

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на *правах рукопису*

ЗМІЄВСЬКА ЮЛІЯ ГЕННАДІЇВНА

УДК 340.6:616-001.45:343.982.3:004.94

ДИСЕРТАЦІЯ

**Судово-медичне встановлення ідентифікуючих особливостей основного
травмуючого фактора при вогнепальних ушкодженнях шляхом
тривимірного цифрового моделювання**

222 Медицина

22 Охорона здоров'я

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Ю.Г. Змієвська

Науковий керівник:

Савка Іван Григорович,

доктор медичних наук, професор

Чернівці – 2025

АНОТАЦІЯ

Змієвська Ю.Г. **«Судово-медичне встановлення ідентифікуючих особливостей основного травмуючого фактора при вогнепальних ушкодженнях шляхом тривимірного цифрового моделювання».** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 222 «Медицина» (22 – Охорона здоров'я). – Буковинський державний медичний університет МОЗ України, Чернівці, 2025.

Буковинський державний медичний університет МОЗ України, Чернівці, 2025.

Буковинський державний медичний університет МОЗ України, Чернівці, 2025.

Дисертаційна робота направлена на дослідження основних характеристик, морфологічних особливостей та лінійних розмірів всіх елементів ранового каналу, що утворюється внаслідок пострілу з вогнепальної зброї та можливість встановлення за цими характеристиками властивостей основного травмуючого фактора засобом використання комп'ютерних програм «Agisoft Photoscan» та «3DsMax» та розробку практичних методичних рекомендацій і алгоритмів 3D моделювання для впровадження їх у практику судово-медичної експертизи, що дозволить підвищити рівень точності та наочності експертних висновків у випадках вогнепальних тілесних ушкоджень та привести ці висновки до вимог сучасного світу.

Метою дослідження було удосконалення судово-медичної ідентифікації основного травмуючого фактора при вогнепальних ушкодженнях шляхом їх тривимірного цифрового моделювання.

Дослідження виконані з дотриманням принципів Гельсінської декларації, прийнятої Генеральною асамблеєю Всесвітньої медичної асоціації (1964-2000 рр.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.), відповідних положень ВООЗ, Міжнародної ради медичних

наукових товариств, Міжнародного кодексу медичної етики (1983 р.) та чинних законів України.

Об'єктом дослідження був процес взаємодії основного травмуючого фактора вогнепальної зброї з біологічними тканинами, біологічними та небіологічними імітаторами м'яких тканин людини.

Матеріалом дослідження були експериментальні ранові канали, спричинені з відомої зброї, відомими набоями та за відомих умов, а також практичні експертні випадки з вогнепальними тілесними ушкодженнями різних частин тіла людини (голова, тулуб, комбіновані). В ході проведення експериментальної частини дослідження було створено 5 серій досліджень по 15 випадків, загалом було проведено 75 експериментальних досліджень.

Серія №1: постріли були виконані з револьвера KESERU MUVEK, були використані кулі калібром 4 мм, реальний діаметр кулі складав 4,1 мм, маса кулі 0,47 г. Серія №2: постріли були виконані з гвинтівки ТОЗ-8м, використані кулі калібром 5,6 мм, реальний діаметр кулі складав 5,7 мм, маса кулі 2,56 г. Серія №3: постріли були виконані з автомата АКС-74У, використані кулі калібром 5,45 мм, реальний діаметр кулі складав 5,7 мм, маса кулі 3,42 г. Серія №4: постріли були виконані з пістолета CZ83, використані кулі калібром 7,65 мм, реальний діаметр кулі складав 7,8 мм, маса кулі 4,75 г. Серія №5: постріли були виконані з пістолета ИЖ7001, використані кулі калібром 9 мм, реальний діаметр кулі складав 9,2 мм, маса кулі 6,16 г.

В ході експериментальних досліджень були вивчені діаметр вхідної рани на шкірі з її атрибутами – дефектом тканини та поясками (кільцями) осаднення й обтирання, діаметр ранового каналу в його початковій, середній частині та на виході. Вимірювання відповідних частин ранового каналу проводили спочатку за допомогою лінійки та штангенциркуля, після чого додаткові вимірювання виконували у середовищі комп'ютерної програми «3DsMax», що дозволяло проводити відповідні виміри з об'єктивно підвищеною точністю до 0,001см.

Отримані основні статистичні дані за експериментальними серіями виглядали наступним чином.

Серія №1: довжина ранового каналу $1,72 \pm 0,04$ см, діаметр вхідної частини ранового каналу 0,3 см ($0,327 \pm 0,002$ см при вимірюванні 3Д), діаметр середньої частини ранового каналу 0,4 см ($0,399 \pm 0,006$ см при вимірюванні 3Д), діаметр кінцевої частини ранового каналу 0,4 см ($0,405 \pm 0,003$ см при вимірюванні 3Д), діаметр вхідної рани 0,3 см ($0,323 \pm 0,002$ см при вимірюванні 3Д), розмір кільця обтирання 0,1 ($0,137 \pm 0,009$ см при вимірюванні 3Д).

Серія №2: довжина ранового каналу 16 см, діаметр вхідної частини ранового каналу $0,407 \pm 0,007$ см ($0,431 \pm 0,007$ см при вимірюванні 3Д), діаметр середньої частини ранового каналу $3,52 \pm 0,042$ см ($3,533 \pm 0,044$ см при вимірюванні 3Д), діаметр кінцевої частини ранового каналу $1,27 \pm 0,029$ см ($1,295 \pm 0,027$ см при вимірюванні 3Д), діаметр вхідної рани 0,4 см ($0,457 \pm 0,006$ см при вимірюванні 3Д), розмір кільця обтирання 0,1 см ($0,173 \pm 0,005$ см при вимірюванні 3Д).

Серія №3: довжина ранового каналу 16 см, діаметр вхідної частини ранового каналу $0,507 \pm 0,007$ см ($0,543 \pm 0,005$ см при вимірюванні 3Д), діаметр середньої частини ранового каналу $8,420 \pm 0,056$ см ($8,473 \pm 0,050$ см при вимірюванні 3Д), діаметр кінцевої частини ранового каналу $3,313 \pm 0,050$ см ($3,341 \pm 0,047$ см при вимірюванні 3Д), діаметр вхідної рани 0,5 см ($0,539 \pm 0,003$ см при вимірюванні 3Д), розмір кільця обтирання $0,127 \pm 0,012$ см ($0,257 \pm 0,005$ см при вимірюванні 3Д).

Серія №4: довжина ранового каналу 16 см, діаметр вхідної частини ранового каналу $0,80 \pm 0,017$ см ($0,829 \pm 0,013$ см при вимірюванні 3Д), діаметр середньої частини ранового каналу $1,353 \pm 0,022$ см ($1,386 \pm 0,020$ см при вимірюванні 3Д), діаметр кінцевої частини ранового каналу $2,20 \pm 0,026$ см ($2,276 \pm 0,048$ см при вимірюванні 3Д), діаметр вхідної рани $0,713 \pm 0,013$ см ($0,752 \pm 0,012$ см при вимірюванні 3Д), розмір кільця обтирання $0,307 \pm 0,007$ см ($0,320 \pm 0,008$ см при вимірюванні 3Д).

Серія №5: довжина ранового каналу 16 см, діаметр вхідної частини ранового каналу $0,70 \pm 0,051$ см ($0,916 \pm 0,009$ см при вимірюванні 3Д), діаметр середньої частини ранового каналу $1,627 \pm 0,062$ см ($1,655 \pm 0,064$ см при вимірюванні 3Д), діаметр кінцевої частини ранового каналу $2,193 \pm 0,064$ см ($2,227 \pm 0,063$ см при вимірюванні 3Д), діаметр вхідної рани $0,887 \pm 0,009$ см ($0,921 \pm 0,003$ см при вимірюванні 3Д), розмір кільця обтирання $0,38 \pm 0,017$ см ($0,442 \pm 0,016$ см при вимірюванні 3Д), розмір кільця осаднення $0,32 \pm 0,017$ см ($0,365 \pm 0,016$ см при вимірюванні 3Д).

Враховуючи дані отримані при проведенні експериментальної частини, що вказують на ефективність застосування комп'ютерної програми «3DsMax» при дослідженні окремих частин вогнепального ранового каналу, цю методику було застосовано при проведенні судово-медичної експертизи трупів із вогнепальними тілесними ушкодженнями різних частин тіла.

Нами досліджено 45 випадків за результатами дійсних судово-медичних експертиз, що були проведені у комунальних установах: Чернівецьке бюро судово-медичної експертизи, Луганське бюро судово-медичної експертизи, Дніпропетровське бюро судово-медичної експертизи та Харківське бюро судово-медичної експертизи. В експертні дослідження брали випадки з вогнепальними ушкодженнями різних м'яких тканин і кісток скелета людини.

Всю вказану вибірку становили чоловіки, основна кількість потерпілих припадала на 1-й і 2-й періоди зрілого віку – по 18 випадків (по 40%) у кожному, значно менше на чоловіків юнацького віку – 8 випадків (17,8%) та тільки в одному випадку постраждав чоловік похилого віку (2,2%).

Основна маса летальних поранень була спричинена пострілами з вогнепальної кульової зброї в ділянку голови – 31 випадок (68,9%), значно меншу їх кількість спостерігали внаслідок поранень в ділянку грудей та черева – по 3 (6,7%) та 4 (8,9%) випадки відповідно, а поєднані поранення внаслідок вогнепальних ушкоджень кількох ділянок тіла діагностували у 7 випадках (15,5%).

Проведені нами дослідження експертних випадків із практичних експертиз висвітлюють можливості використання графічного редактора «3DsMax» для моделювання як окремих частин ранового каналу так і його загальної картини та вказують на вищі показники точності проведених досліджень, що в подальшому дає змогу для встановлення характеристик основного травмуючого фактора вогнепальних тілесних ушкоджень, а саме калібру кулі.

За проведеними статистичними опрацюваннями даних, отриманих в ході виконання експериментальної та експертної частин дослідження було виведено лінійні регресійні рівняння, які дозволяють за розмірами вхідної та вихідної частин ранового каналу з великою вірогідністю встановлювати калібр кулі та її масу, якою воно було спричинене.

Вперше було застосовано методики створення 3Д моделей ранових каналів, спричинених вогнепальною зброєю різного калібру у блоках балістичного пластиліну з подальшою фотограмметрією різних частин цих каналів.

Продемонстровані можливості застосування графічних редакторів «Agisoft Photoscan» та «3DsMax» та можливості поєднання їх застосування в розрізі практичної роботи судово-медичних експертів та судово-медичних криміналістів, що значно підвищує точність таких досліджень.

Вперше надається можливість дистанційного дослідження таких ушкоджень через їх візуалізацію в цифровому форматі, включно з можливістю їх повторного чи додаткового дослідження через будь-який проміжок часу.

Вперше виявлено нову морфологічну ознаку у вигляді «спіралеподібного закручування ранового каналу», яка дозволяє робити висновки про напрямок закручування нарізів всередині каналу нарізної вогнепальної зброї.

Розроблено методики створення 3Д моделей ранових каналів у блоках балістичного пластиліну та біологічних тканинах, методику подальшої

фотограмметрії цих 3Д моделей, а також окремих атрибутів вхідних та вихідних ран при вогнепальних ушкодженнях.

Розроблено алгоритм встановлення характеристик основного травмуючого фактора (калібру і маси кулі) при судово-медичній експертизі тілесних ушкоджень, заподіяних із вогнепальної зброї за допомогою виведених рівнянь лінійної регресії та використанням морфометричних показників окремих складових частин вогнепального поранення.

Впроваджено спосіб встановлення ідентифікуючих особливостей кулі шляхом 3Д моделювання основних частин вогнепального ранового каналу.

Практичну цінність і значення вказаних методик підтверджено успішним їх впровадженням у низці обласних бюро СМЕ України: Чернівецького, Харківського, Донецького, Луганського та Херсонського обласних бюро судово-медичної експертизи, а також в освітній процес ряду закладів вищої освіти України: кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, кафедри судової медицини та медичного права Київського національного медичного університету ім. О.О.Богомольця, кафедри патологічної анатомії з секційним курсом та судовою медициною Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського, що підтверджено відповідними актами впроваджень.

Ключові слова: судова медицина, судово-медична експертиза, давність утворення ушкодження, біологічна тканина, вогнепальні ушкодження, вогнепальні тілесні ушкодження, вогнепальні поранення, рановий канал, 3Д моделювання, 3Д реконструкція, зображення, лазерне зображення, вогнепальна зброя, людина.

ABSTRACT

Zmiievska Yu.H. "Forensic medical determination of identifying features of the primary traumatic factor in gunshot injuries through three-dimensional digital modeling" – qualification scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Specialty 222 "Medicine" (22 – Healthcare). – Bukovinian State Medical University, Ministry of Health of Ukraine, Chernivtsi, 2025.

Bukovinian State Medical University, Ministry of Health of Ukraine, Chernivtsi, 2025.

Bukovinian State Medical University, Ministry of Health of Ukraine, Chernivtsi, 2025.

The dissertation focuses on the study of the key characteristics, morphological features, and linear dimensions of all elements of the wound channel formed as a result of a gunshot. It also explores the possibility of determining the properties of the primary traumatic factor based on these characteristics using the computer programs «*Agisoft Photoscan*» and «*3DsMax*». Additionally, the research aims to develop practical methodological guidelines and 3D modeling algorithms for their implementation in forensic medical examinations. This approach is expected to enhance the accuracy and clarity of expert conclusions in cases of firearm-related injuries, aligning them with modern forensic standards.

The aim of the study was to improve forensic medical identification of the primary traumatic factor in gunshot injuries through three-dimensional digital modeling.

The research was conducted in compliance with the principles of the Helsinki Declaration, adopted by the General Assembly of the World Medical Association (1964–2000), the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine (1997), relevant provisions of the WHO, the International Council of Medical Scientific Organizations, the International Code of Medical Ethics (1983), and the current legislation of Ukraine.

The object of the study was the process of interaction between the primary traumatic factor of firearms and biological tissues, as well as biological and non-biological simulants of human soft tissues.

The research material included experimental wound channels caused by firearms with known weapons, known ammunition, and under known conditions, as well as practical forensic cases involving gunshot injuries to various parts of the human body (head, torso, and combined injuries). During the experimental phase of the study, five series of investigations were conducted, each consisting of 15 cases, resulting in a total of 75 experimental studies.

Series No. 1: Shots were fired from a KESERU MUVEK revolver using 4 mm caliber bullets, with an actual bullet diameter of 4.1 mm and a bullet mass of 0.47 g. Series No. 2: Shots were fired from a TOZ-8M rifle using 5.6 mm caliber bullets, with an actual bullet diameter of 5.7 mm and a bullet mass of 2.56 g. Series No. 3: Shots were fired from an AKS-74U assault rifle using 5.45 mm caliber bullets, with an actual bullet diameter of 5.7 mm and a bullet mass of 3.42 g. Series No. 4: Shots were fired from a CZ83 pistol using 7.65 mm caliber bullets, with an actual bullet diameter of 7.8 mm and a bullet mass of 4.75 g. Series No. 5: Shots were fired from an IZH7001 pistol using 9 mm caliber bullets, with an actual bullet diameter of 9.2 mm and a bullet mass of 6.16 g.

During the experimental investigations, the diameter of the entrance wound on the skin was studied along with its attributes—tissue defects and the formation of circumferential (ring-like) patterns of sedimentation and abrasion. Additionally, the diameter of the wound channel was measured at its initial, middle, and exit sections. The measurements of the corresponding parts of the wound channel were initially conducted using a ruler and caliper, followed by additional measurements in the *3DsMax* software environment, which enabled measurements with objectively enhanced accuracy up to 0.001 cm.

The main statistical data obtained from the experimental series were as follows.

Series No. 1: Length of the wound channel: 1.72 ± 0.04 cm, diameter of the entrance portion of the wound channel: 0.3 cm (0.327 ± 0.002 cm in 3D measurements), diameter of the middle portion of the wound channel: 0.4 cm (0.399 ± 0.006 cm in 3D measurements), diameter of the exit portion of the wound channel: 0.4 cm (0.405 ± 0.003 cm in 3D measurements), diameter of the entrance wound: 0.3 cm (0.323 ± 0.002 cm in 3D measurements), size of the abrasion ring: 0.1 cm (0.137 ± 0.009 cm in 3D measurements).

Series No. 2: Length of the wound channel 16 cm, diameter of the entrance portion of the wound channel 0.407 ± 0.007 cm (0.431 ± 0.007 cm in 3D measurements), diameter of the middle portion of the wound channel 3.52 ± 0.042 cm (3.533 ± 0.044 cm in 3D measurements), diameter of the exit portion of the wound channel 1.27 ± 0.029 cm (1.295 ± 0.027 cm in 3D measurements), diameter of the entrance wound 0.4 cm (0.457 ± 0.006 cm in 3D measurements), size of the abrasion ring 0.1 cm (0.173 ± 0.005 cm in 3D measurements).

Series No. 3: Length of the wound channel 16 cm, diameter of the entrance portion of the wound channel 0.507 ± 0.007 cm (0.543 ± 0.005 cm in 3D measurements), diameter of the middle portion of the wound channel 8.420 ± 0.056 cm (8.473 ± 0.050 cm in 3D measurements), diameter of the exit portion of the wound channel 3.313 ± 0.050 cm (3.341 ± 0.047 cm in 3D measurements), diameter of the entrance wound 0.5 cm (0.539 ± 0.003 cm in 3D measurements), size of the abrasion ring 0.127 ± 0.012 cm (0.257 ± 0.005 cm in 3D measurements).

Series No. 4: Length of the wound channel 16 cm, diameter of the entrance portion of the wound channel 0.80 ± 0.017 cm (0.829 ± 0.013 cm in 3D measurements), diameter of the middle portion of the wound channel 1.353 ± 0.022 cm (1.386 ± 0.020 cm in 3D measurements), diameter of the exit portion of the wound channel 2.20 ± 0.026 cm (2.276 ± 0.048 cm in 3D measurements), diameter of the entrance wound 0.713 ± 0.013 cm (0.752 ± 0.012 cm in 3D measurements), size of the abrasion ring 0.307 ± 0.007 cm (0.320 ± 0.008 cm in 3D measurements).

Series No. 5: Length of the wound channel 16 cm, diameter of the entrance portion of the wound channel 0.70 ± 0.051 cm (0.916 ± 0.009 cm in 3D measurements), diameter of the middle portion of the wound channel 1.627 ± 0.062 cm (1.655 ± 0.064 cm in 3D measurements), diameter of the exit portion of the wound channel 2.193 ± 0.064 cm (2.227 ± 0.063 cm in 3D measurements), diameter of the entrance wound 0.887 ± 0.009 cm (0.921 ± 0.003 cm in 3D measurements), size of the abrasion ring 0.38 ± 0.017 cm (0.442 ± 0.016 cm in 3D measurements), size of the sedimentation ring 0.32 ± 0.017 cm (0.365 ± 0.016 cm in 3D measurements).

Considering the data obtained during the experimental phase, which highlights the effectiveness of using the *3DsMax* software for studying specific sections of the firearm wound channel, this methodology was applied in forensic medical examinations of corpses with gunshot injuries to various parts of the body.

We studied 45 cases based on the results of actual forensic medical examinations conducted at public institutions: the Chernivtsi Bureau of Forensic Medical Expertise, the Luhansk Bureau of Forensic Medical Expertise, the Dnipropetrovsk Bureau of Forensic Medical Expertise, and the Kharkiv Bureau of Forensic Medical Expertise. The expert investigations included cases with gunshot injuries to various soft tissues and skeletal bones.

The entire sample consisted of men, with most victims falling into the first and second periods of adulthood – 18 cases (40%) in each. There were significantly fewer cases among young men – 8 cases (17.8%), and only one case involved an elderly man (2.2%).

Most fatal injuries were caused by gunshot wounds to the head – 31 cases (68.9%). A significantly smaller number of injuries were observed in the chest and abdominal areas – 3 cases (6.7%) and 4 cases (8.9%) respectively. Combined injuries from gunshot wounds to multiple areas of the body were diagnosed in 7 cases (15.5%).

Our research of expert cases from practical examinations highlights the potential of using the *3DsMax* graphic editor for modeling both individual sections

of the wound channel and its overall structure. The results indicate higher accuracy in the conducted studies, which, in turn, enables the determination of the characteristics of the primary injuring factor in gunshot injuries, specifically the caliber of the bullet.

Based on the statistical analysis of data obtained during the experimental and expert phases of the study, linear regression equations were derived. These equations enable a highly probable determination of the bullet caliber and its mass based on the dimensions of the entrance and exit sections of the wound channel.

For the first time, methodologies for creating 3D models of wound channels caused by firearms of various calibers in ballistic gelatin blocks were applied, followed by photogrammetry of different sections of these channels.

The possibilities of applying the graphic editors "Agisoft Photoscan" and "3DsMax", as well as their combined use in the practical work of forensic medical experts and forensic criminologists, have been demonstrated, significantly enhancing the accuracy of such investigations.

For the first time, the possibility of remote investigation of such injuries through their visualization in digital format has been provided, including the ability for repeated or additional examination at any time interval.

A new morphological feature has been identified for the first time in the form of a "spiral twisting of the wound channel," which allows conclusions to be drawn about the direction of rifling inside the barrel of a rifled firearm.

Methodologies have been developed for creating 3D models of wound channels in ballistic gelatin blocks and biological tissues, as well as for the subsequent photogrammetry of these 3D models and individual attributes of entry and exit wounds in firearm injuries.

A methodology has been developed for determining the characteristics of the primary injurious factor, specifically the caliber and mass of the bullet, in forensic medical examinations of firearm injuries. This methodology is based on derived linear regression equations and the analysis of morphometric parameters of individual components of the gunshot wound.

A method for establishing the identifying characteristics of bullets through 3D modeling of the main parts of the firearm wound channel has been implemented.

The practical value and significance of these methodologies have been confirmed by their successful implementation in several regional forensic medical examination (FME) bureaus of Ukraine: Chernivtsi, Kharkiv, Donetsk, Luhansk, and Kherson regional forensic medical examination bureaus, as well as in the educational process of several higher education institutions in Ukraine. These include the Department of Forensic Medicine and Medical Law at the Bukovinian State Medical University, the Department of Forensic Medicine and Medical Law at the Kyiv National Medical University named after O.O. Bohomolets, and the Department of Pathological Anatomy with the Section Course and Forensic Medicine at the Ternopil National Medical University named after I.Y. Horbachevsky. This is supported by the relevant implementation certificates.

Key words: forensic medicine, forensic medical examination, time of injury formation, biological tissue, gunshot wounds, gunshot injuries, gunshot trauma, wound channel, 3D modeling, 3D reconstruction, imaging, laser imaging, firearm, human.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Список праць, у яких опубліковані основні результати дисертації:

1. Бачинський ВТ, Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних ушкоджень у практиці судової медицини. Сучасні медичні технології. 2019;4(43):43-6. doi: [10.34287/MMT.4\(43\).2019.8](https://doi.org/10.34287/MMT.4(43).2019.8) **(Українське видання яке індексується БД Scopus, Q4)** *(Здобувач провів аналітичний огляд наукової літератури, написання та підготовку статті до публікації).*

2. Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Особливості вітчизняного розвитку можливостей судово-медичної діагностики вогнепальних ушкоджень. Судово-медична експертиза. 2021;1:3-10. doi: [10.24061/2707-8728.1.2021.1](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2021.1) **(Фахове видання України).** *(Здобувач провів аналітичний огляд наукової літератури, написання та підготовку статті до публікації).*

3. Змієвська ЮГ, Савка ІГ, Балук ІГ, Гринюк ВВ, Бизер АР. Прикладне значення 3D моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2023.6) **(Фахове видання України).** *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

4. Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.1.300596) **(Українське видання яке індексується БД Scopus, Q4).** *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах з автомата кулями малого калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

5. **Змієвська ЮГ, Савка ІГ.** Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2023.5) (**Фахове видання України**). *(Здобувач проводив експериментальну частину досліджень, обробку отриманих експериментальних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

6. **Zmievska Y, Savka I.** Introduction of the modern 3d modeling method into the theory and practice of forensic medicine ballistics, caused by gunshot wounds inflicted by firearms with 9mm caliber ammunition. Wiad Lek. 2024;77(8):1569-74. doi: [10.36740/WLek202408106](https://doi.org/10.36740/WLek202408106) (**Іноземне видання яке індексується БД Scopus, Q4**). *(Здобувач проводив експериментальну частину досліджень ушкоджень спричинених кулями великого калібру, обробку отриманих експериментальних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

7. **Zmievska Y, Savka I.** Three-Dimensional Modeling of Firearm Injuries in Forensic Medicine. Galician Medical Journal. 2024;31(4):e-MJ2024-A28. doi: [10.21802/e-GMJ2024-A28](https://doi.org/10.21802/e-GMJ2024-A28) (**Українське видання, яке індексується БД Web of Science Core Collection, Q3**). *(Здобувач проводив експериментальну частину досліджень ушкоджень спричинених кулями середнього калібру, обробку отриманих експериментальних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

8. **Савка ІГ, Змієвська ЮГ.** Судово-медична оцінка вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків. Судово-медична експертиза. 2024;2:60-7. doi: [10.24061/2707-8728.2.2024.9](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2024.9) (**Фахове видання України**). *(Здобувач проводив збір матеріалу у вигляді вогнепальних ушкоджень із числа практичних випадків судово-медичних експертиз трупів та медико-криміналістичних експертиз, морфологічний аналіз, обробку отриманих практичних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

9. **Змієвська ЮГ, Савка ІГ.** Розвиток та сучасні можливості судово-медичної діагностики виду основного травмуючого фактора при вогнепальних ушкодженнях. Клінічна та експериментальна патологія. 2020;19(1):152-9. doi: [10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.23](https://doi.org/10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.23) (**Фахове видання України**). *(Здобувач провів аналітичний огляд наукової літератури, розробку методів досліджень, написання та підготовку статті до публікації).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

10. **Zmievska Y, Savka I.** Experimental Studies of Bullet Gunshot Injuries by Three-Dimensional Spatial Reconstruction. Folia Societatis Medicinae Legalis Slovacaе. 2023;13(2):55-8. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах з автомата кулями малого калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

11. Савка ІГ, **Змієвська ЮГ.** Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних ушкоджень, як один з інноваційних методів судової експертизи. В: Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Актуальні питання криміналістики та судової експертизи; 2020 Лис 19; Київ. Київ; 2020, с. 50-2. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, підбір матеріалів для досліджень, написання та підготовку тез до публікації).*

12. **Zmievska YG.** Possibilities of the multidimensional remodeling during forensic-medical examination of gunshot injuries. В: Матеріали 102-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу БДМУ; 2021 Лют 08, 10, 15; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2021, с. 18-9. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, підбір матеріалів для досліджень, написання та підготовку тез до публікації).*

13. **Змієвська ЮГ.** Переваги використання методу тривимірної просторової реконструкції вогнепальних тілесних ушкоджень в практиці судово-медичних експертів В: Матеріали 103-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету; 2022 Лют 07, 09, 14; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2022, с. 25-6. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, підбір матеріалів для досліджень, аналіз можливостей використання обраних методів експериментальних досліджень у практичній роботі, написання та підготовку тез до публікації).*

14. **Змієвська ЮГ.** Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних тілесних ушкоджень м'яких тканин тіла людини (експериментальні дослідження). В: Матеріали 104-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету; 2023 Лют 06, 08, 13; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2023, с. 24. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, експериментальну частину досліджень з використанням біологічних та небіологічних імітаторів тіла людини, написання та підготовку тез до публікації).*

15. **Zmievskaya Y, Savka I.** Experimental Studies of Bullet Gunshot Injuries by Three-Dimensional Spatial Reconstruction. In: Proceedings of the 53-rd Krsek Conference of Forensic Medicine with international participation; 2023 May 28-30; Modra, Slovenska republika. Modra; 2023. *(Здобувач провела експериментальну частину досліджень, морфологічний аналіз, статистичний аналіз, написання та підготовку матеріалів статті до публікації і виступу).*

16. **Zmievskaya YuG.** Forensic-medical examination injuries caused by automatic firearms chambered in 5.45mm caliber. В: Матеріали 105-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного

університету, присвяченої 80-річчю БДМУ; 2024 Лют 05, 07, 12; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2024; с. 18. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах з автомата кулями малого калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку тез до публікації).*

17. **Змієвська ЮГ**, Савка ІГ, Бизер АР. Впровадження тривимірної просторової реконструкції у процес судово-медичного дослідження вогнепальних ушкоджень, спричинених з автоматичної кульової зброї середнього калібру. В: Матеріали міжвідомчого наук.-практ. семінару Стан і напрями вдосконалення експертних досліджень вогнепальної зброї та слідів її застосування в умовах російсько-української війни; 2024 Жов 03-04; Київ. Київ; 2024 *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах кулями середнього калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку тез до публікації).*

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць вимірювання, скорочень.....	21
ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1. СУДОВО-МЕДИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ТРАВМУЧОГО ФАКТОРА ПРИ ВОГНЕПАЛЬНИХ УШКОДЖЕННЯХ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	30
1.1. Стан вогнепальної травми у світі та Україні.....	30
1.2. Сучасний стан та перспективи використання новітніх технологій в судово-медичних дослідженнях вогнепальних поранень.....	41
1.3. Використання біологічних та небіологічних імітаторів для проведення досліджень при вогнепальних пораненнях.....	53
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	59
РОЗДІЛ 3. ВСТАНОВЛЕННЯ ІДЕНТИФІКУЮЧИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СНАРЯДІВ ДО ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ РІЗНОГО КАЛІБРУ ШЛЯХОМ ТРИВИМІРНОЇ ПРОСТОРОВОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН РАНОВОГО КАНАЛУ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ)...	72
3.1. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених зі зброї, наближеної до вогнепальної за своїми характеристиками та спорядженої патронами «Флобер» (1-ша серія експериментальних досліджень).....	73
3.2. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених із гвинтівки ТОЗ-8, спорядженої патронами калібру 5,6 мм. (2-га серія експериментальних досліджень).....	79
3.3. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених із АКС-74У спорядженого патронами калібру 5,45 мм. (3-тя серія експериментальних досліджень).....	87

3.4. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених з автоматичного пістолета CZ83 спорядженого патронами калібру 7,65x17 мм. (4-та серія експериментальних досліджень).....	96
3.5. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених з автоматичного пістолета ИЖ 7001 спорядженого патронами калібру 9 мм (5-та серія експериментальних досліджень).....	108
РОЗДІЛ 4. СУДОВО-МЕДИЧНА ОЦІНКА ВОГНЕПАЛЬНИХ УШКОДЖЕНЬ ЗА ДАНИМИ ЕКСПЕРТНИХ ВИПАДКІВ.....	121
РОЗДІЛ 5. СУДОВО-МЕДИЧНЕ ВСТАНОВЛЕННЯ КЛЮЧОВИХ ІДЕНТИФІКУЮЧИХ ОЗНАК КУЛІ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ ІЄРАРХІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ МОРФОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ВОГНЕПАЛЬНОГО ПОРАНЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ФОРМ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ.....	132
РОЗДІЛ 6. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	140
ВИСНОВКИ.....	148
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	152
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	154
ДОДАТОК А.....	188
ДОДАТОК Б.....	193

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ

АТО – антитерористична операція

БД – база даних

БДМУ – Буковинський державний медичний університет

ВЗ – вогнепальна зброя

ВТ – вогнепальна травма

ВТУ – вогнепальне тілесне ушкодження

Двих – діаметр вихідної частини ранового каналу

Двх – діаметр вхідної частини ранового каналу

ДТП – дорожньо-транспортна пригода

КК – калібр кулі

КТ – комп'ютерна томографія

МК – маса кулі

МРТ – магнітно-резонансна томографія

ПМКТ – посмертна комп'ютерна томографія

ПМРТ – посмертна магнітно-резонансна томографія

СМЕ – судово-медична експертиза

СМД – судово-медична діагностика

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Світові статистичні дані свідчать про суттєве зростання впродовж останніх років випадків тілесних ушкоджень внаслідок застосування вогнепальної зброї (ВЗ) та на зростання кількості вогнепальної травми (ВТ) серед інших видів травматизму [18, 122, 143].

У період із 2014 по лютий 2022 року відчутне зростання використання ВЗ відмічали, переважно, на Сході України. Проте, після повномасштабного вторгнення російської федерації та введення воєнного стану на території України [13, 35, 195] збільшення використання ВЗ поширилося на всю країну. Це пов'язано як з безпосередніми бойовими діями, так і з тим фактом, що значна частка цивільного населення отримала безперешкодний доступ до володіння ВЗ.

За період із 2022 по 2024 рік на території України було зареєстровано 31333 кримінальних правопорушення з використанням ВЗ, боєприпасів та вибухових речовин [38, 51].

Швидкоплинність інцидентів та різноманітність обставин, за яких використовується ВЗ, у більшості випадків не дозволяє або значно затрудняє встановлення обставин, за яких вони сталися. Незважаючи на широке висвітлення теми вогнепальних ушкоджень (ВУ) у вітчизняних наукових працях, питання ідентифікації травмуючого фактора у цих випадках залишається не достатньо висвітленим.

На сьогодні не повністю сформовані науково-обґрунтовані діагностичні критерії, які б дозволяли завжди об'єктивно ідентифікувати вид травмуючого фактора у випадках ВУ. Особливо важливим питання ідентифікації постає при наскрізних та дотикових вогнепальних ушкодженнях, коли на місці злочину не було знайдено снаряд, яким було заподіяно ці ушкодження.

У той же час, динамічний розвиток сучасних комп'ютерних технологій дозволяє підвищити рівень візуалізації, судово-медичної діагностики (СМД) ушкоджень та обґрунтованості експертних підсумків у випадках ВТ.

Дослідження ВТ отримало свій розвиток, в першу чергу, під впливом потреб військово-польової хірургії та травматології, після чого ВТ почали вже розглядати і в аспекті судово-медичної експертизи (СМЕ) та криміналістики.

Після другої світової війни почалася активна розробка нових різновидів ВЗ та її постійне вдосконалення, що також стимулювало вивчення ВТУ в аспекті СМЕ та СМД [38, 51, 61].

Фундаментальні діагностичні критерії та методики дослідження ВТУ були розроблені на початку ХХ сторіччя, проте науково-дослідний прогрес потребує діджиталізації та впровадження у практичну діяльність СМЕ новітніх комп'ютерних технологій задля підвищення точності, наочності та достатнього рівня візуалізації СМЕ.

На сьогоднішній день цифрові комп'ютерні технології широко використовують у різних сферах медичної діяльності і вже широко застосовують при проведенні СМЕ за кордоном, але тільки набувають впровадження у вітчизняну судово-медичну практику.

Сучасні методики 3Д моделювання вже застосовуються при проведенні ситуаційних СМЕ, при огляді місця події (виявлення трупа) та у випадках дорожньо-транспортних пригод (ДТП), тобто використовують для встановлення обставин події. Але використання 3Д моделювання для встановлення знаряддя травми та морфологічних характеристик тілесних ушкоджень тільки набувають свого впровадження у практичну діяльність СМЕ.

Окрім того, в останні роки розвитку науково-технічного прогресу збільшилася кількість злочинів із використанням провідних сучасних цифрових технологій, що змушує експертні установи та правоохоронні органи розширювати свої можливості, вдосконалювати вже існуючі методи

досліджень та знаходити нові, щоб бути попереду чи принаймні не відставати у своєму прогресі від зловмисників [14, 61, 84, 182].

Отже, дослідження ВТУ задля встановлення виду травмуючого фактора шляхом використання тривимірної просторової реконструкції є вкрай перспективним та актуальним на сьогоднішній день і дає можливість створювати комп'ютерні тривимірні цифрові моделі ВТУ із подальшою можливістю на сучасному науковому рівні досліджувати їх характер і морфологічні особливості, що у свою чергу дасть змогу сформулювати та обґрунтувати нові судово-медичні діагностичні критерії ідентифікації основного травмуючого фактора ВТУ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота є фрагментом НДР кафедри судової медицини та медичного правознавства БДМУ «Використання сучасних морфологічних та фізичних методів для діагностики часу та причини настання смерті, виникнення тілесних ушкоджень, розвитку віддалених та наближених їх наслідків з метою вирішення нагальних завдань правоохоронних органів та актуальних питань судово-медичної науки та практики», номер державної реєстрації 0123U101978. Дослідження стало фрагментом даної НДР щодо судово-медичного дослідження біологічних тканин людини у випадках ВТУ та вирішення питань діагностики та встановлення морфологічних характеристик ВТУ.

Метою дослідження є: удосконалення судово-медичної ідентифікації основного травмуючого фактора при вогнепальних ушкодженнях шляхом їх тривимірного цифрового моделювання.

Завдання дослідження:

1. Вивчити можливості створення тривимірних цифрових моделей ушкоджених біологічних тканин та їх імітаторів.
2. Установити характер і морфологічні відмінності 3Д моделей вогнепальних ушкоджень небіологічних та біологічних імітаторів м'яких тканин тіла людини при експериментальних пострілах.

3. Встановити характер та морфологічні особливості 3D моделей вогнепальних ушкоджень, спричинених кулями малого, середнього та великого калібрів, випущених із різних видів зброї.
4. Дослідити характер і морфологічні особливості 3D моделей вогнепальних тілесних ушкоджень в експертній практиці.
5. Сформувати та науково обґрунтувати нові ефективні судово-медичні діагностичні критерії ушкоджень тіла людини при застосуванні вогнепальної зброї.
6. Розробити новий алгоритм судово-медичної ідентифікації основного травмуючого фактора при вогнепальних ушкодженнях за допомогою виведення рівнянь лінійної регресії та використання морфометричних показників окремих складових частин вогнепального поранення.

Об'єкт дослідження: Об'єктом є процес взаємодії основного травмуючого фактора вогнепальної зброї з біологічними тканинами (біологічні тканини трупів, шкіра із підшкірно-жировою клітковиною свині) та небіологічними матеріалами (балістичний пластилін та альгінатні маси).

Предмет дослідження: вогнепальні пошкодження біологічних тканин та небіологічних матеріалів; 3D моделі вогнепальних тілесних ушкоджень та імітаторів біологічних тканин.

Методи дослідження: *пошуково-бібліографічний* (вивчення, аналіз та систематизація друкованих та електронних джерел на тему вогнепальної травми та 3D моделювання); *морфометричний* (вимірювання класичними методами різних елементів ранового каналу); *мікроскопічний* (стереомікроскопія входних та вихідних ран ВТУ; *фотограмметрія* (створення фотознімків окремих елементів ранових каналів); *3D моделювання* (створення 3D моделей окремих фрагментів ранових каналів); *комп'ютерні цифрові технології* (використання ліцензованих графічних редакторів); *статистичні методи аналізу* (вирахування мінімальних, максимальних показників, середнього арифметичного, похибки середнього арифметичного й середньо квадратичного відхилення та показника

абсолютного відносного відхилення, кластерний та регресійний аналізи).

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше було застосовано методики створення 3Д моделей ранових каналів, спричинених вогнепальною зброєю за допомогою альгінатних мас із подальшою фотограмметрією цих каналів, а також круговою фотограмметрією вхідних та вихідних вогнепальних ушкоджень.

Продемонстровані можливості застосування графічних редакторів «Agisoft Photoscan» та «3DsMax» та можливості поєднання їх застосування в розрізі практичної роботи судово-медичних експертів та судово-медичних криміналістів, що значно підвищує точність таких досліджень.

Вперше надається можливість дистанційного дослідження таких ушкоджень в електронному форматі, включно з можливістю їх повторного чи додаткового дослідження через будь-який проміжок часу.

Вперше виявлено нову морфологічну ознаку у вигляді «спіралеподібного закручування ранового каналу», яка дозволяє робити висновки про напрямок закручування нарізів всередині каналу нарізної вогнепальної зброї.

Вперше надано алгоритм, включно з формулами лінійної регресії, для визначення калібру кулі та її маси за морфометричними показниками основних елементів ранового каналу.

Практичне значення одержаних результатів, впровадження їх у практику. Проведене дослідження доводить доцільність використання методу 3Д моделювання окремих частин ранового каналу, а також у цілісному об'ємному вигляді у випадках дослідження ВТУ. Розроблено методики створення 3Д моделей ранових каналів за допомогою альгінатних мас та методику подальшої фотограмметрії цих 3Д моделей, а також вхідних та вихідних ВУ.

Впроваджено методику створення 3Д моделей окремих частин ранового каналу із подальшим дослідженням їх розмірів та характеристик у графічному дизайнері «3DsMax».

Розроблено алгоритм встановлення характеристик основного травмуючого фактора при ВТУ (калібру кулі та її маси) за допомогою виведених лінійних рівнянь із використанням морфометричних показників основних елементів ранового каналу.

Впровадження результатів дослідження: Практичну цінність і значення вказаних методик підтверджено успішним їх впровадженням у низці обласних бюро СМЕ України: Чернівецького, Харківського, Донецького, Луганського та Херсонського обласних бюро судово-медичної експертизи, а також в освітній процес ряду закладів вищої освіти України: кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, кафедри судової медицини та медичного права Київського національного медичного університету ім. О.О.Богомольця, кафедри патологічної анатомії з секційним курсом та судовою медициною Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського, що підтверджено відповідними актами впроваджень.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаним дослідженням. Разом із науковим керівником визначено тему, мету та завдання наукової роботи, складено план і підібрано методи досліджень. Обґрунтовано мету, завдання і способи їх вирішення. Здобувач провів науково-патентний пошук, узагальнив дані літератури. Дисертант самостійно провів аналіз даних пошуково-бібліографічних джерел, систематизацію бібліотечних каталогів, друкованих та електронних джерел із питань вогнепальної травми та 3Д моделювання, самостійно виконав 75 експериментальних досліджень, взяв участь у проведенні судово-медичних та медико-криміналістичних експертиз. Автором особисто написано та проілюстровано всі розділи дисертації, проведено статистичну обробку й аналіз отриманих результатів. Висновки і практичні рекомендації сформульовані разом із науковим керівником. Дисертант здійснив основну підготовку матеріалу до публікації результатів дослідження.

Апробація матеріалів дисертації. Основні наукові положення та результати цього дисертаційного дослідження було оприлюднено та обговорено на наукових конференціях, з'їздах, симпозиумах і форумах різного рівня впродовж 2020-2024 років, а саме: Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні питання криміналістики та судової експертизи» (Київ, 2020), з опублікуванням у збірнику тез; 102-й підсумковій науково-практичній конференції з міжнародною участю професорсько-викладацького персоналу БДМУ (Чернівці, медуніверситет, 08, 10, 15 лютого 2021 року), з опублікуванням у збірнику тез; 103-й підсумковій науково-практичній конференції з міжнародною участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету (Чернівці, медуніверситет, 07, 09, 14 лютого 2022 року), з опублікуванням у збірнику тез; 104-й підсумковій науково-практичній конференції з міжнародною участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету (Чернівці, медуніверситет, 06, 08, 13 лютого 2023 року), з опублікуванням у збірнику тез; 53-rd Krsek Conference of Forensic Medicine with international participation (Slovenska republika, Modra, May 28-30, 2023), з опублікуванням у закордонному фаховому англomовному виданні: *Folia Societatis Medicinae Legalis Slovacaе*. 2023;13(2):55-8; 105-й підсумковій науково-практичній конференції з міжнародною участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету, присвяченій 80-річчю БДМУ (Чернівці, медуніверситет, 05, 07, 12 лютого, 2024 року), з опублікуванням у збірнику тез; міжвідомчому науково-практичному семінарі: «Стан і напрями вдосконалення експертних досліджень вогнепальної зброї та слідів її застосування в умовах російсько-української війни» (Київ, 03-04 жовтня, 2024 року).

Також результати дисертаційного дослідження доповідали й обговорювали на засіданнях кафедри судової медицини та медичного

правознавства Буковинського державного медичного університету впродовж 2020-2024 років.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 17 наукових праць, із них 5 статей у вітчизняних наукових фахових виданнях України, 1 стаття у виданні, що цитується в наукометричній базі Web of Science, 3 статті у виданнях, що індексується БД Scopus, 8 тез у збірниках вітчизняних та закордонних науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена українською мовою в одному томі на 200 сторінках комп'ютерного тексту (з яких 131 сторінка залікового машинописного тексту без урахування тих, що містять список використаних джерел і додатків) та складається з титульного аркуша, анотації (українською та англійською мовами), вступу, огляду літератури, матеріалів і методів дослідження, трьох розділів власних досліджень, аналізу та узагальнення результатів дослідження, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел та додатків. Дисертація проілюстрована 56 рисунками та 12 таблицями. Список використаних джерел включає 257 опрацьованих найменувань, із яких – 73 кирилицею та 184 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

СУДОВО-МЕДИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ТРАВМУЧОГО ФАКТОРА ПРИ ВОГНЕПАЛЬНИХ УШКОДЖЕННЯХ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Стан вогнепальної травми у світі та Україні

Впродовж останніх років тема дослідження вогнепальних тілесних ушкоджень (ВТУ) набирає своєї актуальності як для судово-медичних експертів, так і для медиків не тільки в Україні, а й в усьому світі. Різного виду травматизм (включаючи вогнепальний) на сьогоднішній день є однією з провідних причин насильницької смерті в усьому світі [34, 38, 116, 179, 194].

Особливу увагу привертає зростання частоти смертності, травматизму [20, 44, 100, 181] та інвалідизації внаслідок отриманих травм серед молодого покоління (10-45 років) [222].

Травматичні ушкодження становлять 9,6% від загальної кількості смертності і є третьою за поширеністю причиною смерті у світі [70].

За даними наданими Zbrueva J.V. у 2016 році в усьому світі від ВУ загинуло понад 251 тис. осіб [172, 247].

На сьогоднішній день кількість ВТУ збільшується навіть за умов мирного часу в багатьох розвинених країнах, що потребує від практикуючих лікарів та судово-медичних експертів поглиблених знань щодо вогнепальної травми (ВТ) [106, 122, 172, 180].

Так за даними проведених досліджень у період з 2009 по 2019 рік кількість ВТУ у країнах Європи збільшилася на 18,5%. При цьому відсоток смертельної травми становить 52,2% [122, 172].

Так, за даними досліджень, проведених у Данії за період з 1992 по 2016 рік із 1417 вбивств – 315 були скоєні шляхом використання вогнепальної зброї і мали ВТ як основну причину смерті [147].

Найбільш часто піддавалися ураженню грудна клітка, живіт і голова, у такому порядку – у випадку вбивств, і голова – у випадку самогубств. Понад

80% вбивств мають множинний характер ушкоджень, а майже кожне четверте вбивство – більше 7 ушкоджень [128, 161].

Найчастішими були вогнепальні поранення голови (58,1%) та грудної клітини – (46,7%) [8, 53, 161, 185].

При цьому слід відмітити, що найбільший відсоток смертності спостерігається серед пацієнтів на догоспітальному етапі, через його велику тривалість, втрачається багато часу за який пацієнта могло бути врятовано. Так, серед пацієнтів, які поступили в лікарню з ВТУ 38% померли, 17% мали несприятливий результат, 46% мали сприятливий результат [58, 76].

Відстань до найближчого медичного закладу напряму пов'язана з відсотком летальності пацієнтів із ВТУ: смертність нижчу за середню відмічали у груп пацієнтів, які знаходилися в безпосередній близькості від основних травматологічних центрів. Покращення швидкості та доступу до медичної допомоги може зіграти велику роль у зниженні рівня такої смертності [76, 94, 120].

Рівень смертності пацієнтів із ВТУ порівняно з пацієнтами, що постраждали від ножових поранень також є значно вищим – 11% проти 2%. Окрім того, пацієнти з ВТУ у більшості випадків потребують оперативного втручання, госпіталізації у відділення інтенсивної терапії та довший термін перебувають на стаціонарному лікуванні [10, 20, 58].

На жаль, існуючі настанови та протоколи надання медичної допомоги при ВТУ значною мірою застаріли, оскільки були написані в часи, коли високошвидкісна зброя і кулі, що деформуються, використовували переважно у військових цілях [58, 76].

Пандемія коронавірусної хвороби 2019 року та пов'язана з нею політика мали серйозні наслідки для окремих людей, громад і системи охорони здоров'я, і, нажаль, вони також супроводжувалися зростанням міжособистісного насильства [45, 94]. Так, у Пенсильванії було проведено аналіз кількості травматичних випадків у доковідний період та у ковідний період. У 2018 році кількість пацієнтів, що звернулися до лікарень із

вогнепальними пораненнями склала 565 випадків, у 2019 році – 647, а у 2020 році – 737. Отже, наочно видно, що відбулася динаміка збільшення кількості ВТУ в той час, коли кількість тупої травми значно зменшилася [76].

У Вісконсіні до дослідження увійшли 1702 випадки пацієнтів із ВТУ, які були розділені на 2 групи – у періоди до COVID 2019 (січень 2018 року – лютий 2020 року) та періоди COVID 2019 (березень 2020 року – грудень 2021 року). У групі COVID 2019 була статистично значно більша частка поранень вогнепальною зброєю (83,2%) і значно нижча частка ножових поранень (16,8%) порівняно з групою періоду до COVID 2019 (70% і 30%, відповідно). Ці висновки узгоджуються з іншими державними та національними тенденціями, які свідчать про збільшення кількості проникаючих травм під час пандемії COVID-2019 [45, 94].

Рівень смертності від ВТУ у США є вищим, ніж у країнах Європи, де за останнє десятиліття від ВТУ загинуло понад 300000 осіб [106]. Раніше, найрозповсюдженішою причиною смерті у США були ДТП, але на сьогоднішній день кількість смертельних випадків внаслідок ДТП зменшилась вдвічі, а рівень смертності серед дітей до 18 років у США від вогнепальної зброї зріс на 87% із 2011-го до 2021-го року [106, 180].

Вогнепальні травми є кризою для громадського здоров'я та становлять високий ризик для дітей і підлітків. Травми від вогнепальної зброї спричиняють близько 20000 звернень до відділень невідкладної допомоги у дітей щорічно та несуть ризик важчих травм чи смерті [222, 226].

У період із 2011 по 2021 рік було досліджено 1304 підлітки з вогнепальними травмами, які надходили до міського медичного закладу першого рівня, за статистичними показниками кількість ВТУ серед підлітків до 15 років не змінювалася, проте, серед підлітків старше 16 років відмічали динаміку зростання. Серед досліджених випадків підлітків старше 16 років 92% складали чорношкірі люди, 90% – чоловіки, рівень смертності склав 12%. Серед підлітків 15 років і молодше 95% складали афроамериканці, 84% складали чоловіки, а рівень смертності склав 15% [222].

Також при визначенні обсягу лікування ВТУ слід пам'ятати про основні ранової балістики [201, 223], що важливою є ефективність передачі енергії, яка залежить від фізичних характеристик снаряда, включаючи деформацію і фрагментацію, кінетичну енергію, стабільність, профіль входу, шлях, пройдений через тіло і біологічні характеристики тканин [94, 185, 193].

За результатами проведених досліджень, можна дійти висновку, що більшість низькошвидкісних вогнепальних поранень можна лікувати без оперативних втручань за допомогою місцевої обробки рани та амбулаторного лікування, а ось поранення з високошвидкісної зброї потребують вивчення віддалених наслідків травми та більшого обсягу втручань [97, 132, 159].

У 2019 році кількість смертельних вогнепальних поранень перевищила кількість смертельних ДТП і стала основною причиною смерті молоді від 0 до 19 років. Вбивство є найпоширенішою причиною спричинення ВТУ, але самогубство також складає велику частку випадків [29, 45, 222].

Кожного дня більше 200 американців піддається нападу з використанням вогнепальної зброї, а смерть від вогнепальної зброї спричиняє витрати близько 20 мільярдів доларів протягом усього життя [180].

Серед 1270 дорослих пацієнтів, що надходили до лікарні з проникаючими пораненнями протягом 2017-2020 років 76,6% складали випадки ВТУ, а 23,4% – ножові поранення [106, 180].

У період із 2014 по 2019 роки в одному з медичних центрів первинної ланки Арізони було зареєстровано 1012 випадків вогнепальної травми, більшість пацієнтів були підлітками – 32%, молодими людьми – 30%, з них 88% – чоловіки, а понад 80% людей належали до соціально-економічного класу нижчого рівня. Найбільш поширеною застосованою зброєю був пістолет (45%), а найпоширенішою метою ушкоджень був напад. Також слід відзначити високу розповсюдженість вживання психоактивних речовин при заподіянні ВТУ (алкоголь – 73%, наркотичні речовини – 64%) [180].

Діяльність правоохоронних органів часто може включати використання вогнепальної зброї, під час такої діяльності ВТУ можуть бути заподіяні як цивільній особі, так і працівникам правоохоронних органів.

У цьому напрямку було досліджено кількість випадків ВТУ за період з 1993 по 2015 рік. За цей період було зареєстровано 2 667 896 візитів до закладів медичної допомоги з приводу поранень, спричинених ВЗ; з яких 1,7% (45497) були пов'язані з діяльністю правоохоронних органів, у 23 % випадків постраждалими були працівники правоохоронних органів [53, 63, 68].

Упродовж двох останніх десятиліть власники зброї стали частіше зберігати домашню ВЗ зарядженою та розблокованою, оскільки вважають, що це робить їх домівку більш безпечною, проте вони не замислюються над тим, яку небезпеку це може нести [63].

Проведені дослідження свідчать про розбіжність статистичних даних щодо спричинених ВТУ в залежності від регіону та місцевості. Так, у сільських регіонах США рівень ВТУ та смертності серед дітей та підлітків значно вищий, ніж у міській місцевості, також є певні відмінності у статистиці серед людей різного походження. Дані дослідження стосуються жорстокого поводження з дітьми, ушкоджень спричинених з необережності та навмисних само ушкоджень [106, 180].

Відсутність продовольчої безпеки, що визначається як недостатній доступ до якісного харчування має не тільки негативний вплив на здоров'я людей, а й також має схожі першопричини з насильством. Дані проведених досліджень свідчать про те, що відсутність продовольчої безпеки може виступати незалежним самостійним фактором ризику щодо спричинення ВТУ серед цивільного населення різних регіонів [39, 100].

У період з 2010 по 2019 рік рівень смертності від ненавмисного використання вогнепальної зброї серед афроамериканської молоді збільшився на 48%, факторами які цьому сприяли були проживання у регіонах з високим рівнем володіння ВЗ та низький соціально-економічний

статус [143, 180]. Проте, за даними проведених досліджень, серед афроамериканців більш поширеним залишаються напади з використанням вогнепальної зброї (59,1%), тоді як самоушкодження були більш поширені серед білих людей (46,2%) [180].

Також спостерігається зростання рівня смертності від ВТУ серед жінок, зокрема, за даними проведених досліджень, найчастіше жертвами ВТ ставали жінки у віці від 20 до 39 років, які мали від 4 до 7 років освіти та були темношкірими [140].

Негаразди у суспільстві, низький соціально-економічний статус регіону значною мірою впливають на кількість випадків використання ВЗ та передбачають високий рівень вогнепального насильства. Проведені дослідження свідчать, що індекс проблемних громад передбачає високу частоту використання вогнепальної зброї у цих громадах. Частка дорослих без диплома про середню освіту, рівень бідності, середній коефіцієнт доходу та рівень вакантності житла були високою прогностичною ознакою насильства з використанням ВЗ [82, 168].

Ще одним аспектом вивчення ВТ є проблема скоєння самогубств серед літніх людей. Загальний відсоток самогубств серед літніх людей є вищим, ніж серед населення інших вікових груп у цілому. Серед завершених самогубств людей літнього віку 74% складають чоловіки і 26% – жінки [140].

За проведеними дослідженнями у 25 штатах США було посилено контроль за зброєю в середньому на 6 пунктів, що створило позитивну динаміку і дозволило знизити кількість суїцидів з використанням вогнепальної зброї в середньому на 3,3%, проте ніяк не впливає на кількість самогубств, скоєних без використання ВЗ [180].

Потрібно відмітити, що сфера дослідження зв'язку локальних законів про ВЗ та кількості ВТ ще недостатньо розвинена, особливо щодо не смертельних поранень. Наявні вивчення законів про запобігання доступу дітей і мінімальні вікові обмеження для придбання та володіння ВЗ містять

сумнівні дані пов'язані зі зменшенням ненавмисних смертей дітей і підлітків і самогубств від ВЗ [185, 222].

Масові розстріли стають все більш поширеним явищем, проте існує не так багато досліджень, які б визначали першопричини поведінки злочинців у таких випадках. Так, американські вчені дійшли висновку, що у країнах зі зростаючим рівнем нерівності доходів частіше трапляються масові розстріли. Однією з можливостей цього висновку є те, що нерівність у доходах сприяє створенню середовища гніву та образи, що зрештою призводить до насильства [106].

Нажаль, тенденція до збільшення ВТ у світі обумовлена також і великою кількістю локальних війн та збройних конфліктів, тільки з часів другої світової війни у світі відбулося більше 200 таких війн (у Кореї, В'єтнамі, Алжирі, Сирії, Ефіопії, Ізраїлі, Аргентині, Ірані, Сомалі, Афганістані, Гренаді, Іраку, Югославії, Північному Кавказі та ін.) [64, 143].

Так, було проаналізовано та досліджено всіх загиблих американських військових під час операції «Новий світанок» в Іраку з 2010 по 2011 рік. Із 74 загиблих (середній вік – 26 років; чоловіки – 98,6 %; звичайні війська – 100%; госпіталізації потребували – 82,4%) основною причиною смерті були ВТУ (86,5%). Смертельні випадки розподілялися майже рівномірно між учасниками бойових дій (52,7%) і допоміжним персоналом (47,3%). Кількість кульової ВТ склала 26% [180].

Після 2-ої світової війни, було розроблено безліч видів зброї масового ураження, проте тривало і вдосконалення звичайної (конвенційної) зброї. Так, наприклад, з'явилися малокаліберні кулі (5,45-5,56 мм) із високою початковою швидкістю польоту (900-1000 м/с), які на даний час є одними з найрозповсюдженіших [92, 234].

Враховуючи збройний конфлікт на сході України впродовж 2014-2022 років, та повномасштабне вторгнення на територію України у 2022 році розповсюдженість та актуальність ВТ для нашої країни не викликає жодних сумнівів [11, 20, 209].

Окремо звертають на себе увагу ВТУ, нанесені учасникам Євромайдану під час подій 18-20 лютого 2014 року, найбільшу кількість з яких становили такі прояви вогнепальних ушкоджень, як: забої, кровотечі, поранення, спричинені еластичними кулями та кулею до "травматичної" зброї, а також свинцевою картеччю та шротом, металевою кулею 12 мм "Блондо" і т.п. [17, 65, 92, 174].

У 2022 році кількість зареєстрованих кримінальних правопорушень проти миру, безпеки людства та міжнародного правопорядку становила 62128, з яких 60387 – порушення законів та звичаїв війни (воєнні злочини), у 2023 році відповідно 62667 і 60944 [21, 28, 51].

Поширеність бойової та ВТ на території України значно більша, ніж на території інших країн Європи та світу, щорічна смертність в Україні складає від 30 до 85 тис. осіб [1, 21, 65].

Звісно, найбільшу кількість осіб, які попадають в зону ризику отримання ВТ складають військові, що обумовлено як безпосередньою участю в бойових діях так і володінням зброєю та участю в навчальних бойових заходах [36, 47, 64].

Аналіз джерел наукової інформації при проведенні АТО/ООС показав, що на сьогоднішній день в структурі ВТ на перше місце виходить травма кінцівок, на другому місці травми голови, а на третьому місці травми тулуба. При цьому саме кульові вогнепальні ушкодження займають друге місце в загальній структурі військової бойової травми [20, 53, 58, 65].

Після початку повномасштабного вторгнення на територію України окремої уваги потребує документування військових злочинів, скоєних російською федерацією на території нашої країни [21]. Одним із важливим аспектів військових злочинів є вбивства, спричинені ВЗ. Так, за наявною статистичною інформацією кількість насильницької смерті у 2022 році, в порівнянні з 2021 збільшилася приблизно в 1,5 разів, а кількість смерті від ВТУ збільшилася у 38 разів.

Статистика вогнепальних поранень в Україні внаслідок війни є вкрай тривожною і показує значний рівень травматизму серед цивільного населення та військових. Зокрема, з 24 лютого 2022 року по кінець 2023 року зафіксовано понад 18 500 випадків поранення цивільних осіб та 10 000 випадків загибелі цивільних осіб, понад 560 з яких становили діти [16, 20, 53, 68].

Довготривалість та активність бойових дій на території нашої країни обумовлює велику кількість постраждалих. Так, за іншими статистичними даними з початку повномасштабного вторгнення в період за 2022-2023 роки травми отримало близько 200 тис військових та 30 тис цивільних осіб [16, 17, 20].

Характер бойової травми постійно змінюється, це обумовлено тим, що противник застосовує всі доступні різноманітні види озброєння, окрім ядерної. Окрім того, наявне озброєння постійно вдосконалюється та розробляються нові види зброї, що зумовлює складність ведення бойових дій [65, 67].

Таке вдосконалення і створення нових видів ВЗ все частіше призводять до більш тяжких травм [8, 30, 33, 59], а також до множинних та поєднаних поранень, що в свою чергу, зазвичай, тягне за собою розвиток віддалених ускладнень та виникнення травматичної хвороби. Травматична хвороба, в свою чергу, має незадовільні результати лікування і високий відсоток летальності та інвалідизації [117, 120].

Характер, морфологія та локалізація бойової травми напряму залежить від характеру зброї, що використовується та її уражаючих чинників, а також від наявності на місці бою захисних споруд та оснащення військовослужбовців засобами індивідуального захисту [36, 50, 64].

Бойова травма наразі є дуже варіабельною і може бути як вогнепальною, так і не вогнепальною, проте саме вогнепальні ушкодження складають 63,2-73,1% серед загальної бойової травми [53, 58, 65].

Так, за даними проведених досліджень в учасників бойових дій (військовослужбовців) у період з 2015 по 2020 роки вогнепальні поранення кінцівок склали 17,2% від загальної травми, з яких найбільшу частку склали поранення колінних суглобів – 55,6%, поранення гомілковостопного суглобу – 14,4%, поранення плечового суглобу – 13,3% [36, 47, 64].

У структурі поранень кінцівок більшу частку складають поранення м'яких тканин – 78,4%, вогнепальні переломи кісток складають 21,6% [1, 181, 229].

Також було проведено дослідження чинника заподіяних ушкоджень за аналогічний період, результати показали, що переважали у цій структурі кульові поранення – 47,2%, осколкові поранення склали 44,4% [36, 64].

Наразі, для військовослужбовців типові вогнепальні поранення включають ураження кінцівок (приблизно 74% випадків) та значну кількість ампутацій. За даними медичних досліджень, понад 20 000 українців втратили кінцівки через бойові дії, що є надзвичайно важливим викликом для реабілітаційної медицини країни [1, 190].

Проблеми лікування та реабілітації після військової травми є актуальними не тільки для вітчизняних лікарів, а й для медиків найближчих країн Європи, оскільки поранених евакуюють для подальшого лікування на території більше, ніж 20 країн [37, 58, 122].

Травматичні ушкодження внаслідок вогнепальних поранень є значущим тягарем не тільки для лікарів, а ще й для системи охорони здоров'я ще й через те, що вони спричиняють значні віддалені наслідки, що значно подовжує терміни лікування та реабілітації, а в деяких випадках призводять до інвалідизації [58, 79, 81].

В Україні також спостерігається тенденція до збільшення ВТУ не тільки серед військових, але й серед цивільного населення за рахунок криміналізації суспільства, а також внаслідок нещасних випадків на полюванні, при необережному та невмілому поводженні з ВЗ, спробах суїциду тощо [39, 42, 45].

В Україні кількість випадків ВТУ серед цивільного населення поза межами зони проведення АТО/ООС за період з 2015 по 2019 рік зросла у півтори рази, що обумовлено збільшенням кількості ВЗ (переважно нелегальної) на руках у населення [2, 7, 39, 42, 73].

Враховуючи ситуацію в країні, ВТУ завдають найчастіше з метою вбивства і є розповсюдженими як серед військових, так і серед цивільного населення. Окрім того, беручи до уваги те, що використання ВЗ стало доступнішим, кількість випадків самогубств із використанням ВЗ також зросла. За статистичними даними самогубство шляхом пострілів із ВЗ входить в число найчастіших способів позбавлення життя і посідає четверте місце серед усіх можливих [45, 128].

Все вище зазначене пов'язане, в першу чергу з тим, що в Україні немає закону який би чітко регулював питання щодо осіб, які мають право на володіння ВЗ, а питання щодо контролю суб'єктів, які мають право на виробництво, зберігання та торгівлю нею залишається досить дискусійним [72, 73]. Окрім того, наразі відсутній єдиний реєстр ВЗ, а проекти законодавства, що активно обговорювали протягом 2020-2021 років так і не набули чинності [190]. Також відкритим залишається питання правового регулювання застосування ВЗ поліцейськими [9, 40, 42].

Дослідження демонструють, що контроль ВЗ та її вилучення не завжди є дієвими способами попередження вогнепальних самогубств, непоодинокими є випадки виготовлення саморобної зброї [45, 128].

Отже, наразі актуальність ВТ не викликає жодних сумнівів в усьому світі.

У США на сьогодні проблема ВТ посідає перше місце з усіх видів травматизму.

Актуальність ВТ в Україні почала значно зростати з 2014 року на Сході країни, а з 2022 року стала дуже актуальною на всій території України, що пов'язано як із безпосереднім веденням бойових дій, так і з розповсюдженістю ВЗ серед населення.

Регулювання обігу ВЗ потребує суттєвих змін в законодавстві та створення єдиного реєстру ВЗ.

Окремим важливим аспектом є розвиток тактики лікування ВТУ та подальшої реабілітації поранених.

1.2. Сучасний стан та перспективи використання новітніх технологій в судово-медичних дослідженнях вогнепальних поранень

За останні роки розвитку науково-технічного прогресу збільшилася кількість злочинів, пов'язаних із використанням провідних сучасних цифрових технологій, що змушує експертні установи та правоохоронні органи розширювати свої можливості, вдосконалювати вже існуючі методи досліджень та знаходити нові, щоб бути попереду чи принаймні не відставати у своєму прогресі від зловмисників [14, 146, 182, 244].

Сучасні темпи розвитку інформаційних технологій вимагають постійного оновлення та модернізації сфери кримінального права та його практичного аспекту – криміналістики. Розвиток комп'ютерних технологій створив нову модель злочинця з високими інтелектуальними якостями та високою технологічною грамотністю. Тому завданням криміналістики є прогнозування майбутніх правопорушень в інформаційній сфері з метою розробки методів їх своєчасного виявлення та розкриття. Крім того, її завданням є також моніторинг нових технологічних розробок, як засобів вчинення злочинів [85].

На сьогоднішній день питання СМЕ ВТУ набуває все більшої актуальності, проте методики, що використовують для дослідження ВТУ залишаються незмінними і не завжди можуть давати відповіді на поставлені перед експертами питання.

Розслідування злочинів, пов'язаних із ВТУ поділяється на декілька етапів: проведення огляду місця події та проведення судових експертиз об'єктів, що були вилучені з місця події [51].

Так, одним з методів, що набув широкого використання у практиці правоохоронних органів є 3Д сканування місця події в цілому та окремих виявлених об'єктів.

У практику закордонних правоохоронних органів перші програмні забезпечення, що були скеровані на створення графічних зображень почали впроваджувати ще в 1990-х роках [74, 113, 165].

Наразі, одним із перспективних напрямків розвитку інноваційних технологій моделювання є побудова та дослідження імітованого віртуального тривимірного (3Д) простору, який максимально нагадує оригінальний об'єкт, з метою його подальшого дослідження [193, 240].

Метод 3Д сканування, звісно, має свої переваги і недоліки. Серед переваг варто виділити наступні: можливість фіксації даним методом габаритних та складних багатодетальних об'єктів, можливість перегляду відсканованих об'єктів в різних ракурсах та масштабах, можливість обробки та деталізації об'єктів з використанням комп'ютерних програм, можливість в подальшому відтворення копій таких об'єктів шляхом друку на 3Д принтері та можливість створення динамічних моделей [74, 114, 141].

Серед недоліків варто виділити такі: високу вартість професійного обладнання для сканування та програмного забезпечення, необхідність спеціальних знань для роботи з обладнанням та спеціалізованими програмами, складність використання цих програмних комплексів, які потребують спеціальної підготовки досвідченого користувача; вузька спрямованість (неуніверсальність) у вирішенні низки завдань судових експертиз; часткова функціональна застарілість цих програмних комплексів [74, 114, 193, 240].

Існує два принципи 3Д сканування:

Лазерне 3Д сканування – це технологія, за допомогою якої вимірюється горизонтальні та вертикальні напрямки лазерного випромінювання з подальшим створенням тривимірного зображення в контурі хмари точок.

Фотограмметрія або 3D-фотосканування – сканування об'єкта шляхом використання серії фотознімків з однієї точки під різними кутами, після чого за допомогою програмного забезпечення ці знімки утворюють єдину візуалізацію об'єкта.

Особливо актуальним є комбіноване використання лазерних сканерів і цифрових камер високої роздільної здатності, що дозволяє надати лазерним сканам натуральний колір й отримати ортофото для детальних і точних вимірювань [74, 114, 141].

Основна задача 3Д сканування – це фіксація наявної важливої інформації шляхом її сканування та подальшим відтворенням у вигляді моделі, яка відображує повну та детальну картину зафіксованих обставин та слідів, що в подальшому допомагає у відповіді на питання слідства.

Належне та ретельне документування місця злочину є надзвичайно важливим для розкриття злочину, проте, цей процес часто є складним та трудомістким. Технологія 3Д-сканування дозволяє швидко отримувати високодеталізовані 3Д-моделі фізичного середовища. Останніми роками технологія 3Д-сканування все ширше використовується підрозділами з розслідування місць злочинів по всьому світу для допомоги в процесі розслідування. Ця технологія дозволяє слідчим аналізувати місця злочинів у більш пізній період часу за допомогою відсканованої 3Д-моделі [146].

Враховуючи специфіку злочинів, пов'язаних зі збройною агресією проти України, одним з найперших та основних аспектів підготовки до огляду місця події є забезпечення безпекової складової. Всі учасники огляду мають бути забезпеченими засобами індивіального захисту та проінструктовані щодо заходів особистої безпеки [21, 51, 146].

Особливої актуальності набуває також можливість дистанційного огляду місця події при розслідуванні військових злочинів, особливо масштабних ракетних атак, оскільки розповсюдженими є повторні обстріли після прибуття на місце події всіх оперативних служб (поліції, медиків, рятувальників). В такому випадку поліцейські мають можливість

дистанційно оглянути місце події шляхом залучення до огляду БПЛА та використання сканера Z+F Imager 5016 [21, 40, 240].

Методика проведення дистанційного огляду місця події також є рекомендованою для дослідження пошкоджених приміщень та будівель для запобігання можливим додатковим руйнуванням, особливо всередині масивних ангарів, сховищ тощо [3, 38].

Вже існують портативні пристрої, які можуть виконати 360-градусне сканування місця злочину за хвилини та при цьому фіксувати мільйони різних вимірів усіх об'єктів, що потрапили в зону сканування. Десятки зображень із високою роздільною здатністю створюються автоматично [85, 113, 146].

Так, наприклад, при огляді місця події цифрове сканування замінює складання схеми місця події, позбавляє експерта-криміналіста необхідності проводити заміри, оскільки вони можуть бути проведені в автоматичному режимі, а також дає можливість відтворювати та побачити дійсну форму об'єкта, що був пошкоджений за тих чи інших обставин [146].

Окрім того, такі моделі є незамінними для створення алгоритмів, що є основою для комп'ютерних симуляцій впливу вибухових осколкових пристроїв, а також можуть бути використані для розуміння характеристик зброї, проектування будівель та оптимізації засобів індивідуального захисту [80, 102].

Вже зараз широко розповсюджене сканування місця події при дорожньо-транспортних пригодах та існує можливість подальшого моделювання обставин та механізму за яких вона відбулася [146].

Хоча одним із головних недоліків даного методу є висока вартість 3Д сканерів, розвиток даного методу не стоїть на місці.

У 2020 році компанія Apple представила датчик виявлення світла і дальності (LiDAR) у своїх мобільних пристроях високого класу. У 2022 році був запущений додаток Recon-3D для iOS. Цей додаток перетворює iPhone

або iPad на 3D-сканер і спеціально орієнтований на криміналістичні програми та програми для роботи на місці події [146].

У 2023 році iPhone 13 Pro у поєднанні з додатком Recon-3D було використано для документування двох сценаріїв у приміщенні, макета місця злочину та гаража, а також сценарію на вулиці з припаркованим автомобілем. В середньому збір даних для однієї сцени зайняв менше 2 хвилин. Відомі відстані в сценах були виміряні з середньою абсолютною похибкою 0,22 см і стандартним відхиленням 0,18 см [146].

Також існує ряд програмних забезпечень, що були створені спеціально для використання поліцією США та Канади, які дозволяють створювати схеми обстановки на місці події, наносити на схему перехрестя доріг, текст, виміри та в деяких версіях навіть перетворювати 2Д знімки на 3Д моделі. Дані програми використовують на базі патрульних автомобілей поліції з можливістю передачі даних на стаціонарний комп'ютер відділку поліції для подальшої їх обробки та дослідження [85, 146, 154].

Значною перевагою даного методу є той факт, що програмне забезпечення має змогу робити повноцінне відтворення обставин у 3Д форматі зі збереженням всіх необхідних особливостей та деталей, та має змогу в подальшому переводити ці моделі у 2Д формат для створення схем та фотографій, які можуть бути долучені у друкованому вигляді до матеріалів кримінального провадження. А отже, зазначений метод дає змогу зберігати отриману інформацію як в паперовому, так і в електронному вигляді.

Однією з найважливіших задач для судово-медичної експертизи є створення моделі трупа людини в рамках огляду місця події, проте, ця задача є вкрай складною [22, 47, 145]. Складність полягає в тому, що необхідно відтворити положення трупа (положення рук, ніг, голови і т.д.), тобто, він повинен бути схожим на оригінальний об'єкт [145]. Наразі для вирішення цього питання потрібне застосування декількох програмних забезпечень одразу. В одному з них створюється безпосередньо модель трупа, або може бути використана база даних 3D Warehouse, яка містить в собі базу моделей

людських тіл в різних положеннях, яка в подальшому імпортується до іншого програмного забезпечення [145, 146].

Також у використанні в експертної служби МВС України наразі існують програми, що дозволяють відтворювати рух та взаємодію різних об'єктів (транспортних засобів, людей). Важливим є те, що ці програми дозволяють розглядати рух об'єктів у кінематичному та динамічному режимах та розраховувати зіткнення транспортних засобів при дорожньо-транспортних пригодах. Важливою перевагою програми є можливість визначення швидкості руху транспортних засобів перед зіткненням (шляхом моделювання) за відомими вихідними даними [146].

Окрім того, 3Д сканування може бути застосовано і в інших галузях криміналістичної діяльності.

Наприклад, 3Д сканування широко розповсюджено при проведенні балістичних досліджень. Ці технології використовують для створення моделей снарядів, куль тощо, і для фіксації та дослідження слідів [154, 218], що утворилися на відстріляних кулях та гільзах, а також у випадках відтворення траєкторії польоту снаряду та визначенні місця, звідки було здійснено постріл [50, 197].

Метод 3Д моделювання також широко застосовується при проведенні трасологічних експертиз, при вивченні слідів крові та відтворенні механізму їх утворення, при дослідженні відбитків взуття, протекторів шин в разі якщо малюнок є малопомітним, або слід було утворено на крихкій поверхні [218, 240].

Сліди біологічно походження, найчастіше сліди крові, відіграють значну роль у встановленні обставин подій, механізм утворення таких слідів дає відповіді на велику кількість запитань, що постають перед слідчими органами та допомагають відтворити справжню картину подій [115, 187, 250].

Широкого використання в практиці України набуло програмне забезпечення SketchUp. Використання цієї програми у 2018-2020 роках

судовими експертами Одеського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України показало гарні результати при встановленні локалізації як слідів людини (біологічних слідів), так і слідів на знаряддях та інструментах (механічного походження), а також просторово-часових та причинно-наслідкових зв'язків між об'єктами слідоутворення на етапах проведення окремих досліджень і судових експертиз [61].

Також цей метод може бути застосований при виконанні дактилоскопічних експертиз, що дає можливість створення 3Д моделей відбитків пальців та створення баз даних за такими моделями [61].

Розвиток 3Д технологій не оминув і судово-медичну галузь. Уже зараз 3Д сканування широко застосовується у судово-медичній стоматології, де за допомогою 3Д сканера створюють моделі зубів [74, 113, 218], а також не рідкими стали випадки надання доказів із використанням 3Д технологій до суду [74]. Також ця технологія застосовується для створення моделей відбитків зубів, що дає змогу для подальшого їх порівняння та зіставлення.

Ще один аспект, який поки не набув широкого використання, проте наразі активно розвивається – це створення 3Д моделі понівеченого обличчя чи обличчя невідомого трупа, або відновлення рис обличчя за формою черепа [218].

Хоча аналіз ДНК і залишається золотим стандартом ідентифікації, час та вартість на проведення роблять його не завжди доступним. Аналогова візуалізація, а саме використання КТ та 3Д моделювання та їх поєднання, є більш економічним методом і використовується судово-медичними експертами як засіб ідентифікації [47, 77, 154].

Досить часто перед судово-медичними експертами постає питання, яке вогнепальне поранення є вхідним, а яке – вихідним, а також диференціювання вхідних вогнепальних ушкоджень з іншими, не вогнепальними [67, 205]. І якщо при дослідженні свіжих та чистих ушкоджень це питання майже не викликає проблем (за виключенням нетипових), то при дослідженні гнилісно змінених або обуглених трупів

сучасні методи досліджень не завжди дають відповідь на це запитання [189, 107].

Широко використовують новітні технології і в медицині загалом. Так, наразі важко уявити стоматологію без застосування інноваційних програмних забезпечень.

Одним із прикладів є використання цифрової керованої терапії в лікуванні ендодонтичних захворювань. Концепція цифрової керованої терапії поділяється на статичну керовану ендодонтію, що вимагає ретельно розробленого шаблону, і динамічну керовану ендодонтію, яка використовує оптичну тріангуляційну систему відстеження. За допомогою програмного забезпечення створюється віртуальний шаблон, який потім перетворюється на тривимірний друк для статичної керованої ендодонтії, в той час, як система направляє траєкторію свердління за допомогою навігації в режимі реального часу для динамічної керованої ендодонтії [95].

Також 3Д сканування набуло широкого використання при плануванні створення зубних імплантів, для точного планування зменшення кісткової тканини при реконструкції на імплантатах та у створенні цифрового дизайну посмішки. При проведенні цих процедур часто виникають неточності через спотворення в області між присінком губ та зубами. Проте, звичайна деформація облямівки губ, що виникає при скануванні обличчя, була подолана шляхом застосування технології синього екрану з силіконовою матрицею, а отже, незважаючи на технічні складнощі, цей метод є ефективним [113].

Окрім того, були проведені дослідження з оцінки придатності методу потрійного сканування за допомогою зуботехнічного сканера для оцінки 3D-адаптації цирконієвих коронок. В ході проведення дослідження було визначено, що цементний проміжок був точно продубльований в наборах даних сканування. А отже, цей метод зарекомендував себе також як ефективний для використання [113].

Важко заперечити, що останніми роками значно зростає популярність судово-медичної радіології, а посмертна комп'ютерна томографія (ПМКТ) все частіше використовується з діагностичною метою, як частина протоколу віртуальної аутопсії [75, 77, 78, 83, 95].

Статистичні дані показують, що припущення про справжню причину смерті при травмі після проведеного розтину майже в 30% випадків виявляються хибними [16, 53, 106].

Проте, не до кінця вивченим залишається питання про оптимальні підходи та визначення стандартів доз опромінення при посмертній КТ, оскільки підходи дещо відрізняються від життєвих [216, 246].

Посмертна комп'ютерна томографія набуває популярності та визнання для використання разом із судово-медичними розтинами, переважно для допомоги у виявленні травматичних ушкоджень [75, 77, 78, 83, 88]. Проте, недоліками застосування цієї методики залишається неможливість диференціювати шляхом КТ дослідження посмертних та життєвих ушкоджень. Для вирішення цієї проблеми оптимальним залишається поєднання КТ та аутопсії [88, 148].

За проведеними у Швейцарії дослідженнями, серед 24 трупів з ушкодженнями, повітряна емболія була виявлена виключно при ПМКТ (67% проти 0% при розтині), куля або осколок та кісткові фрагменти діагностували частіше при ПМКТ (42%, 67% і 92%), ніж при розтині (33%, 42% і 46%) відповідно [75, 102].

Також ПМКТ має бути завжди застосована при підозрах на внутрішньомозкові кровиливи, оскільки за даними досліджень довела свою високу ефективність і дала позитивні результати у 92% [153, 206].

Окремо слід зазначити, що принципи посмертної та екстреної радіології мають спільні риси та алгоритми проведення, тому можливо припустити, що дані алгоритми в найближчому майбутньому мають бути введені і в повсякденну практику працівників екстреної медичної допомоги з метою можливого порівняння життєвих і посмертних даних [139, 142].

Також, були проведені відповідні дослідження в яких трупи були досліджені за допомогою КТ, а також проведена звичайна аутопсія. Дослідження показали, що КТ має низький рівень опису і фіксації зовнішніх тілесних ушкоджень, проте за допомогою КТ, були виявлені гази у внутрішніх порожнинах, чого не було виявлено при аутопсії [126, 134, 135].

Тож висновком даних досліджень стало те, що при розслідуванні вбивств оптимальним є поєднання аутопсії і КТ, або поєднання КТ з додатковими оптичними методами дослідження зовнішніх ушкоджень [88, 147, 148].

Окремої уваги заслуговують дослідження з ПМКТ у випадках обгорілих трупів, виявлених на місці пожежі [189]. Було проведено ПМКТ у 50 випадках смерті від пожежі, ПМКТ виконували перед проведенням аутопсії, а інтерпретацію результатів здійснювали без інформації про протоколи проведених розтинів, після чого результати порівнювали. «Теплові переломи», скорочення і руйнування кінцівок, підшкірну емфізему і посмертні скупчення газів було легше виявити за допомогою ПМКТ порівняно з розтином. Зміни внаслідок проникаючої та тупої травми, а також наявність сторонніх тіл було легко виявити за допомогою ПМКТ, так само як і при розтині. Однак ПМКТ не була успішною у виявленні ознак життєдіяльності під час пожежі, виявленні поверхневих термічних опіків та відповіді на питання про безпосередню причину смерті [37, 66].

Проте, не слід вважати ПМКТ панацею та золотим стандартом, оскільки у проведенні даного методу також існують певні обмеження та вимоги до його використання. Наприклад, у Японії, яка є однією з передових країн з проведення ПМКТ, відсоток проведення класичних аутопсій є досить низьким. Цей факт тягне за собою певний брак судово-медичної інформації, окрім того, у випадку проведення лише ПМКТ відсутній відбір зразків для додаткових методів досліджень, таких як токсикологічні, що може відповідно привести до хибних результатів [88, 148, 194].

Більше того, особливої уваги заслуговує інтерпретація результатів ПМКТ [91, 194, 246]. Так само в Японії, дані ПМКТ переважно інтерпретуються клінічним персоналом, наприклад, лікарями швидкої допомоги або клініцистами, які не пройшли відповідного навчання і працюють в поліції, тобто так званими поліцейськими лікарями [194].

Прикладами лікарських помилок в описаних дослідженнях були: посмертні зміни були помилково інтерпретовані як причина смерті; реанімаційні ефекти були помилково інтерпретовані як причина смерті; смертельні результати, спричинені зовнішніми факторами, були помилково інтерпретовані як патологічні зміни, і не смертельні результати ПМКТ були помилково інтерпретовані як смертельні [78, 246].

Нерідкими є випадки спричинення летальних тілесних ушкоджень нелетальними видами зброї [14, 78, 83, 88, 94]. Так, одне з досліджень при проведенні ПМКТ показало ушкодження скроневої кістки, 7 сторонніх тіл та значні геморагічні ушкодження при незначному обсязі зовнішніх ушкоджень [37, 66].

Також були проведення порівняльні дослідження методу аутопсії та ПМКТ. Було проаналізовано 890 випадків: 167 – із травмами від ударів тупими предметами, 63 – з дитячою травмою (до 5 років), 203 – з вогнепальними пораненнями і 457 – зі смертельними випадками від отруєння наркотиками. Чутливість для ПМКТ/розтину становила 74%/73,1% для ЧМТ, 61,5%/71,4% для дитячої травми, 84,9%/83,7% для вогнепальних поранень і 56,5%/66,4% для смертей від отруєння наркотичними речовинами. Отже, виходячи зі статистичних даних, дані методи мають приблизно однаковий діагностичний відсоток, проте в залежності від обставин справи, можуть проявити більшу ефективність [16, 19, 245].

Також існуючі дослідження в своїй більшості зосереджені на зовнішніх тілесних ушкодженнях при вогнепальній травмі, а характеристики і детальні вивчення ушкоджень внутрішніх органів лишаються поза межами уваги.

Тому для вивчення морфологічних характеристик таких ушкоджень також корисними є методики ПМКТ та ПМРТ [20, 70, 108, 229].

Окрім того, дослідження внутрішньої траєкторії кулі та розподіл фрагментів кулі всередині тіла може спростувати або підтвердити показання свідків, а також висвітлити узгодженість або неузгодженість у версіях досудового розслідування та інформацію з огляду місця події [87, 179, 234].

Вогнепальні поранення, загалом, мають чітку структуру та їх механізм є зрозумілим, проте деякі випадки можуть містити невизначені елементи, іноді відхиляючись від того, що вважається стандартом, і мати незвичайні особливості, які судово-медичним експертам і балістам важко пояснити. В таких випадках на допомогу приходять нові методи досліджень [61, 84, 176, 194].

Також існують дослідження, що порівнюють не інвазивні методи посмертної діагностики вогнепальних ушкоджень. Такі дослідження показали, що рентгенівський знімок відображав кісткові ушкодження і не давав повноцінної картини ушкоджень м'яких тканин, ультразвукове дослідження дає змогу візуалізувати лише слід ушкодження, а КТ з контрастуванням дала чудову візуалізацію в декількох площинах огляду та 3D-реконструкцію зображення; це дозволило різнобічно виміряти картину вогнепального поранення і, якщо потрібно, зібрати дані про розміри ушкоджень [75, 78, 88, 104, 107].

Також актуальності набуває використання методу КТ у судово-медичній остеології, як золотого стандарту для визначення віку у живих людей [242] та як одного з можливих методів встановлення віку за кістковими рештками [145, 157, 210].

Ще одним з аспектів використання ПМКТ за кордоном є проведення судово-медичних експертиз трупів плодів, коли з моральної точки зору батьки відмовляються від класичної процедури розтину. Проте, дані дослідження є необхідними для встановлення причин загибелі плода та тактики подальшого планування вагітності [17, 140].

Отже, розвиток науково-технічного прогресу не стоїть на місці. Новітні технології входять в повсякденну практику майже у всіх сферах людського життя та у практику науковців і практиків різних спеціальностей.

Суттєво збільшилося використання новітніх методів у медицині та зокрема у стоматології, судовій стоматології і судовій медицині.

Практичну роботу поліції і криміналістів важко уявити без застосування технологій сканування, 3Д моделювання та інноваційних комп'ютерних програм. Технології 3Д моделювання мають широке використання як при скануванні місця події так і в процесі відтворення подій, що на ньому відбулися.

Технології КТ сканування та 3Д моделювання можуть бути застосовані в багатьох напрямках судової експертизи: балістиці, дактилоскопії, трасології, ідентифікації, тощо.

Застосування методів ПМКТ і ПМРТ є корисним доповненням до процедури аутопсії, проте наразі не має можливості щодо повної заміни розтину. Тож оптимальним залишається поєднання цих методів у практичній роботі.

1.3. Використання біологічних та небіологічних імітаторів для проведення досліджень при вогнепальних пораненнях

Виконання балістичних відстрілів використовується судовими балістами, судово-медичними експертами та криміналістами для відповідей на різні питання: для відтворення обставин випадків, підтвердження або спростування версій слідства і т. п. [61, 85, 182].

Наприклад, оцінка характеристик рани та ідентифікація різних складових вогнепального пострілу під час розтину відіграють ключову роль у визначенні дистанції пострілу [6, 33, 92, 173]. Існують випадки, коли зброя або боєприпаси, використані у злочині відомі, але недоступні для криміналістичного дослідження, У таких випадках оцінка відстані пострілу

має ґрунтуватися виключно на даних вогнепальних поранень та ушкоджень на одязі [173].

Багато балістичних та криміналістичних досліджень присвячено дослідженню впливу перепон та неорганічних бар'єрів задля розуміння їх впливу на механізм утворення ушкоджень біологічних тканин. При цьому особлива увага в даних дослідженнях приділяється впливу одягу жертви на характеристики наявних в неї ушкоджень [33, 183, 233].

Проте, в балістиці та СМЕ досить невивченим залишається питання про вплив гнилісного розкладання трупних тканин на стан та характеристики куль, що виявлені всередині тіла людини [42, 43, 155].

Науковці і теоретики своїми дослідженнями можуть напряду впливати на практичну роботу спеціалістів різних напрямків, розробляючи нові та вдосконалюючи вже існуючі методи досліджень [61, 95, 231, 242].

Окрім того, теоретичні дослідження можуть бути використані для випробувань різних засобів захисту, касок, бронежилетів тощо [194, 201].

Вивчення механічних властивостей м'яких тканин тіла людини є незамінними для розуміння механізмів утворення ушкоджень, а також для комп'ютерного моделювання біологічних систем та розробки тканинних симуляторів [59, 68, 175, 233].

Для експериментальних балістичних відстрілів використовують різні моделі. Однак, ці моделі повинні точно відображати людське тіло і його гетерогенну природу, що передбачає розуміння біомеханічних властивостей різних тканин і органів [59, 68, 175].

Першим, найбільш поширеним у минулому, матеріалом для подібних досліджень був трупний матеріал. Він мав певні переваги над іншими матеріалами, такі як точне відтворення топографічних характеристик та повна відповідність за морфологічними характеристиками. Однак, наразі з точки зору біоетики, його використання вважається неприпустимим. Окрім того, є певні нюанси у змінах характеристик біологічних тканин трупа в залежності від давності настання смерті та умов зберігання тіла. Тобто,

говорити про повну аналогічність із тканинами живої людини не є можливим [22, 23, 47, 145, 191].

Другим матеріалом виступають біологічні тканини тварин, які є подібними до людських, проте також мають певні відмінності в залежності від виду тварин, анатомічної ділянки [114] та загальні відмінності фізичних властивостей. Окрім того, використання цих матеріалів також викликає питання з точки зору біоетики. Проте, шкіра та підшкірно-жирова клітковина свині досить часто використовується як імітатор людської шкіри [114].

Третім матеріалом виступають небіологічні імітатори біологічних тканин людини, які наразі набувають своєї популярності й активно розвиваються та вдосконалюються. Прикладами таких матеріалів є різноманітні желатинові розчини та балістичний пластилін. Кожен із цих імітаторів має свої недоліки і переваги.

Американські дослідження використання балістичних матеріалів для моделювання ушкоджень та аналізу дії куль активно розвиваються, особливо у військовій та криміналістичній галузях. Одним із ключових матеріалів для таких досліджень є балістичний желатин, який використовується для імітації м'яких тканин людського тіла і дозволяє досліджувати характеристики різних типів боєприпасів, наприклад, глибину проникнення та експансію куль. Такі дослідження є важливими для визначення обсягів лікування при нелетальних ушкодженнях [105, 156, 193, 204].

Завдяки своїй прозорості балістичний желатин дозволяє в реальному часі бачити всі процеси, що відбуваються в ньому в момент проникнення кулі, проте пульсуюча порожнина в даному виді імітатору є нестійкою, що не дає змоги дослідити її характеристики в повному об'ємі [105].

Желатин ретельно готують для забезпечення стандартної щільності, подібної до людських тканин, і потім використовують для проведення тестів із різними типами зброї та боєприпасів, що дозволяє досліджувати вплив кута та швидкості проникнення [198, 233, 234].

Балістичний пластилін широко використовують в наукових і практичних дослідженнях для моделювання процесу проникнення кулі і створення слідів у різних матеріалах, що імітують м'які тканини людини [105].

Завдяки своїй пластичності і здатності зберігати форму після удару, балістичний пластилін дозволяє фахівцям детально аналізувати траєкторію кулі, форму ранового каналу, а також енергію, яку втрачає снаряд під час руху [234].

Використання балістичного пластиліну в експертизах є цінним інструментом у криміналістиці, оскільки дає змогу відтворювати сценарії стрільби, досліджувати ушкодження від кулі і тестувати різні типи зброї. Окрім того, цей матеріал дає можливість розробляти стандарти для проведення судово-медичних досліджень, оцінювати вогнепальні травми і порівнювати їхні характеристики з реальними пораненнями [105, 234].

В експериментальних умовах науковці також проводять тести з використанням балістичного пластиліну для розробки нових методик дослідження балістичних ушкоджень та вдосконалення методів експертного аналізу. Це дозволяє покращити точність і надійність судово-балістичних досліджень, підвищуючи об'єктивність результатів у кримінальних справах.

Балістичні пластиліни не потребують а ні змішування з гарячою водою з подальшим охолодженням, а ні охолодження під час зберігання. Балістичний пластилін придатний для багаторазового використання, легко формується для проведення тестування чергового пострілу. Він не токсичний, не містить шкідливих для здоров'я людини та навколишнього середовища речовин.

Проте відомо, що балістичний пластилін демонструє складну термомеханічну поведінку, яка вимагає температурного кондиціонування і частих оцінок на основі експлуатаційних характеристик, щоб переконатися, що його деформаційна реакція задовольняє вимогам [149].

Більше того, хоча він призначений для оцінки ефективності балістичного захисту за відсутності перфорації, під час балістичного удару він може піддаватися дуже широкому діапазону швидкостей деформації/зсуву [105, 156].

З появою м'яких бронежилетів у 1970-х роках були розроблені методи сертифікації бронесистем, проте сучасні стандарти випробувань м'якої броні не завжди зосереджені на реалістичних граничних умовах [98, 114, 175]. Нерідкими є також випадки коли бронежилет, який був розроблений, щоб протистояти пробиванню певним снарядом, пробивається більш небезпечним снарядом. Задля вирішення питання про пробивну стійкість бронежилетів, а також вимірювання сили, що передається людському тілу при потраплянні снаряду у бронежилет, також проводять випробування з застосуванням імітаторів людських тканин для встановлення обсягів можливих ушкоджень [114, 175].

З поміж декількох глиняних композитів, пінопластів і гелів нами було обрано Roma Plastilina №1, що використовують як матеріал-свідок балістичної деформації задньої поверхні м'яких бронежилетів. Він має високу пластичність і стійкість до деформації, що дозволяє точно вимірювати втиснення (глибину проникнення) при пострілі у бронезахисні матеріали [106].

Завдяки цим характеристикам, Roma Plastilina №1 залишається стандартом для тестів, які проводять відповідно до вимог Національного інституту юстиції США (NIJ) для оцінки захисних властивостей бронежилетів [106].

Отже, існує безліч варіантів як біологічних так і не біологічних імітаторів м'яких тканин тіла людини. Всі вони мають свої переваги і недоліки.

Біологічні імітатори викликають питання з точки зору біоетики, а також мають певні особливості в залежності від топографічної локалізації та строків зберігання.

Небіологічні імітатори можуть бути використані в залежності від запиту на дослідження і мають певні особливості щодо підготовки до дослідження, зберігання матеріалу та своїх слідоутворюючих властивостей.

Таким чином, проаналізувавши вищезазначені дані, для виконання даної наукової роботи нами було обрано поєднання в експериментальній частині біологічних та небіологічних імітаторів.

Основні результати даного розділу висвітлено в наступних публікаціях:

1. **Змієвська ЮГ, Савка ІГ.** Розвиток та сучасні можливості судово-медичної діагностики виду основного травмуючого фактора при вогнепальних ушкодженнях. Клінічна та експериментальна патологія. 2020;19(1):152-9. doi: [10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.23](https://doi.org/10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.23) (**Фахове видання України**). *(Здобувач провів аналітичний огляд наукової літератури, розробку методів досліджень, написання та підготовку статті до публікації)* [26].

2. **Змієвська ЮГ, Савка ІГ.** Особливості вітчизняного розвитку можливостей судово-медичної діагностики вогнепальних ушкоджень. Судово-медична експертиза. 2021;1:3-10. doi: [10.24061/2707-8728.1.2021.1](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2021.1) (**Фахове видання України**). *(Здобувач провів аналітичний огляд наукової літератури, написання та підготовку статті до публікації)* [25].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Даний розділ дисертаційної роботи містить дані про:

- Матеріали, що були використані для дослідження;
- Характеристики створених моделей;
- Обґрунтування використання шкіри та підшкірно-жирової клітковини свині, балістичного пластиліну Roma Plastilina та альгінатних мас «Tropicalgin» та «Hydrogum 5»;
- Підготовку балістичного пластиліну Roma Plastilina до проведення досліджень;
- Умови проведення експериментальних пострілів;
- Спосіб виготовлення альгінатної маси;
- Спосіб створення моделі ранового каналу;
- Методи фотограмметрії частин ранового каналу;
- Метод створення текстурованих 3D моделей фрагментів ранового каналу та їх подальший експорт;
- Калібрування масштабу 3D моделей у графічному просторі програми «3ds max»;
- Методи статистичної обробки результатів досліджень.

Матеріалами, що використані для проведення досліджень були шкіра та підшкірно-жирова клітковина свині, балістичний пластилін Roma Plastilina та альгінатні маси «Hydrogum 5» та «Tropicalgin» (фірма «Zhermack», Італія), шкіра, підшкірно-жирова клітковина, м'язи та кістки з наявними вогнепальними ушкодженнями.

Для проведення 3D моделювання елементів ранового каналу та подальшого дослідження характеристик та розмірів вогнепальних ушкоджень всі експериментальні та практичні випадки піддавали круговій фотограмметрії з подальшою цифровою обробкою.

Дослідження складається із 5-ти серій експериментальних вогнепальних пошкоджень та практичних судово-медичних випадків.

Дизайн дослідження та почерговість їх проведення показано на рисунку 2.1.

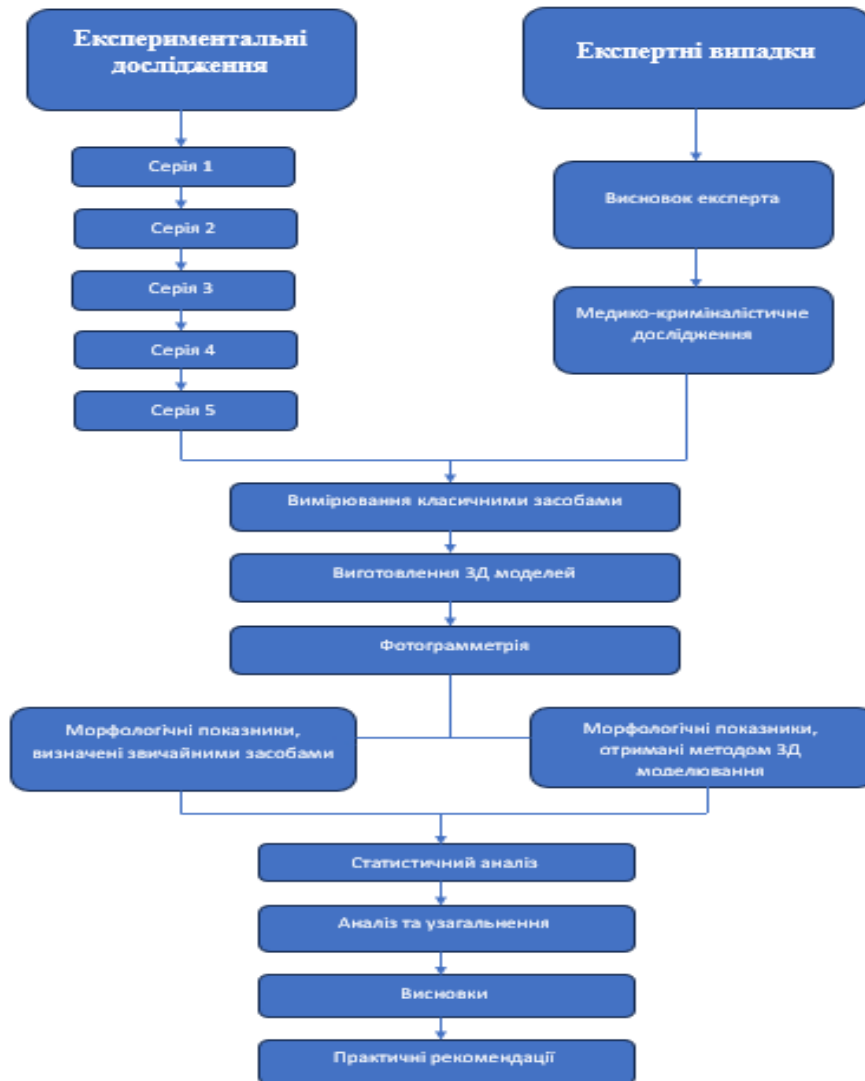


Рис. 2.1. Дизайн проведених досліджень

Проведено дослідження морфологічних особливостей 75 експериментальних і 45 практичних випадків (табл. 2.1.).

У першій серії експериментальних пострілів були використані кулі калібром 4 мм, реальний діаметр кулі складав 4,1 мм, маса кулі 0,47 г. У другій серії експериментальних пострілів були використані кулі калібром 5,6 мм, реальний діаметр кулі складав 5,7 мм, маса кулі 2,56 г. У третій серії

експериментальних пострілів були використані кулі калібром 5,45 мм, реальний діаметр кулі складав 5,7 мм, маса кулі 3,42 г. У четвертій серії експериментальних пострілів були використані кулі калібром 7,65 мм, реальний діаметр кулі складав 7,8 мм, маса кулі 4,75 г. У п'ятій серії експериментальних пострілів були використані кулі калібром 9 мм, реальний діаметр кулі складав 9,2 мм, маса кулі 6,16 г.

Вимірювання реальних діаметрів куль проводили штангенциркулем з похибкою $\pm 0,03-0,15$ см. Зважування куль виконували на лабораторних вагах типу ТВЕ-0,21-0,001-а-2.

Відстріли проводили в умовах тиру Чернівецького НДЕКЦ, за допомогою приладу для вловлювання куль із датчиком, що вимірює первинну швидкість кулі на виході з дульного зрізу ствола зброї – вимірювач балістичних характеристик (ВБХ-2000). Відстань від зброї до мішені в усіх серіях експериментів складала 1,5 м.

Таблиця 2.1

Матеріал дослідження та кількість вимірювань

№	Тип дослідження	Кількість досліджень	Кількість вимірювань ушкоджень
1	Експеримент Серія 1	15	240
2	Експеримент Серія 2	15	240
3	Експеримент Серія 3	15	240
4	Експеримент Серія 4	15	240

Продовження таблиці 2.1

№	Тип дослідження	Кількість досліджень	Кількість вимірювань ушкоджень
5	Експеримент Серія 5	15	240
6	Практичні випадки	45	720
	Загалом:	120	1920

До облікових даних кожної експериментальної карти вносили дані щодо напрямку пострілу, відстані від зброї до мішені, початкової швидкості кулі, кінетичної енергії та питомої кінетичної енергії.

Ушкодження шкіри та небіологічного імітатора тіла людини описували відповідно до загальноприйнятих судово-медичних/криміналістичних принципів: характеристики вхідної рани (розмір рани, наявність та розміри дефекту тканини, наявність та розміри кільця осаднення, наявність та розміри кільця обтирання, характеристика країв рани), вимірювання розмірів ранового каналу (на вході, в середній частині, на виході) та вимірювання довжини ранового каналу.

Відстріли проводили у глину балістичну Roma Plastilina №1, що використовується для проведення стендових балістичних випробувань за стандартами NIJ, HOSDB. Roma Plastilina №1 не токсична, не містить шкідливих для здоров'я людини та навколишнього середовища речовин. Завдяки своїй щільності і пластичності (при нагріві до відповідної температури) матеріал гарно імітує м'язові тканини людини. Розміри 1-го стандартного блоку – 140x64x76 (мм).

Глина придатна для багаторазового використання і легко переплавляється у блоки потрібних розмірів. Під час проведення

експериментів шляхом переплавлення на водяній бані при температурі 90-100 С було виготовлено блоки розмірами 16x16x12 см, які використовували для відстрілів куль різних калібрів. Кожен із блоків був вкритий шкірою свині з підшкірно-жировою клітковиною товщиною 1,8-2 см.

Після проведення відстрілів здійснювали фотографування окремо ушкоджень, що утворились на шкірі та підшкірно-жировій клітковині та окремо фотографували зовнішні ушкодження пластилінового блоку.

Задля виготовлення зліпка ранового каналу використовували альгінатні маси Tropicalgin та «Hydrogum 5» (фірма «Zhermack», Італія), які замішували за рекомендованими виробником нормами. Дана відбиткова маса відрізняється відносно короткими термінами застигання за рахунок вмісту хроматичного альгінату та високою точністю відбиткових об'єктів, що дозволяє передавати найдрібніші деталі ранового каналу.

Відбиткову масу готували одразу в одноразовому 100 мл шприці наступним шляхом: суху речовину альгінатної маси засипали у шприц без поршня мірною ложкою та додавали дистильовану воду з розрахунку 15 мл води на 1 ложку сухої речовини, після чого дерев'яною паличкою проводили замішування маси впродовж 30-45 секунд (в залежності від об'єму необхідного матеріалу), після чого вставляли в шприц поршень і під тиском заливали альгінатну масу в утворений у пластиліновому блоці рановий канал (загальний час обробки не перевищував 2 хвилини 35 секунд).

Після цього обережно, за допомогою пластикового шпателя, виконували пошарове видалення глини для отримання чистої моделі ранового каналу. Після застигання моделі ранового каналу обережно відчищали залишки балістичної глини металевим пінцетом (рис. 2.2, 2.3).



Рис. 2.2. Процес відшарування балістичної глини від зліпку ранового каналу (горизонтальна проекція)



Рис. 2.3. Процес відшарування балістичної глини від зліпку ранового каналу (вертикальна проекція)

Після отримання чистої моделі ранового каналу з альгінатної маси проводили її фотографування в умовах масштабної фотографії.

Після цього модель поміщували на обертальний столик з однотонною поверхню, з білим фоном, яку додатково освітлювали сферичними LED лампами та проводили кругову фотограмметрію за допомогою телефону Samsung S21+. Фотокамера даного телефону відповідає сучасним вимогам та дозволяє використовувати отримані фотографії для подальшого створення 3D моделей.

Спершу, проводили фотографування об'єкта під кутом 90° , тобто строго зверху. Далі телефон встановлювали на штатив однієї з LED ламп та проводили фотографування під кутом 30° із кроком зміщення 15° , та отримували 24 фотознімки. Після чого телефон переміщували під кутом 45° до об'єкта та отримували 9 фотознімків. Потім телефон знову переміщували під кутом 60° до об'єкта та отримували 15 знімків (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Приклад фотознімка 3Д моделі ранового каналу

Отримані фотознімки імпортували в оригінальному форматі (JPEG) у комп'ютерну програму «Agisoft Photoscan», де спочатку проводили вирівнювання камер та за допомогою створення масок забирали зайві елементи фону. Після чого будували щільну хмарку точок, для подальшого побудування самої моделі каналу. Після побудови моделі створювали текстури та отримували текстуровану 3D модель ранового каналу. Після отримання текстурованої моделі проводили її експорт у форматі «OBJ» для подальшого її використання у програмі «3ds max» (рис. 2.5).

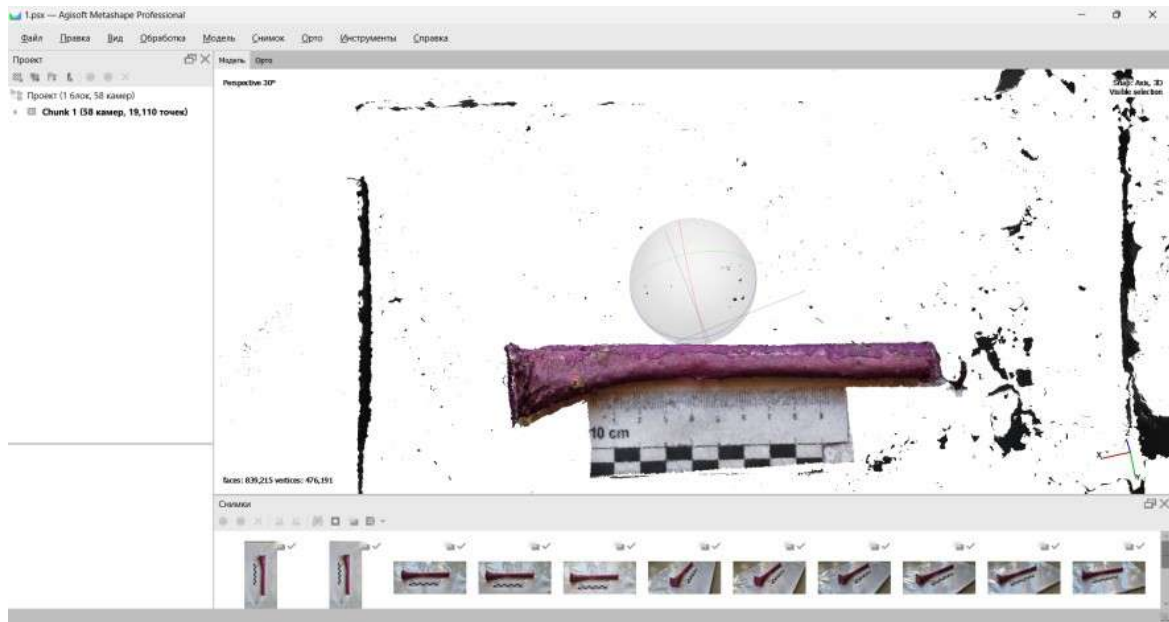


Рис. 2.5. Процес створення текстурованої 3Д моделі ранового каналу

Враховуючи той факт, що програма «Agisoft Photoscan» дозволяє виготовити якісну 3D модель ранового каналу, проте не дає можливості проводити масштабування та вимірювання розмірів цієї моделі, наступним кроком було завантаження виготовленої моделі у програму «3ds max» задля проведення масштабування та вимірювання точних розмірів отриманої моделі. Дана програма дає можливість обертати модель у всіх вісях координат та вимірювати розміри будь-яких заданих відрізків моделі, як і моделі в цілому. Ця програма, порівняно зі звичайними метричними методами досліджень (лінійка, штангенциркуль), дозволяє отримувати розміри з точністю до 0,001 см.

Така процедура була проведена з кожним із виготовлених зліпків ранового каналу. В ході експериментальної частини досліджень було отримано 75 3D моделей ранових каналів.

Експертні дослідження були підібрані з числа практичних випадків (проведених судово-медичних експертиз) відділів судово-медичної експертизи трупів та відділень судово-медичної криміналістики Чернівецького, Дніпропетровського, Харківського та Луганського обласних

бюро судово-медичної експертизи. Матеріал був зібраний у період із 2020 по 2024 роки. В період з 2020 по 2022 роки кількість випадків було не значною, а після лютого 2022 року статистика досить сильно змінилася, оскільки кількість смертей від вогнепальних поранень у 2022 році порівняно з 2021 збільшилася у 38 разів. Приблизно четверть досліджених випадків склали цивільні особи, решту випадків складали військовослужбовці.

Загалом було опрацьовано 45 експертних випадків в яких було досліджено висновки судово-медичних експертиз трупів та висновки медико-криміналістичних експертиз, а судово-медичні експертизи на базі Луганського обласного бюро судово-медичної експертизи були виконані автором самостійно.

Переважає більшість досліджених випадків була спричинена в ділянку голови та переважна більшість ушкоджень носили наскрізний характер (рис. 2.6).

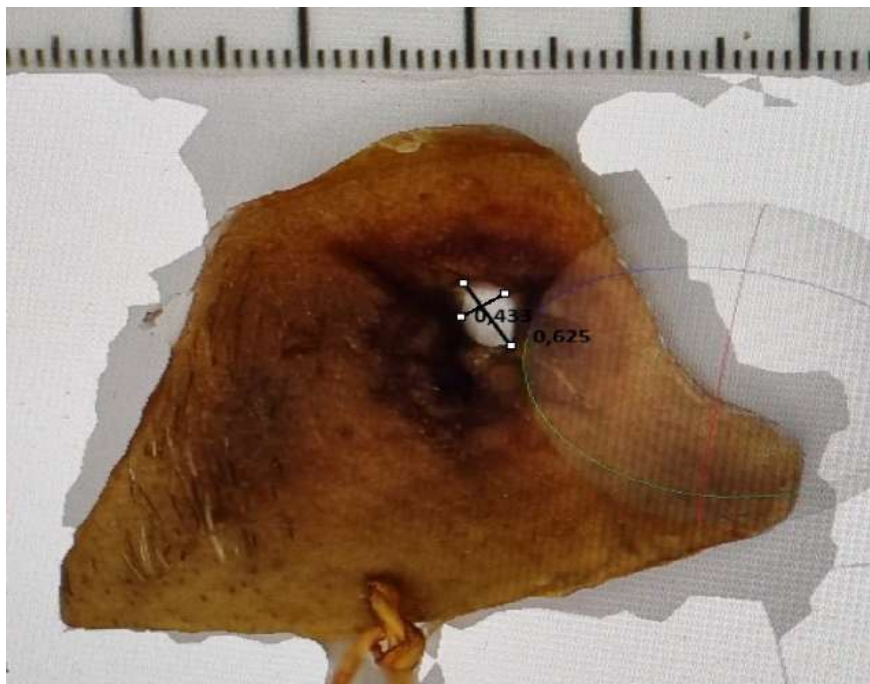


Рис. 2.6. 3Д модель вхідної вогнепальної рани голови

Перевагою описаного методу є можливість створення 3Д моделей як окремих частин ранового каналу, так і повного його відтворення в разі

потреби, що дасть змогу вивчати його особливості та морфологічні характеристики навіть після захоронення трупа. Окрім того, зазначений матеріал є стійким упродовж тривалого періоду часу.

Також перевагою є можливість створення віртуальних моделей, які не втрачають своїх властивостей, і можуть тривалий час зберігатися в електронному форматі. Окрім того, в будь-який час є можливість провести додаткові дослідження чи зіставити нові отримані факти з наявними матеріалами досліджень.

Також даний метод дає змогу без перешкод отримувати онлайн консультації та дослідження об'єкта, що є предметом судової експертизи, а також зіставляти результати, отримані при проведенні балістичних експертиз зі судово-медичними дослідженнями.

Таким чином, нами було розроблено методи дослідження ВТУ шляхом створення 3Д моделей та подальшої їх обробки для отримання відповідей на запитання, що можуть поставати перед судово-медичними експертами.

Ці методи були в подальшому застосовані при проведенні серій експериментальних та експертних досліджень.

Проведені експериментальні та експертні дослідження відповідають принципам Гельсінської декларації, прийнятої Генеральною асамблеєю Всесвітньої медичної асоціації (1964-2000 рр.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.), положенням ВООЗ, Міжнародної ради медичних наукових товариств, Міжнародного кодексу медичної етики (1983 р.) та чинному законодавству України (Протокол №1 від 19.09.2019 року та Протокол №6 від 20.02.2025 року засідань комісії з біоетики Буковинського державного медичного університету).

Проведені практичні дослідження відповідають також нормам Закону України «Про судову експертизу» від 25 лютого 1994 року, № 4038-XII, Закону України «Про поховання та похоронну справу» від 10 липня 2003 року, № 1102-IV, Кримінально процесуальному кодексу України та іншим

нормативно-правовим документам, що регламентують діяльність судово-медичної служби України та діяльність установ судових експертиз.

Кількість експериментів (у кожній серії по 15) була визначена із врахуванням мінімального допустимого значення надійності (Minimum acceptable reliability) Cronbach's alpha coefficient рівного 0,6, передбачуваного значення надійності (Expected reliability) рівного 0,95 при рівні значущості (Significance level) $\alpha=0,05$, потужності критерію (Power) 80%. Мінімальний розмір вибірки з 10% відсівом (Sample size with 10% dropout) в цьому випадку дорівнює 9.

Статистичний аналіз виконували у програмі Statistica 13.5.0.17 TIBCO Software Inc. (ZZS9990000099100363DEMO-L). Гіпотезу про нормальність розподілу величин перевіряли за критерієм Шапіро-Уїлка. Вираховували: середню арифметичну вибірки (M), її похибку (m), стандартне відхилення (SD), а також мінімальні (min) та максимальні (max) значення величин. Порівняння отриманих морфометричних параметрів вогнепального пошкодження отриманих в ручному режимі і способом 3Д моделювання було виконане з використанням критерію Манна-Уїтні (за критерієм Стюдента при експертних дослідженнях). Статистично достовірними вважали результати при $p<0,05$.

Встановлення ключових ідентифікуючих ознак кулі виконували шляхом визначення ієрархічних особливостей морфологічних параметрів основних складових частин вогнепального поранення та застосування таких високоефективних форм статистичного аналізу, як кластерного, дисперсного та регресійного статистичного аналізів.

Основні результати даного розділу висвітлено в наступних публікаціях:

1. Бачинський ВТ, **Змієвська ЮГ**, Савка ІГ. Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних ушкоджень у практиці судової медицини. Сучасні медичні технології. 2019;4(43):43-6. [doi: 10.34287/MMT.4\(43\).2019.8](https://doi.org/10.34287/MMT.4(43).2019.8)

(Українське видання яке індексується БД Scopus, Q4) *(Здобувач провів аналітичний огляд наукової літератури, написання та підготовку статті до публікації)* [4].

2. Савка ІГ, **Змієвська ЮГ**. Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних ушкоджень, як один з інноваційних методів судової експертизи. В: Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Актуальні питання криміналістики та судової експертизи; 2020 Лис 19; Київ. Київ; 2020, с. 50-2. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, підбір матеріалів для досліджень, написання та підготовку тез до публікації)*.

3. **Zmiievska YG**. Possibilities of the multidimensional remodeling during forensic-medical examination of gunshot injuries. В: Матеріали 102-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу БДМУ; 2021 Лют 08, 10, 15; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2021, с. 18-9. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, підбір матеріалів для досліджень, написання та підготовку тез до публікації)*.

4. **Змієвська ЮГ**. Переваги використання методу тривимірної просторової реконструкції вогнепальних тілесних ушкоджень в практиці судово-медичних експертів В: Матеріали 103-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету; 2022 Лют 07, 09, 14; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2022, с. 25-6. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, підбір матеріалів для досліджень, аналіз можливостей використання обраних методів експериментальних досліджень у практичній роботі, написання та підготовку тез до публікації)*.

5. **Змієвська ЮГ**. Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних тілесних ушкоджень м'яких тканин тіла людини (експериментальні дослідження). В: Матеріали 104-ї підсумкової наук.-практ.

конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету; 2023 Лют 06, 08, 13; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2023, с. 24. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, експериментальну частину досліджень з використанням біологічних та небіологічних імітаторів тіла людини, написання та підготовку тез до публікації).*

6. **Змієвська ЮГ, Савка ІГ, Бизер АР.** Впровадження тривимірної просторової реконструкції у процес судово-медичного дослідження вогнепальних ушкоджень, спричинених з автоматичної кульової зброї середнього калібру. В: Матеріали міжвідомчого наук.-практ. семінару Стан і напрями вдосконалення експертних досліджень вогнепальної зброї та слідів її застосування в умовах російсько-української війни; 2024 Жов 03-04; Київ. Київ; 2024. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах кулями середнього калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку тез до публікації).*

РОЗДІЛ 3

ВСТАНОВЛЕННЯ ІДЕНТИФІКУЮЧИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СНАРЯДІВ ДО ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ РІЗНОГО КАЛІБРУ ШЛЯХОМ ТРИВИМІРНОЇ ПРОСТОРОВОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН РАНОВОГО КАНАЛУ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Враховуючи аналіз існуючої картини судово-медичних експертиз ВТ, встановлено, що в більшості випадків проводиться експертиза ушкоджень, спричинених із невстановленої зброї, а відповідно і кулями невідомого калібру.

У зв'язку з чим для проведення експериментальної серії досліджень було обрано різні види вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками, і відповідно різний калібр куль, (патрони типу «Флобер», дрібнокаліберні, середньокаліберні та крупнокаліберні.

Усі 5 серій експериментальних досліджень були послідовно проведені на базі Чернівецького науково-дослідного експертно-криміналістичного центру на стандартизованому пристрої для відстрілу різних зразків зброї, обладнаному реєстратором швидкості польоту снаряду (вимірювачем балістичних характеристик) ВБХ-2020. Відстань до мішені була незмінною у всіх експериментальних серіях і складала 1,5 м.

В кожену серію експериментів було включено 15 експериментальних відстрілів. Кількість експериментів в серії ($n=15$) була визначена із врахуванням мінімального допустимого значення надійності (Minimum acceptable reliability) Cronbach's alpha coefficient рівного 0,6, передбачуваного значення надійності (Expected reliability) рівного 0,95 при рівні значущості (Significance level) $\alpha=0,05$, потужності критерію (Power) 80%. Мінімальний розмір вибірки з 10% відсівом (Sample size with 10% dropout) в цьому випадку дорівнює 9.

Методи подальшого дослідження відстріляного матеріалу, алгоритми створення 3Д моделей ушкоджень та методики дослідження їх морфологічних характеристик були описані у розділі 2.

3.1. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених зі зброї, наближеної до вогнепальної за своїми характеристиками та спорядженої патронами «Флобер» (1-ша серія експериментальних досліджень)

На початковому етапі проведення наших експериментальних досліджень 1-шу серію пострілів провели з допомогою револьверу для відстрілу патронів «Флобера», кулі при пострілах з яких володіють невеликою початковою кінетичною та питомою енергією. Це дозволило нам здобути вихідні дані для оцінки залежності довжини ранового каналу від виду використаної зброї, морфометричних параметрів на різних його відтинках, спланувати умови проведення наступних серій експериментів тощо.

В якості зразка зброї для відстрілу патронів «Флобер» було використано револьвер KESERU MUVEK.

Постріли виконували стандартними без оболонковими кулями, калібром 4 мм, реальний діаметр кулі при вимірюванні складав 4,1 мм, маса кулі 0,47 г. Початкова швидкість кулі при пострілах становила $103,6(\pm 2,26)$ м/с., зі значеннями кінетичної та питомої енергії кулі $2,539(\pm 0,11)$ Дж і $0,193(\pm 0,009)$ Дж/мм² у середніх їх значеннях відповідно (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1

Фізичні параметри пострілу зі зброї, наближеної до вогнепальної за своїми характеристиками (n=15)

	Середнє значення (SD)	Мінімальне значення	Максимальне значення	Похибка середньої
Діаметр кулі	0,41	0,41	0,41	0
Маса кулі	0,47	0,47	0,47	0
Початкова швидкість	103,6 (8,76)	91	121	2,26
Кінетична енергія	2,539 (0,44)	1,946	3,44	0,11
Питома енергія	0,193 (0,03)	0,15	0,26	0,009

Слід зазначити, що в даній серії досліджень вимірювання класичними методами показали однаковий результат в усіх 15 випадках за всіма вимірюваними показниками, в той час як вимірювання методом 3Д моделювання відобразили коливання розмірів вхідної рани та її складових, а також розмірів ранового каналу.

Окремо при дослідженні ранових каналів утворених в даній серії випадків увагу привернув той факт, що при дослідженні класичними методами всі параметри ранового каналу були меншими за розміром порівняно з реальним діаметром кулі, при дослідженні методом 3Д моделювання розміри вхідної рани і діаметр ранового каналу на вході були меншими за реальний діаметр кулі в усіх випадках, а діаметр середньої частини ранового каналу та діаметр ранового каналу на виході в деяких випадках були навіть більшими за реальний діаметр кулі (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Морфологічні особливості експериментальних пошкоджень
при пострілах із револьверу, спорядженого патронами Флобер (n=15)**

Показник, одиниці вимірювання	Класичний спосіб			На 3Д моделі			P (Mann-Whitney test)
	Mean (SD)	Min	Max	Mean (SD)	Min	Max	
Діаметр входної рани, см	0,3 (0)	0,3	0,3	0,322 (0,006)	0,314	0,334	0,0001
Розміри дефекту (мінус тканина), см	0	0	0	0,1 (0,01)	0,09	0,11	-
Розміри кільця обтирання (осаднення), см	0,1 (0)	0,1	0,1	0,14 (0,03)	0,11	0, 21	0,001
Діаметр ранового каналу в початковій частині, см	0,3 (0)	0,3	0,3	0,327 (0,007)	0,317	0,342	0,0001
Діаметр ранового каналу в середній частині, см	0,4 (0)	0,4	0,4	0,399 (0,024)	0,331	0,434	0,8
Діаметр ранового каналу на виході, см	0,4 (0)	0,4	0,4	0,405 (0,012)	0,374	0,424	0,1

Дані таблиці 3.2 також вказують на рівномірність та лінійність ранового каналу в більшості випадків, тобто при пострілах з даного виду зброї патронами «Флобер» явище «пульсуючої порожнини» не відмічалось, а ушкодження було спричинені безпосередньою пробивною силою кулі. (рис. 3.1)

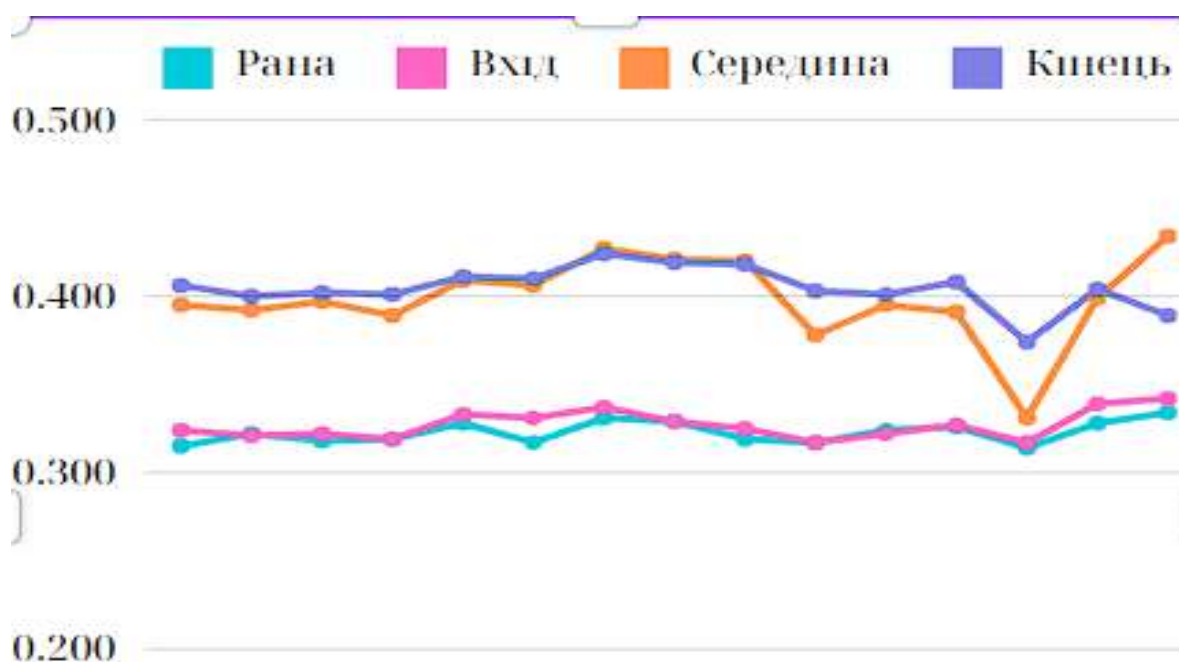


Рис. 3.1. Коливання розмірів складових частин ранового каналу

Всі утворені ушкодження мали сліпий характер (середня довжина ранового каналу – $1,719 \pm 0,04$ см), тобто куля в усіх експериментальних випадках першої серії залишилася у товщині підшкірно-жирової клітковини, а пластиліновий блок був неушкодженим (рис. 3.2). Ці дані мають практичну значущість і вказують на той факт, що при дотриманні умов експерименту з даного виду зброї спричиняються непроникаючі тілесні ушкодження.



Рис. 3.2. Фотографія кулі в підшкірно-жировій клітковині

Вхідні рани в усіх випадках мали округлу форму та незначний дефект тканини, а діаметр вхідної рани був в 1,36 разів меншим, ніж діаметр кулі при вимірюванні стандартними методами і в 1,27 разів при вимірюванні 3Д, пасочки осаднення та обтирання були наявні, краї рани були відносно рівні (рис.3.3.а, 3.3.б).

При дослідженні вимірів діаметру різних частин ранового каналу було встановлено, що діаметр початкової частини ранового каналу в підшкірно-жировій клітковині при дослідженні класичними методами відповідав розміру вхідної рани у всіх випадках, відповідно також був меншим за діаметр кулі в 1,36 разів, а при дослідженні 3Д методом виміри відрізнялися, і діаметр був менший за діаметр кулі в 1,25 разів.

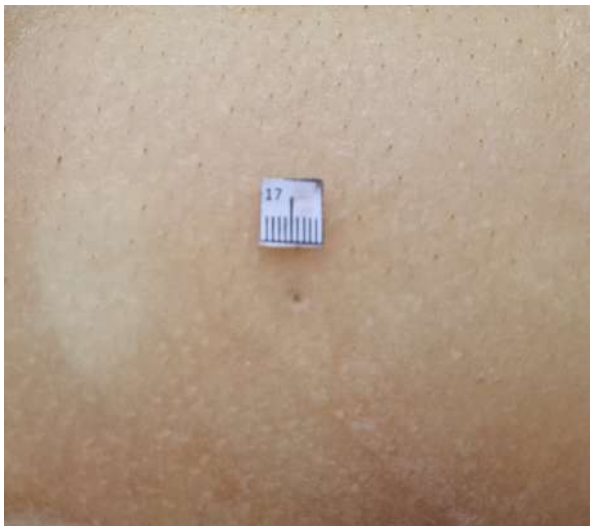


Рис. 3.3.а. Фотографія вхідної рани



Рис. 3.3.б. 3Д модель вхідної рани

Також, привертає увагу на себе той факт, що при статистичній обробці та вимірюванні класичними методами будь-які кореляційні зв'язки встановлені не були. А вимірювання методом 3Д моделювання дозволило встановити певні кореляційні зв'язки.

Так, за допомогою інструментів статистичної обробки результатів були встановлені прямі середньої сили кореляційні зв'язки між початковою швидкістю кулі та діаметром ранового каналу в його середній частині ($r=0,63$) та діаметром вхідної рани ($r=0,78$).

Прямий сильний кореляційний зв'язок ($r=0,79$) був виявлений між початковою швидкістю кулі та довжиною ранового каналу.

Відповідно прямі середні та сильні кореляційні зв'язки (від 0,61 до 0,79) відмічались між кінетичною і питомою енергією та довжиною ранового каналу, його діаметром у початковій, середній частині й діаметром вхідної рани, виміряними у процесі їх 3Д моделювання.

Також прямий сильний кореляційний зв'язок відмічався між діаметром вхідної рани та діаметром початкової частини ранового каналу ($r=0,8$), а середній прямий зв'язок було встановлено між діаметром вхідної рани та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,68$) та його довжиною ($r=0,6$).

Сильні та середні кореляційні зв'язки були встановлені між розміром кільця обтирання та довжиною ранового каналу ($r=0,77$), діаметром початкової частини ранового каналу ($r=0,73$) та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,55$).

Середні та сильні кореляційні зв'язки були встановлені між діаметром початкової частини ранового каналу та довжиною ранового каналу ($r=0,73$), та його діаметром у середній частині ($r=0,71$).

Середні кореляційні зв'язки встановлені між діаметром середньої частини ранового каналу та його довжиною ($r=0,62$) та діаметром у його кінцевій частині ($r=0,68$).

Висновки до підрозділу 3.1: при пострілах зі зброї, за своїми характеристиками наближеної до вогнепальної, через їхню невелику початкову швидкість, низькі кінетичну й питому енергії виникають сліпі ранові канали, які здебільшого закінчуються у підшкірній жировій клітковині.

При цьому діаметр вхідної вогнепальної рани та ранового каналу в початковій його частині були в 1,3 рази менші, ніж діаметр самої кулі.

Довкола вхідної вогнепальної рани формувалися вузькі пасочки обтирання (осаднення) до 0,21 см із відсутністю, або незначним дефектом тканини (0,1 см).

Безпосередньо рановий канал у таких випадках набирав циліндричної форми з незначним розширенням в кінцевій його частині, який за розмірами практично відповідав діаметру самої кулі (до 0,43 см).

За допомогою інструментів статистичної обробки результатів була встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та довжиною ранового каналу, його діаметром у початковій і середній частинах й діаметром вхідної рани, виміряними у процесі їх 3Д моделювання ($r=0,61-0,79$) при ($p \leq 0,05$).

3.2. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених із гвинтівки ТОЗ-8, спорядженої патронами калібру 5,6 мм. (2-га серія експериментальних досліджень)

Друга серія досліджень була присвячена дослідженню вже власне вогнепальної зброї, спорядженої патронами калібру 5,6 мм, проте такої, яка створює відносно невелику початкову швидкість кулі.

В якості зразка зброї для відстрілу патронів калібру 5,6 мм було використано гвинтівку ТОЗ-8.

Постріли виконували стандартними оболонковими кулями, калібром 5,6 мм, реальний діаметр кулі при вимірюванні складав 5,7 мм, маса кулі – 2,56 г. Початкова швидкість кулі при пострілах становила 309,2 ($\pm 3,7$) м/с, зі значеннями кінетичної та питомої енергії кулі 122,62 ($\pm 2,86$) Дж і 4,807 ($\pm 0,11$) Дж /мм² у середніх їх значеннях відповідно (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Фізичні параметри пострілу з гвинтівки ТО3-8 (n=15)

	Середнє значення (SD)	Мінімальне значення	Максимальне значення	Похибка середньої
Діаметр кулі	0,57	0,57	0,57	0
Маса кулі	2,56	2,56	2,56	0
Початкова швидкість	309,2 (14,354)	280	325	3,7
Кінетична енергія	122,62 (11,078)	100,352	135,2	2,86
Питома енергія	4,807 (0,434)	3,935	5,301	0,11

Слід зазначити, що в даній серії експериментів вимірювання класичними методами показали однаковий результат вимірів вхідної рани та поєднаних з нею морфологічних ознак, а розміри різних частин ранового каналу вже мали деякі відмінності. В свою чергу вимірювання методом 3Д відображали коливання розмірів як діаметру вхідної рани з її атрибутами так і коливання розмірів окремих частин ранового каналу.

Також привернув увагу той факт, що в даній серії розміри вхідної рани, діаметр ранового каналу на вході були меншими за реальний діаметр кулі в усіх випадках та при вимірюванні як класичними методами, так і методом 3Д, а діаметр середньої частини ранового каналу та діаметр ранового каналу на виході були більшим за реальний діаметр кулі як при вимірюванні стандартними методами, так і при вимірюванні методом 3Д (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Морфологічні особливості експериментальних пошкоджень
при пострілах із гвинтівки, спорядженої патронами калібру 5,6мм. (n=15)**

Показник, одиниці вимірювання	Класичний спосіб			На 3Д моделі			P (Mann- Whitney test)
	Mean (SD)	Min	Max	Mean (SD)	Min	Max	
Діаметр вхідної рани, см	0,4 (0)	0,4	0,4	0,457 (0,025)	0,408	0,490	0
Розміри дефекту (мінус тканина), см	0,1 (0)	0,1	0,1	0,152 (0,015)	0,120	0,170	0
Розміри кільця обтирання, см	0,1 (0)	0,1	0,1	0,173 (0,018)	0,150	0,200	0
Діаметр ранового каналу в початковій частині, см	0,41 (0,03)	0,4	0,5	0,431 (0,025)	0,388	0,488	0,01
Діаметр ранового каналу в середній частині, см	3,52 (0,17)	3,2	3,8	3,533 (0,171)	3,217	3,845	0,83
Діаметр ранового каналу на виході, см	1,27 (0,11)	1,1	1,4	1,295 (0,106)	1,123	1,447	0,49

Дані таблиці 3.4 вказують на нерівномірність та хвилюподібне утворення ранового каналу (значне його розширення в середній частині) в усіх досліджених випадках, тобто при пострілах із даного виду зброї патронами калібру 5,6 мм вже відмічається добре виражене явище

«пульсуючої порожнини», а отже відносно невелика початкова швидкість кулі виявилась достатньою для утворення зазначеного ефекту (рис. 3.4).

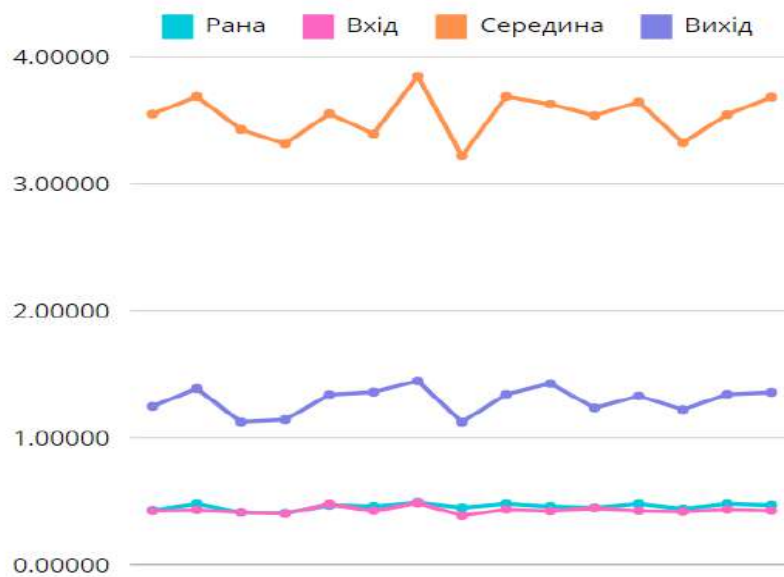
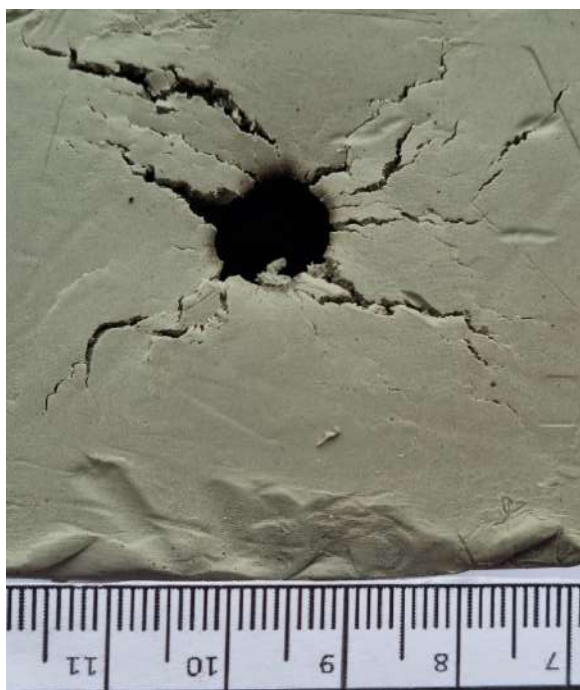


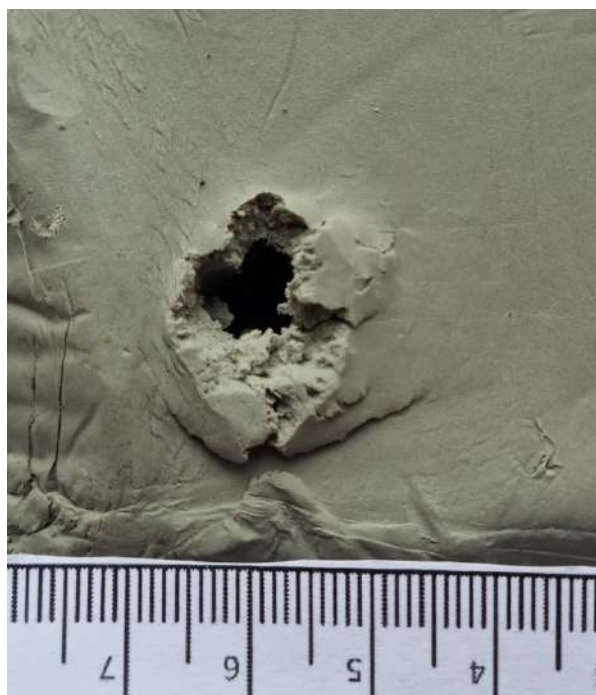
Рис. 3.4. Коливання розмірів складових частин ранового каналу

Всі утворені пошкодження мали наскрізний характер (довжина ранового каналу була більшою за 16 см в усіх випадках), тобто куля в усіх експериментальних випадках другої серії пройшла навиліт через товщину балістичного блоку (рис. 3.5.а, 3.5.б). Ці дані мають практичну значущість і вказують на той факт, що при дотриманні умов експерименту з даного виду зброї кулі з відомими фізичними параметрами спричиняють проникаючі тілесні ушкодження, які можуть заподіяти значну шкоду здоров'я та бути небезпечними для життя.

Окремо звертає на себе увагу той факт, що при дослідженні початкової частини ранового каналу (вхідного отвору у пластиліновому блоці) були встановлені додаткові розриви (промені), які радіально розходилися від отвору і були довжиною від 0,7см до 1,6см, що також свідчить про елементи розривної дії кулі.



**Рис. 3.5.а. Вхідна частина
ранового каналу**



**Рис. 3.5.б. Вихідна частина
ранового каналу**

Виходячи з даних таблиці 3.4 середній діаметр вхідної рани становив 0,4 см (0,457 (0,025) см при 3Д моделюванні), ранового каналу в середній частині – 3,52 (0,166) см (3,533 (0,171) см при 3Д моделюванні). Середній діаметр вихідного ушкодження склав 1,27 (0,111) см (1,295 (0,106) при 3Д моделюванні).

Рани, як і в попередній серії, були округлої форми, краї ран були нерівними, дрібно фестончастими, дефект тканини складав 0,1 см (0,152(0,015) см при 3Д моделюванні), був наявний незначний пасок обтирання 0,1 см (0,173 (0,018) см при 3Д моделюванні) (рис. 3.6.а, 3.6.б).

Діаметр вхідної рани при дослідженні стандартними методами був в 1,43 рази меншим, ніж реальний діаметр кулі, і в 1,25 разів менший при вимірюванні методом 3Д.

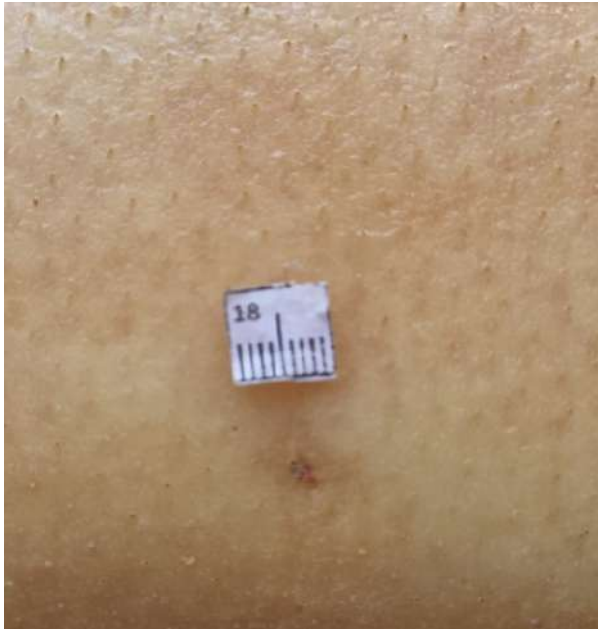


Рис. 3.6.а. Фотографія вхідної рани



Рис. 3.6.б. 3Д модель вхідної рани

У цьому випадку діаметр початкової частини ранового каналу визначали у місці входу кулі у пластиліновий блок, і він був в 1,4 рази меншим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 1,29 разів менший при дослідженні методом 3Д. А діаметр середньої частини ранового каналу був в 8,59 разів більшим, ніж реальний діаметр кулі при дослідженні класичними методами, і в 8,63 більшим при дослідженні 3Д. Діаметр вихідної частини ранового каналу був в 3,09 рази більшим ніж реальний діаметр кулі при дослідженні класичними методами і в 3,16 більшим при дослідженні 3Д.

Виходячи з даних рисунку 3.4 видно, що діаметр середньої частини ранового каналу був більшим, ніж діаметр вхідної рани у 8,8 разів (у 8,5 при вимірюванні 3Д), більшим за діаметр початкової частини ранового каналу у 8,7 разів (у 8,2 при вимірюванні 3Д) та у 2,8 разів (у 2,7 при вимірюванні 3Д) більшим, ніж діаметр вихідної частини ранового каналу (рис. 3.7).

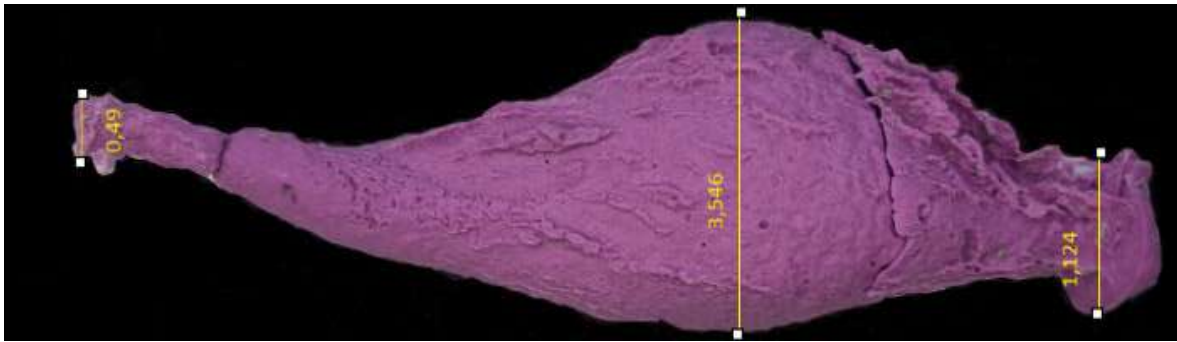


Рис. 3.7. 3Д модель ранового каналу (бічна проекція)

В даній серії експериментів кореляційний аналіз також відобразив прямі сильні кореляційні зв'язки між початковою швидкістю кулі та діаметром вхідної рани ($r=0,88$), дефектом тканини ($r=0,76$), та кільцем обтирання ($r=0,72$) при вимірюванні методом 3Д. При вимірюванні класичними методами кореляційні зв'язки встановлені не були.

Також були встановлені прямі середні кореляційні зв'язки між початковою швидкістю кулі та діаметром вхідної частини ранового каналу ($r=0,52$), діаметром ранового каналу в середній його частині ($r=0,53$) та діаметром на виході ($r=0,65$ при класичних вимірюваннях та $r=0,68$ при вимірюванні 3Д).

Відповідно прямі сильні кореляційні зв'язки були встановлені між кінетичною та питомою енергіями (від 0,72 до 0,88) та діаметром вхідної рани, дефектом тканини, та кільцем обтирання при вимірюванні методом 3Д. При вимірюванні класичними методами кореляційні зв'язки також встановлені не були.

А також були встановлені прямі середні кореляційні зв'язки між кінетичною та питомою енергіями (від 0,52 до 0,68) та діаметром вхідної частини ранового каналу, діаметром ранового каналу в середній його частині та діаметром на виході.

Прямі сильні та середні кореляційні зв'язки були встановлені між діаметром вхідної рани 3Д та вхідною частиною ранового каналу ($r=0,57$), діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,65$ при класичних

вимірюваннях, та $r=0,71$ при вимірюванні 3Д), діаметром вихідної частини $r=0,83$, розміром дефекту тканини ($r=0,75$), та діаметром кільця обтирання ($r=0,85$).

Прямі середньої сили кореляційні зв'язки були встановлені між діаметром початкової частини ранового каналу 3Д та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,61$ при класичних вимірюваннях та $r=0,69$ при вимірюваннях 3Д), діаметром вихідної частини ранового каналу ($r=0,55$ при класичних вимірюваннях та $r=0,63$ при вимірюваннях 3Д) та діаметром кільця обтирання при вимірюванні 3Д ($r=0,58$).

Також прямі сильні кореляційні зв'язки були виявлені між діаметром середньої частини ранового каналу 3Д та діаметром вихідної частини ранового каналу ($r=0,71$ при класичних вимірюваннях та $r=0,81$ при вимірюваннях 3Д). та розміром кільця обтирання ($r=0,73$).

Сильний прямий кореляційний зв'язок був виявлений між діаметром вихідної частини ранового каналу та розміром кільця обтирання ($r=0,79$).

Середній прямий кореляційний зв'язок був виявлений між діаметром вихідної частини ранового каналу та розміром дефекту тканини ($r=0,68$).

Висновки до підрозділу 3.2: в даній серії досліджень всі ранові канали носили наскрізний характер відносно довжини пластилінового блока і були довшими, ніж 16 см.

Діаметр вхідної рани та початкової частини ранового каналу були меншими, ніж реальний діаметр кулі (в 1,3 рази), а діаметр середньої та вихідної частин ранового каналу були значно більші ніж реальний діаметр кулі.

В усіх випадках були встановлені дефект тканини ($0,152 \pm 0,004$ в середньому значенні) та наявність кільця обтирання ($0,17 \pm 0,005$ в середньому значенні).

Рановий канал мав хвилеподібну форму, мав найменший розмір у своїй початковій частині, найбільший у середній частині (у 8,2 рази більший, ніж на початку) та проміжний на виході (у 2,7 рази більший, ніж на вході).

За допомогою інструментів статистичної обробки результатів була встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та діаметром ранового каналу у початковій ($r=0,52-0,53$), середній ($r=0,53-0,54$) і кінцевій ($r=0,68$) частинах й діаметром вхідної рани ($r=0,88$), розміром дефекту тканини ($r=0,76$) та розміром кільця обтирання ($r=0,72-0,73$), виміряними у процесі їх 3Д моделювання.

3.3. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених із АКС-74У спорядженого патронами калібру 5,45 мм. (3-тя серія експериментальних досліджень)

Третя серія досліджень була присвячена дослідженню вогнепальної зброї, спорядженої патронами калібру 5,45 мм, яка має досить високу початкову швидкість кулі, а відповідно й куля володітиме високою кінетичною енергією.

В якості зразка зброї для відстрілу патронів калібру 5,45 мм було використано автомат АКС-74У, як зразок зброї із середньою довжиною ствола.

Постріли виконували стандартними оболонковими кулями, калібром 5,45 мм, реальний діаметр кулі при вимірюванні складав 5,7 мм, маса кулі – 3,42 г. Оболонка кулі виготовлена з міді (купруму), сердечник – зі свинцю (плюмбуму). Початкова швидкість кулі при пострілах становила $743(\pm 0,92)$ м/с, зі значеннями кінетичної та питомої енергії кулі $944,02(\pm 2,34)$ Дж і $37,04 (\pm 0,08)$ Дж /мм² у середніх їх значеннях відповідно (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Фізичні параметри пострілах з автомата АКС-74У (n=15)

	Середнє значення (M) (SD)	Мінімальне значення (min)	Максимальне значення (max)	Похибка середньої, m
Діаметр кулі	0,57	0,57	0,57	0
Маса кулі	3,42	3,42	3,42	0
Початкова швидкість	743 (3,566)	735	749	0,92
Кінетична енергія	944,024 (9,055)	923,785	959,312	2,34
Питома енергія	37,037 (0,307)	36,573	37,613	0,08

В даній серії експериментів вимірювання вхідної рани класичними методами також показали однаковий результат в усіх випадках, проте вже відмічали різницю у вимірюваннях атрибутів вхідної рани (дефект тканини та пасок осаднення), а також коливання складових частин ранового каналу на всьому його протязі. В свою чергу вимірювання методом 3Д відображали коливання у розмірах всіх досліджуваних показників.

В даній серії також було відмічено, що розміри вхідної рани були меншими, ніж реальний діаметр кулі в усіх випадках, як при дослідженні класичними методами так і при вимірюваннях методом 3Д. Діаметр вхідної частини ранового каналу в деяких випадках був меншим, а в деяких більшим, ніж реальний діаметр кулі при дослідженні всіма використаними методами. У той же час діаметр середньої та вихідної частин ранового каналу був завжди більшим, ніж реальний діаметр кулі (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Морфологічні особливості експериментальних пошкоджень
при пострілах з автомата, спорядженого патронами калібру 5,45 мм
(n=15)**

Показник, одиниці вимірювання	Класичний спосіб			На 3Д моделі			P (Mann-Whitney test)
	Mean (SD)	Min	Max	Mean (SD)	Min	Max	
Діаметр входної рани, см	0,5 (0)	0,5	0,5	0,539 (0,01)	0,520	0,559	< 0,0001
Розміри дефекту (мінус тканина), см	0,11 (0,04)	0,1	0,2	0,138 (0,01)	0,120	0,155	0,013
Розміри кільця обтирання, см	0,13 (0,05)	0,1	0,2	0,257 (0,020)	0,23	0,29	< 0,00010
Діаметр ранового каналу в початковій частині, см	0,51 (0,03)	0,5	0,6	0,543 (0,017)	0,521	0,585	0,0001
Діаметр ранового каналу в середній частині, см	8,42 (0,22)	8,1	8,8	8,473 (0,193)	8,125	8,779	0,486
Діаметр ранового каналу на виході, см	3,31 (0,20)	3,0	3,7	3,341 (0,182)	3,047	3,725	0,688

Дані таблиці 3.6 вказують на не лінійний та хвилеподібний вид утворення ранового каналу (найбільше розширення в середній частині) в усіх досліджуваних випадках. Отже, при пострілах з автомата патронами калібру 5,45 мм відмічається найбільш виражене утворення явища «пульсуючої порожнини», що може свідчити про залежність даного явища від початкової швидкості кулі, оскільки в даній серії експериментів початкова швидкість була найбільшою з усіх проведених експериментальних серій (рис. 3.8).

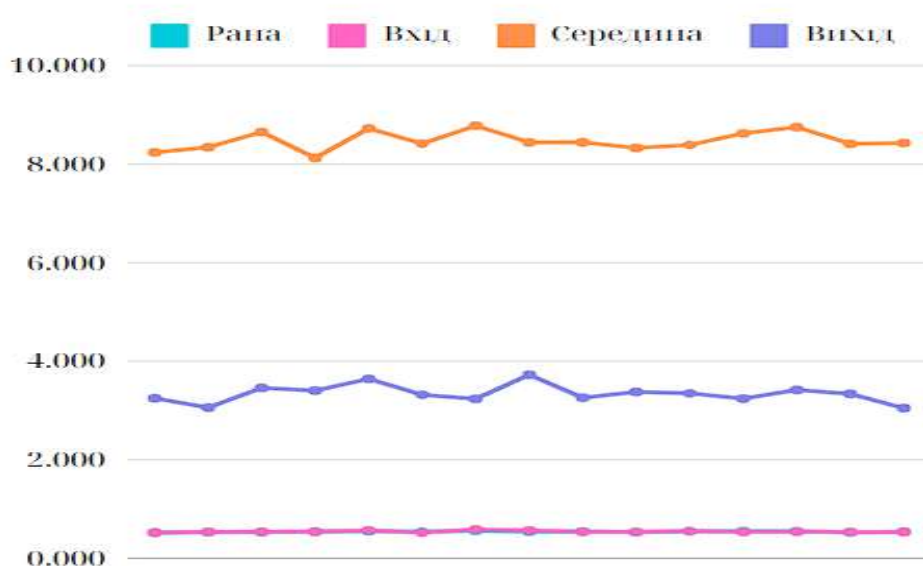


Рис. 3.8. Коливання розмірів складових частин ранового каналу

У цій серії досліджень всі пошкодження мали наскрізний характер (довжина ранового каналу була більшою, ніж 16 см в усіх випадках), тобто куля в усіх експериментальних випадках третьої серії пройшла на виліт через всю товщину балістичного блоку.

Окремо слід зазначити, що протягом всієї довжини ранового каналу у верхній частині блока відмічали додаткові його пошкодження у вигляді множинних розтріскувань та викришування (відсутності) частини балістичного пластиліну (рис. 3.9.а, 3.9.б). Ці дані свідчать про те, що при дотриманні стандартних умов експерименту, куля калібру 5,45 мм має велику пробивну та розривну дії, що може зумовлювати великий обсяг внутрішніх тілесних ушкоджень при відносно невеликих зовнішніх ушкодженнях. Це може свідчити про те, що навіть за дуже короткий проміжок часу під час якого куля проходить через тіло людини і формує безпосередню зону ранового каналу (некрозу), у внутрішніх органах, тканинах, достатньо віддалено від неї (від кількох см до десятків) можуть формуватися порушення їх структури через вторинний молекулярний струс та віддалені вторинні тріщини, що безсумнівно чинитиме різкий негативний вплив на

їхній функціональний стан, призводити до розладів здоров'я чи летальних наслідків.



**Рис. 3.9.а. Верхня частина
пластилінового блока**



**Рис. 3.9.б. Вихідна частина ранового
каналу**

Виходячи з даних таблиці 3.6 середній діаметр вхідної рани становив 0,5 см ($0,539(0,01)$ см при 3Д моделюванні), ранового каналу в середній частині – $8,420(0,218)$ см ($8,473(0,193)$ см при 3Д моделюванні). Середній діаметр вихідного ушкодження склав $3,31(0,196)$ см ($3,34(0,182)$ см при 3Д моделюванні).

Рани, як і в обох попередніх серіях були округлої форми, краї ран були нерівні, дрібнофестончасті, дефект тканини складав $0,113(0,035)$ см при дослідженні класичними методами ($0,138(0,01)$ см при 3Д моделюванні), в усіх випадках був наявний пасок осаднення $0,127(0,046)$ см при дослідженні класичними методами ($0,257(0,02)$ см при 3Д моделюванні) (рис. 3.10.а, 3.10.б).

Діаметр вхідної рани при дослідженні стандартними методами був в 1,14 рази меншим, ніж реальний діаметр кулі, і в 1,05 разів менший при вимірюванні методом 3Д.

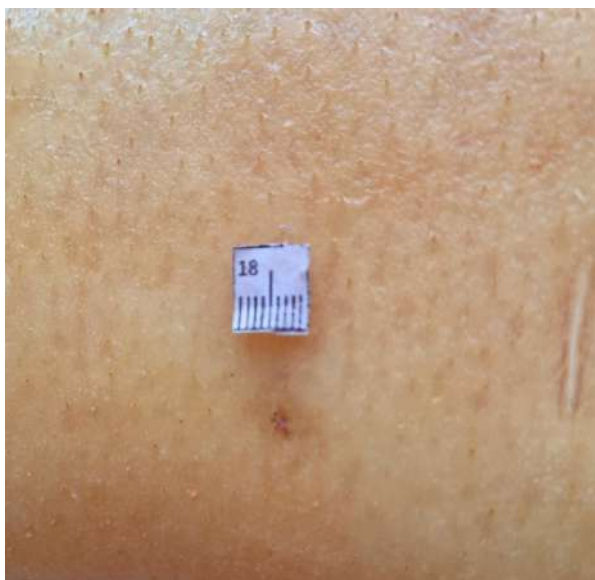


Рис. 3.10.а. Фотографія вхідної рани

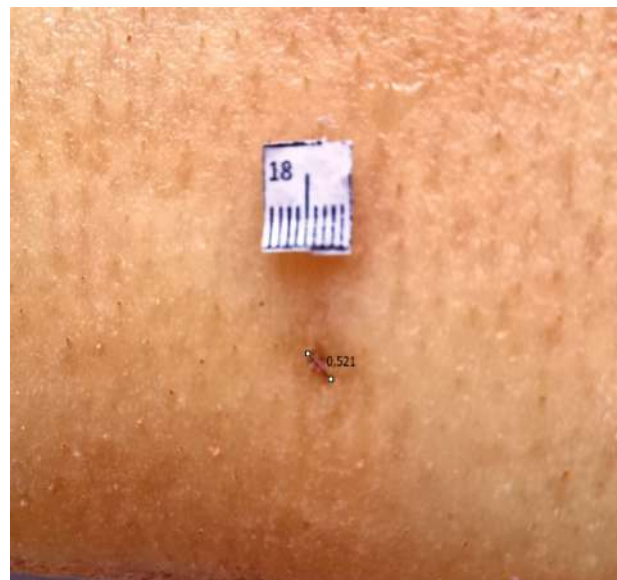


Рис. 3.10.б. 3Д модель вхідної рани

В даній серії досліджень діаметр початкової частини ранового каналу також визначали у місці входу кулі у пластиліновий блок, і він був в 1,13 рази меншим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 1,05 разів менший при дослідженні методом 3Д.

Діаметр середньої частини ранового каналу був в 14,77 разів більшим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 14,86 разів більший при дослідженні методом 3Д.

Діаметр вихідної частини ранового каналу був в 5,81 разів більшим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 5,86 разів більший при дослідженні методом 3Д.

Виходячи з даних малюнку 3.3.1 видно, що діаметр середньої частини ранового каналу був більшим, ніж діаметр вхідної рани у 16,84 разів (у 15,71 при вимірюванні 3Д), більшим за діаметр початкової частини ранового каналу у 16,64 разів (у 15,6 при вимірюванні 3Д) та у 2,54 разів більшим, ніж діаметр вихідної частини ранового каналу (при вимірюванні стандартними та 3Д методом). А діаметр вихідної частини ранового каналу був в 6,55 разів більшим ніж діаметр вхідної частини при дослідженні класичними методами, і в 6,15 разів більшим при вимірюванні 3Д (рис. 3.11).



Рис. 3.11. 3Д модель ранового каналу (бічна проекція)

В даній серії експериментів кореляційний аналіз відобразив прямі сильні кореляційні зв'язки між початковою швидкістю кулі та розміром вхідної рани ($r=0,92$), дефектом тканини ($r=0,86$), при вимірюванні методом 3Д. При вимірюванні класичними методами кореляційні зв'язки встановлені не були.

Також відмічали прямі середні кореляційні зв'язки між початковою швидкістю кулі та вхідною частиною ранового каналу ($r=0,61$), та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,69$ при класичних вимірюваннях та $r=0,68$ при вимірюванні 3Д).

Також були встановлені обернені середньої сили кореляційні зв'язки між початковою швидкістю кулі та діаметром кільця осаднення ($r=-0,66$) при вимірюванні класичними методами, при вимірюванні методом 3Д такі зв'язки встановлені не були.

Відповідно прямі сильні та середні кореляційні зв'язки (від $r=0,6$ до $r=0,92$) були встановлені між кінетичною та питомою енергіями та діаметром вхідної рани, а також дефектом тканини, діаметром середньої частини ранового каналу та діаметром вхідної частини ранового каналу, виміряною методом 3Д.

А середньої сили обернені кореляційні зв'язки були встановлені між кінетичною та питомою енергіями та кільцем осаднення ($r=-0,66$ та $r=-0,63$ відповідно).

Також прямий сильний кореляційний зв'язок був встановлений між діаметром вхідної рани та дефектом тканини, виміряних методом 3Д ($r=0,97$).

Середні прямі кореляційні зв'язки встановлені між діаметром вхідної рани (виміряної 3Д) та діаметром початкової частини ранового каналу (3Д) $r=0,69$, та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,56$ при класичних вимірюваннях та $r=0,62$ при вимірюваннях 3Д).

Зворотній середній кореляційний зв'язок встановлений між діаметром вхідної рани (виміряної 3Д) та кільцем осаднення ($r=-0,54$).

Середні прямі кореляційні зв'язки встановлені між діаметром початкової частини ранового каналу та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,53$), та дефектом тканини ($r=0,60$), при вимірюваннях методом 3Д.

Середній прямий кореляційний зв'язок встановлений між діаметром середньої частини ранового каналу та дефектом тканини ($r=0,52$), при вимірюваннях 3Д.

При вимірюванні класичними методами було встановлено прямий середній кореляційний зв'язок між діаметром початкової частини та розміром дефекту тканини ($r=0,68$).

Висновки до підрозділу 3.3: в даній серії досліджень всі ранові канали носили наскрізний характер відносно довжини пластилінового блока і були довшими, ніж 16 см.

Діаметр вхідної рани був в усіх випадках меншим, ніж реальний діаметр кулі в 1,1 разів.

Діаметр вхідної частини ранового каналу в залежності від випадку був меншим або більшим, ніж реальний діаметр кулі, проте в середньому був в 1,09 разів меншим, ніж реальний діаметр кулі.

Діаметр середньої та вихідної частин ранового каналу були значно більші, ніж реальний діаметр кулі (в 14,82 та в 5,84 разів відповідно).

В усіх випадках були встановлені дефект тканини ($0,138 \pm 0,003$ см) в середньому значенні) та наявність кільця осаднення ($0,257 \pm 0,005$ см) в середньому значенні).

Окрім того, в даній серії експериментів були зафіксовані ознаки великої пробивної та значної розривної дії кулі, що на нашу думку обумовлено високою початковою швидкістю кулі і відповідно великими значеннями її кінетичної й питомої енергії, які у різні боки передаються навколишнім середовищам під час їх проходження у вигляді хвиль, формуючи зони руйнації (некротичні) у місці безпосереднього проходження кулі та порушення структури тканин за рахунок явищ вторинного молекулярного струсу і розповсюдження вторинних тріщин.

Рановий канал мав хвилеподібно-розширено форму та був найбільшим у середній частині (в 16,28 разів більшим, ніж діаметр початкової частини ранового каналу), та проміжним на виході (в 2,54 рази меншим ніж діаметр середньої частини і в 6,35 разів більшим, ніж діаметр вхідної частини).

За допомогою інструментів статистичної обробки результатів була встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та діаметром ранового каналу у початковій ($r=0,6$), середній ($r=0,68-0,69$) частинах й діаметром вхідної рани ($r=0,91-0,92$), розміром дефекту тканини ($r=0,85-0,86$) виміряними у процесі їх 3Д моделювання ($p \leq 0,05$).

А також була встановлена обернена залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та кільцем осаднення ($r=-0,63-0,66$), виміряними класичними методами.

3.4. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених з автоматичного пістолета CZ83 спорядженого патронами калібру 7,65x17 мм. (4-та серія експериментальних досліджень)

Четверта серія досліджень була присвячена дослідженню вогнепальної зброї, спорядженої патронами калібру 7,65x17 мм, яка має відносно невисоку початкову швидкість кулі порівняно з третьою серією досліджень, проте є вищою, ніж у другій серії проведених досліджень.

В якості зразка зброї для відстрілу патронів калібру 7,65x17 мм було використано автоматичний пістолет CZ83.

Постріли виконували стандартними оболонковими кулями, калібром 7,65x17 мм, реальний діаметр кулі при вимірюванні складав 7,8 мм, маса кулі – 4,75 г. Оболонка кулі виготовлена з міді (купруму), сердечник – зі свинцю (плюмбуму). Початкова швидкість кулі при пострілах становила $322,8 (\pm 0,79)$ м/с, зі значеннями кінетичної та питомої енергії кулі $247,5 (\pm 1,21)$ Дж і $5,182 (\pm 0,025)$ Дж /мм² у середніх їх значеннях відповідно (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Фізичні параметри при пострілах з автоматичного пістолета CZ83 (n=15)

	Середнє значення (M) (SD)	Мінімальне значення (min)	Максимальне значення (max)	Похибка середньої, m
Діаметр кулі	0,78	0,78	0,78	0
Маса кулі	4,75	4,75	4,75	0
Початкова швидкість	322,8 (3,052)	318	328	0,79
Кінетична енергія	247,495 (4,683)	240,170	255,512	1,209
Питома енергія	5,182 (0,098)	5,029	5,350	0,025

В даній серії експериментів вимірювання вхідної рани класичними методами вже показали різний результат, тобто відмічали коливання розмірів, а також відмічали різницю у вимірюваннях атрибутів вхідної рани (дефект тканини та пасок осаднення), а також коливання складових частин ранового каналу на всьому його протязі. Вимірювання методом 3Д, як і в попередніх серіях, відображали коливання у розмірах всіх досліджуваних показників.

В даній серії експериментів було відмічено, що розміри вхідної рани були меншими, ніж реальний діаметр кулі в більшості випадків. Тільки в трьох із 15 досліджуваних випадків розміри вхідної рани були більшими, ніж реальний діаметр кулі при дослідженні класичними методами і в чотирьох із 15 випадків – при вимірюваннях методом 3Д. Діаметр вхідної частини ранового каналу в трьох випадках із 15 був меншим, ніж реальний діаметр кулі при дослідженні класичними методами, а при дослідженні методом 3Д – був більшим, ніж реальний діаметр кулі в усіх досліджених випадках. У той же час діаметр середньої та вихідної частин ранового каналу був завжди більшим, ніж реальний діаметр кулі при дослідженні всіма методами. (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Морфологічні особливості експериментальних пошкоджень
при пострілах із пістолета, спорядженого патронами калібру 7,65x17мм
(n=15)**

Показник, одиниці вимірювання	Класичний спосіб			На 3Д моделі			P (Mann-Whitney test)
	Mean (SD)	Min	Max	Mean (SD)	Min	Max	
Діаметр вхідної рани, см	0,71 (0,05)	0,60	0,80	0,75 (0,05)	0,62	0,81	0,02
Розміри дефекту (мінус тканина), см	0,33 (0,05)	0,30	0,40	0,33 (0,02)	0,29	0,37	0,01

Продовження таблиці 3.8

Показник, одиниці вимірювання	Класичний спосіб			На 3Д моделі			P (Mann-Whitney test)
	Mean (SD)	Min	Max	Mean (SD)	Min	Max	
Розміри кільця обтирання, см	0,31 (0,03)	0,30	0,40	0,32 (0,03)	0,26	0, 36	0,02
Діаметр ранового каналу в початковій частині, см	0,80 (0,07)	0,70	0,90	0,83 (0,05)	0,78	0,94	0,01
Діаметр ранового каналу в середній частині, см	1,35 (0,08)	1,20	1,50	1,39 (0,08)	1,24	1,53	0,02
Діаметр ранового каналу на виході, см	2,20 (0,10)	2,10	2,40	2,28 (0,19)	2,13	2,85	0,02

Дані таблиці 3.8 вказують на лінійне конусоподібне утворення ранового каналу (найменший діаметр в початковій частині та найбільше розширення в кінцевій частині) в усіх досліджуваних випадках. Отже, при пострілах із пістолета патронами калібру 7,65x17мм не відмічається утворення класичного явища «пульсуючої порожнини», а відмічається поступове розширення ранового каналу до вихідної рани (рис. 3.12).

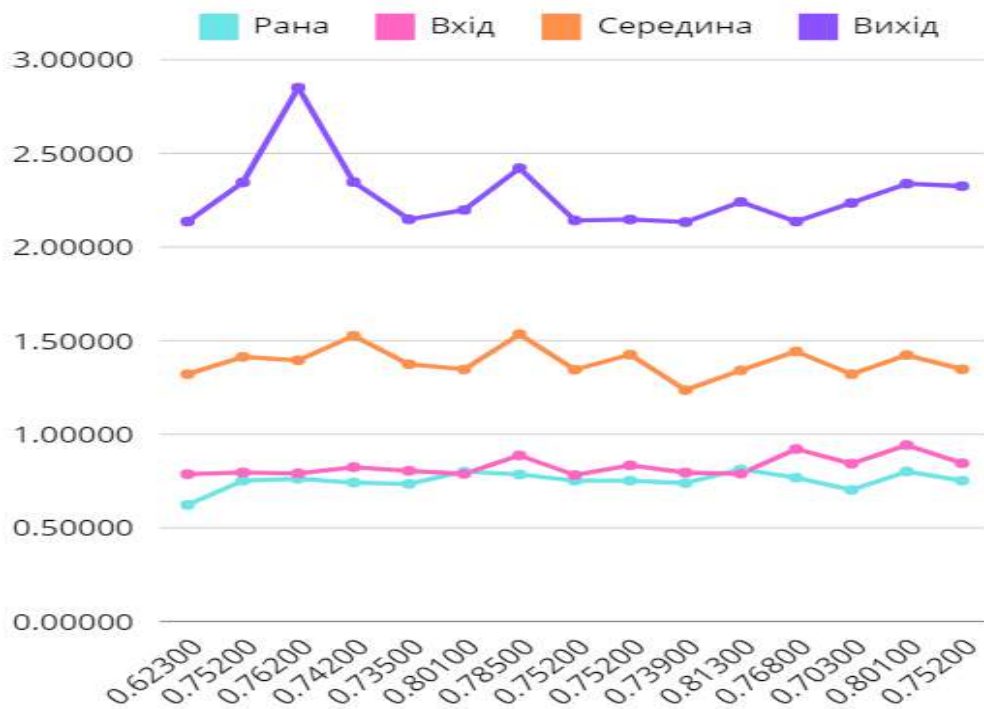


Рис. 3.12. Коливання розмірів складових частин ранового каналу

У цій серії досліджень всі пошкодження мали наскрізний характер (довжина ранового каналу була більшою, ніж 16 см в усіх випадках), тобто куля в усіх експериментальних випадках четвертої серії пройшла на виліт через всю товщину балістичного блоку.

Окремо слід зазначити, що в деяких випадках відмічали додаткові пошкодження блоку у вигляді тріщини у верхній його частині, що тягнеться по всій довжині повздовж напрямку ранового каналу, проте проходить не через всю товщину ширини блока і не перетинається з самою порожниною ранового каналу (рис. 3.13.а, 3.13.б). Це може свідчити, що попри той факт, що пульсуючу порожнину в даній серії експериментів не відмічали, початкова швидкість кулі та її кінетична енергія є достатніми для утворення віддалених порушень структури м'яких пружних тканин та пружно-еластичних внутрішніх органів через формування віддалених додаткових тріщин і вторинного молекулярного струсу, що в свою чергу, найбільш ймовірно, спричинить негативні наслідки для здоров'я у процесі лікування потерпілих від ВТУ, або призведе до летальних наслідків.



**Рис. 3.13.а. Верхня частина
пластилінового блока**



**Рис. 3.13.б. Вихідна частина ранового
каналу**

Виходячи з даних таблиці 3.8 середній діаметр вхідної рани становив 0,71(0,05) см (0,75(0,05) см при 3Д моделюванні), ранового каналу в середній частині – 1,3(0,08) см (1,39(0,08) см при 3Д моделюванні). Середній діаметр вихідного ушкодження склав 2,20(0,10) см (2,28(0,19)см при 3Д моделюванні).

Рани, як і в обох попередніх серіях були округлої форми, краї ран були рівні, дефект тканини складав 0,33(0,05) см при дослідженні класичними методами (0,33(0,02) см при 3Д моделюванні), в усіх випадках був наявний пасок осаднення 0,31(0,03) см при дослідженні класичними методами (0,32(0,03) см при 3Д моделюванні) (рис. 3.14.а, 3.14.б).

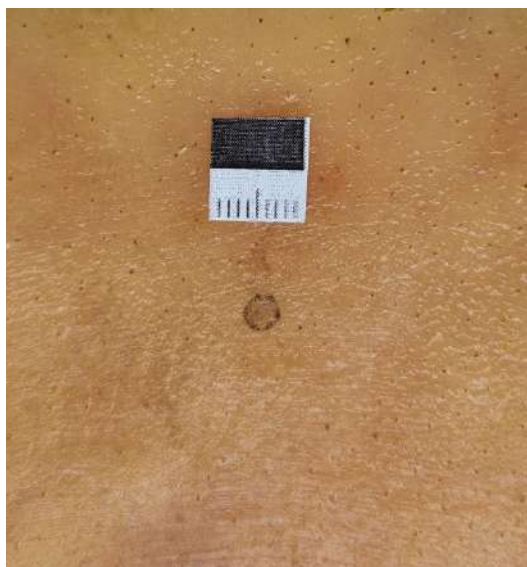


Рис. 3.14.а. Фотографія вхідної рани

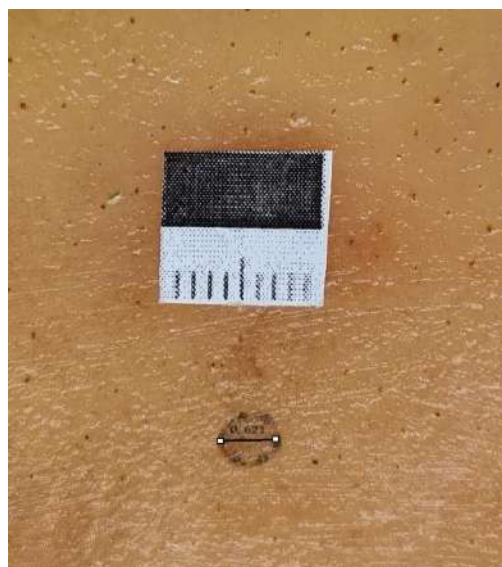


Рис. 3.14.б. 3Д модель вхідної рани

Діаметр вхідної рани при дослідженні стандартними методами був в 1,1 разів меншим, ніж реальний діаметр кулі, і в 1,04 разів менший при вимірюванні методом 3Д.

В даній серії досліджень діаметр початкової частини ранового каналу також визначали у місці входу кулі у пластиліновий блок, і тут він був в 1,03 рази більшим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 1,06 разів більшим при дослідженні методом 3Д.

Діаметр середньої частини ранового каналу був в 1,73 разів більшим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 1,78 разів більший при дослідженні методом 3Д.

Діаметр вихідної частини ранового каналу був в 2,82 разів більшим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 2,92 разів більший при дослідженні методом 3Д.

Виходячи з даних рисунку 3.12 видно, що діаметр середньої частини ранового каналу був більшим, ніж діаметр вхідної рани в 1,90 разів (у 1,85 при вимірюванні 3Д), більшим за діаметр початкової частини ранового каналу в 1,69 разів (в 1,67 при вимірюванні 3Д) та в 1,63 разів (у 1,64 при вимірюванні 3Д) меншим, ніж діаметр вихідної частини ранового каналу. А діаметр вихідної

частини ранового каналу був в 2,75 разів більшим, ніж діаметр вхідної частини при дослідженні класичними методами і методами 3Д, та у 3,1 разів (у 3,04 при вимірюванні 3Д) більшим, ніж діаметр вхідної рани (рис. 3.15).



Рис. 3.15. 3Д модель ранового каналу (бічна проекція)

В даній серії досліджень окремо було проведено порівняння ефективності методу досліджень 3Д з класичними методами, що наразі використовуються при проведенні судово-медичних експертиз.

Були відмічені певні тенденції щодо інтерпретації отриманих результатів.

Всі діаметри (вогнепальної вхідної рани, різних частин ранового каналу) були достовірно більшими, виміряні за допомогою нового способу 3Д моделювання, ніж класичними методами вимірювань, проте середня різниця (mean difference) між вимірами склала 2,5%-3,5% від діаметру (рис. 3.16, 3.17, 3.18).

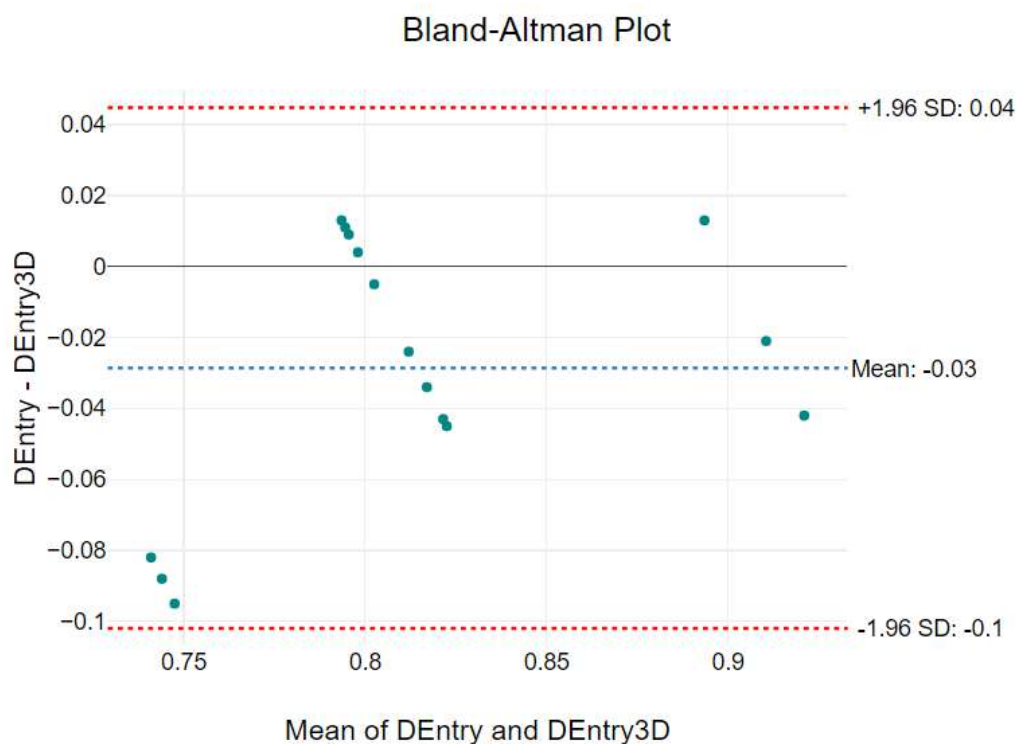


Рис. 3.16. Bland-Altman plot діаметру ранового каналу в початковій частині, виміряного класичним способом та за допомогою 3Д-моделювання

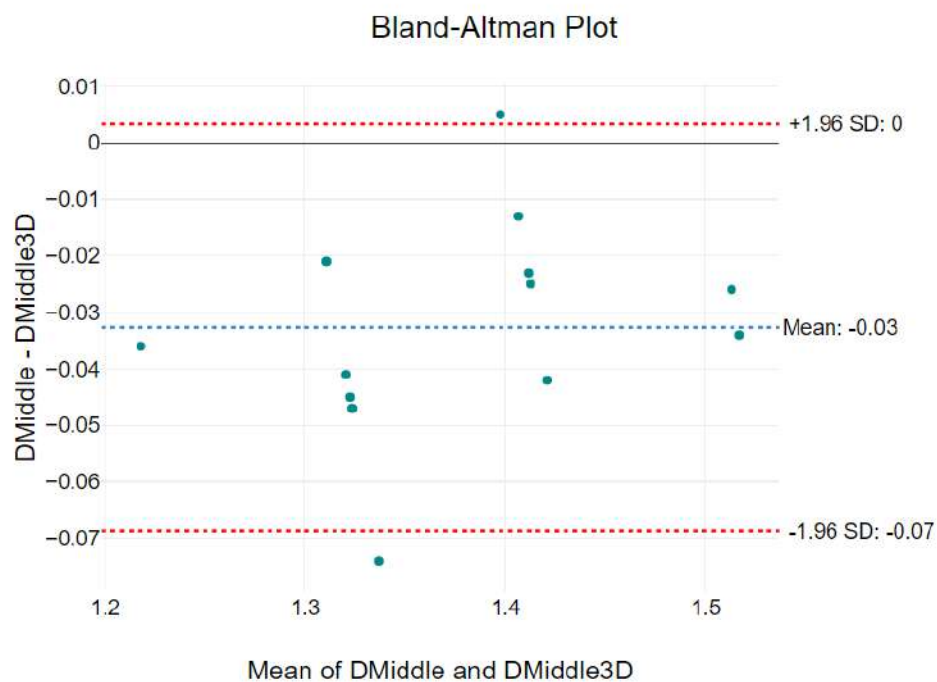


Рис. 3.17. Bland-Altman plot діаметру ранового каналу в середній частині, виміряного класичним способом та за допомогою 3Д-моделювання

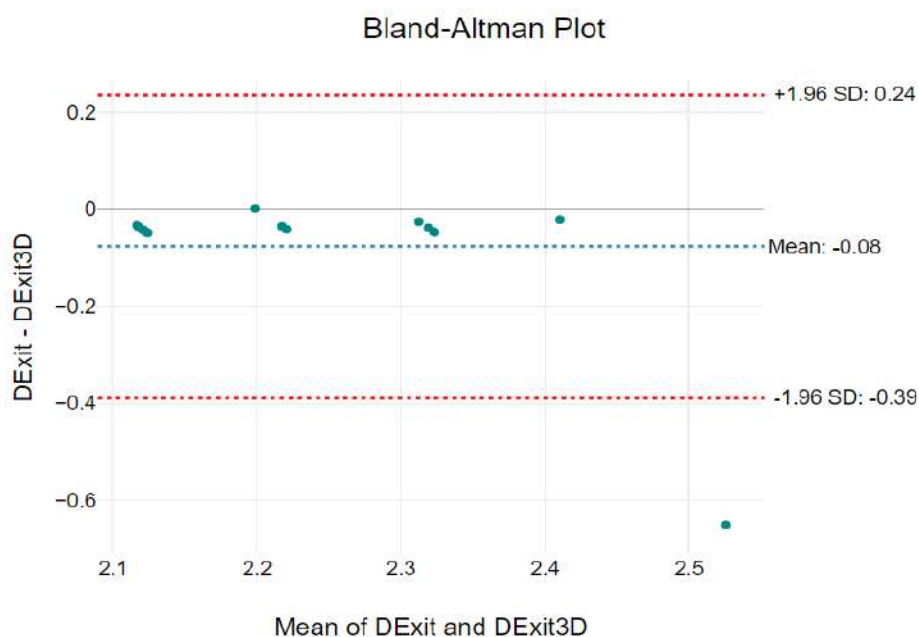


Рис. 3.18. Bland-Altman plot діаметру ранового каналу на виході, виміряного класичним способом та за допомогою 3Д-моделювання

В той же час середня різниця між розмірами дефекту тканини виміряними звичайним способом та за допомогою 3Д моделювання наближалась до нуля (approaches zero) (рис. 3.19).

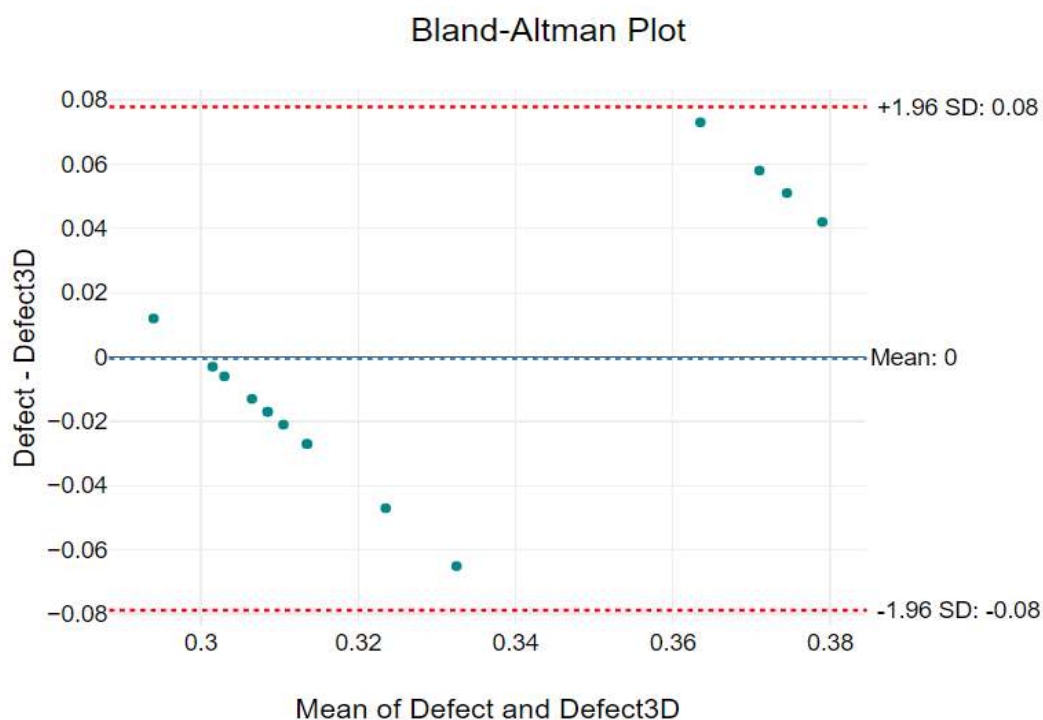


Рис. 3.19. Bland-Altman plot дефекту тканини, виміряного класичним способом та за допомогою 3Д-моделювання

Середня різниця між діаметром вхідної рани та розмірами кільця обтирання довкола вхідної рани, виміряними звичайним способом та за допомогою 3Д моделювання була в межах 3%-5% (рис. 3.20, 3.21.).

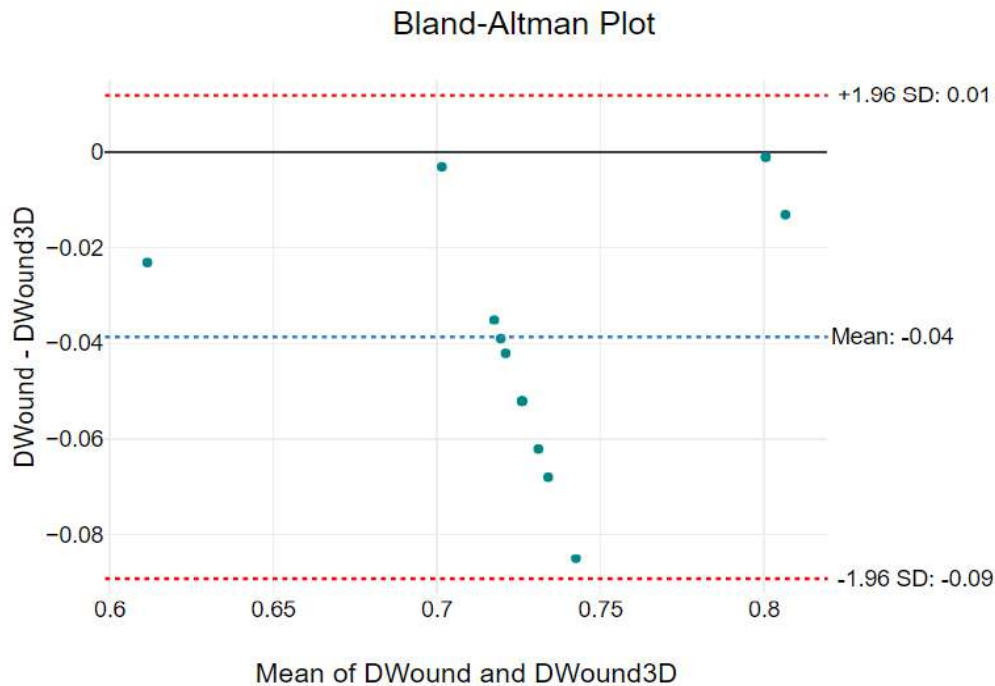


Рис. 3.20. Bland-Altman plot діаметру вхідної рани, виміряного класичним способом та за допомогою 3Д-моделювання

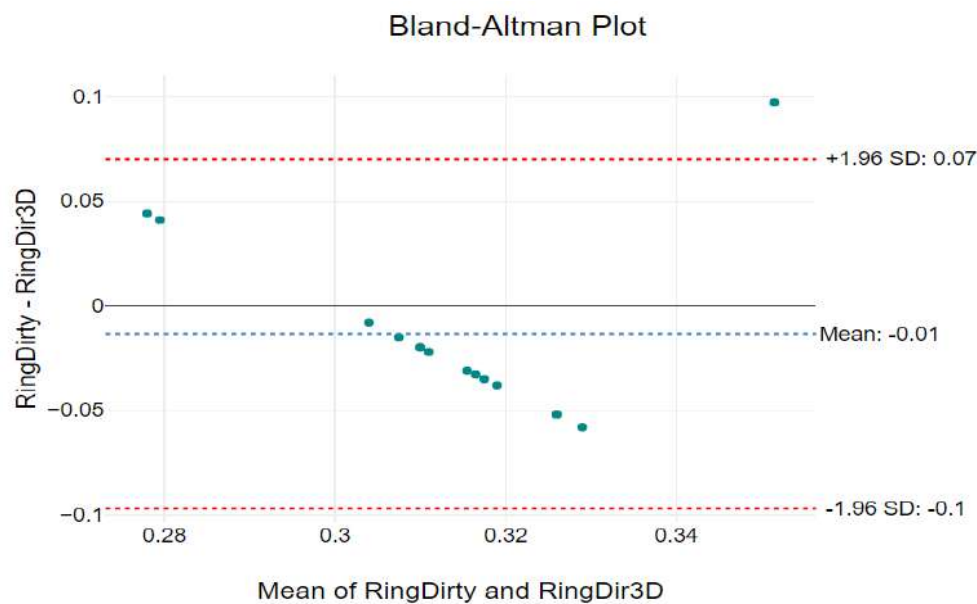


Рис. 3.21. Bland-Altman plot розміру кільця обтирання, виміряного класичним способом та за допомогою 3Д-моделювання

Як і в усіх попередніх серіях, був проведений кореляційний аналіз.

Прямий середній кореляційний зв'язок був встановлений між початковою швидкістю кулі та діаметром вихідної частини ранового каналу при вимірюванні класичними методами ($r=0,54$).

Середні прямі кореляційні зв'язки були встановлені між початковою швидкістю кулі та розміром вхідної рани виміряної класичним методом ($r=0,61$) і методом 3Д ($r=0,55$), діаметром початкової частини ранового каналу ($r=0,43$) виміряним класичними методами і ($r=0,50$), при вимірюванні методом 3Д.

Середньої сили прямі кореляційні зв'язки були встановлені між початковою швидкістю кулі та діаметром вхідної частини ранового каналу, виміряної класичним методом ($r=0,43$), діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,44$) при вимірюванні всіма методами, розмірами дефекту тканини ($r=0,45$ при вимірюванні класичними методами, $r=0,46$ при вимірюванні методом 3Д) та розміром кільця осаднення ($r=0,33$) при вимірюванні методом 3Д.

Відповідні прямі середньої сили кореляційні зв'язки відмічали також між питомою та кінетичною енергіями та вищезазначеними елементами ранового каналу ($r=0,33-0,61$).

Прямі сильні кореляційні зв'язки відмічали між діаметром вхідної рани та розміром дефекту тканини ($r=0,88$) та розміром кільця обтирання ($r=0,89$), виміряних методом 3Д.

Помірні прямі кореляційні зв'язки були встановлені між діаметром вхідної рани та діаметром середньої частини ранового каналу, виміряного методом 3Д ($r=0,3$), діаметром вихідної частини ранового каналу, виміряної класичними методами ($r=0,39$).

Середній прямий кореляційний зв'язок був встановлений між діаметром початкової частини ранового каналу та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,65$).

Помірний прямий кореляційний зв'язок був встановлений між діаметром початкової частини ранового каналу та діаметром вихідної частини ранового каналу, вимірюної класичними методами ($r=0,44$).

Середній прямий кореляційний зв'язок був встановлений між діаметром середньої частини ранового каналу і діаметром вихідної частини ранового каналу, вимірюних класичними методами ($r=0,60$).

Помірний прямий кореляційний зв'язок був встановлений між діаметром середньої частини ранового каналу і діаметром кільця осаднення, вимірюних методом 3Д ($r=0,41$).

Висновки до підрозділу 3.4: в даній серії досліджень всі ранові канали носили наскрізний характер відносно довжини пластилінового блока і були довгими, ніж 16 см.

У цій серії експериментів вже зустріли випадки, коли розмір вхідної рани був більшим за реальний розмір кулі, проте в середньому, розмір вхідної рани був меншим, ніж реальний розмір кулі в 1,07 разів.

Діаметр середньої частини ранового каналу був в середньому у 1,76 разів більшим, ніж реальний діаметр кулі, а діаметр вихідної частини ранового каналу в середньому у 2,87 разів більшим, ніж реальний діаметр кулі.

Форма ранового каналу значно відрізнялася від попередніх серій експериментальних досліджень і була конусоподібною. Відмічали поступове його розширення у початковій та середніх частинах та значне розширення діаметру ранового каналу в його вихідній частині.

Діаметр вихідної частини ранового каналу був в 2,75 разів більшим, ніж діаметр вхідної частини ранового каналу та у 3,05 разів більшим, ніж діаметр вхідної рани та в 1,64 разів більшим, ніж діаметр середньої частини ранового каналу.

Окрім того, попри відносно невелику початкову швидкість кулі, були зафіксовані віддалені наслідки її розривної та пробивної дії у вигляді додаткових повздовжніх тріщин за ходом напрямку ранового каналу, що

також можуть зумовлювати ушкодження м'яких тканин та внутрішніх органів на відстані від зони безпосередньо порожнини ранового каналу.

Середньої сили прямі кореляційні зв'язки були встановлені між початковою швидкістю кулі та діаметром вхідної частини ранового каналу, вимірною класичним методом ($r=0,43$), діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,44$) при вимірюванні всіма методами, розмірами дефекту тканини ($r=0,45$ при вимірюванні класичними методами, $r=0,46$ при вимірюванні методом 3Д) та розміром кільця осаднення ($r=0,33$) при вимірюванні методом 3Д.

Відповідні прямі середньої сили кореляційні зв'язки відмічали також між питомою та кінетичною енергіями та вищезазначеними елементами ранового каналу ($r=0,33-0,61$).

Аналіз малюнків 3.4.7 -3.4.12 показує, що майже всі точки попадають в межі, що також може вказувати на взаємозамінність традиційного і методу 3Д моделювання. При цьому систематична похибка або дуже мала, або відсутня. Також у переважній більшості, точки на малюнках нижче середнього, що може вказувати на певне “применшення” результатів вимірювань, отриманих у ручному режимі.

3.5. Морфологічні характеристики та тривимірна просторова реконструкція ушкоджень, спричинених з автоматичного пістолета ИЖ 7001 спорядженого патронами калібру 9 мм (5-та серія експериментальних досліджень)

П'ята серія досліджень була присвячена дослідженню вогнепальної зброї, спорядженої патронами калібру 9 мм, яка незважаючи на великий калібр кулі, має невисоку початкову швидкість кулі.

В якості зразка зброї для відстрілу патронів калібру 9 мм було використано автоматичний пістолет ИЖ 7001.

Постріли виконували стандартними оболонковими кулями, калібром 9 мм, реальний діаметр кулі при вимірюванні складав 9,2 мм, маса кулі – 6,16

г. Оболонка кулі виготовлена з міді (купруму), сердечник – зі свинцю (плюмбуму). Початкова швидкість кулі при пострілах становила $310(\pm 0,94)$ м/с, зі значеннями кінетичної та питомої енергії кулі $302,73(\pm 6,49)$ Дж і $4,461 (\pm 0,03)$ Дж /мм² у середніх їх значеннях відповідно (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Фізичні параметри при пострілах із пістолета ИЖ 7001 (n=15)

	Середнє значення (M) (SD)	Мінімальне значення (min)	Максимальне значення (max)	Похибка середньої, m
Діаметр кулі	0,92	0,92	0,92	0
Маса кулі	6,16	6,16	6,16	0
Початкова швидкість	310 (3,645)	304	315	0,94
Кінетична енергія	302,73 (25,138)	284,641	390,287	6,491
Питома енергія	4,461 (0,107)	4,284	4,599	0,027

В даній серії експериментів вимірювання вхідної рани класичними методами показали різний результат лише в 2-х випадках із 15, тобто коливання розмірів вхідної рани при дослідженні класичними методами майже не відмічали. Проте, фіксували значну різницю у вимірюваннях атрибутів вхідної рани (дефект тканини та пасок осаднення), а також коливання складових частин ранового каналу на всьому його протязі. Вимірювання методом 3Д, як і в попередніх серіях, відображали коливання у ширшому діапазоні всіх досліджуваних показників цієї серії експериментів.

В даній серії експериментів було відмічено, що розміри вхідної рани були незначно меншими, ніж реальний діаметр кулі в усіх досліджених випадках вимірюаних класичним способом, а при дослідженнях методом 3Д у трьох із 15 випадків розміри були більшими, ніж реальний діаметр кулі та в

одному випадку дорівнював реальному діаметру кулі. Діаметр вхідної частини ранового каналу в усіх випадках був меншим, ніж реальний діаметр кулі при дослідженні класичними методами, а при дослідженні методом 3Д – був більшим, ніж реальний діаметр кулі в дев'яти з 15 досліджуваних випадків. У той же час діаметр середньої та вихідної частин ранового каналу був завжди більшим, ніж реальний діаметр кулі при дослідженні всіма методами (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Морфологічні особливості експериментальних пошкоджень при
пострілах із пістолета ИЖ 7001, спорядженого патронами калібру 9мм
(n=15)**

Показник, одиниці вимірювання	Класичний спосіб			На 3Д моделі			P (Mann-Whitney test)
	Mean (SD)	Min	Max	Mean (SD)	Min	Max	
Діаметр вхідної рани, см	0,887 (0,04)	0,80	0,90	0,921 (0,01)	0,909	0,945	0,0035
Розміри дефекту (мінус тканина), см	0,367 (0,07)	0,30	0,50	0,460 (0,06)	0,390	0,565	0,0001
Розміри кільця обтирання, см	0,320 (0,07)	0,30	0,40	0,365 (0,06)	0,250	0, 445	0,0691
Діаметр ранового каналу в початковій частині, см	0,700 (0,20)	0,50	0,90	0,916 (0,03)	0,841	0,949	0,0003

Показник, одиниці вимірювання	Класичний спосіб			На 3Д моделі			P (Mann-Whitney test)
	Mean (SD)	Min	Max	Mean (SD)	Min	Max	
Діаметр ранового каналу в середній частині, см	1,627 (0,24)	1,20	2,10	1,655 (0,25)	1,215	2,142	0,7483
Діаметр ранового каналу на виході, см	2,193 (0,25)	1,8	2,6	2,227 (0,24)	1,836	2,638	0,7124

Дані таблиці 3.10 вказують на лінійне утворення ранового каналу (найменший діаметр в початковій частині та найбільше розширення в кінцевій частині) в усіх досліджуваних випадках. Отже, при пострілах із пістолета патронами калібру 9 мм не відмічається утворення класичного явища «пульсуючої порожнини», а відмічається поступове розширення ранового каналу до вихідної рани, що є схожим із попередньою серією експериментальних досліджень (рис. 3.22).

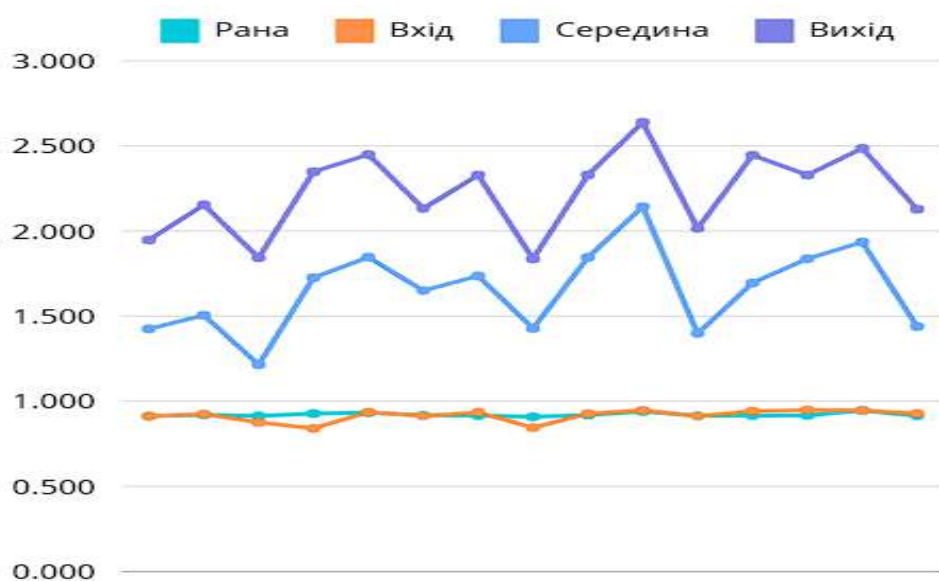


Рис. 3.22. Коливання розмірів складових частин ранового каналу

У цій серії досліджень всі пошкодження також мали наскрізний характер (довжина ранового каналу була більшою, ніж 16 см в усіх випадках), тобто куля в усіх експериментальних випадках п'ятої серії пройшла на виліт через всю товщину балістичного блоку.

Окремо слід зазначити, що в деяких випадках відмічали додаткові ушкодження у вигляді тріщини на верхній частині блоку, що проходить по всій його довжині повздовж напрямку ранового каналу, проте проходить не через всю товщину ширини блока і не перетинається з самою порожниною ранового каналу. Також відмічали додаткові тріщини навколо вхідної частини ранового каналу у блоці, що розходилися радіально від вхідного отвору, були поверхневими та мали довжину від 0,2см до 0,7см (рис. 3.23.а, 3.23.б).



**Рис. 3.23.а. Верхня частина
ранового пластилінового блока
з повздовжною тріщиною**



**Рис. 3.23.б. Вхідна частина
каналу (з розтріскуванням)**

Окрім того, в деяких дослідженнях серії відмічали значне розтріскування верхньої частини блока з частковим викришуванням

пластилінової речовини, що починалося приблизно з початкової третини довжини ранового каналу і тягнулося аж до самого виходу ранового каналу з блоку. При цьому в даних випадках будь-яких додаткових тріщин у ділянці вхідного отвору не фіксували (рис. 3.24.а, 3.24.б)



**Рис. 3.24.а. Верхня частина
пластилінового блока
з викришуванням**



**Рис. 3.24.б. Вхідна частина
ранового каналу**

Обидва вище зафіксованих явища можуть свідчити, про значну пробивну та розривну дію кулі такого калібру, а також вказувати на те, що навіть за умови відсутності явища пульсуючої порожнини, невелика початкова швидкість кулі, що була в даній серії експериментів, здатна спричиняти ушкодження (молекулярний струс) пружно-еластичної структури м'яких тканин та внутрішніх органів і спричиняти віддалені вторинні тріщини, а відповідно і порушувати їх функцію, що в подальшому може мати негативні наслідки у процесі лікування та значно подовжувати процес реабілітації, а іноді й спричиняти летальні наслідки.

Виходячи з даних таблиці 3.10 середній діаметр вхідної рани становив 0,89(0,04) см (0,92(0,01) см при 3Д моделюванні), ранового каналу в середній частині – 1,63(0,24) см (1,65(0,25) см при 3Д моделюванні). Діаметр

вихідного ушкодження склав $2,19(0,25)$ см ($2,23(0,24)$ см при 3Д моделюванні).

Рани, як і в попередніх серіях були всі округлої форми, краї ран були нерівні, дрібнофестончасті, дефект тканини складав $0,37(0,07)$ см при дослідженні класичними методами ($0,46(0,06)$ см при 3Д моделюванні), в усіх випадках був наявний пасок осаднення $0,32(0,07)$ см при дослідженні класичними методами ($0,37(0,06)$ см при 3Д моделюванні) (рис. 3.25.а, 3.25.б).



Рис. 3.25.а. Фотографія вхідної рани

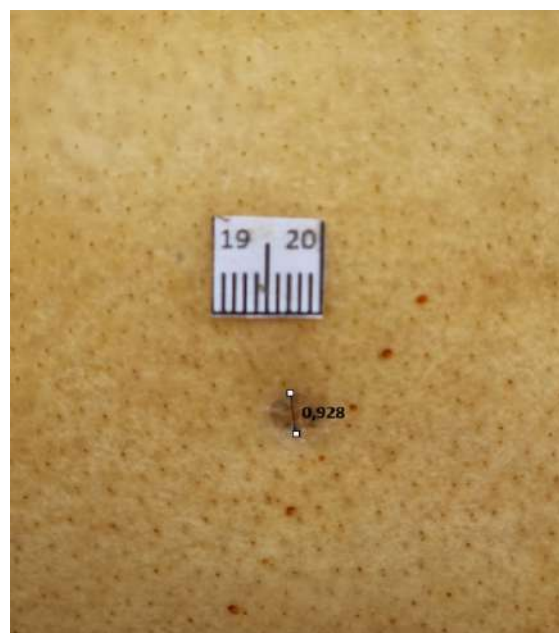


Рис. 3.25.б. 3Д модель вхідної рани

Діаметр вхідної рани при дослідженні стандартними методами був в 1,03 разів меншим, ніж реальний діаметр кулі, і майже з ним збігався при вимірюванні методом 3Д.

В даній серії досліджень діаметр початкової частини ранового каналу також визначали у місці входу кулі у пластиліновий блок, і в даній серії досліджень він був в 1,31 рази меншим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 1,004 разів меншим при дослідженні методом 3Д.

Діаметр середньої частини ранового каналу був в 1,77 разів більшим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 1,80 разів більший при дослідженні методом 3Д.

Діаметр вихідної частини ранового каналу був в 2,38 разів більшим, ніж діаметр самої кулі при дослідженні стандартним методом, і в 2,42 разів більший при дослідженні методом 3Д.

Виходячи з даних рисунку 3.22 видно, що діаметр середньої частини ранового каналу був більшим, ніж діаметр вхідної рани у 1,84 разів (у 1,81 при вимірюванні 3Д), більшим за діаметр початкової частини ранового каналу у 2,32 разів (у 1,81 при вимірюванні 3Д) та в 1,35 разів (при вимірюванні всіма методами) меншим, ніж діаметр вихідної частини ранового каналу. А діаметр вихідної частини ранового каналу був в 3,13 разів більшим ніж діаметр вхідної частини при дослідженні класичними методами (у 2,43 при вимірюванні 3Д), та у 2,48 разів (у 2,42 при вимірюванні 3Д) більшим ніж діаметр вхідної рани (рис. 3.26).



Рис. 3.26. 3Д модель ранового каналу (бічна проекція)

Окрім того, при детальному аналізі деяких тривимірних моделей ранових каналів було виявлено феномен його *«спіралеподібного закручування»*, що на нашу думку свідчить про поступально-обертальний напрямок його формування в результаті передавання хвиль кінетичної енергії кулі оточуючому пружно-еластичному середовищу (тканинам) (рис. 3.27).

Вказаний феномен може вказувати на конструкційні особливості використаної вогнепальної зброї, а саме на напрямок закручування нарізів всередині каналу її ствола.



Рис. 3.27. Феномен спіралеподібного закручування тривимірної моделі вогнепального ранового каналу

Кореляційний аналіз цієї серії досліджень відобразив сильні прямі кореляційні зв'язки між початковою швидкістю кулі та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,9$ при вимірюванні класичними методами та $r=0,89$ при вимірюванні методом 3Д), діаметром вихідної частини ранового каналу – $r=0,94$ при вимірюванні всіма методами досліджень та діаметром вхідної рани ($r=0,83$ при вимірюванні методом 3Д), та розміром дефекту тканини ($r=0,74$ при вимірюванні методом 3Д).

Відповідно сильні прямі кореляційні зв'язки встановлені між питомою енергією та діаметром середньої частини ранового каналу, діаметром вихідної частини ранового каналу та діаметром вхідної рани ($r=0,83-0,90$).

Прямі середні кореляційні зв'язки були встановлені між питомою енергією та розміром дефекту тканини та діаметром початкової частини ранового каналу ($r=0,66$ та $r=0,55$ відповідно).

Прямі сильні кореляційні зв'язки були також встановлені між діаметром вхідної рани (вимірюваної методом 3Д) та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,76$) і діаметром вихідної частини ранового каналу ($r=0,76$).

Прямий середній кореляційні зв'язки були також встановлені між діаметром вхідної рани (виміряної методом 3Д) та розміром дефекту тканини ($r=0,69$).

Прямі середні кореляційні зв'язки були встановлені між діаметром початкової частини ранового каналу та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,53$) та діаметром вихідної частини ранового каналу ($r=0,60$) та розміром дефекту тканини ($r=0,58$). Всі показники в даному випадку були виміряні за допомогою 3Д.

Сильний прямий кореляційний зв'язок був встановлений між діаметром середньої частини (3Д) та діаметром вихідної частини ранового каналу (3Д) ($r=0,93$).

Прямі середні кореляційні зв'язки встановлені між діаметром середньої частини (3Д) та дефектом тканини ($r=0,65$) та розмірами паску осаднення ($r=0,63$).

Прямі середні кореляційні зв'язки були встановлені між діаметром вихідної частини ранового каналу та дефектом тканини ($r=0,65$) та розмірами паску осаднення ($r=0,60$).

Висновки до підрозділу 3.5: в даній серії досліджень всі ранові канали носили наскрізний характер відносно довжини пластилінового блока і були довшими, ніж 16 см.

Також у цій серії експериментів вже зустрічали випадки, коли розмір вхідної рани був дещо більшим, ніж реальний розмір кулі, проте при використанні методу 3Д моделювання в середньому розмір вхідної рани практично відповідав реальному розміру кулі.

Діаметр середньої частини ранового каналу був в середньому в 1,79 разів більшим, ніж реальний діаметр кулі, а діаметр вихідної частини ранового каналу в середньому у 2,4 разів більшим, ніж реальний діаметр кулі.

Форма ранового каналу значно відрізнялася від трьох перших серій експериментальних досліджень, проте була дещо схожа на четверту серію

досліджень і була прямолінійно-розширеною. Відмічали поступове розширення ранового каналу в його середній та вихідній частинах із формуванням феномену його «спіралеподібного закручування».

Діаметр вихідної частини ранового каналу був у 2,78 разів більшим, ніж діаметр вхідної частини ранового каналу та у 2,45 разів більшим, ніж діаметр вхідної рани, а також в 1,35 разів більшим, ніж діаметр середньої частини ранового каналу.

Окрім того, не зважаючи на відносно невелику початкову швидкість кулі, відмічали віддалені наслідки пробивної та розривної дії кулі у вигляді повздовжніх тріщин за ходом напрямку ранового каналу, викришування і множинних розтріскувань речовини блоку, що також можуть зумовлювати значні ушкодження м'яких тканин та внутрішніх органів на відстані від зони безпосередньо порожнини ранового каналу.

За допомогою інструментів статистичної обробки результатів була встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,9$), діаметром вихідної частини ранового каналу ($r=0,94$), діаметром вхідної рани ($r=0,83$) та розміром дефекту тканини ($r=0,74$).

Сильні прямі кореляційні зв'язки встановлені між питомою енергією та діаметром середньої частини ранового каналу, діаметром вихідної частини ранового каналу та діаметром вхідної рани ($r=0,83-0,90$), а також середньої сили між розміром дефекту тканини та діаметром початкової частини ранового каналу ($r=0,66$ та $r=0,55$ відповідно).

Основні результати даного розділу висвітлено в наступних публікаціях:

1. **Змієвська ЮГ, Савка ІГ, Балук ІГ, Гринюк ВВ, Бизер АР.** Прикладне значення 3д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. [doi: 10.24061/2707-8728.1.2023.6](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2023.6) (**Фахове**

видання України). (Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації) [27].

2. **Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I.** Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.1.300596) **(Українське видання яке індексується БД Scopus, Q4).** (Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах з автомата кулями малого калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації)[257].

3. **Змієвська ЮГ, Савка ІГ.** Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2023.5) **(Фахове видання України).** (Здобувач проводив експериментальну частину досліджень, обробку отриманих експериментальних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації)[24].

4. **Zmievska Y, Savka I.** Introduction of the modern 3d modeling method into the theory and practice of forensic medicine ballistics, caused by gunshot wounds inflicted by firearms with 9mm caliber ammunition. Wiad Lek. 2024;77(8):1569-74. doi: [10.36740/WLek202408106](https://doi.org/10.36740/WLek202408106) **(Іноземне видання яке індексується БД Scopus, Q4).** (Здобувач проводив експериментальну частину досліджень ушкоджень спричинених кулями великого калібру, обробку отриманих експериментальних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації)[255].

5. **Zmiievskia Y, Savka I.** Three-Dimensional Modeling of Firearm Injuries in Forensic Medicine. Galician Medical Journal. 2024;31(4):e-MJ2024-A28. doi: [10.21802/e-GMJ2024-A28](https://doi.org/10.21802/e-GMJ2024-A28) **(Українське видання, яке індексується БД Web of Science Core Collection, Q3).** (Здобувач проводив експериментальну

частину досліджень ушкоджень спричинених кулями середнього калібру, обробку отриманих експериментальних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації) [256].

РОЗДІЛ 4

СУДОВО-МЕДИЧНА ОЦІНКА ВОГНЕПАЛЬНИХ УШКОДЖЕНЬ ЗА ДАНИМИ ЕКСПЕРТНИХ ВИПАДКІВ

Всього нами зібрано, піддано аналізу та опрацьовано 45 експертних випадків із вогнепальними ушкодженнями, які були в роботі відділів судово-медичної експертизи трупів та відділень судово-медичної криміналістики Чернівецького, Дніпропетровського, Харківського та Луганського обласних бюро судово-медичної експертизи. При цьому вказані випадки були підібрані з дотриманням принципів рандомізації у період із 2020 по 2024 роки.

Всю вказану вибірку становили особи чоловічої статі з розподілом за віком, що наведений на рисунку 4.1.

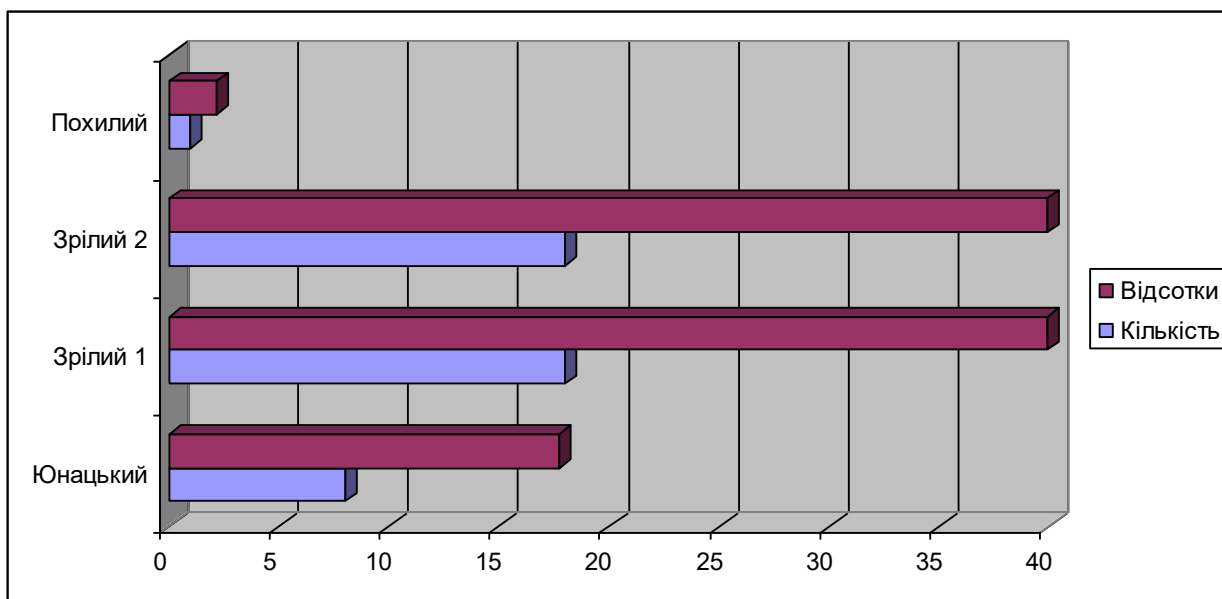


Рис. 4.1. Розподіл чоловіків із вогнепальними ушкодженнями за віком

Як показують дані мал. 4.1, основна кількість потерпілих припадає на 1-й і 2-й періоди зрілого віку – по 18 випадків (по 40%) у кожному, значно менше на чоловіків юнацького віку – 8 випадків (17,8%) та тільки в одному випадку постраждав чоловік похилого віку (2,2%).

Якщо у період мирного часу випадки з вогнепальними пораненнями серед військовослужбовців були поодинокими, в основному, внаслідок самогубства чи необережного поводження зі зброєю, то з початком повномасштабного вторгнення росії на територію нашої держави статистика почала різко змінюватися.

Так, за наявною статистичною інформацією відповідно до щорічних звітів обласних бюро судово-медичної експертизи України кількість насильницької смерті у 2022 році, в порівнянні з 2021 збільшилася приблизно в 1,5 разів, а кількість смерті від вогнепальних тілесних ушкоджень – у 38 разів.

За даними нашого дослідження військовослужбовці складали 77,8% (35 випадків), і тільки 10 випадків (22,2%) трапилися серед цивільного населення.

За розподілом поранень окремих анатомічних ділянок тіла спостерігали наступні закономірності, відображені на рисунку 4.2.

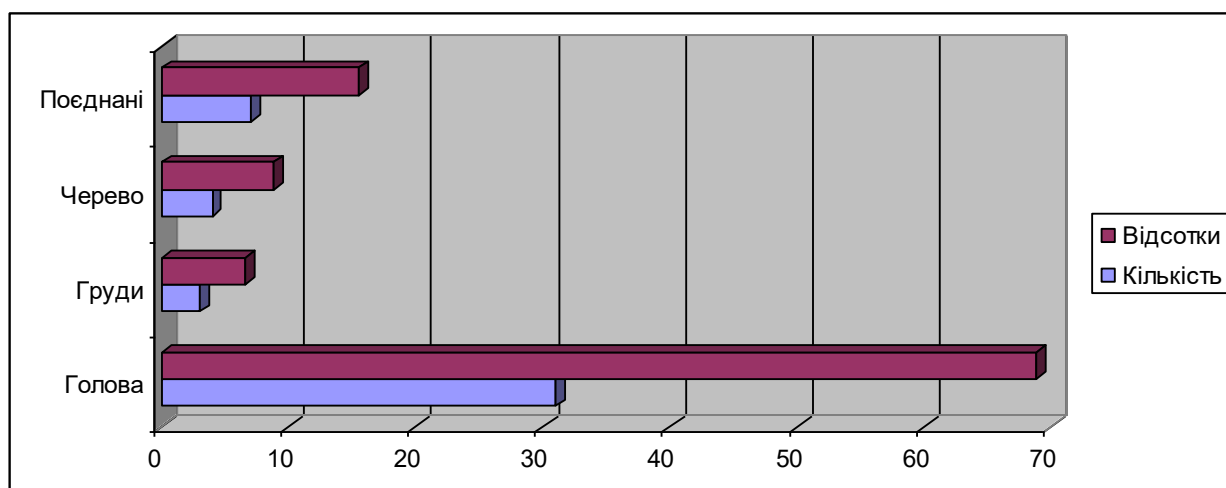


Рис. 4.2. Розподіл вогнепальних ушкоджень за пораненнями окремих ділянок тіла

Статистичні дані рисунку 4.2 свідчать, що основна маса летальних поранень була спричинена пострілами з вогнепальної кульової зброї в ділянку голови – 31 випадок (68,9%), значно меншу їх кількість спостерігали

внаслідок поранень в ділянку грудей та черева – по 3 (6,7%) та 4 (8,9%) випадки відповідно, а поєднані поранення внаслідок вогнепальних ушкоджень кількох ділянок тіла діагностували у 7 випадках (15,5%).

Зі всіх вогнепальних ушкоджень 29 (64,4%) із них носили поодинокий характер, а 16 (35,6%) – були множинними.

Подальший аналіз судово-медичних діагнозів показав, що в переважній більшості випадків – 40 (88,9%) вогнепальні поранення були наскрізними, тільки 3 (6,7%) – носили сліпий характер, а їхнє комбінування фіксували у 2 (4,4%) випадках.

Досить цікавим є аналіз за обставинами справи виду використаної зброї, який ілюструє рисунок 4.3.

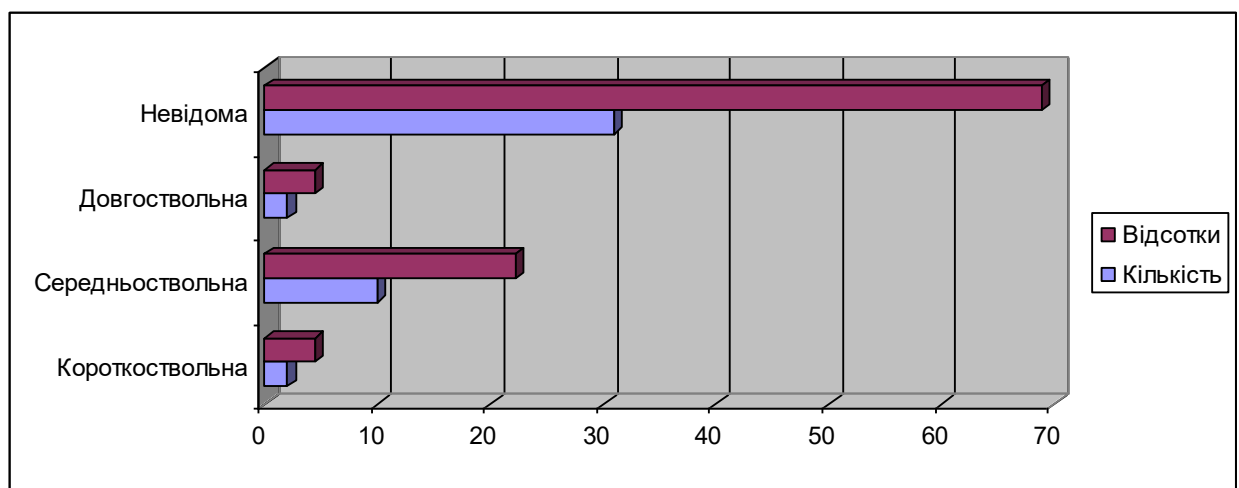


Рис. 4.3. Розподіл вогнепальних ушкоджень за видом використаної зброї

Проведений аналіз демонструє (рис. 4.3), що по 2 випадки (4,4%) припадали на застосування коротко- та довгоствольної зброї, 10 (22,2%) – на застосування вогнепальної зброї із середньою довжиною ствола, а в основній своїй масі і решті випадків – 31 (69,0%) застосована зброя залишалася невідомою.

При аналізі кореляційних взаємозв'язків між викладеними статистичними параметрами, встановлено прямі кореляційні зв'язки

середньої сили між вогнепальними пораненнями окремих частин тіла та професією військового ($r=0,34$), кількістю вогнепальних ушкоджень ($r=0,60$) і видами ранових каналів ($r=0,48$).

Переважно наскрізний характер ушкоджень із застосуванням невстановленої зброї ще більше привертає увагу до можливості встановлення її виду за вивченням різних морфологічних особливостей основних складових частин вогнепального поранення.

Тому наступним етапом судового-медичного аналізу було детальне вивчення морфометричних особливостей основних складових частин вогнепального ушкодження.

Насамперед необхідно відмітити, що властивості боєприпасів до використаної вогнепальної кульової зброї, які були зазначені в судово-медичних документів різних регіонів досить різнилися між собою.

Так, найбільш часто калібр патронів варіював від 5,45 мм (вага кулі 3,85 гр) у випадку застосування вогнепальної зброї зі середньою довжиною ствола (автомат АК-74), до 9,0 мм (вага кулі 16 гр) у випадку застосування зброї з короткою довжиною ствола (пістолети Макарова, Глок) та 14,5 мм (вага кулі 64 гр) у випадках пострілів із довгоствольної зброї (рушниці, в тому числі невстановлених зразків).

Загальна довжина ранових каналів різнилася від виду використаної зброї та анатомо-структурних особливостей ушкоджених ділянок тіла. Мінімальна його довжина становила 11,2 см, максимальна – 28,9, із середнім значенням $21,5 (\pm 0,61)$ см та середньоквадратичним відхиленням 4,07 см.

До власне морфологічних параметрів безпосередньо ранового каналу ми відносимо: діаметри ранового каналу в його початковій (на вході), середній (найбільшій) та кінцевій (на виході) частинах, виміряні як за допомогою традиційних методів вимірювань, так і засобами 3Д моделювання, діаметри та розміри вхідної і вихідної вогнепальної рани, розміри дефекту тканини і ширину кільця осаднення, зафіксовані у

найбільшому їх вимірі як класичними методами так і засобами просторового комп'ютерного моделювання.

Вказані параметри піддані обробці відповідними статистичними інструментами, згруповані у подані таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Морфологічні ознаки вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків, виміряні класичними засобами і при 3Д моделюванні (n = 45)

Показник, одиниці вимірювання	Класичний спосіб			На 3Д моделі			P (Pearson test)
	Mean (SD)	Min	Max	Mean (SD)	Min	Max	
Діаметр вхідної рани, см	0,64 (0,20)	0,4	1,4	0,713 (0,23)	0,440	1,449	0,1
Розміри дефекту (мінус тканина), см	0,26 (0,1)	0,15	0,7	0,320 (0,1)	0,199	0,810	0,01
Розміри кільця осаднення, см	0,23 (0,07)	0,15	0,50	0,294 (0,07)	0,200	0,549	0,0001
Діаметр ранового каналу в початковій частині, см	0,61 (0,20)	0,40	1,40	0,695 (0,20)	0,464	1,524	0,04
Діаметр ранового каналу в середній частині, см	1,31 (0,50)	0,60	2,80	1,43 (0,53)	0,698	2,970	0,27
Діаметр ранового каналу на виході, см	0,84 (0,42)	0,40	2,30	0,935 (0,46)	0,500	2,845	0,3
Найбільший розмір вихідної рани	1,98 (1,33)	0,70	5,50	2,151 (1,37)	0,799	5,755	0,5

Детальний порівняльний аналіз цифрових даних табл. 4.1 показав, що різниця між показниками, виміряними класичним способом та за допомогою 3D моделювання, як і у випадках експериментальних досліджень не була значною, що дозволяє також використовувати запропоновану методику як рівноцінну альтернативу до класичних методів вимірювання.

При цьому так само звертають на себе увагу більші значення всіх діаметрів ранового каналу, що отримані при 3Д моделюванні, розмірів вхідної та вихідної вогнепальної ран, дефекту тканини й кільця осаднення, ніж виміряні за такі в ручному режимі. Виявлене “применшення” вказаних розмірів у ручному режимі також може бути пов’язане з труднощами при вимірюванні лінійних розмірів у різних напрямках “плоскою” лінійкою чи штангенциркулем об’ємної моделі, злегка хвилястими та нерівними краями вхідної та вихідної вогнепальної ран, нерівними контурами дефекту тканини, нерівномірним вираженням кільця осаднення довкола вхідної рани при застосуванні різних типів боєприпасів та еластичних особливостей шкіри різних регіональних ділянок тіла тощо.

Звертає на себе увагу й той факт, що достовірні відмінності між морфологічними показниками за результатами обох методик вимірювань, зважаючи на механізм їх утворення, демонструють ті ознаки, що мають менший розмах значень, незважаючи на вид боєприпасів і використаної зброї. Так, показники дефекту (мінус тканини) ($p=0,01$), розміри кільця осаднення ($p=0,0001$) та діаметру ранового каналу в початковій його частині ($p=0,04$) із достовірно більшою точністю були зафіксовані методами 3Д моделювання. У той же час діаметр вхідної і розміри вихідної вогнепальної рани, діаметри ранового каналу в його середній (найбільшій) частині та на виході були зареєстровані без достовірної різниці між обома методами вимірювань (значення показника достовірності від 0,1 до 0,5), що очевидно зумовлено значною мігнітудою значень через різницю між калібрами та видами вивикористаної зброї.

При наступному етапі судово-медичного аналізу, коли порівнювали співвідношення окремих морфологічних показників між собою за ходом ранового каналу виявлено, що розміри дефекту тканини були в 2,5 рази менші за розміри вхідної рани (у 2,2 рази при 3Д моделюванні), а розміри кільця осаднення у 2,8 рази менші (у 2,4 рази при 3Д моделюванні) за розміри вхідної вогнепальної рани.

Діаметр в середній (найбільшій) частини ранового каналу був у 2,2 рази більший (у 2,06 рази при 3Д моделюванні), ніж в початковій його частині і в 1,6 рази більший (в 1,5 рази при 3Д моделюванні) за такий в кінцевій його частині (при виході кулі).

Описані пропорції відповідають загальноприйнятим уявленням ранової балістики, про утворення зони ранового каналу у вигляді пульсуючої порожнини за дуже короткий проміжок часу внаслідок передачі кінетичної енергії кулі оточуючим біологічним тканинам із поступовим її згасанням за напрямком вильоту кулі.

Розміри ж вихідних вогнепальних ран у випадках наскрізних ушкоджень були у 3,1 рази більші за такі у вхідних у середньому їх значенні, як і в 3,0 рази за даними 3Д моделювання, без виявлення видимих дефектів тканини, пасочків забруднення чи обтирання довкола них.

Наступним етапом судово-медичної оцінки вогнепальних ушкоджень було дослідження кореляційних зв'язків між відомими параметрами кулі (калібром та масою) і рядом досліджених морфометричних параметрів на різних проміжках ранового каналу та між собою.

Перш за все необхідно зазначити, що були встановлені середньої сили прямі кореляційні зв'язки між *калібром кулі* та: дефектом тканини ($r=0,45$, при 3D – $r=0,44$); кільцем осаднення ($r=0,41$, при 3D – $r=0,35$); між середньою ($r=0,33$, при 3D – $r=0,38$) та кінцевою ($r=0,63$, при 3D – $r=0,62$) частинами ранового каналу.

Середні та сильні кореляційні зв'язки були виявлені між *масою кулі* та: діаметром вхідної рани ($r=0,55$, при 3D – $r=0,48$); дефектом тканини

($r=0,71$, при 3D – $r=0,72$); кільцем осаднення ($r=0,63$, при 3D – $r=0,58$); діаметрами ранового каналу в початковій ($r=0,54$, при 3D – $r=0,52$), середній (тільки при 3D – $r=0,31$) та кінцевій ($r=0,51$, при 3D – $r=0,49$) частинах ранового каналу.

Сильні та середньої сили кореляційні зв'язки встановлені між діаметром *вхідної вогнепальної рани* та: дефектом тканини ($r=0,73$, при 3D – $r=0,75$); кільцем осаднення ($r=0,64$, при 3D – $r=0,61$); діаметрами ранового каналу в початковій ($r=0,93$, при 3D – $r=0,91$) і кінцевій ($r=0,38$, при 3D – $r=0,38$) його частинах.

Схожі закономірності кореляцій були зафіксовані між діаметром *вхідної вогнепальної рани* **при 3Д моделюванні** та: дефектом тканини ($r=0,74$, при 3D – $r=0,76$); кільцем осаднення ($r=0,59$, при 3D – $r=0,58$); діаметрами ранового каналу в початковій ($r=0,87$, при 3D – $r=0,86$) і кінцевій ($r=0,39$, при 3D – $r=0,39$) його частинах.

Діаметр ранового каналу в початковій його частині в свою чергу демонстрував середньої сили та сильні кореляційні зв'язки між: діаметром *вхідної вогнепальної рани* ($r=0,93$, при 3D – $r=0,87$); дефектом тканини ($r=0,73$, при 3D – $r=0,74$); кільцем осаднення ($r=0,70$, при 3D – $r=0,67$) та діаметром ранового каналу у вихідній його частині ($r=0,37$, при 3D – $r=0,35$).

Схожу картину кореляцій спостерігали між діаметром *ранового каналу в початковій його частині* **при 3Д моделюванні** та: діаметром *вхідної вогнепальної рани* ($r=0,91$, при 3D – $r=0,86$); дефектом тканини ($r=0,71$, при 3D – $r=0,73$); кільцем осаднення ($r=0,71$, при 3D – $r=0,68$); діаметром ранового каналу в середній його частині при 3Д моделюванні ($r=0,32$) та у вихідній його частині ($r=0,40$, при 3D – $r=0,37$).

Натомість *діаметр ранового каналу в середній його частині* корелював, демонструючи середньої сили прямі кореляційні зв'язки з: кільцем осаднення ($r=0,52$, при 3D – $r=0,49$); діаметром ранового каналу на виході ($r=0,36$, при 3D – $r=0,32$) та розмірами *вихідної вогнепальної рани* ($r=0,33$, при 3D – $r=0,31$).

Той же *діаметр ранового каналу в середній його частині при 3Д моделюванні* корелював, демонструючи середньої сили прямі кореляційні зв'язки з: кільцем осаднення ($r=0,56$, при 3D – $r=0,52$); діаметром ранового каналу в початковій його частині при 3Д моделюванні ($r=0,32$) та на виході ($r=0,37$, при 3D – $r=0,32$) і розмірами вихідної вогнепальної рани ($r=0,31$).

Досить широкий спектр прямих кореляцій середньої сили було відмічено між *діаметром ранового каналу на виході* і: діаметром вхідної вогнепальної рани ($r=0,38$, при 3D – $r=0,39$); дефектом тканини ($r=0,53$, при 3D – $r=0,52$); кільцем осаднення ($r=0,47$, при 3D – $r=0,41$); діаметрами ранового каналу на вході ($r=0,37$, при 3D – $r=0,40$) і в середній його частині ($r=0,36$, при 3D – $r=0,37$).

З такими ж особливостями кореляції було встановлено між *діаметром ранового каналу на виході при 3Д моделюванні* та: діаметром вхідної вогнепальної рани ($r=0,38$, при 3D – $r=0,40$); дефектом тканини ($r=0,52$, при 3D – $r=0,52$); кільцем осаднення ($r=0,43$, при 3D – $r=0,36$); діаметрами ранового каналу на вході ($r=0,35$, при 3D – $r=0,37$) і в середній його частині ($r=0,32$, при 3D – $r=0,32$).

Висновки до розділу 4: за даними судово-медичної оцінки експертних випадків із вогнепальними ушкодженнями обласних бюро судово-медичної експертизи, їхньої статистичної обробки та порівняльного аналізу, можна прийти до наступних висновків.

Проблема судово-медичної експертизи різних аспектів вогнепальних тілесних ушкоджень є надзвичайно важливою в особливий період воєнного стану, кількість яких збільшилася у 38 разів, порівняно з умовами мирного часу, а частка потерпілих військовослужбовців наблизилася до 80%, порівняно із цивільним населенням.

При цьому основна маса постраждалих чоловіків припадає на 1-й і 2-й періоди зрілого (80%) та юнацького (17,8%) віку.

Основна маса летальних поранень (68,9%) була спричинена пострілами з вогнепальної кульової зброї в ділянку голови; зі всіх вогнепальних

ушкоджень 64,4% носили поодинокий характер, а 88,9% були наскрізними і в переважній більшості випадків (69,0%) спричинені з невстановленої зброї.

Середнє значення довжини ранового каналу в тілі потерпілих за даними судово-медичних експертиз складало $21,5 \pm 0,61$ см.

Тривимірне просторове моделювання, як і у випадках експериментальних досліджень є рівноцінною альтернативою до класичних методів вимірювання, а при фіксації таких морфологічних ознак як: розмірів дефекту тканини ($r=0,01$), кільця осаднення ($r=0,0001$) та діаметру ранового каналу в початковій його частині ($r=0,04$) демонструє підвищену точність результатів із достовірною різницею між ними.

Розміри ранового каналу в середній його частині вдвічі більші за такі в початковій його частині та в 1,6 рази більші за такі в кінцевій його частині, а розміри ж вихідних вогнепальних ран в середньому втричі більші за такі у вхідних.

Збільшення калібру кулі прямо-пропорційно впливає на збільшення розмірів дефекту тканини, ширини кільця осаднення, діаметрів середньої та кінцевої частин ранового каналу. В той же час збільшення маси кулі прямо-пропорційно впливає на збільшення діаметру вхідної рани, дефекту тканини, ширини кільця осаднення, діаметрів ранового каналу в його початковій, середній та кінцевій частинах.

Основні результати даного розділу висвітлено в наступних публікаціях:

1. Савка ІГ, **Змієвська ЮГ**. Судово-медична оцінка вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків. Судово-медична експертиза. 2024;2:60-7. doi: [10.24061/2707-8728.2.2024.9](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2024.9) (**Фахове видання України**). *(Здобувач проводив збір матеріалу у вигляді вогнепальних ушкоджень із числа практичних випадків судово-медичних експертиз трупів та медико-криміналістичних експертиз, морфологічний аналіз, обробку отриманих практичних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації)[54]*.

2. **Zmievskа YuG.** Forensic-medical examination injuries caused by automatic firearms chambered in 5.45mm caliber. В: Матеріали 105-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету, присвяченої 80-річчю БДМУ; 2024 Лют 05, 07, 12; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2024; с. 18. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах з автомата кулями малого калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку тез до публікації).*

РОЗДІЛ 5

СУДОВО-МЕДИЧНЕ ВСТАНОВЛЕННЯ КЛЮЧОВИХ ІДЕНТИФІКУЮЧИХ ОЗНАК КУЛІ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ ІЄРАРХІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ МОРФОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ВОГНЕПАЛЬНОГО ПОРАНЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ФОРМ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Рани, спричинені з вогнепальної зброї, як правило, мають точну картину, як вхідні, так і вихідні. Ранові канали в теорії і практиці судово-медичної експертизи та рановій балістиці також загальновідомо складаються із визначених зон. Але в реальному житті вони можуть представляти невизначені елементи, іноді відхиляючись від того, що вважається стандартним, і демонструвати окремі особливості, які важко пояснити при криміналістичному та балістичному аналізі. В нашій роботі при аналізі балістичних характеристик було проведено розділення масиву даних на дві групи: з відомим калібром зброї та із невстановленим діаметром кулі.

В першій групі нами проведений кластерний аналіз множинних взаємозв'язків між характеристиками кулі (калібром, масою, початковою швидкістю, кінетичною енергією) та балістичними особливостями ранового каналу в одновимірній і тривимірній проекціях (діаметрами на вході, в середній частині та на виході, довжиною каналу та розмірами дефектів).

За кластерними зв'язками було відібрано найбільш значущі показники (рис. 5.1). Найбільш тісні характеристики поєднань калібру кулі (за одинарними зв'язками евклідової дистанції) були з ознаками ранового каналу в такій ієрархічній послідовності: вхідний діаметр та діаметр рани, рановий дефект, вихідний діаметр, середній діаметр і вихідна рана. Маса кулі мала слабкіші кореляції, а довжина каналу була слабо пов'язаною з основними характеристиками.

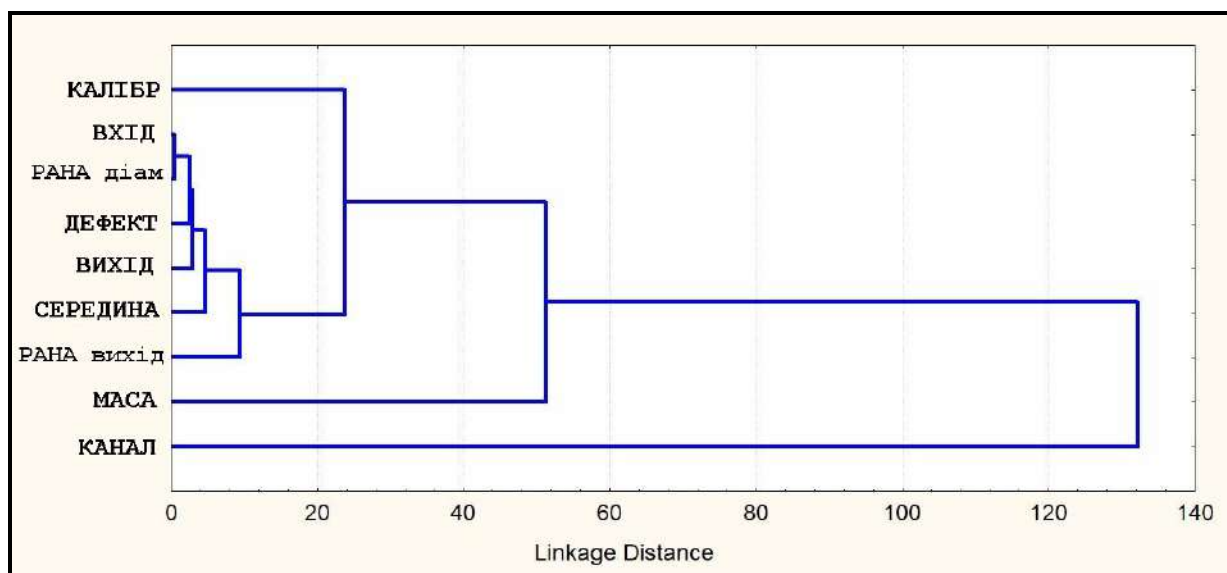


Рис. 5.1. Кластерний аналіз взаємозв'язку показників

Такий гнучкий підхід дозволяє при судово-медичній експертизі пристосуватися до конкретних обставин кожного випадку, виділивши найбільш важливі компоненти, забезпечуючи проведення істотних досліджень та уникнути зайвих процедур. Співвідношення між різними частинами рани залежать від щільності тканин тіла та балістичних характеристик кулі. В нашому дослідженні рановий канал мав найменший діаметр у вхідній частині ($0,63 \pm 0,02$ см) (Рис. 5.2), що було вірогідно меншим, ніж в середній частині ($1,31 \pm 0,07$ см, $p < 0,05$) та у вихідному відділі ($0,84 \pm 0,06$ см, $p < 0,05$).

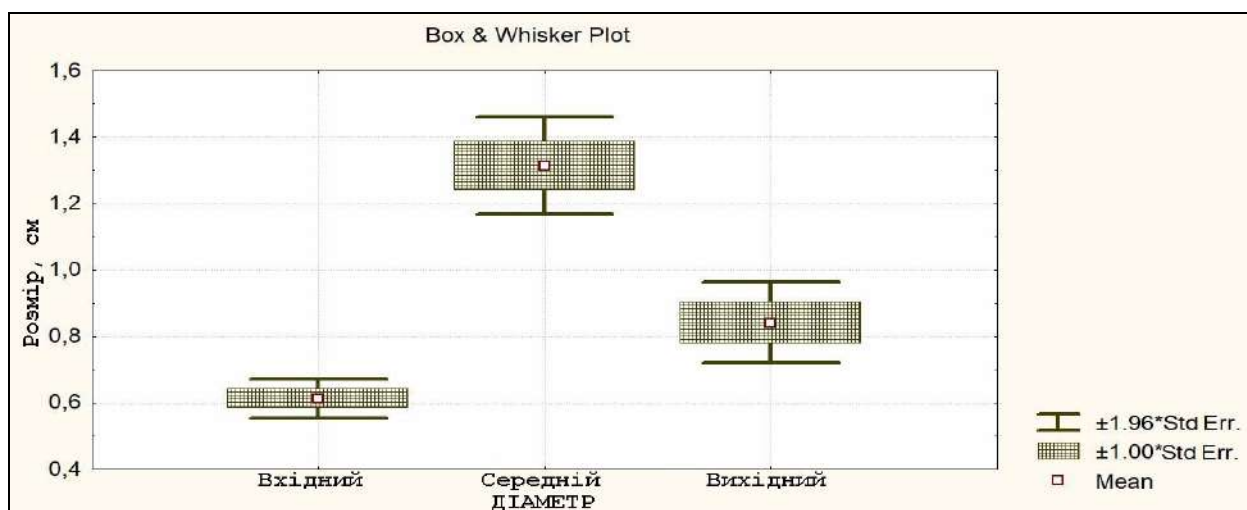


Рис. 5.2. Діаметр ранового каналу в різних його частинах

В той же час дисперсія розмірів була найменшою саме в місці входу кулі, де найчастіше зустрічався діапазон 0,4-0,6 см, що відповідає пострілу калібром кулі – 5,45 мм із застосуванням вогнепальної зброї з середньою довжиною ствола (автомат АК-74) (Рис. 5.3). У 8 випадках діаметр вхідної частини каналу був у діапазон 0,8-1,0 см, що більш ймовірно відповідає пострілу з короткоствольної зброї (пістолета) з калібром кулі до 9,0 мм. В одному випадку діаметр вхідного каналу був 1,4 см, типового для довгоствольної зброї (рушниці калібром 14,5 мм).

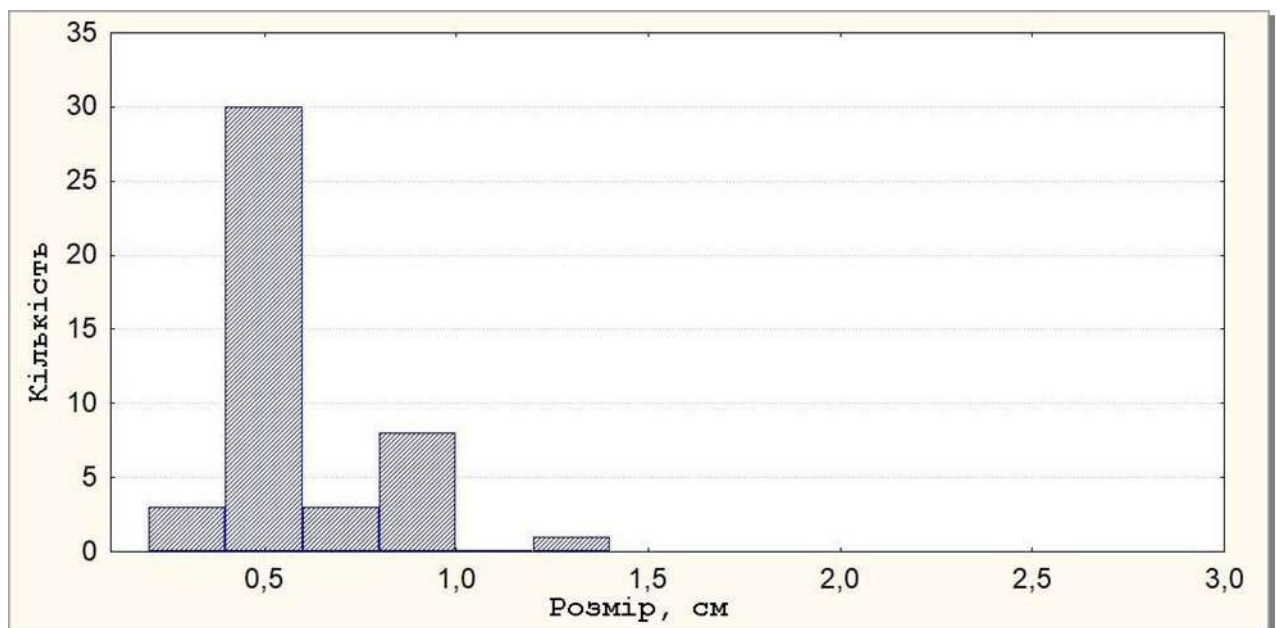


Рис. 5.3. Дисперсія показників діаметра ранового каналу на вході

Нетипові особливості травми з вогнепальної зброї створюють унікальні характеристики рани: нерегулярну морфологію, яка може бути наслідком деформації кулі, посередницьких цілей або ефектів рикошету, зміну траєкторій та створення оманливих особливостей. Ці унікальні явища відбуваються всередині людського тіла і призводять до суттєвої різниці у змінах тканин. Розміри ранового каналу в середній його частині в нашому дослідженні не носили чітких ознак калібру кулі. Для прикладу, дисперсія діаметру середньої частини каналу для кулі калібром 5,45 мм коливалася в

межах від 8 до 28 мм (Рис. 5.4), хоча на виході була вже не такою значною (рис. 5.5)

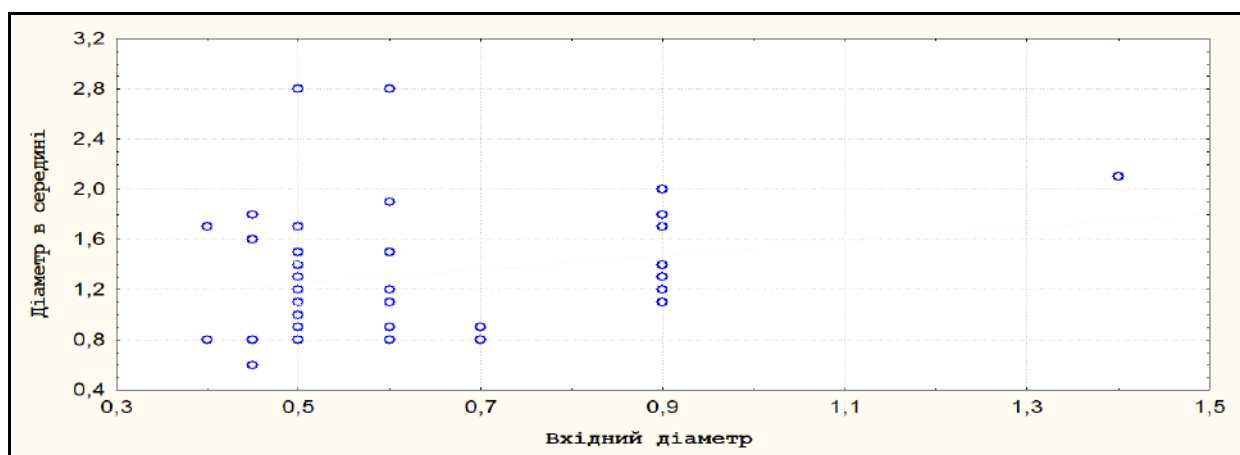


Рис. 5.4. Порівняльний характер дисперсії показників ранового каналу: вхідної та середньої частини

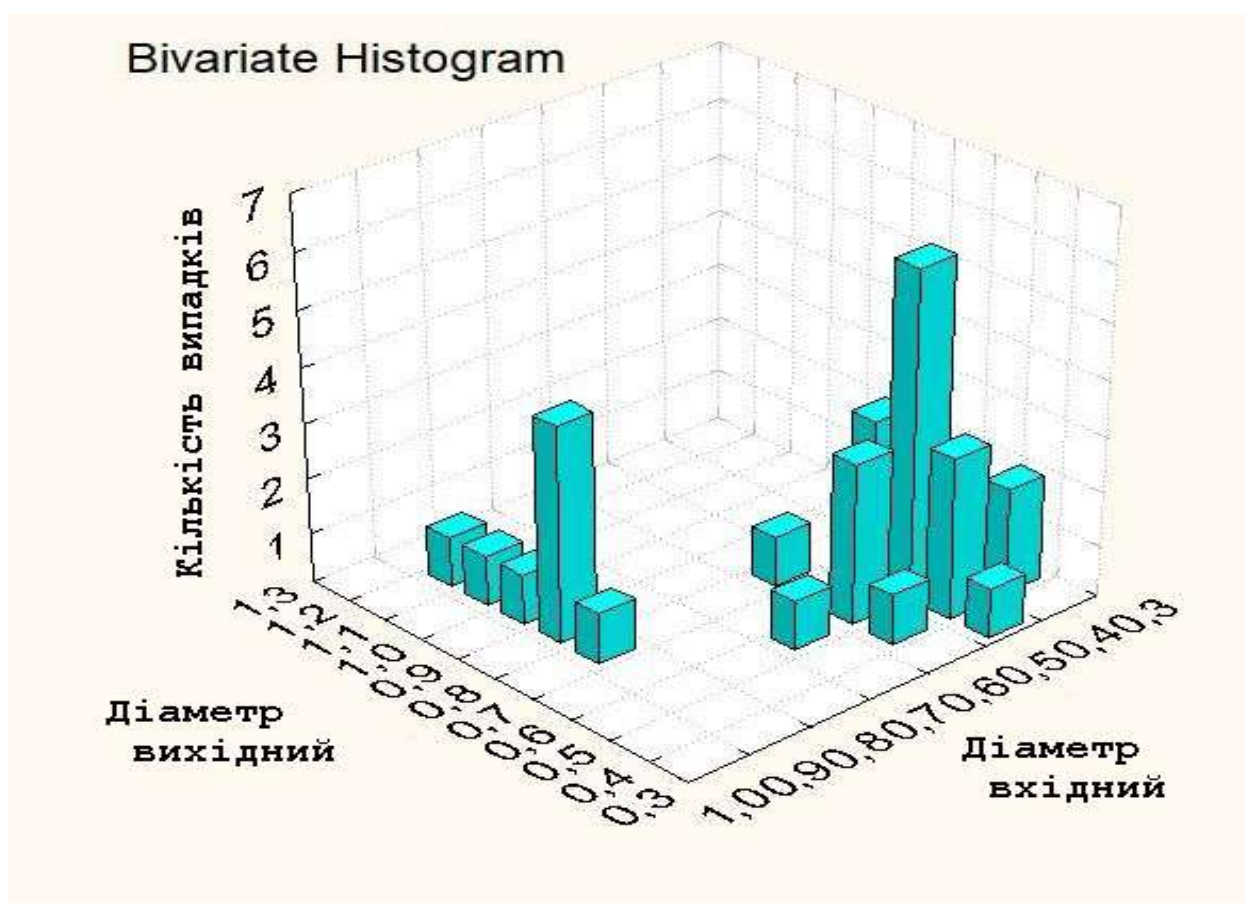


Рис. 5.5. Порівняльний характер дисперсії показників ранового каналу на його вході й виході

Подальший аналіз впливу калібру кулі (КК) на характеристики рани проводили з найбільш близькими за зв'язками величинами. Регресійний аналіз між діаметром ранового каналу на вході та КК мав високий корелятивний зв'язок ($r=0,92$, $p<0,05$) (рис. 5.6).

Формула отриманої лінійної регресії:

$$(КК=0,72+10,37*ДВх) \quad (5.1)$$

дозволяє з великою ймовірністю встановити КК (у мм), який призвів до порушення цілісності тканин.

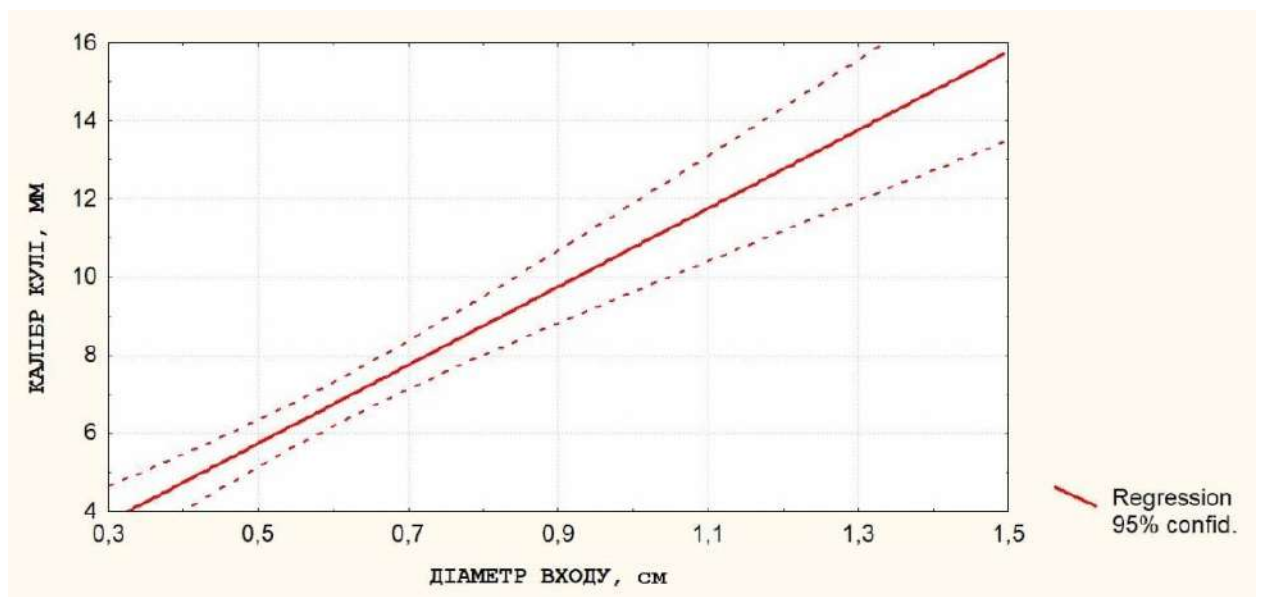


Рис. 5.6. Регресійний аналіз між діаметром ранового каналу на вході та калібром кулі

Практично таким же був корелятивний зв'язок діаметру ранового каналу на вході з іншою характеристикою кулі – її масою (Рис. 5.7) ($r=0,96$, $p<0,05$). Формула лінійної регресії що пов'язує ці показники:

$$(МК=-27,87+63,59*ДВх), \quad (5.2)$$

яка також дозволяє з великою ймовірністю встановити масу кулі (у грамах).

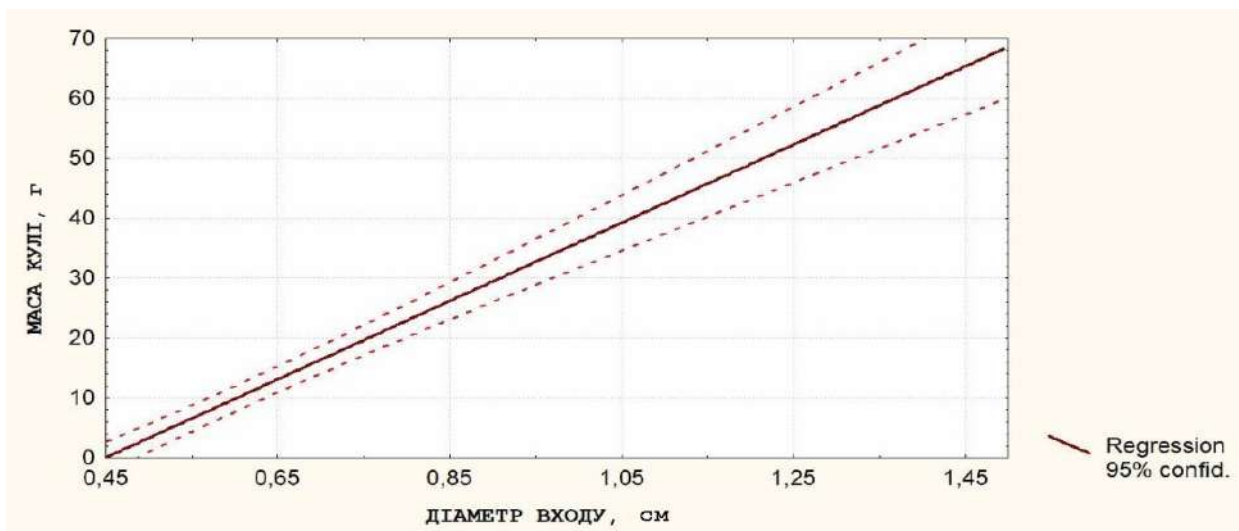


Рис. 5.7. Регресійний аналіз між діаметром ранового каналу на вході та масою кулі

В той же час, така характеристика ранового каналу як довжина, мало залежить від особливостей балістики кулі та типу вогнепальної зброї. Кулі великого калібру мають дещо меншу довжину каналу внаслідок більшого діаметру та більшого опору тканин тіла, але корелятивний зв'язок між цими показниками є недостовірним і дуже слабким ($r=0,06$, $p>0,05$). Ці дані підтверджуються показниками регресійного аналізу (Рис. 5.8). Така особливість рани в значному ступені залежить від траєкторії польоту кулі, відстані пострілу, наслідків опору різних тканин тіла в окремих ділянках.

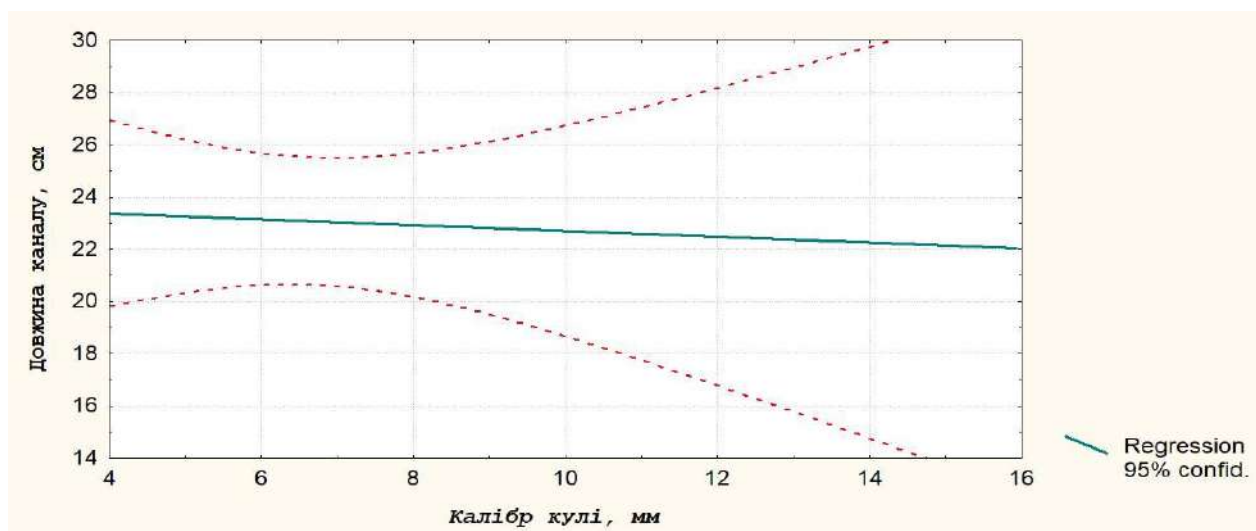


Рис. 5.8. Регресійний аналіз взаємозв'язку між довжиною ранового каналу та калібром кулі

Якщо вхідна вогнепальна рана переважно має округлу рану з розмірами 0,4-0,6 см, то вихідна рана найчастіше має овальну форму з розміром приблизно 0,8 см на 0,5 см, з відвернутими геморагічними краями. Навколишня шкіра представляє червонувато-коричневе знебарвлення, що поширюється приблизно на протязі 1-2 см. Аналіз зв'язку між КК та діаметром ранового каналу на виході має такий же характер, як і для вхідного показника, але внаслідок впливу тканин, що ушкоджені, зміни форми, кінетики кулі в рановому каналі, кореляція є слабкої сили та невисокої вірогідності ($r=0,25$, $p>0,05$) (Рис. 5.9). Формула отриманої лінійної регресії

$$(KK=3,93+2,45*ДВ_{\text{вих}}) \quad (5.3)$$

дозволяє також отримати орієнтовний результат КК (у мм).

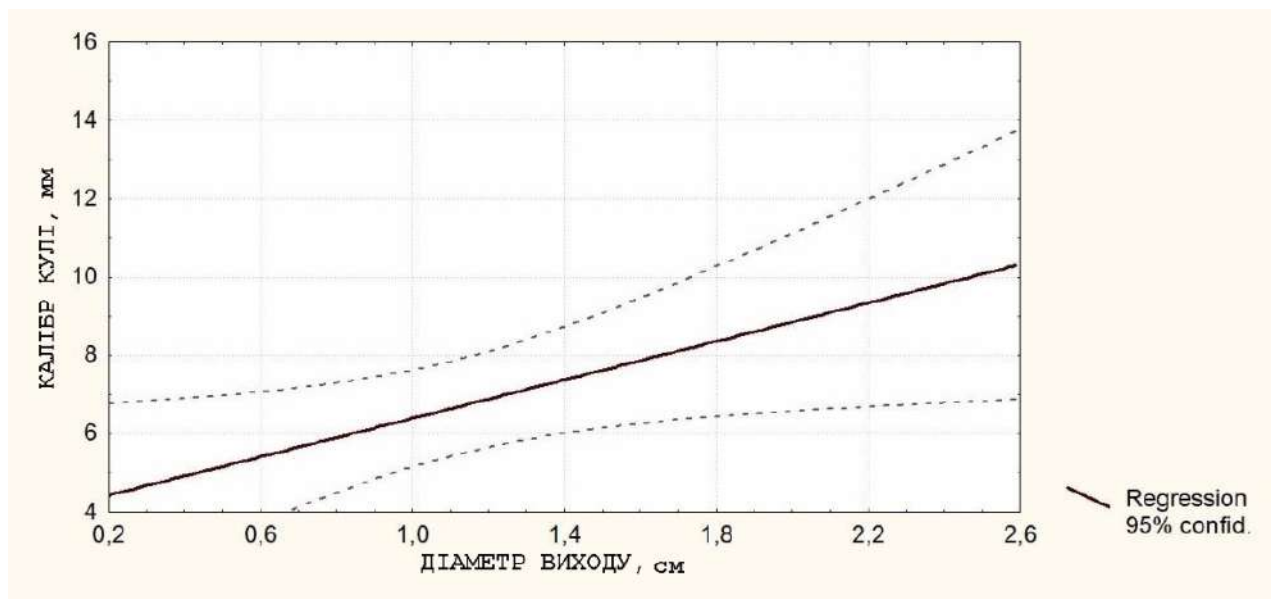


Рис. 5.9. Регресійний аналіз між діаметром ранового каналу на виході та калібром кулі

Схожі результати були отримані й іншими дослідниками, але вони торкалися переважно інших параметрів. Так, американські експерти (Petrone P. et al. 2025) відмітили, що розміри вхідного отвору змінювалися залежно від анатомічного місця, завдовжки від 6,25 до 6,67 мм у грудній клітці, 5,8-7,3 мм у ногах та 7,54 7,62 мм у ділянці голови. Варіація вимірювань ширини

та довжини не виявилася безпосередньо пов'язаною з відстанню пострілу. Глибина різнилася незалежно від тканини та відстані стрільби, хоча втрата проникаючої потужності та характер травм спостерігалися в залежності від особливостей цілі.

Основні результати даного розділу висвітлено в наступних публікаціях:

1. **Zmievska Y**, Savka I. Experimental Studies of Bullet Gunshot Injuries by Three-Dimensional Spatial Reconstruction. Folia Societatis Medicinae Legalis Slovacaе. 2023;13(2):55-8. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах з автомата кулями малого калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

2. **Zmievska Y**, Savka I. Experimental Studies of Bullet Gunshot Injuries by Three-Dimensional Spatial Reconstruction. In: Proceedings of the 53-rd Krsek Conference of Forensic Medicine with international participation; 2023 May 28-30; Modra, Slovenska republika. Modra; 2023. *(Здобувач провела експериментальну частину досліджень, морфологічний аналіз, статистичний аналіз, написання та підготовку матеріалів статті до публікації і виступу).*

РОЗДІЛ 6

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Останні десятиріччя тема досліджень ВУ набирає своєї актуальності в усьому світі для медиків та судово-медичних експертів, зокрема в США ВТ є найпоширенішою причиною смерті серед усіх можливих видів травматизму.

Так перед судово-медичними експертами та працівниками правоохоронних органів завжди постає питання яким саме снарядом (кулею) було спричинено ВТУ та з якого виду зброї він був випущений, а також актуальним лишається питання відтворення обставин подій, що сталися.

На сьогоднішній день кількість ВТУ продовжує збільшуватися навіть за умов мирного часу в багатьох країнах Європи, що також потребує від практиків поглиблених знань щодо ВТ та оновлення тактик надання першої медичної допомоги, оскільки найбільший відсоток летальних випадків припадає на догоспітальний етап, а рівень смертності є значно вищим у порівнянні з іншими видами травматизму.

Найчастіше ВТУ завдають з метою нападу, проте відсоток самогубств з використанням ВЗ залишається також високим та посідає четверте місце з усіх можливих. Окрім того, не рідкими є випадки застосування ВЗ з боку працівників правоохоронних органів щодо цивільних осіб.

Окремою проблемою, що привертає увагу до вивчення ВТ є велика кількість локальних війн та збройних конфліктів. У світі було зафіксовано більше 200 таких випадків із часів другої світової війни. Враховуючи розповсюдженість локальних війн, не стоїть на місці і розвиток створення та виготовлення нової зброї та вдосконалення вже існуючих видів ВЗ.

Для України тема дослідження ВУ особливо набула своєї актуальності за останнє десятиріччя, після подій на майдані та військового вторгнення у 2014 році дана проблематика була більш розповсюджена на Сході країни, а після повномасштабного вторгнення 24 лютого 2022 року набула своєї актуальності по всій території України.

У 2022 році кількість зареєстрованих кримінальних правопорушень проти миру, безпеки людства та міжнародного правопорядку становила 62128, з яких 60387 – порушення законів та звичаїв війни (воєнні злочини), у 2023 році відповідно 62667 і 60944 [3, 21, 28].

За узагальненими даними наданими, наданими за результатами роботи обласних бюро судово-медичної експертизи України кількість насильницької смерті у 2022 році, в порівнянні з 2021 збільшилася приблизно в 1,5 разів, а кількість смерті від ВТУ – у 38 разів.

Характер бойової травми не є перманентним та постійно змінюється, це обумовлено тим, що противник застосовує всі доступні йому види зброї, окрім ядерної, а також розробляє нові види зброї, що призводить до більш тяжких травм та ушкоджень, що мають нові характеристики [51].

Все це обумовлює виклики, що постають перед судово-медичними експертами у частині фіксації ВТУ та визначення їх виду та морфологічних характеристик. Існуючі класичні методи досліджень не завжди є ефективними та не в повній мірі дозволяють відповідати на зазначені питання.

Похибки у вимірюваннях ручними засобами є дещо вищими ніж за допомогою використання комп'ютерних програм. Це вимагає пошуку нових і вдосконалення вже існуючих методів досліджень із метою ідентифікації основного травмуючого фактору ВТУ.

Після аналізу літературних джерел, стало зрозумілим, що новітні цифрові технології широко впроваджуються в практики різних галузей знань, зокрема судову експертизу, криміналістику, медицину та СМЕ.

В діяльності правоохоронних органів методики 3Д моделювання найчастіше застосовують при огляді місця події задля фіксації безпосередньо обстановки на місці події. Така фіксація потребує документування великих обсягів інформації, а людський фактор може часто спричиняти втрату важливої інформації, яка в подальшому не зможе бути відновлена, то використання автоматичних методів, що повністю сканують обстановку

дозволяє повертатися до дослідження місця події в будь-який час без втрати вихідних даних. Також, ці методики дозволяють за допомогою програмних забезпечень в подальшому моделювати та відтворювати обставини випадку та проводити ситуаційні експертизи.

В діяльності судової експертизи інноваційні технології, зокрема 3Д моделювання, набувають популярності в частині балістичних, трасологічних та дактилоскопічних досліджень, що значно підвищує їх можливості, наочність та дає змогу повертатись до проведення досліджень та проводити повторні дослідження через великі проміжки часу.

В медицині методи 3Д сканування та моделювання найбільше набирають популярності в частині стоматології, задля проведення лікування зубів в режимі реального часу та широко використовується для створення зубних імплантів.

В судово-медичній експертизі найпоширенішим використанням користуються методи ПМКТ та ПМРТ у поєднанні з класичними методами аутопсії, що значно розширює перелік можливостей такої експертизи. А методи 3Д моделювання також часто застосовують з метою ідентифікації невпізнаних трупів, зокрема, в частині судово-медичної одонтології та для відтворення понівечених обличч і моделювання обличчя за кістковими рештками (черепами).

Проте, питання щодо встановлення морфологічних та ідентифікуючих особливостей тілесних ушкоджень за допомогою методу 3Д моделювання лишається не достатньо вивченим та освітленим. У зв'язку з чим, нами було обрано методи фотограмметрії та 3Д моделювання для дослідження їх можливостей в частині ідентифікації основного травмуючого фактора при ВТУ. На нашу думку, такі дослідження дадуть змогу покращити можливості щодо ідентифікації снарядів (куль) за допомогою вивчення характеристик ВТУ та підвищити візуалізацію і наочність висновків СМЕ.

Так, нами було розроблено методику щодо дослідження ВТУ, шляхом створення 3Д моделей окремих частин ранового каналу з подальшою

можливістю їх складання в єдине ціле, за допомогою фотограмметрії та комп'ютерних програм Розроблено алгоритм створення 3Д комп'ютерної моделі, продемонстровано переваги й можливості його подальшого використання у практичній роботі судово-медичних експертів.

При вимірюванні методом 3Д створених за допомогою комп'ютерних програм «Agisoft Photoscan» і «3ds max» моделей частин ранових каналів, результати вимірювань були значно точнішими (до 0,001 см) в порівнянні з класичними методами вимірювань.

Задля проведення експериментальних досліджень нами було обране поєднання біологічних та небіологічних імітаторів м'яких тканин тіла людини (шкіра з підшкірно-жировою клітковиною свині та балістична глина Roma Plastilina). А також були використані стоматологічні альгінатні маси для безпосереднього створення 3Д моделей ранового каналу у цих імітаторах.

Загалом нами було проведено 5 серій експериментальних досліджень із відомими зразками зброї та відомими умовами здійснення пострілів, були використані кулі від малого до великого калібру, а також зразки зброї із різною довжиною ствола, що дало змогу дослідити різні за морфологічними характеристиками ушкодження.

У серії експертних досліджень досліджували реальні випадки з числа експертиз трупів, що проводили у бюро судово-медичної експертизи з ВТУ впродовж чотирьох років.

Перевагою описаного нами методу є можливість створення 3Д моделей як окремих частин ранового каналу так і повного його відтворення в разі потреби, можливість його зберігання в електронному форматі протягом тривалого часу, що дасть змогу вивчати його особливості та морфологічні характеристики навіть після захоронення трупа, а також направляти отримані 3Д моделі для дистанційних консультацій до інших спеціалістів за потреби.

Отже, отримані нами результати при дослідженні експертних випадків з числа реальних СМЕ відображають можливість застосування комп'ютерних

програм «Agisoft Photoscan» та «3DsMax» для створення моделей частин ранового каналу.

Проте, метою нашого дослідження було не тільки впровадження новітніх методів досліджень, а оцінка можливості їх використання для встановлення ідентифікуючих особливостей основного травмуючого фактора при ВТУ, тобто встановлення КК. Із цією метою проводили дослідження морфологічних характеристик ранових каналів, спричинених кулями різного калібру, статистичний аналіз та дослідження кореляційних зв'язків, що були встановлені під час проведення експериментальних та експертних досліджень.

Під час проведення першої серії експериментальних досліджень було встановлено, що при пострілах зі зброї, за своїми характеристиками наближеної до вогнепальної, виникають сліпі ранові канали, які здебільшого закінчуються у підшкірній жировій клітковині. Діаметр вхідної вогнепальної рани та ранового каналу в початковій його частині були в 1,3 рази менші, ніж діаметр самої кулі. Рановий канал був циліндричної форми з незначним розширенням в кінцевій його частині, який за розмірами практично відповідав діаметру самої кулі. За допомогою інструментів статистичної обробки результатів була встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та довжиною ранового каналу, його діаметром у початковій і середній частинах й діаметром вхідної рани, виміряними у процесі їх 3Д моделювання ($p \leq 0,05$).

Під час проведення другої серії експериментальних досліджень було встановлено, що всі ранові канали носили наскрізний характер відносно довжини пластилінового блока (16 см). Діаметр вхідної рани та початкової частини ранового каналу були меншими, ніж реальний діаметр кулі (в 1,3 рази), а діаметр середньої та вихідної частин ранового каналу були значно більші, ніж реальний діаметр кулі. Рановий канал мав хвилеподібну форму, мав найменший розмір у своїй початковій частині, найбільший у середній

частині (у 8,2 рази більший, ніж на початку) та проміжний на виході (у 2,7 рази більший, ніж на вході).

За допомогою інструментів статистичної обробки результатів була встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та діаметром ранового каналу у початковій ($r=0,52-0,53$), середній ($r=0,53-0,54$) і кінцевій ($r=0,68$) частинах й діаметром вхідної рани ($r=0,88$), розміром дефекту тканини ($r=0,76$) та розміром кільця обтирання ($r=0,72-0,73$), виміряними у процесі їх 3Д моделювання ($p \leq 0,05$).

Під час проведення третьої серії експериментальних досліджень було встановлено, що всі ранові канали носили наскрізний характер відносно довжини пластилінового блока (16 см). Діаметр вхідної рани був в усіх випадках меншим, ніж реальний діаметр кулі в 1,1 разів.

Рановий канал мав хвилеподібну форму та був найбільшим у середній частині (в 16,28 разів більшим, ніж діаметр початкової частини ранового каналу), та проміжним на виході (в 2,54 рази меншим ніж діаметр середньої частини і в 6,35 разів більшим, ніж діаметр вхідної частини).

За допомогою інструментів статистичної обробки результатів була встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та діаметром ранового каналу у початковій ($r=0,6$), середній ($r=0,68-0,69$) частинах й діаметром вхідної рани ($r=0,91-0,92$), розміром дефекту тканини ($r=0,85-0,86$) виміряними у процесі їх 3Д моделювання ($p \leq 0,05$). А також була встановлена обернена залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та кільцем осаднення ($r=-0,63-0,66$), виміряними класичними методами.

Під час проведення четвертої серії експериментальних досліджень було встановлено, що всі ранові канали носили наскрізний характер відносно довжини пластилінового блока (16 см). У цій серії експериментів вже зустріли випадки, коли розмір вхідної рани був більшим за реальний розмір кулі, проте в середньому, розмір вхідної рани був меншим, ніж реальний розмір кулі в 1,07 разів. Форма ранового каналу значно відрізнялася від

попередніх серій експериментальних досліджень і була конусоподібною. Відмічали поступове його розширення у початковій та середніх частинах та значне розширення діаметру ранового каналу в його вихідній частині.

Середньої сили прямі кореляційні зв'язки були встановлені між початковою швидкістю кулі та діаметром вхідної частини ранового каналу, вимірною класичним методом ($r=0,43$), діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,44$) при вимірюванні всіма методами, розмірами дефекту тканини ($r=0,45$ при вимірюванні класичними методами, $r=0,46$ при вимірюванні методом 3Д) та розміром кільця осаднення ($r=0,33$) при вимірюванні методом 3Д.

Під час проведення п'ятої серії експериментальних досліджень було встановлено, що всі ранові канали носили наскрізний характер відносно довжини пластилінового блока (16 см). У цій серії експериментів вже зустрічали випадки, коли розмір вхідної рани був дещо більшим, ніж реальний розмір кулі, проте при використанні методу 3Д моделювання в середньому розмір вхідної рани практично відповідав реальному розміру кулі. Форма ранового каналу була майже прямолінійною. Відмічали поступове розширення ранового каналу в його середній та вихідній частинах.

За допомогою інструментів статистичної обробки результатів була встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,9$), діаметром вихідної частини ранового каналу ($r=0,94$), діаметром вхідної рани ($r=0,83$) та розміром дефекту тканини ($r=0,74$).

Сильні прямі кореляційні зв'язки встановлені між питомою енергією та діаметром середньої частини ранового каналу, діаметром вихідної частини ранового каналу та діаметром вхідної рани ($r=0,83-0,90$), а також середньої сили між розміром дефекту тканини та діаметром початкової частини ранового каналу ($r=0,66$ та $r=0,55$ відповідно).

Під час проведення експертних досліджень автори дійшли висновку, що збільшення калібру кулі прямо-пропорційно впливає на збільшення

розмірів дефекту тканини, ширини кільця осаднення, діаметрів середньої та кінцевої частин ранового каналу. В той же час, збільшення маси кулі прямо-пропорційно впливає на збільшення діаметру входної рани, дефекту тканини, ширини кільця осаднення, діаметрів ранового каналу в його початковій, середній та кінцевій частинах.

За кластерними зв'язками було відібрано найбільш значущі показники. Найбільш тісні характеристики поєднань калібру кулі (за одинарними зв'язками евклідієвої дистанції) були з ознаками ранового каналу в такій ієрархічній послідовності: входний діаметр та діаметр рани, рановий дефект, вихідний діаметр, середній діаметр і вихідна рана

Формула отриманої лінійної регресії ($KK=0,72+10,37*ДВх$) дозволяє з великою ймовірністю встановити КК (у мм), який призвів до порушення цілісності тканин.

Тож, наразі актуальність дослідження вогнепальної травми для України та всього світу не викликає жодних сумнівів, зберігається тенденція до збільшення ВТ в усьому світі.

Застосування новітніх методів в різних галузях науки і практики починають стрімко набирати обертів, зокрема застосування методів 3Д моделювання.

Отже, проведені нами дослідження свідчать про високу ефективність застосування методів 3Д моделювання для дослідження ВТУ, та показують високу точність у результатах отриманих вимірювань (до 0,001см). А проведений аналіз значущих показників складових частин ранового каналу дозволили встановити пряму залежність між КК та розмірами входної рани, що дало можливість до виведення лінійного рівняння, яке надає можливість із високою вірогідністю виходити на КК за відомими розмірами входної рани.

ВИСНОВКИ

У наданій дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано й експериментально доведено доцільність використання методів цифрового тривимірного моделювання вогнепальних тілесних ушкоджень, для більш ефективної судово-медичної діагностики ідентифікаційних ознак виду травмуючого снаряду. Вперше запропоновано новий підхід до вирішення актуальної наукової та практично значущої проблеми щодо встановлення калібру кулі та її маси шляхом створення цифрової об'ємної моделі вогнепального ранового каналу на основі фотограмметрії, сучасних комп'ютерних програм та високоефективних форм статистичного аналізу.

1. Сучасний метод цифрового тривимірного моделювання, як окремих елементів вогнепального поранення, так і цілісного ранового каналу в об'ємному вигляді, дозволяє фіксувати їх морфометричні ознаки з підвищеною у 10 разів точністю (до 0,001 см), порівняно з класичними методами вимірювань. Його застосування дозволяє виявляти нову морфологічну ознаку у вигляді «спіралеподібного закручування ранового каналу», що може вказувати на напрямок закручування нарізів всередині каналу короткоствольної нарізної зброї калібром 9 мм.

2. При пострілах зі зброї, за своїми характеристиками наближеної до вогнепальної (револьвера, спорядженого набоями Флобера з діаметром кулі 4,1 мм та масою 0,47 г), виникають сліпі ранові канали циліндричної форми з незначним розширенням в кінцевій його частині, які за розмірами практично відповідають діаметру самої кулі (до 0,43 см), закінчуються у підшкірній жировій клітковині, при цьому діаметр вхідної вогнепальної рани та ранового каналу в початковій його частині в 1,3 рази менші, ніж діаметр самої кулі із переважною відсутністю дефекту тканини (0,1 см); встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та довжиною ранового каналу, його діаметром у початковій і

середній частинах й діаметром вхідної рани, виміряними у процесі їх 3Д моделювання ($r=0,61-0,79$) при ($p\leq 0,05$).

3. При пострілах із малокаліберної гвинтівки (ТОЗ-8м, кулями малого калібру з діаметром 5,7 мм масою 2,56 г) ранові канали починають набирати наскрізного характеру та хвилеподібної форми, діаметр вхідної рани з дефектом тканини ($0,152\pm 0,004$ см) та кільцем обтирання ($0,17\pm 0,005$) і початкової частини ранового каналу були меншими, ніж реальний діаметр кулі (в 1,3 рази), а діаметр середньої (у 6,2 рази) та вихідної (у 2,2 рази) частин ранового каналу були значно більші, ніж реальний діаметр кулі; встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та діаметром ранового каналу у початковій, середній і кінцевій частинах ($r=0,52-0,68$), діаметром вхідної рани ($r=0,88$), розміром дефекту тканини ($r=0,76$) та розміром кільця обтирання ($r=0,72-0,73$), виміряними у процесі їх 3Д моделювання.

4. При пострілах із автомата АКС-74У (кулями малого калібру з діаметром 5,7 мм і масою 3,42 г) ранові канали носили наскрізний характер, мали хвилеподібно-розширену форму, діаметр вхідної рани з дефектом тканини ($0,138\pm 0,003$ см) та кільцем осаднення ($0,257\pm 0,005$ см) і початкова частина ранового каналу були меншими, ніж діаметр кулі в 1,1 разів, в той час як діаметри середньої та вихідної частин ранового каналу були значно більші, ніж діаметр кулі (в 14,82 та в 5,84 разів відповідно); встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та діаметром ранового каналу у початковій ($r=0,6$), середній ($r=0,68-0,69$) частинах й діаметром вхідної рани ($r=0,91-0,92$), розміром дефекту тканини ($r=0,85-0,86$) виміряними у процесі їх 3Д моделювання ($p\leq 0,05$) та обернена залежність між початковою швидкістю кулі, її кінетичною і питомою енергією та кільцем осаднення ($r=-0,63-0,66$), виміряними класичними методами.

5. При пострілах із пістолета (СЗ83, кулями середнього калібру з діаметром 7,8 мм і масою 4,75 г) ранові канали є наскрізними конусоподібною

форми, діаметр вхідної рани з дефектом тканини ($0,327 \pm 0,006$ см) та кільцем осаднення ($0,320 \pm 0,008$ см) був меншим, ніж розмір кулі в 1,07 разів, а діаметри початкової, середньої та кінцевої частин ранового каналу були в середньому від 1,06 до 2,87 разів більшими, ніж діаметр кулі; між початковою швидкістю кулі, питомою та кінетичною енергіями та діаметром вхідної, середньої, вихідної частин ранового каналу, розмірами рани, дефекту тканини та розміром кільця осаднення встановлені прямі кореляційні зв'язки, в основному, середньої сили ($r=0,33-0,61$).

6. При пострілах із пістолета (ИЖ7001, кулями великого калібру з діаметром кулі 9,2 мм і масою 6,16 г) ранові канали носили наскрізний характер і були прямолінійно-розширеної форми, діаметр вхідної рани з дефектом тканини ($0,460 \pm 0,02$ см) та кільцем осаднення ($0,365 \pm 0,02$ см) і діаметр початку ранового каналу практично відповідали розміру кулі при використанні методу 3Д моделювання, а діаметри середньої (в 1,79 разів) та вихідної (у 2,4 разів) частин ранового каналу були в середньому більшими, ніж діаметр кулі; встановлена пряма залежність між початковою швидкістю кулі та діаметром середньої частини ранового каналу ($r=0,9$), діаметром вихідної частини ранового каналу ($r=0,94$), діаметром вхідної рани ($r=0,83$) та розміром дефекту тканини ($r=0,74$); сильні прямі кореляційні зв'язки встановлені між питомою енергією та діаметром середньої частини ранового каналу, діаметром вихідної частини ранового каналу та діаметром вхідної рани ($r=0,83-0,90$), а також середньої сили між розміром дефекту тканини та діаметром початкової частини ранового каналу ($r=0,66$ та $r=0,55$ відповідно).

7. Ключові ідентифікуючі ознаки кулі можна визначити шляхом включення визначених ієрархічних взаємозалежностей морфометричних ознак основних складових частин вогнепального ранового каналу у такі формули лінійної регресії: ($KK=0,72+10,37 \cdot DVx$) – дозволяє з великою ймовірністю встановити калібр кулі (у мм); ($MK=-27,87+63,59 \cdot DVx$) – дозволяє з великою ймовірністю встановити масу кулі (у грамах);

$(KK=3,93+2,45 \cdot DV_{\text{вх}})$ – дозволяє отримати орієнтовний результат про калібр кулі (у мм).

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Застосування методики цифрового 3Д моделювання, описаної в даному дослідженні, у випадках вогнепальних тілесних ушкоджень дозволяє з високою точністю (до 0,001см) вимірювати лінійні розміри складових частин ранового каналу та після отримання уточнених морфометричних показників вносити їх до рівнянь лінійної регресії, за допомогою яких можна встановити калібр і масу кулі, якою було спричинено дане ушкодження.

Для застосування даного методу у практичній роботі судово-медичними експертами та отримання відповідних результатів необхідно притримуватися наступного алгоритму:

- 1.1 Перелік необхідного обладнання: фотоапарат (може бути використана камера на смартфоні), комп'ютер, програмні забезпечення «Agisoft Photoscan» та «3ds max».
- 1.2 Почергово слід проводити фотографування ранового каналу в його початковій (на вході) та кінцевій (на виході) частинах із дотриманням наступних умов: сфотографувати досліджуваний об'єкт під кутом 90 градусів, тобто зверху, після чого провести кругову зйомку ушкодження під кутом 60 градусів (15 знімків), далі провести ще одну серію кругових знімків під кутом 45 градусів (9 знімків), і провести ще одну серію кругових фотознімків під кутом 30 градусів (24 знімки).
- 1.3 Перевірити, щоб всі отримані фотознімки були збережені у форматі JPEG.
- 1.4 Дальше завантажити знімки отримані з одного об'єкта (вхідна або вихідна частина ранового каналу) у програму «Agisoft Photoscan».
- 1.5 У програмі «Agisoft Photoscan» відповідно до інструкції з використання створити текстуровану 3Д модель об'єкта (по кожному об'єкту окремо).
- 1.6 Текстуровану модель об'єкта експортувати у форматі «OBJ» та зберегти окремим файлом.
- 1.7 Відкрити програму «3ds max» та перемістити в неї збережений файл у форматі «OBJ».
- 1.8 Відкалібрувати модель за реальними розмірами та масштабом, оскільки створена 3Д модель відображає структуру, проте не відповідає реальному масштабу.

- 1.9 Провести необхідні вимірювання розмірів відповідної частини ранового каналу в графічному редакторі «3DsMax».
- 1.10 Записати отримані результати вимірювань.
- 1.11 Після чого отримані результати вимірювань підставити у лінійне рівняння: $KK=0,72+10,37*ДВх$, де KK – калібр кулі, $ДВх$ – діаметр вхідної частини ранового каналу та отримати значення, щодо калібру кулі, якою було спричинено дане ушкодження.
- 1.12 Ті ж результати вимірювань підставити у наступне лінійне рівняння: $(МК=-27,87+63,59*ДВх)$, де $МК$ – маса кулі, $ДВх$ – діаметр вхідної частини ранового каналу та отримати значення, щодо маси кулі, якою було спричинено дане ушкодження.
- 1.13 Підставити результати вимірювань вихідної частини ранового каналу у формулу: $(KK=3,93+2,45*ДВих)$, де KK – калібр кулі, $ДВих$ – діаметр вихідної частини ранового каналу й отримати орієнтовний результат про калібр кулі (у мм).
2. Даний алгоритм може бути застосований у практичній роботі як лікарями судово-медичними експертами-криміналістами, так і лікарями судово-медичними експертами, які безпосередньо проводять розтин трупа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анкін МЛ, Поліщук МЄ, Галушко ОА, Шуба ВЙ, Петрик ТМ, Ладика ВО, укладачі. Принципи організації спеціалізованої травматологічної допомоги у разі вогнепальних поранень кінцівок у сучасній війні (Україна, 2022). Київ; 2022. 42 с.
2. Аносенков АА. До питань перспективи впровадження обігу цивільної вогнепальної зброї в Україні. Південноукраїнський правничий часопис. 2024;1:118-22. doi: [10.32850/sulj.2024.1.18](https://doi.org/10.32850/sulj.2024.1.18)
3. Бахчев КВ. Особливості діяльності підрозділів дозвільної системи в умовах воєнного стану. Науковий вісник Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ. 2022;2:28–33.
4. Бачинський ВТ, Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних ушкоджень у практиці судової медицини Сучасні медичні технології. 2019;4:43-6. doi: [10.34287/MMT.4\(43\).2019.8](https://doi.org/10.34287/MMT.4(43).2019.8)
5. Біляков АМ, Личман ТВ. Судово-медична діагностика рефлексорної зупинки серця при травматичному ушкодженні сонячного сплетіння (випадок з експертної практики). Судово-медична експертиза. 2023;2:75-82. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.11](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2023.11)
6. Бобков ПЮ, Лебедь МФ, Перебетюк АМ, Гунас ВІ. Судово-медична характеристика вогнепальних пошкоджень шкірозамінника при пострілах із пістолета «Форт-17р». Буковинський медичний вісник. 2019;23(2):51-6. doi: [10.24061/2413-0737.XXIII.2.90.2019.33](https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXIII.2.90.2019.33)
7. Богданець ОЮ, Хлистун ІА, Пряміцин ВЮ. Легалізація цивільної зброї: специфіка, правова основа та іноземний досвід. Юридичний науковий електронний журнал. 2021;9:57–60.
8. Бойко ВВ, Замятін ПМ, Береснев СО, Замятін ДП, Бунін ЮВ, Прова ЛВ, та ін. Визначення лікувально-діагностичної тактики при проникаючих вогнепальних та колото-різаних пораненнях грудей за допомогою спіральної комп'ютерної томографії. Харківська хірургічна школа. 2020;4:47–54. doi: [10.37699/2308-7005.4.2020.09](https://doi.org/10.37699/2308-7005.4.2020.09)

9. Болоташвілі ЗУ, Головков ОМ, Бур'ян ІВ. Правове регулювання застосування вогнепальної зброї поліцейськими. Українська поліцейстика: теорія, законодавство, практика. 2024;3-4:8–14. doi: [10.32782/2709-9261-2023-3-4-7-8-2](https://doi.org/10.32782/2709-9261-2023-3-4-7-8-2)

10. Бур'янов ОА, Ярмолук ЮО, Деркач СО, Клапчук ЮВ, Лось ДВ. Оптимізація системи лікування постраждалих із вогнепальними переломами довгих кісток. Травма. 2023;3(24):38-44. doi: [10.22141/1608-1706.3.24.2023.953](https://doi.org/10.22141/1608-1706.3.24.2023.953)

11. Верба АВ, Остащенко ТМ, Пліс ІБ, Туз СС, Собко ІВ. Досвід використання зведених медичних загонів у складі передової госпітальної бази в умовах збройного конфлікту високої інтенсивності. Український журнал військової медицини. 2023;4(1):13–9. doi: [10.46847/ujmm.2023.1\(4\)-013](https://doi.org/10.46847/ujmm.2023.1(4)-013)

12. Верховна Рада України. Про забезпечення участі цивільних осіб у захисті України. Закон України від 25.11.2024 № 3899-IX [Інтернет]. Київ: Верховна Рада Україна; 2024[цитовано 2024 Гру 27]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2114-20#Text>

13. Верховна Рада України. Про введення воєнного стану в Україні. Указ Президента України від 24.02.2022 № 64/2022 [Інтернет]. Київ; 2022[цитовано 2024 Груд 24]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/64/2022#Text>

14. Воронов ВТ. Тенденції розвитку судово-медичних засобів і технологій задля можливості точного встановлення давності настання смерті. Судово-медична експертиза. 2022;1:18-23. doi: [10.24061/2707-8728.1.2022.2](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2022.2)

15. Гадзан МВ, Казначеева ДВ. Легалізація вогнепальної зброї в Україні: «за» та «проти». В: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Кримінально-правові та кримінологічні засоби протидії злочинам проти громадської безпеки та публічного порядку. 2019 Кві 18; Харків. Харків; 2019, с. 56–58.

16. Гречаник ОІ, Абдуллаєв РЯ, Дикан ІМ, Ярош ТВ, Кулікова ФЙ, Слесаренко ДО. Медичні та статистичні аспекти променевої діагностики сучасної бойової травми в умовах гібридної війни на сході України. Сучасні аспекти військової медицини. 2021;2(106):79-88. doi: [10.37436/2308-5274-2021-2-14](https://doi.org/10.37436/2308-5274-2021-2-14)

17. Гречаник ОІ, Абдуллаєв РЯ, Лурін ІА, Гуменюк КВ, Негодуйко ВВ, Слесаренко ДО. Сучасні аспекти діагностики вогнепальних поранень живота. Досвід гібридної війни на сході України. Клінічна хірургія. 2021;88(5-6):42-52. doi: [10.26779/2522-1396.2021.5-6.42](https://doi.org/10.26779/2522-1396.2021.5-6.42)

18. Гречаник ОІ, Гур'янов ВГ, Абдуллаєв РЯ, Слесаренко ДО, Голуб ВА. Багатоаспектний аналіз у постраждалих із бойовою травмою у сучасній війні. Сучасні аспекти військової медицини. 2023;30(2):51-64. doi: [10.3275/2310-4910-2023-30-2-05](https://doi.org/10.3275/2310-4910-2023-30-2-05)

19. Гур'янов ВГ, Лях ЮЄ, Парій ВД, Короткий ОВ, Чалий ОВ, Чалий КО, та ін. Посібник з біостатистики. Аналіз результатів медичних досліджень у пакеті EZR (R-statistics). Київ: Вістка; 2018. 208 с.

20. Денисюк МВ, Дубров СО, Черняєв СВ, Середа СО, Заїкін ЮМ. Структура травматичних ушкоджень та досвід лікування поранених внаслідок бойових дій в перші дні нападу росії на Україну. Біль, знеболення та інтенсивна терапія. 2022;1:7-12. doi: [10.25284/2519-2078.1\(98\).2022.256092](https://doi.org/10.25284/2519-2078.1(98).2022.256092)

21. Джелілова МА. Причини та умови організованої злочинності в умовах воєнного стану: регіональний аспект. Південноукраїнський правничий часопис. 2023;2:8-13. doi: [10.32850/sulj.2023.2.2](https://doi.org/10.32850/sulj.2023.2.2)

22. Ергард НМ. Судово-медичний огляд трупів загиблих (померлих) осіб в умовах воєнного стану. Київ; 2022. 22 с.

23. Ергард НМ, Кубаля СМ, Ситник ЮВ, Богдаш ВВ, Селін ВС. Судово-медичний огляд трупів загиблих (померлих) осіб в умовах воєнного стану. In: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference Actual priorities of modern science, education and practice; 2022 Mar 29 - April 01; Paris, France. Paris; 2022, p. 399-403.

24. Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2023.5)

25. Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Особливості вітчизняного розвитку можливостей судово-медичної діагностики вогнепальних ушкоджень. Судово-медична експертиза. 2021;1:3-10. doi: [10.24061/2707-8728.1.2021.1](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2021.1)

26. Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Розвиток та сучасні можливості судово-медичної діагностики виду основного травмуючого фактора при вогнепальних ушкодженнях. Клінічна та експериментальна патологія. 2020;19(1):152-9. doi: [10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.23](https://doi.org/10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.23)

27. Змієвська ЮГ, Савка ІГ, Балук ІГ, Гринюк ВВ., Бизер АР. Прикладне значення 3Д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2023.6)

28. Катеринчук КВ. Кримінально-правова охорона здоров'я особи: доктринальні, законодавчі та правозастосовчі проблеми [дисертація]. Київ; 2019. 559 с.

29. Кишкан ПЯ. Судово-медична діагностика виду травмуючого предмета шляхом тривимірної реконструкції тілесних ушкоджень [дисертація]. Чернівці; 2023. 181 с.

30. Коломійцев ОВ, Сапелкін ВВ, Мацюк ЛВ, Зябліцев ЄІ. Особливості формування каналів вогнепальних поранень, спричинених 7,62 мм експансивними кулями типів "НРВТ" та "SP". Клінічна та експериментальна патологія. 2023;22(2):9-16. doi: [10.24061/1727-4338.XXII.2.84.2023.02](https://doi.org/10.24061/1727-4338.XXII.2.84.2023.02)

31. Кудінов СС. Реєстрація зброї в Україні: проблеми та шляхи вирішення. Академічні візії. 2024;33:1-8. doi: [10.5281/zenodo.13786564](https://doi.org/10.5281/zenodo.13786564)

32. Кулик МС, Тильчик ВВ. Поняття та сутність обігу зброї серед цивільного населення. Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції. 2023;2:116–21. doi: [10.32782/39221479](https://doi.org/10.32782/39221479)

33. Куслій ЮЮ. Порівняльна характеристика вогнепальних пошкоджень небіологічного імітатору людського тіла та різних видів одягу заподіяних «Форт 12Р» та «АЕ 790G1» [дисертація]. Вінниця; 2024. 221 с.

34. Літошко В.В. Правове регулювання обігу вогнепальної зброї в Україні: проблеми та перспективи. Нове українське право. 2022;6(2):36-41. doi: [10.51989/NUL.2022.6.2.5](https://doi.org/10.51989/NUL.2022.6.2.5)

35. Лурін ІА, Коваль ВВ, Жаховський ВО, Лівінський ВГ, Халік СВ, Швець АВ, та ін. Медичне забезпечення Збройних Сил України під час антитерористичної операції та операції Об'єднаних сил на території Луганської та Донецької областей. Київ; 2022. 294 с.

36. Лурін ІА, Хоменко ІП, Гуменюк КВ, Король СО, Цема ЄВ, Тертишний СВ, та ін. Особливості ключового виду та характеру вогнепальних уражень військовослужбовців під час сучасних збройних конфліктів. Харківська хірургічна школа. 2022;2:59-63. doi: [10.37699/2308-7005.2.2022.12](https://doi.org/10.37699/2308-7005.2.2022.12)

37. Лурін ІА, Хорошун ЕМ, Негодуйко ВВ, Макаров ВВ, Клапчук ЮВ, Бучнева ОВ, та ін. Міграція сторонніх тіл вогнепального походження. Український журнал клінічної хірургії. 2023;90(4):36-41. doi: [10.26779/2786-832X.2023.4.36](https://doi.org/10.26779/2786-832X.2023.4.36)

38. Миронюк РВ. Особливості здійснення контролю поліцією за обігом вогнепальної зброї в умовах воєнного стану. Юридичний бюлетень. 2022;26:158–66. doi: [10.32850/LB2414-4207.2022.26.21](https://doi.org/10.32850/LB2414-4207.2022.26.21)

39. Миронюк СА, Кобрусєва ЄА. Перспективи запровадження обігу цивільної вогнепальної зброї в Україні та нові виклики для поліції у цій сфері. Юридичний науковий електронний журнал. 2023;2:344-7. doi: [10.32782/2524-0374/2023-2/80](https://doi.org/10.32782/2524-0374/2023-2/80)

40. Миронюк С. Особливості реалізації дозвільної та контрольної функції Національної поліції у сфері обігу вогнепальної зброї в умовах воєнного стану. Науковий вісник Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ. 2022;4:28–34.

41. Мислива ОО, Бодирєв ДА. Вогнева підготовка: інновації vs. традиції. Науковий вісник Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ. 2021;1:23–8. doi: [10.31733/2078-3566-2021-1-23-28](https://doi.org/10.31733/2078-3566-2021-1-23-28)

42. Миронюк СА, Кобрусєва ЄА. Перспективи запровадження обігу цивільної вогнепальної зброї в Україні та нові виклики для поліції у цій сфері. Юридичний науковий електронний журнал. 2023;2:344–7.

43. Михайличенко БВ, редактор. Судова медицина. Київ: Медицина; 2018. 447 с.

44. Мішалов ВД, Бачинський ВТ, Войченко ВВ, Петрошак ОЮ, Хохолєва ТВ, Гуріна ОО. Судово-медична характеристика ушкоджень внутрішніх органів (селезінка, підшлункова залоза, печінка, нирки) та визначення давності їх утворення. Чернівці: Місто; 2019. 140 с.

45. Мішалов ВД, Михайленко ОВ, Зозуля ВМ, Каплінський ВА, Варфоломєєв ЄА. Судово-медична оцінка випадків самогубств декількома пострілами, здійсненими власноруч з вогнепальної зброї. Судово-медична експертиза. 2024;1:87-99. doi: [10.24061/2707-8728.1.2024.12](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2024.12)

46. Мошківський В.М., Ларіонов В.В. Анестезіологічне забезпечення реконструктивно-пластичних операцій при поліструктурній вогнепальній травмі передпліччя та кисті. Український журнал військової медицини. 2023;4(1):94-103. doi: [10.46847/ujmm.2023.1\(4\)-094](https://doi.org/10.46847/ujmm.2023.1(4)-094)

47. Оржинська ЕІ, Сеніна ВО. Процес ідентифікації невпізнаних трупів військовослужбовців в умовах ведення бойових дій. Південноукраїнський правничий часопис. 2023;2:52-9. doi: [10.32850/sulj.2023.2.8](https://doi.org/10.32850/sulj.2023.2.8)

48. Плахотний АП, Карпенко ОМ. Щодо розмежування понять «застосування» та «активне застосування» вогнепальної зброї поліцейськими

Національної поліції України. Правовий часопис Донбасу. 2022;4:200–3. doi: [10.32782/2523-4269-2022-81-4-1-200-203](https://doi.org/10.32782/2523-4269-2022-81-4-1-200-203)

49. Плетенецька АО. Аналіз судово-медичних експертиз черепно-мозкової травми. Вісник морської медицини. 2023;1:38-45. doi: [10.5281/zenodo.8171283](https://doi.org/10.5281/zenodo.8171283)

50. Повстяний ВА, Мішалов ВД, Петрошак ОЮ, Соколов ОС, Левченко ВВ. Визначення можливості заподіяння смертельного кульового поранення голови внаслідок рикошету снаряда з урахуванням аналізу морфологічних особливостей експериментально відстріляних куль. Судово-медична експертиза. 2024;1:70-7. doi: [10.24061/2707-8728.1.2024.10](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2024.10)

51. Пчеліна ОВ, Фоміна ТГ. Особливості проведення огляду місця події під час досудового розслідування злочинів, пов'язаних зі збройною агресією проти України. Науковий вісник Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ. 2023;2:253. doi: [10.31733/2078-3566-2023-2-251-259](https://doi.org/10.31733/2078-3566-2023-2-251-259)

52. Рижов ОА, Пенкін ЮМ. Статистичні методи опрацювання результатів медично-біологічних досліджень. Львів: Магнолія 2006; 2022. 160 с.

53. Руденко МЛ. Статистичний огляд бойової травми грудей та розвитку життєзагрозливих наслідків при пораненнях та травмах грудей. Перспективи та інновації науки. Серія Педагогіка, Серія Психологія, Серія Медицина. 2023;10:857-66. doi: [10.52058/2786-4952-2023-10\(28\)-857-866](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-10(28)-857-866)

54. Савка ІГ, Змієвська ЮГ. Судово-медична оцінка вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків. Судово-медична експертиза. 2024;2:60-7. doi: [10.24061/2707-8728.2.2024.9](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2024.9)

55. Санакоєв Д. Нормативно-правові аспекти врегулювання обігу зброї в умовах воєнного стану. Науковий вісник Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ. 2023;2:224-30. doi: [10.31733/2078-3566-2023-6-224-230](https://doi.org/10.31733/2078-3566-2023-6-224-230)

56. Собко ІВ. Застосування інфрачервоної термографії при вогнепальних пораненнях живота. Запорізький медичний журнал. 2024;26(3):258-64. doi: [10.14739/2310-1210.2024.3.298580](https://doi.org/10.14739/2310-1210.2024.3.298580)

57. Сокол ВК. Сучасний стан проблеми судово-медичного встановлення давності настання смерті (огляд літератури). Буковинський медичний вісник. 2022;26(3):91-6. doi: [10.24061/2413-0737.XXVI.3.103.2022.15](https://doi.org/10.24061/2413-0737.XXVI.3.103.2022.15)

58. Танькут ВО, Голубєва ІВ, Рикун МД, Беренов КВ, Андросенкова ВА. Актуальні питання лікування та реабілітації постраждалих із бойовою травмою опорно-рухової системи на сучасному етапі (огляд літератури) Ортопедія, травматологія та протезування. 2023;2:84-94. doi: [10.15674/0030-59872023284-94](https://doi.org/10.15674/0030-59872023284-94)

59. Тертишний СВ. Мультиmodalний підхід до реконструкції вогнепальних дефектів м'яких тканин (експериментально-клінічне дослідження) [дисертація]. Київ; 2024. 440 с.

60. Тінін ДГ, Мислива ОО. Холостий постріл або постріл вгору: необхідність чи можливість у службово-бойовій діяльності поліцейських (теоретичний аспект). Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право. 2023;77(Ч 2):185–90. doi: [10.24144/2307-3322.2023.77.2.32](https://doi.org/10.24144/2307-3322.2023.77.2.32)

61. Франчук ВВ. Сучасні світові наукові тренди криміналістичних методів досліджень у випадках вогнепальної травми. Судово-медична експертиза. 2023;2:12-21. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.2](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2023.2)

62. 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](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2022.5)

63. Хвостовцов С. Поняття та сутність обігу цивільної вогнепальної зброї в Україні: адміністративно-правовий аспект. Науковий вісник Дніпровського державного університету внутрішніх справ. 2023;2:451-6. doi: [10.31733/2078-3566-2023-2-451-456](https://doi.org/10.31733/2078-3566-2023-2-451-456)

64. Хоменко ІП, Гуменюк КВ, Король СО, Цема ЄВ, Михайлусов РМ, Майданюк ВП, та ін. Визначення провідного виду уражень військовослужбовців у сучасних військових конфліктах. Харківська хірургічна школа. 2021;2:128-33. doi: [10.37699/2308-7005.2.2021.23](https://doi.org/10.37699/2308-7005.2.2021.23)

65. Хоменко ІП, Король СО, Халік СВ, Шаповалов ВЮ, Єнін РВ, Герасименко ОС, та ін. Клінічно-епідеміологічний аналіз структури бойової хірургічної травми при проведенні антитерористичної операції/операції об'єднаних сил на сході України. Український журнал військової медицини. 2021;2(2):5-13. doi: [10.46847/ujmm.2021.2\(2\)-005](https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.2(2)-005)

66. Хорошун ЕМ, Макаров ВВ, Негодуйко ВВ, Замятін ПМ, Тертишний СВ, Вєрьовкін І.В. Концепція моніторингу міграції сторонніх тіл вогнепального походження. Харківська хірургічна школа. 2024;2-3:256-60. doi: [10.37699/2308-7005.2-3.2024.50](https://doi.org/10.37699/2308-7005.2-3.2024.50)

67. Хорошун ЕМ, редактор. Основні поняття та сучасна класифікація бойової хірургічної травми. Харків; 2022. 37 с.

68. Цимбалюк ВІ, редактор. Вогнепальні поранення м'яких тканин (Досвід антитерористичної операції/операції об'єднаних сил). Харків: Колегіум; 2020. 400с.

69. Чаплик В, Олійник П, Цегельський А, редактори. Невідкладна військова хірургія. Київ: Скіф; 2024. 484 с.

70. Черняк ВВ, Старченко ІІ, Костенко ЄЯ, Нікіфоров АГ, Филенко БМ, Мустафіна ГМ. Атлас ушкоджень та їх морфологічні особливості при проведенні судово-медичних досліджень. Вінниця: Нова книга; 2021. 120 с.

71. Шалгунов СА. Кримінальна відповідальність за незаконний обіг зброї. Дніпро; 2020. 364 с.

72. Шумейко ТА. Адміністративно-правові основи формування та реалізації державної політики у сфері обігу зброї в Україні. Київ; 2022. 420 с.

73. Шумейко ТА. Перспективи правового регулювання цивільного обігу вогнепальної зброї в Україні в контексті директиви Європейського

Парламенту і Ради № 91/477/ЄЕС. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Юридичні науки. 2021;32(4):63–8.

74. Afonin D, Hora I, Kolesnyk V, Popovych I, Kuchynska I. On the Possibilities of Using Some Modern Three-Dimensional Modeling Means in Forensic Examination. *Journal of Forensic Science and Medicine*. 2022;8(1):17-23. doi: [10.4103/jfsm.jfsm_57_21](https://doi.org/10.4103/jfsm.jfsm_57_21)

75. Albano GD, Scalzo G, Malta G, Puntarello M, Alongi A, Piscionieri D, et al. Useful Evidence by Post-Mortem CT and Stereomicroscopy in Bone Injury: A Case Series from Forensic Practice. *Healthcare (Basel)*. 2023;11(4):540. doi: [10.3390/healthcare11040540](https://doi.org/10.3390/healthcare11040540)

76. Alharbi RJ, Shrestha S, Lewis V, Miller Ch. The effectiveness of trauma care systems at different stages of development in reducing mortality: A systematic review and meta-analysis. *World Journal of Emergency Surgery*. 2021;16(38). doi: [10.1186/s13017-021-00381-0](https://doi.org/10.1186/s13017-021-00381-0)

77. Ali Z, Mourtzinou N, Ali BB, Fowler DR. A Pilot Study Comparing Postmortem and Antemortem CT for the Identification of Unknowns: Could a Forensic Pathologist Do It? *J Forensic Sci*. 2020;65(2):492-99. doi: [10.1111/1556-4029.14199](https://doi.org/10.1111/1556-4029.14199)

78. Ampanozi G, Halbheer D, Ebert LC, Thali MJ, Held U. Postmortem imaging findings and cause of death determination compared with autopsy: a systematic review of diagnostic test accuracy and meta-analysis. *Int J Legal Med*. 2020;134(1):321-37. doi: [10.1007/s00414-019-02140-y](https://doi.org/10.1007/s00414-019-02140-y)

79. Anantavorasakul N, Westenberg RF, Serebrakian AT, Zamri M, Chen NC, Eberlin KR. Gunshot injuries of the hand: incidence, treatment characteristics, and factors associated with healthcare utilization. *Hand [Internet]*. 2021[cited 2024 Nov 27];1558944721998016. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9806535/pdf/10.1177_1558944721998016.pdf doi: [10.1177/1558944721998016](https://doi.org/10.1177/1558944721998016)

80. Andrade EG, Uberoi M, Hayes JM, Thornton M, Kramer J, Punch LJ. The impact of retained bullet fragments on outcomes in patients with gunshot wounds. *Am J Surg*. 2022;223(4):787-91. doi: [10.1016/j.amjsurg.2021.05.022](https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2021.05.022)

81. Antoni A, Maqungo S. Current concepts review: Management of civilian transpelvic gunshot fractures. *Injury* [Internet]. 2023[cited 2024 Nov 20];54(12):111086. Available from: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0020-1383\(23\)00790-8](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0020-1383(23)00790-8) doi: [10.1016/j.injury.2023.111086](https://doi.org/10.1016/j.injury.2023.111086)

82. Asmar S, Bible L, Vartanyan P, Castanon L, Masjedi A, Richards J, et al. Firearm-Related Injuries: A Single Center Experience. *J Surg Res*. 2021;265:289-96. doi: [10.1016/j.jss.2021.03.058](https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.03.058)

83. Azmitia L, Grassi S, Signorelli F, Filograna L, Pascali V, Olivi A, et al. Post-mortem Imaging of Brain/Spine Injuries: The Importance of a Comprehensive Forensic Approach. *Acta Neurochir Suppl*. 2023;135:27-31. doi: [10.1007/978-3-031-36084-8_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-36084-8_6)

84. Bachinskyi VT, Vanchulyak OY, Savka IG, Kozlov SV, Zubko MD. Forensic assessment of gunshot injuries using modern optical research methods. *Світ медицини та біології*. 2020;1:159-63. doi: [10.26724/2079-8334-2020-1-71-159-163](https://doi.org/10.26724/2079-8334-2020-1-71-159-163)

85. Baier W, Norman DG, Donnelly MJ, Williams MA. Forensic 3D printing from micro-CT for court use- process validation. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2021[cited 2024 Nov 20];318:110560. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073820304229?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.forsciint.2020.110560](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110560)

86. Baker HP, Straszewski AJ, Dahm JS, Dickherber JL, Krishnan P, Dillman DB, et al. Gunshot-related lower extremity nerve injuries. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2023;33(4):851-6. doi: [10.1007/s00590-022-03220-3](https://doi.org/10.1007/s00590-022-03220-3)

87. Baum GR, Baum JT, Hayward D, MacKay BJ. Gunshot Wounds: Ballistics, Pathology, and Treatment Recommendations, with a Focus on Retained Bullets. *Orthop Res Rev*. 2022;14:293-317. doi: [10.2147/ORR.S378278](https://doi.org/10.2147/ORR.S378278)

88. Beardmore S, Adeley J, Brookes A, Robinson C, Davendralingam N, Joseph J, et al. Impact of changing from autopsy to post-mortem CT in an entire HM Coroner region due to a shortage of available pathologists. *Clin Radiol*. 2023;78(11):797-803. doi: [10.1016/j.crad.2023.08.001](https://doi.org/10.1016/j.crad.2023.08.001)

89. Bell C, Skibicki HE, Post ZD, Ong AC, Ponzio DY. Gunshot Wound Resulting in Femoral Neck Fracture Treated With Staged Total Hip Arthroplasty. *Arthroplast Today*. 2022;14:44-7. doi: [10.1016/j.artd.2021.12.010](https://doi.org/10.1016/j.artd.2021.12.010)

90. Bendinelli C. Gunshot wounds to colon. *ANZ J Surg*. 2020;90(4):408-9. doi: [10.1111/ans.15749](https://doi.org/10.1111/ans.15749)

91. Berryman HE. A systematic approach to the interpretation of gunshot wound trauma to the cranium. *Forensic Sci Int*. 2019;301:306-17. doi: [10.1016/j.forsciint.2019.05.019](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.05.019)

92. Bobkov P, Perebetiuk A, Gunas V. Peculiarities of gunshot injuries caused by shots Fort-12RM pistol using cartridges of calibre. 45 Rubber. *Folia Societatis Medicinae Legalis Slovaca*. 2019;9(1):44-8.

93. Bolton M, Chadwick S, Ueland M. The effect of human decomposition on bullet examination. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2024[cited 2024 Dec 30];362:112155. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073824002366?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.forsciint.2024.112155](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112155)

94. Borges J, Sautier C, Krebs-Drouot L, Henry P, Paysant F, Scolas V. Death and non-lethal weapons: A case of homicide by penetrating injury without projectile. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2022[cited 2024 Dec 23];337:111374. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073822002043?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.forsciint.2022.111374](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111374)

95. Böven J, Boos J, Steuwe A, Morawitz J, Sawicki LM, Caspers J, et al. Diagnostic value and forensic relevance of a novel photorealistic 3D reconstruction technique in post-mortem CT. *Br J Radiol* [Internet]. 2020[cited 2024 Dec 25];93(1112):20200204. Available from:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7446014/pdf/bjr.20200204.pdf>

doi: [10.1259/bjr.20200204](https://doi.org/10.1259/bjr.20200204)

96. Braun S, Indra L, Lösch S, Milella M. Perimortem Skeletal Sharp Force Trauma: Detection Reliability on CT Data, Demographics and Anatomical Patterns from a Forensic Dataset. *Biology* (Basel). 2022;11(5):666. doi: [10.3390/biology11050666](https://doi.org/10.3390/biology11050666)

97. Brown T, Gaburak P, Hwang J. Outpatient Treatment Guidelines of Gunshot Wound to the Hand and Wrist Resulting in an Open Fracture: Case Report. *Cureus* [Internet]. 2022[cited 2024 Dec 20];14(11):e31130. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9721366/pdf/cureus-0014-00000031130.pdf> doi: [10.7759/cureus.31130](https://doi.org/10.7759/cureus.31130)

98. Brożek-Mucha Z, Wąs-Gubała J. Effects of the interaction of gunshot residue plume and cotton fabrics - an empirical study towards extensive assessment of close-range shooting distance. *Analyst*. 2022;147(10):2141-55. doi: [10.1039/D1AN02001C](https://doi.org/10.1039/D1AN02001C)

99. Bruch GM, Schäffer B, Sabel BO. Between clinical and forensic imaging: Differences, similarities and legal framework. *Radiologie* (Heidelb). 2024;64(11):830-6. doi: [10.1007/s00117-024-01361-6](https://doi.org/10.1007/s00117-024-01361-6)

100. Bulutluöz EG, Balandız H, Özsoy S. Evaluation of traumatic peripheral nerve injuries in terms of Forensic Medicine. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2025;31(3):269-75. doi: [10.14744/tjtes.2024.73076](https://doi.org/10.14744/tjtes.2024.73076)

101. Burgos-Díez I, Zapata F, Chamorro-Sancho MJ, Ruano-Rando MJ, Ferrando-Gil JL, García-Ruiz C, et al. Comparison between computed tomography and silicone-casting methods to determine gunshot cavities in ballistic soap. *Int J Legal Med*. 2021;135(3):829-36. doi: [10.1007/s00414-020-02464-0](https://doi.org/10.1007/s00414-020-02464-0)

102. Caister AJ, Carr DJ, Campbell PD, Brock F, Breeze J. The ballistic performance of bone when impacted by fragments. *Int J Legal Med*. 2020;134(4):1387-93. doi: [10.1007/s00414-020-02299-9](https://doi.org/10.1007/s00414-020-02299-9)

103. Cantrell C, Gerlach E, Butler B, Sheth U, Tjong V. The role of arthroscopy in bullet removal: a systematic review of the literature. *J Orthop.* 2020;22:442–8. doi: [10.1016/j.jor.2020.09.019](https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.09.019)
104. Chandy PE, Murray N, Khasanova E, Nasir MU, Nicolaou S, Macri F. Postmortem CT in Trauma: An Overview. *Can Assoc Radiol J.* 2020;71(3):403-14. doi: [10.1177/0846537120909503](https://doi.org/10.1177/0846537120909503)
105. Chinmayi BG, Nirosha S, Anthea MR, Mane M. Study on Behaviour of Pellets fired from Airguns on Gelatin Block. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine.* 2022;44(3):15-20. doi: [10.5958/0974-0848.2022.00086.0](https://doi.org/10.5958/0974-0848.2022.00086.0)
106. Daraklis M, Pol M, Johnson L, Salvatora C, Kerns L. A Statistical Analysis of the Impact of Gun Ownership on Mass Shootings in the USA Between 2013 and 2022. *J Urban Health.* 2024;101(3):571-83. doi: [10.1007/s11524-024-00881-9](https://doi.org/10.1007/s11524-024-00881-9)
107. de Bakker HM, Roelandt GHJ, Soerdjbalie-Maikoe V, van Rijn RR, de Bakker BS. The value of post-mortem computed tomography of burned victims in a forensic setting. *Eur Radiol.* 2019;29(4):1912-21. doi: [10.1007/s00330-018-5731-5](https://doi.org/10.1007/s00330-018-5731-5)
108. De Luca S, Pérez de los Ríos M. Assessment of bullet holes through the analysis of mushroom-shaped morphology in synthetic fibres: analysis of six cases. *International Journal of Legal Medicine.* 2021;135(3):885-92. doi: [10.1007/s00414-020-02383-0](https://doi.org/10.1007/s00414-020-02383-0)
109. De Matteis A, Del Fante Z, Santoro P. Forensic pathology: past, present and future. *Clin Ter.* 2020;171(4):302-3. doi: [10.7417/CT.2020.2232](https://doi.org/10.7417/CT.2020.2232)
110. Dilday J, Owattanapanich N, Benjamin ER, Biswas S, Shackelford S, Demetriades D. Injury Patterns and Treatment Strategies in Civilian and Military Isolated Abdominal Gunshot Wounds. *World J Surg.* 2023;47(11):2635-43. doi: [10.1007/s00268-023-07132-z](https://doi.org/10.1007/s00268-023-07132-z)
111. Ditkofsky NG, Maresky H, Mathur S. Imaging Ballistic Injuries. *Can Assoc Radiol J.* 2020;71(3):335-43. doi: [10.1177/0846537120902107](https://doi.org/10.1177/0846537120902107)

112. Ditkofsky N, Nair JR, Frank Y, Mathur S, Nanda B, Moreland R, et al. Understanding Ballistic Injuries. *Radiol Clin North Am.* 2023;61(1):119-28. doi: [10.1016/j.rcl.2022.08.005](https://doi.org/10.1016/j.rcl.2022.08.005)

113. Donato L, Cecchi R, Goldoni M, Ubelaker DH. Photogrammetry vs CT Scan: Evaluation of Accuracy of a Low-Cost Three-Dimensional Acquisition Method for Forensic Facial Approximation. *J Forensic Sci.* 2020;65(4):1260-5. doi: [10.1111/1556-4029.14319](https://doi.org/10.1111/1556-4029.14319)

114. Dos Santos LMP, da Cunha MR, Reis CHB, Buchaim DV, da Rosa APB, Tempest LM, et al. The use of human tissue surrogates in anatomical modeling for gunshot wounds simulations: an overview about "how to do" experimental terminal ballistics. *Front Bioeng Biotechnol* [Internet]. 2025[cited 2025 Jan 26];13:1536423. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11802509/pdf/fbioe-13-1536423.pdf> doi: [10.3389/fbioe.2025.1536423](https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1536423)

115. Ebert LC, Franckenberg S, Sieberth T, Schweitzer W, Thali M, Ford J, et al. A review of visualization techniques of post-mortem computed tomography data for forensic death investigations. *Int J Legal Med.* 2021;135(5):1855-67. doi: [10.1007/s00414-021-02581-4](https://doi.org/10.1007/s00414-021-02581-4)

116. Eryiğit İbiş C, Aliustaoğlu FS. Forensic medical evaluation of penetrating abdominal injuries. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2024;30(8):537-45. doi: [10.14744/tjtes.2024.16177](https://doi.org/10.14744/tjtes.2024.16177)

117. Ifaedy O, Elgazwi K, Alsharif J, Mansor S. Gunshot wounds to the colon: Predictive risk factors for the development of postoperative complications, an experience of 172 cases in 4 years. *ANZ J Surg.* 2020;90(4):486–90. doi: [10.1111/ans.15575](https://doi.org/10.1111/ans.15575)

118. Failla AVM, Licciardello G, Cocimano G, Di Mauro L, Chisari M, Sessa F, et al. Diagnostic Challenges in Uncommon Firearm Injuries: A Multidisciplinary Approach. *Diagnostics (Basel)* [Internet]. 2024[cited 2024 Dec 30];15(1):31. Available from:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11720294/pdf/diagnostics-15-00031.pdf>
doi: [10.3390/diagnostics15010031](https://doi.org/10.3390/diagnostics15010031)

119. Fagan P, Geiger CD, Chenji G, Preston DC. Neuromuscular ultrasound findings in gunshot wounds. *Muscle Nerve*. 2024;69(4):416-21. doi: [10.1002/mus.28048](https://doi.org/10.1002/mus.28048)

120. Farzan N, Foroghi Ghomi SY, Mohammadi AR. A retrospective study on evaluating GAP, MGAP, RTS and ISS trauma scoring system for the prediction of mortality among multiple trauma patients. *Ann Med Surg [Internet]*. 2022[cited 2024 Dec 29];76:103536. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2049080122002965?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.amsu.2022.103536](https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.103536)

121. Ferrara M, Baldari B, Vittorio S, Bertozzi G, Cipolloni L, De Simone S. Penetrating cardiac injuries: literature review and analysis of the forensic approach. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2022;27(1):29. doi: [10.31083/j.fbl2701029](https://doi.org/10.31083/j.fbl2701029)

122. Fernandez M, Saccardy C, Letissier H, Dubrana F, Di Francia R. Epidemiology and characteristics of firearm injuries in a French level I trauma centre, 2009-2019. *Inj Prev*. 2022;28(1):3-8. doi: [10.1136/injuryprev-2020-044082](https://doi.org/10.1136/injuryprev-2020-044082)

123. Fountain AJ, Corey A, Malko JA, Strozier D, Allen JW. Imaging Appearance of Ballistic Wounds Predicts Bullet Composition: Implications for MRI Safety. *AJR Am J Roentgenol*. 2021;216(2):542-51. doi: [10.2214/ajr.20.23648](https://doi.org/10.2214/ajr.20.23648)

124. Gascho D, Kottner S, Buehlmann A, Schweizer D, Bolliger SA, Thali MJ, et al. Annular distribution patterns of .357 Magnum fragments in soft tissue simulants after striking hard material that prevented the bullet from exiting. *J Forensic Leg Med [Internet]*. 2022[cited 2024 Dec 29];85:102286. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1752928X21001712?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.jflm.2021.102286](https://doi.org/10.1016/j.jflm.2021.102286)

125. Gascho D, Tappero C, Zoelch N, Deininger-Czermak E, Richter H, Thali MJ, et al. Synergy of CT and MRI in detecting trajectories of lodged bullets in decedents and potential hazards concerning the heating and movement of bullets

during MRI. *Forensic Sci Med Pathol*. 2020;16(1):20-31. doi: [10.1007/s12024-019-00199-y](https://doi.org/10.1007/s12024-019-00199-y)

126. Gascho D. Photon-counting CT for forensic death investigations-a glance into the future of virtual autopsy. *Front Radiol* [Internet]. 2024[cited 2024 Nov 30];4:1463236. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11440199/pdf/fradi-04-1463236.pdf> doi: [10.3389/fradi.2024.1463236](https://doi.org/10.3389/fradi.2024.1463236)

127. Geisenberger D, Große Perdekamp M, Pollak S, Thierauf-Emberger A, Thoma V. Differing sizes of bullet entrance holes in skin of the anterior and posterior trunk. *Int J Legal Med*. 2022;136(6):1597-603. doi: [10.1007/s00414-022-02879-x](https://doi.org/10.1007/s00414-022-02879-x)

128. Giffen MA Jr, Blankenship H, Harrison W. Suicide Via Multiple Shotgun Wounds: A Case Report and Review of Literature. *Am J Forensic Med Pathol*. 2023;44(1):59-62. doi: [10.1097/PAF.0000000000000785](https://doi.org/10.1097/PAF.0000000000000785)

129. Gitto L, Arunkumar P, Segovia A, Filkins JA, Formica MK, Serinelli S. Anatomical distribution and autopsy features of gunshot injuries to support the manner of death. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2021[cited 2024 Nov 24];79:102135. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1752928X21000202?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.jflm.2021.102135](https://doi.org/10.1016/j.jflm.2021.102135)

130. Gonzalez T, Briceno J, Velasco B, Kaiser P, Stenquist D, Miller C, et al. Gunshot-Related Injuries to the Foot & Ankle: Review Article. *Foot Ankle Int*. 2020;41(4):486-96. doi: [10.1177/1071100720901712](https://doi.org/10.1177/1071100720901712)

131. Guevara J, Chinnakkannu K, Raju S. Acute arthroscopic removal of a bullet embedded in the glenoid: a case report. *J Orthop Case Rep*. 2021;11(3):59–62. doi: [10.13107/jocr.2021.v11.i03.2088](https://doi.org/10.13107/jocr.2021.v11.i03.2088)

132. Gupta R, Herzog I, Phung L, Roth J, Weisberger J, Luthringer M, et al. Treatment of Brachial Plexus Injuries following Gunshot Injuries: A Systematic Review. *Adv Orthop* [Internet]. 2024[cited 2024 Dec 29];2024:7708192. Available

from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11379507/pdf/AORTH2024-7708192.pdf> doi: [10.1155/2024/7708192](https://doi.org/10.1155/2024/7708192)

133. Haag LC, Jason A. Misleading Entry Wounds From Atypical Bullet Behavior. *Am J Forensic Med Pathol.* 2022;43(2):174-82. doi: [10.1097/paf.0000000000000727](https://doi.org/10.1097/paf.0000000000000727)

134. Haest IHH, Hofman PAM, Herbergs JPJ, Nelen H, Jelacic M. The application of CT for 3D visualization of concealed bodies. *Sci Justice.* 2022;62(4):424-32. doi: [10.1016/j.scijus.2022.05.002](https://doi.org/10.1016/j.scijus.2022.05.002)

135. Hansen PL, Leth PM, Nielsen PA, Bech DM, Nielsen JB, Mørup SD, et al. Optimization of Postprocessing parameters for abdominal Forensic CT scans. *Forensic Sci Int Synerg* [Internet]. 2024[cited 2024 Dec 25];8:100478. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11109732/pdf/main.pdf> doi: [10.1016/j.fsisyn.2024.100478](https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2024.100478)

136. Henningsen MJ, Larsen ST, Jacobsen C, Villa C. Sensitivity and specificity of post-mortem computed tomography in skull fracture detection-a systematic review and meta-analysis. *Int J Legal Med.* 2022;136(5):1363-77. doi: [10.1007/s00414-022-02803-3](https://doi.org/10.1007/s00414-022-02803-3)

137. Hlavaty L, Amley J, Root K, Avedschmidt S, Jaworski A, Sung L. The Difficulties in Assessing Wounds Created by Bore Ammunition and Weapons. *J Forensic Sci.* 2020;65(2):500-7. doi: [10.1111/1556-4029.14181](https://doi.org/10.1111/1556-4029.14181)

138. Hueck U, Muggenthaler H, Hubig M, Heinrich A, Güttler F, Wagner R, et al. Forensic postmortem computed tomography in suspected unnatural adult deaths. *Eur J Radiol* [Internet]. 2020[cited 2024 Nov 11];132:109297. Available from: [https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X\(20\)30486-1/abstract](https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X(20)30486-1/abstract) doi: [10.1016/j.ejrad.2020.109297](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109297)

139. Jupin-Delevaux E, Provost C, Hmeydia G, Richard ME, Hamza L, Delabarde T, et al. Identification of gunshot entry wounds using hyperdense rim sign on post-mortem computed tomography. *Int J Legal Med.* 2025;139(2):619-26. doi: [10.1007/s00414-024-03362-5](https://doi.org/10.1007/s00414-024-03362-5)

140. Justino DCP, Costa KTDS, de Andrade FB. Epidemiological profile of female firearm-related mortality. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2021[cited 2024 Nov 22];100(2):e24222. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7808544/pdf/medi-100-e24222.pdf> doi: [10.1097/MD.00000000000024222](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024222)
141. Kędzierski P, Morka A. A comprehensive approach to the modeling and simulation of ballistic textiles. *Composite Structures* [Internet]. 2022[cited 2024 Nov 19];292:115643. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263822322004263?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.compstruct.2022.115643](https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2022.115643)
142. Khatam-Lashgari A, Harving ML, Villa C, Lynnerup N, Larsen ST. Forensic age estimation of the knee by post-mortem DR, CT, and MR imaging: a comparative study. *Int J Legal Med*. 2024;138(3):971-81. doi: [10.1007/s00414-024-03158-7](https://doi.org/10.1007/s00414-024-03158-7)
143. Kiran JVK, Fereed H, Jadhav SK. Medicolegal Evaluation of Fatal Firearm injury Cases in Ethiopia: An Autopsy Study. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine*. 2023;45(1):24-7. doi: [10.48165/jiafm.2023.45.1.6](https://doi.org/10.48165/jiafm.2023.45.1.6)
144. Klontzas ME, Leventis D, Spanakis K, Karantanas AH, Kranioti EF. Post-mortem CT radiomics for the prediction of time since death. *Eur Radiol*. 2023;33(11):8387-95. doi: [10.1007/s00330-023-09746-2](https://doi.org/10.1007/s00330-023-09746-2)
145. Kondou H, Morohashi R, Ichioka H, Bandou R, Matsunari R, Kawamoto M, et al. Deep Neural Networks-Based Age Estimation of Cadavers Using CT Imaging of Vertebrae. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2023[cited 2024 Dec 17];20(6):4806. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10049236/pdf/ijerph-20-04806.pdf> doi: [10.3390/ijerph20064806](https://doi.org/10.3390/ijerph20064806)
146. Kottner, S, Thali MJ, Gascho D. Using the iPhone's LiDAR technology to capture 3D forensic data at crime and crash scenes. *Forensic Imaging* [Internet]. 2023[cited 2024 Dec 22];32:200535. Available from: <https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/232565/> doi: [10.1016/j.fri.2023.200535](https://doi.org/10.1016/j.fri.2023.200535)

147. Kranioti EF, Spanakis K, Flouri DE, Klontzas ME, Karantanas AH. Post-mortem CT in the investigation of homicides. *Clin Radiol*. 2023;78(11):832-8. doi: [10.1016/j.crad.2023.05.001](https://doi.org/10.1016/j.crad.2023.05.001)

148. Kuruc R, Szórádová A, Šikuta J, Mikuláš L, Šidlo J. A Comparative Study of Intravital CT and Autopsy Findings in Fatal Traumatic Injuries. *Healthcare (Basel)* [Internet]. 2022[cited 2024 Nov 30];10(8):1465. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9408567/pdf/healthcare-10-01465.pdf> doi: [10.3390/healthcare10081465](https://doi.org/10.3390/healthcare10081465)

149. Larin O, Tomashevskyi R, Lurin I, Gumeniuk K, Nehoduiko V. Computational Modeling and Analysis of Wound Formation in Gunshot Injuries. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering*; 2023 Sep 20-23; Chisinau, Moldova. Chisinau; 2023, p. 92. doi: [10.1007/978-3-031-42782-4_24](https://doi.org/10.1007/978-3-031-42782-4_24)

150. Lathrop SL, Wiest PW, Andrews SW, Elifritz J, Price JP, Mlady GW, et al. Can computed tomography replace or supplement autopsy? *J Forensic Sci*. 2023;68(2):524-35. doi: [10.1111/1556-4029.15217](https://doi.org/10.1111/1556-4029.15217)

151. Laubscher M, Ferreira N, Birkholtz FF, Graham SM, Maqungo S, Held M. Civilian gunshot injuries in orthopaedics: a narrative review of ballistics, current concepts, and the South African experience. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2021;31(5):923-30. doi: [10.1007/s00590-021-02934-0](https://doi.org/10.1007/s00590-021-02934-0)

152. Lee H, Lee S, Cha JG, Baek T, Yang KM. Postmortem Computed Tomography and Computed Tomography Angiography: Cardiothoracic Imaging Applications in Forensic Medicine. *J Thorac Imaging*. 2019;34(5):286-98. doi: [10.1097/rti.0000000000000398](https://doi.org/10.1097/rti.0000000000000398)

153. Lian T, Ashbrook M, Myers L, Chiba H, Ghafil C, Silverstein M, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography findings for hollow viscus injuries following thoracoabdominal gunshot wounds. *J Trauma Acute Care Surg*. 2023;94(1):156-61. doi: [10.1097/ta.00000000000003743](https://doi.org/10.1097/ta.00000000000003743)

154. Li Y, Xu C, Yu D, Xiong T, Zhao H, Xue H, et al. Computer-aided superimposition of the frontal sinus via 3D reconstruction for comparative forensic

identification. *Int J Legal Med.* 2021;135(5):1993-2001. doi: [10.1007/s00414-021-02585-0](https://doi.org/10.1007/s00414-021-02585-0)

155. Littlewood M, O'Donnell C, Parsons S, Archer MS, de Boer HH. Fatal gastric volvulus: forensic pathology considerations and postmortem CT findings. *Forensic Sci Med Pathol.* 2024;20(2):534-41. doi: [10.1007/s12024-023-00642-1](https://doi.org/10.1007/s12024-023-00642-1)

156. Liu L, Fan Y, Wang P, Zhang X, Lu Q. A resistance force model for spherical projectiles penetrating ballistic gelatin based on cavity expansion theory. *Journal of Mechanical Engineering Science.* 2021;235(17):3135-45. doi: [10.1177/095440622096483](https://doi.org/10.1177/095440622096483)

157. Luo S, Fan F, Zhang XT, Liu AJ, Lin YS, Cheng ZQ, et al. Forensic age estimation in adults by pubic bone mineral density using multidetector computed tomography. *Int J Legal Med.* 2023;137(5):1527-33. doi: [10.1007/s00414-023-03067-1](https://doi.org/10.1007/s00414-023-03067-1)

158. Lurin I, Khoroshun E, Negoduiko V, Makarov V, Shypilov S, Boroday V, et al. Retrieval of ferromagnetic fragments from the lung using video-assisted thoracoscopic surgery and magnetic tool: a case report of combat patient injured in the war in Ukraine. *Int J Emerg Med.* 2023;16(1):51. doi: [10.1186/s12245-023-00527-8](https://doi.org/10.1186/s12245-023-00527-8)

159. Lurin I, Vorovskiy O, Makarov V, Khoroshun E, Nehoduiko V, Ryzhenko A, et al. Management of thoracoabdominal gunshot injuries by using minimally invasive surgery at role 2 deployed field hospitals in Ukraine. *BMC Surg.* 2024;24(1):183. doi: [10.1186/s12893-024-02475-3](https://doi.org/10.1186/s12893-024-02475-3)

160. Lux C, Kettner M, Federspiel JM, Ramsthaller F, Verhoff MA. Atypical wound trajectory after a tangential pistol shot. *Int J Legal Med.* 2023;137(2):595-600. doi: [10.1007/s00414-022-02905-y](https://doi.org/10.1007/s00414-022-02905-y)

161. Maghin F, Antonietti A, Farina D, Benedetti P, Verzeletti A. A case of suicide by double gunshot wounds to the head: the ability to act after the first shot. *Int J Legal Med.* 2019;133(5):1469-76. doi: [10.1007/s00414-019-02085-2](https://doi.org/10.1007/s00414-019-02085-2)

162. Maqungo S, Fegredo D, Brkljac M, Laubscher M. Gunshot Wounds to The Hip. *J Orthop.* 2020;22:530-4. doi: [10.1016/j.jor.2020.09.018](https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.09.018)

163. Maqungo S, Kauta N, Held M, Mazibuko T, Keel MJ, Laubscher M, et al. Gunshot injuries to the lower extremities: Issues, controversies and algorithm of management. *Injury*. 2020;51(7):1426-31. doi: [10.1016/j.injury.2020.05.024](https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.05.024)

164. Maqungo S, Nicol A, Laubscher M, Williams K, Graham S, Henry M, et al. Intracapsular neck of femur fractures secondary to civilian gunshot injuries: an inter- and intra-observer agreement study on classification and treatment using the AO/OTA classification. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2024;34(6):2981-6. doi: [10.1007/s00590-024-04015-4](https://doi.org/10.1007/s00590-024-04015-4)

165. Maqungo S, Nicol A, Yimam H, Dey R, Exadaktylos A, Laubscher M. CT scan-based 3D fracture mapping in civilian gunshot intracapsular fractures of the femur neck. *Injury* [Internet]. 2024[cited 2024 Dec 20];55(10):111723. Available from: [https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383\(24\)00429-7/fulltext](https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383(24)00429-7/fulltext) doi: [10.1016/j.injury.2024.111723](https://doi.org/10.1016/j.injury.2024.111723)

166. Makino Y, Unuma K, Nolte KB, Adolphi NL. Accuracy of forensic pathologists in incorporating post-mortem CT (PMCT) in forensic death investigation. *J Forensic Sci*. 2022;67(6):2351-9. doi: [10.1111/1556-4029.15131](https://doi.org/10.1111/1556-4029.15131)

167. Margagliotti G, Bollé T. Machine learning & forensic science. *Forensic Sci Int*. 2019;298:138-9. doi: [10.1016/j.forsciint.2019.02.045](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.02.045)

168. Martin C, Spies V. Gunshot Wounds and Penetrating Injuries. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2023;58(4):253-63. doi: [10.1055/a-1734-7221](https://doi.org/10.1055/a-1734-7221)

169. Maulana F, Prabowo A, Ridwan R, Ubaidillah U, Ariawan D, Sohn J, et al. Antiballistic material, testing, and procedures of curved-layered objects: A systematic review and current milestone. *Curved and Layered Structures* [Internet]. 2023[cited 2024 Dec 28];10(1):20220200. Available from: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023CLS....10..200M/abstract> doi: <https://doi.org/10.1515/cls-2022-0200>

170. Mansor S, Ziu N, Almissmary H, Alawami M, Bujazia A, Eltarhoni A. Abdominal versus pelvic gunshot injuries in terms of postoperative outcomes: A

cohort representing the experience of 406 cases in seven years. Turk J Surg. 2024;40(1):36-46. doi: [10.47717/turkjsurg.2024.6303](https://doi.org/10.47717/turkjsurg.2024.6303)

171. Manta AM, Petrasso PEY, Tomassini L, Piras GN, De Maio A, Cappelletti S, et al. The wounding potential of assault rifles: analysis of the dimensions of entrance and exit wounds and comparison with conventional handguns. A multicentric study. Forensic Sci Med Pathol. 2024;20(3):896-909. doi: [10.1007/s12024-023-00767-3](https://doi.org/10.1007/s12024-023-00767-3)

172. Marhold F, Scheichel F, Ladisich B, Pruckner P, Strasser E, Themesl M, et al. Surviving the Scene in Civilian Penetrating Brain Injury: Injury Type, Cause and Outcome in a Consecutive Patient Series in Austria. Frontiers in Surgery [Internet]. 2022[cited 2024 Nov 24];9:923949. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9274525/pdf/fsurg-09-923949.pdf> doi: [10.3389/fsurg.2022.923949](https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.923949)

173. Merli D, Amadasi A, Mazzarelli D, Cappella A, Castoldi E, Ripa S, et al. Comparison of different swabs for sampling inorganic gunshot residue from gunshot wounds: applicability and reliability for the determination of firing distance. J Forensic Sci. 2019;64(2):558-64. doi: [10.1111/1556-4029.13870](https://doi.org/10.1111/1556-4029.13870)

174. Mishalov VD, Petroshak OYu, Hoholyeva TV, Gurina OO, Gunas VI. Forensic assessment of gunshot injuries in Maidan Nezalezhnosti protesters. Світ медицини та біології. 2019;3:118-22. doi: [10.26724/2079-8334-2019-3-69-118-122](https://doi.org/10.26724/2079-8334-2019-3-69-118-122)

175. Mo GL, Liu J, Ma QW, Jin YX, Yan WM. Influence of impact velocity and impact attack angle of bullets on damage of human tissue surrogate - ballistic gelatin. Chin J Traumatol. 2022;25(4):209-17. doi: [10.1016/j.cjtee.2022.03.004](https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2022.03.004)

176. Modzelewski W, Janica J. The role of computed tomography in post-mortem examinations. Arch Med Sadowej Kryminol. 2024;74(2):124-33. doi: [10.4467/16891716amsik.24.011.20340](https://doi.org/10.4467/16891716amsik.24.011.20340)

177. Moriscot A, Miyabara EH, Langeani B, Belli A, Egginton S, Bowen TS. Firearms-related skeletal muscle trauma: pathophysiology and novel

approaches for regeneration. NPJ Regen Med. 2021;6(1):17. doi: [10.1038/s41536-021-00127-1](https://doi.org/10.1038/s41536-021-00127-1)

178. Monson KL, Smith ED, Peters EM. Accuracy of comparison decisions by forensic firearms examiners. J Forensic Sci. 2023;68(1):86-100. doi: [10.1111/1556-4029.15152](https://doi.org/10.1111/1556-4029.15152)

179. Mookiah MRK, Puch-Solis R, Nic Daeid N. Identification of bullets fired from air guns using machine and deep learning methods. Forensic Sci Int [Internet]. 2023[cited 2024 Dec 16];349:111734. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073823001846?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.forsciint.2023.111734](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111734)

180. Mueller KL, Lovelady NN, Ranney ML. Firearm injuries and death: a United States epidemic with public health solutions. PLOS Global Public Health [Internet]. 2023[cited 2024 Dec 22];3:e0001913. Available from: <https://journals.plos.org/globalpublichealth/article?id=10.1371/journal.pgph.0001913> doi: [10.1371/JOURNAL.PGPH.0001913](https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PGPH.0001913)

181. Muss TE, Hu S, Bauder AR, Lin IC. The Epidemiology, Management, and Outcomes of Civilian Gunshot Wounds to the Upper Extremity at an Urban Trauma Center. Plast Reconstr Surg Glob Open [Internet]. 2024[cited 2024 Nov 19];12(4):e5753. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11023610/pdf/gox-12-e5753.pdf> doi: [10.1097/GOX.00000000000005753](https://doi.org/10.1097/GOX.00000000000005753)

182. Muzh V, Lechachenko T. Computer technologies as an object and source of forensic knowledge: challenges and prospects of development. Вісник Тернопільського національного технічного університету. 2024;3:17-22. doi: [10.33108/visnyk_tntu2024.03.017](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.03.017)

183. Najari F, Jafari H, Alimohammadi AM, Najari D. The importance of victim's clothes in gunshot wounds. Journal of Emergency Practice and Trauma. 2020;6(2):73-6. doi: [10.34172/jept.2020.13](https://doi.org/10.34172/jept.2020.13)

184. Nickson NM, DeJong JL, Brooks JK, Prahlow JA. Cutaneous skin defects overlying tangential gunshot wounds: A case series. *J Forensic Sci.* 2024;69(2):702-8. doi: [10.1111/1556-4029.15458](https://doi.org/10.1111/1556-4029.15458)

185. Nicolas D, Alain B, Eugénie C, Augusto GTP, Elodie M. Lethal head ballistic trauma with a «nonlethal» projectile: A case report and review of the literature. *Leg Med (Tokyo)* [Internet]. 2023[cited 2024 Dec 26];64:102268. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1344622323000780?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.legalmed.2023.102268](https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2023.102268)

186. Norberti N, Tonelli P, Giaconi C, Nardi C, Focardi M, Nesi G, et al. State of the art in post-mortem computed tomography: a review of current literature. *Virchows Arch.* 2019;475(2):139-50. doi: [10.1007/s00428-019-02562-4](https://doi.org/10.1007/s00428-019-02562-4)

187. Nordin FA, Bominathan UR, Abdullah AFL, Chang KH. Forensic Significance of Gunshot Impact Marks on Inanimate Objects: The Need for Translational Research. *J Forensic Sci.* 2020;65(1):11-25. doi: [10.1111/1556-4029.14142](https://doi.org/10.1111/1556-4029.14142)

188. Omid R, Stone MA, Zalavras CG, Marecek GS. Gunshot Wounds to the Upper Extremity. *J Am Acad Orthop Surg.* 2019;27(7):301-10. doi: [10.5435/jaaos-d-17-00676](https://doi.org/10.5435/jaaos-d-17-00676)

189. Offiah CE. Fire-damage findings in post-mortem CT. *Clin Radiol.* 2023;78(11):812-21. doi: [10.1016/j.crad.2023.03.005](https://doi.org/10.1016/j.crad.2023.03.005)

190. Office of the High Commissioner for Human Rights. Ukraine: Civilian casualty update 14 august 2023 [Internet]. Geneva: Office of the High Commissioner for Human Rights; 2023[cited 2024 Dec 26]. Available from: <https://www.ohchr.org/en/updates/2023/09/ukraine-civilian-casualty-update-24-september-2023>

191. Oliva A, Grassi S, Grassi VM, Pinchi V, Floris R, Manenti G, et al. Postmortem CT and autopsy findings in nine victims of terrorist attack. *Int J Legal Med.* 2021;135(2):605-18. doi: [10.1007/s00414-020-02492-w](https://doi.org/10.1007/s00414-020-02492-w)

192. Oosthuizen GV, Čačala SR, Kong VY, Couch D, Buitendag J, Variawa S, et al. Penetrating Colon Trauma-the Effect of Injury Location on Outcomes. *World J Surg.* 2022;46(1):84-90. doi: [10.1007/s00268-021-06312-z](https://doi.org/10.1007/s00268-021-06312-z)
193. Oura P, Brix M, Lammentausta E, Liimatainen T, Kiljunen J, Junno A, et al. Three-dimensional visualization of gunshot cavities in ballistic gelatine with computed tomography - A forensic ballistics case study. *J Forensic Leg Med* [Internet]. 2024[cited 2024 Dec 28];107:102740. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1752928X24001021> doi: [10.1016/j.jflm.2024.102740](https://doi.org/10.1016/j.jflm.2024.102740)
194. Oura P, Junno A, Junno JA. Deep learning in forensic gunshot wound interpretation-a proof-of-concept study. *Int J Legal Med.* 2021;135(5):2101-6. doi: [10.1007/s00414-021-02566-3](https://doi.org/10.1007/s00414-021-02566-3)
195. Oura P, Niinimäki J, Brix M, Lammentausta E, Liimatainen T, Junno A, Junno JA. Observing the fragmentation of two expanding bullet types and a full metal-jacketed bullet with computed tomography-a forensic ballistics case study. *Int J Legal Med.* 2024;138(2):671-6. doi: [10.1007/s00414-023-03062-6](https://doi.org/10.1007/s00414-023-03062-6)
196. Pan T, Giuffrida BM, Trivedi AH, Contestabile D, Vyas PS, Cheng BC, et al. Evaluation of Self-Inflicted versus Non-Self-Inflicted Gunshot Wounds and Associated Injuries Involving the Hand and Upper Extremity. *Healthcare (Basel).* 2024;12(5):564. doi: [10.3390/healthcare12050564](https://doi.org/10.3390/healthcare12050564)
197. Perebetiuk AM, Gunas VI, Fomina LV, Zverkhovska VF, Prokopenko SV. Peculiarities of the projectile penetration depth when fired with «Fort 9R» and «Fort 17R» pistols while using different clothing fabric. *Світ медицини та біології.* 2022;4:230-5. doi: [10.26724/2079-8334-2022-4-82-230-235](https://doi.org/10.26724/2079-8334-2022-4-82-230-235)
198. Petrone P, Dagnesses-Fonseca JO, Marín-Garcia J, McNelis J, Marini CP. Principles of wound ballistics and their clinical implications in firearm injuries. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2025;51(1):101. doi: [10.1007/s00068-025-02777-y](https://doi.org/10.1007/s00068-025-02777-y)
199. Petrus K, Angyal M, Tóth D, Poór VS, Heckmann V, Simon G. Forensic assessment of a life-threatening penetrating abdominal air gun injury. *Leg*

Med (Tokyo) [Internet]. 2023[cited 2024 Dec 20];60:102182. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1344622322001705?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.legalmed.2022.102182](https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2022.102182)

200. Pham L, Portelli Tremont JN, Bruderick A, Nazarian J, Udekwu PO, et al. Post-Mortem CT Delivers Fast and Accurate Injury Identification in Trauma Patients. *Am Surg*. 2022;88(5):973-80. doi: [10.1177/00031348221078985](https://doi.org/10.1177/00031348221078985)

201. Pinto A, Russo A, Reginelli A, Iacobellis F, Di Serafino M, Giovine S, Romano L. Gunshot Wounds: Ballistics and Imaging Findings. *Semin Ultrasound CT MR*. 2019;40(1):25-35. doi: [10.1053/j.sult.2018.10.018](https://doi.org/10.1053/j.sult.2018.10.018)

202. Pitrone C, Pellicano S, Franzutti C, Scappatura G, Baldino G, Asmundo A, et al. The role of PMCT in firearm injuries. Case study. *Clin Ter*. 2024;175(4 Suppl 1):47-52. doi: [10.7417/ct.2024.5084](https://doi.org/10.7417/ct.2024.5084)

203. Prahlow SP, Brown TT, Dye D, Poulos C, Prahlow JA. “Comet-tailing” associated with gunshot entrance wounds. *J Forensic Sci*. 2021;66(3):1154-60. doi: [10.1111/1556-4029.14670](https://doi.org/10.1111/1556-4029.14670)

204. Pullen A, Kieser DC, Hooper G. Ballistic gelatin calibration standardisation. *BMJ Mil Health*. 2022;168(2):124-7. doi: [10.1136/bmjmilitary-2020-001430](https://doi.org/10.1136/bmjmilitary-2020-001430)

205. Queiroz Nogueira Lira R, Geovana Motta de Sousa L, Memoria Pinho ML, Pinto da Silva Andrade de Lima RC, Garcia Freitas P, Scholles Soares Dias B, et al. Deep learning-based human gunshot wounds classification. *Int J Legal Med*. 2025;139(2):651-66. doi: [10.1007/s00414-024-03355-4](https://doi.org/10.1007/s00414-024-03355-4)

206. Rendel R, Hepner J, Reese M, Collins J, Burgess J. Intravenous Versus Rectal Contrast in CT Imaging for Abdominal Gunshot Wounds. *Am Surg*. 2023;89(9):3862-3. doi: [10.1177/00031348231174007](https://doi.org/10.1177/00031348231174007)

207. Rodriguez-Pascual JA, Doña-Fernández A, Hernández-Crespo FJ, Loarce-Tejada Y, Sanchez PS, Gutiérrez-Redomero E, et al. Preliminary study of gunshot residues in entry holes at different angles: Feasibility of using LIBS to support trajectory estimation. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2025[cited 2024 Jan

27];367:112349. Available from: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/7A5655Wa/>
doi: [10.1016/j.forsciint.2024.112349](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112349)

208. Rodriguez-Pascual JA, Doña-Fernández A, Loarce-Tejada Y, de Andres-Gimeno I, Valtuille-Fernández E, Gutiérrez-Redomero E, et al. Assessment of gunshot residue detection on a large variety of surfaces by portable LIBS system for crime scene application. *Forensic Sci Int* [Internet]. 2023[cited 2024 Nov 25];353:111886. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073823003365?via%3Dihub> doi: [10.1016/j.forsciint.2023.111886](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111886)

209. Rogovskyi VM, Koval B, Lurin IA, Gumeniuk K, Gorobeiko M, Dinets A. Temporary arterial shunts in combat patient with vascular injuries to extremities wounded in Russian-Ukrainian war: A case report. *Int J Surg Case Rep* [Internet]. 2023[cited 2024 Dec 20];102:107839. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9813523/pdf/main.pdf>
doi: [10.1016/j.ijscr.2022.107839](https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2022.107839)

210. Ruder TD, Kuhnen SC, Zech WD, Klaus JB, Lombardo P, Ith M. Standards of practice in forensic age estimation with CT of the medial clavicular epiphysis-a systematic review. *Int J Legal Med*. 2023;137(6):1757-66. doi: [10.1007/s00414-023-03061-7](https://doi.org/10.1007/s00414-023-03061-7)

211. Safeek RH, Ching J, Chim H, Satteson E. The Role of Plastic Surgeons in Addressing Firearm Morbidity and Mortality. *Cureus* [Internet]. 2023[cited 2024 Nov 27];15(3):e36414. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10115152/pdf/cureus-0015-00000036414.pdf> doi: [10.7759/cureus.36414](https://doi.org/10.7759/cureus.36414)

212. Schwab N, Jordana X, Monreal J, Garrido X, Soler J, Vega M, et al. Ballistic long bone fracture pattern: an experimental study. *Int J Legal Med*. 2024;138(4):1685-700. doi: [10.1007/s00414-024-03191-6](https://doi.org/10.1007/s00414-024-03191-6)

213. Serotte JC, Nascimben J, Portney D, Wallace SS, Erdman MK, Strelzow JA. Femoral neck fractures: a cohort comparison of nonunion and

complication rates after ballistic versus blunt mechanism fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2024;35(1):3. doi: [10.1007/s00590-024-04143-x](https://doi.org/10.1007/s00590-024-04143-x)

214. Sessa F, Cocimano G, Esposito M, Zuccarello P, Scoto E, Mazzeo P, et al. Systematic Review of Penetrating Cardiac Injury by a Firearm: Forensic Implications. *Healthcare* (Basel). 2023;11(2):265. doi: [10.3390/healthcare11020265](https://doi.org/10.3390/healthcare11020265)

215. Shi Y, Xu Y, Fan X, Wang T, Su Y, Fang X, et al. Three-Dimensional Digitalized Virtual Planning of Free Anterior Tibial Artery Perforator Flap for Repairing Soft Tissue Defects in Extremities. *World J Surg.* 2023;47(7):1821-7. doi: [10.1007/s00268-023-06970-1](https://doi.org/10.1007/s00268-023-06970-1)

216. Shelmerdine SC, Arthurs OJ. Post-mortem perinatal imaging: what is the evidence? *Br J Radiol* [Internet]. 2023[cited 2024 Nov 29];96(1147):20211078. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10321257/pdf/bjr.20211078.pdf> doi: [10.1259/bjr.20211078](https://doi.org/10.1259/bjr.20211078)

217. Shrestha R, Kanchan T, Krishan K. Gunshot Wounds Forensic Pathology [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025[cited 2024 Jan 21]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556119/>

218. Simmons-Ehrhardt T, Falsetti CRS, Falsetti AB. Using Computed Tomography (CT) Data to Build 3D Resources for Forensic Craniofacial Identification. *Adv Exp Med Biol.* 2021;1317:53-74. doi: [10.1007/978-3-030-61125-5_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61125-5_4)

219. Singh NP, Sharma RK, Patil A. Gunshot Injury to the Face With Atypical Non-linear Bullet Trajectory: A Case Report. *Cureus* [Internet]. 2023[cited 2024 Nov 25];15(8):e43917. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10512756/pdf/cureus-0015-00000043917.pdf> doi: [10.7759/cureus.43917](https://doi.org/10.7759/cureus.43917)

220. Singh Y, Motilall S, Khulu BL, Jackson BS. The impact of colon injuries on the outcome of gunshot wounds to the abdomen. *Langenbecks Arch Surg.* 2023;408(1):328. doi: [10.1007/s00423-023-03067-0](https://doi.org/10.1007/s00423-023-03067-0)

221. Smith RN, Tracy BM, Smith S, Johnson S, Martin ND, Seamon MJ. Retained bullets after firearm injury: a survey on surgeon practice patterns. *J Interpers Violence*. 2022;37(1-2):306-26. doi: [10.1177/0886260520914557](https://doi.org/10.1177/0886260520914557)

222. Speelman AC, Engel-Hills PC, Martin LJ, van Rijn RR, Offiah AC. Postmortem computed tomography plus forensic autopsy for determining the cause of death in child fatalities. *Pediatr Radiol*. 2022;52(13):2620-9. doi: [10.1007/s00247-022-05406-7](https://doi.org/10.1007/s00247-022-05406-7)

223. Stefanopoulos PK, Aloizos S, Mikros G, Nikita AS, Tsiatis NE, Bissias C, et al. Assault rifle injuries in civilians: ballistics of wound patterns, assessment and initial management. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2024;50(6):2741-51. doi: [10.1007/s00068-024-02537-4](https://doi.org/10.1007/s00068-024-02537-4)

224. Steenburg SD, Spitzer T, Rhodes A. Post-mortem computed tomography improves completeness of the trauma registry: a single institution experience. *Emerg Radiol*. 2019;26(1):5-13. doi: [10.1007/s10140-018-1637-4](https://doi.org/10.1007/s10140-018-1637-4)

225. Stevenson T, Carr DJ, Harrison K, Critchley R, Gibb IE, Stapley SA. Ballistic research techniques: visualizing gunshot wounding patterns. *International journal of legal medicine*. 2020;134:1103-14. doi: [10.1007/s00414-020-02265-5](https://doi.org/10.1007/s00414-020-02265-5)

226. Stewart S, Tunstall C, Stevenson T. Gunshot wounds in civilian practice: a review of epidemiology, pathophysiology and management. *Orthopaedics and Trauma*. 2023;37(4):216-21. doi: [10.1016/j.mporth.2023.05.002](https://doi.org/10.1016/j.mporth.2023.05.002)

227. Stoevesandt D, Woydt L, Peter LM, Weber M. Forensic-radiological diagnosis of gunshot wounds. *Radiologie (Heidelb)*. 2024;64(11):854-60. doi: [10.1007/s00117-024-01367-0](https://doi.org/10.1007/s00117-024-01367-0)

228. Taylor SC, Ondruschka B, Kieser DC, Hammer N, Lee M, Hooper GJ, et al. Ballistic trauma caused by military rifles: experimental study based on synthetic skull proxies. *Forensic Sci Med Pathol*. 2022;18(1):30-6. doi: [10.1007/s12024-021-00432-7](https://doi.org/10.1007/s12024-021-00432-7)

229. Thoma V, Franchetti G, Geisenberger D, Glardon M, Kromeier J, Mierdel K, et al. Gunshot wounds in parenchymatous organs: the morphology

mainly depends on the physical properties of the affected tissues. *Int J Legal Med.* 2023;137(5):1463-9. doi: [10.1007/s00414-023-03058-2](https://doi.org/10.1007/s00414-023-03058-2)

230. Tisnovsky I, Katz SD, Pincay JI, Garcia Reinoso L, Redfern JAI, Pascal SC, et al. Management of gunshot wound-related Hip injuries: a systematic review of the current literature. *J Orthop.* 2021;23:100–6. doi: [10.1016/j.jor.2020.12.029](https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.12.029)

231. Tomashevskyi R, Larin O, Kolisnyk K, Zuev A, Gumeniuk K, Lurin I, et al. Methodology and Use of Experimental Techniques in Analyzing Wound Dynamics of Penetrating Injuries. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering*; 2023 Sep 20-23; Chisinau, Moldova. Chisinau; 2023, p. 208-17.

232. Tsranchev I, Timonov P, Alexandrov A. Penetrating Brain Trauma due to Air Gun Shot - a Case Report. *Folia Med (Plovdiv).* 2021;63(6):977-80. doi: [10.3897/folmed.63.e59428](https://doi.org/10.3897/folmed.63.e59428)

233. Tsymbaliuk V, Lurin I, Gumeniuk K, Herasymenko O, Furkalo S, Oklei D, et al. Modeling of wound ballistics in biological tissues simulators. *Медичні перспективи.* 2023;28(1):37-48. doi: [10.26641/2307-0404.2023.1.275866](https://doi.org/10.26641/2307-0404.2023.1.275866)

234. Tsymbalyuk VI, Lurin IA, Usenko OY, Gumeniuk KV, Krymchuk SG, Gryshchenko OV, et al. Results of experimental research of wound ballistics of separate types and calibers of modern bullets. *Медичні перспективи.* 2021;26(4):4-14. doi: [10.26641/2307-0404.2021.4.247409](https://doi.org/10.26641/2307-0404.2021.4.247409)

235. Ujvári B, Oláh Z, Molnár S, Hácns T, Várhelyi L, Szabó N, et al. Multi-stage management of a right hip gunshot injury; Case report. *Trauma Case Rep* [Internet]. 2023 [cited 2024 Nov 20];47:100881. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10425711/pdf/main.pdf> doi: [10.1016/j.tcr.2023.100881](https://doi.org/10.1016/j.tcr.2023.100881)

236. Ursprung R, Eggert S, Ampanozi G, Gascho D, Thali M, Franckenberg S. Gunshot wounds to the head: a comparison of postmortem magnetic resonance

imaging, computed tomography, and autopsy. *Acta Radiol.* 2022;63(4):513-9. doi: [10.1177/0284185121999999](https://doi.org/10.1177/0284185121999999)

237. Vail EM, Giffen MA, Jason DR, McLemore JL. Suicidal shotgun wound of the head with personal defence ammunition: A report of a case and review of literature. *Forensic Imaging* [Internet]. 2021 [cited 2024 Nov 21];26:200466. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666225621000373> doi: [10.1016/J.FRI.2021.200466](https://doi.org/10.1016/J.FRI.2021.200466)

238. Veenstra A, Kerkhoff W, Oostra RJ, Galtés I. Gunshot trauma in human long bones: towards practical diagnostic guidance for forensic anthropologists. *Forensic Sci Med Pathol.* 2022;18(3):359-67. doi: [10.1007/s12024-022-00479-0](https://doi.org/10.1007/s12024-022-00479-0)

239. Vicentin-Junior CA, Vieira RB, Damascena NP, Silva MC, Santiago BM, Cunha E, et al. Differences in ballistic findings between autopsy and post-mortem computed tomography in the head and neck region of gunshot victims: a comprehensive synthesis for forensic decision-making. *EXCLI J.* 2023;22:600-3. doi: [10.17179/excli2023-6256](https://doi.org/10.17179/excli2023-6256)

240. Villa C, Lynnerup N, Jacobsen C. A Virtual, 3D Multimodal Approach to Victim and Crime Scene Reconstruction. *Diagnostics* (Basel). 2023;13(17):2764. doi: [10.3390/diagnostics13172764](https://doi.org/10.3390/diagnostics13172764)

241. Wilk M, Chowaniec E, Chowaniec M, Chowaniec C. Evaluation of gunshot injuries to long bones from pneumatic weapons using a human thigh model. Part I. Introduction and assumptions. Discussion of shot ballistics. Human thigh model. *Arch Med Sadowej Kryminol.* 2024;74(1):9-27. doi: [10.4467/16891716AMSIK.24.002.19647](https://doi.org/10.4467/16891716AMSIK.24.002.19647)

242. Wittschieber D, Hahnemann ML, Mentzel HJ. Forensic Diagnostics of the Skeletal Age in the Living - Backgrounds and Methodology. *Rofo.* 2024;196(3):254-61. doi: [10.1055/a-2130-3162](https://doi.org/10.1055/a-2130-3162)

243. Wu W, Guo BB, Zhang JG, Wang RS, Ruan HB, Liu L. Forensic Identification of Diving Deaths. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2021;37(5):683-6. doi: [10.12116/j.issn.1004-5619.2020.400501](https://doi.org/10.12116/j.issn.1004-5619.2020.400501)

244. Wu S, Sikdar P, Bhat GS. Recent progress in developing ballistic and anti-impact materials: Nanotechnology and main approaches. *Defence Technology*. 2023;21:33–61. doi: [10.1016/j.dt.2022.06.007](https://doi.org/10.1016/j.dt.2022.06.007)

245. Yen JS, Yen TH. Lead poisoning induced by gunshot injury with retained bullet fragments. *QJM*. 2022;114(12):873-4. doi: [10.1093/qjmed/hcab144](https://doi.org/10.1093/qjmed/hcab144)

246. Yoshida M, Makino Y, Hoshioka Y, Saito N, Yamaguchi R, Chiba F, et al. Technical and interpretive pitfalls of postmortem CT: Five examples of errors revealed by autopsy. *J Forensic Sci*. 2022;67(1):395-403. doi: [10.1111/1556-4029.14883](https://doi.org/10.1111/1556-4029.14883)

247. Zbrueva JV. Forensic Medical Assessment of Thanatogenesis in the Experience of Gunshot Injuries. *Journal of Research in Medical and Dental Science*. 2021;9(8):232-5.

248. Zein-Elabdin H, Hamied Ghanem MAA. Unusual pattern of firearm injury to trunk and limbs: Two case reports and review. *Leg Med (Tokyo)* [Internet]. 2024 [cited 2024 Dec 27];71:102543. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12024-023-00756-6> doi: [10.1016/j.legalmed.2024.102543](https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2024.102543)

249. Zein-Elabdin, H., Ghanem, M.A. Two case reports of fatal injuries sustained from tear gas guns loaded with pebbles as missiles. *Forensic Sci Med Pathol*. 2024;20:1437–43. doi: [10.1007/s12024-023-00756-6](https://doi.org/10.1007/s12024-023-00756-6)

250. Zhang M. Forensic imaging: a powerful tool in modern forensic investigation. *Forensic Sci Res*. 2022;7(3):385-92. doi: [10.1080/20961790.2021.2008705](https://doi.org/10.1080/20961790.2021.2008705)

251. Zhang Y, Wright B, D'Amore P, Hightower C, Stang T, Israel H, et al. Gunshot Wounds to the Hip: Doomed to Failure? *J Surg Orthop Adv*. 2020;29(3):135-40.

252. Zhou J, Zhou Z, Chen X, Shi F, Xia W. A deep learning-based automatic tool for measuring the lengths of linear scars: forensic applications. *Forensic Sci Res.* 2023;8(1):41-9. doi: [10.1093/fsr/owad010](https://doi.org/10.1093/fsr/owad010)

253. Zimmermann N, Sieberth T, Dobay A. Automated wound segmentation and classification of seven common injuries in forensic medicine. *Forensic Sci Med Pathol.* 2024;20(2):443-51. doi: [10.1007/s12024-023-00668-5](https://doi.org/10.1007/s12024-023-00668-5)

254. Zmievskaya Y, Savka I. Experimental Studies of Bullet Gunshot Injuries by Three-Dimensional Spatial Reconstruction. *Folia Societatis Medicinae Legalis Slovacae.* 2023;13(2):55-8.

255. Zmievskaya Y, Savka I. Introduction of the modern 3d modeling method into the theory and practice of forensic medicine ballistics, caused by gunshot wounds inflicted by firearms with 9mm caliber ammunition. *Wiad Lek.* 2024;77(8):1569-74. doi: [10.36740/WLek202408106](https://doi.org/10.36740/WLek202408106)

256. Zmievskaya Y, Savka I. Three-Dimensional Modeling of Firearm Injuries in Forensic Medicine. *Galician Medical Journal.* 2024;31(4):e-MJ2024-A28. doi: [10.21802/e-GMJ2024-A28](https://doi.org/10.21802/e-GMJ2024-A28)

257. Zmievskaya Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. *Медичні перспективи.* 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.1.300596)

Додаток А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ***Список праць, у яких опубліковані основні результати дисертації:***

1. Бачинський ВТ, Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних ушкоджень у практиці судової медицини. Сучасні медичні технології. 2019;4(43):43-6. doi: [10.34287/MMT.4\(43\).2019.8](https://doi.org/10.34287/MMT.4(43).2019.8) **(Українське видання яке індексується БД Scopus, Q4)** *(Здобувач провів аналітичний огляд наукової літератури, написання та підготовку статті до публікації).*

2. Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Особливості вітчизняного розвитку можливостей судово-медичної діагностики вогнепальних ушкоджень. Судово-медична експертиза. 2021;1:3-10. doi: [10.24061/2707-8728.1.2021.1](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2021.1) **(Фахове видання України).** *(Здобувач провів аналітичний огляд наукової літератури, написання та підготовку статті до публікації).*

3. Змієвська ЮГ, Савка ІГ, Балук ІГ, Гринюк ВВ, Бизер АР. Прикладне значення 3д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2023.6) **(Фахове видання України).** *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

4. Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.1.300596) **(Українське видання яке індексується БД Scopus, Q4).** *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах з автомата кулями малого калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

5. **Змієвська ЮГ, Савка ІГ.** Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2023.5) (**Фахове видання України**). *(Здобувач проводив експериментальну частину досліджень, обробку отриманих експериментальних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

6. **Zmievska Y, Savka I.** Introduction of the modern 3d modeling method into the theory and practice of forensic medicine ballistics, caused by gunshot wounds inflicted by firearms with 9mm caliber ammunition. Wiad Lek. 2024;77(8):1569-74. doi: [10.36740/WLek202408106](https://doi.org/10.36740/WLek202408106) (**Іноземне видання яке індексується БД Scopus, Q4**). *(Здобувач проводив експериментальну частину досліджень ушкоджень спричинених кулями великого калібру, обробку отриманих експериментальних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

7. **Zmievska Y, Savka I.** Three-Dimensional Modeling of Firearm Injuries in Forensic Medicine. Galician Medical Journal. 2024;31(4):e-MJ2024-A28. doi: [10.21802/e-GMJ2024-A28](https://doi.org/10.21802/e-GMJ2024-A28) (**Українське видання, яке індексується БД Web of Science Core Collection, Q3**). *(Здобувач проводив експериментальну частину досліджень ушкоджень спричинених кулями середнього калібру, обробку отриманих експериментальних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

8. **Савка ІГ, Змієвська ЮГ.** Судово-медична оцінка вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків. Судово-медична експертиза. 2024;2:60-7. doi: [10.24061/2707-8728.2.2024.9](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2024.9) (**Фахове видання України**). *(Здобувач проводив збір матеріалу у вигляді вогнепальних ушкоджень із числа практичних випадків судово-медичних експертиз трупів та медико-криміналістичних експертиз, морфологічний аналіз, обробку отриманих практичних даних, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

9. **Змієвська ЮГ, Савка ІГ.** Розвиток та сучасні можливості судово-медичної діагностики виду основного травмуючого фактора при вогнепальних ушкодженнях. Клінічна та експериментальна патологія. 2020;19(1):152-9. doi: [10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.23](https://doi.org/10.24061/1727-4338.XIX.1.71.2020.23) (**Фахове видання України**). *(Здобувач провів аналітичний огляд наукової літератури, розробку методів досліджень, написання та підготовку статті до публікації).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

10. **Zmievska Y, Savka I.** Experimental Studies of Bullet Gunshot Injuries by Three-Dimensional Spatial Reconstruction. Folia Societatis Medicinae Legalis Slovacaе. 2023;13(2):55-8. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах з автомата кулями малого калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку статті до публікації).*

11. Савка ІГ, **Змієвська ЮГ.** Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних ушкоджень, як один з інноваційних методів судової експертизи. В: Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Актуальні питання криміналістики та судової експертизи; 2020 Лис 19; Київ. Київ; 2020, с. 50-2. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, підбір матеріалів для досліджень, написання та підготовку тез до публікації).*

12. **Zmievska YG.** Possibilities of the multidimensional remodeling during forensic-medical examination of gunshot injuries. В: Матеріали 102-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу БДМУ; 2021 Лют 08, 10, 15; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2021, с. 18-9. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, підбір матеріалів для досліджень, написання та підготовку тез до публікації).*

13. **Змієвська ЮГ.** Переваги використання методу тривимірної просторової реконструкції вогнепальних тілесних ушкоджень в практиці судово-медичних експертів В: Матеріали 103-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету; 2022 Лют 07, 09, 14; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2022, с. 25-6. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, підбір матеріалів для досліджень, аналіз можливостей використання обраних методів експериментальних досліджень у практичній роботі, написання та підготовку тез до публікації).*

14. **Змієвська ЮГ.** Тривимірна просторова реконструкція вогнепальних тілесних ушкоджень м'яких тканин тіла людини (експериментальні дослідження). В: Матеріали 104-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного університету; 2023 Лют 06, 08, 13; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2023, с. 24. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, експериментальну частину досліджень з використанням біологічних та небіологічних імітаторів тіла людини, написання та підготовку тез до публікації).*

15. **Zmievskaya Y, Savka I.** Experimental Studies of Bullet Gunshot Injuries by Three-Dimensional Spatial Reconstruction. In: Proceedings of the 53-rd Krsek Conference of Forensic Medicine with international participation; 2023 May 28-30; Modra, Slovenska republika. Modra; 2023. *(Здобувач провела експериментальну частину досліджень, морфологічний аналіз, статистичний аналіз, написання та підготовку матеріалів статті до публікації і виступу).*

16. **Zmievskaya YuG.** Forensic-medical examination injuries caused by automatic firearms chambered in 5.45mm caliber. В: Матеріали 105-ї підсумкової наук.-практ. конф. з міжнар. участю професорсько-викладацького персоналу Буковинського державного медичного

університету, присвяченої 80-річчю БДМУ; 2024 Лют 05, 07, 12; Чернівці. Чернівці: Медуніверситет; 2024; с. 18. *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах з автомата кулями малого калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку тез до публікації).*

17. **Змієвська ЮГ**, Савка ІГ, Бизер АР. Впровадження тривимірної просторової реконструкції у процес судово-медичного дослідження вогнепальних ушкоджень, спричинених з автоматичної кульової зброї середнього калібру. В: Матеріали міжвідомчого наук.-практ. семінару Стан і напрями вдосконалення експертних досліджень вогнепальної зброї та слідів її застосування в умовах російсько-української війни; 2024 Жов 03-04; Київ. Київ; 2024 *(Здобувач проводив підбір методів дослідження, розробку алгоритму дослідження, експериментальну частину досліджень при пострілах кулями середнього калібру, статистичний аналіз, написання та підготовку тез до публікації).*

Додаток Б

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор закладу вищої освіти
з науково-педагогічної роботи
Буковинського державного
медичного університету

доц. Володимир ХОДОРОВСЬКИЙ
«26» 12 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

матеріалів дисертаційної роботи Змієвської Юлії Геннадіївни
в науково-педагогічний процес

- 1. Найменування пропозиції для впровадження:** «Спосіб диференційної діагностики вогнепальних ушкоджень шляхом 3Д моделювання».
- 2. Ким запропоновано:** Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства, 58000, м. Чернівці, Театральна площа, 2, Змієвська Ю.Г., Савка І.Г.
- 3. Джерело інформації:**
 1. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г. Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза, 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](#) (Фахове видання України).
 2. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г., Балук І.Г., Гринюк В.В., Бизер А.Р. Прикладне значення 3Д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза, 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](#) (Фахове видання України).
 3. Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](#) (Українське видання, яке індексується БД Scopus, Q4).
- 4. Де впроваджено:** на кафедрі судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету.
- 5. Термін впровадження:** вересень-грудень 2024 року.
- 6. Форма впровадження:** в науково-дослідному та педагогічному процесі в лекційному курсі та при проведенні практичних занять за темою: «Судово-медична експертиза вогнепальних ушкоджень».
- 7. Результати впровадження:** використання результатів наукових досліджень Змієвської Ю.Г. в науковому та педагогічному процесі дає змогу розширити уявлення та арсенал сучасних діагностичних методик 3Д моделювання для диференційної діагностики вогнепальних ушкоджень, спричинених із кульової зброї різного калібру в судовій медицині.
- 8. Зауваження та пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження

Завідувач кафедри судової медицини
та медичного правознавства
Буковинського державного медичного університету
д.мед.н., професор

Віктор БАЧИНСЬКИЙ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор закладу вищої освіти з
науково-педагогічної
та навчальної роботи
Національного медичного
університету імені О. О. Богомольця
проф. Олег ВЛАСЕНКО
» с. 11 2025 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

матеріалів дисертаційної роботи
Змієвської Юлії Геннадіївни
в науково-педагогічний процес

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** «Спосіб диференційної діагностики вогнепальних ушкоджень шляхом 3Д моделювання».
 2. **Ким запропоновано:** Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства, 58000, м. Чернівці, Театральна площа, 2, Змієвська Ю.Г., Савка І.Г.
 3. **Джерело інформації:**
 1. Змієвська ЮГ, Савка ІГ. Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](#) (**Фахове видання України**).
 2. Змієвська ЮГ, Савка ІГ, Балук ІГ, Гринюк ВВ., Бизер АР. Прикладне значення 3Д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](#) (**Фахове видання України**).
 3. Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](#) (**Українське видання, яке індексується БД Scopus, Q4**).
 4. **Де впроваджено:** на кафедрі судової медицини та медичного права Національного медичного університету імені О. О. Богомольця
 5. **Термін впровадження:** вересень-грудень 2024 року.
 6. **Форма впровадження:** в науково-дослідному та освітньому процесі в лекційному курсі та при проведенні практичних занять за темою: «Судово-медична експертиза вогнепальних ушкоджень».
 7. **Результати впровадження:** використання результатів наукових досліджень Змієвської Ю.Г. в науковому та педагогічному процесі дає змогу розширити уявлення та арсенал сучасних діагностичних методик 3Д моделювання для диференційної діагностики вогнепальних ушкоджень, спричинених із кульової зброї різного калібру в судовій медицині.
 8. **Зауваження та пропозиції:** не вносили.
- Відповідальний за впровадження:*
Завідувач кафедри судової медицини
та медичного права Національного медичного
університету імені О. О. Богомольця
д.мед.н., професор

Борис МИХАЙЛИЧЕНКО

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор закладу вищої освіти
з науково-педагогічної роботи
Тернопільського національного
медичного університету
імені І. Я. Горбачевського

проф. Аркадій ШУЛЬГАЙ

2024 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

матеріалів дисертаційної роботи Змієвської Юлії Геннадіївни
в науково-педагогічний процес

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** «Спосіб диференційної діагностики вогнепальних ушкоджень шляхом 3Д моделювання».
2. **Ким запропоновано:** Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства, 58000, м. Чернівці, Театральна площа, 2, Змієвська Ю.Г., Савка І.Г.
3. **Джерело інформації:**
 1. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г. Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](#) (**Фахове видання України**).
 2. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г., Балук І.Г., Гринюк В.В., Бизер А.Р. Прикладне значення 3Д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](#) (**Фахове видання України**).
 3. Zmyievska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](#) (**Українське видання, яке індексується БД Scopus, Q4**).
4. **Де впроваджено:** на кафедрі патологічної анатомії з секційним курсом та судовою медициною Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського.
5. **Термін впровадження:** вересень-грудень 2024 року.
6. **Форма впровадження:** в науково-дослідному та педагогічному процесі в лекційному курсі та при проведенні практичних занять за темою: «Судово-медична експертиза вогнепальних ушкоджень».
7. **Результати впровадження:** використання результатів наукових досліджень Змієвської Ю.Г. в науковому та педагогічному процесі дає змогу розширити уявлення та арсенал сучасних діагностичних методик 3Д моделювання для диференційної діагностики вогнепальних ушкоджень, спричинених із кульової зброї різного калібру в судовій медицині.
8. **Зауваження та пропозиції:** не вносили.

Відповідальний за впровадження:

Завідувач кафедри патологічної анатомії з секційним курсом
та судовою медициною Тернопільського національного
медичного університету імені І. Я. Горбачевського
д-р мед. наук, професор

Петро СЕЛЬСЬКИЙ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник ДСУ «Чернівецьке обласне
бюро судово-медичної експертизи»

проф. Віктор БАЧИНСЬКИЙ

«27» 08 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

матеріалів дисертаційної роботи Змієвської Юлії Геннадіївни
в судово-медичну практику

1. Найменування пропозиції для впровадження: «Спосіб встановлення ідентифікуючих особливостей кулі шляхом 3D моделювання вогнепального ранового каналу».

2. Ким запропоновано: Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства, 58000, м. Чернівці, Театральна площа, 2, Змієвська Ю.Г., Савка І.Г.

3. Джерело інформації:

1. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г., Балук І.Г., Гринюк В.В., Бизер А.Р. Прикладне значення 3D моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2023.6) (Фахове видання України).

2. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г. Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2023.5) (Фахове видання України).

3. Савка І.Г., Змієвська Ю.Г. Судово-медична оцінка вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків. Судово-медична експертиза. 2024;2:60-7. doi: [10.24061/2707-8728.2.2024.9](https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2024.9) (Фахове видання України).

4. Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](https://doi.org/10.26641/2307-0404.2024.1.300596) (Українське видання, яке індексується БД Scopus, Q4).

4. Де впроваджено: у відділі судово-медичної експертизи трупів ДСУ «Чернівецьке обласне бюро судово-медичної експертизи».

5. Термін впровадження: упродовж 2023-2024 років.

6. Форма впровадження: у судово-медичну та медико-криміналістичну практику при проведенні експертиз у випадках вогнепальних поранень.

7. Результати впровадження: використання результатів наукових досліджень Змієвської Ю.Г. щодо застосування методів 3D-моделювання в судово-медичній практиці дає змогу більш ефективно встановлювати калібр використаної вогнепальної зброї і надавати відповідні аргументовані висновки слідчим органам.

8. Зауваження та пропозиції: не вносилися.

Відповідальний за впровадження:

Завідувач відділу судово-медичної експертизи трупів
ДСУ «Чернівецьке обласне бюро
судово-медичної експертизи»



Ярослав КИШКАН



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник ДСУ «Харківське обласне
бюро судово-медичної експертизи»

Юрій КРАДЧЕНКО

2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

матеріалів дисертаційної роботи Змієвської Юлії Геннадіївни
в судово-медичну практику

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** «Спосіб встановлення ідентифікуючих особливостей кулі шляхом 3Д моделювання вогнепального ранового каналу».
2. **Ким запропоновано:** Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства, 58000, м. Чернівці, Театральна площа, 2, Змієвська Ю.Г., Савка І.Г.
3. **Джерело інформації:**
 1. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г., Балук І.Г., Гринюк В.В., Бизер А.Р. Прикладне значення 3Д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: 10.24061/2707-8728.1.2023.6 (**Фахове видання України**).
 2. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г. Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: 10.24061/2707-8728.2.2023.5 (**Фахове видання України**).
 3. Савка І.Г., Змієвська Ю.Г. Судово-медична оцінка вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків. Судово-медична експертиза. 2024;2:60-7. doi: 10.24061/2707-8728.2.2024.9 (**Фахове видання України**).
 4. Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: 10.26641/2307-0404.2024.1.300596 (**Українське видання, яке індексується БД Scopus, Q4**).
4. **Де впроваджено:** у відділі судово-медичної експертизи трупів ДСУ «Харківське обласне бюро судово-медичної експертизи».
5. **Термін впровадження:** упродовж 2023-2024 років.
6. **Форма впровадження:** у судово-медичну та медико-криміналістичну практику при проведенні експертиз у випадках вогнепальних поранень.
7. **Результати впровадження:** використання результатів наукових досліджень Змієвської Ю.Г. щодо застосування методів 3Д-моделювання в судово-медичній практиці дає змогу більш ефективно встановлювати калібр використаної вогнепальної зброї і надавати відповідні аргументовані висновки слідчим органам.
8. **Зауваження та пропозиції:** не вносяться.

Відповідальний за впровадження:

Завідуюча відділу судово-медичної експертизи трупів
ДСУ «Харківське обласне бюро
судово-медичної експертизи»



Ольга ФУРМАН

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. начальника ДСУ «Луганське
обласне бюро судово-медичної
експертизи»



Марина КУРІЛЬОНОК

2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

матеріалів дисертаційної роботи Змієвської Юлії Геннадіївни
в судово-медичну практику

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** «Спосіб встановлення ідентифікуючих особливостей кулі шляхом 3Д моделювання вогнепального ранового каналу».
2. **Ким запропоновано:** Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства, 58000, м. Чернівці, Театральна площа, 2, Змієвська Ю.Г., Савка І.Г.
3. **Джерело інформації:**
 1. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г., Балук І.Г., Грипнок В.В., Бизер А.Р. Прикладне значення 3Д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](#) (**Фахове видання України**).
 2. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г. Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](#) (**Фахове видання України**).
 3. Савка І.Г., Змієвська Ю.Г. Судово-медична оцінка вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків. Судово-медична експертиза. 2024;2:60-7. doi: [10.24061/2707-8728.2.2024.9](#) (**Фахове видання України**).
 4. Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](#) (**Українське видання, яке індексується БД Scopus, Q4**).
4. **Де впроваджено:** у відділі судово-медичної експертизи трупів ДСУ «Луганське обласне бюро судово-медичної експертизи».
5. **Термін впровадження:** упродовж 2023-2024 років.
6. **Форма впровадження:** у судово-медичну та медико-криміналістичну практику при проведенні експертиз у випадках вогнепальних поранень.
7. **Результати впровадження:** використання результатів наукових досліджень Змієвської Ю.Г. щодо застосування методів 3Д-моделювання в судово-медичній практиці дає змогу більш ефективно встановлювати калібр використаної вогнепальної зброї і надавати відповідні аргументовані висновки слідчим органам.
8. **Зауваження та пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження:

Завідувач відділу судово-медичних експертиз трупів
ДСУ «Луганське обласне бюро
судово-медичної експертизи»



Всеволод РУБАН

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник комунальної установи «Бюро
судово-медичної експертизи» Херсонської
обласної ради

Наталя ФІЛЕНКО

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

матеріалів дисертаційної роботи **Змієвської Юлії Геннадіївни**
в судово-медичну практику

1. Найменування пропозиції для впровадження: «Спосіб встановлення ідентифікуючих особливостей кулі шляхом 3Д моделювання вогнепального ранового каналу».

2. Ким запропоновано: Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства, 58000, м. Чернівці, Театральна площа, 2, Змієвська Ю.Г., Савка І.Г.

3. Джерело інформації:

1. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г., Балук І.Г., Гринюк В.В., Бизер А.Р. Прикладне значення 3Д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](#) (**Фахове видання України**).

2. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г.. Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](#) (**Фахове видання України**).

3. Савка І.Г., Змієвська Ю.Г. Судово-медична оцінка вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків. Судово-медична експертиза. 2024;2:60-7. doi: [10.24061/2707-8728.2.2024.9](#) (**Фахове видання України**).

4. Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](#) (**Українське видання, яке індексується БД Scopus, Q4**).

4.Де впроваджено: у відділі судово-медичної експертизи трупів комунальної установи «Бюро судово-медичної експертизи» Херсонської обласної ради.

5. Термін впровадження: упродовж 2023-2024 років.

6. Форма впровадження: у судово-медичну та медико-криміналістичну практику при проведенні експертиз у випадках вогнепальних поранень.

7. Результати впровадження: використання результатів наукових досліджень Змієвської Ю.Г. щодо застосування методів 3Д-моделювання в судово-медичній практиці дає змогу більш ефективно встановлювати калібр використаної вогнепальної зброї і надавати відповідні аргументовані висновки слідчим органам.

8. Зауваження та пропозиції: не вносилися.

Відповідальний за впровадження:

Завідувач відділу судово-медичної експертизи трупів
КУ «Бюро судово-медичної експертизи» ХОР

Тетяна ЛУЩІЄНКО

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник ДСУ «Донецьке обласне
бюро судово-медичної експертизи»

Сергій КІРГЕТ

« » 2024 р.**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**матеріалів дисертаційної роботи Змієвської Юлії Геннадіївни
в судово-медичну практику

1. **Найменування пропозицій для впровадження:** «Спосіб встановлення ідентифікуючих особливостей кулі шляхом 3Д моделювання вогнепального ранового каналу».
2. **Ким запропоновано:** Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства, 58000, м. Чернівці, Театральна площа, 2, Змієвська Ю.Г., Савка І.Г.
3. **Джерело інформації:**
 1. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г., Балук І.Г., Гришок В.В., Бізер А.Р. Прикладне значення 3Д моделювання в аспекті судово-медичної диференційної діагностики виду травмуючого снаряду при ушкодженнях з вогнепальної зброї та наближеної до неї за своїми характеристиками. Судово-медична експертиза. 2023;1:42-50. doi: [10.24061/2707-8728.1.2023.6](#) (**Фахове видання України**).
 2. Змієвська Ю.Г., Савка І.Г. Виявлення нової морфологічної ознаки в судовій медицині при дослідженні вогнепального пошкодження шляхом тривимірного моделювання ранового каналу. Судово-медична експертиза. 2023;2:39-45. doi: [10.24061/2707-8728.2.2023.5](#) (**Фахове видання України**).
 3. Савка І.Г., Змієвська Ю.Г. Судово-медична оцінка вогнепальних ушкоджень за даними експертних випадків. Судово-медична експертиза. 2024;2:60-7. doi: [10.24061/2707-8728.2.2024.9](#) (**Фахове видання України**).
 4. Zmiyevska Y, Tryubner K, Savka I. Improvement of forensic medical diagnosis of projectile type injuries from automatic firearm chambered in 5.45 mm caliber through spatial 3D modeling. Медичні перспективи. 2024;29(1):53-9. doi: [10.26641/2307-0404.2024.1.300596](#) (**Українське видання, яке індексується БД Scopus, Q4**).
4. **Де впроваджено:** у відділі комісійних судово-медичних експертиз Державної спеціалізованої установи «Донецьке обласне бюро судово-медичної експертизи»
5. **Термін впровадження:** упродовж 2023-2024 років.
6. **Форма впровадження:** у судово-медичну та медико-криміналістичну практику при проведенні експертиз у випадках вогнепальних поранень.
7. **Результати впровадження:** використання результатів наукових досліджень Змієвської Ю.Г. щодо застосування методів 3Д-моделювання в судово-медичній практиці дає змогу більш ефективно встановлювати калібр використаної вогнепальної зброї і надавати відповідні аргументовані висновки слідчим органам.
8. **Зауваження та пропозиції:** не зносилися.

Відповідальний за впровадження:

Завідувач відділу комісійних
судово-медичних експертиз,
Державної спеціалізованої установи
«Донецьке обласне бюро
судово-медичної експертизи»


Олексій КУЗЬМЕНКО