

## АНОТАЦІЯ

*Гринчишина О.В.* Особливості руйнування шкіри і підшкірно-жирової тканини в ушкодженнях, заподіяних сферичним еластичним снарядом. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 222 – «Медицина». – Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, Київ, 2021.

Дослідження присвячене обґрунтуванню морфологічних особливостей руйнування шкіри та підшкірно-жирової тканини тіла людини, які утворились при травматичній контактній взаємодії з еластичним снарядом сферичної форми шляхом комплексного дослідження біологічних об'єктів та їх імітаторів з позиції положень, законів теоретичної механіки та визначенню змін елементного складу куль до і після проведення пострілів з використанням рентгенфлуорисцентного спектрального аналізу.

В роботі проведено порівняльно - статистичний аналіз експертиз з архіву Київського міського клінічного бюро судово-медичної експертизи за період 2007-2017 р.р. у випадках із застосуванням вогнепальної зброї з вивченням об'єктів біологічного та не біологічного походження. Встановлено, що мало місце виражене та стійке зростання кількості випадків ушкоджень, заподіяних із вогнепальної короткоствольної нарізної зброї та засобів для відстрілу патронів ударно-травматичної дії (травматичної зброї). Травматична зброя найчастіше використовувалась для заподіяння тілесних ушкоджень з різними наслідками.

В роботі експериментально відтворено на імітаторі біологічного матеріалу (скульптурний пластилін), механізм формування вхідної вогнепальної рани, при проведенні пострілів патронами «Терен ЗФП» в блоки – імітатори та в дошки с нанесеним тонким шаром імітатору (скульптурного пластиліну). Обґрунтування механізму утворення вхідних вогнепальних пошкоджень базувалось на позиціях теоретичної механіки. Встановлено, що відповідно до положень теоретичної механіки, процеси деформації в імітаторі відмічаються вже при крапковому контакті з еластичним снарядом сферичної форми, який

динамічно просовується у його товщу, за рахунок утворення перед ним зони гідростатичного стиснення (в якій руйнація матеріалу не можлива), що найбільше виражена в товщі матеріалу. При збільшенні контактуючої поверхні снаряда з поверхнею пластиліну відбувається наростання розмірів зони гідростатичного стиснення, вона буде збільшуватися та поширюватися у товщу пластиліну до тих пір, поки діюче навантаження від снаряда не перевищить межу міцності матеріалу, що призведе до його руйнації. Тобто, при зануренні вогнепального снаряда сферичної форми руйнування матеріалу буде здійснювати саме зона гідростатичного стиснення матеріалу, яка розташовується перед снарядом. Безпосередньо в зоні гідростатичного стиснення руйнація відсутня, оскільки матеріал стиснений по всім трьом площинам (задача Герца). При подальшому динамічному зануренні снаряда в імітатор, за рахунок об'єднаної дії сил зони гідростатичного стиснення перед снарядом та динамічного просування снаряда в товщу, виникає руйнація матеріалу по периферії (ділянка зсуву за рахунок стрибкоподібної зміни напруг) зони гідростатичного стиснення. Зруйнований матеріал (пластична зона), який будучи обмежений зоною гідростатичного стиснення та не зруйнованим (пружній зона) матеріалом зміщується догори по шляху найменшого супротиву. При цьому на поверхні матеріалу краї зони пошкодження вивернуті назовні з радіальними розривами, що надає пошкодженню вигляд «корони», за рахунок здатності матеріалу до залишкової деформації. Матеріал в зоні гідростатичного стиснення не руйнується, підтвердженням чого є збережений фрагмент імітатора округлої форми у центральній частині пошкодження після співставлення вивернутих до зовні країв пошкодження, в експериментах з використанням тонкого шару пластиліну нанесеного на дошку. Вище зазначене явище може бути ознакою формування «дефекту мінус» тканина, що спостерігається на біологічних тканинах при вогнепальних ушкодженнях. Математично обчислено та продемонстровано, що обсяг руйнації імітатора в зоні контакту з травмуючим предметом (еластичним снарядом) перебуває обернено-пропорційній залежності від відстані пострілу, що зумовлює

кінетичну енергію кулі при контактній взаємодії з матеріалом, який вражається снарядом.

Вперше, морфологічні особливості вогнепальних ушкоджень спричинених потерпілим особам при пострілах еластичними снарядами сферичної форми, були проаналізовані шляхом обґрунтування з точки зору положень теоретичної механіки руйнації шкіри та підшкірно-жирової тканини та встановлено механізм утворення в зоні ушкодження кільцеподібного крововиливу. При безпосередньому контакті еластичного снаряда з шкірою в товщі м'яких тканин виникають стискаючі напруги, які досягаючи меж стиснення переходять в пружній стан з формуванням зони гідростатичного стиснення в товщі. Оскільки в вище зазначеній зоні руйнування матеріалу не є можливим, то відповідно до цієї зони - м'які тканини ушкоджуватись не будуть, що в крововиливі на шкірі буде виглядати центральною ділянкою просвітлення навколо садна чи рани. Ділянка кільцеподібної форми крововиливу відповідає проекції ділянки зсуву (зміщення) по периметру зони гідростатичного стиснення, між не зруйнованою тканиною та зоною стиснення буде відбуватись руйнація судин з виходом крові в оточуючі тканини. На прикладі роботи основи Вінклера були побудовані епюри (графік на якому просторова фігура зміщена в одній площині в залежності від розподілення величини навантаження на об'єкт) при деформації шкіри і підшкірно-жирової тканини під дією вогнепального еластичного снаряда сферичної форми (індентора). Оцінюючи їх, був встановлений напрямок руху снаряда по формі контурного крововиливу.

В роботі було обґрунтовано механізм утворення вхідних вогнепальних ран, які були спричинені при пострілах еластичними снарядами сферичної форми. Рани мали округлу форму з дефектом шкіри в центрі з нерівними стоншеними, дещо вивернутими назовні краями, з множинними радіальними розривами, що поширювались у межах паска осаднення. Вже при крапковому контакті еластичного снаряда сферичної форми з поверхнею шкіри людини, перед ним, формується зона гідростатичного стиснення, яка найбільше виражена в товщі м'яких тканини, за рахунок якої починаються процеси

деформації з подальшою руйнацією м'яких тканин, при динамічному зануренні снаряда. Отже руйнування м'яких тканин в товщі відбувається зоною гідростатичного стиснення, під дією еластичного снаряда. При цьому, як відомо руйнування матеріалу в вище зазначеній зоні не відбувається (задача Герца). Оскільки матеріал, що зруйнований (пластична зона) по периметру зони гідростатичного стиснення, у товщі тканин не матиме змоги поширюватися на периферію за рахунок опору неушкоджених тканин (пружня зона), його рух здійснюється в напрямку догори - шляхом найменшого супротиву, обтікаючи зону гідростатичного стиснення з виходом на поверхню (фізична модель Хілла-Джонсона). Внаслідок вказаного руху відмічається вивертання країв ділянки ушкодження на зовні з радіальними розривами, що поширюються в межах паска осаднення.

З використанням рентгенфлуоресцентного спектрального аналізу на приладі TORNADO M4 нами було встановлено не лише вогнепальний характер ушкодження, а й елементний склад власне травмуючого снаряда (нашарування пластизолу), що дає підґрунтя для чіткої ідентифікації вогнепального снаряда, як еластичного. Таке дослідження розширило спектр виявлення хімічних елементів порівняно з проведенням контактограм і показало що основним стабільним складовим елементом куль до патронів ударно-травматичної дії «АЕ 9», «Терен 3 ФП» помаранчевого кольору, «Терен 3 ФП» жовтого кольору і «Терен 3» сірого кольору є хлор (Cl). Виявлений в кулях до патронів «Терен 3» та «Терен 3ФП» свинець (Pb) додається виробником НВП «Еколог» у вигляді окису свинцю 4 під час виготовлення пластизолу для їх рентгенконтрастування. З аналогічною метою до складу кулі до патрону «АЕ9» виробник «Шмайсер» додає знайдений нами елемент титан (Ti). Після проведення серії експериментальних пострілів вище зазначеними патронами був виявлений вміст таких елементів як олово, барій, кальцій та свинець, які входять до складу продуктів пострілу, поява в деяких кулях такого елемента, як залізо зумовлена матеріалом каналу ствола зброї. Відсутність на поверхні стріляних куль такого

елементу, як сурма (Sb) було пов'язано з тим, що в гільзах патронів застосовуються капсуля з неіржавіючим складом.

**Ключові слова:** судова медицина, вогнепальна травма; сферичний еластичний снаряд, шкіра і підшкірно-жирова тканина, рентгенфлуоресцентний спектральний аналіз; положення теоретичної механіки.

## ANNOTATION

*O.V. Grinchyshina.* Features of skin destruction and subcutaneous adipose tissue of injuries caused by a spherical elastic projectile. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a degree of Doctor of Philosophy by field of study 22 'Health' by Program Subject Area 222 "Medicine". – Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to substantiation of morphological features of skin destruction and subcutaneous adipose tissue of a human body, which were formed during a traumatic contact with a spherical elastic projectile by means of comprehensive study of biological objects and their simulators from the standpoint of law of theoretical mechanics and identifying of changes in the elements composition of the balls before and after shots using X-ray fluorescence spectral analysis.

The comparative statistical analysis of examinations of cases with the use of firearms with the study of objects of biological and non-biological origin is carried out in the work. It is taken from the archives of the Kyiv City Clinical Bureau of Forensic Medical Examination for the period from 2007- 2017. It was established that there was a pronounced and steady increase in the number of cases of injuries caused by firearms and means for firing ammunition of traumatic action (traumatic weapons). Traumatic weapons were most often used to inflict bodily harm with various consequences.

The paper experimentally reproduces the mechanism of gunshot wound entrance formation, when one makes a shot using cartridges "Teren 3FP" in blocks simulators and boards with a thin layer of imitator (sculptural plasticine). Mechanism substantiation of gunshot wounds entrance formation was based on the positions of theoretical mechanics. It is established that in accordance with the provisions of theoretical mechanics, deformation processes in the simulator are observed already at a point of contact with an elastic projectile of spherical shape, which dynamically moves in its thickness, due to the formation of a zone of hydrostatic compression (in which material destruction is not possible) that is expressed in the thickness of the material. As the contact surface of the projectile with the plasticine surface increases, the size of the hydrostatic compression zone increases as well, it will increase and spread into the thickness of the plasticine until the active load from the projectile exceeds the strength of the material, which will lead to its destruction. Therefore, due to immersing of a fire projectile of spherical shape, the destruction of the material will be carried out by the zone of hydrostatic compression of the material, which located in front of the projectile. There is no destruction directly in the zone of hydrostatic compression because the material is compressed in all three planes (Hertz's case). Subsequent dynamic immersion of the projectile in the simulator shows destruction of the material periphery, due to the combined action of the forces of the hydrostatic compression zone in front of the projectile and the dynamic advancement of the projectile in the thickness. Destroyed material (plastic zone), which being limited by the hydrostatic compression zone and undamaged material (elastic zone) is displaced upwards by the path of least resistance. In this case, on the surface of the material, the edges of the damage zone are turned outwards with radial gaps, which gives the appearance of a "crown" to damage, due to the ability of the material to residual deformation. The material in the zone of hydrostatic compression is not destroyed, as evidenced by the preserved fragment of the round simulator in the central part of the damage after comparing the outwardly facing edges of the damage, in experiments using a thin layer of plasticine applied to the board. The above phenomenon may be a sign of the formation of a "defect minus" tissue, which is

observed on biological tissues in gunshot wounds. It is mathematically calculated and demonstrated that the amount of destruction of the simulator in the zone of contact with the injuring object (elastic projectile) is inversely proportional to the distance of the shot, which determines the kinetic energy of the bullet in contact with the material hit by the projectile.

For the first time, the morphological features of gunshot wounds inflicted on victims by spherical elastic projectiles were analyzed by substantiating the destruction of skin and subcutaneous adipose tissue from the point of view of theoretical mechanics. Also, the mechanism of annular hemorrhage formation in the zone of damage was established. Upon a direct contact of the elastic projectile with the skin in the thickness of soft tissues a compressive stresses start to occur, reaching the limits of compression they become elastic with the formation of a zone of hydrostatic compression in the thickness. Since destruction of the material is not possible in the above-mentioned area, according to this zone, the soft tissues will not be damaged, which in the hemorrhage on the skin will look like a central area of enlightenment around the abrasion or wound. The area of the annular form of hemorrhage corresponds to the projection of the area of displacement (displacement) along the perimeter of the hydrostatic compression zone. The destruction of blood vessels with blood in the surrounding tissues will be present between the undamaged tissue and the compression zone. On the example of the Winkler base, plots (graphical representation of force stresses) were constructed during the deformation of the skin and subcutaneous adipose tissue under the action of a spherical fire projectile (indenter). Evaluating them, the direction of movement of the projectile in the form of a contour hemorrhage was established.

The mechanism of formation of entrance gunshot wounds, which were caused by spherical elastic projectiles, was substantiated in the work. The wounds were rounded with a skin defect in the center with uneven thinned, slightly turned outward edges, with multiple radial gaps extending within the sedimentation belt. At the point of contact of a spherical elastic projectile with the surface of human skin in front of it,

a zone of hydrostatic compression is formed, which is most pronounced in the thickness of soft tissues, due to which deformation processes begin with subsequent destruction of soft tissues during dynamic immersion of the projectile. Thus, the destruction of soft tissues in the stratum occurs in the zone of hydrostatic compression, under the action of an elastic projectile. In this case, as it is known, the destruction of the material in the above zone does not occur (Hertz case). Since the material destroyed (plastic zone) along the perimeter of the hydrostatic compression zone in the thickness of the tissues will not be able to spread to the periphery due to the resistance of intact tissues (elastic zone), its movement is upward by the least resistance, flowing around the hydrostatic compression zone. coming to the surface (physical model of Hill-Johnson). As a result of this movement, there is an inversion of the edges of the damaged area to the outside with radial gaps that extend within the deposition belt.

Using X-ray fluorescence spectral analysis on the TORNADO M4 device, we found not only the fire nature of the damage, but also the elemental composition of the actual traumatic projectile (plastisol layer), which provides a basis for clear identification of the fire projectile as elastic. This study expanded the spectrum of detection of chemical elements in comparison with contactograms and showed that the main stable component of bullets to cartridges of shock-traumatic action "AE 9", "Teren 3 FP" orange, "Teren 3 FP" yellow and "Teren 3" gray is chlorine (Cl). Lead (Pb) detected in bullets to the cartridges "Teren 3" and "Teren 3FP" is added by the manufacturer of SPE "Ecologist" in the form of lead oxide 4 during the production of plastisol for their X-ray contrast. For a similar purpose to the composition of the bullet, titanium (Ti) is added to the cartridge "AE9" manufacturer "Schmeiser". After a series of experimental shots with the above cartridges, the content of elements such as tin, barium, calcium, and lead, which are part of the products of the shot, the appearance in some bullets of such an element as iron due to the material of the barrel. The absence of such an element as antimony (Sb) on the surface of the bullets was due to the fact that the cartridge cases use a capsule with a stainless composition.



**Key words:** forensic medicine, gunshot wound; spherical elastic projectile, skin and subcutaneous adipose tissue, X-ray fluorescence spectral analysis; position of theoretical mechanics.

Список публікацій здобувача.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації.

1. Леонов СВ, Михайленко АВ, Слаутинская АВ. Специфика механизма формирования кровоподтеков при травме эластическими снарядами патронов травматического оружия. Судеб.-мед. экспертиза. 2014;(1):16-7.

2. Гринчишина ОВ, Михайленко ОВ. Механізм утворення вхідної вогнепальної рани, що утворилася від дії еластичного снаряда сферичної форми. Суд.-мед. экспертиза. 2018;(1):68-74.

3. Михайленко ОВ, Гринчишина ОВ, Чихман ЯВ. Результати досліджень об'єктів біологічного і небіологічного походження з вогнепальними ушкодженнями, що проводились у відділенні судово-медичної криміналістики Київського міського клінічного бюро судово-медичної експертизи протягом 2007-2017 рр. В: Зб. наук. пр. співробітників НУОЗ УКРАЇНИ імені П.Л. Шупика. Київ; 2018;(30). с. 577-90.

4. Grynchyshyna A. Forensic medical characteristic of chemical elements detected by x-ray fluorescent spectral analysis on the surface of non-shot and shot elastic bullets to shock traumatic action patrons "AE 9" and "TEREN-3 FP". Folia Societatis Medicinae Legalis Slovacaе. Bratislava. 2019; 9(1): 57-61.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

5. Михайленко ОВ, Гринчишина ОВ, Чихман ЯВ. Ідентифікація факторів, що супроводжують постріл, рентгенфлуоресцентним спектральним елементним аналізом з використанням спектрометру "M4 TORNADO". В: Зб. матеріалів наук.-практ. конф. з міжнар. участю Нові судово-медичні підходи до вирішення проблем механічної травми; 2017 Черв 15-16; Одеса. Одеса: Екологія; 2017. с. 23-5.

6. Михайленко ОВ, Гринчишина ОВ, Чихман ЯВ. Сучасний підхід при ідентифікації факторів, що супроводжують постріл, рентгенфлуоресцентним

спектральним елементним. В: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Комплексний підхід при вирішенні проблеми ідентифікації невідомих осіб. Вітчизняний і міжнародний досвід; 2017 Жовт 18-19; Вінниця. Вінниця: Нілан-ЛТД; 2017. с. 45-7.

7. Гринчишина ОВ, Михайленко ОВ. Механізм утворення вхідної вогнепальної рани, що утворилася від дії еластичного снаряда сферичної форми. В: Матеріали наук.-практ. конф. з міжнар. участю Організація та проведення комплексних заходів при масовому травматизмі з метою ідентифікації особи; 2018 Трав 10-12; Одеса. Одеса; 2018. с. 68-74.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації.

8. Мішалов ВД, Хохолева ТВ, Петрошак ОЮ, Гуріна ОО, Чихман ЯВ, Гринчишина ОВ, Михайленко ОВ. Рентгенфлуоресцентний спектральний елементний аналіз, як інструмент ідентифікації, на сучасному рівні дослідження вогнепальної травми. Суд.-мед. експертиза. 2017;(1):45-51.

9. Михайленко ОВ, Гринчишина ОВ. Морфологічне обґрунтування механізму утворення вихідної вогнепальної рани з урахуванням положень теоретичної механіки. Суд.-мед. експертиза. 2018;(2):71-8.

10. Мішалов ВД, Михайленко ОВ, Гринчишина ОВ. Морфологічне обґрунтування утворення пасочки осаднення навколо країв вхідної вогнепальної рани з урахуванням положень теоретичної механіки. Morphologia. 2018;12(3):151-7.

11. Гринчишина АВ. Медико-криміналістическое установление последовательности ранений от действия огнестрельных эластичных снарядов сферической формы. Лаб. диагностика. Вост. Европа. 2018;7(2):217-24.