

5. Недосугова, Л. В. Значение гликемического контроля в профилактике диабетической нефропатии при сахарном диабете 2 типа / Л. В. Недосугова // Трудный пациент. – 2013. – Т. 11, № 5. – С. 26–31.
6. Байрамкулов, Э. Д. Биохимические и клиничко-морфологические критерии диагностики диабетической стопы / Э. Д. Байрамкулов, А. А. Воротников // Наука. Инновации. Технологии. – 2016. – № 3. – С. 243-250.
7. Власов, Т. Д. Эндотелиальная дисфункция: от частного к общему. Возврат к «старой парадигме»? / Т. Д. Власов, И. И. Нестерович, Д. А. Шиманьски // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2019. – Т.18, № 2. – С. 19–27.

### **Сведения об авторах**

А.А. Ильдеткин\* – студент института клинической медицины  
А.С. Борисенко – студент института клинической медицины  
О.А. Молокова – профессор, доктор медицинских наук, доцент

### **Information about the authors**

A. A. Ildetkin\* – Student at the Institute of Clinical Medicine  
A. S. Borisenko – Student at the Institute of Clinical Medicine  
O.A. Molokova – Professor, Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor

\***Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):**

ildetkin.andrey@mail.ru

УДК: 611; 378.147.31; 614.253.4

## **3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН**

Кныш Олег Евгеньевич, Нуждин Олег Юрьевич

Кафедра анатомии человека, топографической анатомии и оперативной хирургии  
ФГБОУ ВО Уральский государственный медицинский университет Минздрава России  
Екатеринбург, Россия

### **Аннотация**

**Введение.** В настоящее время анатомы получили возможность осуществить значительный скачок в развитии науки и образования. Одним из перспективных и активно развивающихся направлений в современной морфологии является 3D-моделирование анатомических и патологических образований. На основе разработанных цифровых 3D-моделей при помощи метода 3D-печати возможно создать реальные модели морфологических объектов. К тому же в последние годы средняя стоимость услуг 3D-печати существенно снизилась, что делает применение печатных препаратов более доступным [4]. Значительное преимущество 3D-моделей заключается в отсутствии этических и нормативных проблем при их использовании, в отличие от настоящих препаратов. **Цель исследования** – провести анализ мирового опыта использования 3D-моделирования в образовании, осветить методику создания 3D-моделей морфологических объектов, обозначить перспективы развития данного метода. **Материал и методы.** Осуществлен обзор и анализ современных научных публикаций, был использован метод 3D-моделирования грудины человека. **Результаты.** Осуществлена полноценная разработка и SLS 3D-печать модели грудины по данным КТ-снимков пациента П. **Выводы.** 3D-моделирование имеет большой потенциал в медицинском образовании. Необходимо развивать данное направление в РФ и интегрировать его в различные дисциплины и сценарии использования. 3D-моделирование предоставляет новые возможности для изучения морфологических дисциплин, делая процесс обучения более наглядным и интерактивным.

**Ключевые слова:** образование, анатомия, патология, морфология, перспективы, 3D-модель, 3D-печать, 3D-моделирование

## **3D MODELING OF MORPHOLOGICAL OBJECTS AS A METHOD OF STUDYING MORPHOLOGICAL DISCIPLINES**

Knysh Oleg Evgenievich, Nuzhdin Oleg Yurievich

<sup>1</sup>Department of Human Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery

Ural State Medical University

Yekaterinburg, Russia

### **Abstract**

**Introduction.** Currently, anatomists have the opportunity to make a significant leap in the development of science and education. One of the promising and actively developing areas in modern morphology is 3D modeling of anatomical and pathological formations. Based on the developed digital 3D models using the 3D printing method, it is possible to create real models of morphological objects. In addition, in recent years, the average cost of 3D printing services has decreased significantly, which makes the use of printed objects more accessible [4]. A significant advantage of 3D models is that there are no ethical or regulatory issues associated with their use, unlike real exhibits. **The aim of the study** is to analyze the world experience of using 3D modeling in education, highlight the methodology for creating 3D models of morphological objects, and outline the prospects for the development of this method. **Material and methods.** A review

and analysis of modern scientific publications was carried out, and the method of 3D modeling of the human sternum was used. **Results.** A full-fledged development and SLS 3D printing of a sternum model was carried out based on CT images of patient P. **Conclusion.** 3D modeling has great potential in medical education. It is necessary to develop this area in the Russian Federation and integrate it into various disciplines and use scenarios. 3D modeling provides new opportunities for studying morphological disciplines, making the learning process more visual and interactive.

**Keywords:** education, anatomy, pathology, morphology, perspectives, 3D model, 3D printing, 3D modeling

## **ВВЕДЕНИЕ**

Морфология человека как наука на протяжении многих лет использовала методы исследования и подходы, применяющиеся еще ее основателями. В настоящее время с развитием технологий и цифровизацией общества, анатомы получили возможность осуществить значительный скачок в развитии анатомической науки и медицинского образования в целом. В настоящее время сформулировано понимание необходимости разработки и внедрения в процесс обучения на морфологической кафедре принципиально нового подхода к приобретению практических навыков студентами, реализации их теоретических знаний в практике через новые, доступные им информационные технологии [2]. Одним из перспективных и активно развивающихся направлений в современной морфологии является 3D-моделирование и 3D-печать анатомических и патологических образований. Прекрасно известно, что в настоящее время существует ряд проблем и ограничений, связанных с приобретением и хранением трупов, что приводит к ограниченному использованию традиционных препаратов. Значительное преимущество 3D-моделей над настоящими препаратами заключается в отсутствии этических и нормативных проблем при их использовании и необходимости сложного специфического хранения. [1, 4, 5]. Тем более, в последние годы средняя стоимость услуг 3D-печати, как одного из возможных путей использования 3D-моделей, существенно снизилась, что делает применение печатных препаратов в большинстве учебных аудиторий гораздо доступнее [4]. А современные интернет-ресурсы позволяют студентам полноценно использовать и изучать отсканированные структуры и препараты удаленно (в формате видеолекций, 3D-моделей и т.п.).

**Цель исследования** – провести анализ мирового опыта использования 3D-моделирования в образовании студентов и ординаторов. Осветить методику создания 3D-моделей анатомических и патологических образований. Обозначить перспективы развития данного метода в современном медицинском образовании.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Осуществлен обзор и анализ современных научных публикаций по теме 3D-моделирования морфологических структур в образовательной и клинической практике. В работе был использован метод 3D-моделирования грудины человека. Использовалось программное обеспечение (ПО) для просмотра медицинских DICOM-файлов «Inobitec», «3Dim Viewer»; последующая доработка воссозданной на основе КТ-снимков 3D-модели осуществлялась в ПО для обработки 3D-контента «Blender». 3D-печать модели грудины осуществлялась по технологии селективного лазерного спекания (Selective Laser Sintering (SLS)) при помощи 3D-принтера Anycubic Photon Mono M5s.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

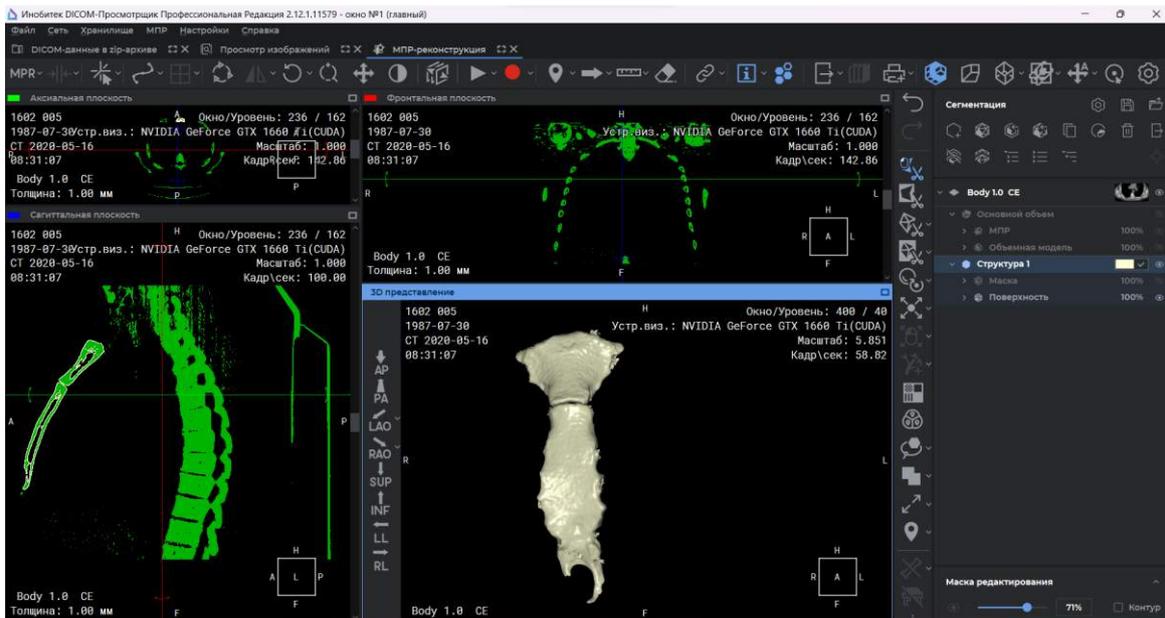


Рис. 1 Сегментированная из КТ-снимка пациента П 3D-модель грудины с созданной поверхностью



Рис. 2 Отредактированная в «Blender» 3D-модель грудины пациента П

Осуществлена полноценная разработка и SLS 3D-печать модели грудины по данным КТ-снимков пациента П при сотрудничестве с УИЛ «Морфологии» СамГМУ.

Для создания цифровой 3D-модели необходимо загрузить интересные снимки в формате DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) в специальное ПО для просмотра и редакции снимков (Inobitek, 3DimViewer, Autoplan, RadiAnt...). Указанное ПО (Рис. 1) способно воссоздать из загруженных снимков объемную модель. Интересующее образование следует сегментировать из общего снимка, создать поверхность по данной модели и затем экспортировать в формате stl (Standard Tessellation Language). Так как не все 3D-модели КТ и МРТ снимков обладают необходимой точностью изображения, необходима дальнейшая доработка образования. Данный этап может быть осуществлен в различном ПО для обработки 3D-контента, например, в бесплатном ПО «Blender». При помощи указанного ПО необходимо восстановить целостность цифровой сетки загруженного образования в режиме «mesh», а в дальнейшем, в режиме «sculpt» придать модели необходимую форму и текстуру (Рис. 2). После этого объект может быть напечатан на 3D-принтере. Для печати необходимой модели требуется загрузить в программу-слайсер 3D-принтера файл с объектом.

Принтер использует послойную нарезку загруженной модели (при помощи программы-слайсера происходит перевод stl-файла в G-код), причем точность исходного DICOM-изображения и созданного на его основе stl-объекта пропорциональна точности получаемой при печати модели.

### **ОБСУЖДЕНИЕ**

В современной медицине широко используются методы компьютерной визуализации для сканирования и исследования органов пациента [3]. На основе данных, полученных по результатам данных методов (в частности КТ и МРТ), возможно создание максимально реалистичных персонифицированных 3D-моделей, которые могут быть использованы в различных отраслях медицины и медицинского образования. Данный метод визуализации обеспечивает возможность по-новому взглянуть на предмет изучения морфологических дисциплин как в медицинских ВУЗах, так и на уровне постдипломного медицинского образования. Ознакомливает студентов с реалиями современной медицины, подготовить к использованию современных методов компьютерной визуализации: МРТ, КТ и УЗИ.

Кроме того, вышеописанная методика позволяет изучать морфологию и осуществлять научную деятельность без использования натуральных препаратов, что является значительным преимуществом, принимая во внимание вышеупомянутые сложности с использованием трупного материала.

Благодаря использованию 3D-моделей студенты смогут лучше осмысливать реальные структуры [3]. Крайне важно и необходимо воссоздать модели органов в норме и при патологиях. Так Wu et al. (2018) определили, что именно патологические областей тела со сложными анатомическими соотношениями (например, таз или позвоночник), лучше воспринимаются при помощи 3D-моделей. Кроме того, обучение на 3D-моделях воспринимается студентами успешнее, чем изучение 2D-изображений [6].

### **ВЫВОДЫ**

1. 3D-моделирование показывает большой потенциал своих возможностей в медицинском образовании. В связи с растущими образовательными и медицинскими требованиями необходимо развивать данное направление в ВУЗах РФ и интегрировать его в различные дисциплины и сценарии использования.

2. Используя цифровые и напечатанные модели, студенты смогут лучше визуализировать и воспринимать прочитанную в учебных пособиях информацию. Применение 3D-моделей позволяет лучше понять анатомию и патологию человека. КТ и МРТ с любым интересующим вариантом морфологии или же готовый анатомический препарат возможно оцифровать и превратить в наглядную 3D-модель для дальнейшего использования в образовании.

3. Современные подходы к образованию позволяют студентам и преподавателям рационализировать временные ресурсы, обеспечивают студентам возможность тщательнее изучать нормальные и патологические структуры, обеспечивая формирование у студентов клинического мышления.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Денисов О. Е. Информационная система для изучения анатомии человека/ Денисов О. Е., Левашов И. А., Кузьмин А. В. //Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2014. – №. 2 (10). – С. 153-157
2. Сазонов С. В. Оцифрованные гистологические препараты в обучении и отработке практических навыков и умений при изучении гистологии в медицинском вузе/ Сазонов С. В. //Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2017. – Т. 16. – №. 4. – С. 127-131.
3. Титова М. В. Трехмерная печать в хирургическом планировании и медицинском образовании/ Титова М. В., Пелешок С. А., Елисева М. И. //Известия Российской Военно-медицинской академии. – 2020. – Т. 39. – №. S3-5. – С. 215-221.
4. Кахаров З. А. У. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-РЕКОНСТРУКЦИЙ ОРГАНОВ В ОБУЧЕНИИ АНАТОМИИ/ Кахаров З. А., Назиржонов О. Х //ТЕСНика. – 2023. – №. 3 (12). – С. 4-7.
5. Using 3D printing to improve student education of complex anatomy: A systematic review and meta-analysis/ D Salazar, M Thompson, A Rosen, J Zuniga //Medical Science Educator. – 2022. – Т. 32. – №. 5. – С. 1209-1218.
6. The addition of 3D printed models to enhance the teaching and learning of bone spatial anatomy and fractures for undergraduate students: a randomized controlled study/ AM Wu, K Wang, JS Wang [et al.] //Annals of translational medicine. – 2018. – Т. 6. – №. 20.

### **Сведения об авторах**

О.Е. Кныш\* - студент лечебно-профилактического факультета. ORCID: 0009-0003-8070-6336, SPIN: 5422-6525

О.Ю. Нуждин - ассистент кафедры анатомии человека, топографической анатомии и оперативной хирургии.  
ORCID: 0000-0002-8808-4995, SPIN: 1745-6104.

### Information about the authors

O.E. Knysh - student of Treatment-and-prophylactic Faculty. ORCID: 0009-0003-8070-6336, SPIN: 5422-6525

O.Y. Nuzhdin - Assistant at the Department of Human Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery. ORCID: 0000-0002-8808-4995, SPIN: 1745-6104.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

knysh\_oleg4@bk.ru

УДК: 616-091.0

## ПРОБЛЕМА ПОСТМОРТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛЕКАРСТВЕННОГО АНАФИЛАКТИЧЕСКОГО ШОКА В СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ (ПО МАТЕРИАЛАМ ПОВТОРНЫХ КОМИССИОННЫХ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКИХ ЭКСПЕРТИЗ)

Коробова Софья Ивановна, Спиринов Алексей Васильевич

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России

Екатеринбург, Россия

### Аннотация

**Введение.** Посмертная диагностика лекарственного анафилактического шока (ЛАШ) представляет собой сложную задачу, что обусловлено отсутствием специфических морфологических изменений при проведении аутопсии. Актуальность проблемы постмортальной диагностики ЛАШ определяется противоречием между отечественным подходом, базирующимся на клинических данных и выявлении неспецифической морфологической картины при проведении вскрытия с учетом обстоятельств наступления смерти, и патогенетическим подходом, практикуемым в зарубежных странах и основанном на верификации ключевого звена патогенеза – дегрануляции тучных клеток (ТК). **Цель исследования** – привлечь внимание судебно-медицинских экспертов к проблеме постмортальной диагностики ЛАШ. **Материал и методы.** Работа выполнена на материалах повторных комиссионных судебно-медицинских экспертиз двух случаев ЛАШ с летальным исходом, проведенных в отделении судебно-медицинских исследований Уральского филиала (с дислокацией в городе Екатеринбург) ФГКУ «Судебно-экспертный центр Следственного комитета Российской Федерации».

**Результаты.** При анализе материалов первичных судебно-медицинских экспертиз в одном случае выявлена гиподиагностика ЛАШ, ставшего причиной смерти при оказании медицинской помощи, а во втором случае – отсутствие его достоверной морфологической верификации. Использование ИГХ-методики для выявления патогномичного признака ЛАШ – дегрануляции ТК позволило в обоих случаях установить достоверную причину смерти. **Выводы.** Посмертная диагностика ЛАШ должна основываться на верификации ключевого звена патогенеза – дегрануляции тучных клеток с предпочтительным использованием ИГХ методик.

**Ключевые слова:** лекарственный анафилактический шок, судебно-медицинская экспертиза, тучные клетки, иммуногистохимические исследования.

## THE PROBLEM OF POSTMORTEM DIAGNOSIS OF DRUG-INDUCED ANAPHYLACTIC SHOCK IN FORENSIC MEDICAL PRACTICE (BASED ON REPEATED COMMISSION FORENSIC MEDICAL EXAMINATIONS)

Korobova Sofia Ivanovna, Spirin Alexey Vasilievich

Ural State Medical University

Yekaterinburg, Russia

### Abstract

**Introduction.** Postmortem diagnosis of drug-induced anaphylactic shock (DIAS) is a complex task due to the lack of specific morphological changes during autopsy. The relevance of the problem of postmortem DIAS diagnosis is determined by the contradiction between the domestic approach, based on clinical data and identification of nonspecific morphological findings during autopsy considering the circumstances of death, and the pathogenetic approach practiced in foreign countries, based on verification of the key link in the pathogenesis - degranulation of mast cells. **The aim of the study** is to draw the attention of forensic medical experts to the problem of postmortem DIAS diagnosis. **Material and methods.** The study was conducted on the materials of repeated commission forensic medical examinations of two cases of DIAS with fatal outcomes, carried out in the forensic medical research department of the Ural branch (located in the city of Yekaterinburg) of the Federal State Forensic Expertise Center of the Investigative Committee of the Russian Federation. **Results.** Analysis of the materials from the initial forensic medical examinations revealed hypodiagnosis of DIAS in one case, which was the cause of death during medical assistance, and the lack of its reliable morphological verification in the second case. The use of immunohistochemical staining techniques to identify the pathognomonic sign of DIAS - degranulation of mast cells allowed to establish the definitive cause of death in both cases. **Conclusion.**