

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ МОЗЖЕЧКА И ЕГО ЯДЕР В НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Доц. Д. Н. ШИЯН

*Харьковский национальный медицинский университет, Харьков, Украина*

**Разработана 3D-модель мозжечка и его ядер на основе макромикроскопических препаратов с учетом их индивидуальной изменчивости и топографо-анатомических особенностей, которая является высокоточной копией натурального макромикроскопического анатомического препарата. Полученные данные могут быть использованы в практической нейрохирургии, нейрофизиологии, неврологии и нейроморфологии с целью детализации зон поражения мозжечка, оптимизации проведения операций на мозжечке.**

*Ключевые слова: мозжечок, моделирование, трехмерное изображение ядра мозжечка.*

Развитие новых направлений в современной нейрохирургии и разработка новых оперативных вмешательств требуют их глубокого анатомического обоснования с использованием современных методов исследования. В настоящее время особый интерес приобретает изучение индивидуальной изменчивости топографии коры и подкорковых структур мозжечка в связи с разработкой новых методов нейрохирургических вмешательств и неврологических заболеваний, связанных с мозжечком [1–3]. Огромным успехом пользуется метод 3D-моделирования и его применение в нейрохирургической практике. В последние годы в ведущих медицинских клиниках демонстрируют принцип проведения операций с применением 3D-моделирования, что дает возможность наглядно, без крови и других моментов, показать процесс лечения [4]. Технологии 3D-моделирования используются для разработки интерактивных обучающих приложений, моделей объектов научных исследований, искусственно созданных элементов скелета и внутренних органов [5, 6]. В искусственно созданной симулированной среде практический опыт приобретается в ряде случаев столь же эффективно, что и в реальной деятельности. Однако в отличие от реального, симуляционный опыт не оплачен дорогой ценой здоровья пациентов.

Цель исследования — разработать трехмерную модель мозжечка и его ядер.

Исследование проведено на 430 препаратах мозжечка людей, умерших в возрасте от 20 до 99 лет вследствие заболеваний, не связанных с поражением сосудистой и центральной нервной систем. В данной работе были использованы макромикроскопический (препарирование под бинокулярной лупой по В. П. Воробьеву), стереотаксический, морфометрический, графический методы и метод статистического анализа, компьютерные программы 3ds Max, AutoCAD, Viewshape for Windows. 3D-сканирование анатомического объекта осуществлялось с помощью координатно-

измерительной машины «Romer absolute ARM» 7-осевой версии с внешним лазерным сканером.

Применение 3D-технологий — существенный прорыв в медицинской отрасли, дающий большие перспективы в совершенствовании и модернизации медицинских технологий.

В нашей работе 3D-моделирование мозжечка и его ядер основано на создании 3D-модели путем сканирования исходного образца и ее печати с помощью 3D-принтера. Возможность сканирования необходимых анатомических образований позволяет отобразить все структуры будущей модели настолько, чтобы она максимально соответствовала реальному препарату. Неоспоримым преимуществом 3D-моделирования является его относительно низкая цена, доступность материалов и простота в изготовлении моделей, что позволяет получить практически неограниченное количество синтетических препаратов, муляжей, дает возможность использования 3D-модели на нейрохирургических симуляторах при подготовке к операциям. Современные объемные изображения головного мозга основаны на 3D-реконструкции данных МРТ пациентов. В то же время современные 3D-модели головного мозга и его отделов, включая мозжечок, схематичны и не могут дать настоящего представления о структуре мозга с сохранением всех топографоанатомических особенностей и детализации всех структурных компонентов, знание которых так необходимо для минимизации травматизма при нейрохирургических операциях. К сожалению, на сегодня невозможно получить 3D-модель ядер мозжечка по данным МРТ. Однако анатомические препараты мозжечка и его ядер, изготовленные макромикроскопическим методом, дают натуральные соотношения.

Трехмерная модель натуральных анатомических препаратов, полученных макромикроскопическим способом, имеет то преимущество, что дает возможность видеть сам объект с морфологическими деталями, его форму, величину и топографоанатомические особенности, что нельзя получить

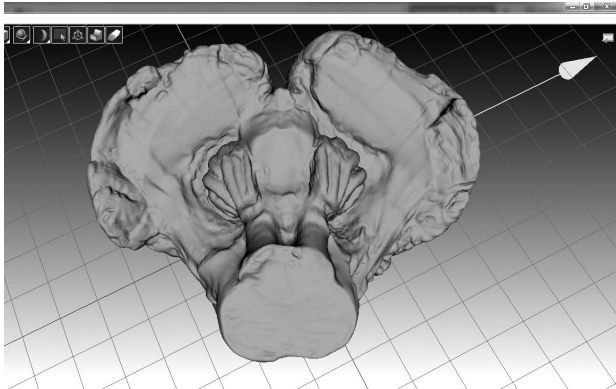


Рис. 1. 3D-модель мозжечка и его ядер с макромикроскопического препарата. Мозжечок мужчины 46 лет. Дорсальная поверхность. Использована программа Viewshape for Windows

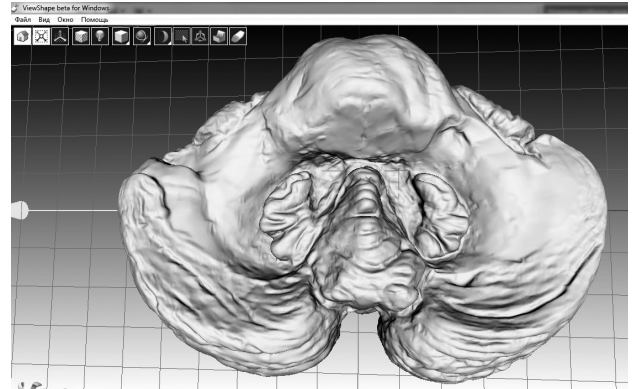


Рис. 2. 3D-модель мозжечка и его ядер с макромикроскопического препарата. Мозжечок мужчины 36 лет. Вентральная поверхность. Использована программа Viewshape for Windows

при схематическом изображении, реконструкции или моделировании мозжечка и его ядер.

Использование координатно-измерительной машины «Romer absolute ARM» при 3D-сканировании макромикроскопического препарата мозжечка и его ядер позволило впервые показать форму изученных образований в объемной проекции с сохранением всех натуральных соотношений и полное соответствие анатомическому препарату. 3D-сканирование было выполнено с точностью сканируемой системы 0,08 мм (рис. 1, 2).

Развитие функциональной и стереотаксической нейрохирургии мозжечка предусматривает углубление теоретических знаний его анатомического строения, изучение его подкорковых образований и проводящих путей. Большинство авторов для изучения формы и создания объемной модели головного мозга и его образований использовали метод наложения изображений образований друг на друга с определением усредненного вида и крайних форм объекта. На наш взгляд, данные модели не достаточно натуральны, имеют в определенной степени искажение топографо-анатомических данных, что в свою очередь может привести к соответствующим ошибкам при нейрохирургических операциях на выбранных образованиях. Так, создание 3D-модели по результатам компьютерного томографического исследования с разрешением 7Т не дает возможности детализировать топографо-анатомические особенности ядра-шатра, пробковидного и шаровидного ядер мозжечка ввиду их малых размеров и известных технических недостатков КТ [7, 8]. Создание 3D-модели по результатам гистологических препаратов имеет недостатки, связанные с погрешностями при изготовлении гистологических препаратов (изменение исходных размеров) и использовании более сложных программ для сканирования гистологических препаратов с последующим построением 3D-модели на базе 2D-модели [5].

В нашей 3D-модели на основе макромикроскопических препаратов все вышеперечисленные

недостатки отсутствуют. Используя современные программы по работе с 3D-объектами, мы можем расположить их в системе стереотаксических координат, учитывая индивидуальную анатомическую изменчивость, что дает возможность с уверенностью рекомендовать их хирургам при подготовке к операциям.

Имея трехмерную модель, можно создавать синтетические модели на 3D-принтере, при этом они будут полностью соответствовать исходному макромикроскопическому препарату. Мы изготовили такие модели, окрасив каждое ядро в свой цвет (рис. 3, 4).

Наш способ изготовления анатомических препаратов макромикроскопическим способом позволил при проведении 3D-сканирования не учитывать изменения мозга после фиксации, так как нами не было отмечено существенных отклонений в исходных размерах выбранных объектов. Для предупреждения смещения внутримозговых структур нами, как и большинством других исследователей, применялась внутричерепная фиксация мозга 10 %-ным раствором формалина. Окончательная фиксация проводилась в специальном растворе, состоящем из глицерина, воды, спирта, пепсина, хлорида аммония и NaCl. Ранее нами было установлено [9], что использование данного раствора для фиксации органов ЦНС позволяет с определенной легкостью изготовить анатомические препараты подкорковых образований и проводящих путей с сохранением их топографо-анатомических особенностей.

Таким образом, на кафедре анатомии человека Харьковского национального медицинского университета в рамках научной работы «Морфологические особенности строения ядер мозжечка» была разработана 3D-модель мозжечка и его ядер на основе макромикроскопических препаратов с учетом их индивидуальной изменчивости и топографо-анатомических особенностей.

Разработанная 3D-модель является высокоточной копией натурального макромикроскопического анатомического препарата.

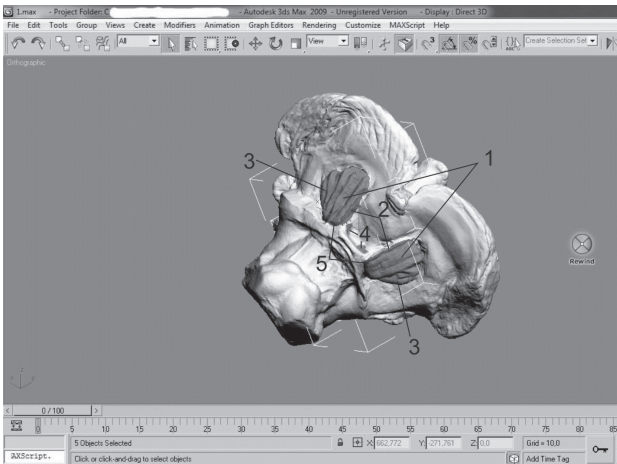


Рис. 3. 3D-модель мозжечка і його ядер з макромікроскопічного препарата. Мозжечок чоловіка 38 років. Дорсальна поверхня: 1 – дорсо-медіальний відділ зубчатого ядра; 2 – пробковидне ядро; 3 – вентролатеральний відділ зубчатого ядра; 4 – ядро шатра; 5 – шапковидне ядро. Використовувалася програма 3DS Max

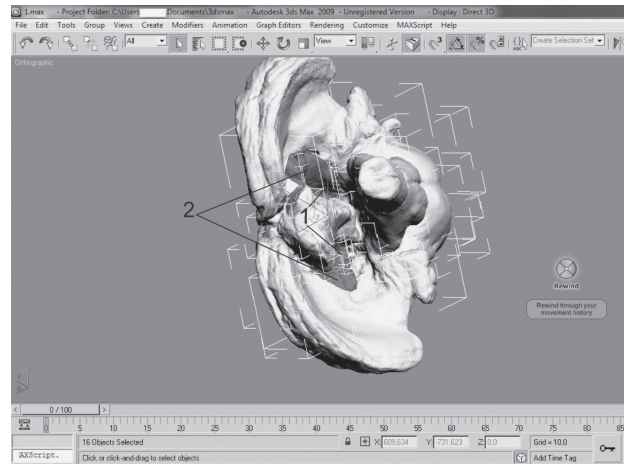


Рис. 4. 3D-модель мозжечка і його ядер з макромікроскопічного препарата. Мозжечок чоловіка 38 років. Вентральна поверхня: 1 – вентролатеральний відділ зубчатого ядра; 2 – дорсо-медіальний відділ зубчатого ядра. Використовувалася програма 3DS Max

Полученные данные могут быть использованы в практической нейрохирургии, нейрофизиологии, неврологии и нейроморфологии с целью детализации зон поражения мозжечка и его ядер, оптимизации проведения операций на мозжечке и при

организации симуляционного тренинга в нейрохирургии, а также при выполнении ряда научных работ и внедрены в учебный процесс. Они дополняют существующие представления об общепринятых закономерностях строения мозжечка и его ядер.

#### Список литературы

- 3D visualization of deep cerebellar nuclei using 7T MRI / S. Maderwald, M. Küper, M. Thürling [et al.] // *Neuroimage*.— 2006.— Vol. 30.— P. 12–25.
- Hamodeh S. Dendritic specialization within the mammalian cerebellar nuclei revealed by 3D-reconstruction and an unbiased population-based analysis / S. Hamodeh, I. Sugihara, F. R. Sultan // 42<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Society-for-Neuroscience: Conference, New Orleans, LA, USA, October 13–17, 2012. Society for Neuroscience.— New Orleans, 2012.— Poster № 477.22/LL11.b.
- Three-dimensional microsurgical anatomy of cerebellar peduncles / P. Perrini, G. Tiezzi, M. Castagna, R. Vannozzi // *Neurosurg. Rev.*— 2013.— Vol. 36, № 2.— P. 224–225.
- Аврунин О. Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин // *Технічна електродинаміка*.— 2011.— Ч. 2. Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність.— С. 293–298.
- Сипитый В. И. Особенности применения методик 2D и 3D компьютерной томографии при моделировании имплантатов для краниопластики фронтально-орбитальных костных дефектов / В. И. Сипитый, Ю. А. Бабалян, О. Г. Аврунин // *Медицина сегодня и завтра*.— 2007.— № 4.— С. 60–63.
- 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.
- A 7T fMRI study of cerebellar activation in sequential finger movement tasks / M. R. Stefanescu, M. Thürling, S. Maderwald [et al.] // *Exp. Brain Res.*— 2013.— Vol. 228, № 2.— P. 243–254.
- Involvement of the cerebellar cortex and nuclei in verbal and visuospatial working memory: A 7T fMRI / M. Thuerling, H. Hautzel, M. Kueper [et al.] // *Neuroimage*.— 2012.— Vol. 62, № 3.— P. 1537–1550.— doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.05.037.
- Шиян Д. Н. Метод определения ядер мозжечка / Д. Н. Шиян // *Медицина сьогодні і завтра*.— 2015.— № 1.— С. 25–29.

### МОДЕЛЮВАННЯ ТРИВИМІРНОГО ЗОБРАЖЕННЯ МОЗОЧКА І ЙОГО ЯДЕР У НЕЙРОХІРУРГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Д. М. ШИЯН

Розроблено 3D-модель мозочка і його ядер на основі макромікроскопічних препаратів з урахуванням їх індивідуальної мінливості й топографо-анатомічних особливостей, що є високоточною копією натурального макромікроскопічного анатомічного препарату. Отримані дані можуть бути

використані в практичній нейрохірургії, нейрофізіології, неврології та нейроморфології з метою деталізації зон ураження мозочка, оптимізації проведення операцій на мозочку.

*Ключові слова:* мозочок, моделювання, тривимірне зображення ядра мозочка.

**SIMULATION OF THREE-DIMENSIONAL IMAGE OF THE CEREBELLUM  
AND ITS NUCLEI IN NEUROSURGICAL PRACTICE**

D. M. SHYIAN

A 3D model of the cerebellum and its nuclei was developed based on their macromicroscopic preparations considering their individual variability and topographic anatomical features, which is a highly accurate copy of the natural macromicroscopic anatomical preparation. The data obtained can be used in the practice of neurosurgery, neurophysiology, neurology and neuromorphology with the purpose of detailing the areas of the cerebellar disorders, optimization of operations on the cerebellum.

*Key words:* cerebellum, simulation, three-dimensional image nuclei of the cerebellum.

Поступила 26.04.2016