

**Система медицинская  
навигационная оптическая  
«МУЛЬТИТРЕК»  
для планирования операций  
в хирургии**

В.В. Крылов

А.В. Гаврилов

- Разработчик - группа компаний «Гаммамед» при участии НИИ ядерной физики МГУ им. М.В. Ломоносова
- Изготовитель – концерн ВКО «Алмаз-Антей»

# Стереоскопическая навигационная система «МУЛЬТИТРЕК»

## Блок видеокамер



## Блок управления



## Рабочая станция



- Точность определения инструментов **0,3 - 0,7мм**
- Размеры освещаемой области, не менее  $1\text{м}^3$
- Расстояние от блока оптического до пассивных маркеров, не менее 1,5м
- Одновременно наблюдаемое число хирургических инструментов, не менее 4.

# Навигационные инструменты

Держатель для скобы мейфилда

Насадки на инструменты

Световозвращающие маркеры



Зонд-указка

Устройство калибровки хирургических инструментов

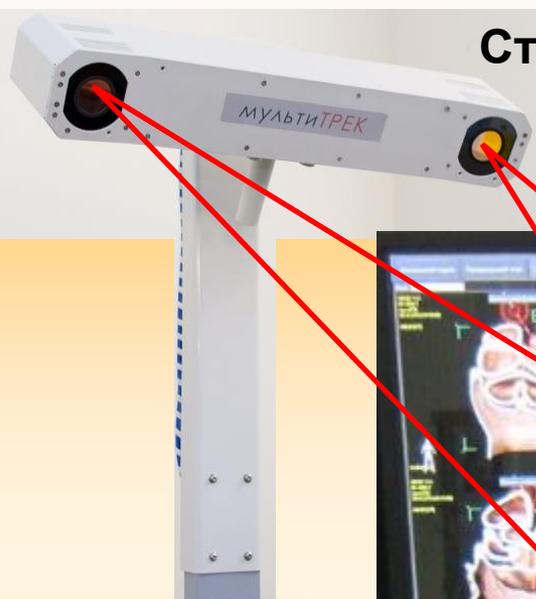


Фиксатор и насадка для позвоночника



Система связывает трехмерное изображение из своей памяти с реальным положением головы пациента. После регистрации навигационная система выдает точность соответствия головы пациента и виртуальной модели на дисплее - 0,3 – 0,7 мм

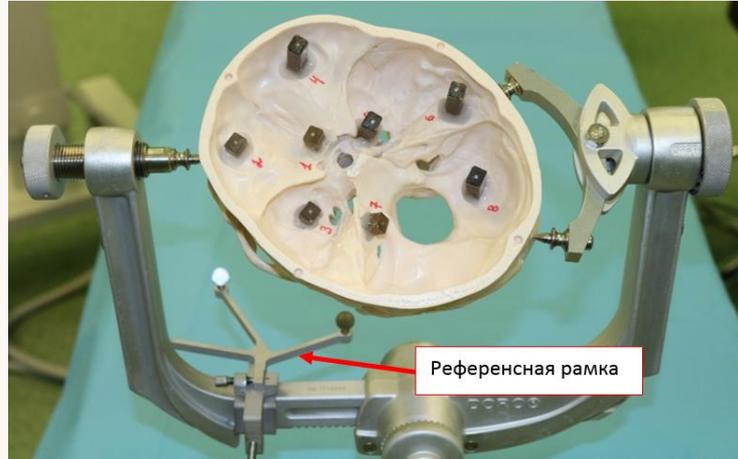
# Стереоскопическая навигационная система для хирургии



# Определение точности позиционирования хирургического инструмента на модели головы



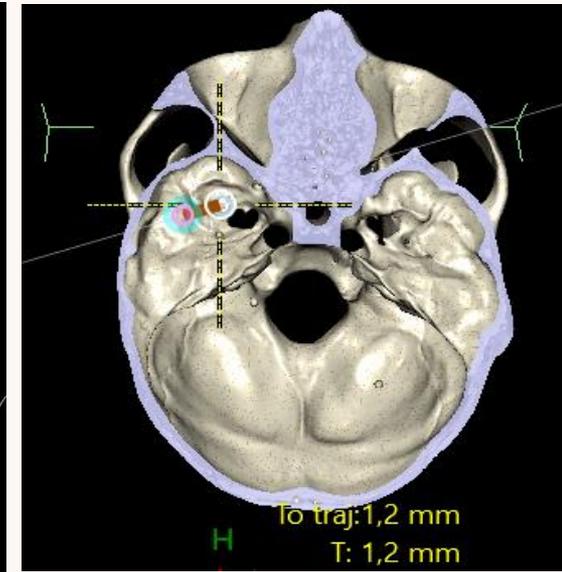
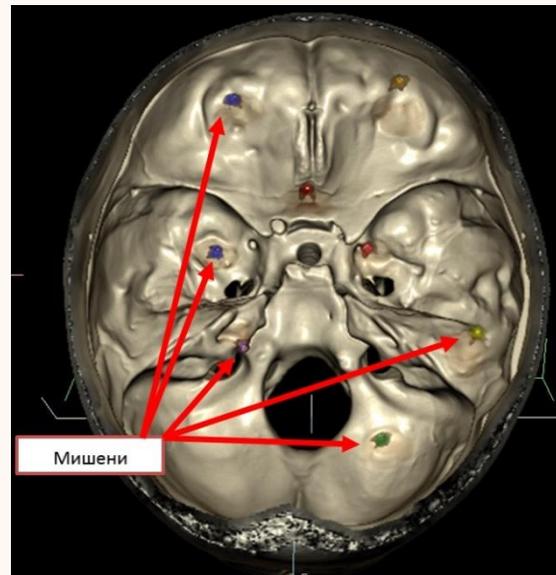
Биопсийная игла



3D КТ



Ошибка попадания в мишень 1.2мм

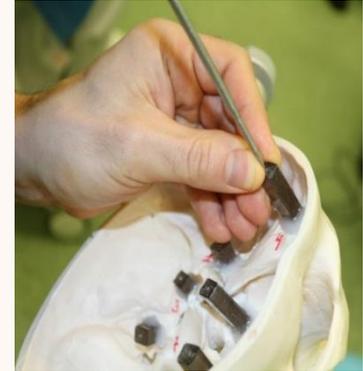


# Моделирование нейрохирургической операции на виртуальном тренажере

Световозвращающие  
маркеры



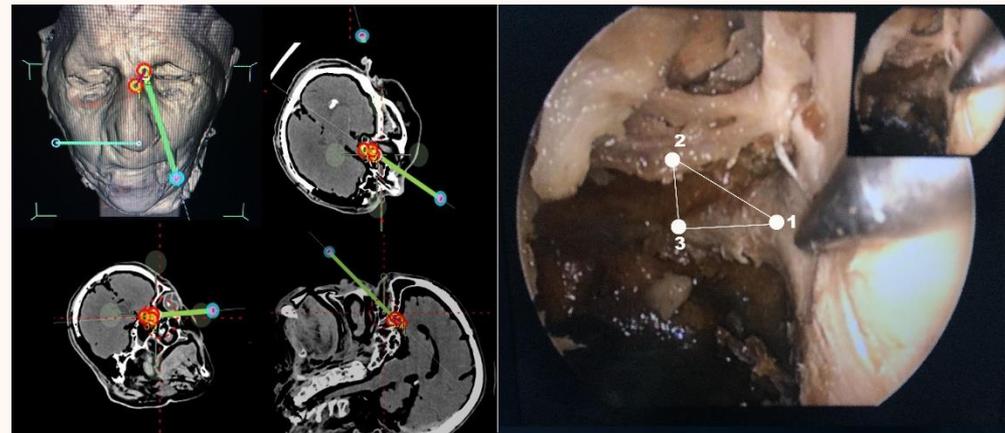
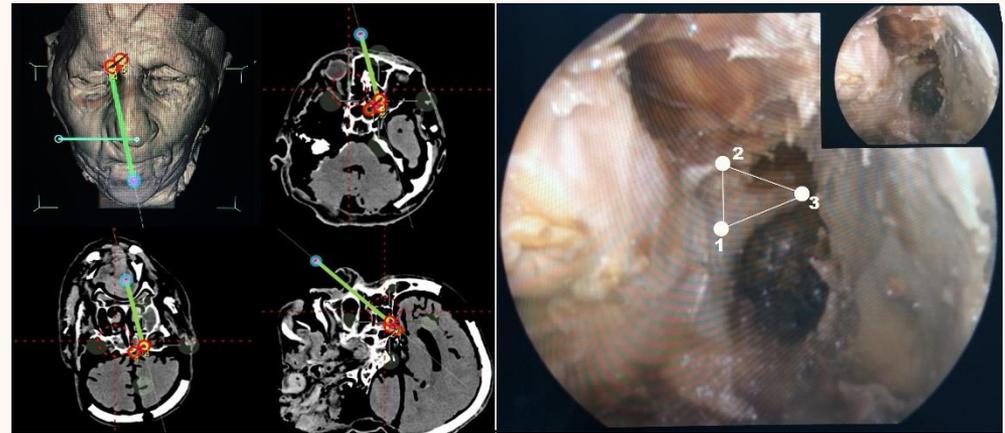
Ошибка попадания  
в мишень  
не более 0.7 мм.



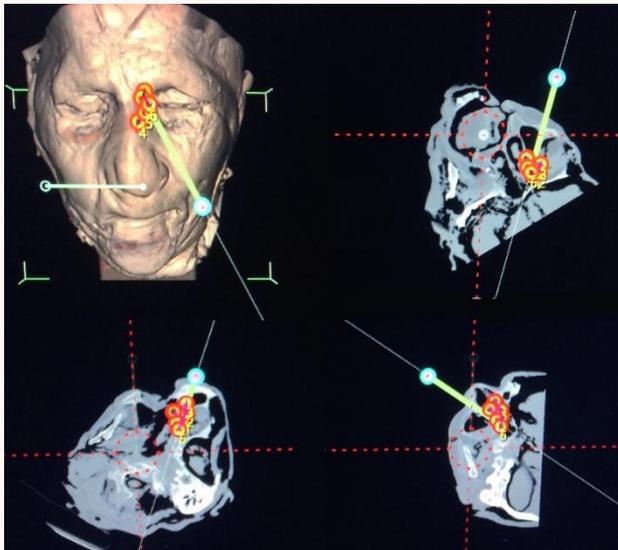
# Моделирование операций на орбите в с использованием стереонавигационной системы



Точки  
регистрации

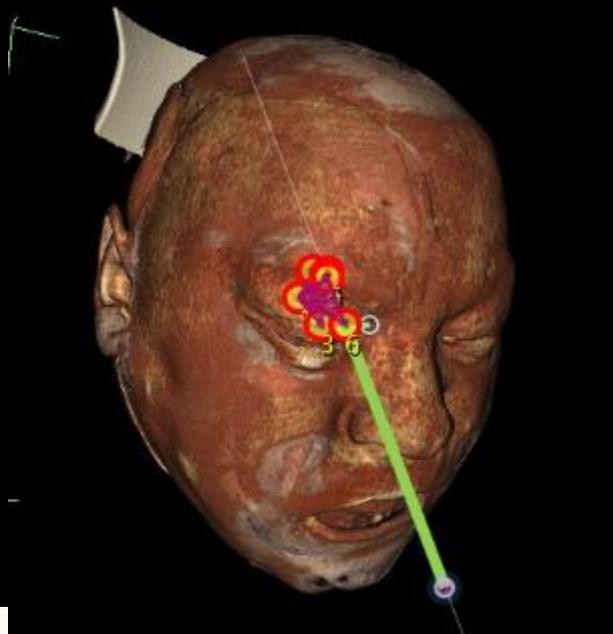
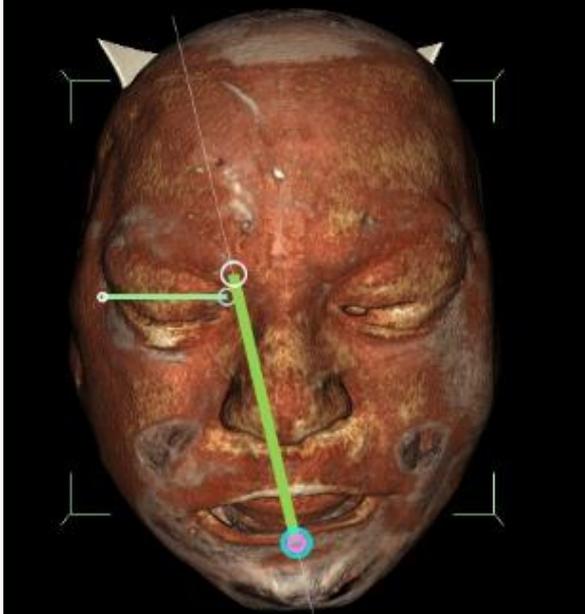
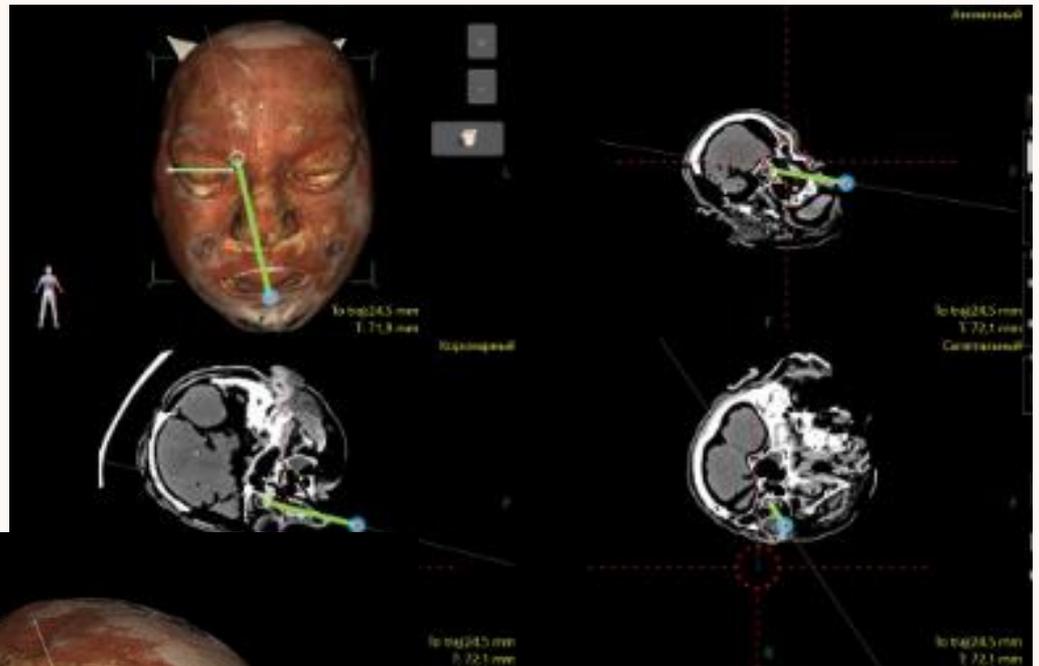
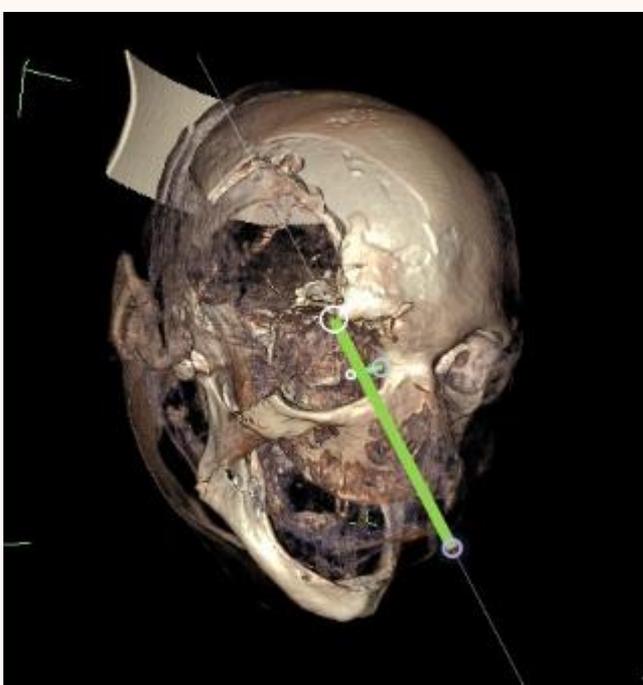


Контрольные точки (обозначены цифрами) при трансанзальном (верхний ряд) и трансорбитальном (нижний ряд) доступах к зрительному нерву. Вид на экране навигационной станции и мониторе эндоскопической стойки.



Определение площади орбитотомии (при трансорбитальном доступе).

# Моделирование операций на орбите в с использовании стереонавигационной системы





# **Стереоскопическая навигационная система «МУЛЬТИТРЕК»**

- **Планирование выполнения нейрохирургических операций на головном мозге и позвоночнике**
- **Определение оптимального доступа к очагу поражения**
- **Контроль нахождения в операционном поле в режиме реального времени**
- **Контроль радикальности хирургического вмешательства**
- **Сохранение функционально значимых областей мозга**
- **Обеспечение безопасности и точности выполнения операции**
- **Выполнение биопсии**
- **Установка инвазивных электродов**

# Инвазивный видео-ЭЭГ мониторинг

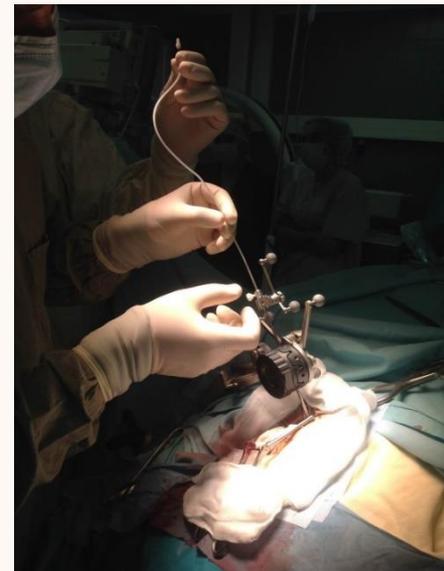


Безрамная навигационная система

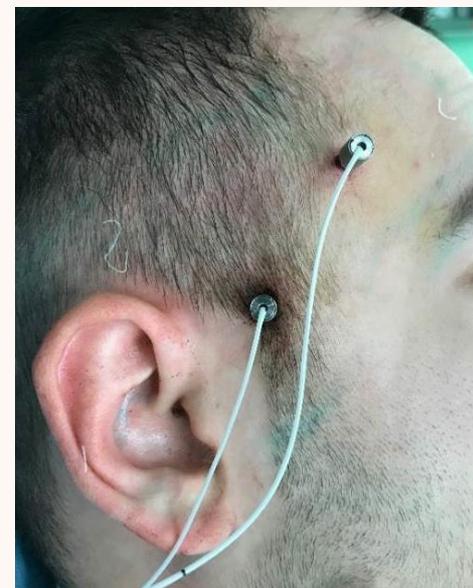
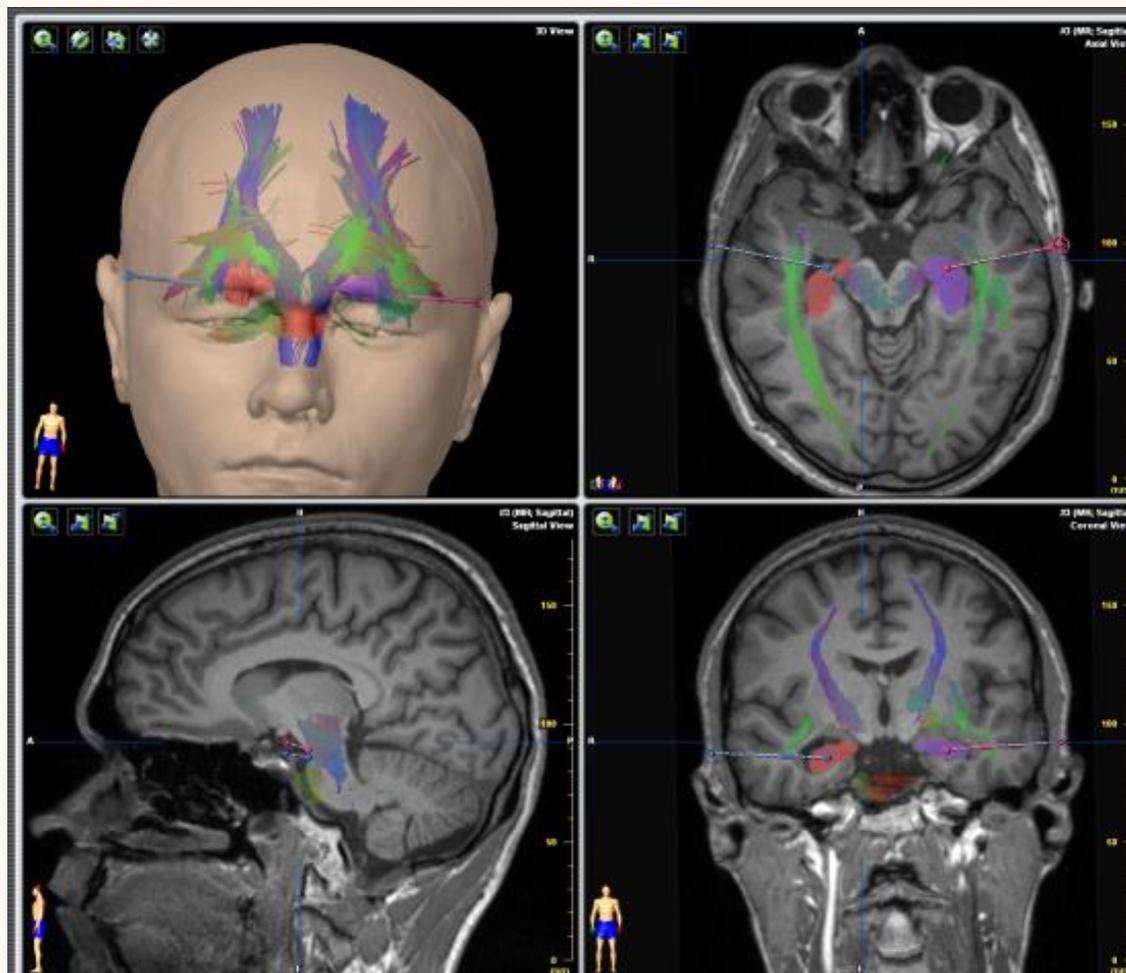


Введение электрода в гиппокамп при помощи канюли с использованием безрамной навигационной установки и стереотаксической системы.

Планирование места разреза и трепанации для установки электродов в гиппокамп при помощи безрамной навигационной установки (красная стрелка) и стереотаксической системы (белая стрелка)



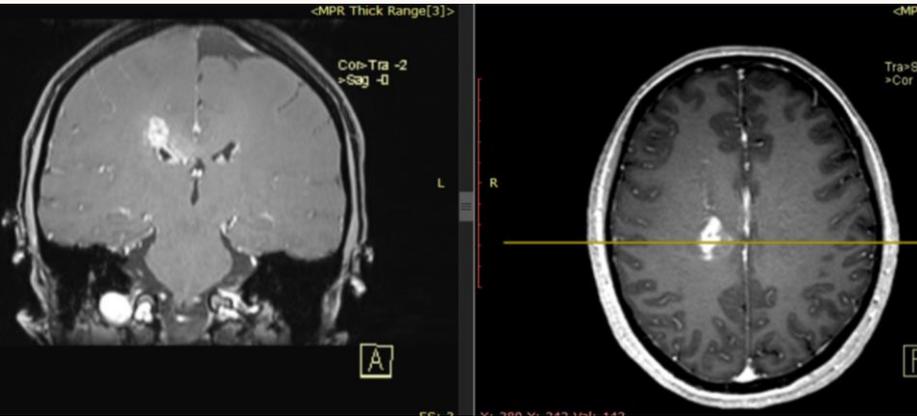
# Инвазивный видео-ЭЭГ мониторинг



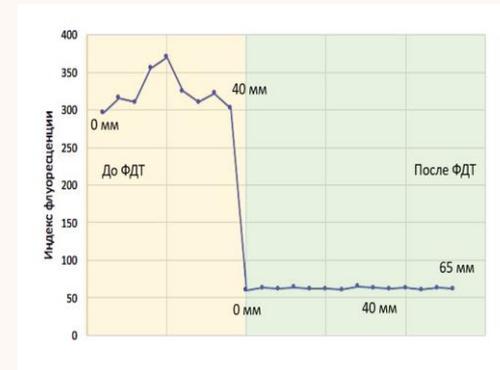
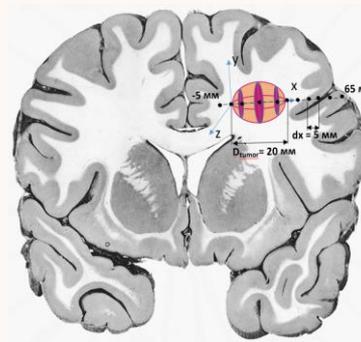
Внешний вид установленных глубинных электродов, фиксированных через анкерный болт.

Планирование траектории постановки глубинных электродов

# Стереотаксическая биопсия глубинной опухоли головного мозга с фотодинамической терапией в сознании

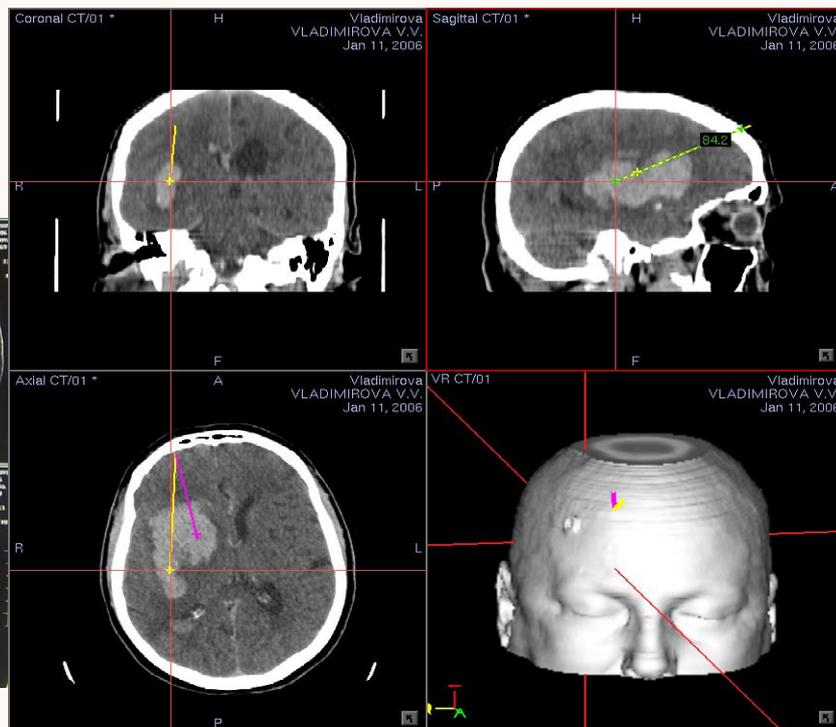
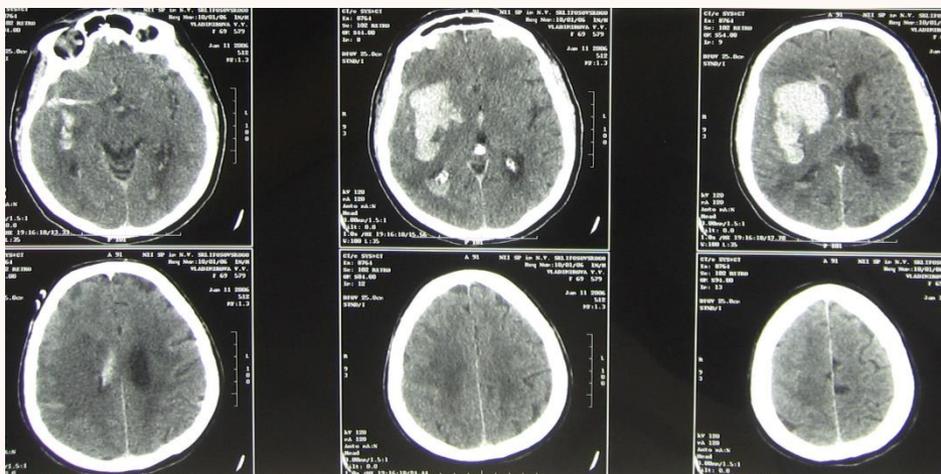


МРТ головного мозга. Глиобластома правой теменной доли

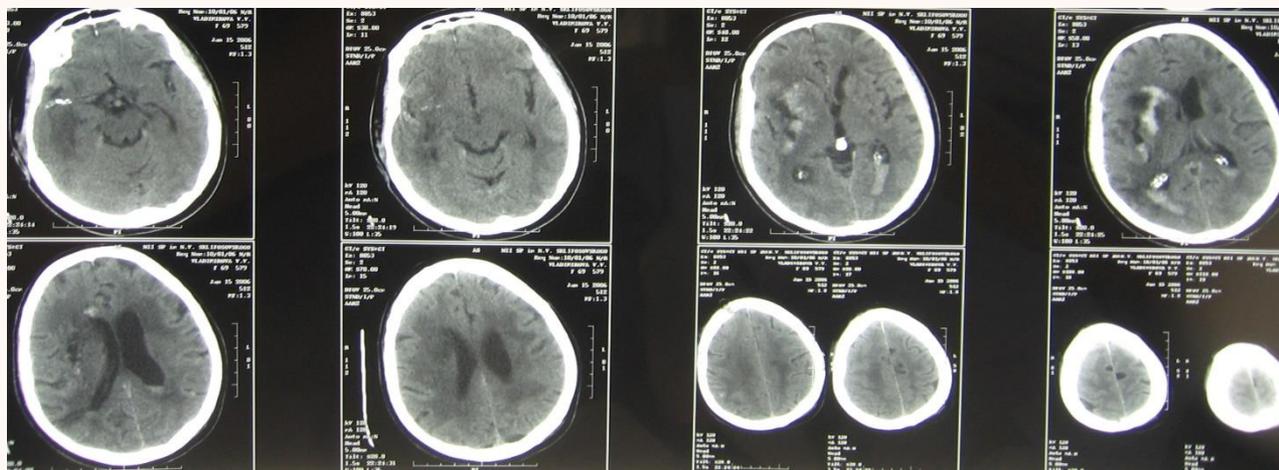


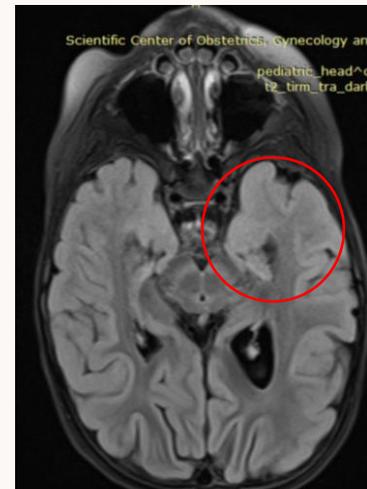
# Фибринолиз гематомы сложной конфигурации

До операции



Через 48 часов фибринолиза





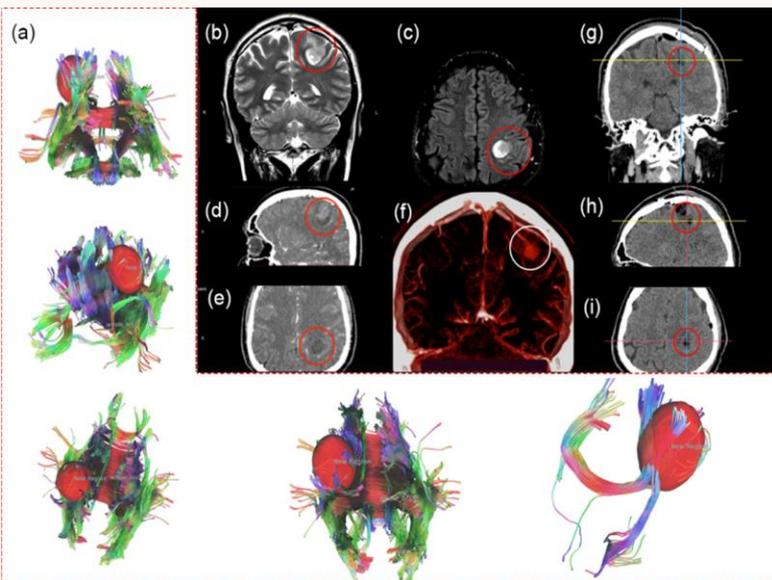
Пациентка Б., 4 года

До 2-ух лет – задержка речевого развития.

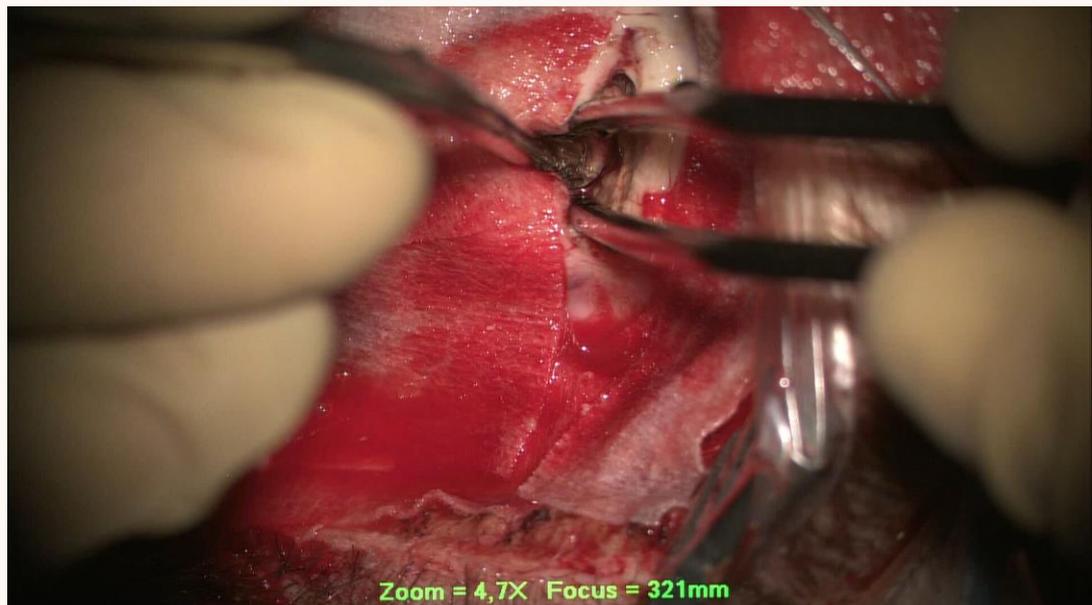
С 2-ух лет появились эпилептические приступы с увеличением частоты до 10 в сутки.



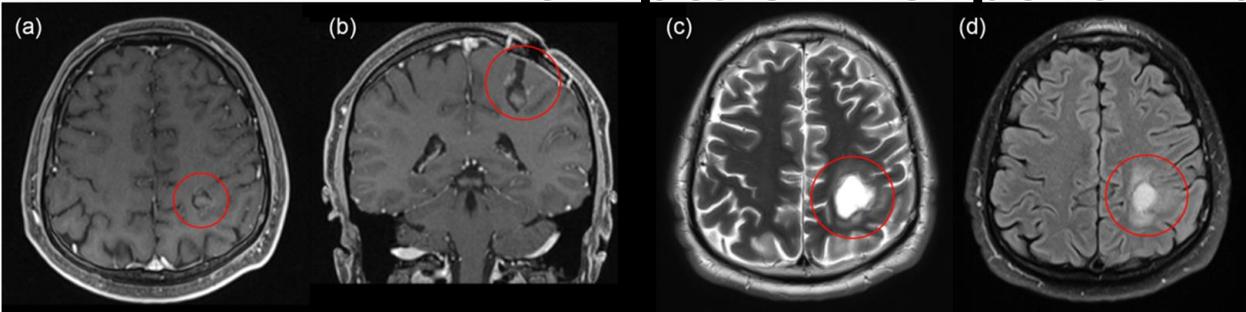
# Удаление глиобластомы функционально-значимой зоны головного мозга в сознании под контролем нейронавигации



МРТ, фМРТ и КТ пациента с глиобластомой левой теменной доли. По данным фМРТ – вовлечение в патологический процесс левого пирамидного тракта (а). МРТ (1,5 Тл) глиобластома левой теменной доли (красный кружок): Т2 коронарный срез (б), аксиальная проекция Т2 flair (в). КТ с контрастным усилением: глиобластома левой теменной доли с накоплением контраста (красные кружки): сагиттальная (г), аксиальная (д) проекции. КТ-ангиография (е): эмиссарная вена, впадающая в сагиттальный синус (белый кружок). КТ в первые сутки после первой операции: коронарная (ж), сагиттальная (h) и аксиальной (i) проекциях. Тотальная резекция опухоли в левой теменной доле, без накопления контрастного вещества.

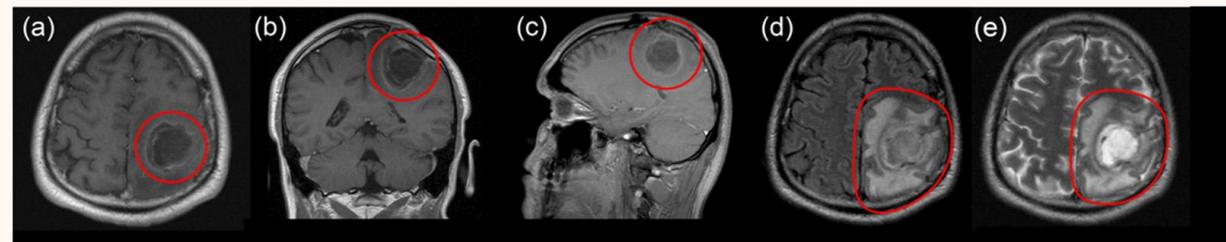


# Удаление глиобластомы функционально-значимой зоны головного мозга с фотодинамической терапией под контролем нейронавигации

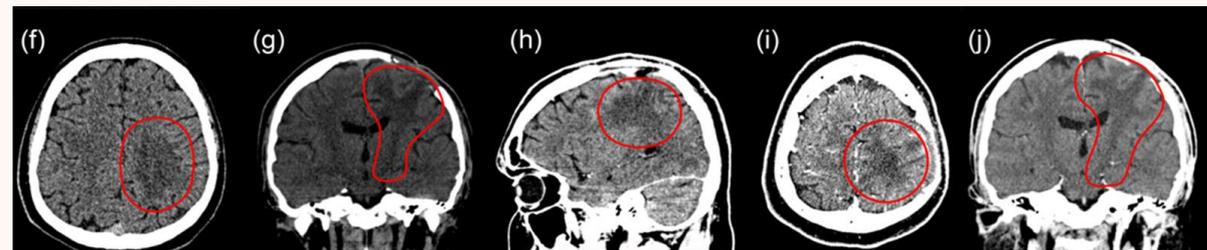


В июне 2021 года – рецидив опухоли. Выполнено радикальное удаление опухоли с применением 5-АЛК, фотодинамической терапией ложа удаленной опухоли

МРТ головного мозга через 2 месяца – тотальное удаление опухоли



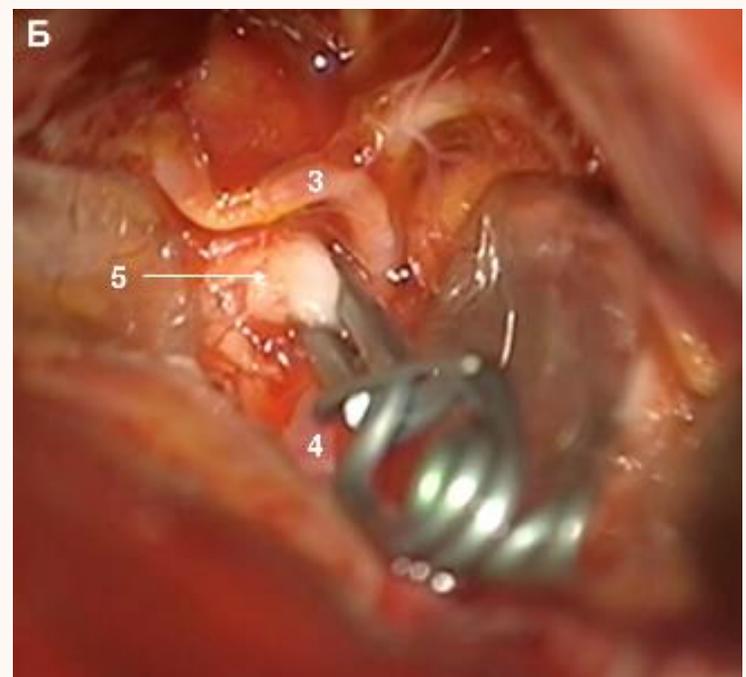
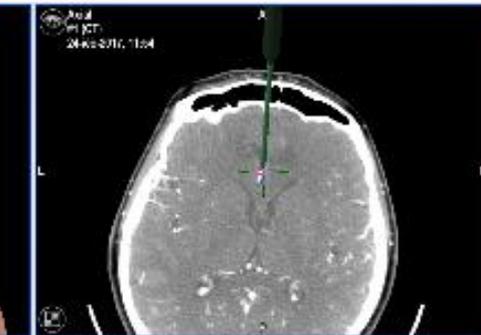
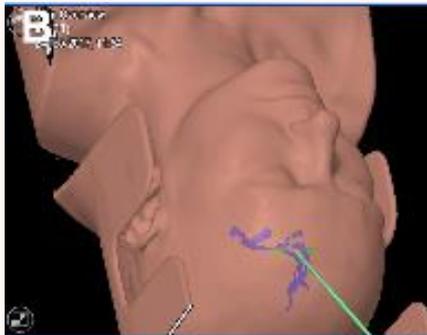
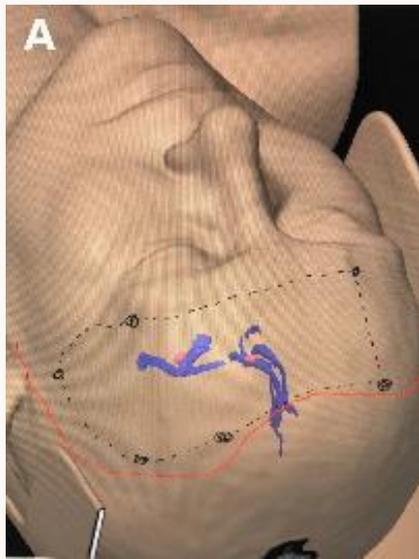
МРТ головного мозга через 10 месяцев после первичной операции – продолженный рост глиобластомы левой теменной доли (3 рецидива)



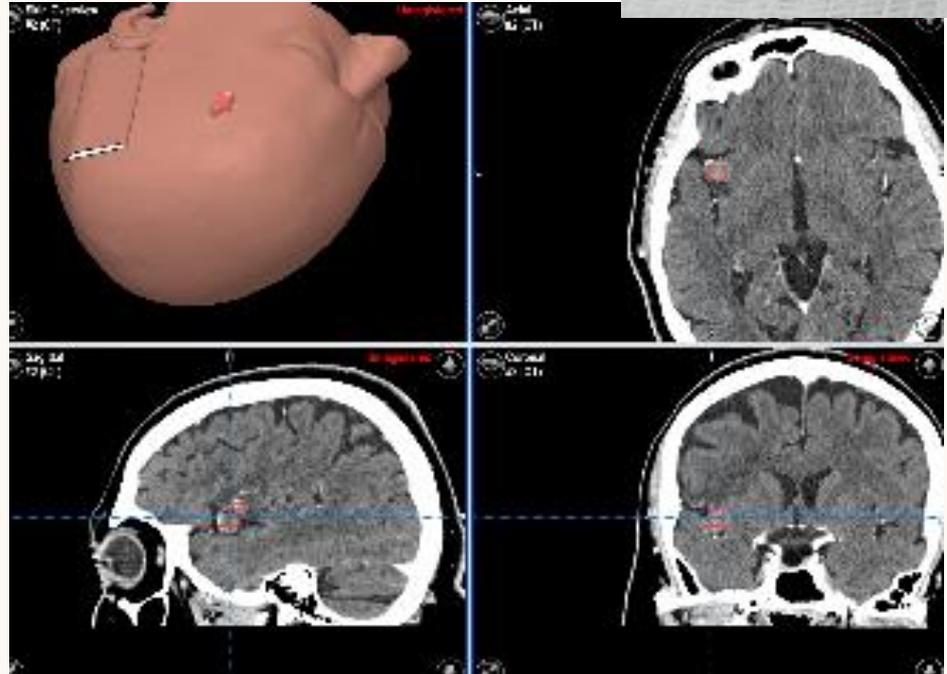
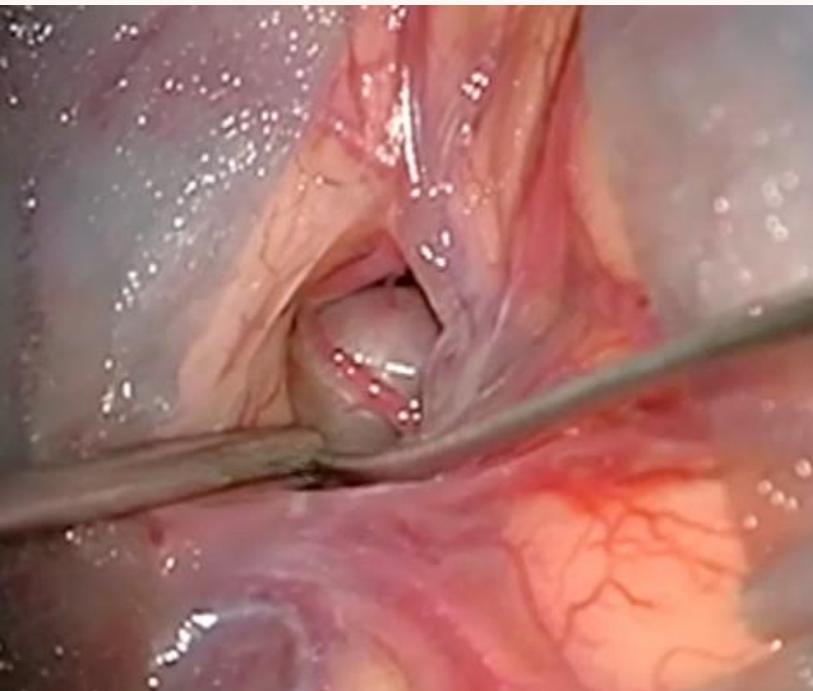
КТ головного мозга через 2 месяца после операции – тотальное удаление опухоли, ишемические изменения в зоне удаленной опухоли

В декабре 2021 года – пациенту выполнена повторная операция – удаление опухоли с интраоперационной фотодинамической терапией с применением двух фотосенсибилизаторов

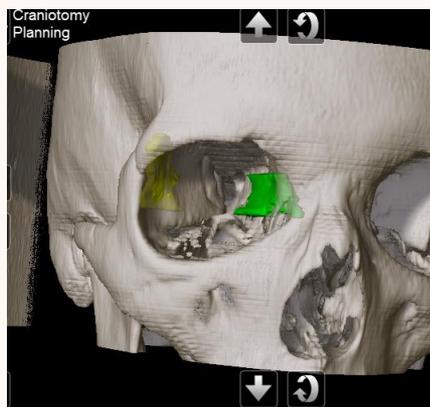
# Клипирование аневризмы перикаллезной артерии под контролем нейронавигации



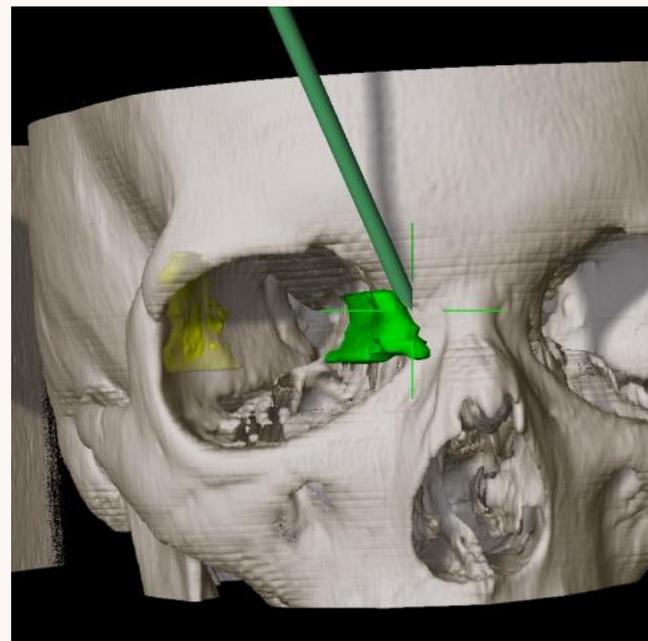
# Клипирование аневризмы средней мозговой артерии под контролем нейронавигации



# Методика использования безрамной нейронавигации при лечении пациентов с эндокринной офтальмопатией

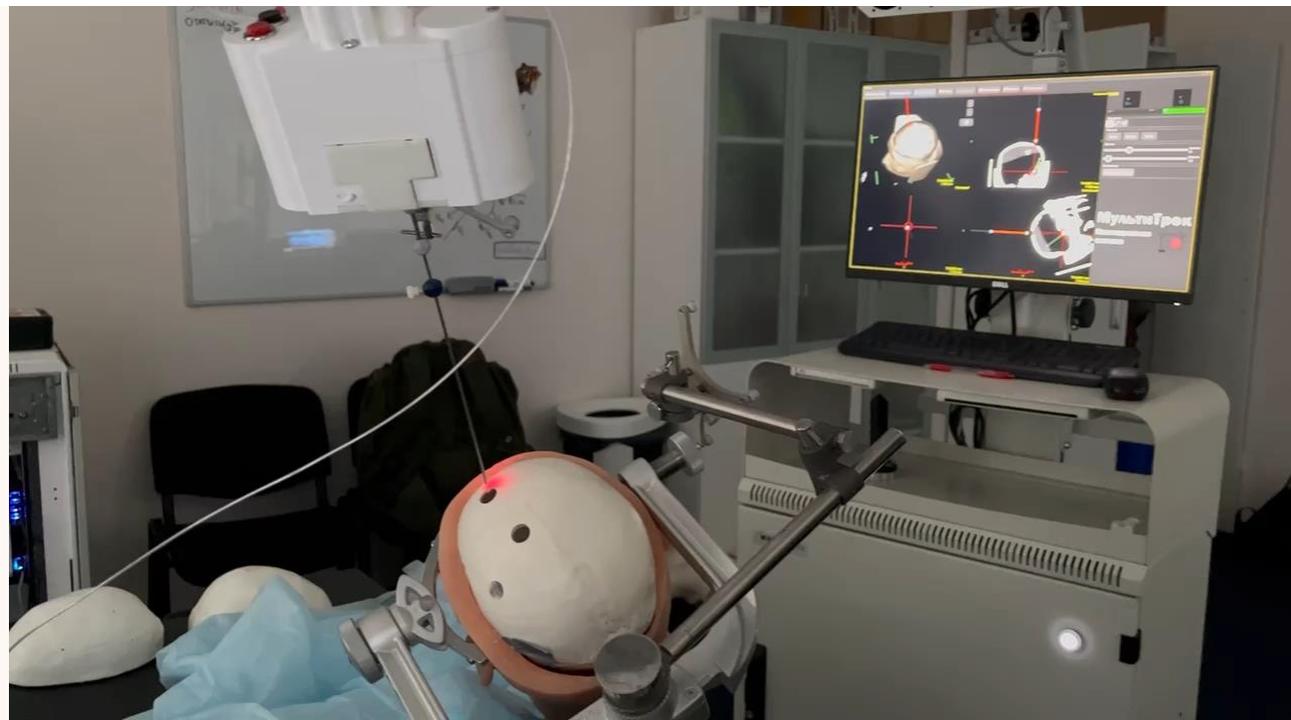
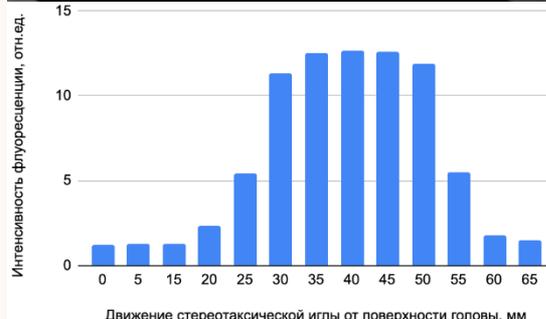
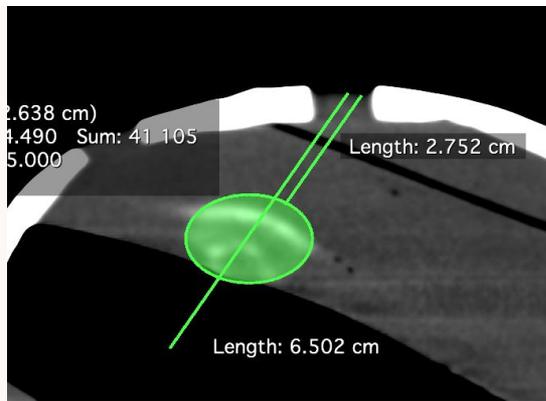
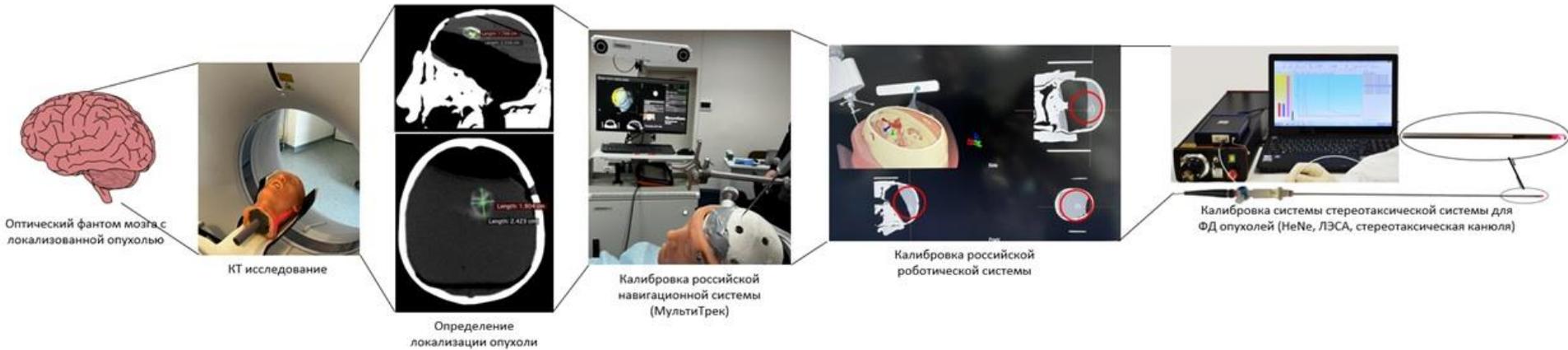


Предоперационное планирование на рабочей станции. Верификация и выделение области декомпрессии медиальной и латеральной стенок глазницы, объема резекции.



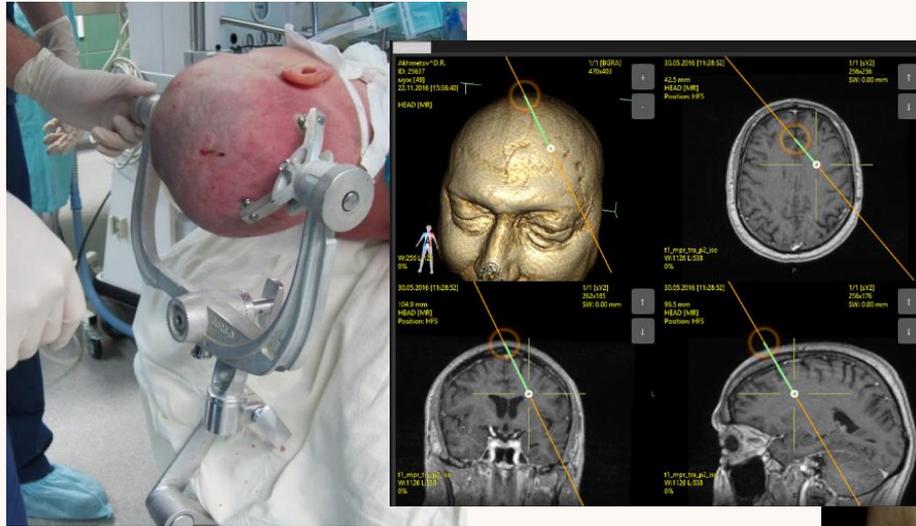
Регистрация пациента в системе навигации и интраоперационный контроль декомпрессии орбиты

# Робот-ассистированная стереотаксическая биопсия оптического фантома опухолей головного мозга с применением флуоресцентной навигации

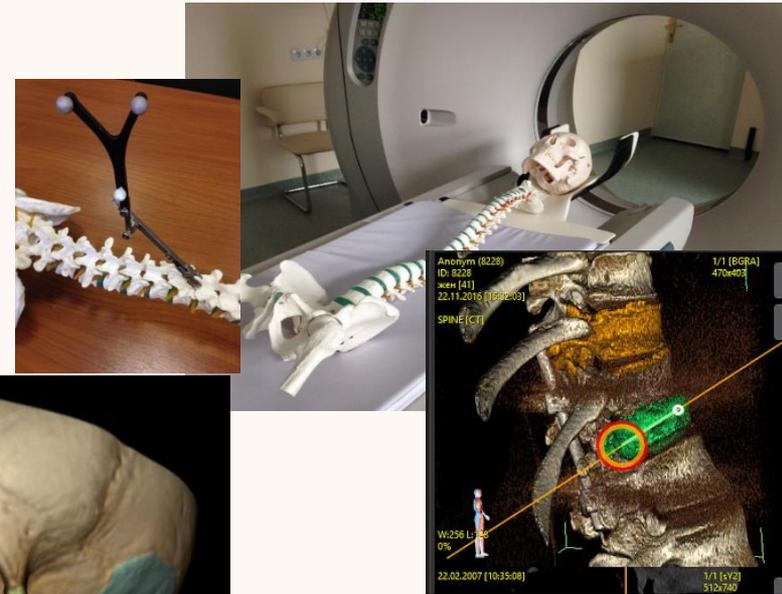


# Виды хирургических операций с применением стереоскопической навигационной системы

## Операции на головном мозге

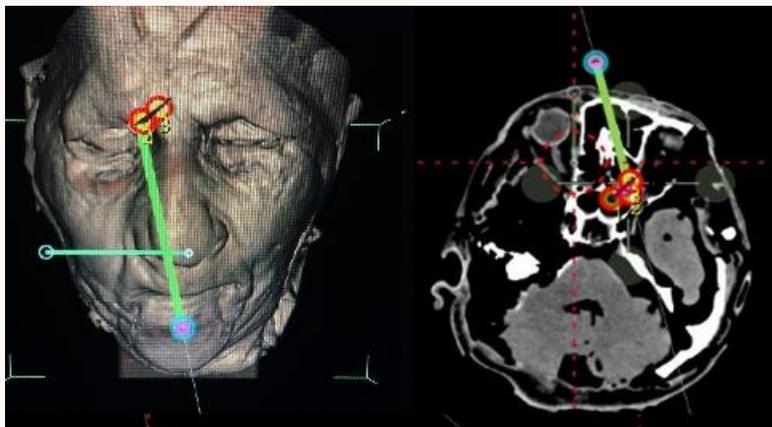


## Операции на позвоночнике



## Челюстно-лицевые операции

### ЛОР операции

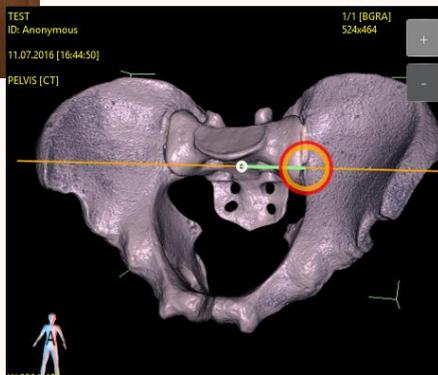
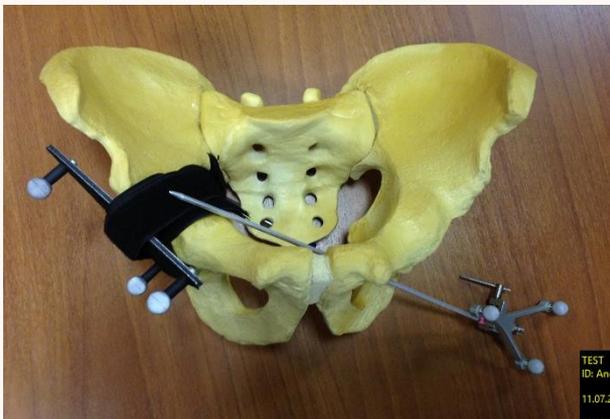


## Ортопедические операции



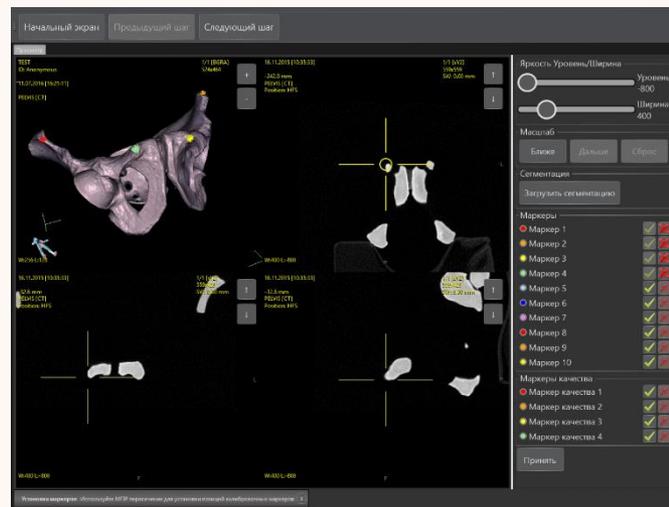
# Использование системы навигации в хирургии костей таза

Окно установки маркеров для регистрации



Отображение траектории на трехмерной реконструкции

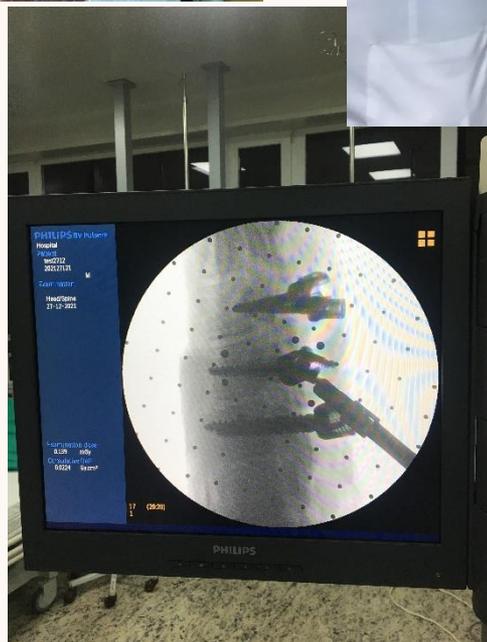
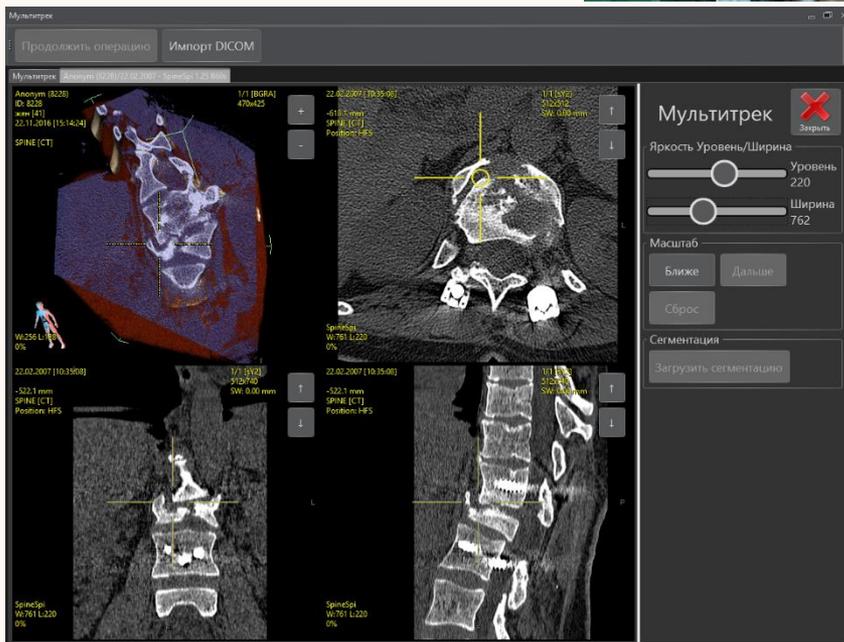
Окно программы на этапе интраоперационного навигирования



Окно определения траекторий



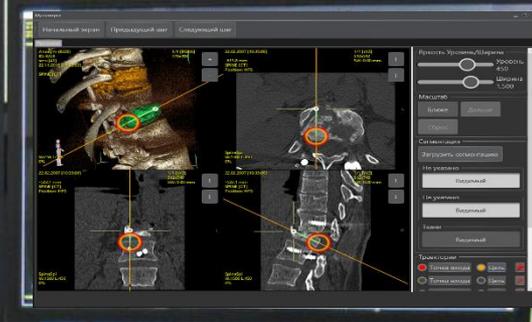
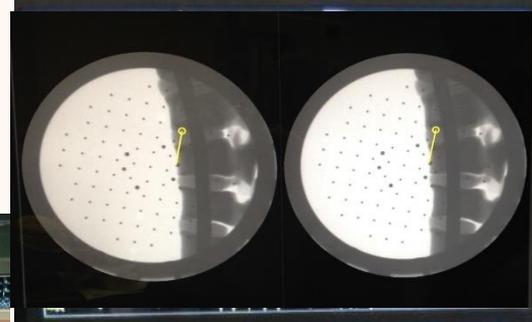
# Моделирование операций на позвоночнике



# Операция на позвоночнике при использовании С-дуги

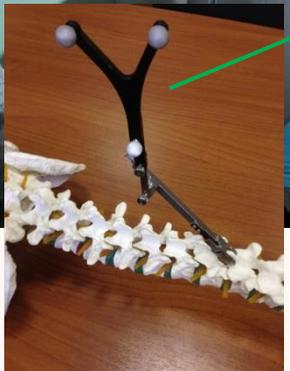
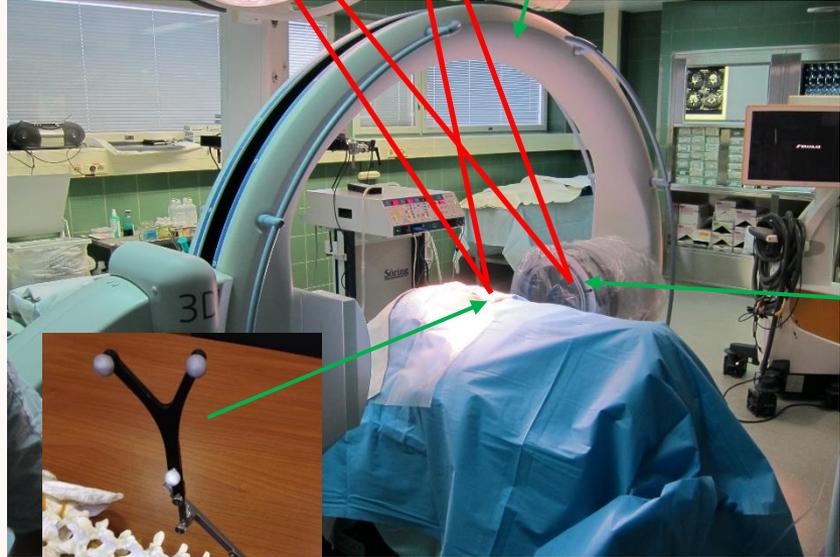
## Планирование и выполнение операции

Рентгеновский аппарат С-дуга



Калибровочная корзина

Контроль выполнения операции на АРМ



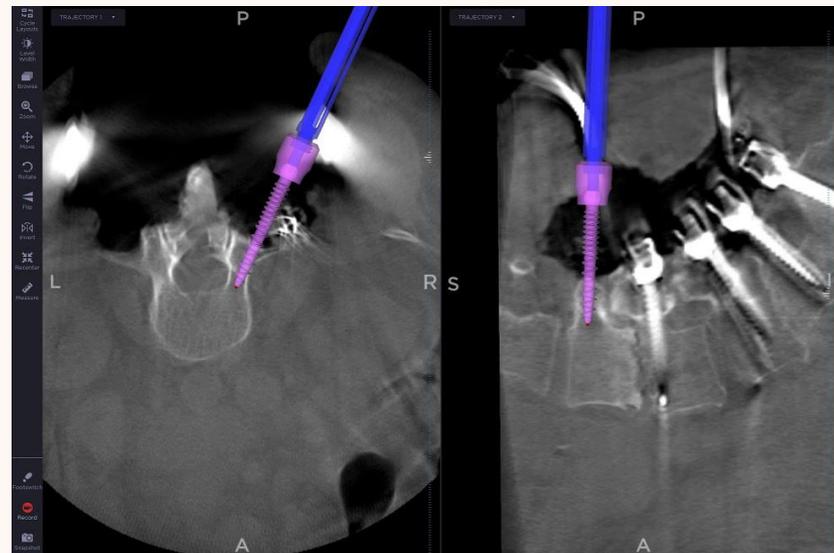
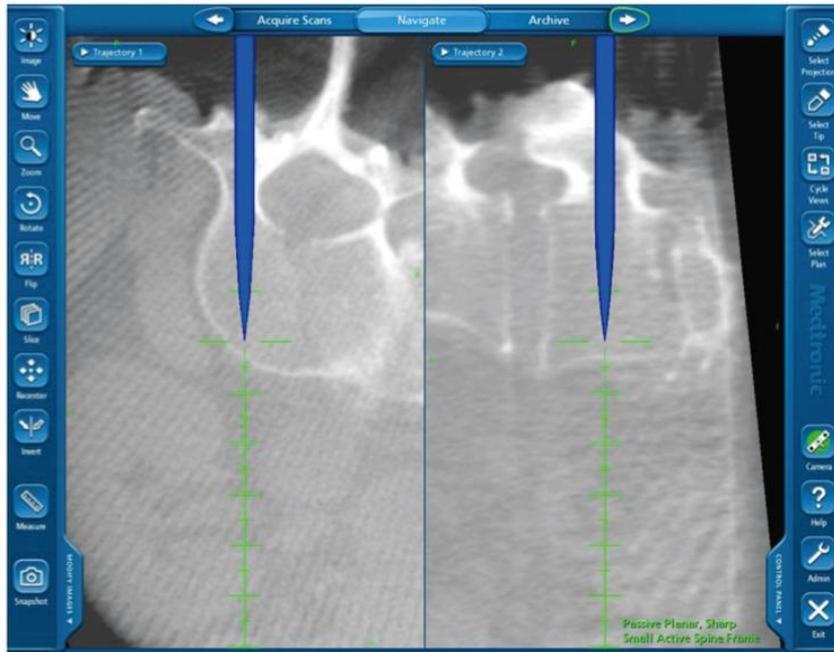
Насадка на остистый отросток позвонка



Набор хирургических инструментов



# Методика использования безрамной нейронавигации при лечении пациентов с заболеваниями позвоночника



Предоперационное планирование на рабочей станции. Создание виртуальной модели установки стабилизирующих систем.

Интраоперационный контроль траектории введения стабилизирующих систем

# Диагностические приборы, подключение которых выполняется при развитии системы навигации

## Операционный микроскоп



## Датчики ультразвукового диагностического прибора



**Для успешного продвижение навигационной системы МУДЛЬТИТРЕК в клиники необходимо обеспечить развитие ее функциональных возможностей, включая использование при:**

- операциях на позвоночнике с использованием мобильной С-дуги;
- ЛОР операциях;
- челюстно-лицевых операциях;
- операциях в ортопедии и травматологии (операции на кости таза, коленном суставе, костях стопы и т.п.)
- операциях на внутренних (эластичных) органах.
- нейрохирургических операциях с микроскопом с представлением информации в режиме дополненной реальности
- операциях с интраоперационными КТ и МРТ, приборами УЗИ диагностики и эндоскопами для корректировки данных в режиме реального времени
- работе с оборудованием для абляции опухолей;
- транскраниальной магнитной стимуляции головного мозга и т.п.

**Развитие функциональных возможностей навигационной системы МУЛЬТИТРЕК основывается на совершенствовании ее математического обеспечения, включая:**

- развития средств предоставления 2D/3D/3D+T изображений во время операции в режиме реального времени;
- использование обработки мультимодальной информации, получаемой от приборов лучевой диагностики КТ, МРТ, ангиографии, УЗИ, эндоскопии и пр.;
- методов радиомики и количественной радиологии при разработке алгоритмов сегментации и оценки состояния областей тканей, необходимых для удаления в процессе операции;
- алгоритмов планирования операций на основе моделирования гемодинамических процессов в сосудах мозга при учете биомеханики тканей и т.п.

**Вопросы, которые необходимо решать для развития и серийного выпуска системы**

**Для увеличения серийного выпуска и выполнения НИОКР работ по функциональному развитию системы навигации необходимо дооснащение станочной и инструментальной базы ГАММАМЕД по разработке и изготовлению новых инструментов и приспособлений навигационной системы.**

**Отсутствует производство в РФ ряда комплектующих изделий: графические контроллеры, видеокамеры, микроконтроллеры для управления видео блоком и т.п.**

**Необходимо по новому организовывать логистику по приобретению комплектующих, которые невозможно заменить.**

**Проведение модернизации системы для использования доступных комплектующих**

**Для успешного внедрения системы необходима организация обучения врачей и обслуживающего технического персонала на местах.**

**Цена на имеющиеся образцы 12 млн.р. Цена на образцы с новой комплектацией ~18 млн.р.**

# Оснащение нейрохирургических стационаров (350)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
КТ	503	520	542	568	564	<b>616</b>
МРТ	300	312	321	329	324	<b>341</b>
Ангиограф	209	227	222	227	244	<b>260</b>
Операционный микроскоп	307	332	345	351	358	<b>377</b>
Эндоскопическая стойка	203	211	221	221	230	<b>244</b>
Нейронавигация	172	183	195	192	199	<b>211</b>
С-дуга	296	310	318	325	322	<b>320</b>
Рамный стереотаксис	37	37	37	40	44	<b>41</b>

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**