

© Коллектив авторов, 2010
УДК 616.831-089:615.832

А.И. Холявин, А.Д. Аничков, В.Б. Низковолос, А.В. Обляпин

КРИОХИРУРГИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА В ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТЕРЕОТАКСИЧЕСКОЙ НЕЙРОХИРУРГИИ

Учреждение Российской академии наук «Институт мозга человека РАН» (дир. — д-р биол. наук С.В. Медведев), Санкт-Петербург

Ключевые слова: криохирургия, стереотаксические операции.

Введение. Функциональные стереотаксические операции на головном мозге, проводимые при таких заболеваниях, как эпилепсия, паркинсонизм, некоторых психических расстройствах и др., во многих случаях включают проведение локальной деструкции в одной или нескольких мозговых структурах. Деструкцию осуществляют при помощи стереотаксического наведения через фрезевые отверстия.

Требования, предъявляемые к методу локального воздействия, заключаются в возможности получения строго отграниченного очага деструкции мозговой ткани, как правило, небольшого размера (сопоставимого с размерами целевой структуры). Важным условием является недопущение распространения деструкции на соседние структуры (во избежание нежелательных осложнений), что предполагает стабильность геометрических параметров очага, формируемого стереотаксическим инструментом, а также возможность проведения пробных (обратимых) воздействий в целевой точке мозга. Методика также должна обеспечивать возможность множественных воздействий (в соседних структурах мозга или в разных полушариях). Безопасность операции предполагает отсутствие общих и минимальную выраженность местных тканевых реакций на очаг деструкции.

Из различных способов деструкции в функциональной нейрохирургии наиболее часто используется метод диатермокоагуляции переменным током высокой частоты [3]. Также упоминаются в литературе способы формирования очагов деструкции посредством анодного электролиза (интрацеребральный электрод является анодом) [1], имплантации капсул с радиоизотопом [2], воздействия лазером [9] и др. В то же время, в значительной степени отвечает вышеперечисленным условиям метод криохирургического воздействия.

Материал и методы. Криохирургический прибор оригинальной конструкции [6] основан на использовании сухого льда как источника холода (хладагента). В качестве хладоносителя, обеспечивающего охлаждение активного конца криохирургической канюли, используется ацетон (рис. 1). Прибор охлаждает ткань в целевой точке мозга до температуры -70°C . Криохирургическая канюля (криозонд) имеет температурный датчик, встроенный в активный конец.

В наборе криохирургического прибора имеются 2 криозонда для функционального стереотаксиса, имеющих наружный диаметр 2,5 мм и различающихся размерами охлаждающей камеры на активном конце. Криозонды позволяют получать очаги деструкции объемом соответственно 0,2 и 1 см³. В зависимости от размера целевой структуры во время стереотаксической операции использовался тот или иной криозонд, при многоцелевых стереотаксических операциях в ряде случаев последовательно использовали оба криозонда. Время холодовой экспозиции на ткань мозга составляет 4 мин. Криозонды перед операцией подвергали холодной стерилизации в неагрессивной среде (спиртовой раствор хлоргексидина и т.д.).

С 1996 г. подготовка функциональных стереотаксических операций производится нами с использованием магнитно-резонансной томографии (МРТ) [8]. Стереотаксическое наведение криозонда при помощи предоперационной МРТ позволяет с высокой точностью обеспечить проведение

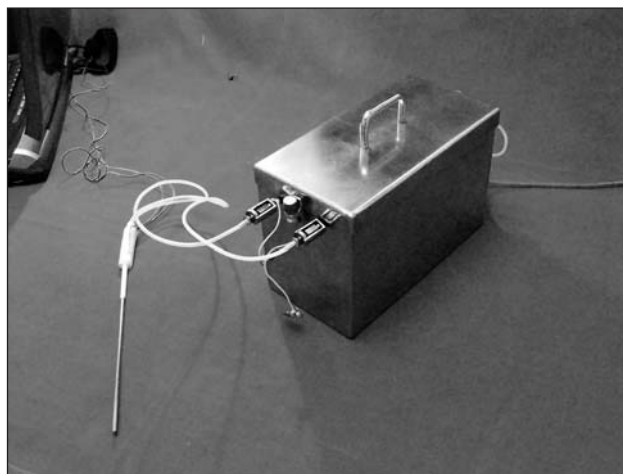


Рис. 1. Криохирургический аппарат.

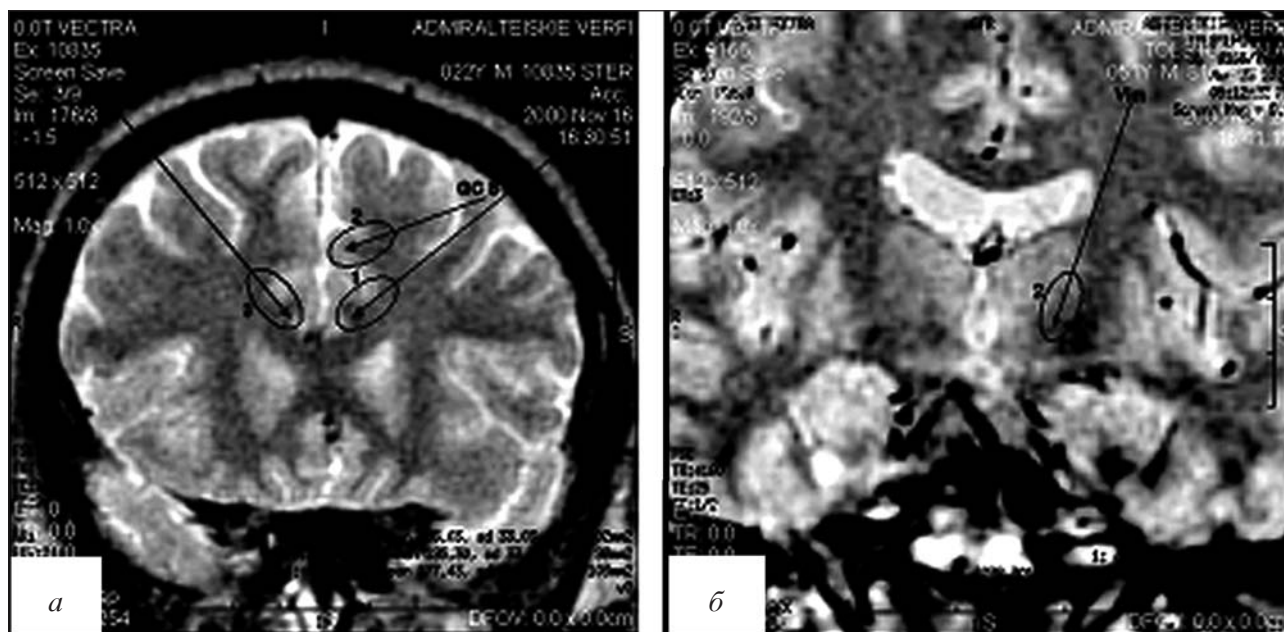


Рис. 2 Планирование деструкций в поясных извилинах (а) и вентролатеральном ядре таламуса (б).

Стрелки (1, 2, 3) указывают на целевые точки, эллипсы обозначают границы деструкций.

деструкции в заранее намеченной зоне мозга, осуществить малотравматичный доступ к структуре-мишени, а также предотвратить повреждение соседних структур. Планирование положения деструкций в целевых зонах осуществляли на экране томографа или рабочей станции с использованием штатного программного обеспечения. На стереотаксической МРТ выбирали положение целевых точек внутри структур-мишеней с учетом границ предполагаемой деструкции. При этом очаг деструкции должен максимально перекрывать целевую структуру, не затрагивая соседние прилегающие зоны мозга (рис. 2).

В тех случаях, когда целевая структура соседствует с проводящими путями мозга (вентролатеральное ядро таламуса и внутренняя капсула, медиальный членик бледного шара и зрительный тракт), мы проводим стереотаксическую МРТ с использованием трактографии, что позволяет уточнить положение целевой точки и предотвратить повреждение проводящих путей (рис. 3). Производится планирование наиболее безопасных траекторий введения стереотаксического криозонда, минуя крупные сосуды и функционально значимые зоны мозга (рис. 4).

В лаборатории стереотаксических методов Института мозга человека (ИМЧ) РАН при помощи аппарата описанной конструкции выполнены функциональные стереотаксические операции у 352 пациентов в возрасте от 16 до 71 года. Из них 22 пациента прооперированы по поводу височной эпилепсии, в связи с паркинсонизмом — 29 больных, по поводу героиновой наркомании — 274 пациента, обсессивно-компульсивного расстройства — 13 больных, болезни Жили де ля Туретта — 10 пациентов, с фантомно-болевым синдромом — 2 больных, со спастической кривошеей и хореей Гентингтона — по 1 пациенту. Используемые целевые структуры мозга отражены в таблице.

У большинства пациентов проводились многоцелевые стереотаксические вмешательства, при этом количество целевых точек для криовоздействия в зависимости от заболевания варьировало от 2 до 7 (в обоих полушариях мозга).

В 299 случаях больным произведены билатеральные криодеструкции на структурах и проводящих путях лимбической системы (поясной извилине, переднем бедре внутренней капсулы, безымянной субстанции). У 10 пациентов с двусторонней симптоматикой паркинсонизма, а также у больного со спастической кривошеей операции на таламусе и бледном шаре разных полушарий мозга выполнялись в два этапа с

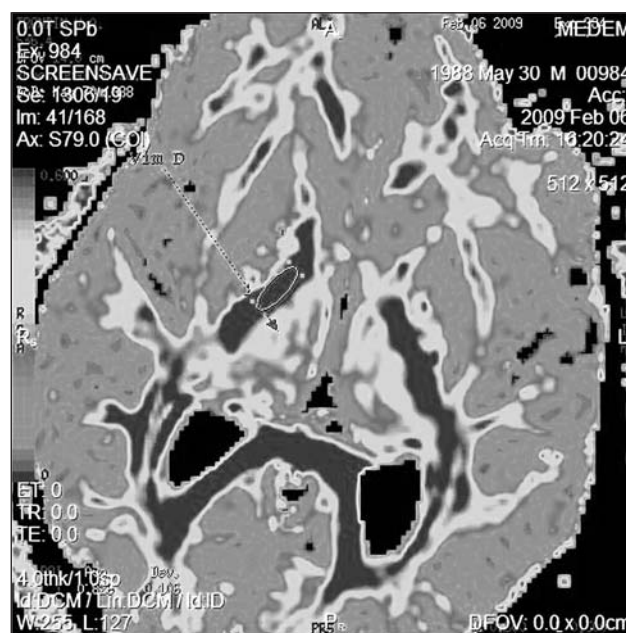


Рис. 3. Положение целевой точки в таламусе (указано стрелкой) на расстоянии от внутренней капсулы (темно-серая полоса, отмеченная эллипсом), по данным МР-трактографии.

Структуры мозга, в которых выполнялись деструкции

Целевая структура	Операция, производимая на структуре	Число вмешательств
Вентрально-промежуточное ядро таламуса	Вентролатеральная криоталамотомия	27
Граница переднего и заднего вентрально-оральных ядер таламуса	Вентролатеральная криоталамотомия	30
Срединный центр таламуса	Криоталамотомия	3
Дорсомедиальное ядро таламуса	Дорсомедиальная криоталамотомия	7
Бледный шар (медиальный членик)	Постероventральная криопаллидотомия	12
Поясная извилина	Передняя криоцингулотомия	305
Переднее бедро внутренней капсулы	Передняя криокапсулотомия	11
Безымьянная субстанция	Инноминатотомия	5
Крючок парагиппокампальной извилины	Криоункотомия	14
Миндалевидное ядро	Криоамигдалотомия	19
Гиппокамп	Криогиппокампотомия	22



Рис. 4. Траектория доступа к структурам височной доли запланирована в горизонтальном направлении, вне зоны сосудов. СпА в Б — целевая точка в переднем отделе левого гиппокампа (стрелка).

интервалом от 1 мес до 1 года, во избежание развития явлений дислокации мозга при одномоментной операции на этих структурах.

Оперативное вмешательство выполняли с использованием отечественной стереотаксической системы многоцелевого наведения [1]. Все операции проводились под местной анестезией, поскольку при выполнении деструкций вблизи функционально важных зон необходимо наличие контакта с пациентом. После обработки кожи на своде черепа в лобной или височной области отмечали стереотаксически рассчитанную точку для наложения фрезевого отверстия (рис. 5), что позволяло реализовать запланированные траектории введения инструмента.

Затем в целевые точки при помощи стереотаксического манипулятора последовательно вводили криозонд и осуществляли криохирургическое воздействие (рис. 6).

При этом включали компрессор, и охлажденный ацетон начинал циркулировать по трубкам криозонда, что приводило к понижению температуры его активного конца до -70°C . По окончании экспозиции дожидались оттаивания до достижения положительной температуры на индикаторе, после чего криозонд извлекали. Во время вмешательства и в послеоперационном периоде проводили системное введение гемостатических и противоотечных средств. В послеоперационном периоде выполняли контрольную МРТ или компьютерную томографию (КТ) (рис 7, 8).

Результаты и обсуждение. В раннем послеоперационном периоде (до 10–12 дней после вмешательства), по данным КТ, в зоне деструкций выявлялись гиподенсные очаги округлой формы с относительно четкими границами 1,6–1,7 см в диаметре, с признаками незначительного перифокального отека вокруг. Плотность очагов составляла 13–20 ед. Хаунсфилда. Приблизительно у трети пациентов в центре гиподенсных очагов деструкций выявлялись участки кровоизлияний диаметром 3–5 мм. Данные кровоизлияния не оказывали масс-эффекта и не рассматривались как осложнения. При выполнении МРТ в те же сроки раннего послеоперационного периода выявлялись фокусы деструкций с неоднородной интенсивностью, с четкими границами размером 1,7–1,9 см, гиперинтенсивные на T2-взвешенных изображениях. По периферии очагов визуализировались отложения гемосидерина. На T1-взвешенных изображениях очаги деструкций имели гипоинтенсивный характер; при наличии участков кровоизлияний в деструкциях отмечались гиперинтенсивные очаги. Также выявлялся перифокальный отек; признаков сдавления желудочковой системы, смещения срединных структур мозга не отмечалось.

Выполнение КТ и МРТ-исследований головного мозга в динамике позволило проанализировать изменения, происходящие с очагом криохирургического воздействия в различные сроки после

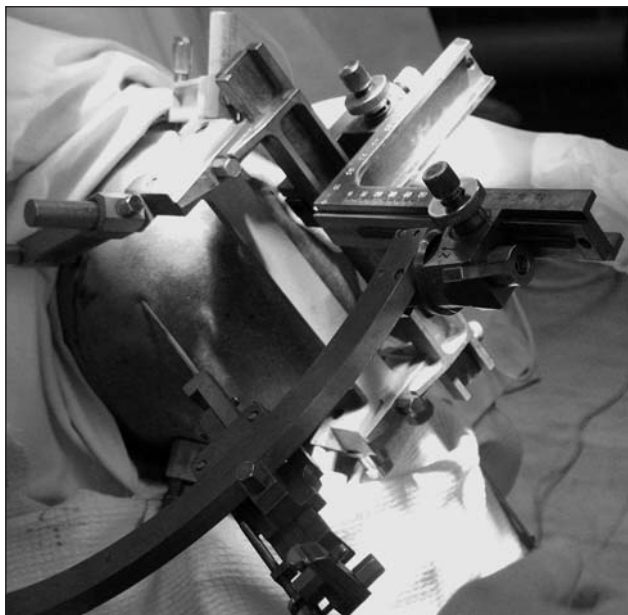


Рис. 5. Положение точки стереотаксического доступа на своде черепа пациента отмечено целеуказателем.

операции. При выполнении КТ в отдаленные сроки отмечалась динамика очагов в виде дальнейшего снижения плотности в зонах криодеструкции (10–12 ед. Хаунсфилда, что соответствует плотности, близкой к жидкостной). Несколько уменьшался размер очагов (до 1,2–1,5 см в зоне одиночной деструкции), исчезал отек мозга вокруг участков стереотаксического вмешательства. Морфологические изменения по заключению рентгенологов описывались как формирующиеся ликворные кисты в зонах выполненной криодеструкции.

При выполнении МРТ-исследования в отдаленном периоде отмечены 2 варианта эволюции послеоперационных очагов. В первом случае на месте проведенной криодеструкции выявлялась кистозная полость размером до 12–15 мм, во втором варианте определялись глиозные изменения повышенной интенсивности МР-сигнала на Rd - и $T2$ -взвешенных изображениях, пониженной интенсивности на $T1$ -взвешенных изображениях, размером до 0,96 см. В обоих вариантах отмечено наличие четких границ участков послеоперационных изменений, без зон отека мозговой ткани. Характерным является уменьшение размеров зон послеоперационных изменений, что связано с рассасыванием и сморщиванием некротического ядра в области криодеструкции.

Большинство наших пациентов хорошо переносили стереотаксическую криодеструкцию и могли быть активизированы на следующий день после операции (при условии отсутствия осложнений на контрольной КТ/МРТ).



Рис. 6. Криозонд через фрезевое отверстие введен в целевую точку мозга.

У одного из пациентов (0,3%) в послеоперационном периоде отмечено формирование абсцесса мозга. Наиболее опасным осложнением являлось формирование послеоперационной гематомы в зоне деструкции (частота около 1,7%), что потребовало проведения открытого хирургического вмешательства у 5 пациентов. При этом не выявлено зависимости опасности возникновения геморрагических осложнений от количества криодеструкций, одномоментно произведенных у пациента во время операции. Послеоперационная летальность составила 0,9%.

Наиболее широко известны в медицине криометодики и технологии, в которых используются следующие хладагенты: 1) сжиженные газы (например сжиженный азот); 2) сжатые газы (например сжатый азот в так называемом балонно-дроссельном методе); 3) легкоиспаряющиеся жидкости (например закись азота).

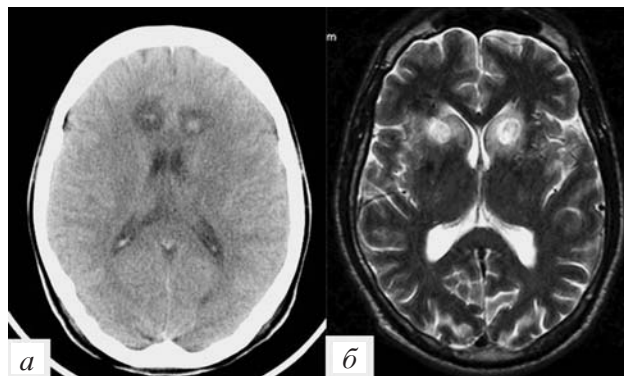


Рис. 7. Послеоперационная КТ через 3 дня после билатеральной криоингулотомии (а). Послеоперационная МРТ в $T2$ -режиме через 10 дней после билатеральной криокапсулотомии (б).

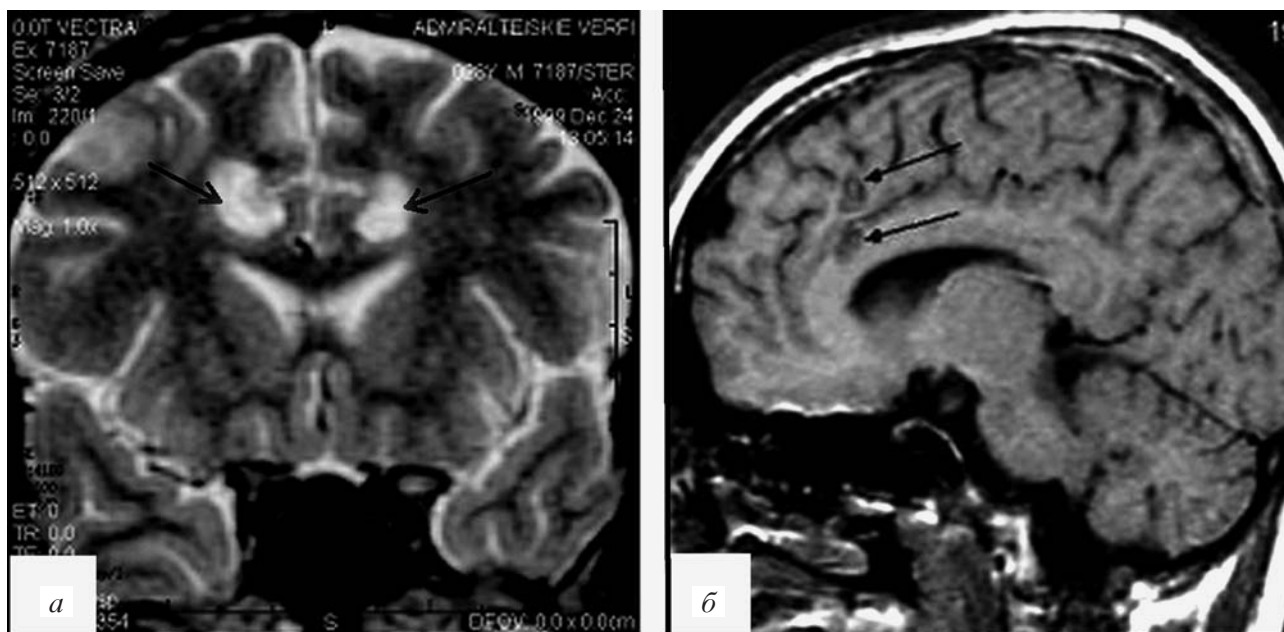


Рис. 8. МРТ в T2-режиме (а) и T1-режиме (б) в отдаленном послеоперационном периоде билатеральной криоцинулотомии. Стрелки указывают на очаговые изменения в зонах криохирургического воздействия.

Впервые для использования в функциональном стереотаксисе метод криодеструкции с использованием жидкого азота был предложен I.Соорер и А.Лее в 1960 г. [2]. Данный метод, предполагающий использование специальной канюли, позволял получать в зоне воздействия очаг крионекроза диаметром до 20–30 мм. Методика была усовершенствована в 60-х годах XX в. Э.И.Канделем и А.И.Шальниковым [2]. Аналогичную аппаратуру использовали в Киевском НИИ нейрохирургии [7]. Авторы метода подчеркивают такие преимущества разрушения ткани методом локального замораживания, как возможность контроля за объемом деструкции, гемостатический эффект, а также отсутствие повреждающего воздействия на стенки кровеносных сосудов. Кроме того, положительное значение имеют отсутствие общих и минимальная выраженность местных тканевых реакций на очаг крионекроза, отсутствие газообразования в процессе деструкции, возможность обратимых воздействий в интервале температур до -20°C . Показано [4], что при криовоздействии на ткани мозга разрушению подвергается весь замороженный объем, зона криогенного воздействия имеет достаточно четкие границы, перифокальный клеточный отек в ближайшее время после воздействия не выражен и распространяется не более чем на 1–2 мм.

Деструктивное воздействие низких температур на ткань мозга объясняется следующими факторами [5]: 1) образование льда, повреждающего клеточные мембраны, в клеточ-

ной и межклеточной жидкости; 2) дегидратация клеток (осмотический шок) в процессе образования льда и повышения осмотического давления в межклеточном пространстве; 3) прекращение подвижности цитоплазмы (термальный шок); 4) денатурация липопротеинов и фосфолипидов в клеточных мембранах; 5) ишемия замороженной части ткани за счет стаза и тромбообразования в мелких кровеносных сосудах; 6) перемещение микрокристаллов льда в ткани во время оттаивания замороженного участка.

Криохирургический аппарат конструкции ИМЧ РАН обладает рядом преимуществ по сравнению с аналогичными устройствами, работающими на жидком азоте, поскольку охлаждение до температуры ниже -100°C ухудшает адгезию мозговой ткани к активному концу криозонда, что уменьшает температурный контакт с тканью и уменьшает скорость замораживания. Кроме того, замораживание до сверхнизких температур может вызвать формирование «ледяных переломов» замороженной ткани с повреждением крупных сосудов и возникновением кровотечения после оттаивания; при температурах выше -100°C этот эффект не наблюдается. Вдобавок прибор, работающий с использованием сухого льда, проще и безопасней в работе по сравнению с аппаратом на жидком азоте.

Особо подчеркнем тот факт, что ни у одного из пациентов, у которых наведение инструмента на мишень осуществлялось при помощи стереотаксической МРТ, не отмечено нежела-

тельного распространения криодеструкции за пределы целевой структуры. Это обстоятельство имеет существенное значение для безопасности операций при паркинсонизме, среди возможных осложнений которых описаны повреждения заднего бедра внутренней капсулы (при таламотомии) или зрительного тракта (при паллидотомии) с формированием соответственно контралатерального пареза или зрительных скотом. В нашем наблюдении подобных осложнений не отмечалось.

Выводы. 1. Использование описанной криохирургической аппаратуры у большого числа пациентов клиники функциональной нейрохирургии показало высокую степень повторяемости геометрических параметров получаемых очагов деструкций в целевых структурах, а также отсутствие общей и выраженной местной тканевой реакции на очаги криодеструкции даже при нескольких мишенях в разных полушариях мозга.

2. Отмечен сравнительно низкий процент геморрагических и инфекционных осложнений.

3. Предложенная методика в значительной степени отвечает требованиям, предъявляемым к стереотаксическим воздействиям при функциональных операциях многоцелевого наведения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аничков А.Д., Полонский Ю.З., Низковолос В.Б. Стереотаксические системы. — СПб.: Наука, 2006. — 142 с.
2. Кандель Э.И. Функциональная и стереотаксическая нейрохирургия. — М.: Медицина, 1981. — 368 с.
3. Лапоногов О.А., Попов А.А., Костюк К.Р. и др. Сравнительный анализ результатов криодеструкции и высокочастотной электрокоагуляции при выполнении таламотомии больным паркинсонизмом с фармакорезистентным тремором // «Поленовские чтения»: Тезисы Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. проф. В.П.Берснева. — СПб.: Человек и его здоровье, 2009. — С. 371.
4. Мануковский В.А. Криодеструкция в трансфеноидальной хирургии аденом гипофиза: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — СПб., 2002. — 24 с..
5. Низковолос В.Б. Биофизическое и медико-техническое обоснование локальных воздействий на ткани мозга для стереотаксической нейрохирургии: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — СПб., 2007. — 24 с.
6. Патент № 2115377 Российская Федерация МКИ А61 В 6/00. Устройство для криохирургического воздействия / В.Б.Низковолос, А.Д.Аничков. — Б.И. — 1998. — № 20.
7. Филиппов Ю.П., Боярский М.Ю., Бродянский В.М., Птуха Т.П. Выбор рабочих температур криоинструментов для локального разрушения биологической ткани // Мед. техника. — 1977. — № 2. — С. 40–44.
8. Холявин А.И., Полонский Ю.З. Стереотаксическое МРТ-наведение в хирургии психических расстройств: метод локализационных маршрутов // Неврологический вестн. им. В.М.Бехтерева. — 2007. — Т. 39, вып. 2. — С. 57–63.
9. Slavin K.R., Gildenberg P.L., Tasker R.R. (eds) et al. Lasers in stereotactic neurosurgery // Textbook of stereotactic and functional neurosurgery. — New York: McGraw-Hill, 1998. — P. 380–383.

Поступила в редакцию 13.11.2009 г.

A.I.Kholyavin, A.D.Anichkov, V.B.Nizkovolos,
A.V.Oblyapin

CRYOSURGICAL METHOD IN FUNCTIONAL STEREOTACTIC NEUROSURGERY

Method of cryodestruction of deep subcortical structures is used in functional stereotactic operations in patients with chronic progressing diseases of the central nervous system. The ИМЧ РАН device produces cooling the tissues in the target point of the brain to -70°C , which allows to obtain the destruction focus with volume 0.2 or 1 cm^3 . The source of cooling in the apparatus is solid cryodestruction carbonic acid. The method was used in 352 patients. The results of operations showed high degree of repeatability of geometric parameters of the obtained foci in the target structures, as well as the absence of the general and pronounced local tissue reaction to the cryodestruction foci. There was low percentage of hemorrhagic and infectious complications.