

## **Стереотаксис в нефункциональной нейрохирургии.**

Аннотация:

В приведенной работе описана аппаратура и осуществляемые с ее помощью методики малоинвазивного лечения тяжелых нефункциональных заболеваний головного мозга. Две стереотаксические системы, разработанные в институте мозга человека Российской академии наук, адаптированные к современным интраскопическим установкам, используются для малоинвазивного лечения опухолей мозга, внутримозговых гематом, абсцессов и кист. Использование совместно с МРТ и КТ позитронно-эмиссионного томографа позволяет выявить наиболее активные зоны глиальных опухолей мозга, что в свою очередь дает возможность получения положительного клинического эффекта при щадящей, частичной деструкции зон активной пролиферации опухоли. В качестве основного деструктивного метода используется метод криодеструкции – показаны его достоинства и сформулированы показания к применению.

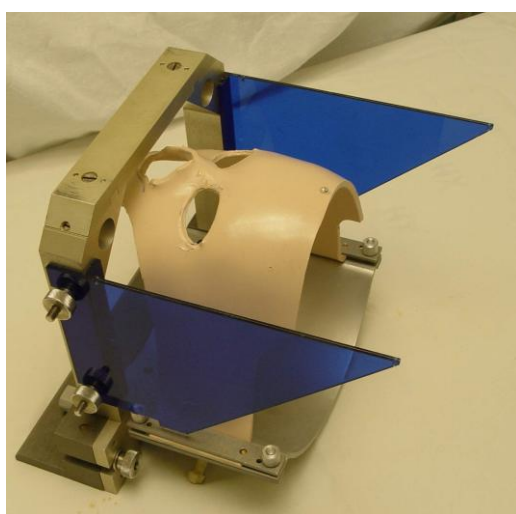
В последние годы темпы увеличения числа стереотаксических операций в нефункциональной нейрохирургии значительно превысили их число в функциональной сфере. В обзоре, посвященном состоянию стереотаксиса в мировой нейрохирургии, уже в 1993 году было показано, что за 17 лет (промежуток времени между тремя конгрессами Всемирного и Европейского обществ по стереотаксической и функциональной нейрохирургии) число биопсий мозговых опухолей возросло более чем в 6000 раз, эвакуаций гематом более чем в 800 раз, аспираций кист и абсцессов – более чем в 400 раз (1).

Особую роль в настоящее время играет стереотаксис для диагностики и лечения опухолей головного мозга, прежде всего диагностированных на ранних стадиях. Как известно, в большинстве случаев хирургическое лечение опухолей головного мозга с помощью традиционных «открытых» нейрохирургических вмешательств производится, когда объем опухоли уже достаточно велик. В случае малого размера опухоли, расположенной в глубине мозга, только стереотаксис может позволить нейрохирургу отыскать ее, уточнить диагноз путем биопсии и осуществить адекватное лечение.

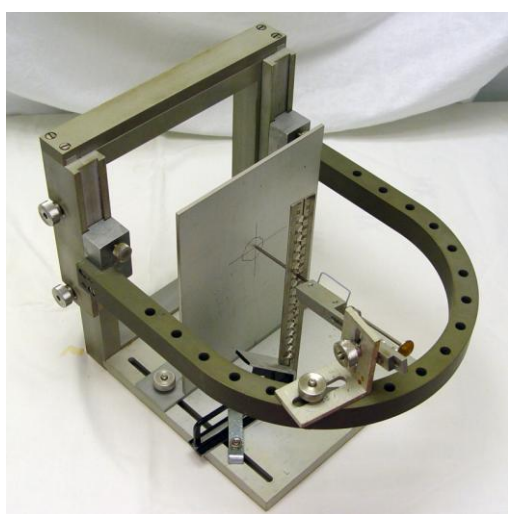
В институте мозга человека РАН для проведения нефункциональных стереотаксических операций применяются две стереотаксические системы собственной разработки – это безрамная система НИЗАН и рамная система ПОАНИК.

Система НИЗАН была разработана для решения задач нефункциональной нейрохирургии (2). Для разделения во времени подготовительных этапов и самой операции используются индивидуальные маски из термопластика «Поливик» с оттиском

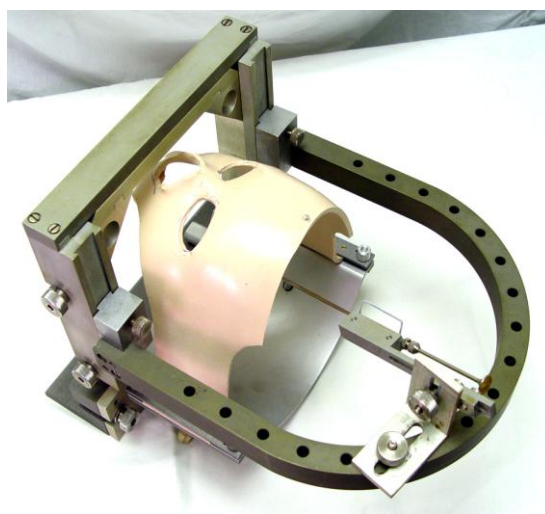
зубов пациента, которые позволяют атравматично и воспроизводимо фиксировать голову при томографическом исследовании и в ходе операции. НИЗАН (как и другие аппараты компьютерного стереотаксиса) выполнен в виде совокупности отдельных функциональных узлов, которые могут соединяться в различных вариантах сборки (рис. 1) в зависимости от реализуемого этапа процедуры.



а



б



в

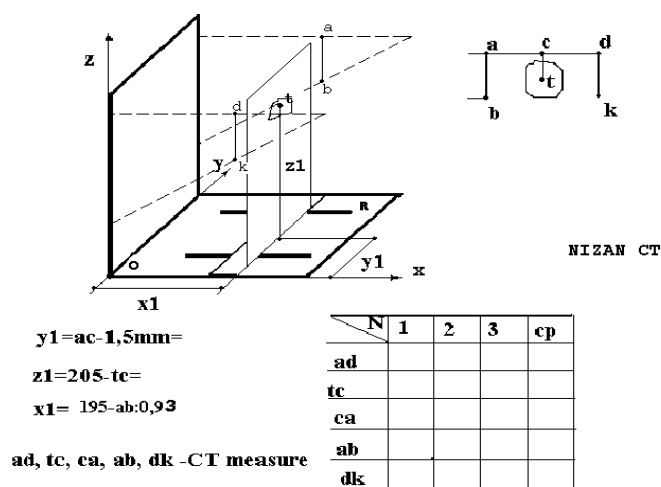
Рис. 1 Стереотаксический аппарат НИЗАН.

Сборка 1 (а) – подготовка к томографическому исследованию;

Сборка 2 (б) – моделирование на стереотаксическом фантоме;

Сборка 3 (в) – прицельное погружение стереотаксического инструмента в мозг.

Локализация внутримозговой мишени с помощью КТ и наведение на нее стереотаксического инструмента осуществляется следующим образом. Голова пациента фиксируется маской на аппарате в положении сборки 1, подается в гентри томографа и производится сканирование. Из полученных томограмм выбирается одна (или несколько), наиболее информативная для внутримозговой мишени. На этой томограмме кроме изображения среза головы пациента получают срезы локализатора **ав** и **dk** (Рис.2). На изображении среза головы ставим точку **t**, обозначающую стереотаксическую мишень. Между изображениями срезов локализатора проводим линию **ad**, к которой затем проводим перпендикуляр **tc**. После этого, устанавливая курсор на точки, измеряются расстояния **ad**, **tc**, **ac**, **ab**, **dk**, по которым определяются координаты точки-мишени **t** в плоскости сканирования. Расстояние **ad** конструктивно постоянное, поэтому при его измерении осуществляется дополнительная проверка точности измерения расстояний с



помощью программных возможностей томографа.

Рис.2 Получение координатных данных с КТ томограммы и преобразование их в координаты фантома.

Использование манипулятора на позитронно-эмиссионном томографе производится по программе АДАПТЕР. Контрастность боковых граней локализатора создается путем размещения на них стальных трубок, заполненных на время исследования радиоактивным раствором с изотопом  $^{18}\text{F}$ , с объемной активностью около 0,01 mCi/ml.

Локализатор с активными гранями сканируется, и полученные данные вводятся в память управляющего компьютера. При последующих исследованиях пациентов локализатор не используется, благодаря высокой повторяемости положения стола в процессе сканирования. (Повторяемость положения стола во время сканирования 0,5 мм, что обеспечивает повторяемость положения в пространстве граней локализатора до 1 мм.) Для локализации внутримозговой мишени на серию ПЭТ томограмм пациента накладываются томограммы локализатора. По совмещенным томограммам определяются координаты внутримозговой мишени (Рис.3).

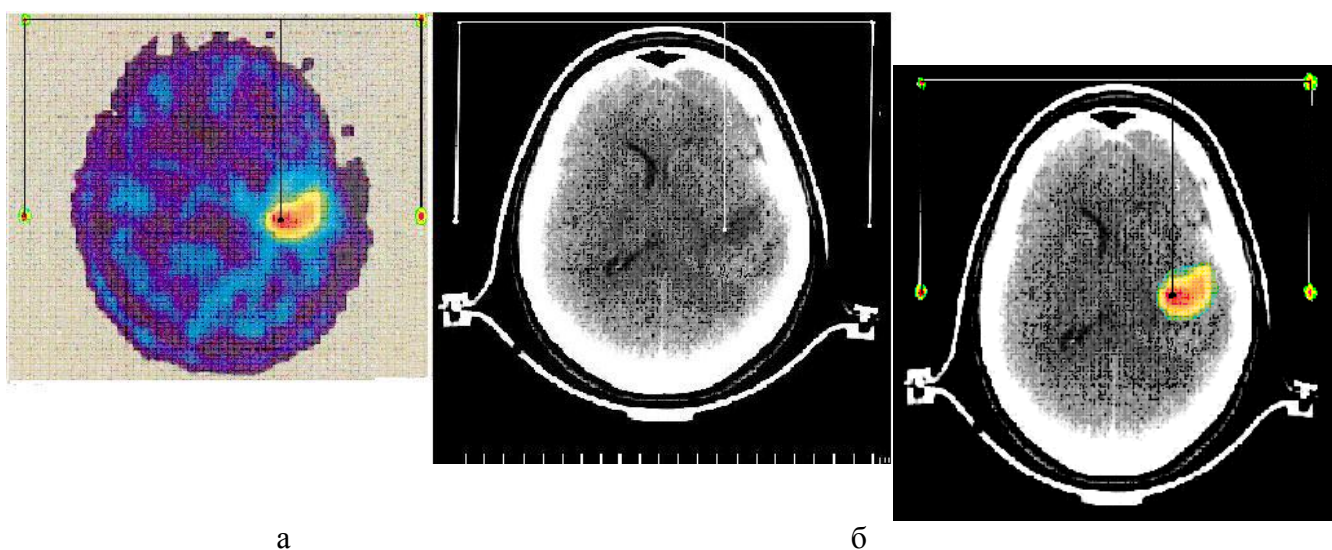


Рис. 3. Локализация внутримозговой мишени на аппарате НИЗАН с помощью ПЭТ (а) и КТ (б). Совмещенное изображение (в).

Полученные с помощью КТ или ПЭТ координатные данные преобразуются в систему координат фантома (сборка 2) после чего производится моделирование внутримозговой мишени в системе координат фантома.

По завершении фантомного моделирования на вертикальной стороне фантома закрепляется вторичная рама с дугой (Рис 1 б) и (используя степенями свободы наводящего устройства) производится нацеливание стереотаксического инструмента на имитатор точки-мишени. После совмещения конца инструмента с имитатором точки-мишени, на инструменте обозначают ограничителем полученную на модели глубину его погружения.

Затем вторичная рамка с дугой и направляющим устройством снимается с фантома и переносится на первичную рамку, закрепленную на основании аппарата (сборка 3). После наложения фрезевого отверстия, инструмент погружается в мозг пациента на

фиксированную глубину, при этом кончик инструмента совмещается с точкой-мишенью. Все описанные манипуляции достаточно просты, основаны на возможностях компьютерного томографа и не требуют дополнительного программно-математического обеспечения. На фантоме можно моделировать не только абстрактную точку-мишень, но и структуру (новообразование) в целом, путем переноса ее томографического изображения в натуральную величину на вертикальную пластину. Набор нескольких изображений новообразования, полученных на серии томограмм, перенесенный на вертикальную пластину (каждой томограмме соответствует своя координата X на фантоме) позволяет моделировать опухоль в пространстве фантома и осуществлять объемное планирование воздействия на опухоль.(Рис.4)

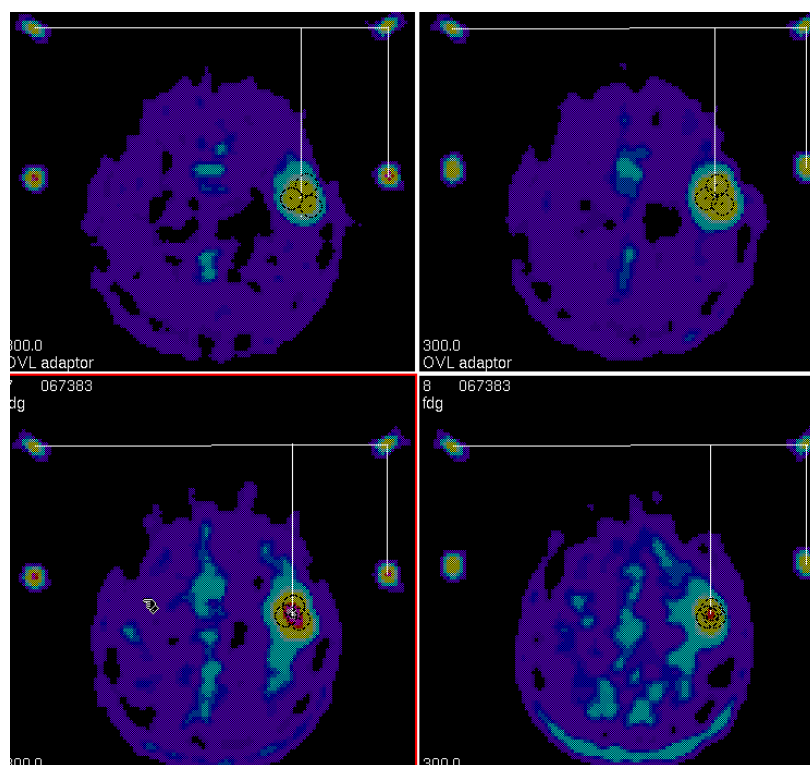


Рис. 4 3-d планирование криотомии опухоли.

В случае применения для подготовки к стереотаксической операции магниторезонансного томографа, в произвольном месте на маске, фиксирующей голову пациента, закрепляются несколько контрастных меток (n), которые в дальнейшем используются в качестве реперных точек. Относительно этих меток производится расчет координат точки-мишени в системе координат стереотаксического манипулятора. В зафиксированном положении голова пациента подается в гентри томографа и

осуществляется стандартное сканирование. На полученных томограммах отыскиваются реперные точки, и определяются их координаты в системе координат томографа  $(X_i, Y_i, Z_i)$ , затем идентифицируется внутримозговая мишень, у которой также определяют координаты  $(X, Y, Z)$ . Координаты реперных точек преобразуются затем в координаты фантома  $(X_{pi}, Y_{pi}, Z_{pi})$  и определяются координаты точки-мишени в системе координат фантома  $(X_{\phi}, Y_{\phi}, Z_{\phi})$ :

$$X_{\phi i} = X_{pi} - (X - X_i); Y_{\phi i} = Y_{pi} - (Y - Y_i); Z_{\phi i} = Z_{pi} - (Z - Z_i)$$

$$X_{\phi} = \sum X_{\phi i} / n; Y_{\phi} = \sum Y_{\phi i} / n; Z_{\phi} = \sum Z_{\phi i} / n$$

Параллельно вертикальной стороне фантома, на расстоянии  $X_{\phi}$  от нее, устанавливается вертикальная перемещаемая пластина фантома, и на ней обозначается точка, имитирующая точку-мишень с координатами  $X_{\phi}, Y_{\phi}, Z_{\phi}$ . Далее наведение инструмента на мишень и проведение операции осуществляются так же, как после подготовки на КТ.

Стереотаксическая система ПОАНИК, разработанная в основном для функциональной нейрохирургии, так же используется для решения задач нефункциональной малоинвазивной нейрохирургии (3). Особенно она удобна для осуществления множественных воздействий в процессе одной операции. Система состоит из стереотаксического манипулятора ОРЕОЛ, набора локализаторов, программно-математического обеспечения для работы на КТ, МРТ и рентгена. ОРЕОЛ состоит из нескольких относительно самостоятельных функциональных узлов, взаимная комбинация которых изменяется в зависимости от этапа стереотаксической процедуры.

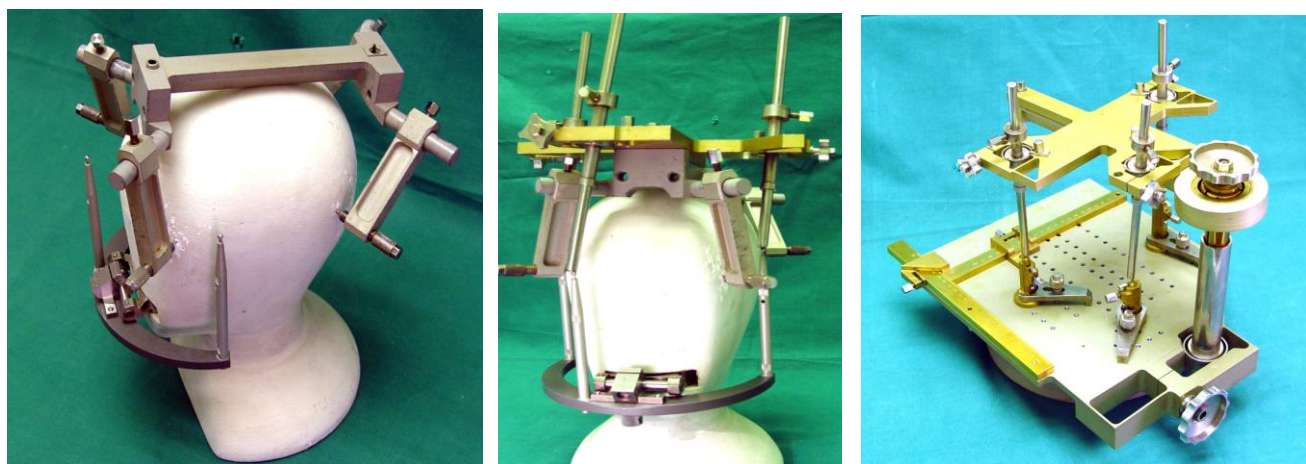
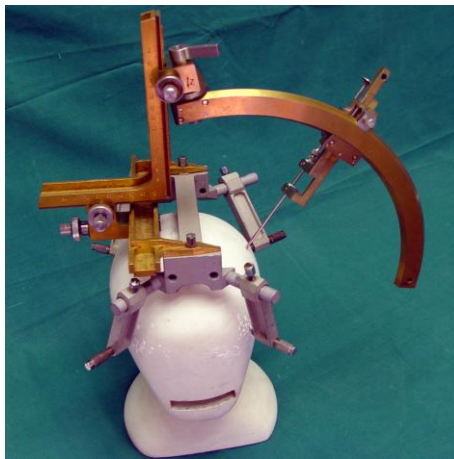


Рис.5 Манипулятор ОРЕОЛ. Основание аппарата и локализатор на фантоме головы (а), ориентирующее устройство (б), стереотаксический фантом (в).

Манипулятор снабжен наводящим устройством, состоящим из изоцентрической дуги, расположенной на трехкоординатном перемещающем устройстве и устройстве подачи инструмента, имеющем 5 степеней свободы – три линейных и две круговых. На Рис. 6 представлен манипулятор ОРЕОЛ в процессе наведения инструмента на внутримозговую мишень.



а



б

Рис.6 Наведение инструмента наводящим устройством на модель точки-мишени (а), перенос наводящего устройства на голову и наведение инструмента на мишень (б)

Для определения на томографах координат внутримозговой мишени используются стереотаксические локализаторы (Рис.7).

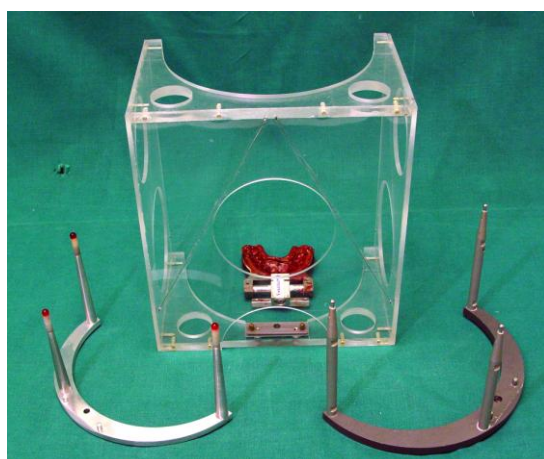


Рис.7 Набор локализаторов системы ПОАНИК

Для МРТ используются точечные локализаторы, для КТ – точечные и диагональные локализаторы. Стереотаксический точечный локализатор представляет из

себя легкую конструкцию, состоящую из пластины в форме полудуги и трех перпендикулярно крепящихся на ней стержней, на которых располагаются реперные точки. У точечных локализаторов, предназначенных для использования на МРТ, стержни заканчиваются шариками диаметром 4 мм, которые заполнены контрастным для томографа веществом - жидким маслом. Для КТ в качестве реперных точек используются металлические шарики. Использование в качестве наполнителя шариков йодсодержащего масляного раствора позволяет изготовить универсальный локализатор, реперные точки которого одинаково хорошо видны на КТ и МРТ томограммах. На КТ может использоваться диагональный локализатор, который представляет собой легкую конструкцию из оргстекла с ориентирующими линиями, контрастированными с помощью нихромовой проволоки, диаметром 0,3мм. Локализаторы с помощью специального лотка и зубной оттисковой массы крепятся на зубах пациента, создавая с помощью контрастных меток или линий локализатора общую с мозгом пациента систему координат. При каждом прикусывании пациентом лотка с оттиском зубов, локализатор занимает строго одно и то же положение, воспроизводимое относительно черепа, а следовательно и мозга. Все локализаторы крепятся на один лоток с оттиском зубов, что обеспечивает нахождение элементов локализаторов в одной системе координат с неизменными геометрическими параметрами относительно друг друга. Это позволяет проводить стереотаксическую подготовку на разных томографах (КТ, МРТ), сопоставляя затем результаты томографических исследований, что способствует повышению информативности исследований. Использование локализаторов в качестве внешней части координатной системы, надежно воспроизводимой в пространстве, позволило разделить процедуру стереотаксической операции на четыре независимых друг от друга этапа: Первый этап – томографическая подготовка к операции. На этом этапе проводится томографическая диагностика мозга пациента с параллельным определением координат реперных точек и внутримозговой мишени. На втором этапе проводится компьютерный расчет – преобразование полученных на томографе координат в систему координат фантома. Третий этап – фантомное моделирование. На этом этапе, на фантоме создается модель головы пациента с обозначением реперных точек и точки – мишени. Затем с помощью наводящего устройства на модель внутримозговой мишени наводится инструмент. Четвертый этап – операция. Наводящее устройство переносится на основание аппарата, закрепленное на голове пациента, сверлится фрезевое отверстие, и инструмент вводится на рассчитанную глубину, осуществляя там запланированное воздействие.

#### **Клинические стереотаксические методики.**



Стереотаксические системы ПОАНИК и НИЗАН, обладая гибкой внутренней организацией, обеспечивают разнообразие в решении конкретных лечебных и исследовательских задач функционального и нефункционального стереотаксиса (4). Многокомпонентная гибкая методическая конструкция систем реализуется с помощью оригинальных стереотаксических манипуляторов, программно-информационного обеспечения (способов наведения и методов расчетной интраскопии), и комплекса стереотаксических инструментов. На этом базисе нами разработан целый ряд клинических стереотаксических методик:

1. Стереотаксическая локальная криотомия;
2. Стереотаксическая эвакуация гематом, абсцессов, кист;
3. Стереотаксическая биопсия;
4. Стереотаксическая маркировка новообразований мозга;
5. Стереотаксическая вентрикулопункция;
6. Стереотаксическое дренирование кист;
7. Стереотаксическое шунтирование кист;
8. Стереотаксическое трассирование;
9. Имплантация радиоактивных источников и долговременных электродов;
10. Интраоперационная регистрация субкортикограммы.

**Стереотаксическая локальная криотомия** используется как в функциональной, так и в нефункциональной стереотаксии. Для проведения криотомии внутримозговых образований нами разработан криохирургический прибор (Рис.8), который отличается от других известных приборов, работающих на жидком азоте, тем, что функции хладагента и хладоносителя в нем выполняют разные вещества (5).

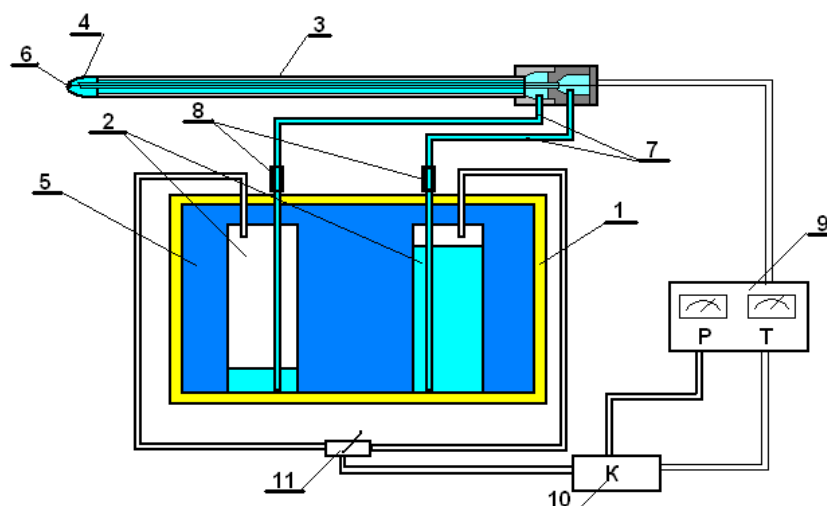


Рис. 8 Схема криохирургического прибора.

В качестве хладагента используется сухой лед с температурой  $-79^{\circ}\text{C}$ , а в качестве хладоносителя - жидкость с высокой текучестью - ацетон. Температура отвердевания ацетона  $-95^{\circ}\text{C}$ , температура кипения  $+56,2^{\circ}\text{C}$ . Такие физические характеристики жидкости позволяют использовать ее в качестве хладоносителя, при этом ацетон не затвердевает и не теряет текучесть при температуре сухого льда и не закипает при контакте со стенками охлаждающей камеры, имеющей температуру ткани. В результате осуществляется хороший температурный контакт хладоносителя с охлаждающей камерой зонда и затем с тканью мозга в зоне воздействия, что в свою очередь значительно уменьшает время замораживания (около 0,5 мин до максимального объема). Основными элементами прибора являются холодообменник (1) и криозонд (3). Применяемые криозонды представляют собой канюли до 200 мм длиной и диаметрами от 1,5 мм до 6 мм. Охлаждающие камеры в зондах (4) - разной длины. Корпус криозонда двойной с вакуумированным межстеночным пространством. Хладоноситель может поступать в охлаждающую камеру по тонкой внутренней трубке или по зазору между внутренней трубкой и корпусом зонда. Холодообменник состоит из термостатированного резервуара для сухого льда (5), в котором расположены два цилиндрических бачка для ацетона (2). Криозонд соединяется с бачками через конусные разъемы (8) с помощью тонких шлангов из фторопласта (7). Воздух под давлением может подаваться компрессором (10) в один из бачков, в зависимости от положения переключающего краника (11). Контроль температуры и давления воздуха осуществляется прямопоказывающими приборами в блоке управления (9). Для получения на конце зонда низкой температуры в бачок с охлажденным ацетоном подается воздух под давлением около 1 атмосферы (Р). Под действием давления ацетон, охлажденный до  $-79^{\circ}\text{C}$ , поступает по центральной трубке в охлаждающую камеру и затем по зазору между корпусом и центральной трубкой возвращается в пустой бачок холодообменника. Для повторения цикла охлаждения краник переключается, воздух подается во второй бачок, и ацетон прокачивается в обратном направлении. Эти циклы по мере необходимости можно повторять, меняя направление подачи ацетона в охлаждающую камеру. В качестве датчика температуры использован микротермистор (6), встроенный в охлаждающую камеру. Показания термистора выводятся на прибор, отградуированный в градусах Цельсия в диапазоне  $\pm 100^{\circ}\text{C}$  с погрешностью  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Температурные и временные параметры каждого зонда тщательно измеряются. В качестве модельной среды при тестировании каждого изготовленного криозонда использовался яичный белок. Белок по

своим физическим свойствам (плотности, теплопроводности, теплоемкости и др.) близок к нормальной мозговой ткани и поэтому может считаться адекватной моделью. На Рис.9 представлена кривая радиального распределения температуры, измеренная в зоне замораживания

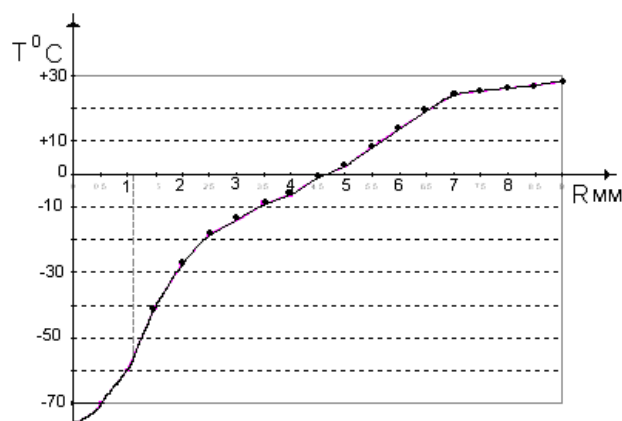


Рис.9 Радиальное распределение температуры вокруг зонда диаметром 2,5 мм.

На Рис. 10 представлена кривая зависимости температуры от времени при проведении криодеструкции.

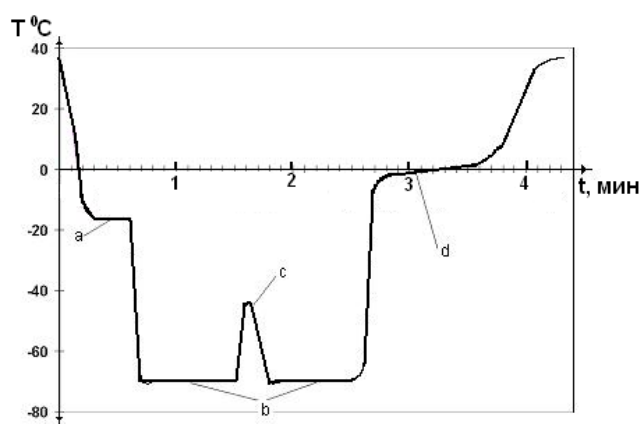


Рис. 10 Зависимость температуры криозонда от времени при криодеструкции.

Из рисунка видно, что скорость охлаждения около 10 Град/С. Зона (a) с температурой  $-20^{\circ}\text{C}$  - зона обратимого воздействия. Зона (b) с температурой  $-75^{\circ}\text{C}$  – зона деструкции ткани; требуемая экспозиция деструкции обеспечивается количеством циклов; длительность одного цикла - минута. Зона (d) – зона самопроизвольного нагревания зонда до температуры окружающей ткани. Подчеркнем, что процессом охлаждения (зоны a, b) можно активно управлять.

### **Лечение глиальных опухолей мозга с применением криодеструкции.**

Лечение глиальных опухолей головного мозга является одной из сложнейших задач

нейроонкологии. Для решения этой задачи чаще всего применяется комбинированный метод лечения, состоящий из хирургической операции, химиотерапии и лучевой терапии. Когда опухоль недоступна для открытого хирургического вмешательства, нейрохирург вынужден ограничиться проведением курса лучевой и химиотерапии. Альтернативой открытого хирургического вмешательства при комбинированном лечении является стереотаксис с его малой травматичностью, локальностью и точностью воздействия. При применении стереотаксиса важно определить зону опухоли, воздействие на которую приводит к максимальному клиническому эффекту. Сравнение результатов гистологического анализа глиальных опухолей с данными ПЭТ показало, что индекс накопления радиофармпрепарата (РФП) в опухоли тем выше чем активнее опухоль пролиферирует (высокая степень злокачественности). В ряде опухолей РФП накапливается неравномерно, при этом в объеме опухоли образуются зоны максимального накопления препарата (активно пролиферирующие зоны), которые можно считать основными поставщиками опухолевых клеток. (Рис.11)

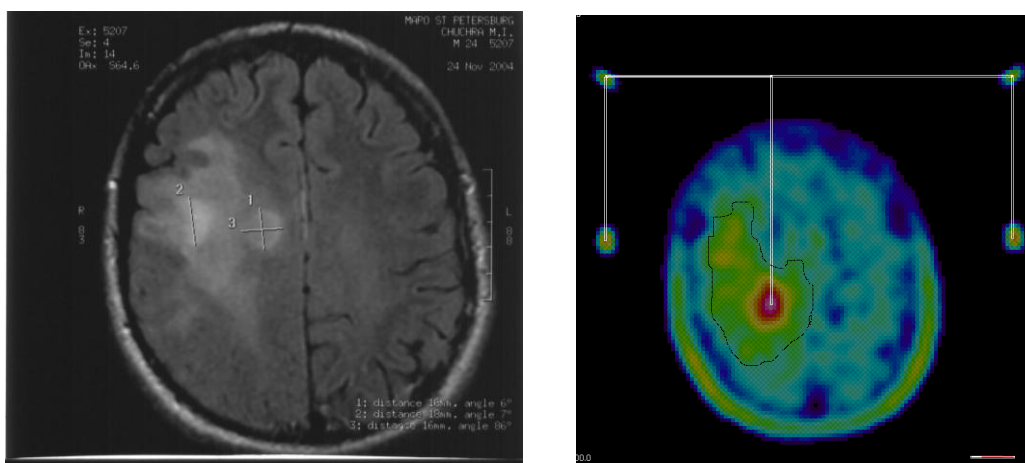


Рис. 11 Опухоль мозга, диагностированная на МРТ и ПЭТ видна явно выраженная зона активной пролиферации.

В ИМЧ РАН совместно с кафедрой нейрохирургии ВМА разработана методика лечения глиальных опухолей мозга (5). Методика основана на прицельном разрушении наиболее злокачественной части новообразования. Этот подход оказался особенно эффективным у тех больных, у которых невозможно провести тотальную деструкцию опухоли из-за большого объема патологически измененной ткани. В таких случаях осуществляется локализация пролиферативно-активных зон опухолей мозга со стереотаксическим планированием и деструкцией. При этом скорость опухолевого роста, судя по данным периодически проводимых контрольных МРТ-исследований,

существенно замедляется, в ряде случаев удается достичь стабилизации и прекращения дальнейшего роста опухоли.

Стереотаксис особенно эффективен при лечении опухолей малых размеров, диагностированных на ранней стадии, когда открытое вмешательство не показано ввиду возможных осложнений. В этом случае можно стереотаксически оказать воздействие на весь объем опухоли с целью ее тотальной деструкции (Рис.12).

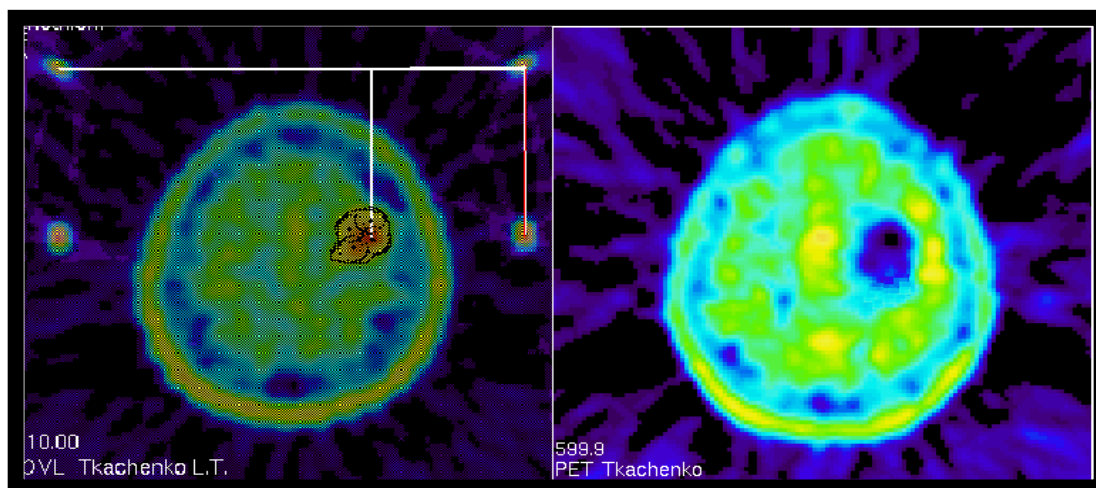
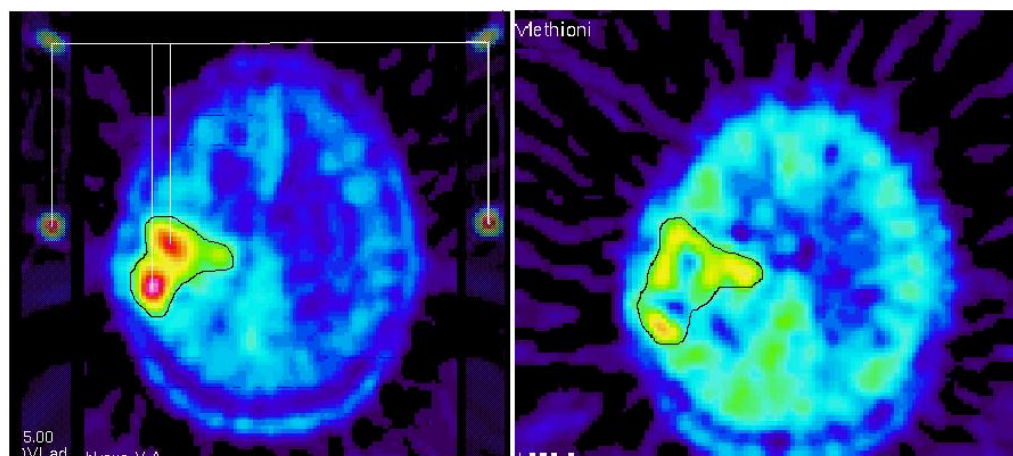


Рис. 12 ПЭТ – диагностика глубинной опухоли с линейными размерами 2,5 см и результат ее тотальной криодеструкции.

При больших размерах глиальных опухолей важно определить зону опухоли, стереотаксическое воздействие на которую приведет к максимальному клиническому эффекту.

В связи с тем, что криовоздействие не обладает кумулятивным эффектом, криодеструкцию можно проводить фракционированно, в несколько этапов, чтобы избежать нежелательного уровня отека мозга. На Рис. 13 показана деструкция двух активных зон опухоли, проведенная в два этапа.



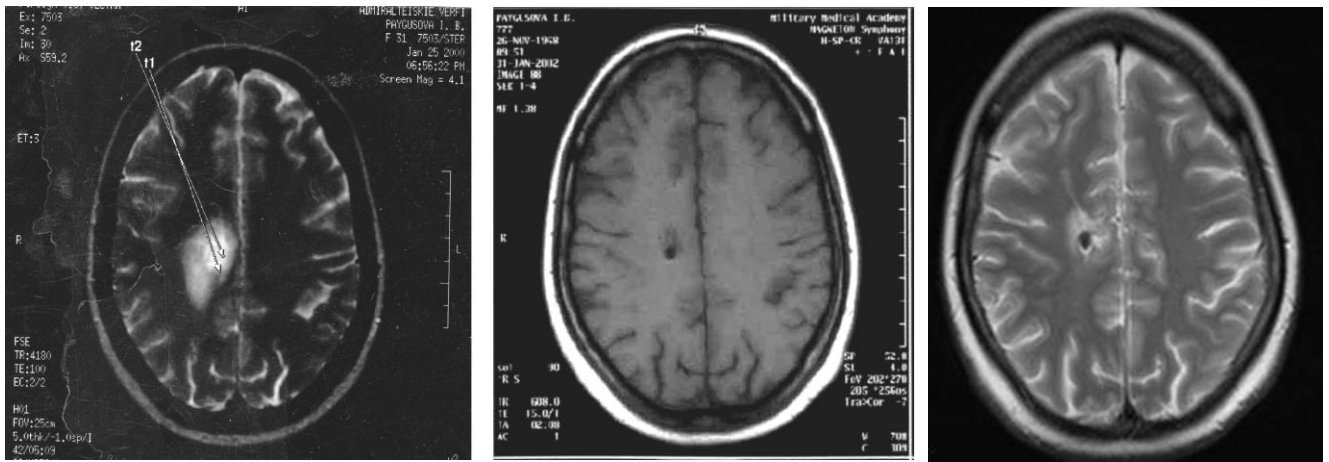
а

б

Рис. 13 Диагностированная на ПЭТ опухоль с двумя активными зонами (а) и результат криодеструкции, проведенной в два этапа (б)

### **Клинический пример.**

В январе 2000 года больная П., 31 год, обратилась с жалобами на эпизодически возникающие в ночное время судорожные припадки. При неврологическом обследовании выявлен незначительный монопарез в левой ноге. На МРТ головного мозга обнаружена глиальная опухоль с максимальным линейным размером около 3 см в проекции медиальных отделов центральных извилин справа (Рис. 14 а). Противопоказанием к открытому удалению опухоли является высокая вероятность возникновения грубого неврологического дефицита. Принято решение о проведении стереотаксического вмешательства, состоящего из биопсии, маркировки опухоли рентгенконтрастной меткой, определения пролиферативно-активной зоны опухоли и ее локальной криодеструкции. Подготовка и планирование вмешательства осуществлялись с использованием метода расчетной стереотаксической магнитно-резонансной томографии с контрастированием новообразования. С помощью ПЭТ была определена пролиферативно-активная зона опухоли, которая была перенесена на магнитно-резонансные томограммы. Результат цитологического экспресс-анализа биопсии и последующего гистологического анализа: глиальная опухоль - анапластическая астроцитома. В опухолевую ткань (зона биопсии) имплантирована контрастная метка – титановый шарик диаметром 2 мм, после чего осуществлена криодеструкция в пределах активной зоны опухоли. Зона криодеструкции составила около четверти объема новообразования. В результате проведенного лечения судорожные припадки прекратились. В дальнейшем был проведен курс лучевой терапии с прицеливанием по имплантированной метке и химиотерапия. Контрольное МРТ исследование через два года: в месте опухоли киста; продолженного роста опухоли не отмечено (Рис.14 б). В феврале 2004 года выполнена контрольная магнитно-резонансная томография головного мозга с внутривенным контрастированием, в месте оперативного вмешательства выявлена киста. Данных за опухолевый рост нет (Рис14 в). В феврале 2005 года было проведено повторное магнитно-резонансное исследование, которое показало отсутствие продолженного роста опухоли. По данным шестилетнего наблюдения - состояние больной удовлетворительное, сохраняется умеренный монопарез в левой нижней конечности.



а

б

в

Рис.14 Диагностированная на МРТ опухоль мозга (а), результат лечения через год (б) и через 4 года (в).

По описанной выше методике к настоящему времени прооперировано 61 пациент с максимальным сроком наблюдения - 7 лет. На основании накопленного опыта можно заключить, что методика позволяет:

- выявить пролиферативно-активную зону опухоли и подвергнуть ее деструкции;
- получать положительный результат лечения, подвергая деструкции часть объема опухоли;
- замедлить или приостановить рост опухоли, что дает возможность при необходимости проводить повторные операции или другие этапы комбинированного лечения заболевания;
- проводить лечение опухолей в функционально опасных зонах мозга;
- повысить эффективность лечения опухоли при меньшей травматизации мозга, что способствует сохранению качества жизни пациента.
- проводить оперативные вмешательства на опухолях, которые невозможно оперировать традиционными нейрохирургическими методами;

Опыт проведенных стереотаксических операций дает возможность отметить следующие основные **достоинства криохирургического метода**:

1. малоинвазивность;
2. абластичность;
3. укороченный послеоперационный период;
- 4 в случае необходимости процедура может быть повторена без особого вреда для пациента;
5. совместно с криохирургией может использоваться любой другой метод (радиационный, общехирургический, химиотерапия);
6. низкая стоимость.

Следует отметить, что каждый из малоинвазивных методов имеет свои достоинства и недостатки, главное - для каждого из них правильно выработать показания к применению. Исходя из этого приводим сравнение двух альтернативных методов лечения глиальных опухолей - стереотаксическую криотомию и дистанционную радиохимию.



<b>достоинства</b>	<b>недостатки</b>	<b>достоинства</b>	<b>недостатки</b>
Получение клинического результата на момент операции	Инвазивность	Неинвазивность	Отсроченный клинический результат
Отсутствие кумулятивного эффекта. Ограничений по воздействиям нет.			Кумулятивный эффект. Ограничения по объему и количеству воздействий.
Обратная связь с врачом во время процедуры. Возможность внесения интраоперационных коррекций.			Обратная связь с врачом во время процедуры отсутствует. Интраоперационная коррекция невозможна.
Стимулирование иммунной системы пациента.			Подавление иммунной системы пациента.
Не оказывает влияние на крупные сосуды мозга.			Потенциальная облитерация крупных сосудов в зоне радиационного воздействия
Методом и аппаратурой может пользоваться врач – нейрохирург.			Необходимость профессионального обслуживания установок (инженеры, физики).
Возможность использования в любом нейрохирургическом отделении.			Использование только в специализированных учреждениях.
Низкая стоимость в приобретении и эксплуатации. (нач.стоимость < 50 тыс.\$)			Высокая стоимость в приобретении и эксплуатации.( $\gamma$ -knife, Novalis –3-5 млн.\$, тяж.част. до 100 млн.\$

Таб.1 Сравнение двух малоинвазивных методов лечения опухолей мозга.

**Стереотаксическая биопсия** необходимый этап хирургического лечения новообразований мозга. Уточненная диагностика позволяет определить тактику лечения, выбрать наиболее эффективный и наименее травматичный хирургический метод, а в некоторых случаях - отказаться от хирургического вмешательства (7,8). Для проведения биопсии используется разработанная в лаборатории стереотаксических методов канюля с боковым окном. Канюля состоит из двух коаксиальных трубок, корпуса с ключом и конусного разъема на гибком шланге. По данным компьютерно-томографической диагностики, с помощью стереотаксического манипулятора, инструмент вводится в мозг до совмещения бокового окна с мишенью. При введении инструмента боковое окно закрыто, что снижает травматизацию мозга и исключает попадание в канюлю тканей мозга не из новообразования. В мишени поворотом внутренней трубки открывается боковое окно. Шприцом, присоединенным к конусному разъему, во внутренней трубке создается разрежение, которое втягивает во внутреннюю трубку часть ткани, после чего внутренняя трубка поворачивается в сторону закрывания окна, срезает втянутую в нее ткань и вынимается с биоптатом наружу. Важной деталью канюли является затворное устройство, которое препятствует введению и извлечению внутренней трубки при не полностью закрытом боковом окне. Такая конструкция исключает травматизацию мозга при повторных введениях внутренней трубки. В некоторых случаях биопсия сопровождается **маркировкой** внутримозговых новообразований. В наружную трубку канюли помещают маркер (титановый шарик диаметром 2 мм), который с помощью внутренней трубки проталкивают в точку взятия биопсии.

На рис. 15 приведен случай диагностированного на ПЭТ в апреле этого года новообразования мозга. С помощью системы НИЗАН проведена стереотаксическая подготовка и взята биопсия. Гистологический анализ показал диагноз - лимфома, что позволило выбрать адекватный метод дальнейшего лечения заболевания.

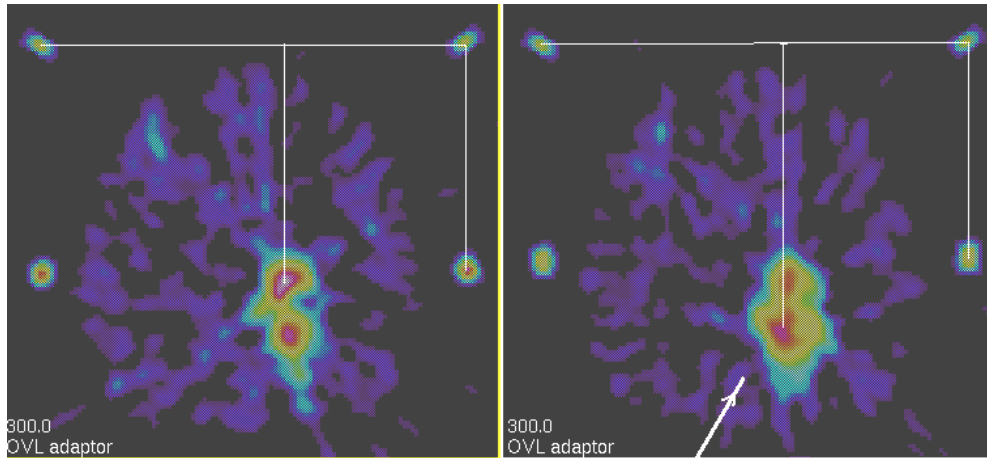


Рис. 15 Стереотаксическая подготовка на ПЭТ взятия биопсии.

**Стереотаксическая эвакуация внутримозговых гематом** - одна из наиболее часто используемых методик. В последние годы проведены тысячи подобных вмешательств. Стереотаксическая эвакуация гематом, абсцессов и кист осуществляется с помощью эвакуаторов шнекового типа. Эвакуатор позволяет с помощью шприца удалять новообразование по каналу со шнеком (контролируя удаленные объемы), и одновременно по другому каналу подавать физраствор и необходимые препараты. В рамках методики стереотаксической эвакуации внутримозговых гематом с использованием манипулятора «ОРЕОЛ» используется метод, позволяющий проводить томографическую подготовку и urgentную стереотаксическую эвакуацию гематом на пациентах в тяжелом состоянии, которым невозможно изготовить оттиск зубов. (Патент РФ № 2257178). В этой методике вместо локализатора ПОАНИК используются реперные метки, которые размещают в аксиальной плоскости на коже головы пациента (рис. 16).

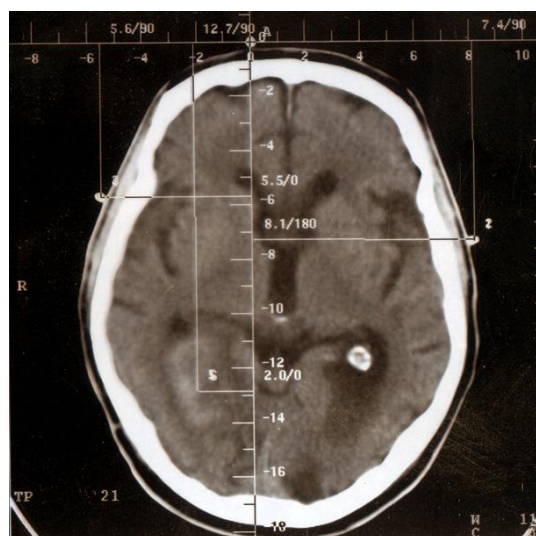


Рис.16 КТ-подготовка к эвакуации гематомы с помощью системы ПОАНИК.

**Стереотаксическая вентрикулопункция** проводится по данным расчетной томографии через передний рог бокового желудочка. С помощью стереотаксической системы НИЗАН в боковой желудочек мозга вводится катетер (диаметр 2мм) со стальным мандреном. Конечная часть катетера заранее перфорируется несколькими отверстиями на отрезке около 1см. После получения ликвора конус катетера закрывается краником, через который затем подается контрастная жидкость.

С помощью аппарата НИЗАН неоднократно проводилось **стереотаксическое шунтирование кист** и желудочков мозга. Для этой цели, после стереотаксической подготовки на компьютерном томографе, шунт с мандреном вводится в кисту, после чего мандрен удаляется. Такой метод постановки шунтов более надежен, чем введение его по внешним ориентирам.

В случае глубоко расположенных и труднодоступных новообразований небольшого размера, при открытых нейрохирургических операциях возникает необходимость проведения **стереотаксического трассирования**. **Трассирование** – целеуказание, обозначение оптимальной траектории подхода к новообразованию. С помощью системы НИЗАН стереотаксически, по направлению к опухоли, через фрезевое отверстие имплантируется катетер, который подшивается к твердой мозговой оболочке. Далее нейрохирург выполняет трепанацию и, ориентируясь по установленному катетеру, подходит к новообразованию.

Стереотаксическая **имплантация** радиоактивных источников для брахитерапии опухолей головного мозга может проводиться как с помощью манипулятора ОРЕОЛ, так и на системе НИЗАН. Обе системы применяются так же для **имплантации** электродов хронических стимуляторов.

Стереотаксическом лечении фокальной эпилепсии с деструкцией эпилептогенных очагов мы сопровождаем **измерением субкортикограмм** по траектории введения кризонда. Это дает дополнительную информацию о местонахождении и функциональной активности эпилептогенных очагов.

Таким образом, системы ПОАНИК и НИЗАН с набором стереотаксических инструментов и методик, образуют методический комплекс, способный решать широкий круг клинических и исследовательских задач при стереохирургическом лечении тяжелых нефункциональных заболеваний головного мозга.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 1. Gildenberg P.L., Franklin P.O. An informal survey of stereotactic and functional neurosurgery// Proceedings of the XI th meeting of the world society for stereotactic and

functional neurosurgery, Ixtara, Mexico, October 11-15. 1993, Stereotact Funct Neurosurg 1994.- 63.- P.104-123.

2. Низковолос В.Б., Аничков А.Д. Стереотаксическая система// Патент на изобретение РФ № 2125835 от 10 февр. 1999г. Бюл.№4.

3. Аничков А.Д., Никитин М.А., Попов А.Б. Стереотаксический манипулятор ОРЕОЛ// Патенты РФ: № 2051620 от 10.01. 96; № 2108068 от 10.04.98; № 2028116 от 09.02.99; №2028117 от 09.02. 99; №2028118 от 09.02. 99.

4. Низковолос В.Б. Реализация возможностей стереотаксических манипуляторов “Ореол” и “Низан” для решения клинических задач// III Съезд нейрохирургов России: СПб.- 2002.- С.472-473

5. Низковолос В.Б., Аничков А.Д. Устройство для криохирургического воздействия// Патент на изобретение РФ N2115377 от 20 июля 1998г. Бюл.№20.

6. Аничков А.Д., Парфенов В.Е., Мартынов Б.В., Холявин А.И., Низковолос В.Б. Комбинированное лечение глиальных опухолей мозга с использованием стереотаксической техники// Всероссийская научно-практическая конференция ПОЛЕНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ (апр.2005г).- Спб, 2005.-С.51-52

7. Mundinger F, Birg W. Stereotactic biopsy of intracranial processes// Acta Neurochir (suppl) (wien) Vol. 33.- 1984.- P. 219-224

8. Mundinger F. CT stereotactic biopsy for optimizing the therapy of intercranial processes// Acta Neurochir (suppl) (Wien) Vol35.- 1985. P. 70-74

9. Низковолос В.Б. Способ наведения стереотаксического инструмента на целевую точку головного мозга.// Патент на изобретение Р.Ф. № 2257178 от 27 июля 2005г. Бюл. №21.