

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВЫЯВЛЕНИИ МИКРОЧАСТИЦ НА СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКИХ ОБЪЕКТАХ

Ю.Ю. Шишкин¹, С.Ю.Бурлаков¹, А.Ю. Бурлакова¹, А.С. Катаев^{2,3}, А.С. Суворов³¹ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный медицинский университет» Минздрава России, Иваново, Россия² ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова», Москва, Россия³ Медицинский институт непрерывного образования ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье исследуются вопросы применения трехмерных технологий в выявлении микрочастиц на объектах, подлежащих судебно-медицинскому исследованию.**Цель.** На практических и экспериментальных примерах показать организационные подходы к применению трехмерных технологий в выявлении и идентификации микрочастиц на судебно-медицинских объектах.**Материалы и методы.** Материалом для исследования являлись 1550 судебно-медицинских экспертиз и исследований судебно-биологического отделения ОБУЗ «БСМЭ Ивановской области» за 2019 и 2020 годы.**Результаты.** Обозначены проблемные вопросы цифровой визуализации объектов исследования. Отмечены перспективы эффективной диагностики как индивидуальных особенностей травмирующего предмета, так и установления характера среды пребывания следовоспринимающего объекта.**Выводы.** Авторами представлен анализ штатных программно-цифровых средств, графических редакторов и оригинальных средств обработки изображений.**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** анализ изображений, судебная медицина, криминалистика, идентификация криминалистическая, сканер трехмерный, трехмерная графика**КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:** Катаев Александр Станиславович, e-mail: kataev03@mail.ru**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Шишкин Ю.Ю., Бурлаков С.Ю., Бурлакова А.Ю., Катаев А.С., Суворов А.С. Организация применения трехмерных технологий в выявлении микрочастиц на судебно-медицинских объектах // Вестник Медицинского института непрерывного образования. — 2025. — Т. 5, № 1. — С. 86–88. — DOI 10.36107/2782-1714_2025-5-1-86–88.**ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ:** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.**ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:** Данные текущего исследования можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ORGANIZATION OF THE USE OF THREE-DIMENSIONAL TECHNOLOGIES IN THE DETECTION OF MICROPARTICLES AT FORENSIC FACILITIES

Y.Y. Shishkin¹, S.Y. Burlakov¹, A.Y. Burlakova¹, A.S. Kataev^{2,3}, A.S. Suvorov³¹ Ivanovo State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ivanovo, Russia² Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia³ Medical Institute of Continuing Education, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

ABSTRACT

Background. The article examines the application of three-dimensional technologies in the detection of microparticles on objects subject to forensic medical examination.**Purpose.** On practical and experimental examples to show the organizational approaches to the use of three-dimensional technologies in the detection and identification of microparticles on forensic objects.**Materials and methods.** The material for the study was 1550 forensic medical examinations and studies of the forensic biological department of the Bureau of Forensic Medical Expertise of Ivanovo Region for 2019 and 2020.**Results.** The problematic issues of digital visualization of objects of research were outlined. The prospects for effective diagnosis of both the individual characteristics of the traumatic object and the establishment of the nature of the environment of the trace object were noted.**Conclusion.** The authors presented an analysis of standard digital software tools, graphic editors and original image processing tools.**KEYWORDS:** image analysis, forensic medicine, criminalistics, forensic identification, three-dimensional scanner, three-dimensional graphics**CORRESPONDENCE:** Alexander S. Kataev, e-mail: kataev03@mail.ru**FOR CITATIONS:** Shishkin Y.Y., Burlakov S.Y., Burlakova A.Y., Kataev A.S., Suvorov A.S. Organization of the Use of Three-dimensional Technologies in the Detection of Microparticles at Forensic Facilities // Bulletin of the Medical Institute of Continuing Education. — 2025. — V. 5, No. 1. — P. 86–88. — DOI 10.36107/2782-1714_2025-5-1-86–88.**FUNDING SOURCE:** The authors declare no funding for the study.**DECLARATION OF COMPETING INTEREST:** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.**DATA AVAILABILITY STATEMENT:** Data from the current study are available upon reasonable request from the corresponding author.

ВВЕДЕНИЕ

На судебно-медицинских объектах часто обнаруживаются микрочастицы. Микрообъекты являются материальным субстратом следового контакта [1]. Современные средства трехмерной визуализации предоставляют дополнительные возможности в выявлении и исследовании микрочастиц. Идентификация микрочастиц важна для распознавания травмирующего предмета и оценки условий слеодообразования [2,3]. В настоящее время отмечается ограниченное количество публикаций об исследованиях микрочастиц современными методами трехмерной визуализации.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

На практических и экспериментальных примерах показать организационные подходы к применению трехмерных технологий в выявлении и идентификации микрочастиц на судебно-медицинских объектах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования являлись 1550 судебно-медицинских экспертиз и исследований судебно-биологического отделения ОБУЗ «БСМЭ Ивановской области» за 2019 и 2020 годы. Визуально и с помощью стереомикроскопа исследованы кожные лоскуты с колото-резаными и ушибленными ранами, кости свода черепа и трубчатые кости на предмет обнаружения микрочастиц. Объекты изучались с помощью ручного 3D-сканера Artec Eva, стоматологического интраорального 3D-сканера Planmeca Emerald, универсального 3D-сканера UST4.0 [4]. Полученные трехмерные модели обрабатывались штатными программными средствами сканеров, подвергались преобразованиям с помощью 3D-графического редактора Blender и оригинальными средствами обработки изображений (Dam_skin, Sim_pix). Масштабированные модели микрочастиц распечатывались на 3D-принтерах с различной технологией печати (FDM, LSD).

РЕЗУЛЬТАТЫ

По материалам проанализированных экспертиз упоминания о микрочастицах были обнаружены в 114 случаях, в 2019 г. (6%) и в 2020 г. (8%). Среди обнаруженных микрочастиц преобладают частицы почвы (26%), плесени (20%) и ржавчины (29%). Также встречаются упоминания о «пылевидном налете», частицах древесины и частицах темно-бурого цвета, но их процентное соотношение значительно ниже — от 3% до 10%.

В ходе проведенных исследований определены возможности доступных трехмерных сканеров по выявлению микрочастиц. При изучении кожных лоскутов и костей с повреждениями, на поверхностях которых были замечены включения, внешне похожие на микрочастицы, установлено, что детально исследовать их в трехмерной модели, созданной сканером Artec Eva, невозможно. Информативную трехмерную модель повреждения создает стоматологический интраоральный 3D-сканер Planmeca Emerald, который способен зафиксировать микрочастицы размером более 1x1 мм. Однако данные частицы он может захватить не во всех случаях, а только при удачных условиях сканирования, на что влияет разнообразный рельеф сканируемой поверхности, а также

определенные сочетания цветности текстуры. При удачном формировании трехмерной модели частицы появляется возможность ее масштабирования (увеличения), оценки размеров, формы и цвета. Наиболее эффективным в обнаружении и исследовании микрочастиц зарекомендовал себя оригинальный прибор UST 4.0. Он включает в себя свойства трехмерного сканера для получения обзорных трехмерных моделей, и в то же время может использоваться как 3D-микроскоп высокого качества и разрешения. Благодаря применению сканера появляется возможность многократного исследования особенностей микрочастиц, выполнения измерений, изучения с разных ракурсов. Выполнение измерений на 3D-модели эффективнее и точнее, чем в нативном виде, масштабная линейка не требуется. Оборудование перед съемкой калибруется, сохраняются координаты каждой зафиксированной точки, что позволяет точно определять расстояние между ними. В 3D-изображении, кроме формы и размеров, добавляются новые морфологические признаки: 3D-границы, 3D-нормали. Появляется возможность подвергать трехмерные модели математической обработке, использовать стандартные 3D-редакторы, изменять, улучшать, проводить цифровой анализ. Кроме того, UST (universal scanning technology) позволяет создавать модели в инфракрасном спектре, тогда выявляются особенности, которые недоступны при изучении в лучах видимого света. 3D-модель ретроспективно можно увеличить до 1000 раз, тогда становятся заметны особенности структуры материала самой микрочастицы. Параллельно с формированием 3D-модели автоматически сохраняется 2D-цифровая фотография объекта, что позволяет применить разработанные нами ранее технологии попиксельного анализа изображения. Установлено, что совместное применение 3D и 2D-технологий позволяет исключить недостатки 3D-сканирования, объективизировать отображение элементов визуализации, выявить новые морфологические признаки. Сочетание 3D-моделирования с объективным числовым анализом формирует качественно новый метод диагностики и идентификации. С применением UST 4.0 удалось выявить и эффективно идентифицировать на мягких тканях и костях частицы мела, лако-красочного покрытия, древесины, стекла, металла, ржавчины, грунта. Так как частицы грунта и ржавчины наиболее часто встречались в практическом материале, то они были детально исследованы с помощью методов трехмерной визуализации. При исследовании судебно-медицинских объектов, содержащих частицы ржавчины, было обнаружено, что в кожных лоскутах и на костях они выглядят в виде хаотично расположенных образований, местами свободно расположенных, местами — с частичным погружением. Частицы красно-коричневого цвета, характерной закругленной формы, размер частиц варьирует от 0,025 до 0,66 мм. Наложения и внедрения частиц грунта характеризовались серым и коричневым цветом, разной степени насыщенности, размером от 0,01 до 0,7 мм. Форма частиц грунта: овальная, полигональная. Границы частиц неоднородные — выраженные и сглаженные.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Идентификация микрочастиц с помощью методов трехмерной визуализации способствует эффективной

диагностике травмирующего предмета и установлению характера среды пребывания травмированного объекта исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По 3D-модели, созданной высокоточным трехмерным сканирующим устройством (UST 4.0), мож-

но сделать вывод о виде изделия, цвете, особенностях материала, частицы которого остались на объекте исследования. Информативным приемом диагностики также явился способ масштабирования трехмерной модели микрочастицы с дальнейшей «материализацией» ее на 3D-принтере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А.Е. Судебно-медицинская оценка микрообъектов при тупой травме // Киров: Изд. «Бумажник». — 2001. — 110 с.
2. Вандер М. Б. Использование микрочастиц при расследовании преступлений. Серия «Библиотека криминалиста» // СПб: Питер, 2001. — 224 с.
3. Егоров Н. Н. Поиск, обнаружение и предварительное исследование микрообъектов // Хабаровск: Хабаровская высшая школа МВД СССР. — 1989. — 46 с.
4. Ерофеев С.В., Федорова А.С., Ковалев А.В., Шишкин Ю.Ю., Фетисов В.А. Трехмерное сканирование судебно-медицинских объектов: приборное обеспечение и особенности технологии. // Судебно-медицинская экспертиза. — 2018. — Т. 61. — № 6. — С. 39–42.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шишкин Юрий Юрьевич — д.м.н., заведующий кафедрой судебной медицины и правоведения ФГБОУ ВО ИвГМУ Минздрава России, ORCID iD 0000-0002-1029-9056.

Бурлакова Анна Юрьевна — соискатель кафедры судебной медицины и правоведения ФГБОУ ВО ИвГМУ Минздрава России, ORCID iD 0000-0002-4779-5715.

Бурлаков Сергей Юрьевич — ассистент кафедры судебной медицины и правоведения ФГБОУ ВО ИвГМУ Минздрава России, ORCID iD 0000-0001-9049-6828.

Катаев Александр Станиславович — начальник управления межрегионального взаимодействия и координации медицинского обеспечения Федерального центра медицины катастроф ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н. И. Пирогова» МЗ РФ; к.м.н., доцент кафедры организации здравоохранения, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы с курсом судебно-медицинской экспертизы МИНО ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», SPIN-код: 2418-7177. AuthorID: 814757.

Суворов Александр Сергеевич — старший преподаватель кафедры организации здравоохранения, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы с курсом судебно-медицинской экспертизы МИНО ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», SPIN-код автора: 9981-6480, AuthorID: 757081.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Шишкин Ю.Ю. — концепция и редактирование.

Катаев А. С. — концепция и редактирование, написание текста.

Бурлакова А.Ю. — сбор и обработка материала, написание текста.

Бурлаков С.Ю. — сбор и обработка материала, написание текста.

Суворов А.С. — сбор и обработка материала.

ИНФОРМИРОВАННОЕ СОГЛАСИЕ НА ПУБЛИКАЦИЮ: авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ: авторы заявляют, что все процедуры, описанные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2024 г. Статья одобрена Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» (Москва, Волоколамское шоссе, дом 11) протокол No 8/3 от 25 марта 2025.

ПОСТУПИЛА: 13.02.2025
ПРИНЯТА ПОСЛЕ РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ: 14.03.2025
ОПУБЛИКОВАНА: 30.03.2025