

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ОРГАНОВ ПЛОДА ЧЕЛОВЕКА

Дмитриева Е.Г., Антониади Ю.В.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет»,
г. Екатеринбург, Россия

Комиссаров А.Е.
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет»
г. Екатеринбург, Россия

Цель исследования – разработать алгоритм создания виртуальных трехмерных моделей органов плода человека с использованием современных программных продуктов. Материалом для исследования послужили пять сердец плодов человека 20-30 недель развития. После фиксации, проводки и заливки препаратов в парафин изготавливали поперечные серийные гистологические срезы, которые окрашивали по Маллори. Фотографии гистологических препаратов обрабатывали в программе Adobe Photoshop и проводили реконструкцию с помощью программ «Blender», «MeshLab», «ImageJ» с плагином TrakEM2. Результаты показали, что последовательное использование программ «ImageJ», «MeshLab» и «Blender» позволяет совместить простоту реконструкции с возможностями дальнейшей обработки модели. Трехмерные модели органов плода человека помогут расширить представления о внутриорганный топографии их структурных элементов.

Ключевые слова: плод, анализ изображений, микроструктурное моделирование.

USING MODERN SOFTWARE PRODUCTS TO CREATE VIRTUAL THREE-DIMENSIONAL MODELS OF HUMAN FETAL ORGANS

Dmitrieva E.G., Antoniadi Y.V.
Ural State Medical University,
Ekaterinburg, Russia

Komissarov A.E.
Ural Federal University
Ekaterinburg, Russia

The objective was to developed an algorithm for creating virtual three-dimensional models of human fetal organs using modern software products. The material for the study was five hearts of human fetuses aged 20-30 weeks. After fixing, processing and embedding material into paraffin, transverse serial histological sections were made, which were stained according to Mallory. Photos of histological sections were processed in Adobe Photoshop and reconstructed using the programs «Blender», «MeshLab», «ImageJ» with the TrakEM2 plugin. The results showed that the consistent use of the programs «ImageJ», «MeshLab» and «Blender» allows to combine the simplicity of reconstruction with the possibilities of further processing of the model. Three-

dimensional models of human fetal organs will help expand the understanding of the intra-organ topography of their structural elements.

Keywords: *fetus, image analysis, microstructural modelling.*

Введение. Интерес к типовой и вариантной анатомии органов плода человека обусловлен совершенствованием высокоинформативных методов прижизненной диагностики, а также запросами фетальной хирургии. С каждым годом расширяется спектр заболеваний плода, подлежащих внутриутробной коррекции, разрабатываются новые технологии оперативного лечения [1]. Имеется большое количество анатомических исследований, в которых строение и топография органов плода человека изучены на гистотопографических срезах и препаратах отдельных органов [3,4,5]. Лишь в единичных работах анализ гистотопограмм дополнен изучением параметров трехмерной модели органа [2]. Изучение трехмерных моделей органов, созданных на основе гистологических срезов, повысит точность морфологических исследований, позволит получить объемное представление об отдельных структурных элементах органа.

Цель. Разработать алгоритм создания виртуальных трехмерных моделей органов плода человека с использованием современных программных продуктов.

Материалы и методы исследования. Материалом для исследования послужили пять сердец плодов человека 20-30 недель развития. После фиксации материала в 10% растворе нейтрального забуференного формалина, стандартной проводки в гистопроцессоре карусельного типа Thermo Scientific Microm STP 120 (USA) и заливки препаратов в парафин изготавливали поперечные серийные гистологические срезы толщиной 3 мкм (на стекло монтировали каждый десятый срез). Препараты окрашивали по Маллори (Биовитрум, Россия) в соответствии с протоколом производителя. Для изучения гистологических препаратов использовали микроскоп Olympus CX31RTSF (Olympus Corporation, Япония) и цифровую камеру TOUPCAM U31SPM18000KPA 5.1 МП (ТоурТек, Китай), программное обеспечение ADF Image Capture 4.7. (2019), для создания цифровых изображений всей поверхности гистологических срезов использовали инструмент «сшивка», фотографирование препаратов производили при увеличении в 40 раз. Дальнейшая обработка фотографий производилась в графическом редакторе Adobe Photoshop (Adobe; версия 22.4.2), которая заключалась в удалении фона и стандартизации разрешения снимков. Реконструкцию проводили с помощью программ, которые находятся в открытом доступе: Blender (Blender Foundation; версия 3.5), MeshLab (ISTI – CNR; версия 2022.02), ImageJ с плагином TrakEM2 (Wayne Rasband; версия 1.52u).

Результаты. В качестве объекта для реконструкции было использовано сердце плода человека, в каждой из трех программ было «сшито» от 40 до 80 фотографий серийных гистологических срезов, что заняло от трех до девяти

часов. У каждой программы был обнаружен ряд особенностей и проблем. ImageJ и MeshLab – программы, простые в освоении, но имеющие ограниченный функционал для последующей обработки модели. С помощью программы ImageJ легко трансформировать снимки в трехмерный объект, но при реконструкции возникает большое количество технических ошибок в виде прерывания работы и неправильного отображения данных.

Основной недостаток программы заключается в том, что наложение изображений друг на друга производится автоматически, а не вручную, и в ходе реконструкции они смещаются. Программа MeshLab такого недостатка не имеет, так как предполагает ручное размещение срезов друг над другом. Также одним из преимуществ данной программы является то, что благодаря простому взаимодействию между слоями и использованию упрощающих алгоритмов и искусственного интеллекта возможна последующая обработка модели, включающая сглаживание углов и скульптурирование, но при обработке изображений в этой программе теряется их текстура. Программа Blender единственная из трех рассматриваемых программ, которая способна обрабатывать изображения с их текстурой, то есть полученная модель будет иметь цвет и структуру фотографий гистологических препаратов, но у этой программы имеются сложности с переводом двумерных объектов в трехмерные из-за того, что она ориентирована на работу прежде всего с 3D объектами. Для того чтобы минимизировать влияние данных недочётов на конечный результат и сократить время реконструкции предложено последовательное использование трех программ. В программе ImageJ производится уменьшение размера изображений в 16 раз и задается их толщина в пикселях, затем в программе MeshLab происходит наложение срезов друг на друга и обработка модели, если необходимо, то для наложения текстуры используется программа Blender.

Заключение. Последовательное использование программ «ImageJ», «MeshLab» и «Blender» позволяет совместить простоту реконструкции с возможностями дальнейшей обработки модели. Трехмерные модели органов плода человека помогут расширить представления о внутриорганной топографии их структурных элементов.

Литература

1. Башмакова, Н. В. Коррекция патологии плода методами внутриутробной хирургии / Н. В. Башмакова [и др.] // Вестник Росздравнадзора. – 2016. – № 3. – С. 19-26.
2. Гудлетт, Т. Трехмерный компьютерный анализ камер сердца у плодов человека / Т. Гудлетт, И. В. Твердохлеб // Наука молодых–Eguditio Juvenium. – 2014. – №. 2. – С. 43-50.
3. Лященко, Д. Н. Фетальная анатомия и топография человека в 21 веке: текущее состояние, особенности и перспективы развития / Д. Н. Лященко // XIV Международный конгресс по репродуктивной медицине : Материалы конгресса, Москва, 21–24 января 2020 года / Под редакцией: академика РАН, д.м.н., профессора Г. Т. Сухих, академика РАН, д.м.н., профессора Л. В. Адамян. – М. : МЕДИ Экспо, 2020. – С. 107-108.

4. Якимов, А. А. Типичное строение мышечной части межжелудочковой перегородки в сердце плода человека: анатомо метрическое исследование / А. А. Якимов // Морфологические ведомости. – 2008. – № 3-4. – С. 98-102.

5. Якимов, А. А. Маркеры морфологически правого желудочка в сердце плода и новорожденного: анатомическое исследование / А. А. Якимов // Евразийский кардиологический журнал. – 2019. – № S2. – С. 388-389.