

УДК 612.8

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ШАЛЬТЕНБРАНДА И БЭЙЛИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СТЕРЕОТАКСИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

Семенова Ю.Н., м.н.с., Email: Semenova-online@mail.ru, *

Спицин А.Н., студ., Email: spitsin92.92@gmail.com, **

Седов А.С., к.б.н., зав.лаб. *, доцент **: Email: SedovAS@pochta.ru,

* Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Россия, Москва,

** Московский государственный технический университет радиотехники электроники и автоматики, Россия, Москва.

Аннотация. В статье представлен подход к разработке и использованию электронного атласа мозга человека Шальтенбранда и Бэйли для повышения эффективности планирования стереотаксических операций в функциональной нейрохирургии. Применение электронного атласа мозга человека позволит повысить точность определения зоны патологии, уменьшить время планирования операции и сделать использование стереотаксического атласа удобным как для нейрохирургов, так и для исследователей.

Ключевые слова: Атлас мозга человека; функциональная нейрохирургия.

STEREOTACTIC PREOPERATIVE TARGETING IN NEUROSURGERY BY USING THE ELECTRONIC SCHALTENBRAND AND BAILEY HUMAN BRAIN ATLAS

Semenova U.N., junior research scientist, Email: Semenova-online@mail.ru, *

Spitcin A.N., Email: spitsin92.92@gmail.com, **

Sedov A.S., PhD in biology, head of laboratory*, associate professor **: Email: SedovAS@pochta.ru,

* N.N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow,

** Moscow Institute of Radiotechnics Electronics and Automatics, Russia, Moscow.

Abstract. This paper presents an approach for the use of the electronic Schaltenbrand and Bailey human brain atlas for stereotactic preoperative targeting in functional neurosurgery. The potential of this approach is to increase the accuracy of target definition, to decrease the time of the procedure and to make using stereotactic atlas efficient as for neurosurgeons and for researches. The advantages of the approach of the electronic Schaltenbrand-Bailey atlas are discussed.

Keywords: human brain atlas; functional neurosurgery.

Введение

Стереотаксическая операция – это нейрохирургическое вмешательство, направленное на деструкцию определённых групп нейронов, локализующихся в глубоких отделах мозга. Данная методика применяется для лечения как органических поражений головного мозга: гематом, опухолей, удаления инородных тел, так и функциональных расстройств: болезни Паркинсона, эпилепсии, нейрогенных

болей и многих других заболеваний [7]. Важную роль при проведении стереотаксических операций играет грамотное планирование прохождения траектории микроэлектрода, необходимое для оценки пути проведения стереотаксического инструмента через внутримозговые структуры. В случае проведения микроэлектродных исследований, позволяющих более точно определить локализацию и границы внутримозговых структур, предоперационное построение траектории микроэлектрода дает возможность выбрать оптимальный набор функциональных тестов [8]. В хирургической практике для этих целей широко используются стереотаксические атласы головного мозга с нанесенными на них планируемыми траекториями прохождения микроэлектрода (Рис.1).

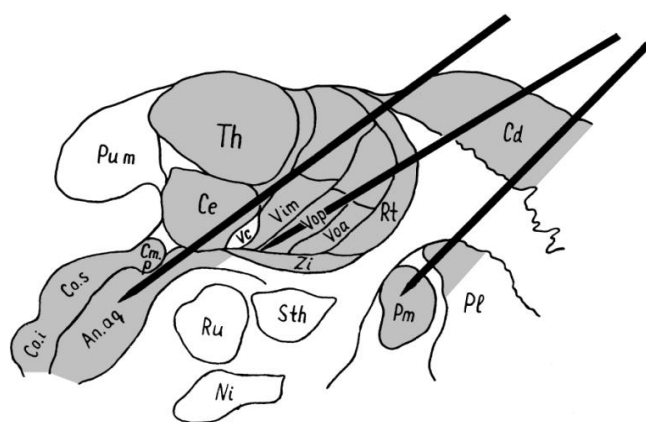


Рис. 1. Типовые траектории прохождения микроэлектрода при хирургическом лечении больных спастической кривошеей и паркинсонизмом. Сагиттальный срез атласа мозга человека Шальтанбрандта и Бэйли.

Первые атласы мозга человека, представляющие собой серии схематических изображений последовательных срезов мозга в различных проекциях, начали появляться с 50-х годов XX века, отпечатаны они были на бумаге или на термостойких прозрачных пластинах. Наибольшую известность получили следующие печатные атласы: Талайраха-Дэвида [5], Шальтанбрандта и Бэйли [3], Шальтанбрандта и Уоррена [4], Талайраха-Турнуха [6], Эндрю и Уоткинса [1] и др. Главным ограничением в использовании печатного атласа является трудоемкость учета индивидуальных различий мозга у различных пациентов [2]. Создание электронного атласа мозга человека позволяет преодолеть это ограничение и предлагает расширение возможностей, как при планировании нейрохирургического вмешательства, так и при постоперационном анализе данных.

Материалы и методы

Важным этапом разработки программного пакета для построения траектории микроэлектрода является создание электронного атласа мозга человека Шальтенбрандта и Бэйли. Печатный вариант атласа, взятый нами за основу, за долгие годы использования подвергся физическому износу, поэтому нами были предприняты меры по восстановлению изображений и улучшению их качества.

Первым этапом создания электронного атласа стало сканирование изображений. Сканирование проводилось при максимально возможном разрешении сканера (600 dpi) в черно-белом режиме. Далее все изображения срезов были выровнены таким образом, чтобы сканы изображений каждой серии срезов были одного размера и имели бы центры в одной точке. Это упростит дальнейшие расчеты и манипуляции с изображениями, а в дальнейшем сделает программный просмотр срезов и траекторий более удобным для пользователя.

Со всех изображений были убраны артефакты, была повышена их контрастность. Координатные оси были удалены с изображений и нанесены программно совместно с линейной сеткой. Для устранения ухудшения качества при масштабировании была произведена трассировка растровых изображений срезов и сохранение их в файлы типа .emf (Рис.2). Трассировка изображений проводилась в графическом редакторе CorelDraw X4, в нем же проводилось нанесение текстовых подписей структур мозга. Хранение информации в векторном формате позволило не только значительно улучшить качество изображений, но описать большие изображения файлами минимального размера.



Рис.2 Изображение среза атласа мозга Шальтенбрандта и Бэйли до и после трассировки и нанесения электронных подписей.

Для построения траектории необходимо рассчитать координаты точки прохождения микроэлектрода через все срезы атласа. В качестве входных данных во

врачебной практике обычно используются координаты расчетной точки цели (далее - РТЦ) и проекций углов наклона микроэлектрода на сагиттальный и фронтальный срезы. Реже встречается задание начальных данных в виде РТЦ и точки входа микроэлектрода в мозг пациента. Далее рассмотрим алгоритм расчета для первого случая на примере нахождения точек пересечения микроэлектрода с сагиттальными срезами. Координата z для каждого сагиттального среза соответствует его номеру в атласе, следовательно, остается рассчитать наборы координат x и y для каждого среза.

Угловые коэффициенты наклона прямой микроэлектрода равны:

$$k = \tan \alpha = \frac{y - y_0}{x - x_0},$$

(1)

$$k = \tan \beta = \frac{z - z_0}{y - y_0},$$

(2)

где x_0, y_0, z_0 – координаты РТЦ,

α, β – проекции угла наклона микроэлектрода на сагиттальные срезы и фронтальные срезы,

x, y – координаты, которые необходимо рассчитать.

Выводим формулу для расчета y :

$$y = z \frac{z - z_0}{k} + y_0, \quad (3)$$

Теперь, зная y , аналогичным путем вычислим x :

$$x = y \frac{y - y_0}{k} + x_0,$$

(4)

Зная наборы координат x для фронтальных и y для горизонтальных срезов, аналогично вычисляются координаты точек пересечения микроэлектрода с каждым из срезов атласа.

Задача расчета положения микроэлектрода в случае задания входных данных через РТЦ и точку входа сводится к расчету уравнения прямой, проходящей через две точки.

Каноническое уравнение прямой, проходящей через две точки, имеет вид:

$$\frac{x - x_0}{x_1 - x_0} = \frac{y - y_0}{y_1 - y_0} = \frac{z - z_0}{z_1 - z_0},$$

(5)

где

x_0, y_0, z_0 – координаты точки входа,

x_1, y_1, z_1 – координаты РТЦ,

$x,$

y, z – координаты, которые необходимо рассчитать.

Тогда для сагиттальных срезов, зная z , мы получим следующие формулы для расчета координат x и y :

$$x = Ez - \frac{zF}{z_0} \cdot \frac{Ez}{z_0} - xF + x,$$

(6)

$$y = Ez - \frac{zF}{z_0} \cdot \frac{Ey}{z_0} - yF + y,$$

(7)

Аналогичным способом вычисляются координаты точки пересечения микроэлектрода с фронтальными и горизонтальными срезами.

Глубина погружения микроэлектрода на определенном срезе может быть вычислена как:

$$H = \frac{z_0}{z} (Ex - xF + Ey - yF + Ez - zF), \quad (8)$$

где x, y, z – координаты РТЦ,

x, y, z – координаты пересечения микроэлектрода с данным срезом.

После расчетов положения микроэлектрода на всех срезах атласа, необходимо учесть индивидуальные особенности мозга пациента. По данным рентгенологического исследования можно судить, во сколько раз мозг больного больше "стандартного", изображенного в атласе путем вычисления отношения межкомиссурального расстояния СА-СР больного к "стандартной" величине, равной 25 мм. Умножая координаты траектории микроэлектрода на этот коэффициент, мы получим значения, адаптированные под мозг конкретного пациента.

Результаты

В результате проделанной работы был разработан программный пакет для расчета и построения траектории микроэлектрода, позволяющий оценить его местоположение в ходе стереотаксической операции по срезам атласа мозга человека Шальтенбрандта и Бэйли (Рис.3). Использование данного программного обеспечения позволяет на порядок сократить время расчета и построения траекторий микроэлектрода на различных срезах атласа.

Координаты точки прохождения микроэлектрода в системах стереотаксической рамы и атласа через сагиттальные, фронтальные и горизонтальные серии срезов атласа занесены в таблицы совместно с соответствующей глубиной погружения. Графическое отображение траектории представляет собой проекцию пути микроэлектрода на конкретный срез атласа и нанесенные на него точки прохождения микроэлектрода

через данный и соседние срезы.

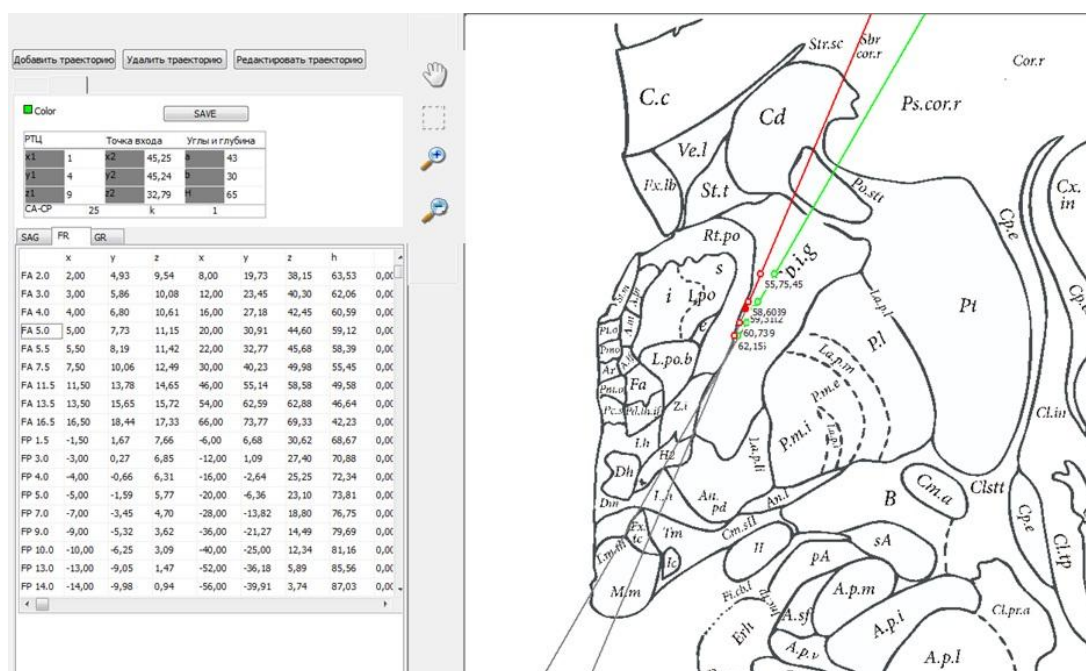


Рис.3 Интерфейс разработанного программного пакета

Это позволяет сопоставить рассчитанное по атласу место положения микроэлектрода с результатами функциональных тестов и оценить его реальное местоположение. Отображение на одном срезе мозга различных траекторий позволяет проводить их сравнительный анализ, что необходимо для коррекции траектории прохождения микроэлектрода или для постоперационной обработки результатов. Данные, полученные в ходе микроэлектродных исследований активности нейронов, с привязкой их к локализации на стереотаксическом атласе в дальнейшем позволят установить взаимосвязь между функциональными характеристиками зон внутримозговых структур и их пространственным расположением, что, безусловно, улучшит эффективность проведения стереотаксических операций и приведет к прогрессу в изучении работы мозга.

Список литературы

1. Andrew J, Watkins ES: A Stereotaxic Atlas of the Human Thalamus and Adjacent Structures. A Variability Study. Baltimore, Williams & Wilkins, 1969.
2. Nowinski WL. Anatomical targeting in functional neurosurgery by the simultaneous use of multiple Schaltenbrand-Wahren brain atlas microseries. Stereotactic and Functional Neurosurgery 1998; 71:103-116

3. Schaltenbrand G. Bailey W: Atlas for Stereotaxy of the Human Brain. Stuttgart, Thieme, 1959.
4. Schaltenbrand G. Wahren W: Atlas for Stereotaxy of the Human Brain. Stuttgart, Thieme, 1977.
5. Talairach J. David M, Tournoux P, Corredor H, Kvasina T: Atlas d'anatomie stcreotaxique des noyaux gris centraux. Paris, Masson, 1957.
6. Talairach J. Tournoux P: Co-Planar Stereotactic Atlas of the Human Brain. Stuttgart, Thieme, 1988.
7. Аничков А.Д., Полонский Ю.З., Низковолос В.Б.: Стереотаксические системы. - Спб., Наука, 2006.
8. Раева С.Н.: Микроэлектродное исследование активности нейронов головного мозга человека. - М., Наука. 1977.