

УДК УДК 615.47

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСЧЕТОВ СТЕРЕОТАКСИЧЕСКИХ КООРДИНАТ
ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

ДО ПИТАННЯ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРАХУНКІВ СТЕРЕОТАКСИЧНИХ
КООРДИНАТ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЛЮДИНИ

TO A QUESTION FOR EFFICIENCY OF STEREOTAXICAL METHODS FOR COMPUTING
COORDINATES OF HUMAN BRAIN

Масловский С.Ю., Пятикоп В.А., Аврунин О.Г.
Масловський С.Ю., П'ятикоп В.О., Аврунін О.Г.
Maslovskiy S.U., Piatikop V.A., Avrunin O.G.

*Харьковский национальный медицинский университет, Украина, Харьков, 61022,
пр. Ленина, 4, тел. 7077270, e-mail: gavrun@list.ru*

Ключевые слова: стереотаксический метод, нейрохирургическое планирование, стереотаксические координаты головного мозга человека.

Ключові слова: стереотаксичний метод, нейрохірургічне планування, стереотаксичні координати головного мозку людини.

Key words: stereotaxical methods, neurosurgical planning, stereotaxical coordinates of human brain.

Резюме. В работе рассматриваются методы стереотаксических расчетов с использованием различной хирургической аппаратуры и средств визуализации. Проводится анализ точности наведения хирургического инструмента и общей эффективности рассмотренных методов. Приведены основные этапы операционного планирования.

Резюме. В роботі розглянуто методи стереотаксичних розрахунків з використанням різної хірургічної апаратури та засобів візуалізації. Виконаний аналіз точності наведення хірургічного інструменту та загальної ефективності розглянутих методів. Наведено основні етапи операційного планування.

Abstract. The methods for stereotaxical computing with different surgical and visualization devices are described. The analysis of stereotaxical guidance precision and general efficiency these methods is attended. Main stages of neurosurgical planning are described.

Введение. Стереотаксический метод проведения операций на головном мозге человека предусматривает локальное воздействие на определенную внутримозговую структуру. Данный метод реализуется с помощью специализированной хирургической аппаратуры, средств интраскопической визуализации и соответствующих вычислительных процедур, которыми обеспечивается операционное планирование. При этом эффективность стереотаксического воздействия зависит от прецизионности стереотаксического аппарата-направителя хирургического инструмента, разрешающей способности системы интраскопической визуализации, отображающей внутримозговые ориентиры, и точности вычисления геометрических параметров зоны оперативного вмешательства [Аничков и др., 1985].

Целью стереотаксических расчетов является обеспечение высокоточного наведения хирургического инструмента в стереотаксическую мишень. Для этого необходимо решить задачи, связанные с согласованием координатных систем мозга, интраскопических изображений и стереотаксического аппарата, определением опорных ориентиров на интраскопических изображениях, построением внутримозговой системы стереотаксических координат, вычислением геометрических характеристик зоны оперативного вмешательства, формированием параметров управления стереотаксическим аппаратом.

Основной трудностью при проведении функциональных стереотаксических операций, является то, что подкорковые структуры головного мозга являются слабоконтрастными по отношению к окружающим тканям на диагностических изображениях, полученных с помощью стандартных средств визуализации, таких как спиральная компьютерная томография (СКТ) и магниторезонансная томография (МРТ) [Grunert P. et al, 2003; Han J. et al, 2003]. Применение функциональных методов картирования головного мозга, таких как позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и, соответственно, комбинированных мультимодальных систем нейронавигации, является достаточно дорогостоящим и сопряжено с дополнительными погрешностями, возникающими при сопоставлении томографических данных, для получения которых использовались разные физические принципы [Iacopino Dg, 2003; Nakao N et al., 2003; Matulla C, 1998].

Целью предлагаемой работы является попытка оценить эффективность стереотаксических расчетов на основе опыта проведения 195 оперативных вмешательств (за период 1997-2009 гг.) при лечении экстрапирамидных нарушений.

Материалы и методы. Основными проводимыми лечебными процедурами являлись криодеструкция и введение суспензии нейроиндуцированных стромальных аутоклеток в структуры таламуса и субталамическую область. Стереотаксическим аппаратом являлся прибор конструкции Канделя (точность наведения хирургического инструмента составляет 1 мм), моделирующий полярную систему координат с двумя угловыми и одной поступательной степенями свободы [Аничков и др., 1985; Кандель Э.И., 1981]. Несущая платформа стереотаксического аппарата фиксируется в трепанационном отверстии диаметром 25 мм с помощью цангового зажима при жесткой фиксации головы пациента. В качестве средств интраскопической визуализации использовались вентрикулография и СКТ. Эффективность стереотаксических расчетов оценивалась неинвазивностью и инструментальными погрешностями средств визуализации и методов определения координат зоны оперативного вмешательства при фиксированной точности позиционирования хирургического инструмента и верифицировалась достигнутым лечебным эффектом.

Результаты и их обсуждение. При проведении 23 операций использовался традиционный для стереотаксиса метод расчета «мишени» с использованием вентрикулографии при выполнении рентгеновских снимков во фронтальной и сагиттальной проекциях (см. рис. 1). Основными геометрическими вычислениями при этом являлись: определение корректирующих коэффициентов для уменьшения искажений на рентгеновских изображениях; построение внутримозговой системы стереотаксических координат по ориентирам желудочковой системы мозга; отображение координат зоны оперативного вмешательства по анатомическим срезам из стереотаксического атласа Shaltenbrand G., Wahren P. с учетом индивидуальной анатомической вариабельности по геометрическим характеристикам 3-го желудочка и определение параметров настройки стереотаксического аппарата. Приведенная выше методика обладает высокой точностью ($3,5 \pm 0,7$ мм) и универсальностью при расчете координат стереотаксических «мишеней», прилегающих к области 3-го желудочка. Однако основным ее недостатком является высокая инвазивность процедуры вентрикулографии по сравнению с томографическими методами интраскопической визуализации.

При проведении 76 оперативных вмешательств использовался метод расчета, основанный на интраоперационном применении СКТ (Siemens somatom emotion+). При этом томографическое сканирование выполнялось с шагом 1 мм параллельно плоскости основания черепа и определение координат зоны оперативного вмешательства (см. рис. 2) проводилось по усредненным данным атласа Shaltenbrand G., Wahren P. Однако в данном методе возникает проблема учета индивидуальных особенностей мозга пациента ввиду отсутствия на аксиальных томограммах и мультипланарных реконструкциях общепринятых стереотаксических ориентиров желудочковой системы мозга. Ошибка наведения хирургического инструмента при этом составила $4.6 \pm 0,5$ мм.

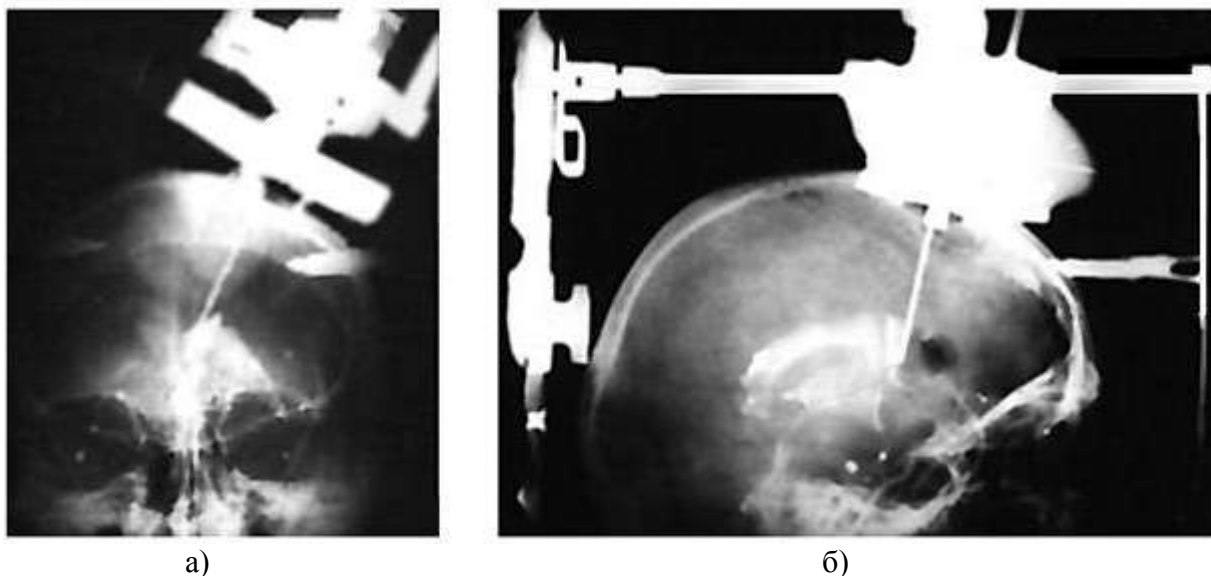


Рис. 1. Интраоперационная вентрикулография:
а) снимок во фронтальной проекции, б) снимок в сагиттальной проекции.

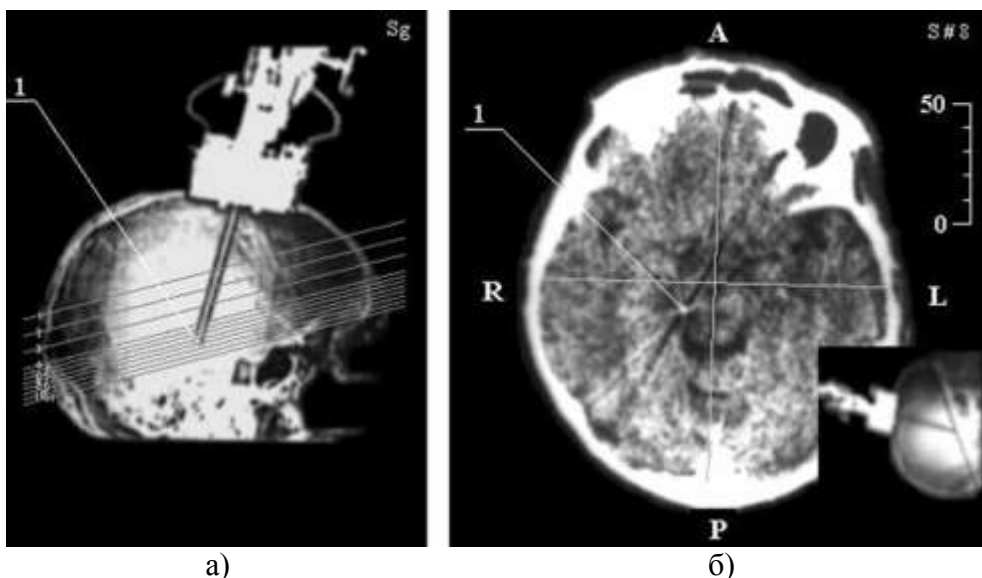


Рис. 2. Интраоперационная СКТ: а) обзорная топограмма в сагиттальной проекции; б) аксиальный томографический срез на уровне субталамической области; 1 – дистальная оконечность канюли.

Ввиду некоторого снижения точности стандартного СКТ-наведения по сравнению с вентрикулографией при проведении остальных 96 вмешательств использовалась методика, основанная на визуализации по данным СКТ стандартных ориентиров желудочковой системы мозга - СА, СР - передней и задней белых спаек мозга соответственно. По данным [Шабалов В.А., Меликян А.Г., 1998] установлено, что орбито-меатальная (Om) плоскость черепа, проходящая через задний край орбиты и центр наружного слухового отверстия, параллельна межспаечной линии СА–СР. Поэтому, исходя из топографо-анатомической конфигурации III желудочка (V_3) (см. рис.3) методика определения спаек СА и СР по аксиальным томографическим срезам заключается в последовательном сканировании области III желудочка с шагом 1 мм параллельно орбито-меатальной плоскости, измерении длины V_3 и определении среза, содержащего второй (сверху) локальный минимум длины третьего желудочка V_3 (срез #3 на рис. 3,б). Согласно условиям сканирования

горизонтальный томографический срез, содержащий указанный локальный минимум длины V_3 , будет располагаться в нулевой горизонтальной стереотаксической плоскости. Далее выполняются стереотаксические расчеты с учетом длины межспаечной линии CA-CP, позволяющие учитывать индивидуальную анатомическую изменчивость. При использовании для операционного планирования вышеприведенной методики во всех 95 случаях погрешность наведения хирургического инструмента составляла $2,6 \pm 0,5$ мм. При этом повышение точности наведения приблизительно на 1,5-2,0 мм существенно улучшает результаты операции.

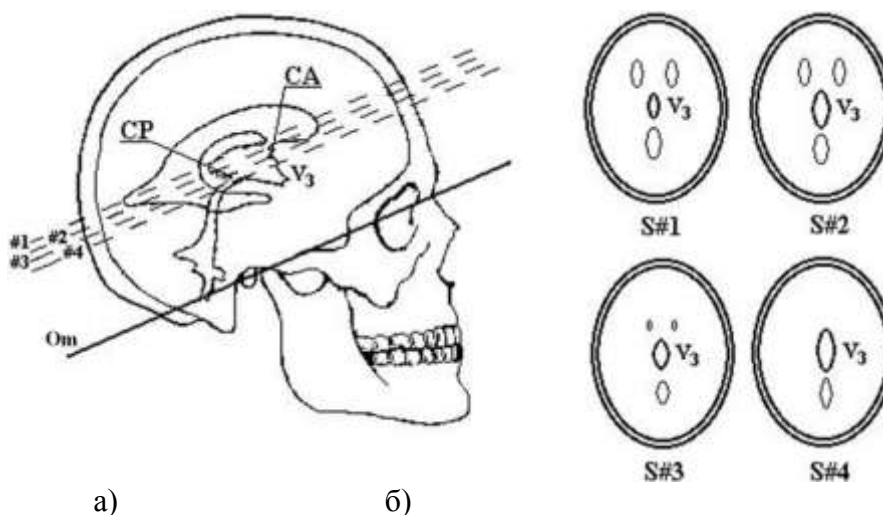


Рис. 3. Иллюстрация определения основных стереотаксических ориентиров: а) схематическое изображение срезов плоскости сканирования, б) схематическое отображение аксиальных срезов с отображением размеров 3-го желудочка V_3 .

Стереотаксические расчеты выполнялись с помощью разработанного расчетно-графического программного обеспечения (см. рис. 4), позволяющего проводить планирование стереотаксических операций - визуализацию зоны оперативного вмешательства и формирование параметров управления стереотаксическим аппаратом для наведения хирургического инструмента, а так же осуществлять виртуальное моделирование наведения хирургического инструмента. Для совершенствования метода необходимо создание автоматизированного стереотаксического робота-манипулятора и разработки подходов тренинга специалистов на основе современных технологий виртуальной реальности [9-15].

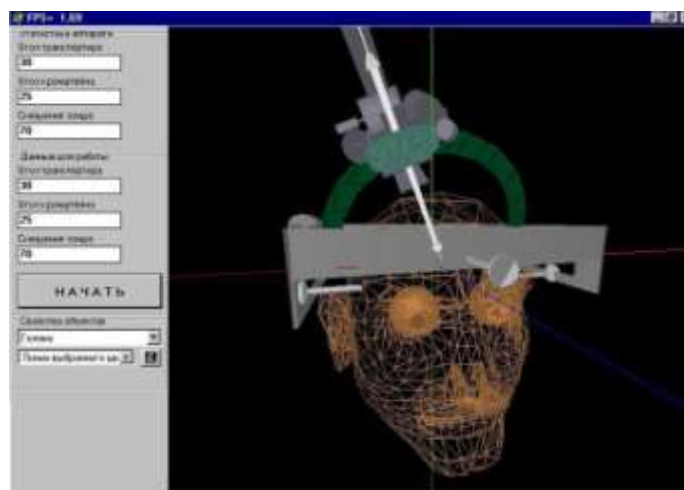


Рис. 4. Рабочее окно программы планирования стереотаксического вмешательства.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Использование СКТ во время стереотаксических операций у больных паркинсонизмом значительно облегчает проведение расчетов по определению точки цели для проведения криодеструкции и введения суспензий клеток. Визуализация контуров V_3 по данным СКТ дает возможность вычислить координаты центра внутримозговой системы стереотаксических координат, а так же повысить точность расчета координат зоны оперативного вмешательства путем привязки к основным внутримозговым ориентирам. Использование предлагаемой методики в клинике значительно (до 30%) повысило эффективность стереотаксических операций при паркинсонизме.

Дальнейшее повышение точности стереотаксического наведения в функциональной хирургии связано с увеличением разрешающей способности методов реконструктивной томографии, разработкой алгоритмов машинного анализа интраскопических данных с целью максимальной автоматизации распознавания внутримозговых ориентиров а также совершенствованием систем операционного планирования, позволяющих проводить виртуальное объемное имитационное моделирование основных этапов оперативного вмешательства.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аничков А.Д., Полонский Ю.З., Камбарова Д.К. Стереотаксическое наведение. Л.: Наука, 1985.- 160 с.
2. Кандель Э.И. Функциональная и стереотаксическая нейрохирургия. Москва: Медицина.-1981.- 368с.
3. Шабалов В.А., Меликян А.Г. Применение компьютерной томографии при стереотаксических операциях у больных с дискинезиями // *Вопр. нейрохирургии.*– 1998.– № 3.– С. 3–6.
4. Grunert P, Darabi K, Espinosa J. Computer-aided navigation in neurosurgery // *Neurosurg Rev.* 2003.- Vol. 26, №2.- P. 73-99.
5. Han J, Hwang Ph, Smith TI. Contemporary use of image-guided systems // *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.*- 2003.- Vol. (11), № 1.- P. 33-6.
6. Iacopino Dg, Conti A, Angileri FF, Tomasello F. Different methods for anatomical targeting // *J. Neurosurg. Sci.*- 2003.- Vol. 47, № 1.- P. 18-25.
7. Matula C. Intra-operative CT and image-guided surgery // *Medicamundi.*– 1998.– Vol. 42, № 1.– P. 2–5.
8. Nakao N, Nakai K, Itakura T. Updating of neuronavigation based on images intra-operatively acquired with a mobile computerized tomographic scanner: technical note// *Minim Invasive Neurosurg.*- 2003.- Vol. 46, №2.- P. 117-20.
9. Шамраева Е.О., Аврунин О.Г. Построение моделей черепных имплантов по рентгенографическим данным// *Прикладная радиоэлектроника.*–2005.–Т4, С. 441-443
10. Аврунин О.Г., Шамраева Е.О. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам // *Системы обработки информации: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 9 (67). – С. 137-140.*
11. Шамраева Е.О., Аврунин О.Г. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях // *Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – Х.: ХНУРЭ «Компания СМІТ». – 2006. – № 2 (65). – С. 83-87.*
12. Книгавко, Ю.В. Алгоритмы программного рендеринга трехмерной графики для задач медицинской визуализации/ Ю.В. Книгавко, О.Г. Аврунин // *Журн. Технічна електродинаміка*-2010. – С. 258-261
13. Семенец В. В. Технология межсоединений электронной аппаратуры: учеб. для вузов / В. В. Семенец, Джон Кратц, И. Ш. Невлюдов, В. А. Палагин. – Х.: изд. «СМІТ», 2005. — 432 с.
14. Бондаренко М.Ф., Семенец В.В., Белоус Н.В., Куцевич И.В., Белоус И.А. Технология оценивания тестов в зависимости от типа и уровня сложности тестовых заданий на основе интегрированной модели // *International Book Series "Information Science and Computing". – Sofia: Human Aspects of Artificial Intelligence. – 2009. –No:12. – С. 55-62.*
15. Семенец В. Впровадження технологій дистанційного навчання у навчальний процес / В. В. Семенец, В.І. Каук, О.Г. Аврунін // *Вища школа. – 2009. – № 5. – С. 40–51.*