

БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МОЗ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ІМЕНІ П.Л. ШУПИКА**

АСОЦІАЦІЯ СУДОВИХ МЕДИКІВ УКРАЇНИ

**ДСУ «ГОЛОВНЕ БЮРО СУДОВО-МЕДИЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ МІНІСТЕРСТВА
ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ»**

СУДОВО-МЕДИЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Науково-практичний рецензований журнал № 2/2021

Заснований у грудні 2010 р.

Виходить 2 рази на рік

Головний редактор – д.м.н., професор Бачинський Віктор Теодосович

Засновники журналу:

Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика

Буковинський державний медичний університет МОЗ України

Асоціація судових медиків України

ДСУ «Головне бюро судово-медичної експертизи Міністерства охорони здоров'я України»

Редакційна колегія

д.м.н., проф. **О.Я. Ванчуляк** – Буковинський державний медичний університет МОЗ України

д.м.н., проф. **І.Г. Савка** – Буковинський державний медичний університет МОЗ України

к.м.н., доц. **М.С. Гараздюк** – Буковинський державний медичний університет МОЗ України

д.м.н., проф. **В.Д. Мішалов** – Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика

д.м.н., проф. **Сілке Грабхер (Silke Grabherr)** – Науково-Практичний Центр Судової Медицини, Університетська Клініка Женеви та Лозанни, Швейцарська Конфедерація

к.м.н., доц. **Джозеф Сідло (Jozef Sidlo)** – Інститут судової медицини Медичного університету ім. Коменського, Республіка Словаччина

д.м.н., проф. **С.В. Козлов** – Дніпровський державний медичний університет МОЗ України

Курт Трубнер (Kurt Truebner) – Асоціація судових медиків Східної Європи, Інститут судової медицини Дуйсбург-Ессенського Університету, Федеративна Республіка Німеччина

к.м.н., доц. **В.В. Войченко** – Асоціація судових медиків України

д.м.н., проф. **Л.Л. Голубович** – Запорізький державний медичний університет МОЗ України

д.м.н., проф. **О.М. Гуров** – Харківська медична академія післядипломної освіти МОЗ України

д.м.н., проф. **О.В. Дунаєв** – Харківський національний медичний університет МОЗ України

д.м.н., проф. **Н.М. Козань** – ДЗ «Івано-Франківський національний медичний університет» МОЗ України

д.м.н., проф. **Г. Ф. Кривда** – Одеський національний медичний університет МОЗ України

д.м.н., проф. **А.М. Падуре** – Державний університет медицини і фармації ім. М. Тестеміцану, Республіка Молдова

к.м.н. **А.М. Тетюєв** – Білоруський державний медичний університет, Республіка Білорусь

Наказом МОН України №735 від 29.06.2021 р. «Про затвердження рішень Атестаційної колегії Міністерства» журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» (свідectво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ №24040-13880ПР).

Мова видання: українська, англійська та російська

Журнал «Судово-медична експертиза» реферується **Інститутом проблем реєстрації інформації НАН України** та включений до реєстру бази науково-метричних видань «**Google Scholar**», до загальнодержавної реферативної бази «**Україніка наукова**», обробляється та відображається в Українському реферативному журналі «**Джерело**».

Електронна версія журналу представлена на сайті НБУ імені В. І. Вернадського

Рекомендовано:

Вченою радою Буковинського державного медичного університету (протокол №4 від 25.11.2021р.)

Президією Асоціації судових медиків України (протокол №34 від 26.11.2021р.)

3D-МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РАНОВОГО КАНАЛУ, СПРИЧИНЕНОГО КОЛЮЧЕ-РІЖУЧИМ ЗАСОБОМ З ДВОБІЧНОЮ ЗАТОЧКОЮ ЛЕЗА

Кишкан П.Я., Савка І.Г.

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Резюме. У цій роботі досліджені можливості застосування сучасних методів 3D-моделювання для діагностики колюче-ріжучого знаряддя травми з двобічною заточкою леза. Показано, як змодельований елемент ранового каналу можна надрукувати на 3D-принтері та передати судово-слідчим органам для підвищення ефективності й об'єктивності пошуку знаряддя травми.

Мета роботи. Застосування методу фотограмметрії з подальшим створенням 3D-моделей ранового каналу, утвореного колюче-ріжучим засобом з двобічною заточкою леза, для наступного дослідження його морфологічних особливостей та отримання лінійних розмірів з високою точністю в графічному інтерфейсі «3DsMax».

Матеріали та методи. Були відтворені п'ятнадцять експериментальних ранових каналів за допомогою альгінатної відбиткової маси з гумоподібним ефектом «Hydrogum 5» (фірма «Zhermack», Італія), що швидко твердне, після полімеризації залишається еластичною, дозволяє отримувати відбитки з надзвичайно гладенькою поверхнею, найбільш точно зберігає та відтворює властивості зануреного в неї клинка досліджуваного ножа. Для нанесення експериментального пошкодження використовували колюче-ріжучий засіб – ніж з двобічною заточкою леза, довжиною клинка 6,16 см, шириною біля основи клинка 2,6 см, товщиною леза в середній його частині 0,3 см. Вказані розміри колюче-ріжучого знаряддя були отримані за допомогою штангенциркуля з похибкою $\pm 0,03-0,15$ см. Утворений рановий канал ділили на фрагменти з кроком близько 3,5 см. Кожен фрагмент ранового каналу контрастували барвником (1 % спиртовий розчин діамантового зеленого).

Ці фрагменти ранового каналу відкривали паралельно до його довжини та поміщали на обертальний столик, що знаходився у світловому кубі для забезпечення достатнього освітлення, та проводили фотографування. Для нього використовували цифрову камеру марки SONY RX 10 II. На об'єкт знімання ставили порядковий номер і фрагмент масштабної лінійки довжиною 1,0 см для проведення подальшого калібрування масштабу та контролю розмірів досліджуваного об'єкта в комп'ютерних програмах. Отримані фотографії у форматі JPEG завантажували в комп'ютерну програму «Agisoft Photoscan», в якій створювали 3D-текстуровані моделі фрагмента ранового каналу. Отриману модель і текстуру експортували у форматі «OBJ». Після чого здійснювали переміщення отриманих 3D-моделей у графічний простір програми «3DsMax» для калібрування масштабу моделі, в графічному редакторі проводили реконструкцію ранового каналу за допомогою 3D-моделей його фрагментів.

Результати. Для зіставлення відмінностей класичних і новітніх методик досліджень вимірювання лінійних розмірів ушкоджень спочатку проводили за допомогою лінійки. За такої умови отримали глибину ранового каналу, що складається з декількох фрагментів, згідно з методикою вимірювання глибини ранового каналу в тілі трупа шляхом складання його окремих частин відповідно до занурення та проходження леза в тілі потерпілого (в шкірі, підшкірній клітковині з м'язами, стінці порожнини та в ній самій, внутрішньому органі й інших анатомічних утвореннях). Аналогічним чином на різних рівнях занурення були зафіксовані ширина та довжина ранового каналу, що є важливими діагностичними складовими під час проведення судово-медичної експертизи у випадках колото-різаних ушкоджень.

На наступному етапі проведеного дослідження ми отримували лінійні розміри ушкоджень з 3D-моделей, використовуючи графічний інтерфейс «3DsMax». У цьому випадку вказана комп'ютерна програма дозволила одержати описані нами розміри зі значно вищою точністю, а саме до 0,001 см.

Висновок. Отримані результати досліджень свідчать про високу інформативність методів тривимірної ідентифікації травмуючого колюче-ріжучого знаряддя шляхом просторової реконструкції фрагментів ранового каналу, що забезпечує високий рівень точності у вирішенні прикладних завдань сучасної судово-медичної практики та криміналістики. Цей метод із застосуванням середовища «3DsMax» дозволяє проводити ретроспективну діагностику фрагментів ранового каналу з подальшим зіставленням з імовірним знаряддям травми.

Ключові слова: гострий травмуючий засіб з двобічною заточкою леза, тривимірне просторове моделювання, судова медицина.

Вступ. Робота судово-медичних експертів насамперед спрямована на проведення експертиз у випадках насильницької смерті або при підозрі на таку. Частим завданням є диференціація насильницької смерті від не насильницької. Діяльність судово-медичного експерта розпочинається з етапу дослідження місця злочину чи виявлення тіла. Він є точкою відліку, на якому необхідно задокументувати великий обсяг інформації: позу тіла, ложе трупа, взаєморозташування тіла з навколишніми об'єктами, наявні тілесні ушкодження, сліди біологічного та не біологічного походження тощо. Очевидно, що чим більшу кількість інформації потрібно задокументувати на місці події, тим більша ймовірність людської помилки у вигляді упущення опису дрібних деталей, що можуть відігравати важливу роль у формуванні висновку судово-медичного експерта. Саме тому методи 3D-моделювання за останнє десятиріччя все частіше знаходять своє застосування у моделюванні місць злочину чи виявлення тіла. Ці методи дозволяють відносно швидко на місці пригоди провести оцифрування всіх наявних деталей з високою точністю. Методи 3D-моделювання дають можливість зберігати 3D-моделі на необмежений термін, проводити їх повторні чи додаткові дослідження в ході здійснення експертизи у випадках, коли в слідчих органів виникають додаткові запитання, що зі свого боку сприяє формуванню найбільш об'єктивного експертного висновку. [1,2]

Беззаперечною перевагою використання 3D-моделювання в практичній діяльності судово-медичних експертів є можливість значного підвищення наочності та підняття візуалізації здійснених експертиз на новий рівень. Саме тому 3D-моделі знайшли широке застосування в презентації цифрової доказової бази під час судових засідань, що є найбільш доречним для суду присяжних, які виносять вирок. Суд присяжних формується з чоловіків і жінок різного віку та фаху, тому ці методи дозволяють якомога наочніше та зрозуміліше продемонструвати механізм травми, речові докази або інші важливі деталі, які в кожному конкретному випадку можуть відігравати вирішальну роль під час винесення вироку. [3,4]

Методи тривимірного просторового моделювання дають змогу використовувати не тільки цифрові 3D-моделі, а й надруковані на 3D-принтерах об'ємні моделі анатомічних структур. [5-7] Методи 3D-моделювання з подальшим друком моделей дозволяють отримати втрачені кісткові фрагменти, зробити висновки про кількість нападників і знаряддя травми. [8] Слід зауважити, що надруковані об'ємні моделі анатомічних структур є високоточними, що, крім простої візуалізації, дає можливість проводити ідентифікацію зі знаряддями травми. [9]

Раніше нами була розроблена методика 3D-реконструкції ранового каналу, утвореного колюче-ріжучим знаряддям при гострій травмі м'яких тканин і паренхіматозних органів. [10] Вона була застосована під час проведення медико-криміналістичної експертизи колото-різаного ушкодження нирки потерпілого. [11] Виходячи з цього, актуальним є питання можливості використання тривимірної просторової реконструкції ранового каналу, спричиненого колюче-ріжучим засобом з двобічною заточкою леза, для ідентифікації знаряддя травми.

Мета роботи. Застосування методу фотограмметрії з подальшим створенням 3D-моделей ранового каналу, утвореного колюче-ріжучим засобом з двобічною заточкою леза, для наступного дослідження його морфологічних особливостей та отримання лінійних розмірів з високою точністю в графічному інтерфейсі «3DsMax».

Матеріали та методи. Це експериментальне дослідження проводилося з використанням запатентованих нами методик [12-14] П'ятнадцять експериментальних ранових каналів були утворені за допомогою альгінатної відбиткової маси з гумоподібним ефектом «Hydrogum 5» (фірма «Zhermack», Італія), що швидко твердне, після полімеризації залишається еластичною та дозволяє отримувати відбитки з надзвичайно гладенькою поверхнею. Маючи високі тіксотропні властивості, зазначена альгінатна маса ковзає лише при натисканні під час зняття відбитка

гострого травмуючого предмета, найбільш точно зберігає та відтворює властивості зануреного в неї клинка експериментального ножа. Для нанесення експериментального пошкодження використовували колюче-ріжучий засіб – ніж з двобічною заточкою леза, довжиною клинка 6,16 см, шириною в ділянці основи клинка 2,6 см, товщиною в середній частині леза 0,3 см. Ці розміри колюче-ріжучого знаряддя були отримані за допомогою штангенциркуля з похибкою $\pm 0,03-0,15$ см. Кожен фрагмент ранового каналу контрастували барвником, використовуючи 1 % спиртовий розчин діамантового зеленого. Усі фрагменти ранового каналу відкривали паралельно до його довжини та поміщали на обертальний столик, що знаходився у світловому кубі для забезпечення достатнього освітлення, та проводили фотографування. Для нього використовували цифрову камеру марки SONY RX 10 II, на об'єкт знімання ставили номерок і фрагмент масштабної лінійки довжиною 1,0 см для проведення подальшого калібрування масштабу та контролю розмірів досліджуваного об'єкта в комп'ютерних програмах.

Отримані фотографії у форматі JPEG завантажували в комп'ютерну програму «Agisoft Photoscan», в якій створювали 3D-текстуровані моделі фрагмента ранового каналу. Отриману модель і текстуру експортували у форматі «OBJ».

Наступним етапом роботи було переміщення отриманих 3D-моделей у графічний простір програми «3DsMax», де здійснювалося калібрування масштабу моделі, після чого стало можливим уже в графічному редакторі проводити реконструкцію ранового каналу за допомогою 3D-моделей його фрагментів.

Статистичний аналіз результатів здійснювали методом параметричної статистики за допомогою комп'ютерної програми «Microsoft Excel» (США) з визначенням t-критерію Стьюдента.

Результати дослідження. Дослідження лінійних розмірів пошкоджень проводили спочатку класичним методом, а саме за допомогою лінійки, що дозволило отримати результати, наведені в табл. 1. У ній представлена глибина ранового каналу, що складається з декількох фрагментів, згідно з методикою вимірювання глибини ранового каналу в тілі трупа шляхом складання його окремих частин, відповідно до занурення та проходження леза в тілі потерпілого (в шкірі, підшкірній клітковині з м'язами, стінці порожнини та в ній самій, внутрішньому органі й інших анатомічних утвореннях).

На різних рівнях занурення подібним чином були зафіксовані ширина та довжина ранового каналу, які ілюструють товщину клинка леза та довжину окремих фрагментів, що зі свого боку відтворюють параметри леза гострого травмуючого предмета.

Таблиця 1

Лінійні розміри ушкоджень, отримані за допомогою класичних методів вимірювання

Параметр	MIN	MAX	M±m	SD
Глибина 1-го фрагмента ранового каналу	2,8	3,4	3,12±0,04	0,16
Глибина 2-го фрагмента ранового каналу	2,8	3,4	3,08±0,04	0,16
Глибина ранового каналу	6,2	6,2	6,2±0	0
Ширина вхідного отвору в його середній частині	0,3	0,3	0,3±0	0
Ширина 2-го фрагмента ранового каналу в його середній частині	0,3	0,3	0,3±0	0
Довжина вхідного отвору	2,6	2,6	2,6±0	0
Довжина 2-го фрагмента ранового каналу	1,6	1,8	1,68±0,02	0,08

На наступному етапі проведеного дослідження отримували лінійні розміри ушкоджень з 3D-моделей, використовуючи графічний інтерфейс «3DsMax». У цьому випадку вказана комп'ютерна програма дозволила одержати описані нами розміри зі значно вищою точністю, а саме до 0,001 см. Результати цих вимірювань представлені в табл. 2.

Лінійні розміри ушкоджень, отримані при дослідженні 3D-моделей у програмі «3DsMax»

Параметр	MIN	MAX	M±m	SD
Глибина 1-го фрагмента ранового каналу 3D	2,799	3,336	3,100±0,042	0,164
Глибина 2-го фрагмента ранового каналу 3D	2,819	3,358	3,058±0,042	0,164
Глибина ранового каналу 3D	6,155	6,164	6,159±0,001	0,003
Ширина вхідного отвору в середній його частині 3D	0,293	0,299	0,297±0,004	0,002
Ширина 2-го фрагмента ранового каналу в середній його частині 3D	0,272	0,282	0,277±0,001	0,003
Довжина вхідного отвору 3D	2,596	2,605	2,601±0,001	0,003
Довжина 2-го фрагмента ранового каналу 3D	1,589	1,853	1,690±0,021	0,082

Провівши статистичний аналіз отриманих даних, встановили чіткий взаємозв'язок між розмірами, одержаними з використанням класичних методів, і тими, що були отримані за допомогою дослідження 3D-моделей цих же пошкоджень. Ба більше, розміри, одержані з використанням комп'ютерної програми «3DsMax» були на порядок точнішими. Досліджуючи розмах глибин ранового каналу (рис. 1), отриманих за допомогою програми «3DsMax», визначили його показник, що становив (6,159±0,001) см. Показник абсолютного відносного відхилення за такої умови склав 0,04 %.



Рис. 1. Абсолютне відносне відхилення глибини ранового каналу, см.

Значущим діагностичним елементом будь-якого колото-різаного ушкодження є довжина вхідного отвору, що відбиває ширину леза ножа в найширшому його місці при зануренні клинка в тіло та дозволяє робити орієнтовні висновки про те, на яку глибину відбулося проникнення клинка. В експерименті показник довжини вхідного отвору (рис. 2) склав (2,601±0,001) см, абсолютне відносне відхилення якого становило 0,08 %.



Рис. 2. Абсолютне відносне відхилення довжини вхідного отвору, см.

Показник ширини вхідного отвору, що ілюструє значення товщини клинка в середній його частині (рис. 3) в експерименті склав $(0,297 \pm 0,0004)$ см. Значення абсолютного відносного відхилення для нього становило 1,0 %.

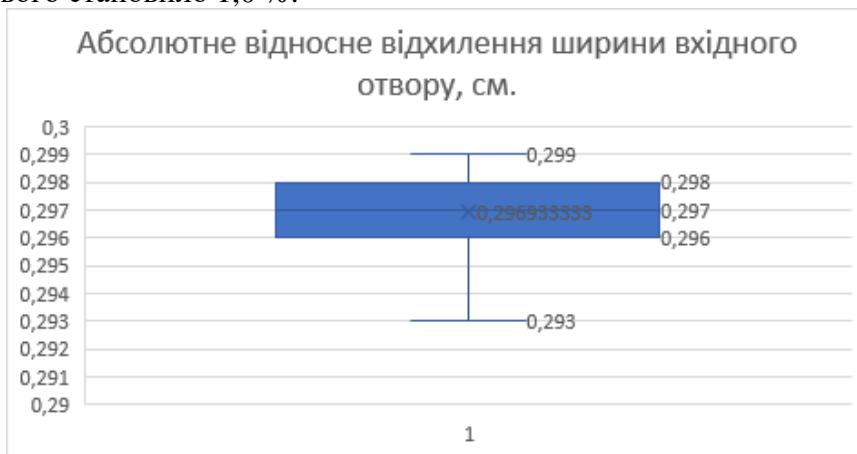


Рис. 3. Абсолютне відносне відхилення ширини вхідного отвору, см.

Результати, отримані під час експериментального дослідження, свідчать про високу точність лінійних вимірювань, проведених за допомогою графічного інтерфейсу «3DsMax». Також даний метод дозволяє вивчати морфологічні характеристики ушкоджень у 3D-форматі, виконувати ретроспективну діагностику ранового каналу, а саме його найбільш специфічної частини, утвореної ділянкою підйому клинка з обох гострих країв, тобто внаслідок дії клинка з двобічною заточкою леза (рис. 4).

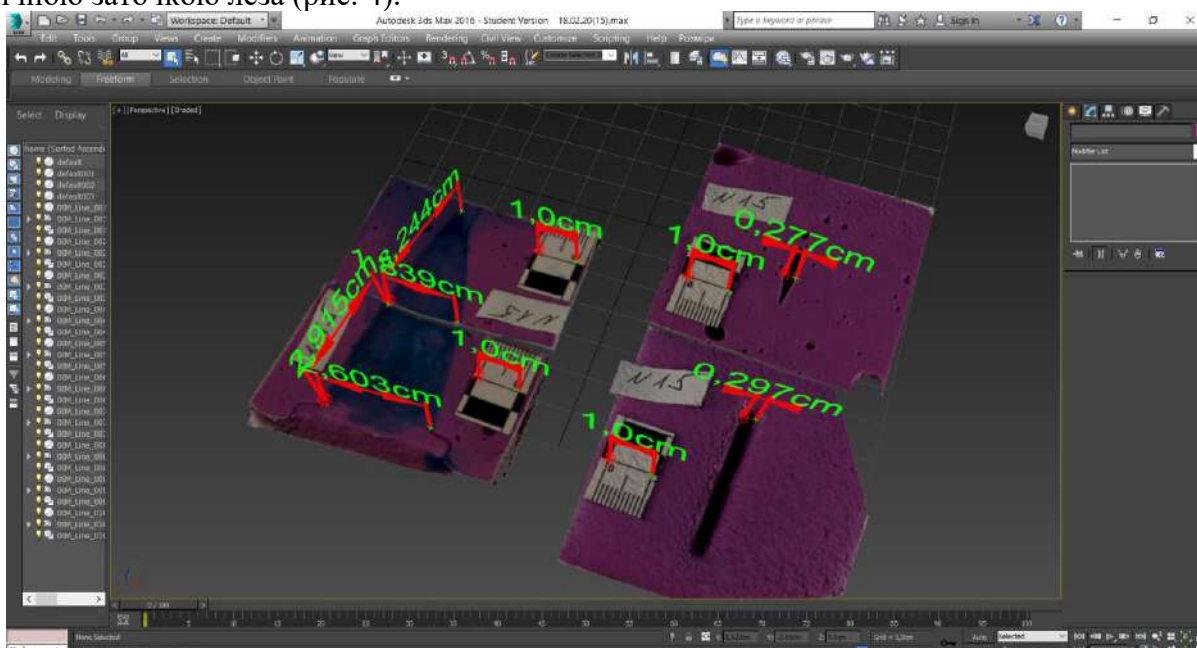


Рис. 4. Експериментальний рановий канал.

Простір графічного редактора «3DsMax» дозволяє провести моделювання елемента колюче-ріжучого знаряддя, використовуючи рановий канал загалом або його окремі елементи, на яких наявне пошкодження, як матрицю. Змодельований елемент можна надрукувати на 3D-принтері та передати судово-слідчим органам для підвищення ефективності й об'єктивності пошуку знаряддя травми (рис. 5).

Висновок.

Отримані результати досліджень свідчать про високу інформативність методів тривимірної ідентифікації травмуючого колюче-ріжучого знаряддя шляхом просторової реконструкції фрагментів ранового каналу, що забезпечує високий рівень точності у вирішенні прикладних завдань сучасної судово-медичної практики та криміналістики. Цей метод із застосуванням середовища «3DsMax» дозволяє проводити ретроспективну діагностику фрагментів ранового каналу з подальшим зіставленням з імовірним знаряддям травми.

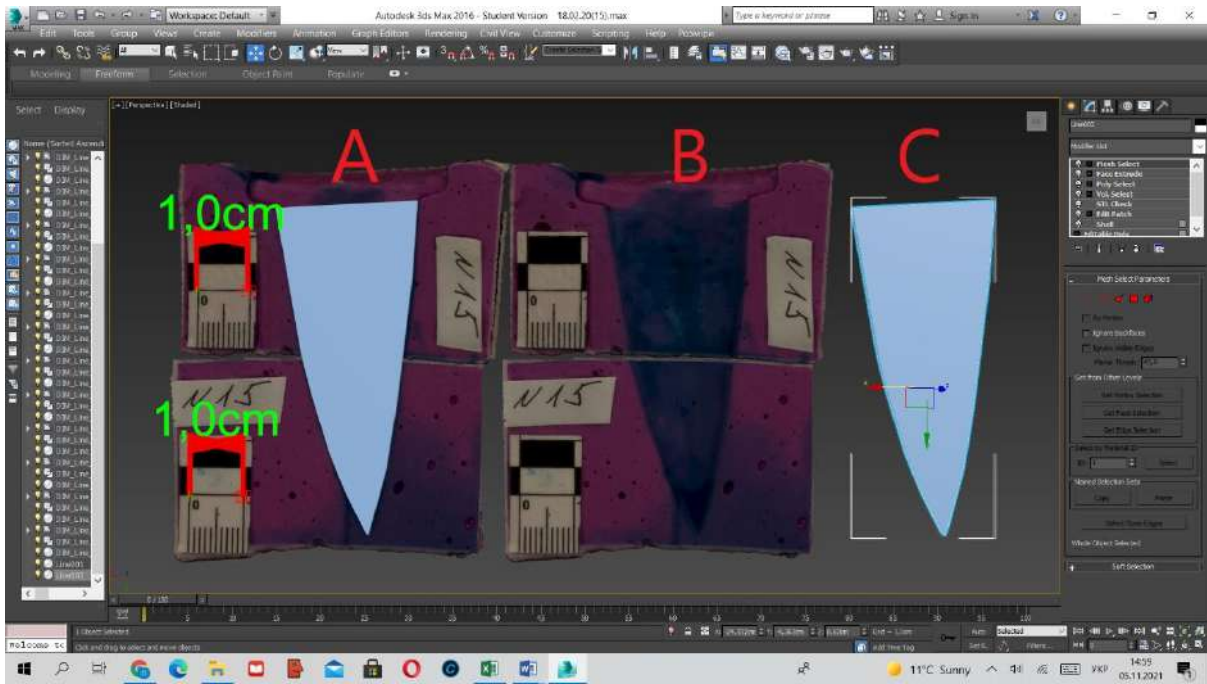


Рис. 5. Експериментальний рановий канал і реконструйований колюче-ріжучий засіб (А), експериментальний рановий канал (В), змодельований макет експериментального колюче-ріжучого знаряддя (С).

Література

1. Bostanci E. 3D Reconstruction of Crime Scenes and Design Considerations for an Interactive Investigation Tool. *International Journal of Information Security Science* [Internet]. 2015 Dec [cited 2021 Oct 11];4(2):1-9. Available from: <https://arxiv.org/pdf/1512.03156.pdf>
2. Schofield D, Fowle K. Technology Corner: Visualising Forensic Data: Evidence Guidelines (Part 2). *Journal of Digital Forensics, Security and Law*. 2013;8(2):93-114. doi: 10.15394/jdfsl.2013.1145
3. Errickson D, Fawcett H, Thompson TJU, Campbell A. The effect of different imaging techniques for the visualisation of evidence in court on jury comprehension. *Int J Legal Med*. 2020;134(4):1451-5. doi: 10.1007/s00414-019-02221-y
4. Carew RM, Morgan RM, Rando C. A Preliminary Investigation into the Accuracy of 3D Modeling and 3D Printing in Forensic Anthropology Evidence Reconstruction. *J Forensic Sci*. 2019;64(2):342-52. doi: 10.1111/1556-4029.13917
5. Шакирьянова ЮП. Применение трехмерных объектов для консультативно-диагностической помощи в режиме «реального времени». *Вестник судебной медицины*. 2017;6(4):49-51.
6. de Bakker BS, Soerdjbalie-Maikoe V, de Bakker HM. The use of 3D-CT in weapon caused impression fractures of the skull, from a forensic radiological point of view. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*. 2013;(1)4:176-9. doi: 10.1016/j.jofri.2013.07.005
7. Baier W, Warnett JM, Payne M, Williams MA. Introducing 3D Printed Models as Demonstrative Evidence at Criminal Trials. *J Forensic Sci*. 2018;63(4):1298-302. doi: 10.1111/1556-4029.13700
8. Woźniak K, Rzepecka-Woźniak E, Moskała A, Pohl J, Latacz K, Dybała B. Weapon identification using antemortem computed tomography with virtual 3D and rapid prototype modelling – a report in a case of blunt force head injury. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2012 Oct [cited 2021 Oct 11];222(1-3):e29-32. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073812002976?via%3Dihub> doi: 10.1016/j.forsciint.2012.06.012
9. Jani G, Johnson A, Marques J, Franco A. Three-dimensional (3D) printing in forensic science – An emerging technology in India. *Annals of 3D Printed Medicine* [Internet]. 2021 Mar [cited 2021 Oct 11];1:100006. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666964121000011?via%3Dihub> doi: 10.1016/j.stlm.2021.100006
10. Кишкан ПЯ, Савка ІГ, Марчук ВО. Використання методів 3D моделювання при проведенні

експертизи гострої травми серця. Судово-медична експертиза. 2020;(1):78-88. doi: 10.24061/2707-8728.1.2020.10

11. Kyshkan PYa, Savka IH. Practical value of 3D modeling method of experimental wound channel during forensic examination of stab wound. Med Sci [Internet]. 2021 Apr [cited 2021 Oct 11];25(110):907-16. Available from: http://www.discoveryjournals.org/medicalsecience/current_issue/v25/n110/A19.pdf
12. Кишкан ПЯ, Савка ІГ, Кишкан ІГ, винахідники; Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», патентовласник. Спосіб 3D-реконструкції ранового каналу, утвореного колюче-ріжучим знаряддям травми. Патент України № 145645. 2020 Гру 28.
13. Савка ІГ, Кишкан ПЯ, Кишкан ІГ, винахідники; Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», патентовласник. Спосіб 3D реконструкції колюче-ріжучого знаряддя травми за рановим каналом. Патент України № 145647. 2020 Гру 28.
14. Кишкан ПЯ, Савка ІГ, винахідники; Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», патентовласник. Спосіб встановлення відповідності ранового каналу, утвореного колючо-ріжучим предметом, знаряддю травми з використанням методів 3D-моделювання. Патент України № 145646. 2020 Гру 28.

References

1. Bostanci E. 3D Reconstruction of Crime Scenes and Design Considerations for an Interactive Investigation Tool. International Journal of Information Security Science [Internet]. 2015 Dec [cited 2021 Oct 11];4(2):1-9. Available from: <https://arxiv.org/pdf/1512.03156.pdf>
2. Schofield D, Fowle K. Technology Corner: Visualising Forensic Data: Evidence Guidelines (Part 2). Journal of Digital Forensics, Security and Law. 2013;8(2):93-114. doi: 10.15394/jdfsl.2013.1145
3. Errickson D, Fawcett H, Thompson TJU, Campbell A. The effect of different imaging techniques for the visualisation of evidence in court on jury comprehension. Int J Legal Med. 2020;134(4):1451-5. doi: 10.1007/s00414-019-02221-y
4. Carew RM, Morgan RM, Rando C. A Preliminary Investigation into the Accuracy of 3D Modeling and 3D Printing in Forensic Anthropology Evidence Reconstruction. J Forensic Sci. 2019;64(2):342-52. doi: 10.1111/1556-4029.13917
5. Shakir'yanova YuP. Primenenie trekhmernykh ob'ektov dlya konsul'tativno-diagnosticskoy pomoshchi v rezhime "real'nogo vremeni" [Application of three-dimensional objects for advisory-diagnostic assistance in the "real time" mode]. Vestnik sudebnoy meditsiny. 2017;6(4):49-51. (in Russian)
6. de Bakker BS, Soerdjbalie-Maikoe V, de Bakker HM. The use of 3D-CT in weapon caused impression fractures of the skull, from a forensic radiological point of view. Journal of Forensic Radiology and Imaging. 2013;(1)4:176-9. doi: 10.1016/j.jofri.2013.07.005
7. Baier W, Warnett JM, Payne M, Williams MA. Introducing 3D Printed Models as Demonstrative Evidence at Criminal Trials. J Forensic Sci. 2018;63(4):1298-302. doi: 10.1111/1556-4029.13700
8. Woźniak K, Rzepecka-Woźniak E, Moskała A, Pohl J, Latacz K, Dybała B. Weapon identification using antemortem computed tomography with virtual 3D and rapid prototype modelling – a report in a case of blunt force head injury. Forensic Sci Int [Internet]. 2012 Oct [cited 2021 Oct 11];222(1-3):e29-32. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073812002976?via%3Dihub> doi: 10.1016/j.forsciint.2012.06.012
9. Jani G, Johnson A, Marques J, Franco A. Three-dimensional (3D) printing in forensic science – An emerging technology in India. Annals of 3D Printed Medicine [Internet]. 2021 Mar [cited 2021 Oct 11];1:100006. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666964121000011?via%3Dihub> doi: 10.1016/j.stlm.2021.100006
10. Kyshkan PIa, Savka IH, Marchuk VO. Vykorystannia metodiv 3D modeliuвання pry provedenni ekspertyzy hostroi travmy sertsia [Using 3D-modelling methods during acute heart injury examination]. Sudovo-medychna ekspertyza. 2020;(1):78-88. doi: 10.24061/2707-8728.1.2020.10 (in Ukrainian)

11. Kyshkan PYa, Savka IH. Practical value of 3D modeling method of experimental wound channel during forensic examination of stab wound. Med Sci [Internet]. 2021 Apr [cited 2021 Oct 11];25(110):907-16. Available from: http://www.discoveryjournals.org/medicalsecience/current_issue/v25/n110/A19.pdf
12. Kyshkan PIa, Savka IH, Kyshkan IH, vynakhidnyky; Vyschyi derzhavnyi navchal'nyi zaklad Ukrainy "Bukovyns'kyi derzhavnyi medychnyi universytet", patentovlasnyk. Sposib 3D-rekonstruktsii ranovoho kanalu, utvorenoho koliuche-rizhuchym znariaddiam travmy [Method of 3D-reconstruction of wound wound formed by prickly-cutting tool of injury]. Patent Ukrainy № 145645. 2020 Hru 28. (in Ukrainian)
13. Savka IH, Kyshkan PIa, Kyshkan IH, vynakhidnyky; Vyschyi derzhavnyi navchal'nyi zaklad Ukrainy "Bukovyns'kyi derzhavnyi medychnyi universytet", patentovlasnyk. Sposib 3D rekonstruktsii koliuche-rizhuchoho znariaddia travmy za ranovym kanalom [Method of 3D reconstruction of prickly-cutting tool of injury on wound wound]. Patent Ukrainy № 145647. 2020 Hru 28. (in Ukrainian)
14. Kyshkan PIa, Savka IH, vynakhidnyky; Vyschyi derzhavnyi navchal'nyi zaklad Ukrainy "Bukovyns'kyi derzhavnyi medychnyi universytet", patentovlasnyk. Sposib vstanovlennia vidpovidnosti ranovoho kanalu, utvorenoho koliucho-rizhuchym predmetom, znariaddiu travmy z vykorystanniam metodiv 3D-modeliuвання [Method of establishing conformity of wound canal formed by prickly-cutting object with trauma tool using 3D-modeling methods]. Patent Ukrainy № 145646. 2020 Hru 28. (in Ukrainian)

3D-MODELING OF AN EXPERIMENTAL WOUND CHANNEL CAUSED BY A PIERCING-CUTTING OBJECT WITH BILATERAL BLADE GRINDING

Kyshkan P.Ya., Savka I.G.

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Summary. The research deals with the possibility to use up-to-date methods of 3D-modeling for diagnostics of piercing-cutting objects causing injuries with bilateral blade grinding. A virtual element of the wound channel is shown to be printed on 3D-printer and given to investigating bodies in order to increase the effective and objective search of a traumatic instrument.

Aim of the work. To apply the method of photogrammetry with further 3D-modeling of the wound channel formed by a piercing-cutting object with bilateral blade grinding for further examination of its morphological peculiarities and receiving its linear size with high accuracy in the space of graphics editor «3DsMax».

Materials and methods. Fifteen experimental wound channels were made by means of alginate impression mass with rubber-like effect «Hydrogum 5» (firm «Zhermack», Italy), which becomes hard rapidly, remains elastic after polymerization, allows impresses to be obtained with an extremely smooth surface, most accurately preserves and reproduces characteristics of an immersed blade of the knife examined. To make experimental injury a piercing-cutting object was used – a knife with bilateral grinding of the blade 6,16 cm long, 2,6 cm wide in the base of the blade, and the blade in its middle part 0,3 cm thick. These sizes of the piercing-cutting instrument were obtained by means of sliding calipers with the error $\pm 0,03-0,15$ cm. The wound channel obtained was divided into fragments with a pitch about 3,5 cm. Every fragment of the wound channel was contrasted with a dye using 1 % brilliant green alcohol solution.

All the fragments of the wound channel were opened parallel to its length and were placed on a rotary table located in a light cube to provide adequate illumination and photos were taken. The digital camera SONY RX 10 II was used for shooting. The object of shooting was labeled with a number, a fragment of a plotting scale 1,0 cm long was placed on it to calibrate the scale and control the sizes of the object examined in computer programs. The photos obtained in JPEG format were loaded into the computer program «Agisoft Photoscan», and 3D-textured models of a wound channel fragment were created in it. The model obtained and the texture was exported in «OBJ» format. The next stage of the work was to transfer 3D-models obtained into the graphic space of «3DsMax» program, where the scale of the model was calibrated. After that the wound channel was reconstructed in the graphics editor by means of 3D models of the wound channel fragments.

Results. To compare differences between classical and new methods of examination at first linear dimensions of injuries were measured by means of a ruler. The depth of the wound channel was obtained consisting of two fragments according to the method of measuring the wound channel depth in the dead body by means of joining of its separate parts due to immersion and passing the blade in the victim's body (in the skin, subcutaneous tissue with muscles, in the wall of the cavity and inside of it, in the internal organ and other anatomical structures). The width and length of the wound channel on various levels of immersion were registered in the similar way, which is an important diagnostic component during forensic expertise in case of piercing-cutting injuries.

The next stage in our research was to examine and get linear dimensions of injuries by means of up-to-date technologies using 3D-models with the help of the graphics editor «3DsMax». In this case the computer program enabled to get the above results with a higher accuracy to 0.001 cm.

Conclusions. The results obtained are indicative of high information value of the three dimensional methods to identify a traumatic piercing-cutting object by means of a spatial reconstruction of the wound channel fragments, which provides high accuracy in solving applied tasks in modern forensic practice and criminal law science. The method with the use of the graphics editor «3ds max» allows retrospective diagnostics of the wound channel fragments to be obtained followed by further comparison with an expected traumatic object.

Keywords: sharp traumatic object with bilateral blade grinding, three-dimensional spatial modeling, forensic medicine.

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РАНЕВОГО КАНАЛА, ОБРАЗОВАННОГО КОЛЮЩЕ-РЕЖУЩИМ СРЕДСТВОМ С ДВУСТОРОННЕЙ ЗАТОЧКОЙ ЛЕЗВИЯ

Кишкан П.Я., Савка И.Г.

Буковинский государственный медицинский университет, г. Черновцы, Украина

Резюме. В этой работе исследованы возможности применения современных методов 3D-моделирования для диагностики колюще-режущего орудия травмы с двусторонней заточкой лезвия. Показано, как смоделированный элемент раневого канала можно напечатать на 3D-принтере и передать судебно-следственным органам для повышения эффективности и объективности поиска орудия травмы.

Цель работы. Использование метода фотограмметрии с дальнейшим созданием 3D-моделей раневого канала, образованного колюще-режущим средством с двусторонней заточкой лезвия, для дальнейшего исследования его морфологических особенностей и получения линейных размеров с высокой точностью в графическом интерфейсе «3DsMax».

Материалы и методы. Были воспроизведены пятнадцать экспериментальных раневых каналов с помощью альгинатной оттисковой массы с резиноподобным эффектом «Hydrogum 5» (фирма «Zhermask», Италия), которая быстро затвердевает, после полимеризации остается эластичной, разрешает получать оттиски с абсолютно гладкой поверхностью, наиболее точно сохраняет и отображает свойства погруженного в неё клинка исследуемого ножа. Для нанесения экспериментального повреждения использовали колюще-режущее средство – нож с двусторонней заточкой лезвия, длиной клинка 6,16 см, шириной возле основания клинка 2,6 см, толщиной лезвия в средней его части 0,3 см. Указанные размеры колюще-режущего орудия были получены с помощью штангенциркуля с погрешностью $\pm 0,03-0,15$ см. Образованный раневой канал делили на фрагменты с шагом около 3,5 см. Каждый фрагмент раневого канала контрастировали красителем (1 % спиртовой раствор бриллиантового зеленого).

Эти фрагменты раневого канала раскрывали параллельно его длине и устанавливали на поворотный столик, который находился в световом кубе для обеспечения достаточного освещения, и проводили фотосъемку. Для фотографирования использовали цифровую камеру марки SONY RX 10 II. На объект съемки ставили порядковый номер и фрагмент масштабной линейки длиной 1,0 см для проведения дальнейшей калибровки масштаба и контроля размеров исследуемого объекта в компьютерных программах. Полученные фотографии в формате JPEG загружали в компьютерную программу «Agisoft Photoscan», в которой создавали 3D-

текстурированные модели фрагмента раневого канала. Полученную модель и текстуру экспортировали в формате «OBJ». После чего осуществляли перемещение полученных 3D-модели в графическое пространство программы «3DsMax» для калибрования масштаба модели, в графическом редакторе проводили реконструкцию раневого канала с помощью 3D-моделей его фрагментов.

Результаты. Для сопоставления отличий классических и новейших методик исследований измерения линейных размеров повреждений сначала проводили с помощью линейки. При этом получили глубину раневого канала, состоящего из нескольких фрагментов, согласно методике измерения глубины раневого канала в теле трупа путем сложения его отдельных частей соответственно погружению и прохождению лезвия в теле потерпевшего (в коже, подкожной клетчатке с мышцами, стенке полости и в ней самой, внутреннем органе и других анатомических образованиях). Аналогично на разных уровнях погружения были зафиксированы ширина и длина раневого канала, являющиеся важными диагностическими составляющими во время проведения судебно-медицинской экспертизы в случаях колото-резаных повреждений.

На следующем этапе проведенного исследования мы получали линейные размеры повреждений из 3D-моделей, используя графический интерфейс «3DsMax». В этом случае указанная компьютерная программа позволила получить описанные нами размеры со значительно более высокой точностью, а именно до 0,001 см.

Вывод. Полученные результаты исследований свидетельствуют о высокой информативности методов трехмерной идентификации травмирующего колюще-режущего орудия путем пространственной реконструкции фрагментов раневого канала, обеспечивающей высокий уровень точности в решении прикладных заданий современной судебно-медицинской практике и криминалистике. Этот метод с использованием среды «3DsMax» позволяет проводить ретроспективную диагностику фрагментов раневого канала с дальнейшим сопоставлением с вероятным орудием травмы.

Ключевые слова: острое травмирующее средство с двусторонней заточкой лезвия, трехмерное пространственное моделирование, судебная медицина.

Відомості про авторів:

Кишкан П.Я. – аспірант кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна, e-mail: kyshkan.pavlo@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9657-1331

Савка І.Г. – доктор медичних наук, професор кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна, e-mail: savka.ivan@bsmu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-2969-1306

Information about the authors:

Kyshkan P.Y. – PhD student of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: kyshkan.pavlo@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9657-1331

Savka I.G. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: savka.ivan@bsmu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-2969-1306

Сведения об авторах:

Кишкан П. Я. – аспирант кафедры судебной медицины и медицинского правоведения Буковинского государственного медицинского университета, г. Черновцы, Украина, e-mail: kyshkan.pavlo@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9657-1331

Савка И.Г. – доктор медицинских наук, профессор кафедры судебной медицины и медицинского правоведения Буковинского государственного медицинского университета, г. Черновцы, Украина, e-mail: savka.ivan@bsmu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-2969-1306