

УДК 611.817.18:572.087

Д.Н. Шиян

Харьковский национальный медицинский университет

МНОГОРАКУРСНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ВОКСЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ МОЗЖЕЧКА И ЕГО ЯДЕР

По результатам исследования, выполненного на 160 препаратах мозжечка людей в возрасте от 20 до 99 лет, разработано программное обеспечение, позволяющее осуществлять многокурсную визуализацию воксельной модели. Данный программный продукт состоит из четырех модулей и предназначен для описания примитивов, задания атрибутов, манипулирования видами, геометрических преобразований, ввода графической информации, управляющих функций. Программа обладает легко осваиваемым доступным интерфейсом и проста в использовании.

Ключевые слова: *томограф, воксельная модель, стереотаксис, ядра мозжечка, мозжечок.*

В последние десятилетия в нейрохирургии стали актуальными стереотаксические операции на глубоких структурах мозжечка [1–5]. Наряду с развитием техники проведения стереотаксических операций, продолжается интенсивное изучение топографо-анатомических взаимоотношений подкорковых ядер мозжечка [6, 7], являющихся объектом стереотаксических воздействий [8–11]. Разрабатываются методы визуализации глубоких структур мозжечка, способствующие выявлению возможных патологических процессов [12–14].

Материал и методы. Исследование проведено на 160 препаратах мозжечка людей, умерших в возрасте от 20 до 99 лет вследствие заболеваний, не связанных с поражением сосудистой и центральной нервной систем, с помощью программного обеспечения Borland Delphi v.7.0 с использованием API OpenGL и метода статистического анализа.

Результаты и их обсуждение. Для планирования стереотаксических операций на ядрах мозжечка необходимо непосредственное отображение объемных данных этих ядер на основе воксельной модели, позволяющей с высокой точностью визуализировать их и внутренние структуры мозжечка. Кроме того, необходимо использование методов сегментации для преобразования простой полутоновой воксельной модели в обобщенную воксельную модель, содержащую информацию

о принадлежности элементов объема конкретной структуре мозжечка и его ядер.

Предварительным этапом визуализации воксельной модели являются преобразования систем координат, включающие представление модели в локальных внутримозговых координатах, отображение модели в системе координат операционного поля и проецирование в систему координат экрана (области вывода), рис. 1.

Визуализация воксельной модели осуществляется с помощью матричных преобразований в однородных координатах. По результатам работы на языке программирования разработано программное обеспечение, позволяющее осуществлять визуализацию воксельной модели.

Для визуализации исследуемых объектов и проведения последующего этапа автоматизированной статистической обработки изображения серийных срезов мозжечка (с шагом 1,0 мм), выполненных и окрашенных согласно [3], оцифровывались (переводились в цифровую форму) с помощью оптического сканирования с разрешающей способностью 600 dpi и сохранялись в растровом формате BMP (bitmap). Сегментация изображений для определения геометрических характеристик исследуемых образований проводилась в полуавтоматическом режиме с помощью предварительной высокочастотной фильтрации

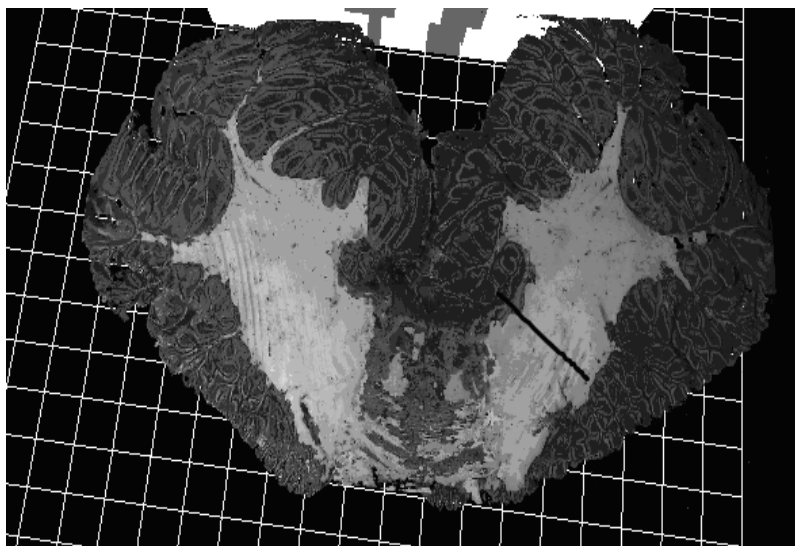


Рис. 1. Иллюстрация рабочего окна программы для многоакурсной визуализации воксельной модели мозжечка

для обострения контуров и применения фильтра, аналогичного операции Trace Contour программы Adobe Photoshop с последующей коррекцией полученных результатов. Затем осуществлялась разметка системы стереотаксических координат [9, 15–17].

Для воссоздания геометрических форм исследуемых объектов растровые контурные изображения сечений исследуемых структур обрабатывались методом лофтинга сечений вдоль заданной траектории (рис. 2), что позволило создать объемные реконструкции исследуемых образований [18–20].

По результатам работы разработано программное обеспечение, позволяющее осуществлять многоакурсную визуализацию воксельной модели. Данный программный продукт состоит из четырех модулей:

- модуль двухмерной обработки, позволяющий проводить стандартные процедуры коррекции и фильтрации изображений томографических срезов;
- модуль построения объемной модели, в котором происходит визуализация исследуемого объекта на основе полутоновой воксельной (от Volume pixel – элемент объема) модели, представляющей собой структуру, каждый элемент (воксель) которой характеризуется координатами и интенсивностью в шкале серых тонов;
- модуль выполнения геометрических преобразований (перенос, масштабирование, вращение) над 3-мерными объектами;
- модуль интерактивной обработки и создания обобщенной воксельной модели, в котором выполняются сегментация объем-

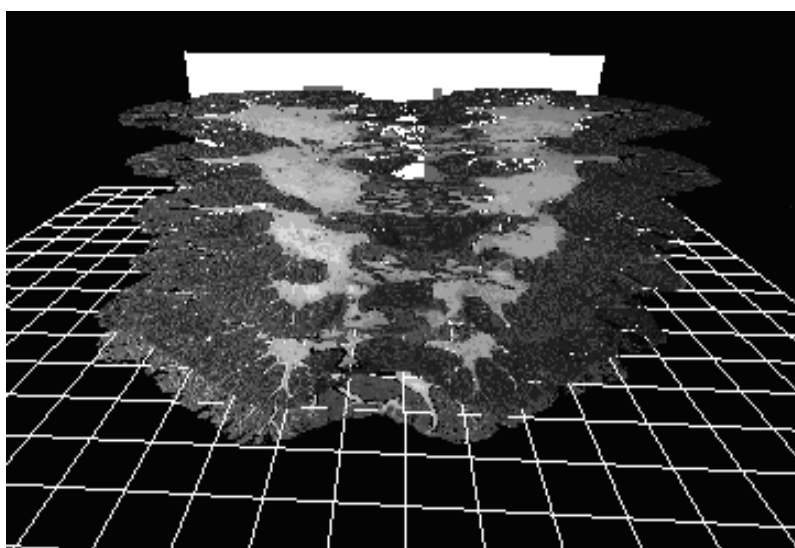


Рис. 2. Иллюстрация лофтинга серийных анатомических срезов мозжечка

ной модели и рендеринг отображаемых структур.

Программа обладает легко осваиваемым доступным интерфейсом и проста в использовании.

Для выполнения стандартных процедур 3-мерной визуализации применяется прикладной программный интерфейс API OpenGL, представляющий собой набор библиотечных функций для выполнения графического вывода. В результате из разработанной программы вызываются функции графической библиотеки Open GL, которые управляют выводом данных в буфер кадра, а затем на устройство графического вывода.

Программный интерфейс Open GL предназначен для выполнения следующих базовых функций:

- описания примитивов (точки, отрезки прямых, многоугольники, участки кривых линий и криволинейных поверхностей);

- задания атрибутов (цвет, метод закрашки, степень прозрачности);

- манипулирования видами (режимы проектирования, отсечение, удаление скрытых поверхностей);

- геометрических преобразований (перенос, сдвиг, масштабирование, поворот);

- ввода графической информации (взаимодействие с манипуляторами, дигитайзерами, планшетами и т. п.);

- управляющих (механизмы взаимодействия с операционной системой).

Таким образом, разработано программное обеспечение, позволяющее осуществлять многокурсную визуализацию воксельной модели.

Данный программный продукт состоит из четырех модулей и предназначен для выполнения следующих функций: описания примитивов, задания атрибутов, манипулирования видами, геометрических преобразований, ввода графической информации и для управляющих функций.

Литература

1. Гавриленко О.О. Відмінності комп'ютерно-томографічних розмірів мозочка у юнаків та дівчат різних соматотипів / О.О. Гавриленко // Вісник морфології. – 2010. – № 16 (1). – С. 179–183.
2. Основные тенденции развития стереотаксических технологий в нейроонкологии / Н.А. Зорин, Л.А. Дзяк, А.Г. Сирко, И.Ю. Кирпа // Український нейрохірургічний журнал. – 2010. – № 4. – С. 12–15.
3. 3D visualization of deep cerebellar nuclei using 7T MRI / S. Maderwald, M. Kuper, M. Thurling, et al. // Neuroimage. – 2006. – Vol. 30. – P. 12–25.
4. MRI atlas of the human cerebellar nuclei / A. Dimitrova, J. Weber, C. Redies, et al. // Neuroimage. – 2002. – Vol. 17, № 1. – P. 240–255.
5. Probabilistic 3D MRI atlas of the human cerebellar dentate/interposed nuclei / A. Dimitrova, D. Zeljko, F. Schwarze, et al. // Neuroimage. – 2006. – Vol. 30, № 1. – P. 12–25.
6. Аникин И.А. Мозжечок : сообщение 3-е: частная патология, окончание / И.А. Аникин // Российская оториноларингология. – 2012. – № 6. – С. 3–11.
7. Age-related changes of the dentate nuclei in normal adults as revealed by 3D fast low angle shot (FLASH) echo sequence magnetic resonance imaging / M. Maschke, J. Weber, A. Dimitrova, et al. // J. Neurol. – 2004. – Vol. 251, № 6. – P. 740–746.
8. Белоиваненко Н.И. Прямые проекции ядер мозжечка на кору больших полушарий головного мозга кошки : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 14.00.02 / Белоиваненко Н.И. ; Тбилисский гос. мед. ин-т. – Тбилиси, 1989. – 25 с.
9. Войтына С.В. Стереотаксический способ введения нейротрансплантата в глубокие структуры головного мозга / С.В. Войтына // Нейрохирургия. – 2001. – № 1. – С. 59–60.
10. Казакова С.С. Магнитно-резонансно-томографическая анатомия мозжечка / С.С. Казакова // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2009. – № 2. – С. 33–37.
11. Козлова Г.П. Индивидуальная анатомическая изменчивость ядер мозжечка / Г.П. Козлова // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1980. – Т. 79, Вып. 79. – С. 16–21.
12. Жданович В.Н. Межполушарная асимметрия мозжечка в различные возрастные периоды (по данным компьютерной томографии) / В.Н. Жданович, В.В. Коваленко, Е.К. Шестерина // Актуальные проблемы медицины : Сб. научных статей Республ. научн.-практ. конф. и 19-й итоговой научной сессии Гомельск. гос. мед. ун-та (Гомель, 23–24 февраля 2010 г.). – Гомель, 2010. – Т. 2. – С. 59–61.

13. Пат. 55427 Україна, МПК G01N 1/30. Спосіб забарвлювання препаратів головного мозку / Шиян Д.М., Коробкова Л.К., Лупир В.М.; заявник та патентовласник Харківський національний медичний університет. – u201007778 ; заявл. 21.06.10 ; опубл. 10.12.10. – Бюл. № 23.
14. Rochefort C. The cerebellum: a new key structure in the navigation system [Electronic resource] / C. Rochefort, J.M. Lefort, L. Rondi-Reig // Front. Neural. Circuits. – 2013. – Vol. 7. – DOI: 10.3389/ncir.2013.00035
15. *Абраков Л.В.* Основы стереотаксической нейрохирургии / Л.В. Абраков. – Ленинград : Наука, 1975. – 231 с.
16. *Козаченко А.В.* Метод определения стереотаксических координат мишеней головного мозга человека по данным рентгеновской компьютерной томографии : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.01 / Козаченко А.В.; Санкт-Петербургск. гос. ун-т информационных технологий, механики и оптики. – Санкт-Петербург, 2007. – 16 с.
17. *Масловский С.Ю.* Стереотаксический (морфометрический) атлас промежуточного мозга детей и подростков / С.Ю. Масловский, О.А. Лапоногов. – К. : Здоров'я, 1986. – 72 с.
18. *Аврунин О.Г.* Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О.Г. Аврунин, М.Ю. Тимкович, Х.И. Фарук // Бионика интеллекта. – 2013. – № 3 (81). – С. 101–104.
19. Безрамная расчетная магнитно-резонансная томография со стереотаксическими манипуляторами класса «ореол» / Ю.З. Полонский, А.И. Холявин, Б.В. Мартынов и др. // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2009. – № 4. – С. 71–78.
20. *Тымкович М.Ю.* Способ реконструкции интактной поверхности хирургических доступов / М.Ю. Тымкович, О.Г. Аврунин, Х.И. Фарук // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 4/9 (70). – С. 37–41.

Д.М. Шиян

БАГАТОРАКУРСНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ВОКСЕЛЬНОЇ МОДЕЛІ МОЗОЧКА ТА ЙОГО ЯДЕР

За результатами дослідження, проведеного на 160 препаратах мозочка людей у віці від 20 до 99 років, розроблено програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати багаторакурсну візуалізацію воксельної моделі. Даний програмний продукт складається з чотирьох модулів і призначений для опису примітивів, завдання атрибутів, маніпулювання видами, геометричних перетворень, введення графічної інформації, керуючих функцій. Програма має простий у використанні та доступний інтерфейс.

Ключові слова: *томограф, воксельна модель, стереотаксис, ядра мозочка, мозочок.*

D.N. Shiyan

MULTI-ANGLE VISUALIZATION OF THE VOXEL MODEL OF CEREBELLUM AND ITS NUCLEI

The study was performed on 160 specimens of the cerebellum of people aged from 20 to 99 years. As a result of the study the software allowing carrying out multi-angle visualization of the voxel model was developed. This software product consists of 4 modules: primitive function description, attributes tasks, functions of manipulating views, geometric transformations, introduction graphic information, control functions. The program has an accessible and easy to use interface.

Key words: *MRI, voxel model, stereotaxis, nucleus of cerebellum, cerebellum.*

Поступила 15.02.16