов и определения границ эпилептогенного очага.

2. Для корректного планирования установки глубинных электродов,

определения необходимого минимального их количества, зоны вхождения и конечной точки имплантации в головной мозг, а также траекторий их заведения необходимо оценивать семиологию приступов, интериктальную и иктальную эпилептиформную активность по данным многосуточного видео-ЭЭГ мониторинга, локализацию структурной эпилептогенной патологии по данным МРТ головного мозга по эпилептологическому протоколу. В ряде случаев для получения дополнительной информации необходимо проведение других неинвазивных методов исследования: ПЭТ, ОФЭКТ-SISCOM), МЭГ.

3. При выявлении по данным стерео-ЭЭГ мониторинга двусторонних или множественных зон инициации приступов, при отсутствии достоверных данных о локализации ЭЗ, получении информации о локализации ЭЗ в функционально значимой зоне – проведение последующего резекционного хирургического лечения данным категориям пациентов не показано.

4. При выявлении у пациентов, по данным стерео-ЭЭГ мониторинга, 126 односторонней локализованной зоны инициации приступов, при ее расположении вне функционально значимых зон – показано проведение последующего хирургического лечения (резекция или дисконнекция) или радиочастотной термокоагуляции эпилептогенного очага через установленные электроды.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Роль невролога в выборе тактики лечения эпилепсии: терапия и/или хирургия / К.В. Воронкова, А.И. Федин, А.Э. Никитин, А.А. Зуев, **Н.В. Педяш**, Д.М. Бочаева // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 286-292.

2. Возможности хирургического лечения фармакорезистентной эпилепсии с использованием робот-ассистированной имплантации глубинных электродов для проведения инвазивной стереоэлектроэнцефалографии / А.А. Зуев, А.Л. Головтеев, **Н.В. Педяш** [и др.] // Нейрохирургия. – 2020. – Т. 22, № 1. – С. 12-20.

3. Предхирургическая диагностика у пациентов с фармакорезистентной эпилепсией / А.А. Зуев, А.Л. Головтеев, **Н.В. Педяш** [и др.] // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2020. – Т. 84, № 1. – С. 109-117.

4. Первый опыт использования термокоагуляции эпилептогенной зоны через глубинные электроды для проведения стереоЭЭГ у пациентов с фармакорезистентной фокальной эпилепсией / А.С. Балацкая, И.П. Саламов, А.В. Димерцев, **Н.В. Педяш** [и др.] // IX Всероссийский съезд нейрохирургов : Сборник тезисов, Москва, 15–18 июня 2021 года. – Москва: Ассоциация нейрохирургов России, 2021. – С. 52-53.

5. Роль стерео-ЭЭГ в предхирургической диагностике и лечении пациентов с фокальной фармакорезистентной эпилепсией / Н.П. Утяшев, А.А. Шадрова, М.А. Одениязова, А.С. Балацкая, **Н.В. Педяш**, А.А. Зуев // IX Всероссийский съезд нейрохирургов : Сборник тезисов, Москва, 15–18 июня 2021 года. – Москва: Ассоциация нейрохирургов России, 2021. – С. 337-338.

6. Результаты робот-ассистированной имплантации стерео-ЭЭГ электродов для проведения длительного инвазивного мониторинга у пациентов с фармакорезистентной эпилепсией / И.П. Саламов, **Н.В. Педяш**, А.С. Балацкая [и др.] // IX Всероссийский съезд нейрохирургов : Сборник тезисов, Москва, 15–18 июня 2021 года. – Москва: Ассоциация нейрохирургов России, 2021. – С. 292.

7. Хирургическое лечение фокальной фармакорезистентной височной эпилепсии / **Н.В. Педяш**, Н.П. Утяшев, А.С. Балацкая [и др.] // IX Всероссийский съезд нейрохирургов : Сборник тезисов, Москва, 15–18 июня 2021 года. – Москва: Ассоциация нейрохирургов России, 2021. – С. 266-267.

8. Опыт использования термокоагуляции эпилептогенной зоны через глубинные электроды для проведения стереоээг у пациентов с фармакорезистентной фокальной эпилепсией / А.С. Балацкая, **Н.В. Педяш**, А.В. Димерцев [и др.] // Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова. – 2022. – Т. 14, № S1. – С. 20-21.

9. Стереозлектроэнцефалография в прехирургическом обследовании

пациентов с фармакорезистентной фокальной эпилепсией / А.С. Балацкая, **Н.В. Педяш**, А.Л. Головтеев [и др.] // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. – 2022. – Т. 14, № 2. – С. 183-194.

10. Модифицированная заднеквадрантная дисконнекция в хирургическом лечении фармакорезистентной эпилепсии у пациента с пороком развития левых височной и затылочной долей / **Н.В. Педяш**, Ф.М. Хамидов, Н.П. Утяшев, А.А. Зуев // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2022. – Т. 86, № 6. – С. 76-83.

11. Гемисферотомия в хирургическом лечении фокальной фармакорезистентной эпилепсии у взрослых / А.А. Зуев, **Н.В. Педяш**, Н.П. Утяшев [и др.] // Третий Сибирский нейрохирургический Конгресс: Сборник тезисов, Новосибирск, 14–15 июля 2022 года / Под редакцией Д.А. Рзаева. – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью «Семинары, Конференции и Форумы», 2022. – С. 30.

12. Патент № 2773262 С1 Российская Федерация, МПК А61В 6/03, А61В 18/04, А61В 34/20. Способ стерео-электроэнцефалографически навигированной радиочастотной термодеструкции эпилептогенных зон головного мозга: № 2022100809: заявл. 13.01.2022 : опубл. 01.06.2022 / Н.П. Утяшев, А.С. Балацкая, М.А. Одениязова, **Н.В. Педяш**, А.А. Утяшева.

13. Анализ результатов хирургического лечения височной фармакорезистентной эпилепсии / А.А. Зуев, **Н.В. Педяш**, Н.О. Ивин [и др.] // Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова. – 2023. – Т. 15, № S1. – С. 161.

14. Безопасность робот-ассистированной имплантации глубинных электродов для проведения инвазивного стерео-ЭЭГ-мониторинга / И.М. Алексеев, Ж.Ж. Пеков, **Н.В. Педяш**, А.А. Зуев // Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. – 2024. – Т. 88, № 1. – С. 28-38.

15. Хирургическое лечение фокальной фармакорезистентной эпилепсии, ассоциированной с височным энцефалоцеле / **Н.В. Педяш**, А.В. Димерцев, Н.П. Утяшев [и др.] // X съезд нейрохирургов России: сборник тезисов: /под

редакцией акад. РАН Усачева Д.Ю., акад. РАН Крылова В.В., проф. Кравца Л.Я. – Нижний Новгород – 2024 – С. 273.

16. Опыт использования термокоагуляции эпилептогенной зоны через глубинные электроды в хирургическом лечении фармакорезистентной фокальной эпилепсии / **Н.В. Педяш**, А.В. Димерцев, Х.О. Шавкатбеков // X съезд нейрохирургов России: сборник тезисов: /под редакцией акад. РАН Усачева Д.Ю., акад. РАН Крылова В.В., проф. Кравца Л.Я. – Нижний Новгород – 2024 – С. 274.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

Видео-ЭЭГ	видео-электроэнцефалография
КТ	компьютерная томография
МРТ	магнитно-резонансная томография
МЭГ	магнитоэнцефалография
ОФЭКТ	однофотонная эмиссионная компьютерная томография
ПЭТ	позитронная эмиссионная томография
Стерео-ЭЭГ	стерео-электроэнцефалография
ФРЭ	фармакорезистентная эпилепсия
ЭЗ	эпилептогенная зона
ILAE	Международная противоэпилептическая лига (англ. The International League Against Epilepsy)
SISCOM	субтракционная иктальная ОФЭКТ, корегистрированная с данными МРТ (англ. subtraction ictal SPECT co-registered to MRI)