УДК 616.858-08:616.831-089

ГЛУБОКАЯ СТИМУЛЯЦИЯ МОЗГА У ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЬЮ ПАРКИНСОНА: ПОКАЗАНИЯ, ПОРЯДОК ОТБОРА, РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ

© Лихачев С.А., Ващилин В.В., Буняк А.Г., Алексеевец В.В., Забродец Г.В.

Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, 220114, Беларусь, Минск, ул. Ф. Скорины, 24

Резюме

Цель. Усовершенствовать тактику отбора пациентов с болезнью Паркинсона, показания и противопоказания к оперативному лечению с использованием глубокой стимуляцией мозга и оценить результаты оперативного лечения.

Методика. В группу наблюдения вошли 51 пациент с установленными электродами в базальные ядра и нейростимулятором в подключичной области. Динамику моторных функций до и после операции оценивали по унифицированной рейтинговой шкале оценки болезни Паркинсона, изменение медикаментозной терапии оценивали с помощью показателя леводопаэквивалентная доза (ЛЭД).

Результаты. Сформулированы критерии отбора пациентов с БП, проанализированы результаты лечения с использованием динамики показателей моторной функции пациентов за период наблюдения и изменение леводопаэквивалентной дозы (ЛЭД) до и после оперативного вмешательства. В статье анализируется мировой и собственный опыт решения многочисленных вопросов, возникающих при проведении хронической глубокой стимуляции мозга. Рассматриваются показания и противопоказаний к хирургическому лечению болезни Паркинсона. Обсуждается проблемы алгоритма ведения пациентов, времени начала и целевых мишеней программирования.

Заключение. Лечение пациентов с БП с использованием глубокой стимуляции мозга – сложный и многокомпонентный процесс, позволяющий добиться заметных успехов, но одновременно требующий со стороны наблюдающего невролога и нейрохирурга активного внимания и понимания происходящих процессов.

Ключевые слова: болезнь Паркинсона, хроническая глубокая стимуляция мозга, субталамическое ядро, леводопаэквивалентная доза

DEEP BRAIN STIMULATION IN PATIENTS WITH PARKINSON'S DISEASE: INDICATIONS, SELECTION PROCEDURE, TREATMENT RESULTS

Likhachev S.A., Vashchylin V.V., Buniak A.G., Alekseevec V.V., Zabrodzec G.V.

Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, 24, Scariny St., 220114, Minsk, Republic Belarus

Abstract

Objective. To improve the tactics of selection of patients with Parkinson's disease, indications and contraindications for surgical treatment with the use of deep brain stimulation and to evaluate the results of surgical treatment.

Methods. The observation group included 51 patients with DBS. The dynamics of motor functions before and after surgery was evaluated on UPDRS, changes in drug therapy were assessed using LEDD.

Results. The criteria for selecting patients with PD were formulated, the results of treatment were analyzed using the dynamics of the motor function of patients during follow-up and the change of the LEDD before and after surgery. The article discusses the indications and contraindications for surgical treatment of Parkinson's disease. Issues concerning the algorithm of programming, the onset of programming, and its targeted sites are discussed in the article a well.

Conclusion. The treatment of patients with PD using deep brain stimulation – a complex and multicomponent process, allows to achieve significant progress, but at the same time requires neirologist's and neurosurgeon's active attention and understanding of the processes.

Keywords: Parkinson's disease, chronic deep brain stimulation, subthalamic nucleus, levodopaequivalent dose

Введение

Выполнение глубокой стимуляции головного мозга в настоящее время рассматривается как высокоэффективный и достаточно безопасный метод коррекции проявлений и осложнений медикаментозной терапии болезни Паркинсона (БП). Использование нейрохирургических методов лечения прочно заняло свое место в общем алгоритме ведения пациентов с БП. Появление стереотаксической хирургии и выбор базальных ядер в качестве мишени продемонстрировало возможности функциональной нейрохирургии в коррекции симптомов паркинсонизма [1, 17]. Ограничения и осложнения деструктивных методов стереотаксической нейрохирургии болезни Паркинсона в эпоху леводопатерапии обусловили значительный остракизм данной технологии. Общепризнанным началом эпохи возрождения функциональной нейрохирургии принято считать 1987 г,, когда Benabid и соавторы сообщили об успешном регрессе тремора при высокочастотной стимуляции ядра таламуса имплантированными электродами [1]. Активное и широкое распространение глубокой стимуляции мозга (DBS - deep brain stimulation) в лечении пациентов с БП приобрело после появления сообщений об эффекте стимуляции бледного шара (Gpi - globus pallidus interna) и субталамического ядра (STN - subthalamic nucleus) [16, 10]. В настоящее время данные ядра, наряду с вентроинтермедиальным ядром таламуса (Vim) рассматриваются как основные мишени для DBS терапии, имеющие сравнимый эффект в отношении регресса проявлений БП [6, 11].

Стимуляция глубинных структур головного мозга у пациентов с БП позволяет уменьшить проявления болезни, снизить дозы принимаемых препаратов, улучшить эффективность медикаментозной терапии. Основной целью хирургического лечения является коррекция таких проявлений болезни, как инвалидизирующий тремор, моторные флюктуации, левадопо-индуцированные дискинезии, гипокинезия периода «выключения». К настоящему времени во всем мире глубокая стимуляция головного мозга выполнена более чем у 50 000 пациентов с БП. Однако несмотря на большой объем проведенных исследований, к настоящему времени в мировой литературе не имеется единого мнения и проводится дальнейшая работа по усовершенствованию критериев отбора, выбора мишени для стимуляции и последующего ведения пациента с имплантированным нейростимулятором [6,15].

Цель исследования – на основании мирового данных и собственного опыта усовершенствовать тактику отбора, показания и противопоказания к оперативному лечению пациентов с болезнью Паркинсона с использованием глубокой стимуляцией мозга и оценить результаты лечения в Республике Беларусь

Методика

Группу исследования составили 51 пациент с БП, отобранные для оперативного лечения с использованием глубокой стимуляции мозга. Для оценки моторной функции у пациентов использовалась унифицированная рейтинговая шкала оценки болезни Паркинсона – Unified Parcinson’s disease rating scale (UPDRS) [6], изменение медикаментозной терапии оценивали с помощью показателя леводопаэквивалентная доза (ЛЭД).

Для проверки нормальности распределения количественных данных использовали критерий Шапиро-Уилка. В случае нормального распределения признака использовали t-критерий Стьюдента, данные описывали в виде среднего значения и стандартного отклонения (M±SD). При распределении признака, отличном от нормального, применяли критерий Манна-Уитни (U), результаты представляли в виде медианы (Me), 25-го и 75-го процентилей (25‰; 75‰). Статистически значимыми считали значения при $p<0,05$, $p<0,01$, $p<0,001$.

Результаты исследования и их обсуждение

В Беларуси хирургическое лечение при БП проводится на базе Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии (РНПЦ ННХ) с 2011 г., и с этого времени для нас стала актуальна разработка тактики отбора и ведения пациентов с БП при хронической глубокой стимуляции мозга. Сотрудниками нашего центра были выполнены стереотаксические оперативные вмешательства по установке электродов и имплантации нейростимуляторов для глубокой стимуляции мозга у 51 пациента с БП, из них 24 мужчин и 27 женщин. Динамическое наблюдение за данной категорией пациентов проводится по настоящее время. Возраст пациентов на момент операции составил от 31 до 68 лет (средний возраст 55,9±7,17 лет), длительность заболевания до оперативного лечения – от 6 до 20 лет (средняя длительность 10,5±3,5 года), что указано в табл. 1.

В качестве мишени были выбраны следующие глубинные структуры мозга: STN – 39 человек, из которых в одном случае выполнена переустановка электрода в GPi слева в связи с развитием гемибаллизма; GPi у 9 пациентов и Vim – 3 человек. Замена нейростимулятора проведена 14 пациентам, из них двум пациентам дважды.

Таблица 1. Характеристика пациентов до оперативного лечения

Распределение по полу	24 мужчин, 27 женщин
Возраст (mean±SD), лет	55,9±7,17
Стадия по Хен-Яру: 2-2,5	31 человека
3	18 человек
4	2 человека
Длительность заболевания до операции, (mean±SD), лет	10,5±3,5
Леводопаэквивалентная доза до операции, (mean±SD)	1064,2±341,1

Отбор пациентов для оперативного лечения при БП предполагает комплексную оценку здоровья, влияния заболевания на качество жизни, степень ограничения социальной и повседневной жизненной активности. Показания к хирургическому лечению определяются индивидуально и зависят от соотношения потенциальной пользы от операции и риска развития побочных эффектов. По мнению многих авторов и собственному опыту тщательный отбор пациентов для хирургического лечения БП увеличивает преимущества данного вида лечения, предотвращает оперативные вмешательства у пациентов с неподходящими вариантами течения заболевания, сокращает количество ненужных операций. На основе анализа мирового опыта и предлагаемых рекомендаций, с учетом имеющегося опыта и возможностей нами были разработаны следующие критерии отбора на глубокую стимуляцию мозга при БП: 1) Болезнь Паркинсона (идиопатический паркинсонизм), длительность заболевания – 5 лет и более. 2) Степень заболевания 2 и более балла по Хену-Яру в лучшем медикаментозном On- периоде. 3) Уменьшение выраженности двигательных расстройств на 50% и более во время теста с леводопой (наличие разницы между ON-OFF-периодами по III части унифицированной рейтинговой шкалы оценки болезни Паркинсона (UPDRS) не менее 50%). 4) Состояние пациента в On- период не менее 70% по шкале повседневной двигательной активности Shwab and England. 5) Невозможность адекватного контроля симптомов заболевания (тремор) медикаментозными средствами. 6) Наличие выраженных осложнений медикаментозной терапии: лекарственных дискинезий и моторных флюктуаций, сохраняющихся на оптимально подобранной терапии.

При отборе кандидатов на оперативное вмешательство оцениваются индивидуальные факторы риска. Общее состояние пациента не должно препятствовать операции, так как во время оперативного вмешательства на этапе выбора мишени воздействия пациент должен рассказывать о возникающих ощущениях. Деменция, острый психоз или значительно выраженная депрессия являются противопоказаниями к хирургическому лечению, и поэтому, все пациенты направляются на консультацию психолога и при необходимости психиатра. Симптомы, резистентные к леводопе, такие, как дизартрия или постуральная неустойчивость, ограничивающие степень функционального улучшения после оперативного вмешательства, могут рассматриваться как относительное противопоказание. Пациенты со структурным повреждением точки мишени, установленным с помощью нейровизуализации, равно, как и пациенты с ишемическим и травматическим повреждением относятся к категории пациентов, которым противопоказано нейрохирургическое вмешательство в данной локализации. Выраженная атрофия мозга, приём антикоагулянтов, наличие сахарного диабета или приём иммунодепрессантов увеличивают риск кровотечения во время операции.

На основании вышеизложенного нами были сформулированы противопоказания при отборе на глубокую стимуляцию мозга при БП: 1) Морфологические изменения мишени (например, артериовенозная мальформация области базальных ядер, последствия ишемии мозга в базальных ядрах, верифицируюемые на КТ или МРТ головного мозга). 2) Выраженная атрофия мозга, степень которой верифицируется по данным КТ или МРТ головного мозга. 3) Клаустрофобия. Невозможность выполнения МРТ и соответственно расчёта точек мишени. 4) Наличие выраженной постуральной неустойчивости. 5) Приём антикоагулянтов и болезни с нарушением свертывающей системы крови. 6) Выраженные тревожно-депрессивные состояния, суицидальные мысли, когнитивные нарушения умеренной степени выраженности и выше. 7) Сопутствующие заболевания в стадии суб- и декомпенсации. 8) Возраст старше 65 лет и речевые нарушения являются относительными противопоказаниями.

Эффективность оперативного лечения зависит не только от адекватного отбора пациентов и определения ядра-мишени, но и от правильного выбора оптимальной зоны деструкции или

точности имплантации электрода в выбранное ядро. Учитывая небольшие размеры ядер-мишеней, возможные погрешности при нейровизуализации и рамной навигации, приводящие к смещению имплантированного элекрода для стимуляции или электрода для деструкции от намеченных координат, встает необходимость дополнительного контроля таргетирования [11]. С этой целью используются интраоперационное нейрофизиологическое диагностика. К ним относятся: метод вызванных потенциалов, измерение импеданса, макро либо микроэлектродная регистрация и/или стимуляция. В нашем центре используется метод микроэлектродной регистрации нейрональной активности, а также тестовая макроэлектродная стимуляция.

Несмотря на значительное уменьшение неврологических проявлений и улучшение качества и продолжительности жизни пациентов после проведения стереотаксического вмешательства, они сохраняют потребность в регулярном и тщательном наблюдении [12]. Лечащему врачу при этом приходится принимать во внимание еще большее количество факторов и решать вновь появившиеся проблемы [15]: 1) Когда и как начинать, а также проводить в дальнейшем программирование стимулятора? 2) Как осуществлять подбор медикаментозной терапии? 3) Как предупредить и корректировать возможные неблагоприятные реакции и осложнения? 4) Как оптимально обучить пациента и его родственников элементам ухода за имплантированными устройствами, а также возможным ограничениям и опасностям?

Возникающие вопросы ведения пациентов после нейрохирургического лечения по временному периоду и характеру проблем можно структурировать на 3 группы: 1) тактика ведения пациента в раннем послеоперационном периоде; 2) наблюдение пациента в длительной перспективе; 3) коррекция послеоперационных проблем и осложнений.

Ранний послеоперационный период в большинстве случаев протекает без каких-либо осложнений и пациент не нуждается в госпитализации в отделение интенсивной терапии, а наблюдение и стандартный контроль витальных функций, ЭКГ, АД проводится в нейрохирургическом отделении [3]. Пациентам выполняется нейровизуализация, которая позволяет проконтролировать расположение электродов и исключить возможные внутримозговые операционные осложнения [5]. Медикаментозная терапия в послеоперационном периоде должна быть возобновлена как можно раньше для исключения развития злокачественного нейролептического синдрома или других форм острой дофаминергической недостаточности [14]. Для облегчения титрации медикаментов при программировании терапия проводится преимущественно препаратами леводопы. Начальная доза препаратов при выборе в качестве мишени субталамического ядра снижается на 30-50% вследствие развития microlesion эффекта, в других случаях рассчитывается эквивалентно предоперационной.

В нашем центре, как в большинстве других, производится одновременная установка электродов и имплантация электростимулятора. Установка электродов в целевых структурах сопровождается преходящим улучшением симптоматики из-за так называемого microlesion эффекта, поэтому начало программирования откладывают на некоторое время, от нескольких дней до нескольких недель, зависящее от восстановления симптоматики [8]. Вместе с этим пациент должен быть осведомлен о возможности колебания симптоматики при стимуляции в первые несколько мес. В каждом конкретном центре алгоритм послеоперационного наблюдения, время начального программирования, сроки пребывания в стационаре могут значительно разниться в зависимости от имеющихся ресурсов. В РНПЦ ННХ начальное пробное программирование проводится через неделю после операции в условиях стационара с последующей коррекцией на плановых амбулаторных визитах (стационарных при необходимости) через 1, 3, 6 и 12 мес. или по необходимости при значительном изменении самочувствия пациента. Последующие визиты назначаются 1 раз в год или в индивидуальном порядке по мере необходимости. Динамика оценки моторной функции у пациентов на фоне глубокой нейростимуляции в баллах по III части шкалы UPDRS отражены в табл. 2. Как видно из таблицы, оцениваемый показатель снижался (олее чем в 2 раза) через 1 мес. после установки нейростимулятора и электродов как в on медикаментозный период, так и в off медикаментозный и далее с незначительными колебаниями сохранялся на протяжении 5 лет. Так в off медикаментозный период до операции показатель моторной функции по III ч UPDRS составил 40,5 балла, то через 1 мес. – 11 б, через 6 мес. – 19,5 б, через 1 год – 10б, через 2 года – 19 б, через 3 года – 10 б и через 5 лет – 19,5 б. В on медикаментозный период до операции – 13 балла, то через 1 мес. – 3 б, через 6 мес. – 6,5 б, через 1 год – 5 б, через 2 года – 15,5 б, через 3 года – 6 б и через 5 лет – 11 б. После имплантации нейростимулятора и электродов off и on медикаментозные периоды оценивались на фоне глубокой стимуляции мозга.

В качестве мишени были выбраны следующие глубинные структуры мозга: STN – 39 человек, из которых в одном случае выполнена переустановка электрода в GPi слева в связи с развитием гемибаллизма; GPi у 9 пациентов и Vim – 3 человек. Замена нейростимулятора проведена 14 пациентам, из них двум пациентам дважды.

Таблица 2. Динамика показателей моторной функции по III ч Унифицированной рейтинговой шкале оценки болезни Паркинсона до и после операции, Me (0,25;0,75), p<0,001

Оценка по UPDRS (баллы)	До операции	Через 1 мес.	Через 6 мес.	Через 1 год	Через 2 года	Через 3 года	Через 5 лет
III ч UPDRS off-период	40,5 (34,75;54)	11 (7,25;14,25)	19,5 (7,25;24,75)	10 (5,5;18,25)	19 (18,25;27,25)	10 (9;17)	19,5 (12,25;27,5)
III ч UPDRS on-период	13 (9,25;22,5)	3 (2;6)	6,5 (3,5;12)	5 (4;17)	15,5 (12,5;17,75)	6 (0;12)	11 (5,75;23,75)
off«-»on	26,5 (21,25;37,5)	5 (2;8)	8 (4;11,5)	2 (0,75;5)	2 (1,25;4,25)	4 (3;5)	6 (5;10,75)

Подбор параметров стимуляции и соответствующей медикаментозной терапии требует определенных критериев и включает два этапа. На первом этапе выбирается оптимальный контакт и подбирается интенсивность стимуляции с помощью стандартной ширины импульса и частоты. В качества оцениваемых симптомов используется мышечная ригидность и тремор при его наличии Брадикинезия более вариабельна, так как зависит от мотивации, усталости, имеет вариабельную латентность при стимуляции [8]. На втором этапе, осуществляется клиническая оценка с коррекцией параметров стимуляции и медикаментозной терапии по мере необходимости.

К сожалению, проведение стереотаксических вмешательств при БП не избавляет от необходимости применения лекарственных средств, однако позволяет в большей или меньшей степени уменьшить их количество [3]. Актуальной задачей в данном случае является достижение баланса между оптимизацией эффектов нейромодуляции и возможным снижением доз медикаментов с минимизацией побочных эффектов. Отсутствуют предпочтения какой-либо группы препаратов, используются как препараты леводопы, так и агонисты дофаминовых рецепторов. Критерием успешности оптимизации нейромодуляции и медикаментозной терапии является улучшение мобильности пациента при отсутствии дискинезий или других побочных эффектов. При стимуляции STN постепенное плавное увеличение интенсивности нейромодуляции должно сопровождаться снижением доз лекарств. Возможные осложнения: моторные – дискинезии, флуктуации гипокинезии, а также психические – депрессия, апатия, гипомания. При нейромодуляция Gpi и Vim дозы медикаментов изменяются менее интенсивно, чем при STN, а изменение интенсивности нейромодуляции может проводиться более активно [6].

Анализ данных показал, что среднее значение ЛЭД до операции составляла 1064,2±341,1 мг. Через 1 мес. после операции среднее значение ЛЭД составило 585,0±215,5 мг, через 1 год – 708,3±213,8 мг. Пациенты после DBS терапии требуют наблюдения на протяжении всего периода работы стимулятора. Наряду с контролем эффективности и при необходимости коррекции терапии пациенты и их родственники в обязательном порядке обучаются элементам ухода за имплантированными устройствами и мерам предосторожности. Пациенты после имплантации электродов и нейростимулятора для DBS имеют повышенный риск развития побочных эффектов.

Среди 51 человек с БП на фоне DBS из группы наблюдения встречались следующие побочные эффекты: повышение массы тела у 36(70,5%) пациентов с DBS STN, 7 (13,7%) пациентов с DBS Gpi и 2 (3,9%) пациентка с DBS Vim и не превышало 10 кг. Для коррекции веса были даны рекомендации по соблюдению низкокалорийной диеты; появление аксиальной симптоматики, которое проявлялось в виде персистирующего ухудшения постуральной устойчивости, акинезии ходьбы, учащения застываний (freezing), нарушения инициации ходьбы, требующие коррекции двигательного стереотипа, наблюдалось у 9 (17,6%) пациентов с DBS STN, у 2 (3,9%) пациентов с DBS Gpi и 1 (1,9%) пациентки с DBS Vim. Перечисленные симптомы корректировались изменением стереотипа ходьбы с использованием маршевой ходьбы, в некоторых случаях плохо поддавались коррекции за период наблюдения; речевые нарушения, часто связанные с распространением возбуждения на внутреннюю капсулу, а в позднем периоде вследствие дисфункции недофаминергических путей, наблюдались у 6 (11,7%) пациентов с DBS STN.

В большинстве случаев пациенты были согласны примириться с нарушением речи и голоса в ответ на значительный регресс основных симптомов заболевания на фоне нейростимуляции; хореиформные или дистонические гиперкинезы, подобные леводопа-индуцированным дискинезиям, возникали у 35 (68,6%) пациентов с DBS STN на начальных этапах программирования и обычно исчезали или значительно регрессировали при хронической стимуляции. Аффективные и когнитивные изменения в послеоперационном периоде выявлялись у 20 (39,2%) человек при DBS STN в виде повышения активности, работоспособности, творческой деятельности, общительности, импульсивности, которые могли возникать как в дневное время, так и ночью и в некоторых случаях беспокоили как самих пациентов, так и их родственников.

Транзиторные психические расстройства в виде органического галлюциноза, нарушения сна с кошмарными сновидениями в адаптационный период (1 год) наблюдались у 3 (5,8%) человек и потребовали медикаментозной коррекции.

Заключение

Таким образом, лечение пациентов с БП с использованием глубокой стимуляции мозга – сложный и многокомпонентный процесс, позволяющий добиться заметных успехов, таких как снижение оценки показателей моторной функции у пациентов, уменьшение леводопаэквивалентной дозы, но одновременно требующий со стороны наблюдающего невролога и нейрохирурга активного внимания и понимания происходящих процессов.

Литература (references)

1. Benabid A.L. Combined (thalamotomy and stimulation) stereotactic surgery of the VIM thalamic nucleus for bilateral Parkinson disease // Applied Neurophysiology. – 1987. – V.50. – P. 344-346.
2. Cooper I.S. Ligation of the anterior choroidal artery for involuntary movements; parkinsonism // Psychiatric Quarterly. – 1953. – V.27. – P. 317-319.
3. Deuschl G. Deep Brain Stimulation: Postoperative Issues // Movement Disorders. – 2006. – V.21. – P. 219-237.
4. Evidente V.G. Medication dose reductions after pallidal versus subthalamic stimulation in patients with Parkinson's disease // Acta Neurologica Scandinavica. – 2011. – V.124. – P. 211-214.
5. Fenoy A. Risks of common complications in deep brain stimulation surgery: management and avoidance // Journal. Neurosurgary. – 2014. – V.120. – P. 132-139.
6. Ferreira J. Katzenschlager R., Bloem B. R. Summary of the recommendations of the EFNS/MDS-ES review on therapeutic management of Parkinson’s disease // EFNS European Journal of Neurology. – 2013. – V.20. – P. 5-15.
7. Follett K.A. Pallidal versus subthalamic deep-brain stimulation for Parkinson's disease // New England Journal of Medicine. – 2010. – V.362. – P. 2077-2091.
8. Foltynie T., Hariz M. Surgical management of Parkinson's disease. Expert Rev // Neurotherapy. – 2010 – V.10. – P. 903-914.
9. Groiss S. Deep brain stimulation in Parkinson's disease // Therapeutic Advances in Neurological Disorders. – 2009. – V.2. – P. 20–28.
10. Limousin P. Effect of parkinsonian signs and symptoms of bilateral subthalamic nucleus stimulation // Lancet. – 1995. – V. 345. – P. 91-95.
11. Liu Y. Meta-analysis comparing deep brain stimulation of the globus pallidus and subthalamic nucleus to treat advanced Parkinson disease // Journal Neurosurgary. – 2014. – V. 121. – P. 709-718.
12. Lozano A.M. Snyder B.J., Hamani C. et al. Bazal ganglia physiology and deep brain stimulation // Movement Disorders. – 2010. – V. 25. – P. 71-75.
13. Merola A. Medical therapy and subthalamic deep brain stimulation in advanced Parkinson's disease: a different long-term outcome? // Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry. – 2014. – V. 85. – P. 552-559.
14. Machado A. Deep Brain Stimulation for Parkinson’s Disease: Surgical Technique and Perioperative Management // Movement. Disorders. – 2006. – V.21. – P. 247-258.
15. Sidiropoulos C. Surgical Treatment of Parkinson’s Disease // Current Treatment Options in Neurology. – 2012. – V.14. – P. 211-212.
16. Siegfried J., Lippitz B. Bilateral chronic electrostimulation of ventroposterolateral pallidum: a new therapeutic approach for alleviating all parkinsonian symptoms // Neurosurgery. – 1994. – V.35. – P. 1126-1129.
17. Spiegel E.A. Stereotaxic Apparatus for Operations on the Human Brain // Science. – 1947. – V.106. – P. 349-350.

Информация об авторах

Лихачев Сергей Алексеевич – заведующий неврологическим отделом Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии. Республика Беларусь, г. Минск. E-mail: sergeilikhachev@mail.ru

Ващилин Вячеслав Викторович – ведущий научный сотрудник неврологического отдела Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии. Республика Беларусь, г. Минск. E-mail: svashchylin@mail.ru

Буняк Анна Георгиевна – старший научный сотрудник неврологического отдела Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии. Республика Беларусь, г. Минск. E-mail: bunyak_anna@mail.ru

Алексеевец Владимир Владимирович – старший научный сотрудник нейрохирургического отдела Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии. г Республика Беларусь, г. Минск. E-mail: biomechanic@email.su

Забродец Глеб Викторович – ведущий научный сотрудник неврологического отдела Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии. Республика Беларусь, г. Минск. E-mail: gzabrodzets@tut.by