

В.Б. Низковолос, А.Д. Аничков, А.Ф. Гурчин

СТЕРЕОТАКСИЧЕСКАЯ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «НИЗАН-М»**Аннотация**

В институте мозга человека РАН создана стереотаксическая нейрохирургическая система «НИЗАН-М». Манипулятор системы – простое и надежное устройство, он применяется как в рамном, так и в безрамном варианте, легко адаптируется к томографам любой конструкции. Система может быть использована для проведения малотравматичных операций на мозге человека, а также для стереотаксической лучевой терапии.

Любая нейрохирургическая операция предполагает поиск и идентификацию тех или иных анатомо-топографических ориентиров. Один из основоположников стереотаксиса V. Horsley [1] указывал на необходимость точно и прицельно ориентироваться при выполнении нейрохирургических вмешательств. В настоящее время задача прицельного малотравматичного воздействия на образования мозга решается с помощью стереотаксических систем, которые условно подразделяются на рамные и безрамные [2], [3]. В рамных системах обязательно наличие стереотаксической рамы, которая жестко крепится на голове пациента с помощью винтов, вворачиваемых в кости черепа. Рама является частью системы, с помощью которой осуществляется стереотаксическое наведение. Конструкции рамных систем позволяют локализовать внутри-мозговые мишени с помощью интраскопических устройств, прицельно подвести к мишени инструмент и оказать на мишень планируемое воздействие. Безрамные системы чаще применяются в стереотаксических навигаторах, основная задача которых осуществлять запланированный доступ к мишени. Операция при этом может проводиться как «закрытым», так и «открытым» способом. Голова пациента в этих системах фиксируется только во время операции с помощью специального устройства (скоба Mayfield) или индивидуальной маски.

В институте мозга человека РАН создана безрамная стереотаксическая система «НИЗАН» [4]–[7], которая состоит из стереотаксического манипулятора, томографических локализаторов, устройств адаптации к томографам и набора стереотаксических инструментов. Для фиксации головы пациента в системе применяется индивидуальная маска из термопластика «Поливик», с помощью которой достигается воспроизводимость положения головы при выполнении расчетной томографической подготовки и проведении операции, что дает возможность разделить эти два процесса во времени и месте их проведения. Важной деталью в конструкции индивидуальной маски является отпечаток зубов на ней, который при прикусывании обеспечивает достаточно высокую повторяемость положения маски относительно головы пациента, а следовательно, положения головы относительно стереотаксического манипулятора.

Система обладает рядом положительных качеств: она проста в эксплуатации, не требует для

проведения стереотаксических расчетов специализированного программно-математического обеспечения, обладает высокой адаптивностью (может быть совместима с любым современным интраскопическим устройством) и автономностью (манипулятор крепится на собственную деку, что позволяет размещать его без дополнительных устройств на столе томографа и операционном столе). Однако использование только атравматичного крепления головы ограничивало возможности применения системы у пациентов, находящихся в тяжелом физическом состоянии. Система применялась для проведения разовых стереотаксических операций, таких как биопсия, вентрикулопункция, эвакуация гематом и абсцессов.

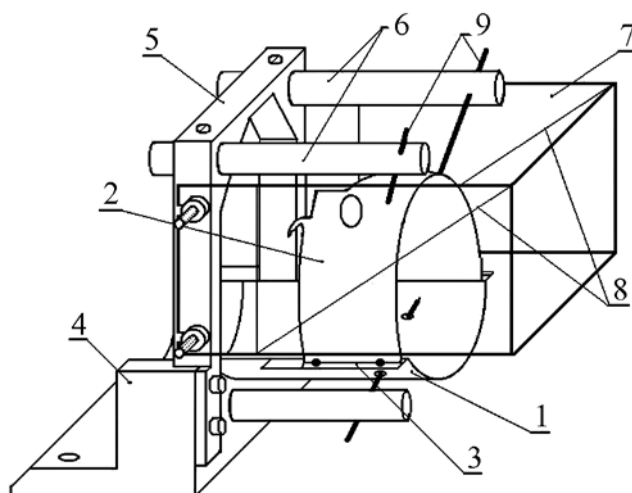


Рис. 1. Схема манипулятора системы «НИЗАН-М»; сборка 1 – предназначена для томографической подготовки стереотаксической операции:

- 1 – подголовник; 2 – индивидуальная маска;
- 3 – крепление маски; 4 – основание манипулятора;
- 5 – первичная рамка; 6 – штанги жесткого крепления;
- 7 – КТ-диагональный локализатор; 8 – контрастные диагонали локализатора; 9 – крепящие винты

Для расширения возможностей системы, придания ей большей универсальности и обеспечения возможности многократного наведения создана следующая модификация системы – «НИЗАН-М». Это гибридная система, которая может быть использована как в рамном, так и в безрамном вариантах. Модифицированная система содержит дополнительно съемные штанги с винтами, обеспечивающие возможность жесткого крепления голо-

вы пациента, и устройство, моделирующее на фантоме входное фрезевое отверстие. Жесткое крепление головы пациента дает возможность проведения томографической подготовки и операции на пациентах, находящихся в бессознательном состоянии, для которых невозможно изготовить индивидуальную маску. Устройство, моделирующее на фантоме входное отверстие, позволяет осуществлять многократное наведение на несколько точек-мишеней через одно фрезевое отверстие. Манипулятор «НИЗАН-М» представляет собой устройство, состоящее из отдельных модулей, которое можно собирать в три различные сборки; каждая из них выполняет свою функцию.

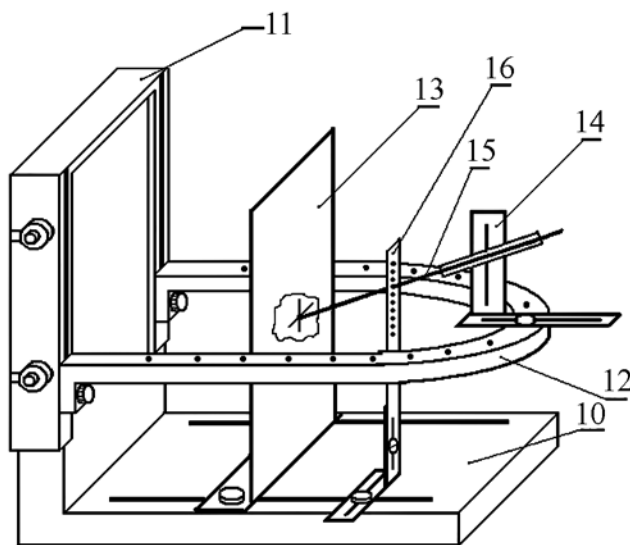


Рис. 2. Схема манипулятора системы «НИЗАН-М»;
сборка 2 – фантомное моделирование
внутричерепной мишени с наведением инструмента:
10 – сторона фантома; 11 – вторичная рамка;
12 – дуга; 13 – перемещаемая вертикальная
пластина; 14 – направляющее устройство;
15 – инструмент; 16 – имитатор входного отверстия;
17 – вертикальное перемещающее устройство;
18 – имитатор мишени

Сборка 1 предназначена для проведения томографической подготовки к стереотаксической операции (рис. 1). Для этой цели на подголовнике 1 располагают голову пациента и фиксируют ее с помощью индивидуальной маски 2 или винтами 9. На основании манипулятора 4 закрепляют первичную рамку 5. Для проведения подготовки пациента на рентгеновском или ПЭТ-КТ-томографе на первичную рамку крепят диагональный локализатор 7. Рентгеновская контрастность диагоналей локализатора обеспечена вмонтированными в них нихромовыми проволоками 8 диаметром 0,3 мм. Изображение на томографе срезов этих проволок являются реперными точками, с помощью которых рассчитывают координаты внутричерепной мишени. Для стереотаксической подготовки на МРТ в маску пациента вклеивают капсулы фармпрепарата на масляной основе (например, капсулы валидола), которые в дальнейшем служат реперными точками единой с головой пациента координатной

системы. Все элементы этой сборки выполнены из немагнитных материалов (пластик, дуралюмин) для обеспечения возможности работы системы без артефактов на МРТ и КТ.

Сборка 2 (рис. 2) предназначена для моделирования на фантоме внутричерепного пространства, обозначения в нем мишеней и нацеливания на нее стереотаксического инструмента. Вертикальная пластина 13, перемещаемая вдоль горизонтальной плоскости фантома 10, предназначена для обозначения на ней имитатора внутричерепной мишени в аксиальной плоскости. Для наведения инструмента 15 на имитатор мишени 18 на вертикальной стороне фантома закрепляют вторичную рамку 11 с дугой 12 и направляющим устройством 14.

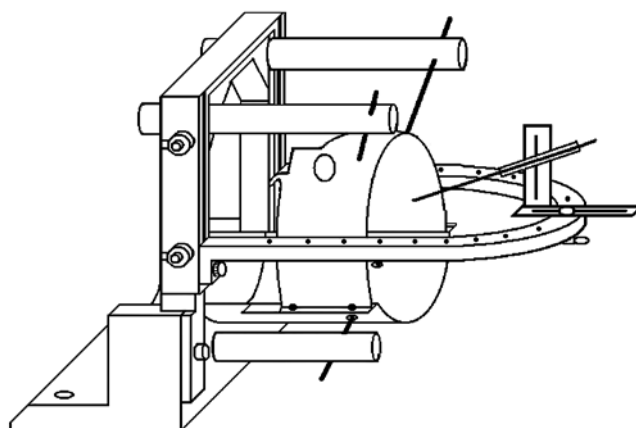


Рис. 3. Схема манипулятора системы «НИЗАН-М»;
сборка 3 – стереотаксическая операция

Сборка 3 (рис. 3) предназначена для проведения стереотаксической операции на мозге пациента. При применении жесткого крепления пациента с жестко закрепленной винтами головной сразу после томографии транспортируют в операционную и укладывают на операционный стол. В случае применения фиксирующей маски маску после томографии снимают. Пациент свободно перемещается в операционную в день проведения операции, и голову его в операционной вновь укрепляют с помощью маски на подголовнике, повторяя ее положение в процессе томографической подготовки. В процессе операции на основании манипулятора фиксируют первичную рамку, на которой укрепляют вторичную рамку с дугой и закрепленным на ней направляющим устройством. В таком положении в голове больного делают фрезевое отверстие, через которое по предварительно проведенным расчетам осуществляют стереотаксическое воздействие.

Процедуру локализации внутричерепной мишени с помощью томографа и наведения на нее стереотаксического инструмента осуществляют следующим образом. Голову пациента фиксируют маской или винтами в положении сборки 1, подают в гентри томографа и производят сканирование. Из полученных томограмм выбирают наиболее информативные для внутричерепной мишени. На КТ-

и ПЭТ-КТ-томограммах кроме изображения среза головы пациента получают срезы локализатора с реперными точками a, b, d, k (рис. 4). Далее координаты внутримозговой мишени в системе координат томографа определяют с помощью графических программно-математических возможностей управляющего компьютера томографа. Для этого на томограмме головы ставят точку t , обозначающую условный центр стереотаксической мишени. Между изображениями срезов локализатора проводят линию ad , к которой затем проводят перпендикуляр tc . После этого, устанавливая курсор на реперные точки, измеряют расстояния ad, tc, ac, ab, dk , по которым определяют координаты точки-мишени t в плоскости сканирования (X, Y, Z). Расстояние ad конструктивно постоянное, поэтому при его измерении осуществляется дополнительная проверка точности измерения расстояний с помощью программных возможностей томографа.

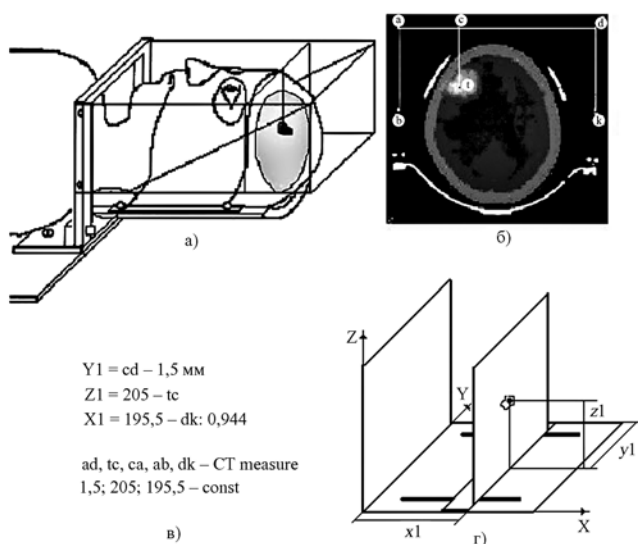


Рис. 4. Определение координат внутримозговой мишени на ПЭТ-КТ и ее моделирование в системе координат фантома: а) томография; б) измерение параметров; в) расчет координат; г) фантомное наведение на мишень

Полученные с помощью томографа координатные данные преобразуют в систему координат фантома – X_1, Y_1, Z_1 (сборка 2), на котором производится моделирование внутримозговой мишени.

При проведении стереотаксической подготовки на МРТ вклеенные в маску капсулы образуют реперные точки для построения системы координат головы пациента, в которой можно определить координаты любой внутримозговой точки. Полученные координаты внутримозговой мишени в системе координат томографа преобразуют затем в систему координат фантома, что позволяет в итоге навести инструмент на точку-мишень.

По завершении фантомного моделирования на вертикальной стороне фантома закрепляют вторичную раму с дугой и, используя степени свободы направляющего устройства, производят нацеливание сте-

реотаксического инструмента на имитатор точки-мишени. После совмещения конца инструмента с имитатором точки-мишени t на инструменте фиксируют ограничителем полученную на модели глубину его погружения. Затем вторичную рамку с дугой и направляющим устройством снимают с фантома и переносят на первичную рамку, связанную с основанием аппарата и зафиксированной головой пациента. После наложения фрезевого отверстия инструмент погружают в мозг пациента на рассчитанную глубину, при этом кончик инструмента совмещают с точкой-мишенью. Все описанные манипуляции основаны на программных возможностях компьютерного томографа и не требуют дополнительного программно-математического обеспечения.

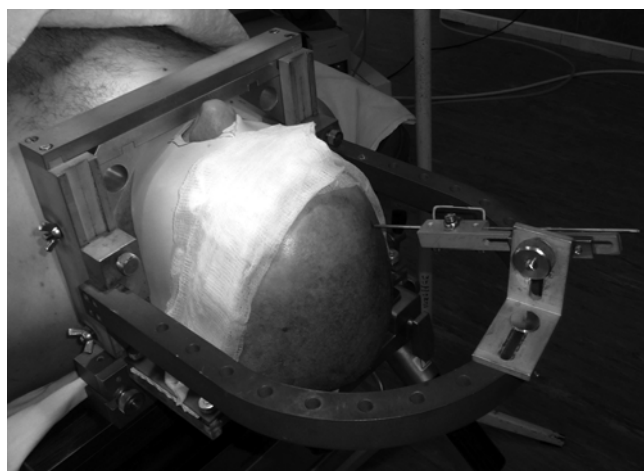


Рис. 5. Определение положения фрезевого отверстия во время стереотаксической операции

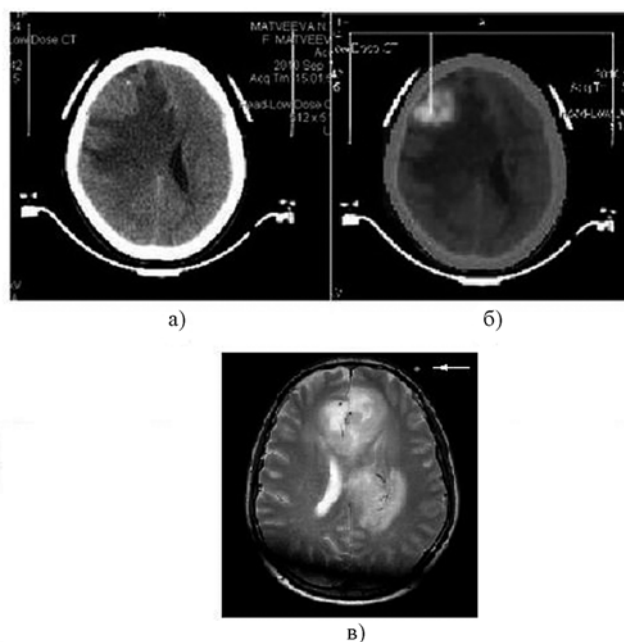


Рис. 6. КТ (а), совмещенная ПЭТ-КТ (б) и МРТ (в) томограммы головы пациента: на томограммах КТ и ПЭТ-КТ видны срезы диагонального локализатора; на МРТ-томограмме стрелкой указана реперная точка

Применение для фиксации головы пациента индивидуальной маски обеспечивает неизменное положение головы пациента при исследованиях на КТ, МРТ, и ПЭТ-КТ, что позволяет получить оптимальную диагностическую информацию параллельно с определением координат внутримозговой мишени в системе координат стереотаксического манипулятора. На рис. 6 приведены КТ-(а) и ПЭТ-КТ-совмещенные томограммы (б).

На фантоме манипулятора можно моделировать не только абстрактную точку-мишень, но и объем новообразования путем переноса его томографических изображений в натуральную величину на вертикальную пластину. Набор нескольких изображений новообразования, полученных на серии томограмм, перенесенных на вертикальную пластину (каждой томограмме соответствует своя координата X на фантоме), позволяет моделировать опухоль в пространстве фантома и осуществлять объемное планирование воздействия на опухоль.

Возможность многократного наведения инструмента на объемное образование из одного фрезевого отверстия обеспечивается наличием в сборке 2 имитатора входного фрезевого отверстия (рис. 2, поз. 16). Установка имитатора в рабочее положение осуществляется следующим образом. Голову пациента фиксируют в манипуляторе в положении сборки 3. На ней в запланированном месте накладывается фрезевое отверстие, затем с помощью наводящего устройства кончик канюли совмещается с центром отверстия и в этом положении закрепляется. После этого вторичная рамка с дугой, наводящим устройством и канюлей переносится на фантом и с кончиком канюли совмещается одно из отверстий имитатора. Это отверстие в дальнейшем используется как модель входного отверстия на фантоме. При многократном наведении на фантоме инструмент каждый раз проходит через модель входного отверстия и наводится затем на точки-мишени.

Кроме стандартных стереотаксических операций, таких как биопсия, криодеструкция внутримозговых мишеней, шунтирование, эвакуация гематом и др., с помощью стереотаксической системы «НИЗАН-М» можно проводить прицельную дистанционную радиотерапию. Для этого полученные с помощью КТ, МРТ или ПЭТ координаты внутримозговой мишени используются для размещения ее в центре конвергенции облучательской установки. Используемая маска при этом обеспечивает высокую повторяемость положения головы пациента, что, в свою очередь, дает возможность точного наведения пучка излучения на внутримозговую мишень.

Заключение

Представленная модификация стереотаксической системы «НИЗАН-М» обладает широкой универсальностью: 1) она может быть использована как в рамном, так и в безрамном вариантах; 2) с ее помощью можно осуществлять объемное планиро-

вание воздействия и многократное наведение инструмента; 3) систему можно использовать как для инвазивных, так и для неинвазивных (радиохирургических) стереотаксических операций. Манипуляция по изготовлению и использованию маски не усложняет и не увеличивает по времени процесс томографических исследований пациента, но при проведении исследования в маске нейрохирург одновременно получает возможность проведения стереотаксических вмешательств, если к этому возникнут показания. Устройство жесткого крепления головы и устройство-имитатор фрезевого отверстия значительно расширили диапазон системы в нейрохирургии: с ее помощью стало возможным проведение стереотаксических операций на больных, находящихся в бессознательном состоянии, и осуществление многократных воздействий на объемные мишени.

Список литературы:

1. Horsley V., Clarke R.H. The structure and functions of the cerebellum examined by a new method // Brain. 1908. Vol. 31. PP. 45-123.
2. Roberts D.W., Strohhahn J.W., Hatch J.F. et al. A frameless stereotaxic integration of computerized tomographic imaging and the operating microscope // J. Neurosurgery. 1986. Vol. 65. PP. 545-549.
3. Tanaka S., Uetsuhara K., Tomosugi T. et al. Preoperative localization of brain lesions by magnetic resonance imaging with a marking device // J. Neurosurgery. 1995. Vol. 82. № 3. PP. 511-513.
4. Аничков А.Д., Полонский Ю.З., Низковолос В.Б. Стереотаксические системы. Монография. – СПб.: Наука, 2006. 142 с.
5. Низковолос В.Б. Реализация возможностей стереотаксических манипуляторов «Ореол» и «Низан» для решения клинических задач / III съезд нейрохирургов России. СПб., 2002. С. 472-473.
6. Низковолос В.Б. Стереотаксис в нефункциональной нейрохирургии / Международная научно-практическая конференция «Малоинвазивная нейрохирургия». СПб., 2006. С. 37-55.
7. Низковолос В.Б., Аничков А.Д. Стереотаксическая система / Патент 2125835 Российская Федерация, МПК⁷ 6 А 61 В 6/08. / № 94008031; заявл. 02.03.94; опубл. 10.02.99. Бюл. № 4. 4 с.

Владимир Бенъевич Низковолос,
д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник,
Андрей Дмитриевич Аничков,
д-р мед. наук, профессор,
зам. директора института по науке,
Александр Феликсович Гурчин,
канд. мед. наук,
зав. нейрохирургическим отделением № 1,
Институт мозга человека
им. акад. Бехтерева РАН,
г. Санкт-Петербург,
e-mail: Nizk@ihb.spb.ru