

ВИЯВЛЕННЯ НОВОЇ МОРФОЛОГІЧНОЇ ОЗНАКИ В СУДОВІЙ МЕДИЦИНІ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВОГНЕПАЛЬНОГО ПОШКОДЖЕННЯ ШЛЯХОМ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РАНОВОГО КАНАЛУ

Змієвська Ю. Г., Савка І. Г.

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Резюме. Застосування просторового тривимірного моделювання основних елементів вогнепального пошкодження відіграє важливу роль у сучасній судово-медичній експертизі. Воно дозволяє не тільки покращувати візуалізацію таких тілесних ушкоджень, підвищувати об'єктивність й обґрунтованість експертних підсумків, накопичувати доказову базу при скоєнні воєнних злочинів з використанням різних видів вогнепальної зброї, але й виявляти нові морфологічні ознаки, встановлення яких було недоступним при застосуванні традиційних методів досліджень. У роботі показаний процес виявлення нової морфологічної ознаки в процесі тривимірного моделювання ранового каналу, спричиненого з пістолета ІЖ 70-01, спорядженого набоями калібру 9,0 мм.

Мета роботи. Демонстрація нових можливостей просторового тривимірного моделювання в процесі судово-медичного дослідження вогнепального ранового пошкодження.

Матеріали та методи. Для досягнення поставленої мети була проведена серія експериментальних пострілів з автоматичного пістолета ІЖ 70-01, спорядженого набоями калібру 9,0 мм. Як основний матеріал, що бере на себе енергію кулі та відтворює всі елементи ранової балістики, був використаний стандартизований балістичний пластилін Roma Plastilina № 1 для виконання стендових балістичних випробувань за стандартами виробництва США: NIJ (National Institute of Justice), HOSDB (Home Office Scientific Development Branch). Його покривали шкірою свині з підшкірно-жировою клітковиною з метою відтворення більш реалістичних умов виникнення вогнепального пошкодження. Утворений рановий канал виповнювали альгінатною масою Tropicalgin (фірма «Zhermask», Італія), яку замішували відповідно до інструкції виробника, вона має короткі терміни затвердіння та відтворює найдрібніші деталі ранового каналу. Після цього отриманий зліпок ранового каналу піддавали серії фотографувань під відповідними кутами та створювали його 3D-модель за допомогою графічних редакторів «Agisoft Photoscan» і «3ds max».

Результати. Результатом виконаних досліджень стало отримання просторової тривимірної моделі вогнепального ранового каналу, що відкриває нові можливості щодо його вивчення. Завдяки впровадженню методик тривимірного моделювання стало можливим також виявлення нової морфологічної ознаки – спіралеподібного закручення ранового каналу, напрямок якого може вказувати на конструкційні особливості використаної вогнепальної зброї.

Висновки. Впровадження тривимірного просторового моделювання в процес дослідження вогнепальної травми створює умови для підвищення наочності й об'єктивності під час проведення такого роду судово-медичних експертиз. Водночас відкриваються нові можливості щодо зняття лінійних розмірів наявних морфологічних ознак основних елементів ранового каналу з підвищеною точністю, накопичення доказової ілюстративної бази у випадках таких ушкоджень і виявлення нових морфологічних ознак для встановлення конструкційних особливостей виду використаної вогнепальної зброї.

Ключові слова: тривимірне моделювання, рановий канал, вогнепальна зброя, судово-медична експертиза.

Вступ. Впровадження нових технологій і перспективних методик досліджень завжди допомагало прогресуванню тих чи інших галузей науки та техніки. Так і застосування просторового тривимірного моделювання основних елементів тілесних ушкоджень наразі відіграє важливу роль у сучасній судово-медичній експертизі [1-3].

Завдяки його впровадженню в судову медицину покращується візуалізація всіх тілесних ушкоджень і вогнепальних зокрема, підвищуються об'єктивність та обґрунтованість експертних підсумків, відбувається накопичення доказової бази при скоєнні воєнних злочинів з використанням різних видів вогнепальної зброї на території нашої країни [4-8].

Відтворення основних елементів тілесних ушкоджень у їх тривимірному вигляді також сприяє виявленню нових морфологічних ознак, а наявні дозволяє фіксувати з підвищеною точністю та створювати ефективну доказову базу для теперішніх і майбутніх розслідувань.

Вогнепальні тілесні ушкодження, спричинені з різних зразків стрілецької зброї, спорядженої набоями калібру 9,0 мм, досить часто трапляються в судово-медичній експертній практиці [9].

Тому в нашій роботі показаний процес виявлення нової морфологічної ознаки під час тривимірного моделювання ранового каналу, спричиненого з пістолета ІЖ 70-01, спорядженого набоями калібру 9,0 мм.

Мета роботи. Демонстрація нових можливостей просторового тривимірного моделювання в процесі судово-медичного дослідження вогнепального ранового пошкодження.

Матеріали та методи. Серію експериментальних пострілів з автоматичного пістолета ІЖ 70-01, спорядженого набоями калібру 9,0 мм, було проведено на базі Чернівецького науково-дослідного експертно-криміналістичного центру, який обладнано реєстратором швидкості польоту снаряда ВБХ-2020 (вимірювач балістичних характеристик). Як основний матеріал, що бере на себе енергію кулі та відтворює всі елементи ранової балістики, був використаний стандартизований балістичний пластилін Roma Plastilina № 1 для виконання стендових балістичних випробувань за стандартами виробництва США: NIJ (National Institute of Justice), HOSDB (Home Office Scientific Development Branch). Його покривали шкірою свині з підшкірно-жировою клітковиною з метою відтворення більш реалістичних умов виникнення вогнепального пошкодження. Утворений рановий канал виповнювали альгінатною масою Tropicalgin (фірма «Zhermack», Італія), яку замішували відповідно до інструкції виробника, вона має короткі терміни затвердіння та відтворює найдрібніші деталі ранового каналу.

Після відділення об'ємного ранового каналу від балістичного пластиліну здійснювали кругову фотограмметрію під визначеними кутами – 30°, 45°, 60° і 90°. Для отримання чітких знімків без тіней його поміщали на обертальний столик з білим фоном і додатковим освітленням сферичними LED-лампами.

Потім усі фотографії у форматі JPEG завантажували в комп'ютерну програму «Agisoft Photoscan», в якій будували тривимірну модель ранового каналу. Надалі створювали текстури й отримували текстуровану 3D-модель ранового каналу, яку експортували у форматі «OBJ» до програми «3ds max», за допомогою якої здійснювали масштабування та вимірювання необхідних розмірів.

Первинні дані наукового дослідження заносили в електронну базу даних, а розрахунки та статистичний аналіз проводили на персональному комп'ютері, на якому була встановлена ліцензійна операційна система Windows 10. Окрім того, для вирахування окремих показників використовували низку мережевих інструментів, що доступні на сайті статистичних біомедичних калькуляторів (free statistical calculators) <https://www.medcalc.org/calc/> (©2023 MedCalc Software Ltd).

Оцінку типу розподілу даних проводили з визначенням міри центральної тенденції між середньою арифметичною, модою та медіаною, а також скошеності (симетричності) та крутизни (ексцесу). При обчисленні статистичних величин вираховували: середню арифметичну вибірки (M), середньоквадратичне відхилення (SD), стандартну помилку середньої арифметичної (m),

а також мінімальні (min) та максимальні (max) значення величин. Для твердження про вірогідність різниці враховували загальноприйняту в медико-біологічних дослідженнях величину рівня ймовірності (p). Статистично достовірними вважали результати при $p < 0,05$.

Результати дослідження. Усі параметри класичних морфологічних ознак були зафіксовані з використанням традиційних методів вимірювань (тверда лінійка, штангенциркуль) і в процесі їх тривимірного моделювання.

Було встановлено, що початкова швидкість кулі, заміряна реєстратором швидкості польоту снаряда ВБХ-2020, становила від 304 м/с (min) до 315 м/с (max) ($(310 \pm 0,9411)$ м/с в її середньому значенні).

Кінетична енергія кулі була вирахована в діапазоні між 284,641 Дж (min) і 390,287 Дж (max) при її середньому значенні ($302,732 \pm 6,4905$) Дж.

Відповідні значення питомої енергії кулі становили 4,284 (min), 4,599 (max) та ($4,461 \pm 0,0277$) Дж/мм².

Щодо характеристик вхідної вогнепальної рани було отримано, що її діаметр у середньому значенні складав ($0,887 \pm 0,0091$) см (0,8 см – мінімальне, 0,9 см – максимальне значення); середні розміри дефекту тканини становили ($0,367 \pm 0,0187$) см (0,3 см та 0,5 см відповідно), кільця осаднення – ($0,320 \pm 0,0175$) см (0,2 см та 0,4 см відповідно), а кільця забруднення – ($0,380 \pm 0,0175$) см (0,3 см та 0,5 см відповідно).

За допомогою тривимірних технологій показники морфологічних ознак ранового каналу вдалося зафіксувати на порядок точніше в їхніх середніх, мінімальних і максимальних величинах, ніж з використанням штангенциркуля та лінійки. Водночас відбувалося поступове наростання цих величин від вхідного до вихідного відрізка ранового каналу (табл. 1).

Таблиця 1

Морфологічні особливості ранового каналу при пострілах з автоматичного пістолета ІЖ 70-01, калібр 9,0 мм (N=15)

Показник	Середнє значення та помилка середньо арифметичної ($M \pm m$)	Мінімальні значення величин (min)	Максимальні значення величин (max)	Середньо квадратичне відхилення (S.D.)
Діаметр ранового каналу в початковій частині, см	$0,7 \pm 0,0507$	0,5	0,9	0,1964
Діаметр ранового каналу в початковій частині, 3D, см	$0,9158 \pm 0,0090$	0,841	0,949	0,0349
Діаметр ранового каналу в середній частині, см	$1,63 \pm 0,0621$	1,2	2,1	0,2404
Діаметр ранового каналу в середній частині, 3D, см	$1,655 \pm 0,0643$	1,215	2,142	0,2490
Діаметр ранового каналу на виході, см	$2,19 \pm 0,0636$	1,8	2,6	0,2463
Діаметр ранового каналу на виході 3D, см	$2,227 \pm 0,0627$	1,836	2,638	0,2430

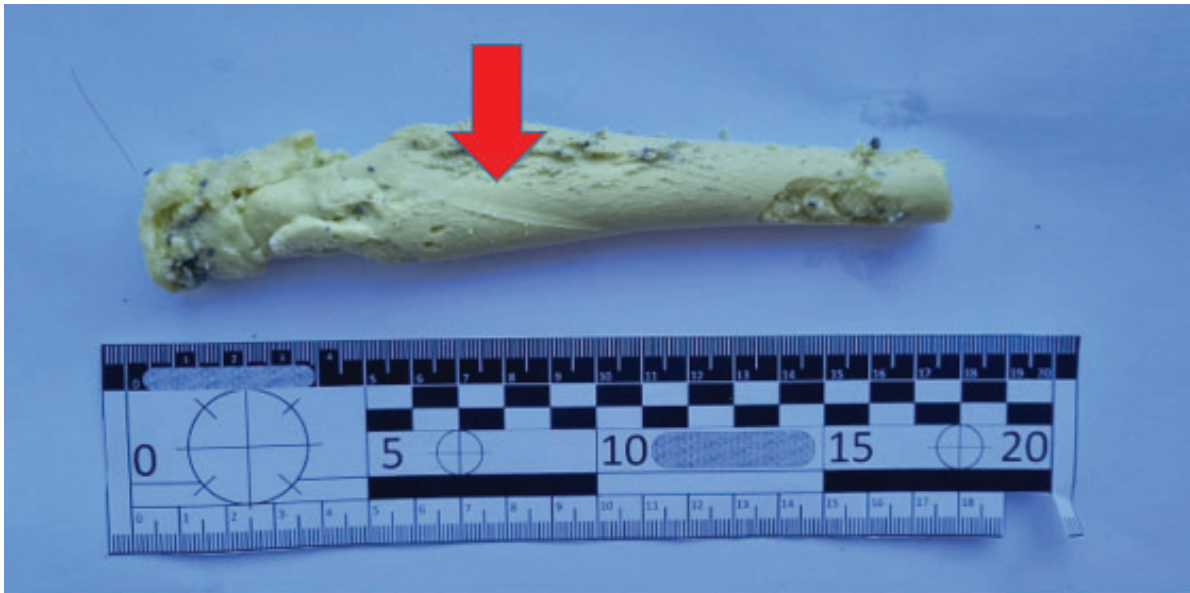


Рис. 1. Феномен спіралеподібного закручування тривимірної моделі вогнепального ранового каналу (показано стрілкою).

Крім того, при детальному аналізі тривимірної моделі цього ранового каналу нам вдалося виявити феномен його «спіралеподібного закручування», що, на нашу думку, свідчить про поступально-обертальний напрямок його формування в результаті передавання хвиль кінетичної енергії кулі навколишньому пружно-еластичному середовищу (тканинам) (рис. 1).

Цей феномен може вказувати на конструкційні особливості використаної вогнепальної зброї, а саме на напрямок закручування нарізів усередині її ствола.

Висновки. Впровадження тривимірного просторового моделювання в процес дослідження вогнепальної травми створює умови для підвищення наочності й об'єктивності під час проведення такого роду судово-медичних експертиз. Водночас відкриваються нові можливості щодо зняття лінійних розмірів наявних морфологічних ознак основних елементів ранового каналу з підвищеною точністю, накопичення доказової ілюстративної бази у випадках таких ушкоджень і виявлення нових морфологічних ознак для встановлення конструкційних особливостей виду використаної вогнепальної зброї.

Перспективи подальших досліджень. Вважаємо перспективними створення тривимірних моделей вогнепальних ранових каналів, спричинених з вогнепальної зброї різних калібрів, і їх зіставлення між собою.

Література

1. Costa ST, Freire AR, Matoso RI, Daruge Júnior E, Rossi AC, Prado FB. Computational Approach to Identify Different Injuries by Firearms. *J Forensic Sci.* 2017;62(2):361-8. doi: 10.1111/1556-4029.13387
2. Vanno A, Masuda T, Ikeuchi K. Three dimensional visualization and comparison of impressions on fired bullets. *Forensic Sci Int.* 2004;140(2-3):233-40. doi: 10.1016/j.forsciint.2003.11.025
3. Франчук ВВ. 3d-технології в медицині та судово-медичній практиці: сучасний стан і перспективи впровадження. *Судово-медична експертиза.* 2022;1:35-9. doi: 10.24061/2707-8728.1.2022.5
4. Мішалов ВД, Хохолева ТВ, Петрошак ОЮ, Гуріна ОО, Бачинський ВТ, Кривда ГФ, та ін. Особливості вогнестрільних ушкоджень, заподіяних сучасними набоями до короткоствольної зброї. Здобутки і перспективи досліджень. *Судово-медична експертиза.* 2018;1:55-62. doi: 10.24061/2707-8728.1.2018.14

5. Гунас ВІ, Неприлюк РГ, Хомук НМ, Товбух ЛП, Рижак ЮВ. Особливості формування тимчасової пульсуючої порожнини при пострілі впритул з пістоleta «форт-12рм» в одягнутий імітатор людського торса. Судово-медична експертиза. 2020;2:45-52. doi: 10.24061/2707-8728.2.2020.7
6. Villa C. Forensic 3D documentation of skin injuries. *Int J Legal Med.* 2017;131(3):751-9. doi: 10.1007/s00414-016-1499-9
7. Villa C, Olsen KB, Hansen SH. Virtual animation of victim-specific 3D models obtained from CT scans for forensic reconstructions: Living and dead subjects. *Forensic Sci Int [Internet]*. 2017 Sep [cited 2023 Oct 21];278: e27-e33. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073817302402?via%3Dihub> doi: 10.1016/j.forsciint.2017.06.033
8. Stevenson T, Carr DJ, Harrison K, Critchley R, Gibb IE, Stapley SA. Ballistic research techniques: visualizing gunshot wounding patterns. *Int J Legal Med.* 2020;134(3):1103-14. doi: 10.1007/s00414-020-02265-5
9. Matoso RI, Freire AR, de Mello Santos LS, Daruge Junior E, Rossi AC, Prado FB. Comparison of gunshot entrance morphologies caused by .40-caliber Smith & Wesson, .380-caliber, and 9-mm Luger bullets: a finite element analysis study. *PLoS One [Internet]*. 2014 Oct [cited 2023 Oct 21];9(10): e111192. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111192> doi: 10.1371/journal.pone.0111192

References

1. Costa ST, Freire AR, Matoso RI, Daruge Júnior E, Rossi AC, Prado FB. Computational Approach to Identify Different Injuries by Firearms. *J Forensic Sci.* 2017;62(2):361-8. doi: 10.1111/1556-4029.13387
2. Banno A, Masuda T, Ikeuchi K. Three dimensional visualization and comparison of impressions on fired bullets. *Forensic Sci Int.* 2004;140(2-3):233-40. doi: 10.1016/j.forsciint.2003.11.025
3. Franchuk VV. 3d-tekhnologii v medytsyni ta sudovo-medychnii praktytsi: suchasnyi stan i perspektyvy vprovadzhennia [3d-technologies in medicine and forensic medical practice: current status and prospects for implementation]. *Sudovo-medychna ekspertyza.* 2022;1:35-9. doi: 10.24061/2707-8728.1.2022.5 (in Ukrainian)
4. Mishalov VD, Khokholieva TV, Petroshak OІu, Hurina OO, Bachyns'kyi VT, Kryvda HF, ta in. Osoblyvosti vohnestril'nykh ushkodzhen', zapodiianykh suchasnymy naboiamy do korotkostvol'noi zbroi. Zdobutky i perspektyvy doslidzhen' [Features of harmful damages caused by current arrangements of contemporary arrangements. Expenses and perspectives of research]. *Sudovo-medychna ekspertyza.* 2018;1:55-62. doi: 10.24061/2707-8728.1.2018.14 (in Ukrainian)
5. Hunas VI, Nepryliuk RH, Khomuk NM, Tovbukh LP, Ryzhak Yu V. Osoblyvosti formuvannia tymchasovoi pul'suiuchoi porozhnyny pry postrili vprytul z pistoleta «fort-12rm» v odiahnutyi imitator liuds'koho torosa [Features of formation of a temporary pulsating cavity at a contact shot from the «Fort-12RM» pistol in the dressed simulator of a human torso]. *Sudovo-medychna ekspertyza.* 2020;2:45-52. doi: 10.24061/2707-8728.2.2020.7 (in Ukrainian)
6. Villa C. Forensic 3D documentation of skin injuries. *Int J Legal Med.* 2017;131(3):751-9. doi: 10.1007/s00414-016-1499-9
7. Villa C, Olsen KB, Hansen SH. Virtual animation of victim-specific 3D models obtained from CT scans for forensic reconstructions: Living and dead subjects. *Forensic Sci Int [Internet]*. 2017 Sep [cited 2023 Oct 21];278: e27-e33. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073817302402?via%3Dihub> doi: 10.1016/j.forsciint.2017.06.033
8. Stevenson T, Carr DJ, Harrison K, Critchley R, Gibb IE, Stapley SA. Ballistic research techniques: visualizing gunshot wounding patterns. *Int J Legal Med.* 2020;134(3):1103-14. doi: 10.1007/s00414-020-02265-5

9. Matoso RI, Freire AR, de Mello Santos LS, Daruge Junior E, Rossi AC, Prado FB. Comparison of gunshot entrance morphologies caused by .40-caliber Smith & Wesson, .380-caliber, and 9-mm Luger bullets: a finite element analysis study. PLoS One [Internet]. 2014 Oct [cited 2023 Oct 21];9(10): e111192. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111192> doi: 10.1371/journal.pone.0111192

DISCOVERY OF A NEW MORPHOLOGICAL FEATURE IN FORENSIC MEDICINE DURING THE STUDY OF GUNSHOT INJURY USING THREE-DIMENSIONAL MODELING OF THE WOUND CHANNEL

Zmiyevska Yu.H., Savka I. H.

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Summary. The use of spatial three-dimensional modeling of the main elements of a gunshot injury plays a significant part in the modern forensic medical examination. It allows not only to improve the visualization of such bodily injuries, to increase the objectivity and validity of expert conclusions, to accumulate an evidence basis for war crimes committed with the use of various types of firearms, but it also helps to discover new morphological features which couldn't be detected when using traditional research methods. The work shows the process of detecting a new morphological feature during three-dimensional modeling of the wound channel caused by the IJ 70-01 pistol loaded with 9 mm cartridges.

Aim of the work. Demonstration of new possibilities of three-dimensional spatial modeling in the process of the forensic investigation of a gunshot wound.

Materials and methods. To achieve the aim of study, a series of experimental shots were fired from the IJ 70-01 automatic pistol loaded with 9 mm cartridges. To conduct bench ballistic tests according to the US standards – NIJ (National Institute of Justice), HOSDB (Home Office Scientific Development Branch) – standardized ballistic clay Roma Plastilina No.1 was used as the main material that absorbs the energy of the bullet and reproduces all the elements of wound ballistics. It was coated in pig skin with subcutaneous adipose tissue in order to recreate more true-to-life conditions of the gunshot injury. The generated wound channel was filled with Tropicalgin alginate impression material (Zhermack, Italy), which was mixed according to the manufacturer's instructions; it has short setting time and reproduces the smallest details of the wound channel. Thereafter, the formed cast of the wound channel was subjected to a series of photographs at the appropriate angles and its 3D model was created with the help of the graphic design software «Agisoft PhotoScan» and «3ds max».

Results. The result of the conducted studies was obtaining a spatial three-dimensional model of the gunshot wound channel, which brings about new opportunities for its research. The implementation of three-dimensional modeling techniques made it possible to discover a new morphological feature – a helical torsion of the wound channel, the direction of which can indicate specific design features of the firearm used.

Conclusions. The implementation of three-dimensional spatial modeling in the process of a gunshot trauma investigation sets conditions for increasing visibility and objectivity during conduction of such forensic medical examinations. At the same time, new opportunities are brought about for taking linear dimensions of the existing morphological features of the wound channel main elements with extended precision, the accumulation of demonstrative evidence basis in cases of such injuries, and the discovery of new morphological features for identification of the specific design features of the firearm used.

Keywords: three-dimensional modeling, wound channel, firearm, forensic medical examination.

Відомості про авторів:

Змієвська Ю. В. – начальник Луганського обласного бюро судово-медичної експертизи, м. Луганськ, аспірант кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна, e-mail: yusikazmey@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-5771-0114

Савка І. Г. – доктор медичних наук, професор, професор закладу вищої освіти 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 authors:

Zmievskaya Yu.V. – head of the Luhansk Regional Bureau of Forensic Medical Examination, Luhansk, post-graduate student of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of Bukovynian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: yusikazmey@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-5771-0114

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