

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОНАВИГАЦИИ В НЕЙРОХИРУРГИИ

УО «Белорусский Государственный Медицинский Университет»

Кафедра нервных и нейрохирургических болезней

Подготовил студент 2 курса Юркевич Артём

НЕЙРОНАВИГАЦИЯ –

- использование различных технологий для осуществления прецизионной локализации цели во время операции у реального больного. Важное достоинство навигационных систем состоит в том, что они позволяют соединить трехмерный мир диагностических изображений (КТ, МРТ, функциональную МРТ, позитронную или эмиссионную КТ и т.д.) с «живой» топографией навигируемой анатомической области и в созданном объединенном виртуальном-действительном пространстве точно отслеживать движение инструмента в реальном масштабе и времени. Кроме того, системы навигации позволяют оперирующему хирургу «видеть невидимое». Например, визуализировать проводящие пути, определять топографию метаболически активных эпилептогенных очагов, выявлять границы первичной или рецидивирующей опухоли головного мозга и т. д.



СТЕРЕОТАКСИС(ОТ ГРЕЧ. STEREOS – ОБЪЁМНЫЙ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ И TAXIS – РАСПОЛОЖЕНИЕ) –

- совокупность приёмов и расчётов, позволяющих с помощью специальных приборов и методов визуализации и функционального контроля с большой точностью осуществить доступ в определённую структуру головного мозга для воздействия на неё с лечебной целью .Является малоинвазивным методом хирургического вмешательства, когда доступ осуществляется к целевой точке внутри тела или толщи тканей какого-либо органа с использованием пространственной схемы по заранее рассчитанным координатам по трехмерной декартовой системе координат.

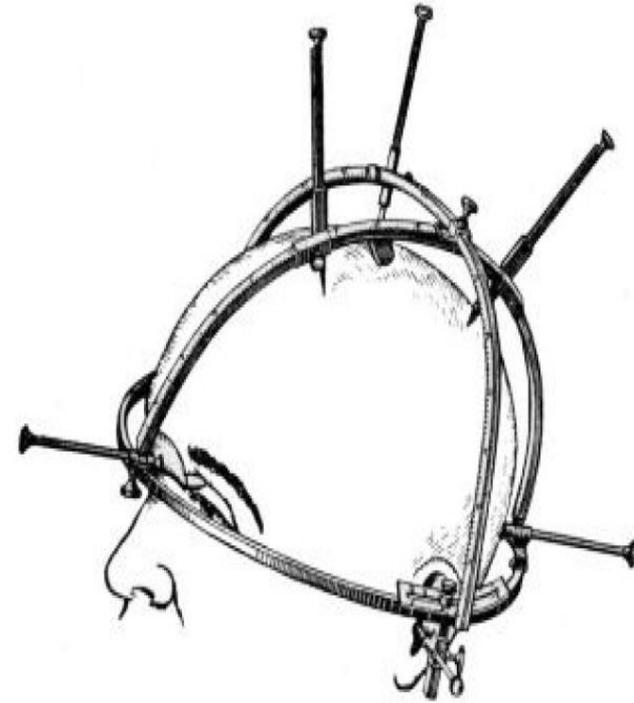


СТЕРЕОТАКСИС = НЕЙРОНАВИГАЦИЯ?

- По сути дела синонимом слова “нейронавигация” является “стереотаксис”. Давид Робертс из Dartmouth-Hitchcock Medical Center (США) впервые использовал термин “безрамочный стереотаксис” в 1986 году. Наряду с термином «безрамочный стереотаксис», в последнее время часто пользуются названием computer assisted neurosurgery (компьютерная нейронавигация).

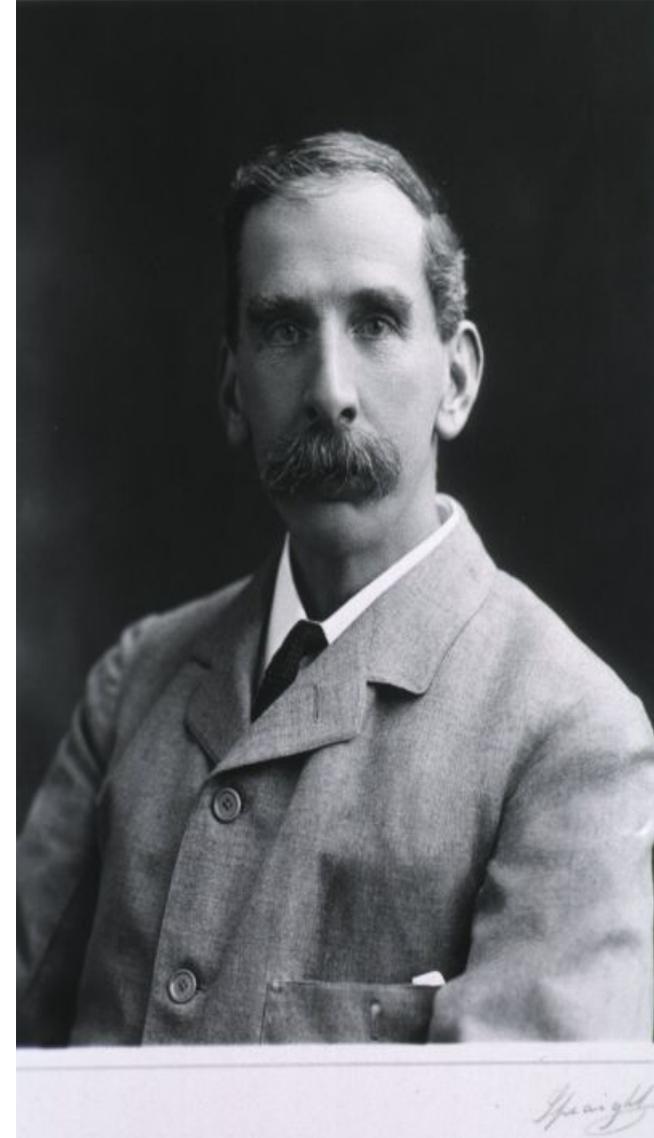
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НЕЙРОНАВИГАЦИИ

1891 г. - Зернов предложил аппарат («энцефалометр»), который позволял ориентироваться на поверхности мозга, он использовался лишь для того чтобы отметить место будущей операции, которая проводилась классически, но он значительно повышал возможности нейрохирургов. Но несмотря на усовершенствование аппарата Россолимо в 1906 году, метод распространения не получил.



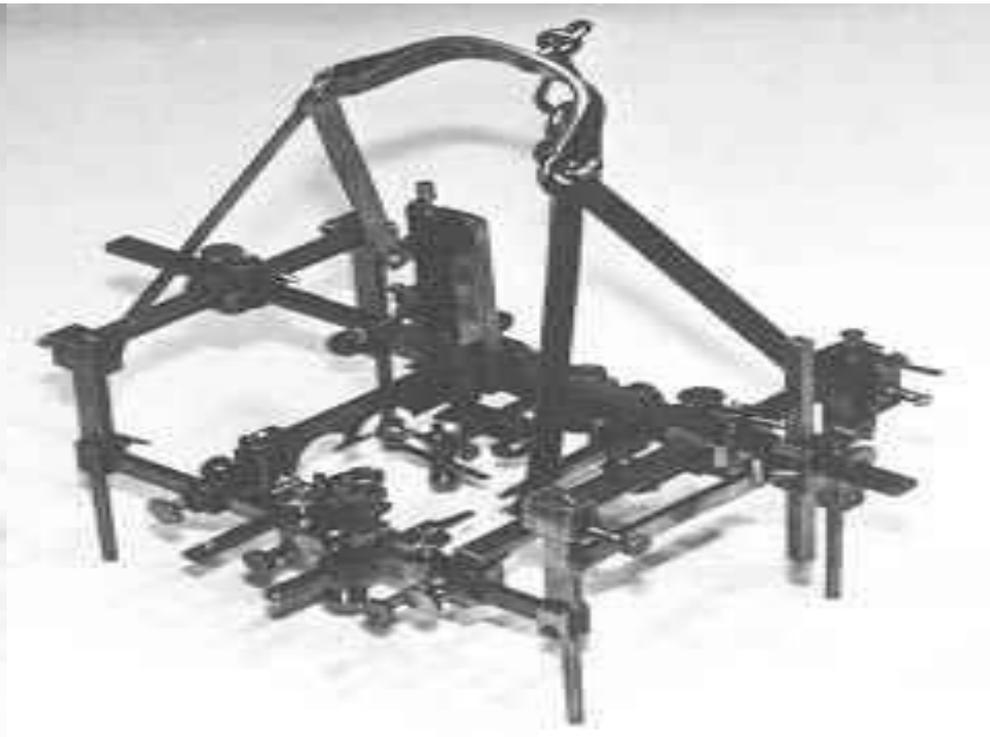
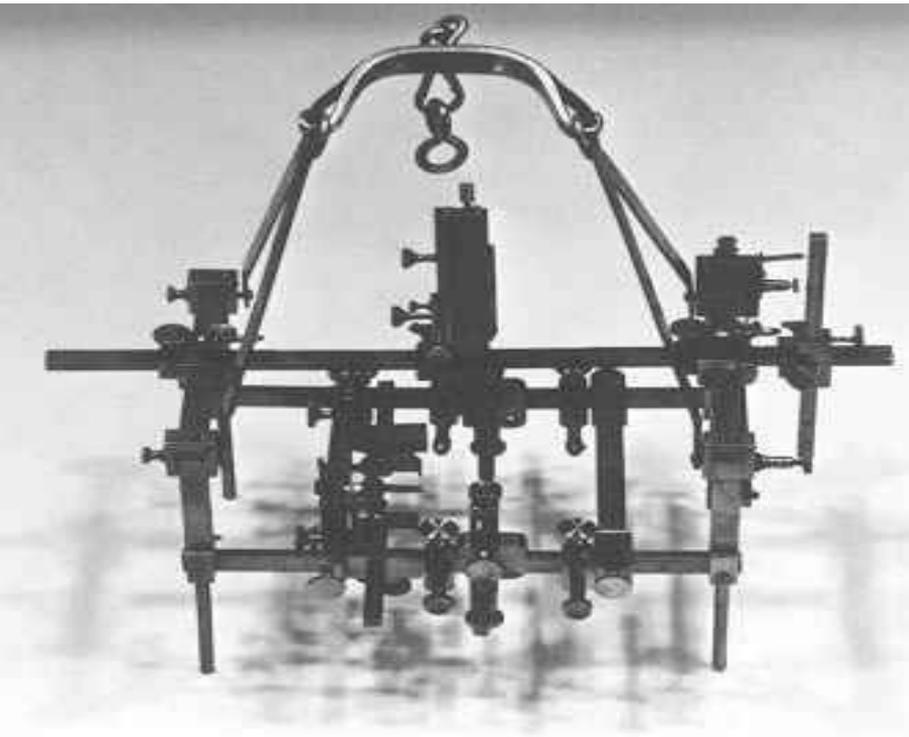
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НЕЙРОНАВИГАЦИИ

- 1906 г. - создание стереотаксиса. Создателями стереотаксиса общепризнано считаются нейрохирург V . Horsley и инженер R . Clarke, которые предложили прибор для нейрохирургических экспериментов, с помощью которого можно было точно локализовать структуры мозга животных.
- 1908 г. – первая реализация стереотаксиса нейрохирургом сэром Виктором Хорсли (Sir Victor Horsley) и инженером Робертом Х. Кларком (R. H. Clarke). Ввели термин «стереотаксический» применительно к своему творению.
- 1930 г. – усовершенствование аппарата Horsley - Clarke , он признан стандартом стереотаксиса для экспериментальных операций на животных (используется и по сей день)



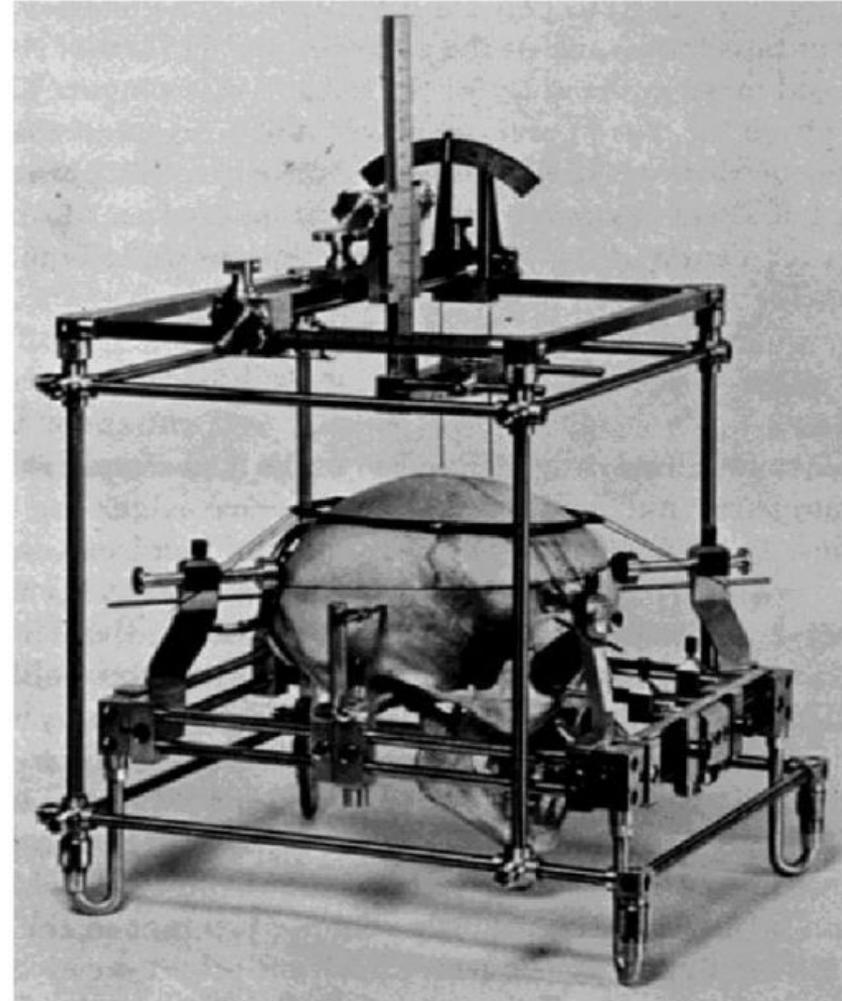
АППАРАТ HORSLEY - CLARKE

Аппарат Horsley - Clarke применялся для экспериментальных операций на животных (доступ к зубчатому ядру у обезьян) и использовал для расчета трехмерную систему координат Декарта.



STEREOTAXIC APPARATUS OF SPIEGEL AND WYCIS

1947 - 1949 г. американские нейрохирурги Эрнст Шпигель (Ernst Spiegel) и Генри Вайцис (Henry Wycis) разработали первую стереотаксическую систему для операций на головном мозге человека. Уникальность этой системы состояла в использовании именно анатомических ориентиров внутри мозга человека.



ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НЕЙРОНАВИГАЦИИ

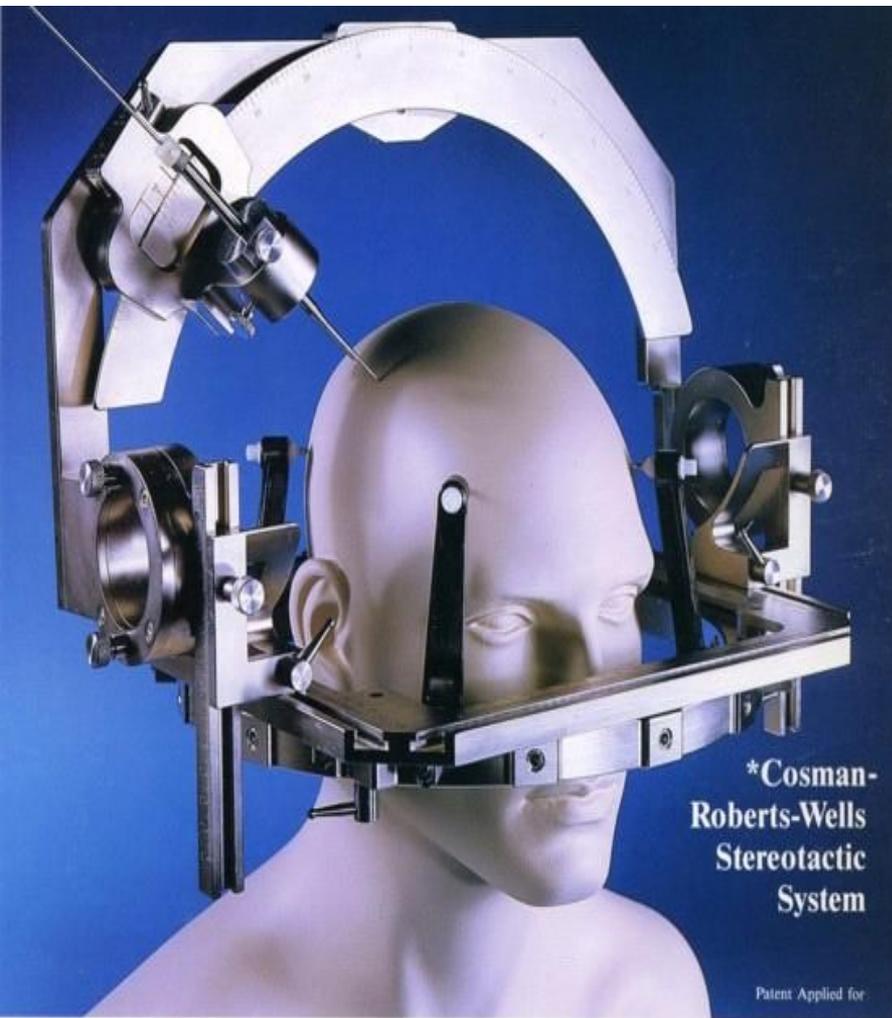
- 1949 г. – проведена первая стереотаксическая операция в СССР, провел Н.С. Мисюк.
- 1952 г. – издание стереотаксического атласа, распространение стереотаксического метода в мире.
- 1990 гг. – революция в стереотаксисе, появилась МРТ, позволяющая визуализировать структуры головного мозга, стереотаксические атласы ушли в прошлое, а точность метода стала почти абсолютной (до долей миллиметра).



СОВРЕМЕННЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ:

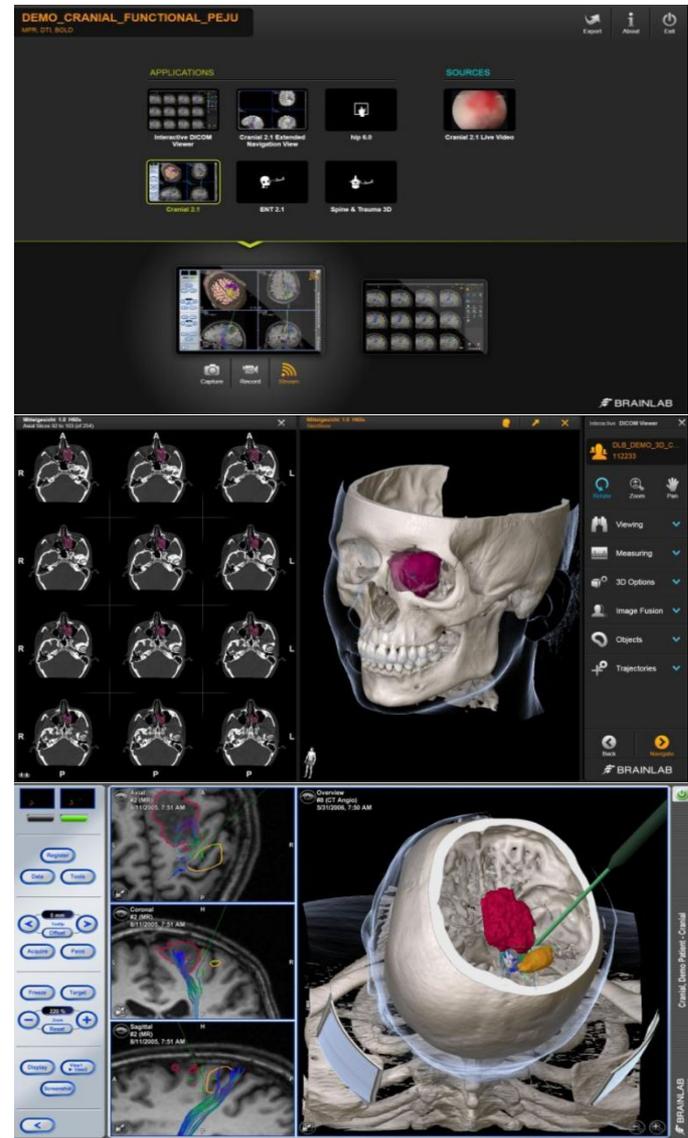
- Рамочные системы: используют для расчетов жесткую привязку головы и всех интракраниальных структур больного к направляющей раме, к которой крепится хирургический инструмент – это приборы для классической стереотаксической нейрохирургии. Однако независимо от конструкции в каждом аппарате сохраняется основной принцип стереотаксического метода – сопоставление координатной системы мозга с координатной системой стереотаксического прибора.
- Безрамочные системы: используют пространственную привязку больного не в пределах, ограниченных рамой, а в несколько более широком объеме пространства вокруг операционного стола. Они способны отслеживать движения инструмента в руках хирурга и в реальном режиме времени сообщать ему, где он находится.
- Не совмещённый с томографом.
- Совмещённый с томографом .

РАМОЧНЫЕ СИСТЕМЫ:



Стереотаксис
Cosman-Roberts-Wells
(CRW), производитель —
компания Integra Radionics.

БЕЗРАМОЧНЫЕ СИСТЕМЫ:



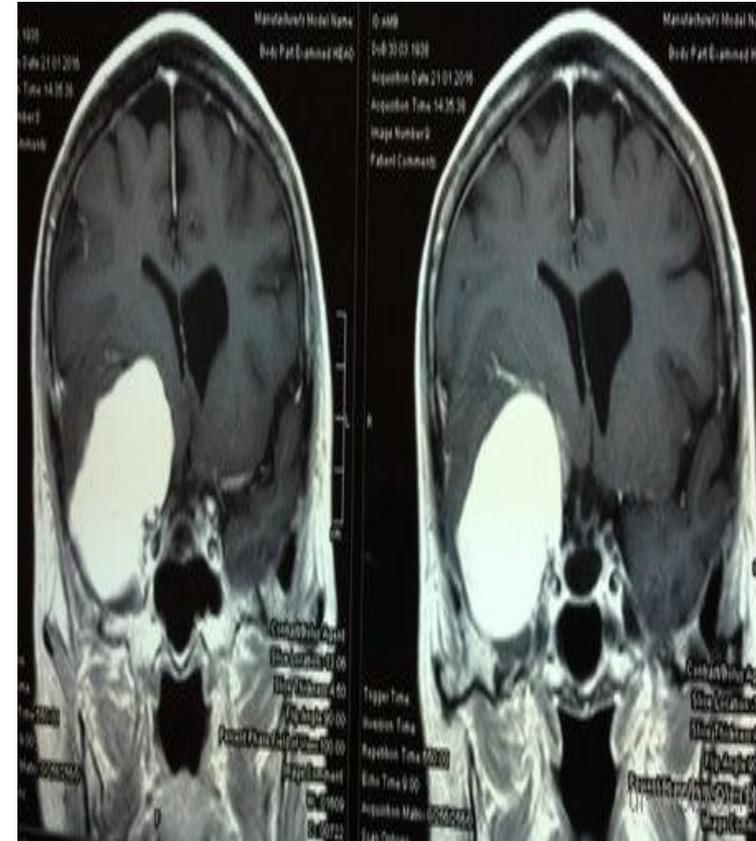
Система хирургической навигации
CURVE компании Brainlab.



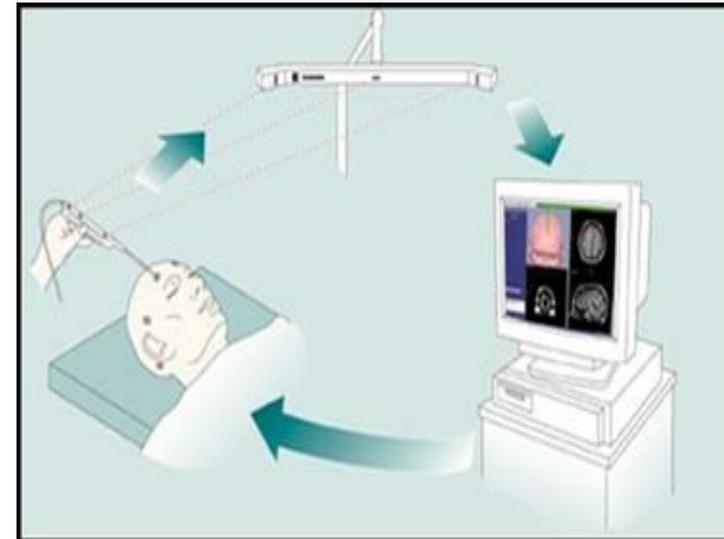
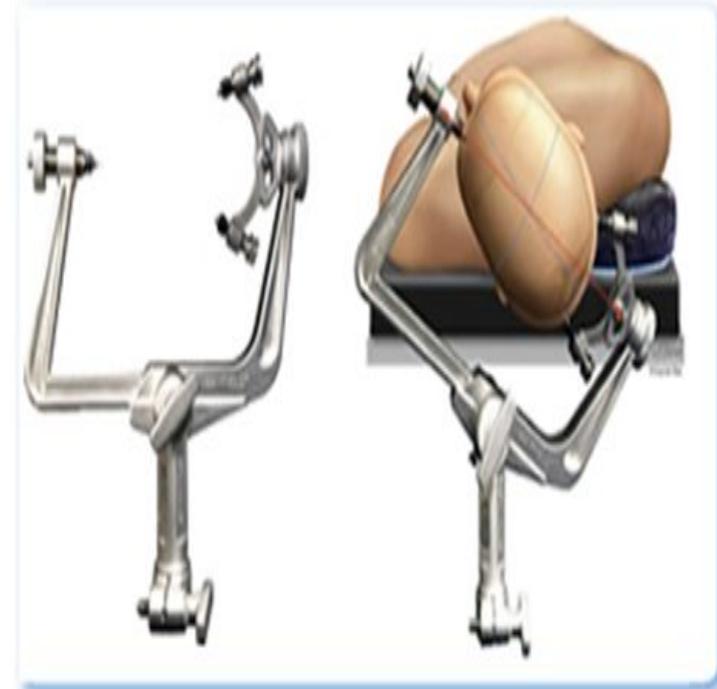
- Навигационная система Стелс Стейшн ТРЕОН Плюс компании Medtronic Navigation

ЭТАПЫ ОПЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОНАВИГАЦИИ:

- 1) Предоперационное планирование - установка виртуальных точек планируемого доступа для предоперационного построения оптимальной траектории к патологическому очагу, а при необходимости трехмерное построение этого очага. Траектория доступа рассчитывается таким образом, чтобы не повредить функционально значимые зоны.



2) Перед началом операции (после введения в наркоз) на некотором удалении от области вмешательства жестко крепится специальная навигационная рама с рядом светодиодов. К скобе Мейфилда прикрепляется своего рода «антенна»- активный следящий инфракрасный датчик.



3) Далее специальной указкой с лазерным излучателем хирургом очерчивается поверхность головы больного, используя естественные анатомические ориентиры (надбровные дуги, нижний край глазницы, переносицу и др.). Система связывает трехмерное изображение из своей памяти с реальным положением головы больного.

После регистрации навигационная система выдает точность соответствия головы пациента и виртуальной модели на дисплее. Под контролем данных дисплея навигационной установки в режиме реального времени с помощью инфракрасного зонда планировался экономный кожный разрез и краниотомия, определяли оптимальное место энцефалотомии, траекторию до опухоли и границы опухоли.



4) Хирург в любой момент может с точностью до 1-2 мм контролировать положение инструмента, планировать траекторию доступа, и достигать выбранной точки наиболее оптимальным и малоинвазивным путем.

Контроль положения хирургических инструментов осуществляется по монитору навигационной системы в трех плоскостях (аксиальной, сагитальной и коронарной) на различных этапах оперативного вмешательства.

Референтная рама так же закрепляется и на операционном микроскопе. Теперь любые перемещения операционного микроскопа отображаются на мониторе навигационной станции. На мониторе навигационной станции совмещается интраоперационная картина в операционной ране от микроскопа с объемной реконструкцией мозга, патологического очага и сосудов.



КЛИНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ:

Визуализировать область интереса и определить ее топографию относительно анатомических, в том числе критических структур мозга.

Спланировать и построить оптимальный хирургический доступ к области интереса (точку входа и траекторию доступа относительно анатомических структур мозга).

I. Этап планирования (до проведения трепанации)

Спланировать размеры, направление хода и глубину погружения винта во время имплантации металлоконструкций при операциях на позвоночнике.

Рассчитать расстояния и углы между анатомическими структурами, определить размеры анатомических структур и патологических образований.

Уменьшить размер трепанационного отверстия, провести оптимальный доступ к области интереса (быстро, точно, по максимально короткой траектории).

Сократить время операции.

II. Хирургических этап (трепанация и оперативное вмешательство)

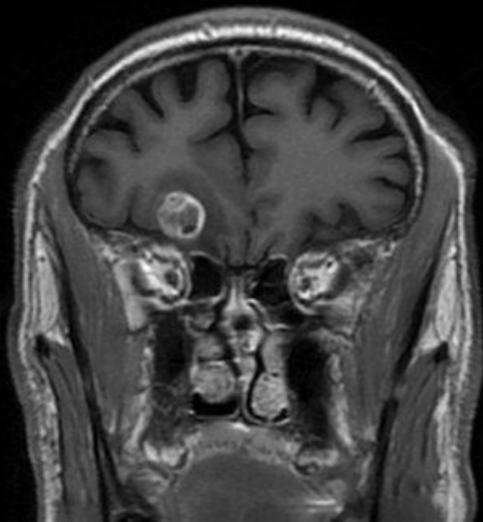
Визуально проконтролировать отсутствие критических структур мозга по ходу траектории доступа, визуально проконтролировать локализацию кончика любого рабочего инструмента; относительно структур мозга и патологического образования.

Оценить полноту и качество удаления патологического образования.

ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ БЕЗРАМНОГО СТЕРЕОТАКСИСА:

- 1. В отличие от рамного стереотаксиса нейронавигация вне всяких сомнений имеет непревзойденные преимущества в нейроонкологии при удалении новообразований (малые размеры патологического образования головного или спинного мозга, глубинное расположение патологического образования в головном мозге, локализация патологического образования вблизи критических структур головного или спинного мозга). Наибольшая эффективность системы проявляется в операциях на основании черепа.
- 2. Сосудистые операции по поводу аневризм и артерио-венозных мальформаций.
- 3. Нейронавигация позволяет быстро и просто проводить дренаж полостей головного мозга (желудочки, гематомы, кисты, абсцессы) как в отдельных случаях, так и на начальных стадиях основного хирургического вмешательства.
- 4. Функциональные нейрохирургические вмешательства (как модуль к стереотаксической системе CRWTM Radionics).
- 5. Оперативные вмешательства на позвоночнике, в том числе имплантация металлоконструкций.
- 6. В последнее десятилетие навигационные системы стали широко использоваться при эндоназальных вмешательствах по поводу опухолей околоносовых пазух (ОНП) и основания черепа, риноликвореи и др.

ТОТАЛЬНОЕ УДАЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЛЕВОЙ ЛОБНОЙ ДОЛЕ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ



МРТ исследование с контрастным усилением ДО операции

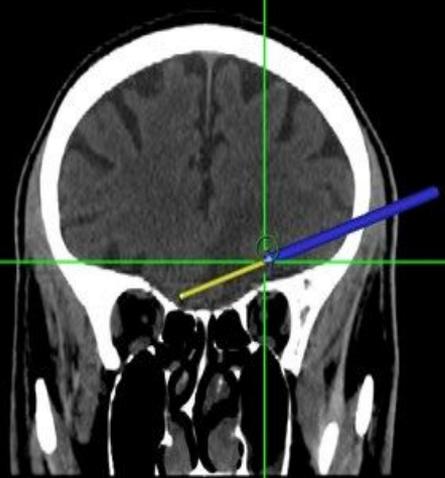


Регистрация

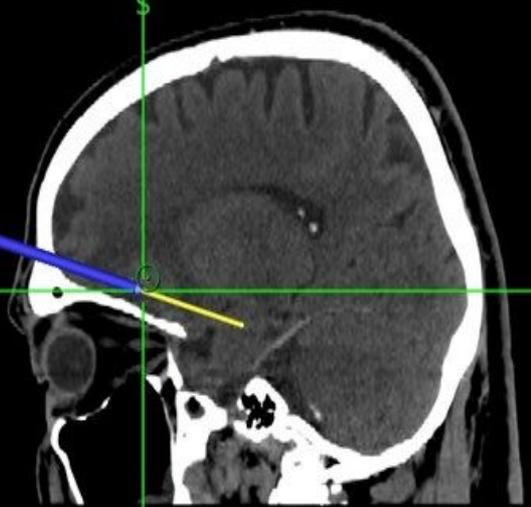
Навигация



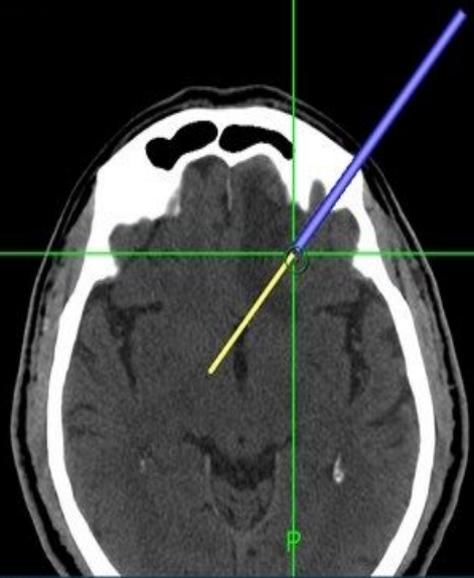
▶ Корональный



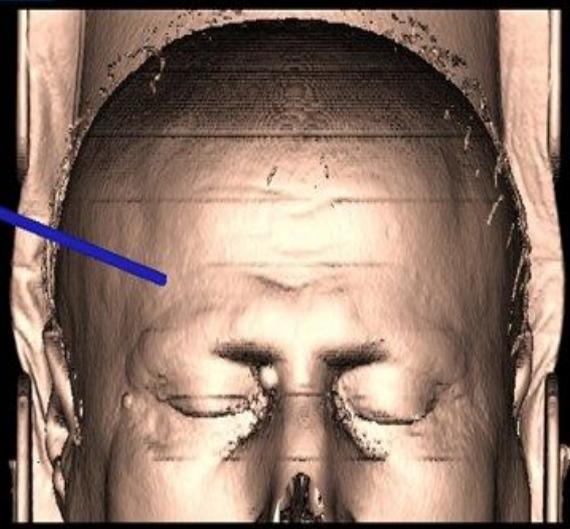
▶ Сагитальный



▶ Аксиальный



▶ 3D



Смена вида



Задать отступ



Снимок с экрана



Педаль

Medtronic



Камера



Справка



Админ



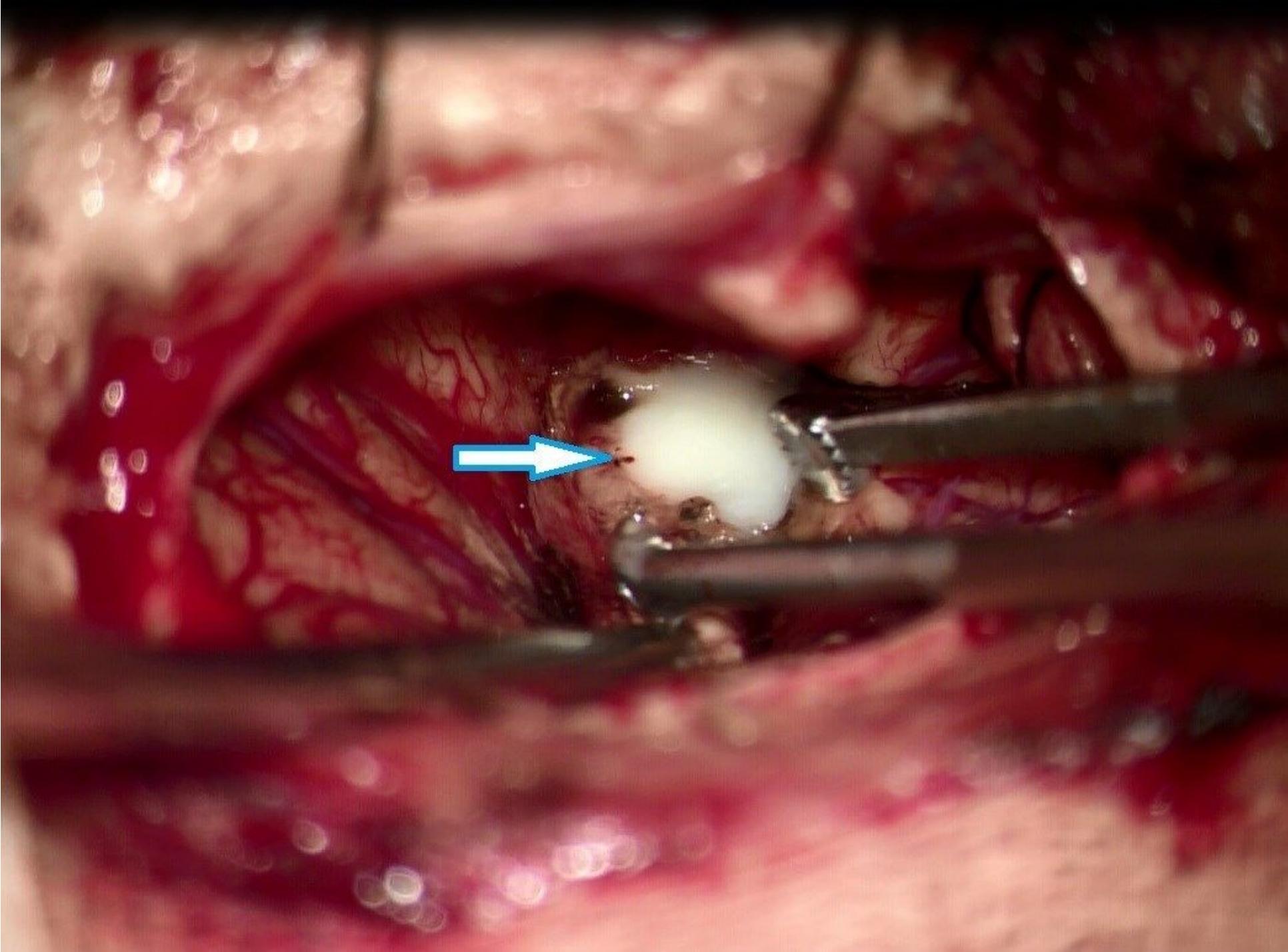
Выход

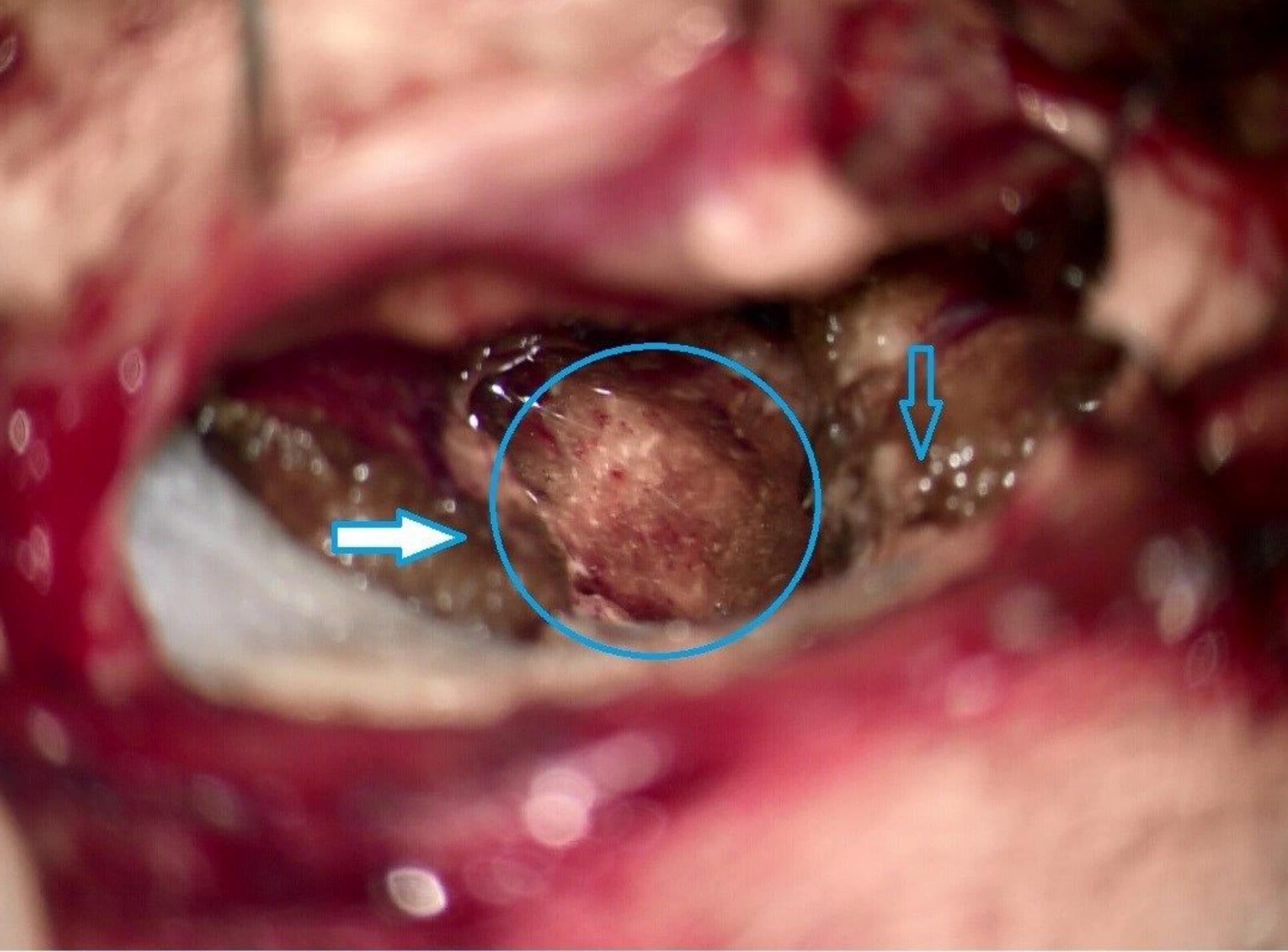
Панель управления

Удлинение: 50 мм

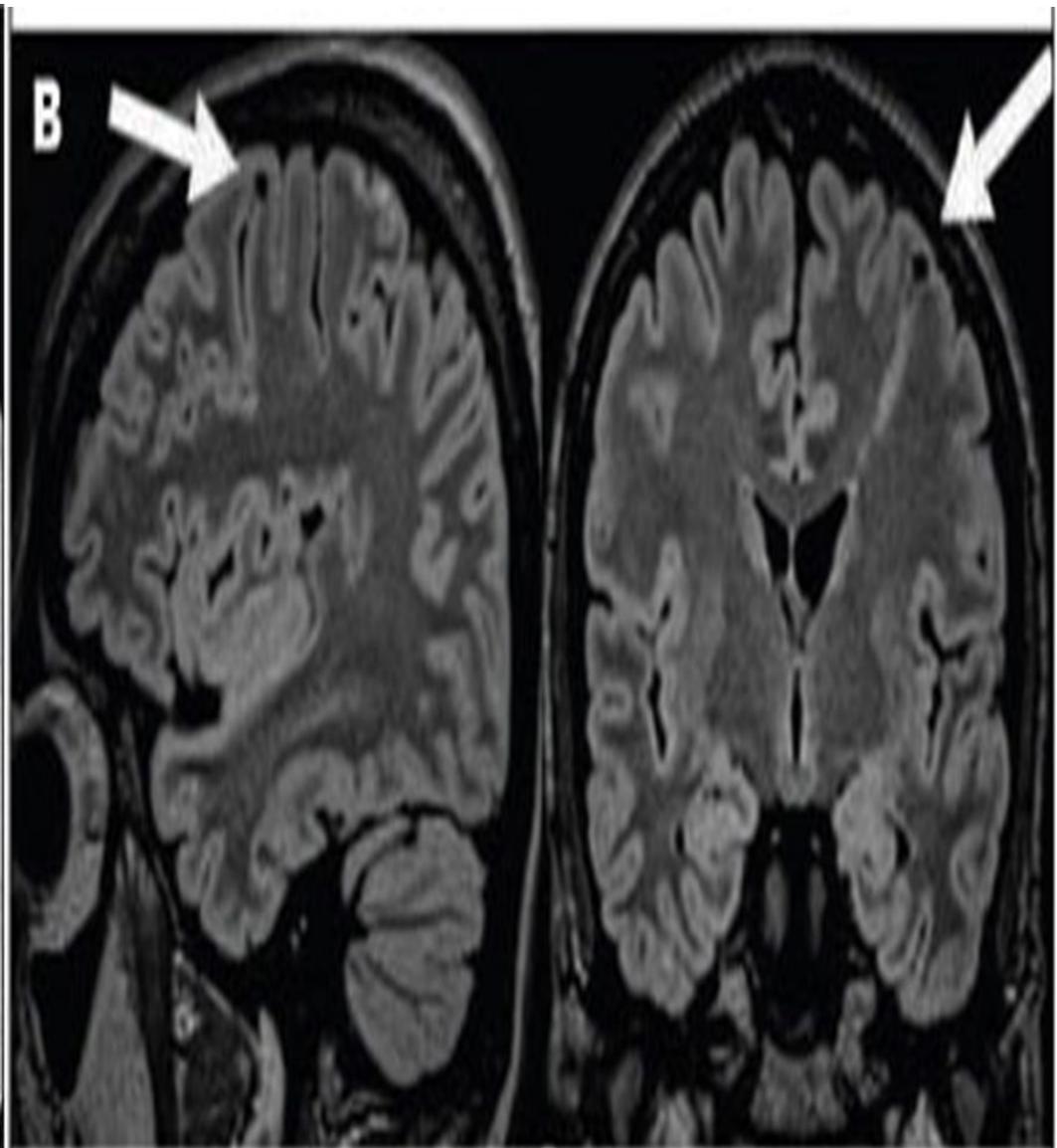
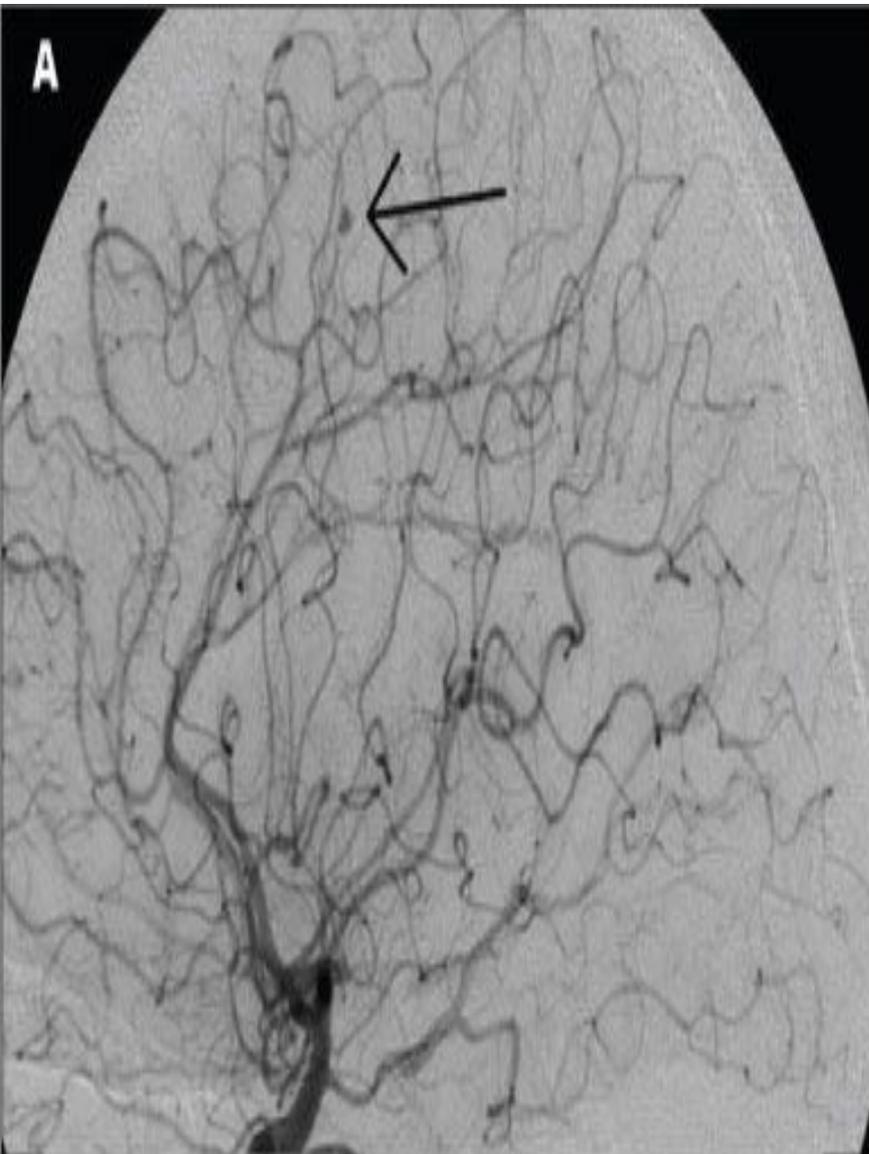
Passive Planar, Blunt
Small Passive Cranial Frame

© 2014 Medtronic. Все права защищены.

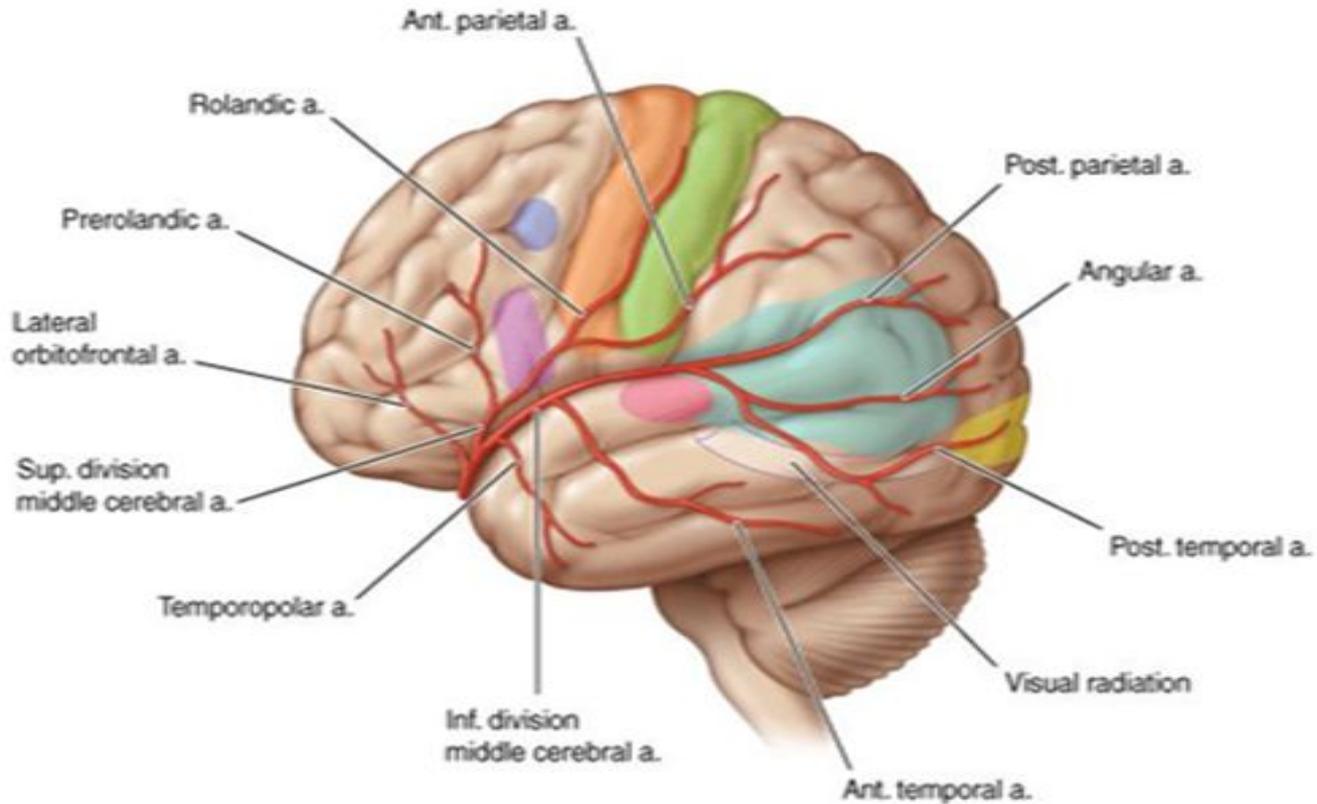




ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОНАВИГАЦИИ В ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ИНФЕКЦИОННОЙ МЕШОТЧАТОЙ АНЕВРИЗМЫ БАССЕЙНА СРЕДНЕЙ МОЗГОВОЙ АРТЕРИИ



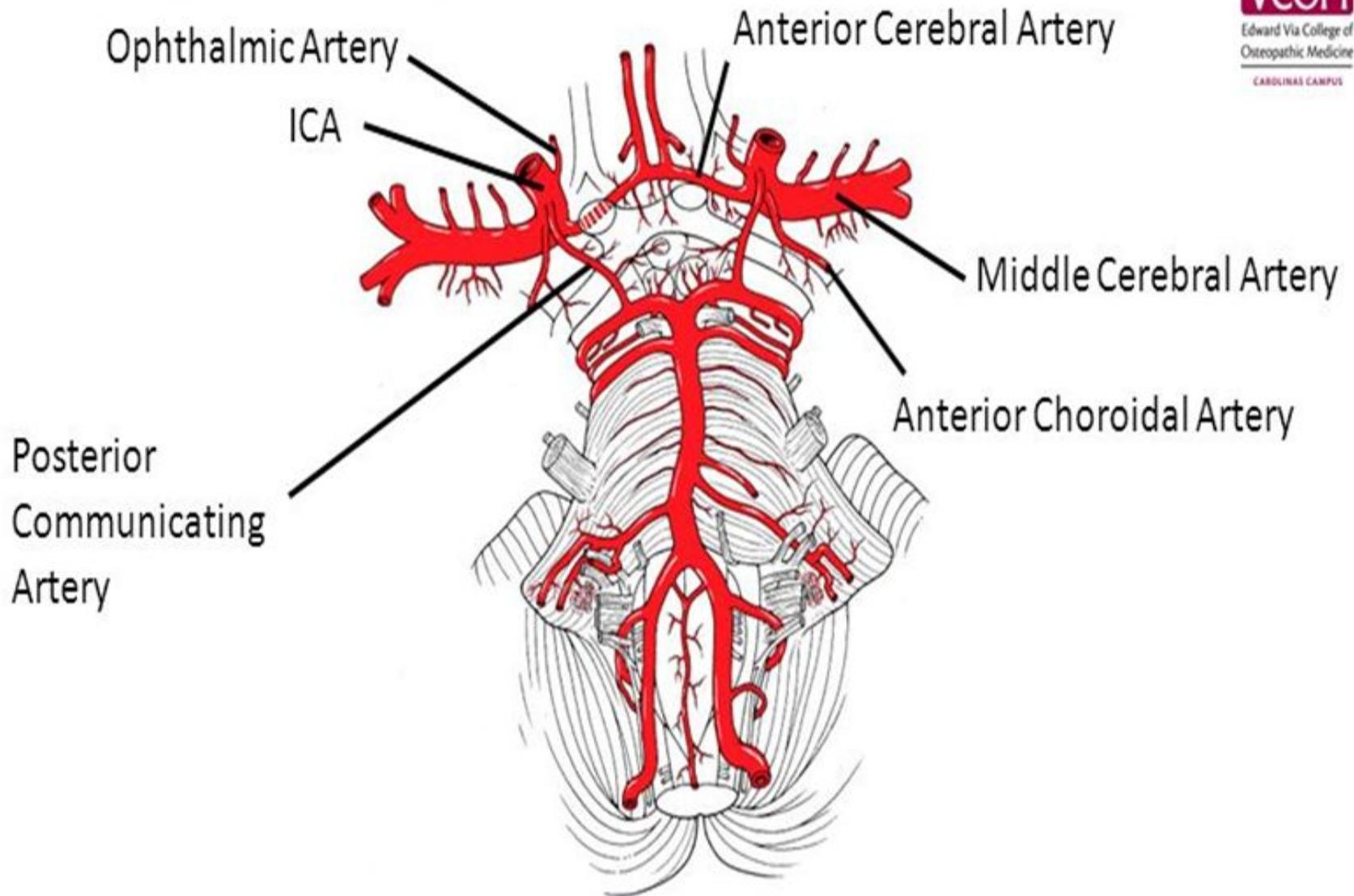
Middle Cerebral Artery



KEY

 Broca's area	 Sensory cortex	 Auditory area	 Motor cortex
 Contraversive eye center	 Wernicke's aphasia area	 Visual cortex	

ICA Branches



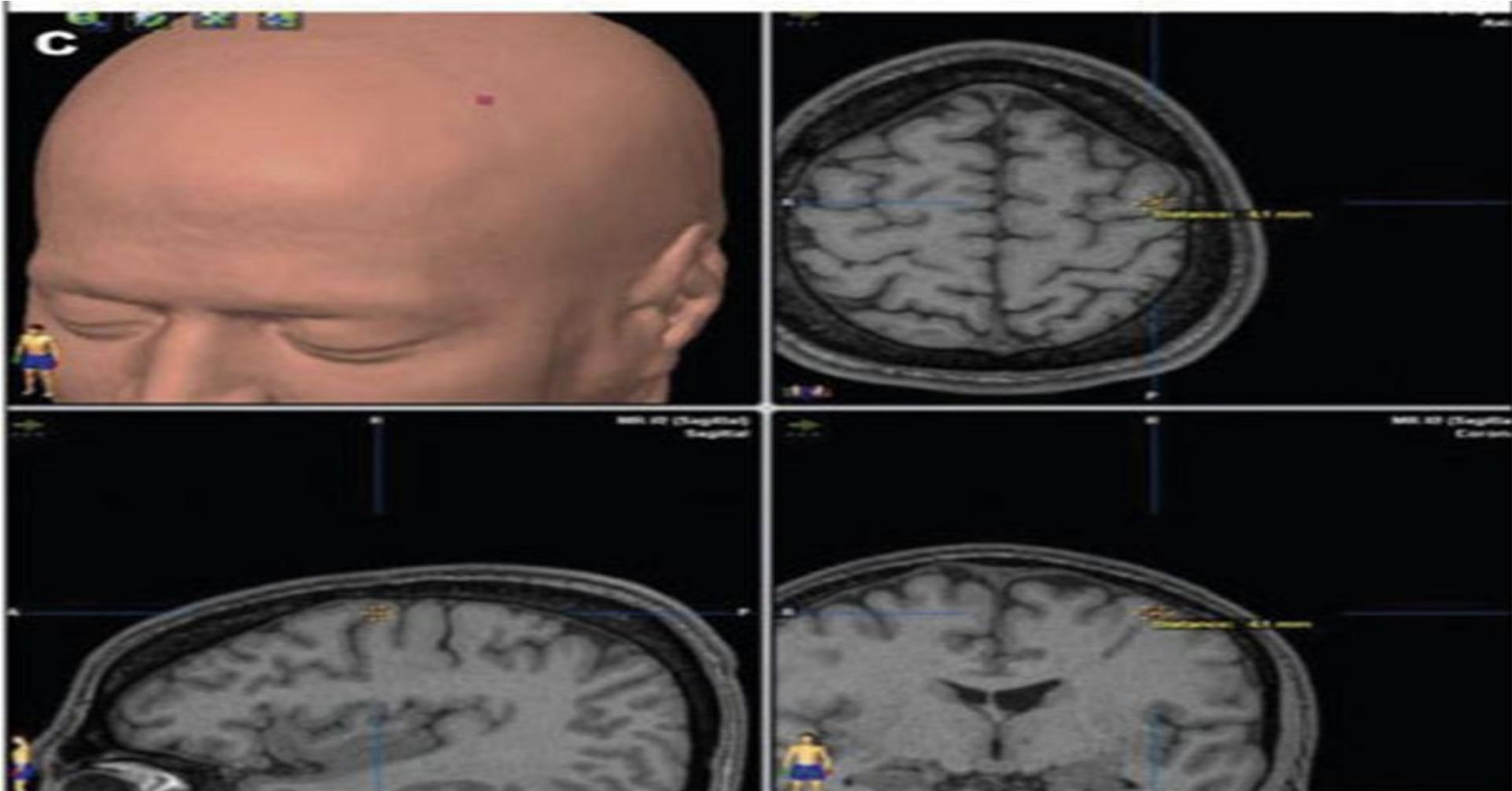


Fig 1. [A] Lateral carotid digital subtraction angiogram showing a saccular aneurysm (arrow) arising from a cortical branch of the left MCA. [B] Sagittal and coronal MRI T1WI based images showing a small round hypointense lesion measuring 4.1 mm with signal void (arrows) located cortico-subcortically near the left precentral sulcus. [C] Three-dimensional reconstructed images showing how BrainLab Navigation System was used for intraoperative localization of the aneurysm with preoperative MRI as a reference.

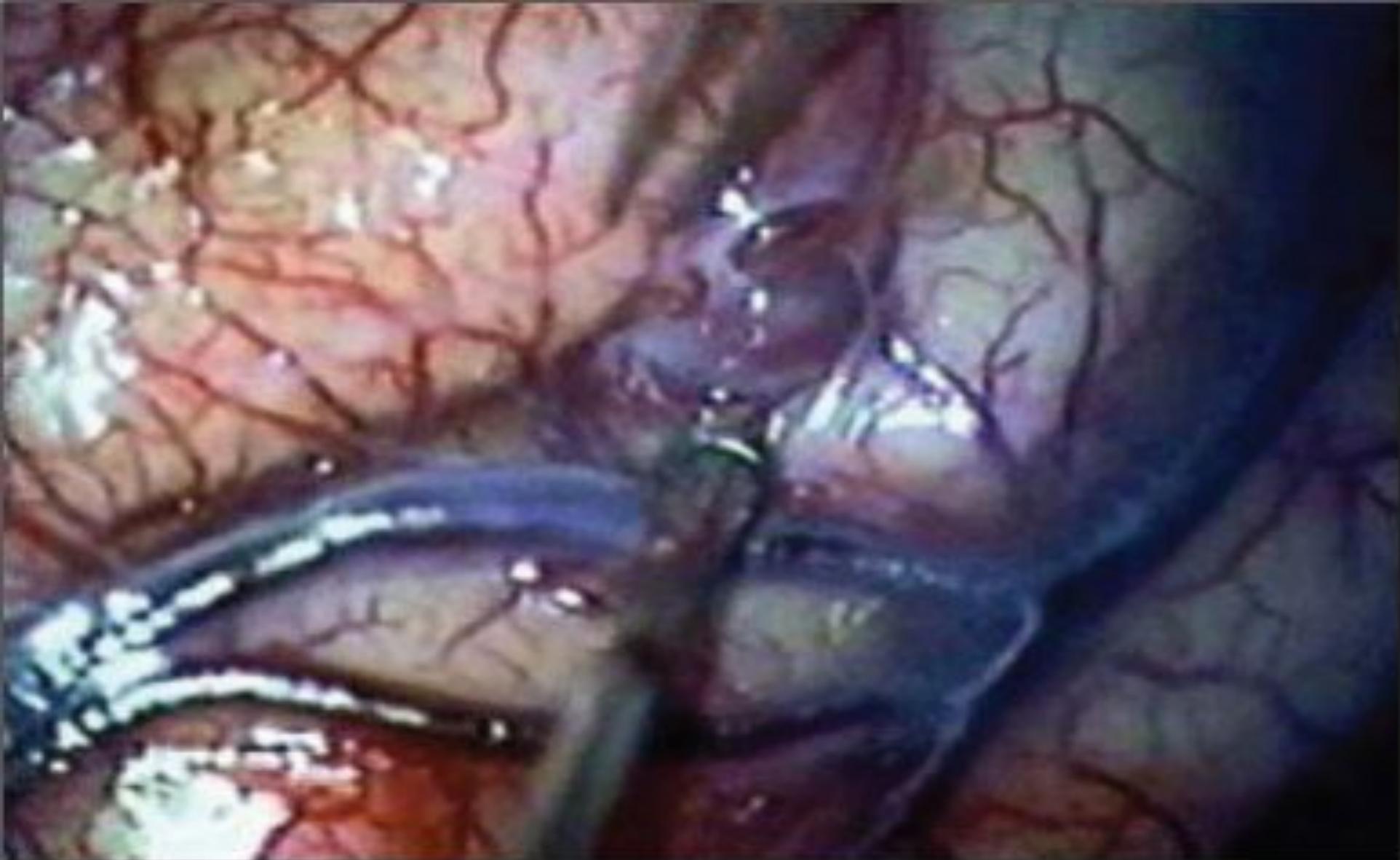
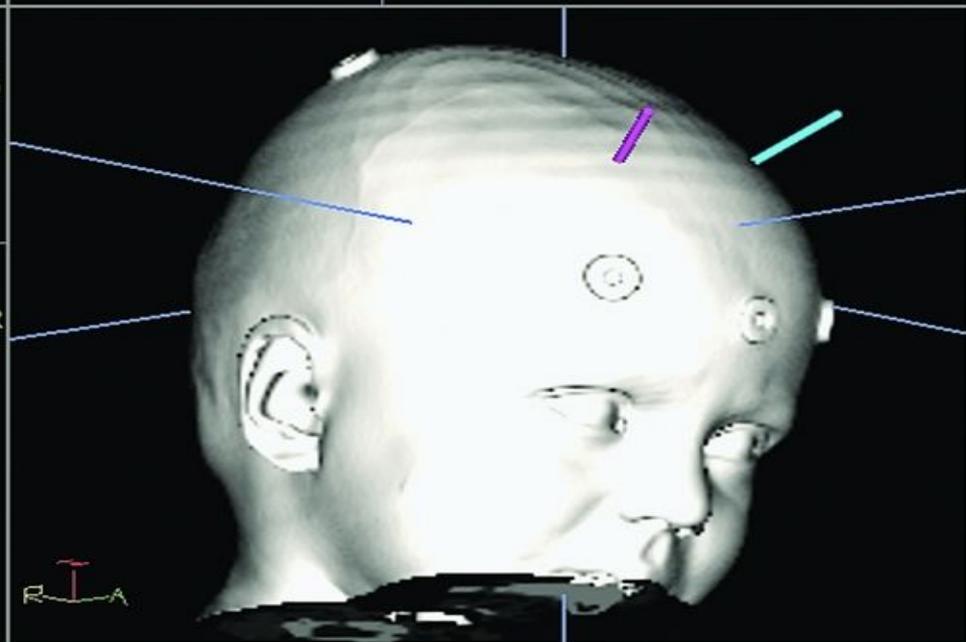
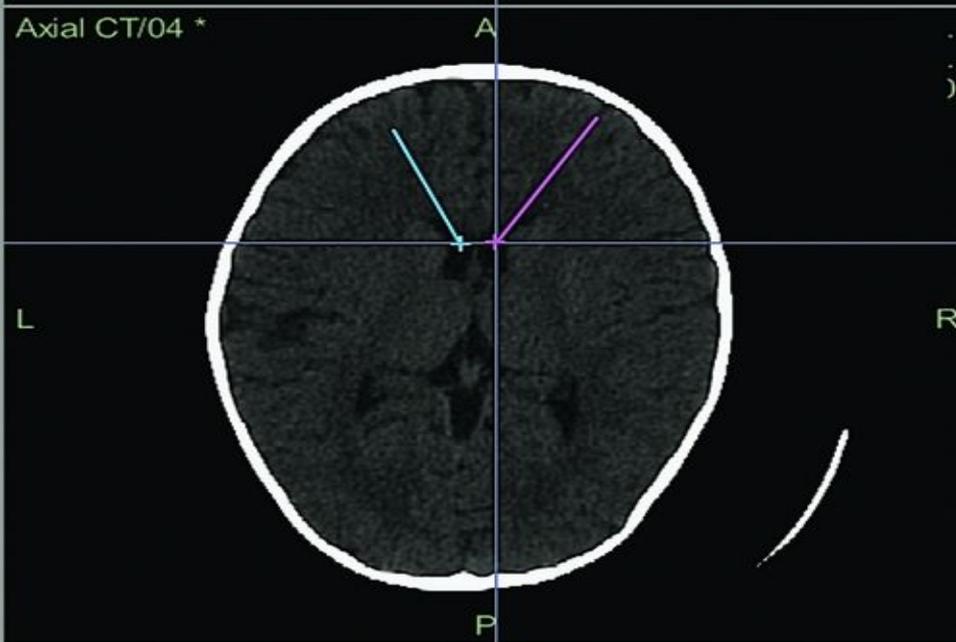
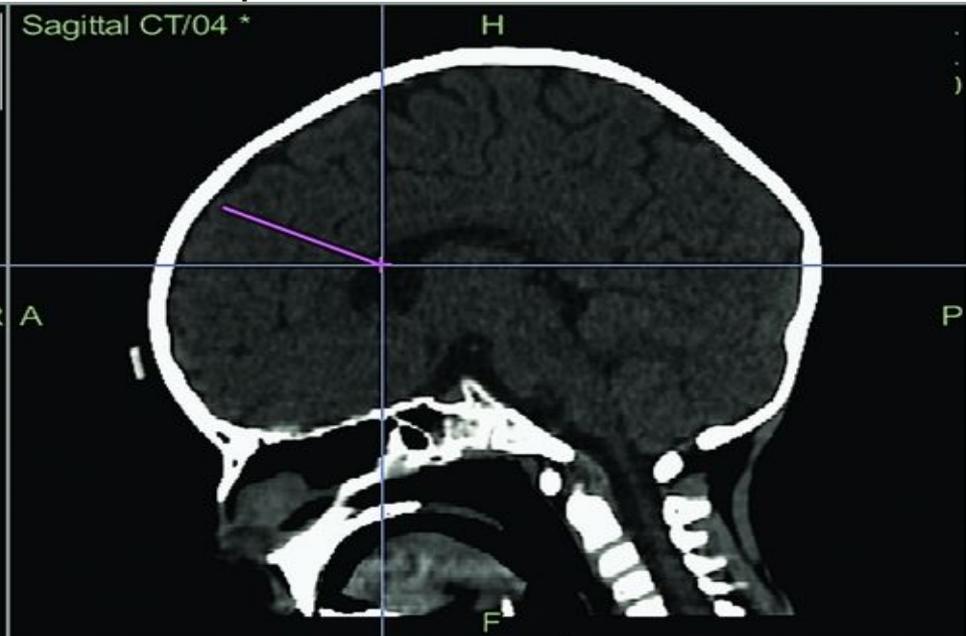
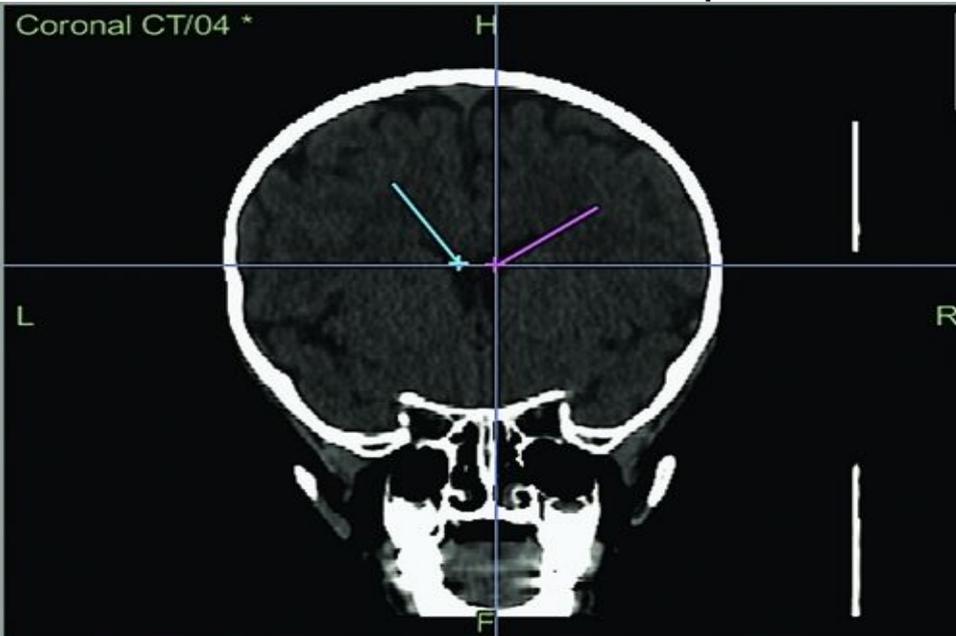
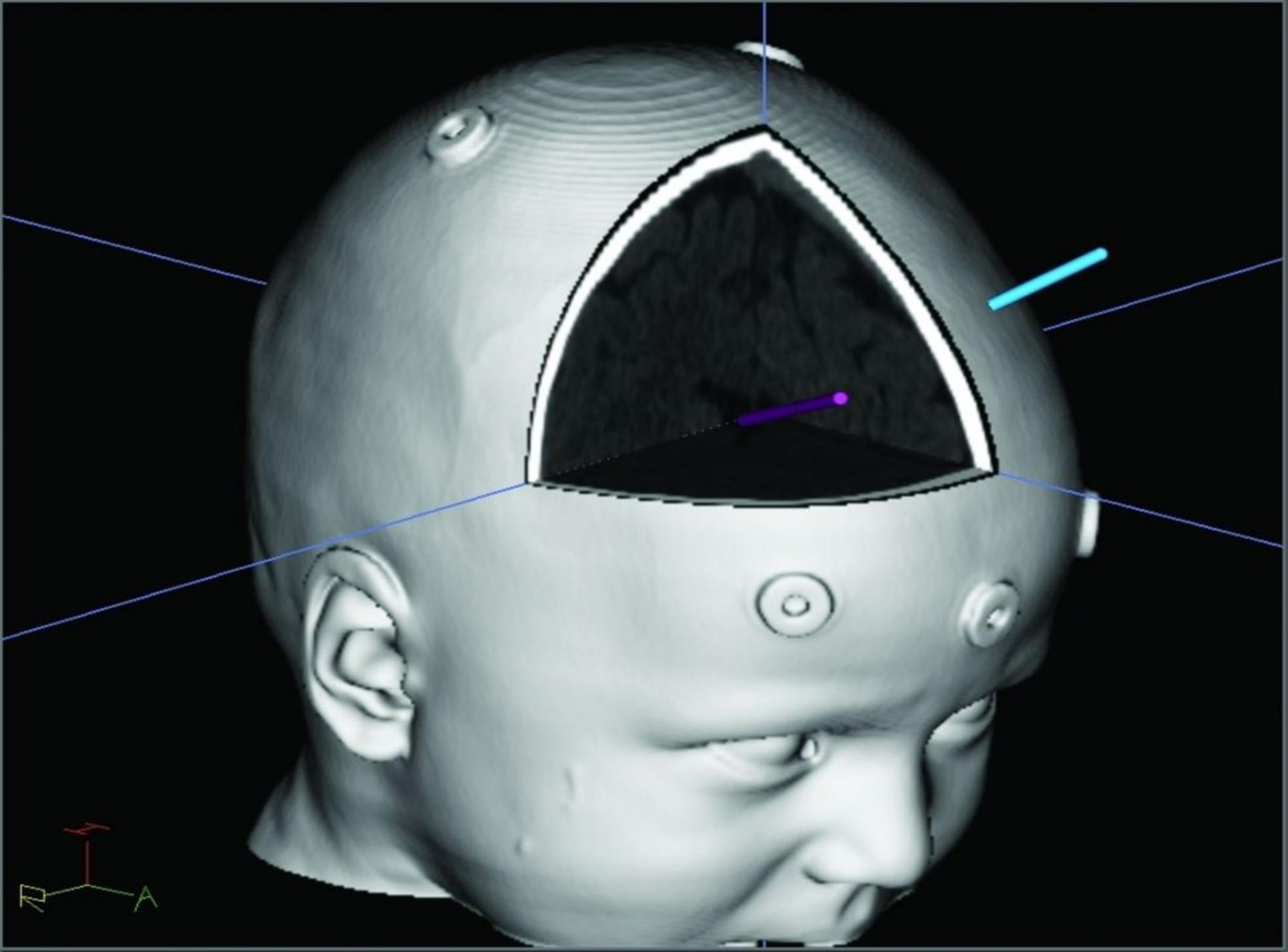
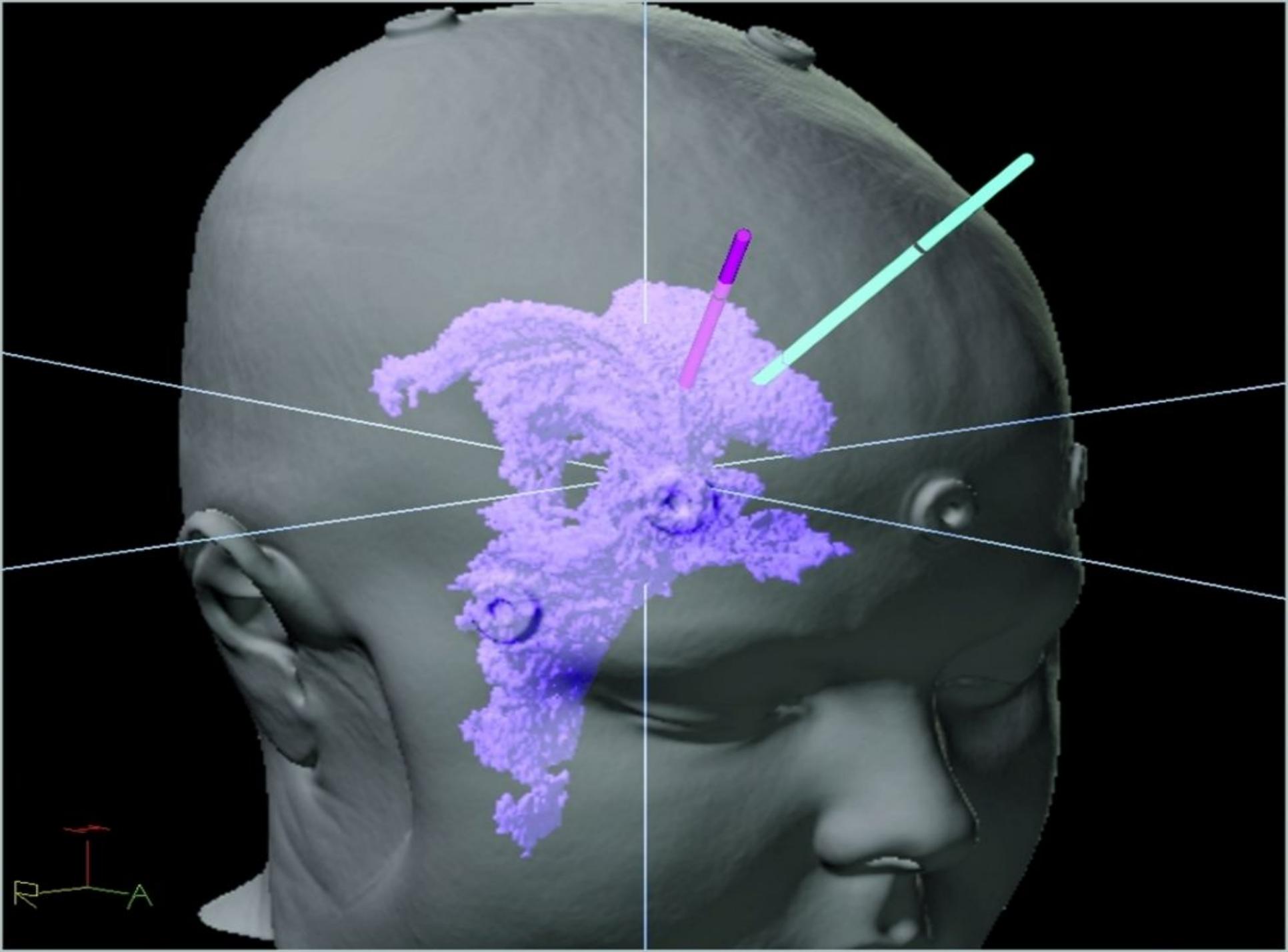


Fig 2. Intraoperative image demonstrates arachnoid dissection and the aneurysm arising at the precentral sulcus from a distal MCA branch.

УСТАНОВКА РЕЗЕРВУАРА ОММАЙЯ В УЗКИЕ И ЩЕЛЕВИДНЫЕ ЖЕЛУДОЧКИ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.

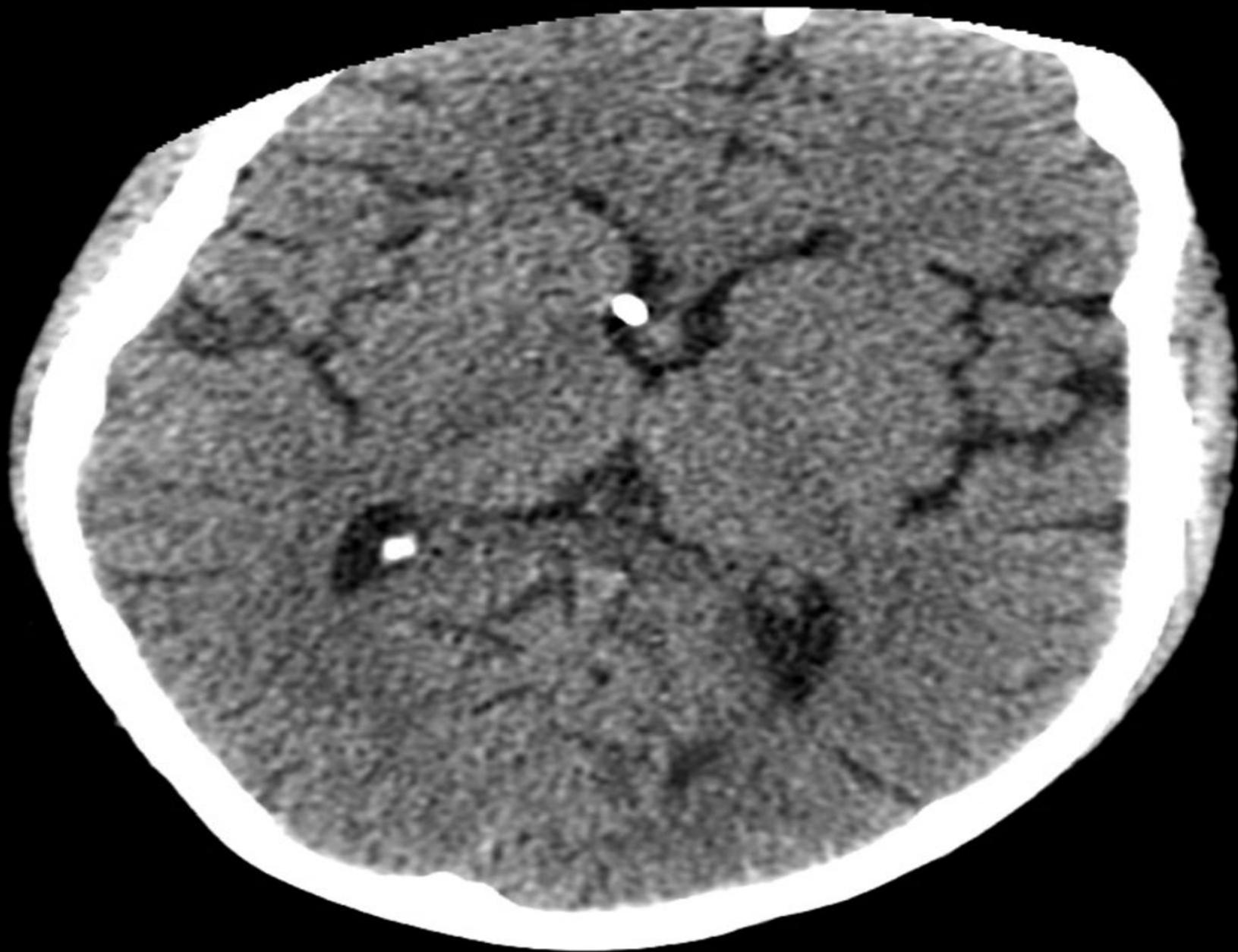






ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЙ КТ-КОНТРОЛЬ. КОНЧИК ВЕНТРИКУЛЯРНОГО
КАТЕТЕРА РАСПОЛОЖЕН В ПРОСВЕТЕ ПЕРЕДНЕГО РОГА БОКОВОГО
ЖЕЛУДОЧКА.





НЕЙРОНАВИГАЦИЯ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ГЕМАТОМ

Register Navigate

Video

Trajectory 2

Trajectory 1

Guidance

Target Alignment Error: 5.1

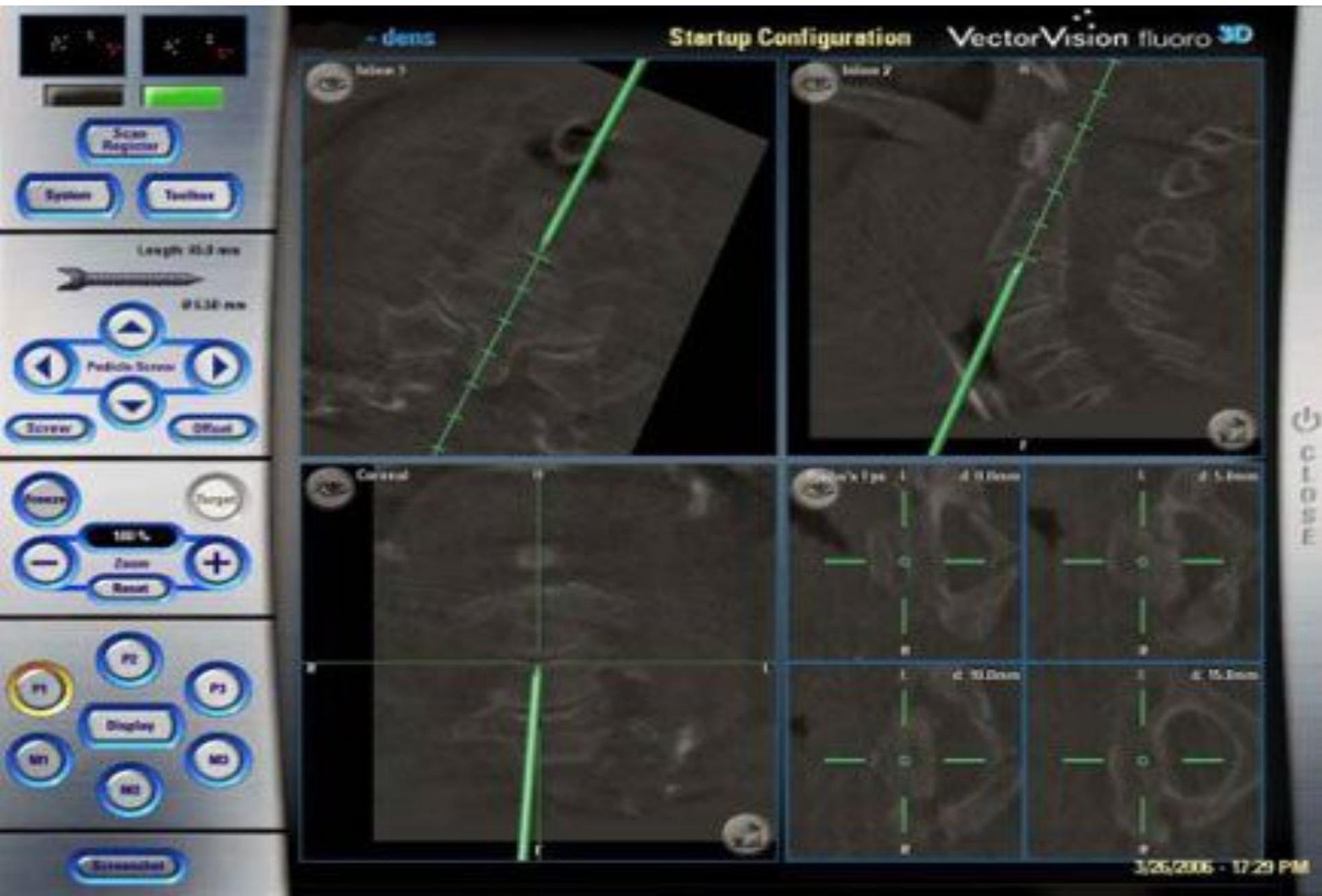
SureTrak2 Black Passive
Small Passive Cranial Frame

The image displays a neuro-navigation software interface with four main views:

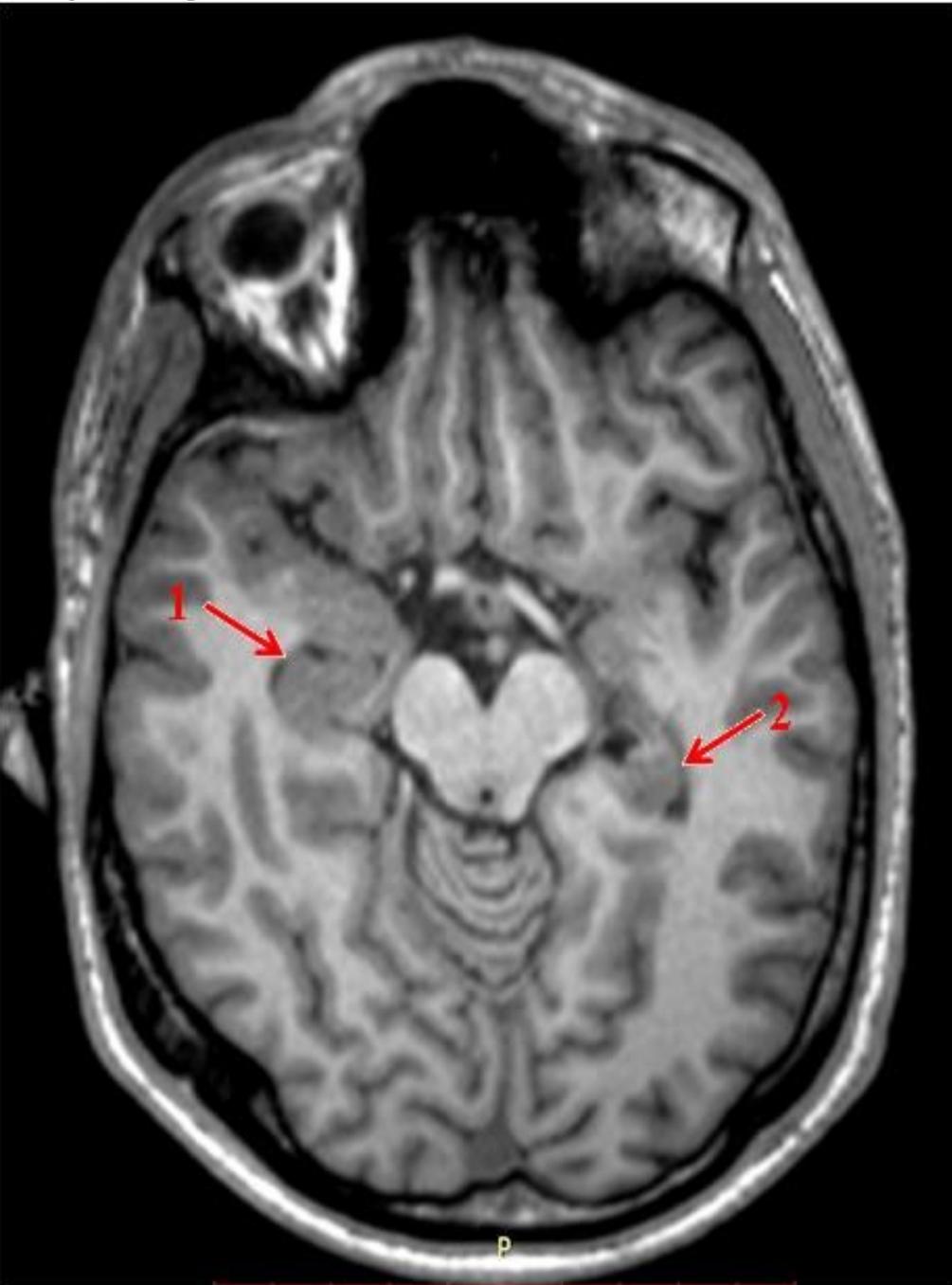
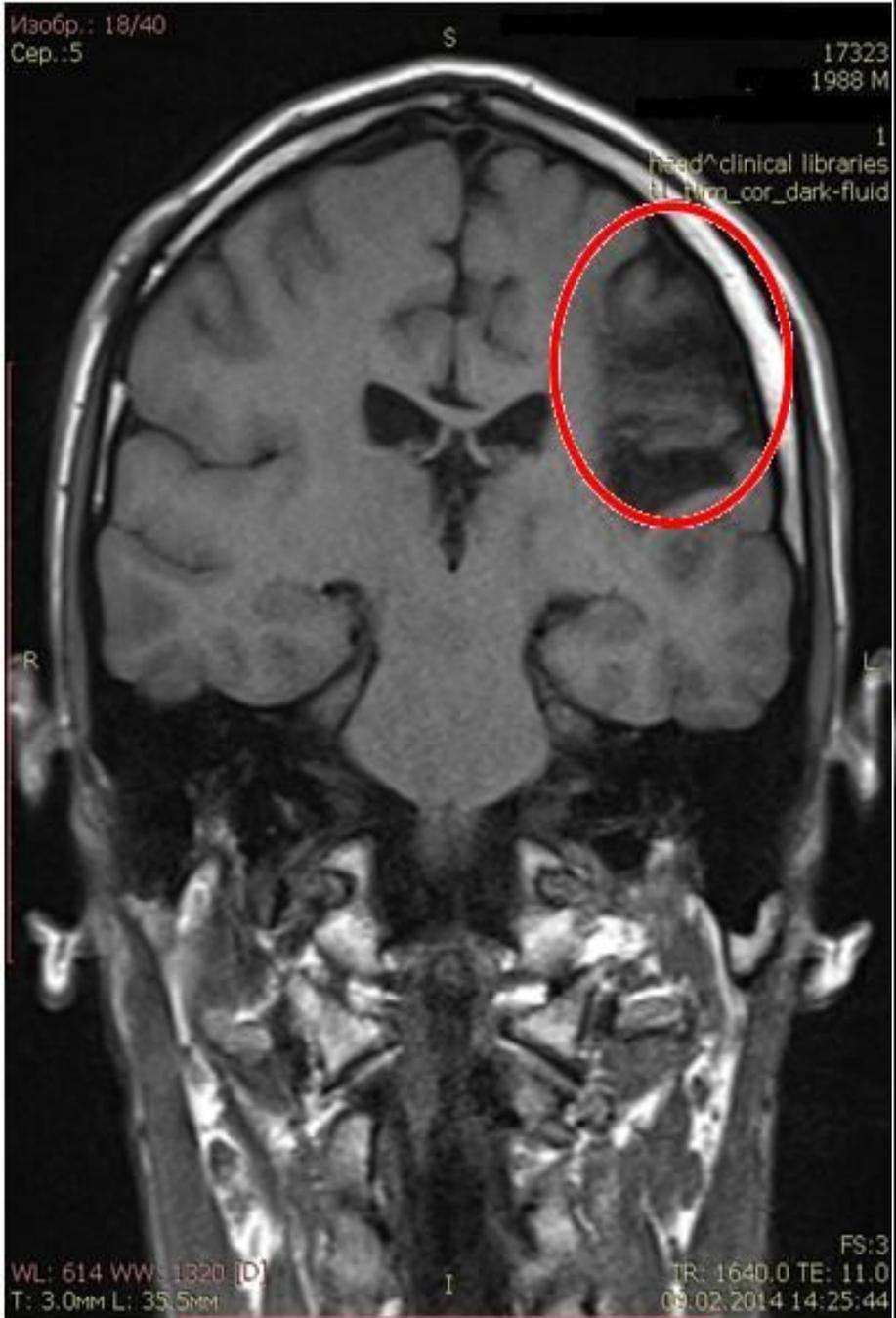
- Video:** A large red circular area, likely representing a video feed of the surgical site.
- Trajectory 2:** A sagittal CT scan view showing a planned trajectory (dashed green line) and a target area (pink outline). Orientation markers A, S, I, and P are visible.
- Trajectory 1:** An axial CT scan view showing a planned trajectory (dashed green line) and a target area (pink outline). Orientation markers L, A, and P are visible.
- Guidance:** An axial CT scan view showing the target area (pink outline) with a green crosshair. A text box indicates "Target Alignment Error: 5.1". Orientation markers R, L, and A are visible.

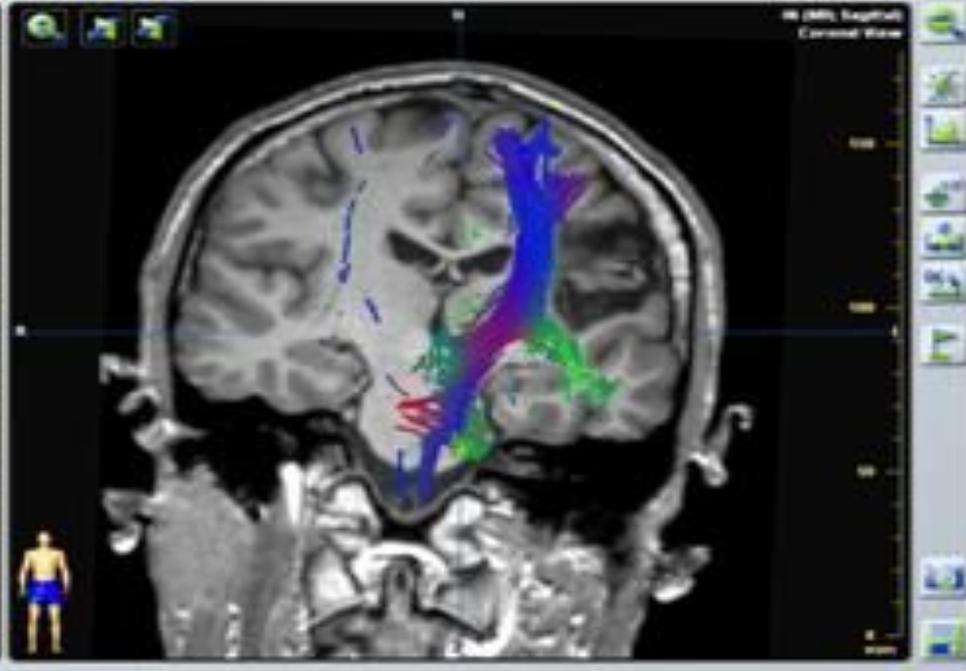
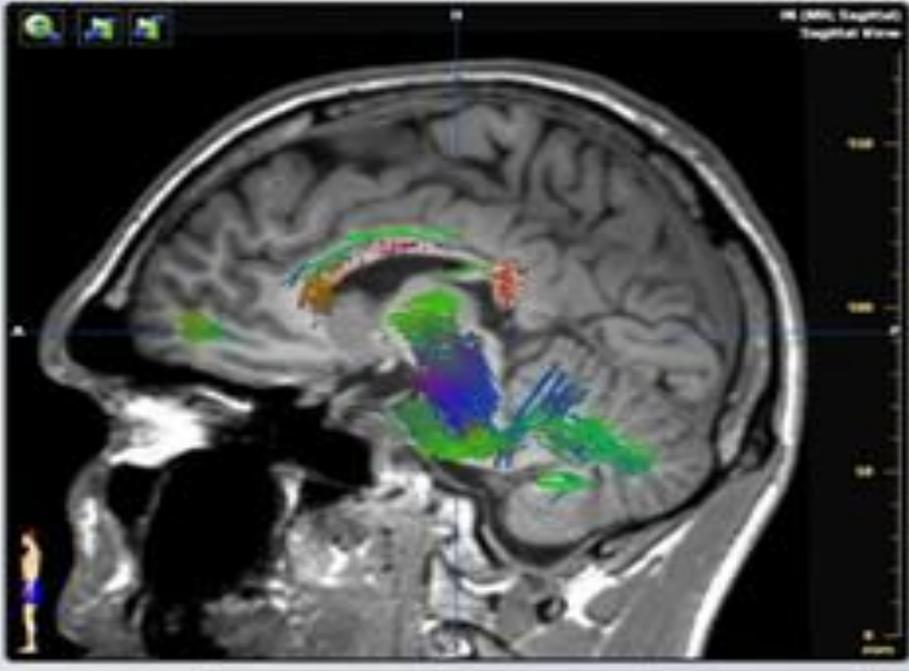
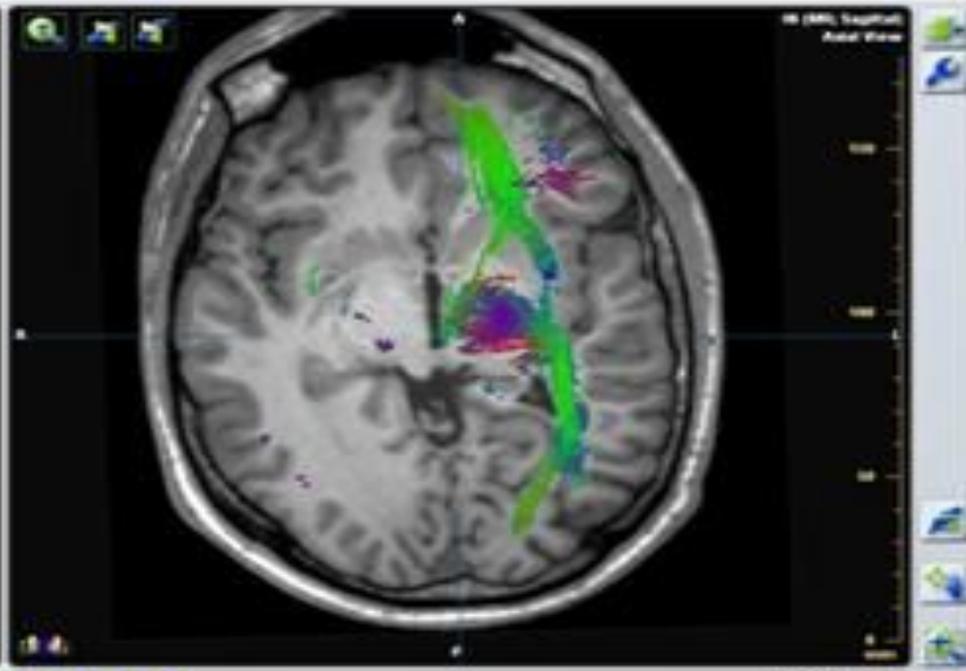
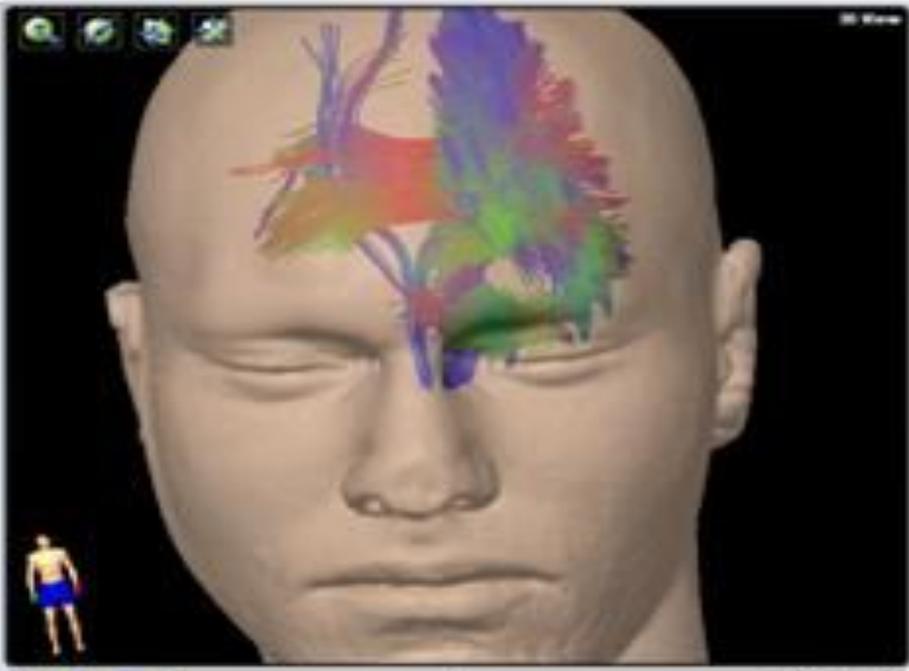
Navigation controls include "Register" and "Navigate" buttons at the top. A "MODIFY IMAGES" button is located on the left side. The right side features a "CONTROL PANEL" with buttons for "Cycle Views", "Select Projection", "Snapshot", "Foot Switch", "Camera", "Help", "Admin", and "Exit". The "Medtronic" logo is displayed vertically on the right side.

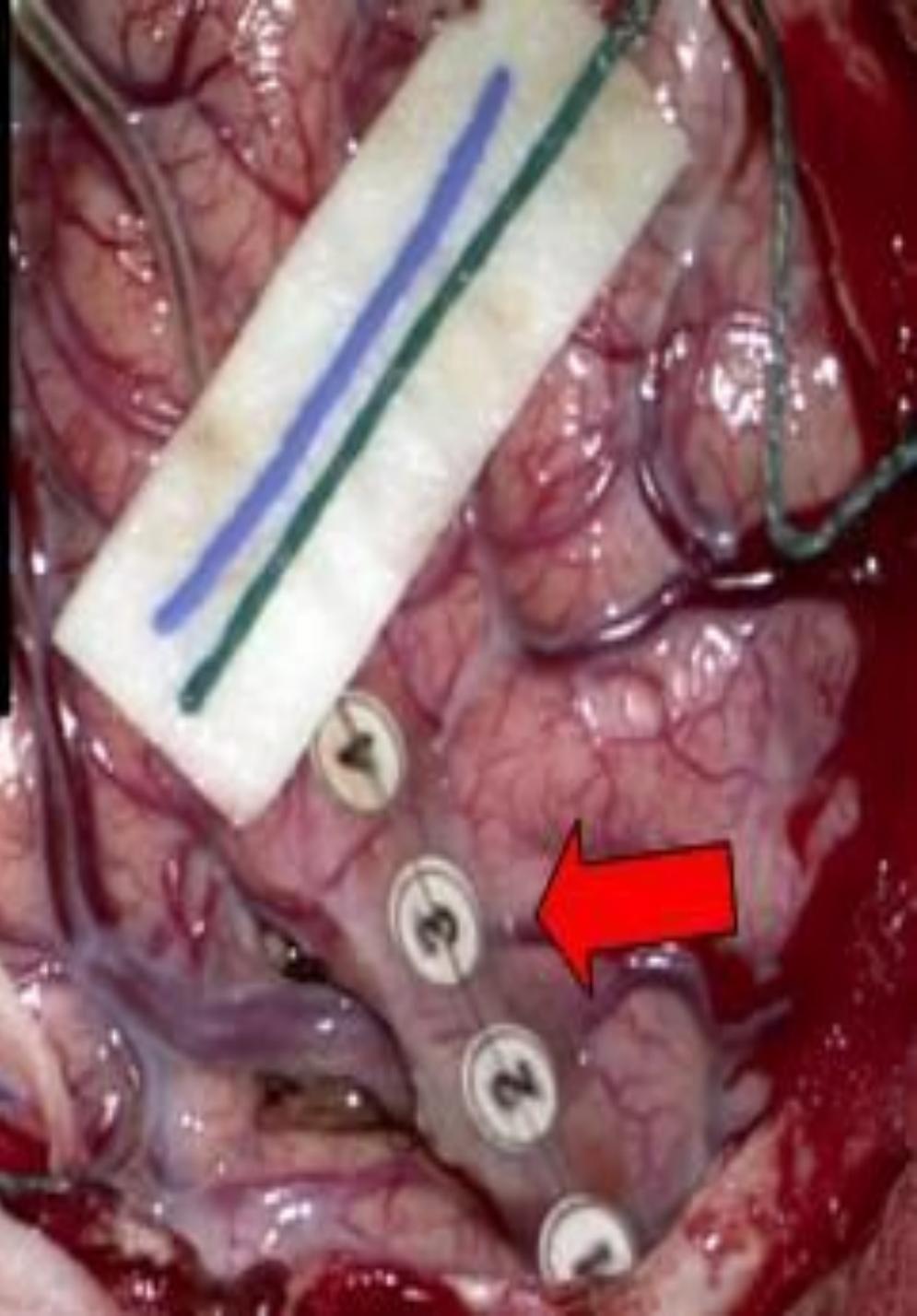
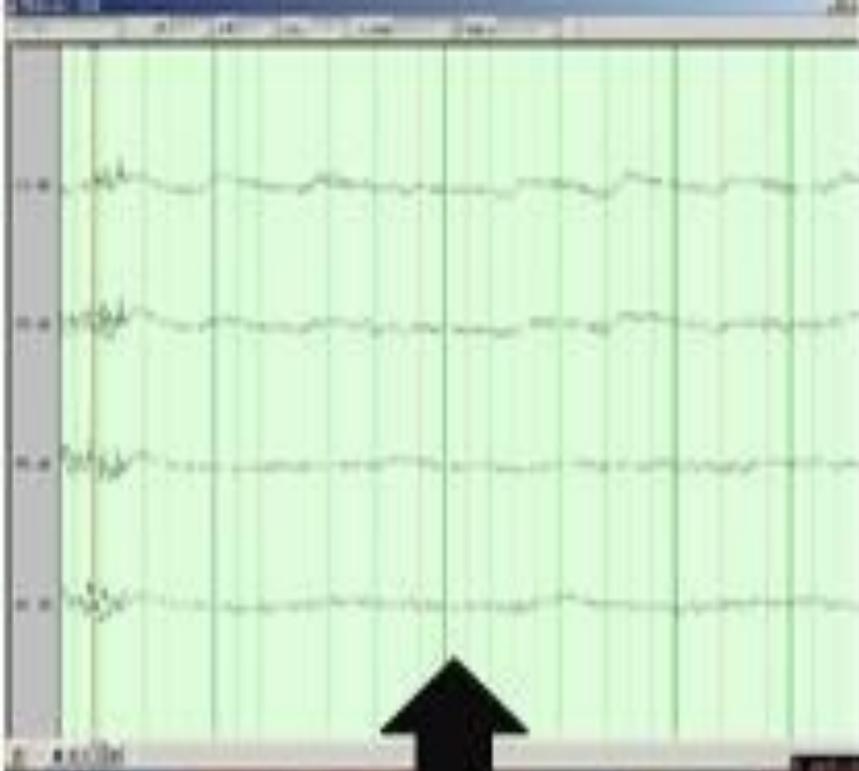
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОНАВИГАЦИИ ПРИ ОПЕРАЦИИ НА ПОЗВОНОЧНИКЕ



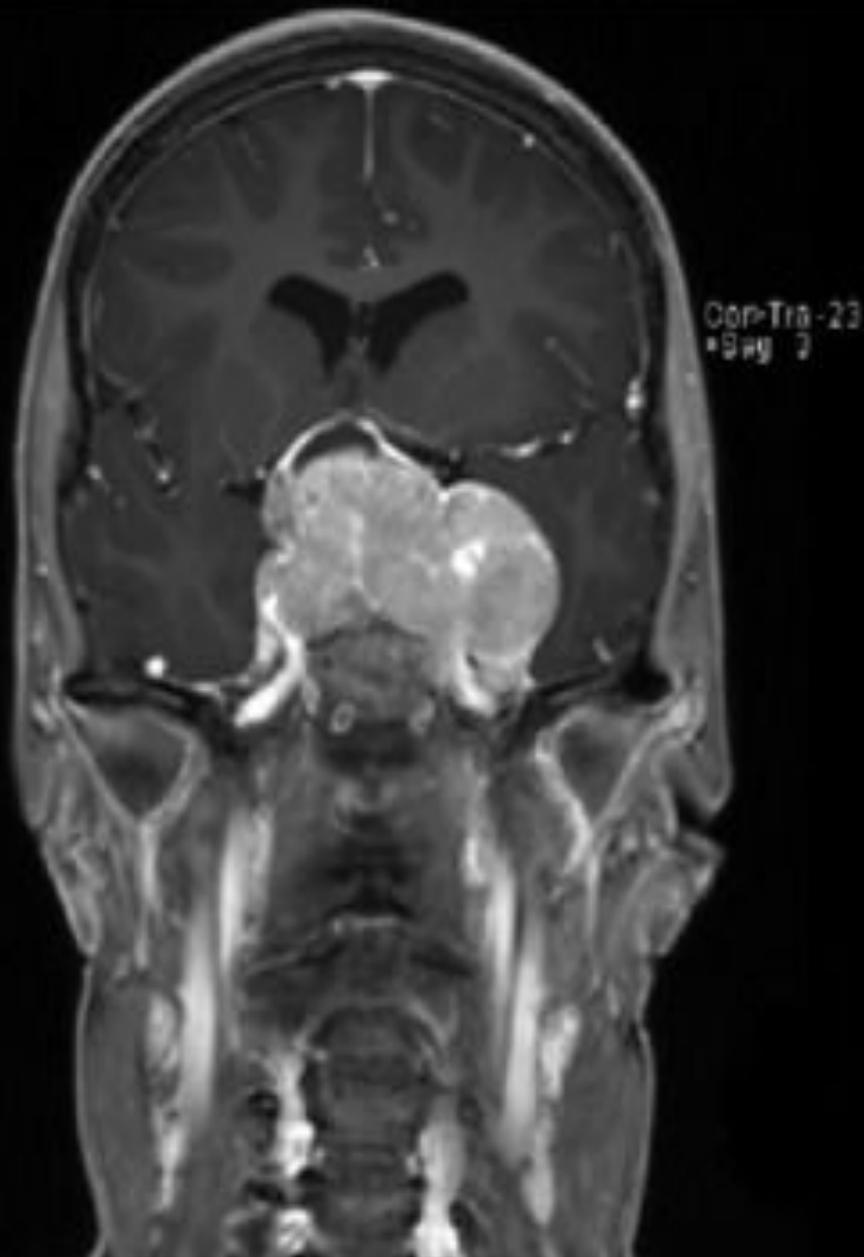
НЕЙРОНАВИГАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ ЭПИЛЕПСИИ





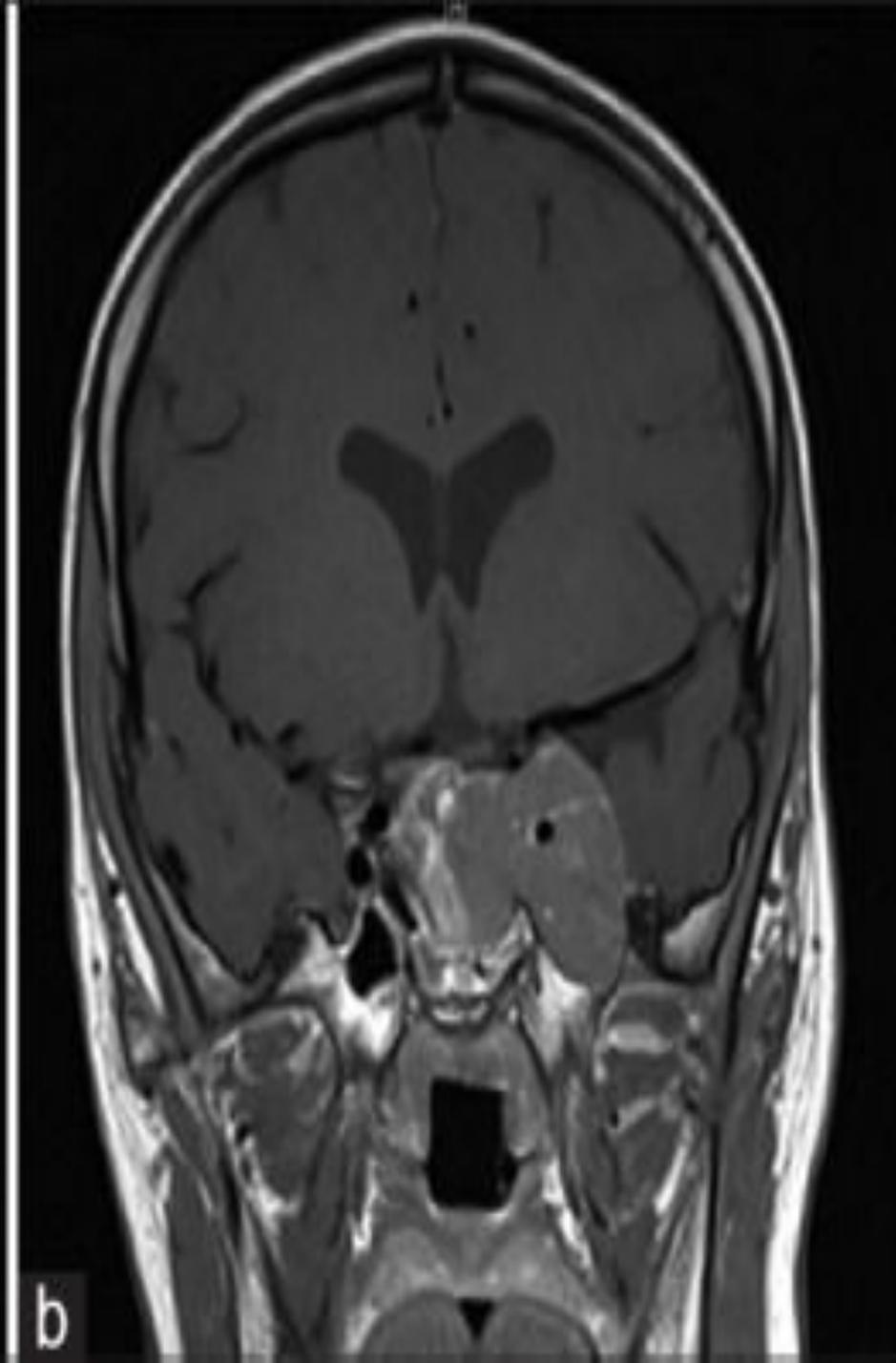


НЕЙРОНАВИГАЦИИ В УДАЛЕНИИ ГОРМОНСЕКРЕТИРУЮЩЕЙ АДЕНОМЫ ГИПОФИЗА

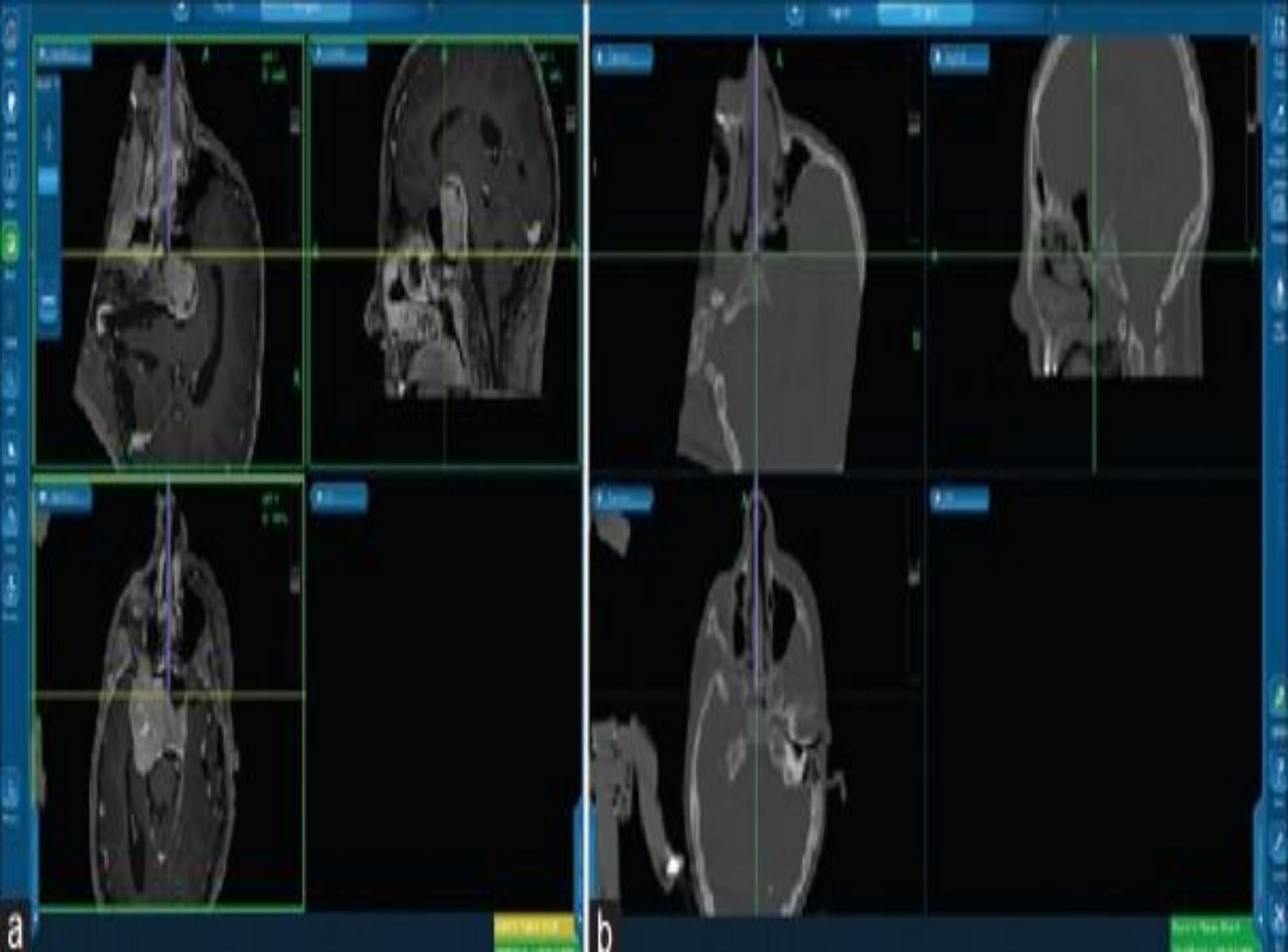




a



b



ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЗРАМНОГО СТЕРЕОТАКСИСА:

- Главным и, возможно, единственным ограничением для использования навигационных систем является «дрейф» мягких структур во время операции. По мере удаления опухоли окружающие ткани, как правило, смещаются, что приводит к недостоверным результатам системы навигации. Тем не менее, все вышеуказанное относится к достаточно большим объемам мягкотканых образований (головной мозг, ликворные пространства, оболочки мозга). При операциях на основании черепа этот аспект не имеет большого значения, поскольку патологический процесс ограничен множеством костных структур, которые не меняют своего положения во время манипуляций.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАМОЧНОГО СТЕРЕОТАКСИСА

- На сегодня единственным ограничением использования нейронавигации является функциональная нейрохирургия по причине ручной манипуляции инструментами. Рука хирурга, даже расположенная на жесткой подпорке, имеет микротремор, движения ее могут совершать несколько большую амплитуду во время манипуляций, чем это допустимо для конкретного клинического случая, ибо при этом не существует ограничителя этой амплитуды. Достигаемая при этом точность вмешательства не может отвечать требованиям безопасности пациента при работе с подкорковыми структурами головного мозга, поэтому раздел функциональной нейрохирургии в обязательном порядке требует использования рамочного классического стереотаксиса. Та система нейронавигации, в которой предусмотрен режим сопряжения с рамочным стереотаксисом, имеет на сегодня наивысший рейтинг предпочтения среди нейрохирургов.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ:

- Повышение точности вмешательства;
- Снижение травматичности операции;
- Снижение риска инфицирования;
- Снижение риска неинфекционных осложнений;
- Сокращение анестезиологического и реанимационного пособий;
- Сокращение пребывания пациента в стационаре;
- Сокращение периода приема лекарственных препаратов.

ПОКАЗАНИЯ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НЕЙРОНАВИГАЦИИ И иУЗВ ПРИ РЕЗЕКЦИИ ОДИНОЧНЫХ ВНУТРИЧЕРЕПНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ :

Максимальный размер (объем) образования :	Локализация :	Цель:	Метод выбора :	Опционально :
До 40 мм (до 25 см ³)	Внутричерепная	Обеспечение оптимального доступа к образованию с учетом анатомических и функциональных особенностей зоны вмешательства.	Нейронавигация	иУЗВ
40-65 мм (25-100 см ³)	Внутричерепная	Увеличение радикальности резекции, снижения риска оперативного вмешательства за счет минимизации хирургической травмы мозга и профилактики повреждения функционально значимых зон и анатомических образований.	иУЗВ	Нейронавигация (при риске повреждения функционально значимых зон и проводящих путей, важных анатомических образований)

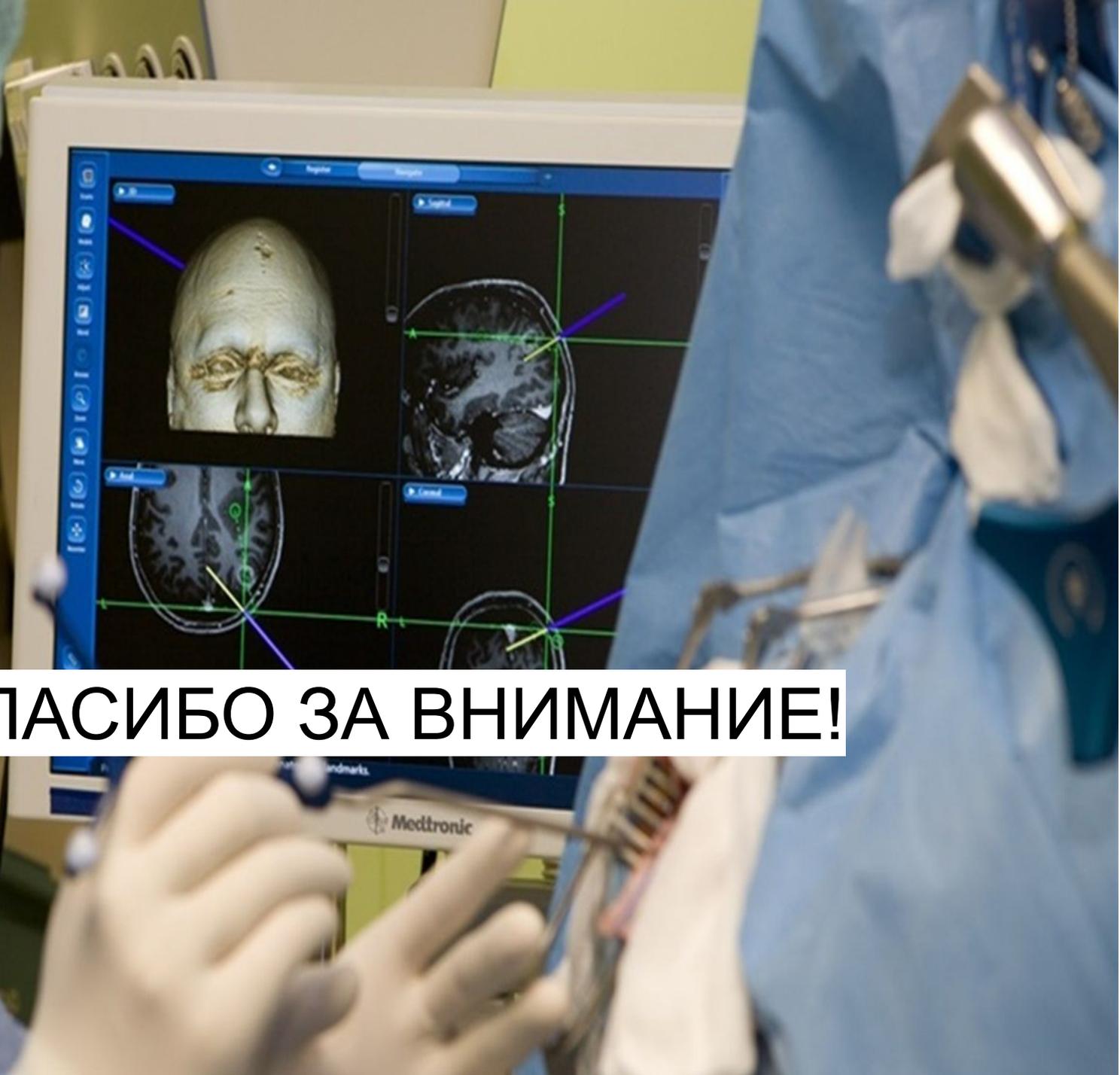
Максимальный размер (объем) образования :	Локализация:	Цель:	Метод выбора:	Опционально:
40-65 мм (25-100 см3)	Внемозговая	Оптимизация доступа к образованию и снижение риска повреждения значимых структур.		иУЗВ и нейронавигация
Более 65 мм (более 100 см3)	Внутри мозговая	Увеличение радикальности резекции (?), снижения риска оперативного вмешательства за счет минимизации хирургической травмы мозга и профилактики повреждения функционально значимых зон и анатомических образований.		Нейронавигация (при риске повреждения функционально значимых зон и проводящих путей, важных анатомических образований). иУЗВ (опционально, для увеличения радикальности резекции (?), снижения хирургической травмы мозга).

ОШИБКИ, КОТОРЫЕ МОГУТ ВСТРЕЧАТЬСЯ В ПРОЦЕССЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОНАВИГАЦИИ:

- Ошибки могут происходить на любом этапе процесса нейронавигации. И они могут серьезно скомпрометировать точность, а следовательно, и ценность метода. По этой причине аккуратность должна присутствовать на всех этапах, чтобы распознать, минимизировать или вообще избежать ошибок.

Этап:	Вид ошибки :	Методы минимизации ошибки :
Этап получения и обработки изображения	1) Перекрывающиеся слои; 2) Отличающийся шаг сканов из-за механический причин; 3) Ошибки и ограничения разрешения; 4) Ошибки связанные с алгоритмом слияния.	Аккуратная планировка на рабочей станции.

	<ol style="list-style-type: none">1)Подвижность кожи;2)Смещение накожных меток;3)Плохое отображение затылочной области.	<ol style="list-style-type: none">1)Аккуратная установка скобы Мэйфилда;2)Сочетание методов регистрации по точкам и по поверхности;3)Использование всей поверхности головы при регистрации.
Интраоперационные ошибки	<ol style="list-style-type: none">1)Смещаемость мозгового вещества;2)Излишняя подвижность головы, приводящая к потере регистрации;3)Небольшое искривление иглы , увеличивается к ее кончику.	<ol style="list-style-type: none">1)Аккуратное позиционирование;2)Осторожное использование маннитола;3)Жесткая фиксация головы в скобе;4) Планирование краниотомии перпендикулярно кости;5)Использование ригидной биопсийной иглы;6)Использование, по возможности, «звезды» большего размера, отслеживающей инструмент.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!