

права продемонструє не просто маркери, які саме заборонені речовини було знайдено в його тестовому матеріалі, а й їхню кількість. На цьому етапі спортсмен має звернутися до експерта, який зможе надати відповідь на питання: як потрапили заборонені речовини до тестового матеріалу спортсмена і чи дійсно за такої кількості маркерів спортсмен вживав саме заборонені речовини (наприклад, біодобавки, що підвищують витривалість). Якщо буде зазначено незначну кількість або слід забороненої речовини, відповідно до означених вище правил та Кодексу WADA спортсмен однаково нестиме відповідальність.

Так, октопамін належить до особливих речовин) є безперечним допінгом, навіть наявність незначної його кількості в сечі спортсмена призведе до його дискваліфікації. Ця речовина є ефективним засобом, що дає змогу зменшити відсоток жиру, через його схожість із норадреналіном октопамін може підвищувати витривалість спортсмена).

Водночас, октопамін міститься в складі деяких рослин, особливо в гіркому апельсині (*Citrus aurantium*, гібрид

мандарину та помело), з якого роблять гіркий мармелад та інші десерти. У такому випадку тільки експертиза зможе відповісти на питання щодо можливого знаходження певної кількості октопаміну в тестовому матеріалі спортсмена після вживання десерту, що містив гіркий апельсин. Якщо відповідь буде позитивною, а сам спортсмен не знав, що десерт містить означену рослину, то термін його дискваліфікації може бути скорочено або взагалі знято відповідною організацією, що здійснює антидопінговий контроль у країні (в Україні — це НАДЦ).

Список використаних джерел

1. Экспертиза в современном мире: от знания к деятельности. Москва : Смысл, 2006.
2. ANTI-DOPING TESTING FIGURES REPORT. URL: <https://www.wada-ama.org/en/resources/laboratories/anti-doping-testing-figures-report> (дата звернення: 20.03.2021).
3. Антидопінгові правила Національного антидопінгового центру України. URL: https://nadc.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/NADC-Rules-2015_2017-02-13_001.pdf (дата звернення: 20.03.2021).

N. E. Tsiatis,

Ph.D., MSc., Forensic Science Division of Hellenic Police/ Firearms & Tool mark Laboratories, Athens, Greece,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8853-467X>, e-mail: tsiatisnick@yahoo.gr

SIMULATION OF GUNSHOT WOUNDS THROUGH EXPERIMENTAL SHOTS

Abstract. The contribution of modern wound ballistic experimentation seems important as it provides crucial information regarding bullet path within the human body. For the purposes of wound ballistic studies, tissue — simulant materials (ballistic soap and ballistic gelatin) can be used to model and approximate the behaviour of bullets striking and penetrating the soft tissues of the human body.

This paper presents methods for analysis of experimental shots performed with various types of firearms and ammunition that varied in bullet type. Furthermore, the computed tomography technology can be used after scanning the fired materials by a CT scanner. This method provides an opportunity to observe and calculate the characteristics of wound channels in a highly accurate numerical analysis and to evaluate the effectiveness of the used projectiles.

Simulation of gunshot wounds through experimental shootings in tissue simulant materials may prove quite useful in aiding everyday forensic pathology practice, as they simply document a projectile's path through the human body, thus providing an invaluable confirmation of the autopsy findings.

Keywords: gelatin, soap, gunshot wounds, experimental shootings, wound ballistics.

Анотація. Внесок сучасної балістичної експертизи поранень надає важливу інформацію про шлях кулі всередині людського тіла. Для балістичних досліджень поранень тканини — імітаційні матеріали (балістичне мило й балістичний желатин) — можна використовувати для моделювання та прогнозування траєкторії вистріляної кулі, що проникає у м'які тканини людського тіла.

Представлено методи аналізу експериментальних пострілів, які проводили з різними типами вогнепальної зброї та боєприпасів і відрізнялися типом кулі. Крім того, комп'ютерну томографію можна застосовувати

після сканування вистріляних матеріалів КТ-сканером. Цей метод дає змогу спостерігати за характеристиками каналів поранень під час високоточного чисельного аналізу, обчислювати їх та оцінювати ефективність використовуваних снарядів.

Моделювання вогнепальних поранень шляхом експериментальних пострілів з використанням тканин-імітацій може виявитися корисним для полегшення повсякденної практики криміналістичної патології, оскільки вони просто документують шлях руху снаряда крізь тіло людини, у такий спосіб стаючи безцінним підтвердженням результатів розтину.

Ключові слова: желатин, мило, вогнепальні поранення, експериментальна стрільба, балістичні дослідження поранень.

Аннотация. Вклад современной баллистической экспертизы ранений предоставляет важную информацию о пути пули внутри человеческого тела. Для баллистических исследований ранений ткани — имитационные материалы (баллистическое мыло и баллистический желатин) — можно использовать для моделирования и прогнозирования траектории стреляной пули, проникающей в мягкие ткани человеческого тела.

Представлены методы анализа экспериментальных выстрелов, проведенные с различными типами огнестрельного оружия и боеприпасов и отличающиеся типом пули. Кроме того, компьютерную томографию можно применять после сканирования стреляных материалов КТ-сканером.

Этот метод позволяет наблюдать за характеристиками каналов ранений при высокоточном численном анализе, вычислять их и оценивать эффективность используемых снарядов.

Моделирование огнестрельных ранений путём экспериментальных выстрелов с использованием тканей-имитаций может оказаться полезным для облегчения повседневной практики криминалистической патологии, поскольку они просто документируют путь движения снаряда сквозь тело человека, таким образом становясь бесценным подтверждением результатов вскрытия.

Ключевые слова: желатин, мыло, огнестрельные ранения, экспериментальная стрельба, баллистические исследования ранений.

Wound Ballistics

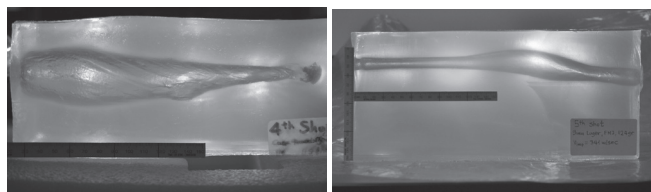
Projectile path through the human body and subsequent injuries may not always be predictable as they depend on a variety of factors, such as impact velocity, geometrical shape of the bullet, shooting distance, incidence angle, and affected tissue. The magnitude and seriousness of ballistic injuries being caused by projectiles depend on penetration depth, the angle of impact as the specific organs struck, and the damage they suffer after skin perforation [1]. The physical characteristics of different parts of the body stand to play a role in projectile behavior, the bullet path, penetration depth, as created temporary and permanent cavities. Furthermore, a whole range of factors, including the quantity of energy transferred to tissues by the projectile and the characteristics of the particular tissue (especially its density and elasticity) determine the extent of tissue damage surrounding the projectile path [2].

Any subsequent effort to reconstruct the shooting using tissue simulant materials has been found to be useful in wound ballistics studies and enables us to document and record the wound track that a bullet follows in a simulation of the human body. Furthermore, the application of CT technology renders our objective easier, as any deflection, the total path length and the final resting point of the projectile can be observed with great accuracy and this analysis provides a further application of that technology.

Materials and Methods

Such ballistic soap and ballistic gelatin (similar to various areas and organs of the human body) allow for one to document and record the simulated path that a bullet may take in the human body. Nevertheless, it is necessary to recognize that the best of measurements is an approximation of reality, and has some uncertainty associated with it [3].

Ballistic soap: It consists of various formulations of glycerin soaps (melted, cast and molded into semi-transparent to opaque rectangular blocks of various dimensions) and is produced by mixing the constituent esterified fatty acids, oils and water with care and under controlled conditions. It is possible to maintain consistency over periods of many months and even years with these products, which is an important prerequisite for accuracy. It has a very low limit of elasticity (0.5 N/mm^2), which is an indicator of its plastic behavior [4]. The deformation of soap due to the passage of a bullet is almost entirely plastic, and the temporary cavity only collapses very slightly. This gives a direct and lasting image of the temporary cavity; one which we can readily take measurements.



Figures 1: Two shots with a semi-automatic pistol CZ75D in cal. 9mm Luger, from the left in ballistic soap blocks.

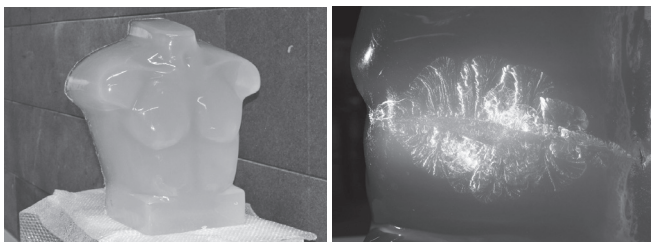
Left: bullet HP 115gr, Vimp.= 348 m/sec.

Right: bullet FMJ 124gr, Vimp.= 341 m/sec.

Its plastic behaviour during projectile penetration results in the retention of the temporary cavity.

Ballistic gelatin: It is a protein produced by subjecting collagen to an irreversible chemical process that renders it water-soluble. It is usually derived from skin or bone. The raw materials and the manufacturing process influence its characteristics such as molecular weight, isoelectric point, transmittance, viscosity, and gel strength [4].

Consequently, blocks of gelatin suitable for wound ballistic studies must be carefully prepared to a specific percentage, held to a specific temperature at the time of shooting, and subjected to some method of calibration to insure equivalency to muscle tissue [5].

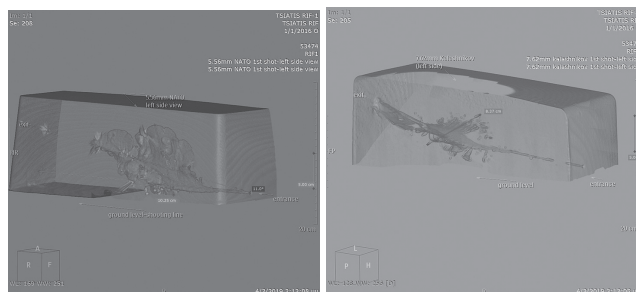


Figures 2: Left: a ballistic gelatin torso in real human body's dimensions, weight 40,4 kgr.

Right: the created wound channel caused from a FMJ 53gr (Steel core) bullet in cal. 5,45mm Kalashnikov (5,45X39mm), shot with an assault Rifle Type AK-74 (entry point on the left), Vimp.= 960,9 m/sec.

It is necessary to be produced under specific conditions so as its elastic behavior likewise mimics that of soft tissues. The appropriate amount of powder/water is corresponded with 1:9 proportion, representing the standard, recognized ballistic gelatin (10% w/w), as a tissue simulant [6]. For example we put 12 lt of normal cold — tap water and weighed out 1334 grams of gelatine powder. Temporary cavity only exists for a very brief time interval in gelatin after which it collapses when the causative projectile comes to rest or exits this medium.

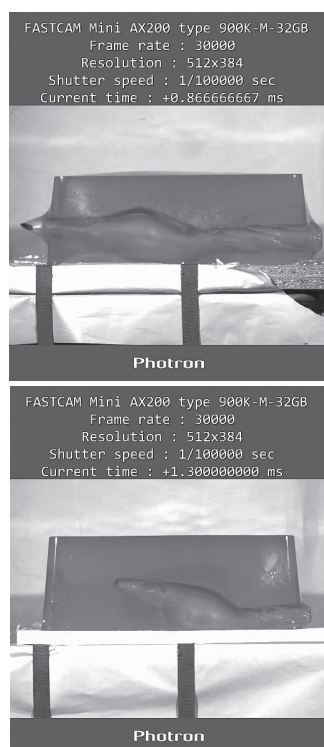
Computed Tomography technology: CT application in wound ballistics and forensics was used initially several years ago, providing a useful analysis tool, affecting the accuracy of the findings in wound tracks in ballistic soap blocks [7], as in experiments on animal (pig limbs) tissue [8]. The analysis of the CT scanned blocks after CT post processing provides the ability to accurately measure the characteristics of the created wound channels after each shot.



Figures 3: Two scanned blocks with a 64-slice Philips Brilliance CT scanner. Analyzed through Evorad RIS-PACS software for visual images. Left: Bullet in cal. 5.56mm NATO, FMJ 55gr (BALL M193), shot with a military Rifle M-4 Type, Vimp.= 910,8 m/sec. Right: Bullet in cal. 7.62mm Kalashnikov, FMJ 124gr (Steel core), shot with an assault Rifle Type AK-47, Vimp.= 721.6 m/sec.

Furthermore, this technology can be used for calculating the density of a scanned block, taking several measurements from different areas, covering its whole surface [5, 9]. Density is initially recorded in Hounsfield units, and then converted to units of mass density (g/cc), using equations from the Matlab code 'hounsfield2density' [10].

High speed camera: These types of cameras provide the ability, through recording a shooting, to take measurements for the created temporary cavity, to realize the reaction of a bullet while it is moving through the simulant material, to measure the total time of bullets' flight and to calculate its deceleration.



Figures 4: Recordings of two shots in ballistic gelatin blocks, with a FAST CAM, model Mini AX200, type 900K-M-32GB, high speed camera (frame rate: 30.000 fps). Above: Bullet in cal. 7.62mm Kalashnikov. Below: Bullet in cal. 5.56mm NATO.

Conclusions

Tissue simulant materials have been found to be useful for wound ballistics studies as through experimental shots in these materials we may be able to approximate the actual performance of projectiles in soft tissues at measured impact velocities. The created wound paths represent the amount of energy that is transferred into the human body, which in turn can often be associated with the traumatic results. The terminal ballistic behavior and penetration of bullets in tissue simulant materials, very closely approximate what happens in living muscle tissue.

Through the use of CT technology, the total path length, deflection and the final resting point of the projectile can be observed with great accuracy, providing an opportunity to observe and calculate the characteristics of wound channels. Among the benefits is the fact that the data can be recalled in the future for comparisons between them or for further analysis.

In forensic pathology, wound documentation and measurement at the time of autopsy, and any subsequent efforts to reconstruct a shooting, it can become very important to record and understand the injurious effects on the human body by the type of bullet associated with the victim's gunshot wounds. Such an understanding can be derived from experimental shots into a suitable tissue simulant with the bullet type involved in.

References

- Gosling J.A., Harris P.F., Whitmore I., Willan P.L.T. Human Anatomy: Color Atlas and Text, 4th ed. Mosby, London, 2002.
- Korac Z., Kelenc D., Ba.kot An., Mikulic D., Hančević J. Substitute Ellipse of the Permanent Cavity in Gelatin Blocks and Debridement of Gunshot Wounds. Military Medicine, Vol. 166, 2001, p.689.
- Haag M.G., Haag L.C. Shooting Incident Reconstruction. 2nd edition, Academic Press, San Diego, CA, 2011, p.232.
- Kneubuehl B.P. Wound Ballistics of Bullets and Fragments In: Kneubuehl, B.P., Coupland, R.M., Rothschild, M.A., Thali, MJ, editors. Wound Ballistics: Basics and Applications, Springer, Berlin, 2011. pp. 163–252.
- Tsiatis N., Spiliopoulou C., Papadodima S., Moraitis K. Analysis of Experimental Wound Paths in Tissue Simulants Using CT Scanning, Part II: Shots into Ballistic Gelatin. AFTE Jour., Vol. 50, No: 3, 2018, pp.147-160.
- Haag L.C., Haag M.G. The Exterior Ballistics of Contemporary Air Guns and BB Guns. CAC News, 1997, pp. 20-24.
- Rutty GN, Boyce P, Robinson CE, Jeffery AJ, Morgan B. The Role of Computed Tomography in Terminal Ballistic Analysis. Int J Legal Med., Vol. 122, 2008, pp.1-5.
- Šarić Đ., Stoić An., Lucić M. Application of Computed Tomography in Human Body Injuries. Proceedings of 10th International Scientific Conference on Production Engineering CIM 2005, Zagreb, Croatia, 2005. pp. 1–7.
- Silva I. M., Freitas D. Q., Ambrosano G. M. B., Bóscolo F. N., Almeida S.M. Bone Density: Comparative Evaluation of Hounsfield Units in Multislice and Cone-Beam Computed Tomography. Braz. Oral. Res., Vol. 6, 2012, pp. 550–556.
- Schneider U., Pedroni E., Lomax A. The Calibration of CT Hounsfield Units for Radiotherapy Treatment Planning. Phys. Med. Biol., Vol. 41, 1996, pp. 111–124.