

### ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТИМЧАСОВОЇ ПУЛЬСУЮЧОЇ ПОРОЖНИНИ ПРИ ПОСТРІЛАХ ІЗ ПІСТОЛЕТІВ «ФОРТ»

Харківська медична академія післядипломної освіти, Україна

medkrim@ukr.net

Дослідженням встановлено, що використання балістичного желатину в якості імітатора тканин живої людини дозволяє наочно вивчити основні закономірності формування тимчасової пульсуючої порожнини, її морфометричні характеристики та особливості розсіювання енергії вогнепального снаряду протягом ранового каналу. Метричні показники радіальних розривів желатину, як еквіваленту тимчасової пульсуючої порожнини, свідчать про її хвилеподібне коливання. Спостерігається зміщення радіальних розривів спіралеподібно за ходом годинникової стрілки, що відповідає напрямку обертання кулі. Результати експериментальних даних можуть бути використані при моделюванні та судово-медичній реконструкції травми, а також для прогнозування її обсягу, в тому числі визначення механізму непрямих пошкоджень. Окрім того, отримані дані можуть бути перспективними в оцінці девіталізації тканин, а також при розробці засобів індивідуального бронезахисту щодо ефективного зниження пошкоджувальної дії кулі.

**Ключові слова:** вогнепальні пошкодження, пістолети «Форт», рана балістика, балістичний желатин, імітатор тканин людини.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота є фрагментом НДР кафедри судово-медичної експертизи ХМАПО «Діагностичні критерії судово-медичного визначення вогнепальних ушкоджень при пострілах із пістолетів «Форт», № державної реєстрації 0117U000587.

**Актуальність.** Тимчасова пульсуюча порожнина (ТПП) є важливим динамічним явищем в термінальній балістиці. Очевидно, що травматичні ефекти вогнепальних пошкоджень для людей не можуть бути перевірені *in vivo* і потрібно використову-

вати надійні імітатори. Найбільшого визнання серед імітаторів отримали 10 % і 20 % водні розчини желатину у вигляді гелю, прозоре гліцеринове мило і балістичний пластилін [1, 2]. Желатин є напівпрозорим і поведінка снаряда або точне розміщення кульових фрагментів в ньому легко вимірюються [3]. З милом і пластиліном потрібна рентгенографія.

Під час проникнення вогнепального снаряду в блок желатину, тиск призводить до швидкого розширення ранового каналу та утворення ТПП, яка регресує у пульсаціях, коли тиск падає. Максимальне розширення та наступні пульсації руйнують структуру желатину, залишаючи в ньому канал. Загальноприйнятним є факт, що тріщини у желатині, сформовані протягом ранового каналу, відображають розподіл кінетичної енергії, розсіяної снарядом в імітаторі. Детальне вивчення всіх елементів ранового каналу дозволяє дослідити особливості формування ТПП [6–8].

Морфологічні особливості вогнепальних пошкоджень тіла людини із пістолетів модельного ряду «Форт» з позицій ранової балістики наразі залишаються не вивченими, що й обумовило дане дослідження.

**Мета дослідження.** Дослідити характер і морфологічні особливості вогнепальних пошкоджень на небіологічних імітаторах тіла людини при пострілах із пістолетів «Форт-12» та «Форт-14ТП».

**Матеріал і методи дослідження.** Експериментальні дослідження проводили на базі Харківського НДІ судових експертиз ім. засл. проф. М. С. Бокаріуса МЮ України та кафедри судово-медичної експертизи ХМАПО. Постріли здійснювали з пістолетів «Форт-12» та «Форт-14ТП» виробництва КНВО «Форт» МВС України штатними боєприпасами калібру 9x18 мм. У якості імітаторів тіла людини

використовували желатинові блоки, виготовлені з 10 % розчину харчового желатину типу А 250 Bloom (ТМ «Gelita», Німеччина), стандартних розмірів – 15×15×30 см. Виготовлення желатинових блоків проводилось за класичною методикою, запропонованою Fackler, Malinowski (1985p) [4]. Експеримент проводили серіями по 10-ть пострілів з відстані 3 м в окремі блоки, охолоджені до температури +4°C. Візуалізація ранових каналів проводилась шляхом контрастування водорозчинною фарбою. Після відстрілу желатинові блоки розсікали поперечними щодо ранового каналу розрізами на пластини товщиною 1 см. Проводили поетапну фотофіксацію та наступну обробку експериментальних даних за допомогою програмного забезпечення ZEN 2. Усі розрахунки показників дослідження проведено за допомогою електронних таблиць середовища «Microsoft EXCEL».

Для дослідження травматичної дії вогнепальної снаряди використовували стандартні розрахункові методи:

1. The Total Crack Length method (TCL) – за даним методом визначали довжину всіх тріщин на кожному зрізі окремо (рис. 1 А). Оцінка розміру ТПП проводилась, припускаючи, що тріщини були сформовані як сектори окружності максимального розширення, тобто тимчасової порожнини кульового каналу. Тому радіус тимчасової порожнини  $r_{тп}$  дорівнює:  $r_{тп} = \sum r_i / 2\pi$ , де  $\sum r_i$  – сума довжин усіх розривів на фронтальному зрізі секції  $i$  блоку желатину [9].

2. The Wound Profile method (WP) [5]. За даним методом вимірювалась довжина двох максимальних тріщин на кожному зрізі секції (рис. 1 Б), щоб оцінити радіус ТПП. Таким чином, радіус тимчасової порожнини ( $r_{тп}$ ) дорівнює:  $r_{тп} = (r_{max1} + r_{max2}) / 2$ .

3. The polygon-procedure (PP) – визначали периметр багатокутника, побудованого між кінцями розривів пошкодження (рис. 2). Отримані результати оцінювали у якості еквівалента показників пошкодження як на кожному зрізі окремо, так і загальне пошкодження на всіх зрізах блоку желатину [10].

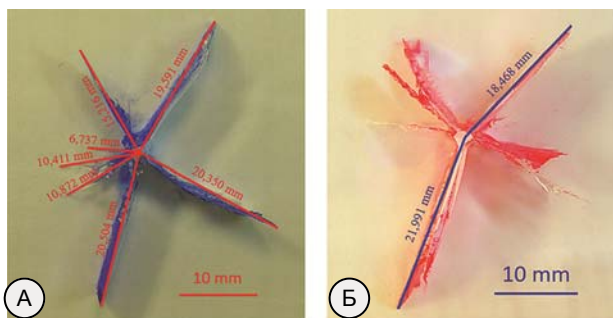


Рис. 1. Вимірювання довжини всіх розривів (А) та двох максимальних розривів (Б) на фронтальному зрізі желатинового блоку

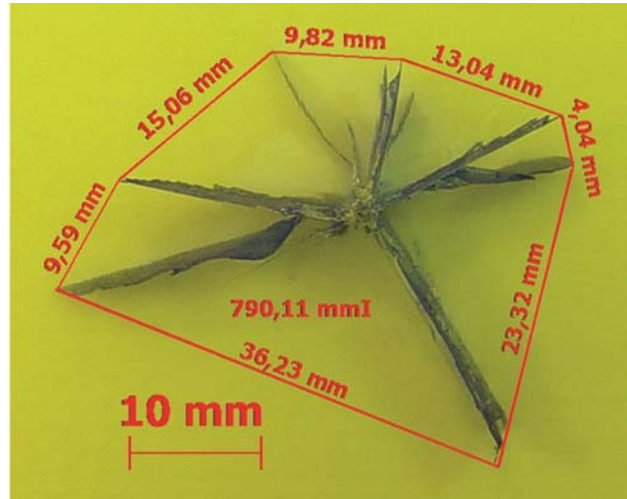


Рис. 2. Вимірювання периметра багатокутника на фронтальному зрізі желатинового блоку

### Результати дослідження та їх обговорення.

Експериментально встановлено, що після проходження снаряду в желатиновому блоці тимчасова пульсуюча порожнина (ТПП) спадалась, як і в живих тканинах. При цьому, залишався постійний рановий канал, а також елементи ТПП у вигляді радіальних тріщин, як еквівалент пошкоджувальної дії снаряду. Спостерігалось гвинтоподібне зміщення розривів за годинниковою стрілкою, що відповідає напрямку обертання кулі (рис. 3). У результаті цього рановий канал у різних проєкціях має неоднаковий вигляд, що продемонстровано на рис. 4. Тому дослідження каналу шляхом поздовжнього розтину є неефективним та потребує виконання поперечних розрізів, які повноцінно охоплюють усі елементи ранового каналу. Визначення метричних характеристик ТПП протягом ранових каналів виявило хвилеподібне коливання ТПП.

Дослідження за методом WP виявило, що середній радіус ТПП для пошкоджень із пістолета «Форт-12» коливався від 4,1 мм (що відповідало

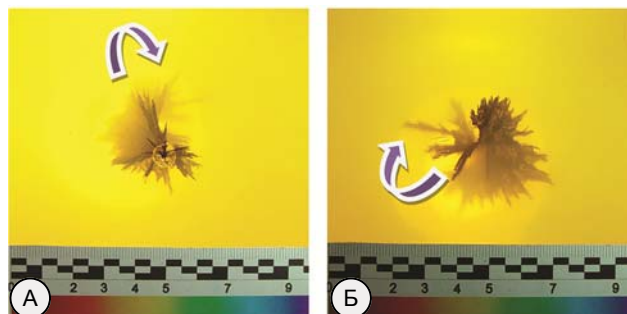
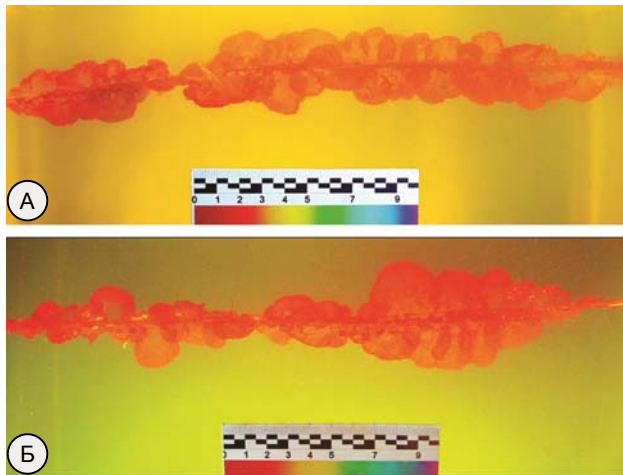
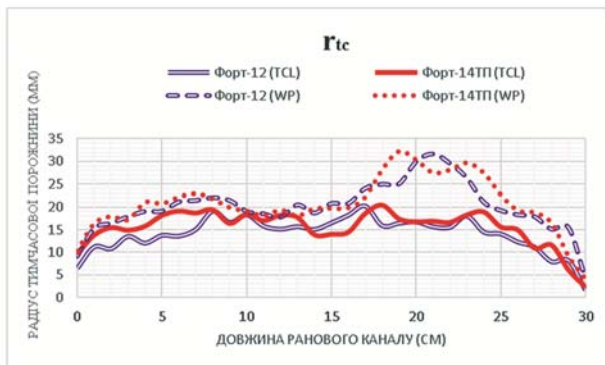


Рис. 3. Вигляд ранового каналу в желатиновому блоці (А – вхідний отвір, Б – вихідний отвір). Стрілкою вказано напрямок спіралеподібного обертання радіальних розривів за годинниковою стрілкою



**Рис. 4.** Загальний вигляд ранового каналу в желатиновому блоці (А – вид збоку, Б – вид зверху). Напрямок руху кулі – зліва направо

безпосередньо рановому каналу) до 31,7 мм. При цьому висока амплітуда спостерігалась на відстані 6–9 см від вхідного отвору і складала 21,1–22,1 мм та максимальна амплітуда на відрізьку 17–23 см і сягала 24,1–31,7 мм. Для пошкоджень із пістолета «Форт-14ТП» середній радіус ТПП коливався від 4,1 мм (що відповідало безпосередньо рановому каналу) до 32,3 мм. При цьому висока амплітуда спостерігалась у першій третині каналу на відстані 4–8 см від вхідного отвору і складала 20,8–23,0 мм та максимальна амплітуда на відрізьку 18–24 см до 27,5–32,3 мм (рис. 5).



**Рис. 5.** Коливання радіусу ТПП протягом ранового каналу за методами WP і TCL

Отримані дані за методом TCL щодо пістолета «Форт-12» свідчать, що середній радіус ТПП коливався від 1,6 мм до 20,3 мм, при цьому найбільш виразні коливання ТПП спостерігались на відстані 8–10 см та на 15–23 см від вхідного отвору, сягаючи 16,7–19,1 мм і 15,6–20,3 мм відповідно. Для пістолета «Форт-14ТП» середній радіус ТПП коливався від 2,3 мм до 20,4 мм, при цьому найбільш вира-

зні коливання ТПП спостерігались на відстані 5–13 см та 18–24 см від вхідного отвору, де амплітуда сягала 17,0–19,4 мм та 16,6–20,4 мм відповідно (рис. 5).

За методом PP також виявлено хвилеподібну динаміку коливань ТПП, при цьому периметр пошкоджень від пістолета «Форт-12» змінювався від 14,9 мм до 130,4 мм з найвиразнішими амплітудами на відстанях 6–8 см та 20–23 см від вхідного отвору і сягав відповідно 105,4–110,4 мм та 119,6–130,4 мм. Периметр пошкоджень із пістолета «Форт-14ТП» змінювався від 15,2 мм до 131,8 мм, з найвиразнішими амплітудами на відстанях 5–7 см та 17–20 см від вхідного отвору, сягаючи відповідно 103,0–108,1 мм та 124,2–131,8 мм (рис. 6).



**Рис. 6.** Коливання ТПП протягом ранового каналу за методом PP

**Висновки.** Підсумовуючи вищезазначене, можна констатувати:

1. Використання балістичного желатину в якості імітатора тканин живої людини дозволяє наочно вивчити основні закономірності формування тимчасової пульсуючої порожнини, її морфометричні характеристики, що віддзеркалюють особливості розсіювання енергії вогнепального снаряду протягом ранового каналу.
2. Морфометричні характеристики радіальних розривів желатину, як еквіваленту ТПП, свідчать про її хвилеподібне коливання з високими показниками розмірів у пошкодженнях від пістолета «Форт-12» – на відстані 6-10 см від вхідного отвору та максимальною амплітудою у межах 15-23 см, в пошкодженнях від пістолета «Форт-14ТП» – з високими показниками розмірів на відстані 4-10 см від вхідного отвору та максимальною амплітудою у межах 16-24 см. Найбільші середні радіуси ТПП розраховані за методом WP та TCL склали відповідно 31,7 мм і 20,3 мм у пошкодженнях із пістолета «Форт-12» та 32,3 мм і 20,4 мм – «Форт-14ТП». Радіальні розриви спіралеподібно зміщуються за ходом годинникової стрілки, що відповідає напрямку обертання кулі.

3. Результати експериментальних даних можуть бути використані при моделюванні та судово-медичній реконструкції травми, а також для прогнозування її обсягу, в тому числі визначення механізму непрямих пошкоджень. Окрім того, отримані дані можуть бути перспективними в оцінці девіталізації тканин, а також при розробці

засобів індивідуального бронезахисту щодо ефективного зниження пошкоджувальної дії кулі.

**Перспективи подальших досліджень.** У подальших дослідженнях заплановано дослідити морфологічні особливості ТПП при пострілах упри- тул із використанням небіологічних імітаторів тіла людини.

### References

1. Kolkutin VV. *Ispol'zovaniye biologicheskikh i nebiologicheskikh imitatorov dlya modelirovaniya ognestrel'nykh povrezhdeniy razlichnykh organov i tkaney: metodicheskiye rekomendatsii*. SPb: VMedA; 1993. 15 s. [Russian]
2. Ozeretskivskiy LB, Gumanenko EK., Boyarintsev VV. *Ranevaya ballistika*. SPb: Zhurnal «Kalashnikov»; 2006. 374 s. [Russian]
3. Popov VL, Dyskin EA. *Ranevaya ballistika (sudebno-medicinskie aspekty)*. SPb; 1994. 163 p. [Russian]
4. Fackler ML, Malinowski JA. Ordnance gelatin for ballistic studies. *Am J Forensic Med Pathol*. 1988; 9(3): 218–9. PMID: 3177350
5. Fackler ML, Malinowski JA. The wound profile: a visual method for quantifying gunshot wound components. *J Trauma*. 1985; 25(6): 522–9. PMID: 4009751
6. Jussila J. Measurement of kinetic energy dissipation with gelatine fissure formation with special reference to gelatine validation. *Forensic Sci Int*. 2005; 150: 53–62. PMID: 15837008. DOI: 10.1016/j.forsciint.2004.06.038
7. Jussila J. *Wound ballistic simulation: assessment of the legitimacy of law enforcement firearms ammunition by means of wound ballistic simulation*. Helsinki, 2005. 112 p.
8. Kneubuehl BP, Coupland RM, Rothschild MA, Thali MJ. *Wound Ballistics: basics and applications*. Berlin: Springer-Verlag; 2011. 496 p.
9. Ragsdale BD, Josselson A. Predicting temporary cavity size from radial fissure measurements in ordnance gelatin. *J Trauma*. 1988; 28: S5–9. PMID: 3339699
10. Schyma C, Madea B. Evaluation of the temporary cavity in ordnance gelatin. *Forensic Sci Int*. 2012; 214: 82–7. PMID: 21813255. DOI:10.1016/j.forsciint.2011.07.021

УДК 616-001.45:623.443.35

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВРЕМЕННОЙ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ПОЛОСТИ ПРИ ВЫСТРЕЛАХ ИЗ ПИСТОЛЕТОВ «ФОРТ»

**Щербак В. В.**

**Резюме.** Исследованием установлено, что использование баллистического желатина в качестве имитатора тканей живого человека позволяет изучить основные закономерности формирования временной пульсирующей полости, ее морфометрические характеристики и особенности рассеивания энергии огнестрельного снаряда на протяжении раневого канала. Морфометрические характеристики радиальных разрывов желатина, как эквивалента временной пульсирующей полости, свидетельствуют о ее волнообразном колебании. Радиальные разрывы спиралеобразно смещаются по ходу часовой стрелки, что соответствует направлению вращения пули. Результаты экспериментальных данных могут быть использованы при моделировании и судебно-медицинской реконструкции травмы, а также для прогнозирования ее объема, в том числе определения механизма непрямых повреждений. Кроме того, полученные данные могут быть перспективными в оценке девитализации тканей, а также при разработке средств индивидуальной бронезащиты для эффективного снижения повреждающего действия пули.

**Ключевые слова:** огнестрельные повреждения, пистолеты «Форт», раневая баллистика, баллистический желатин, имитатор тканей человека.

UDC 616-001.45:623.443.35

### Peculiarities of Forming a Temporary Pulsating Cavity from the Pistol "Fort" Shots

**Shcherbak V. V.**

**Abstract.** It is generally accepted that the ballistic gelatin cracks formed in the permanent cavity reflect the distribution of kinetic energy scattered by the bullet in the simulator. The morphological features of gunshot injuries from the "Fort" pistols are currently not studied from the positions of wound ballistics.

*The purpose of the study* was to investigate the character and morphological features of gunshot injuries on nonbiological imitators of a human body at pistols "Fort-12" and "Fort-14TP"shots.

*Material and methods.* Shots were carried out from the guns "Fort-12" and "Fort-14TP" with standard ammunition 9 x 18 mm caliber. Gelatin blocks were used as human body simulators. They were made using 10% solution of food grade Gelatin type A 250 Bloom, cooled to + 4°C. To study the traumatic effect of a gunshot injury, we used standard methods of calculation: the Total Crack Length method, the Wound Profile method, the polygon-procedure.

*Results and discussion.* It was experimentally established that after the bullet went through the gelatin block, the temporary pulsating cavity coarctated, as in living tissues. In this case, there was a constant permanent cavity with elements of the temporary pulsating cavity in the form of radial cracks, as the equivalent of the destructive action of the bullet. There was a screw-like displacement of the breaks, which corresponds to the direction of the bullet rotation. There were also wavelike variations of metric characteristics of temporary pulsating cavity in the permanent cavity.

*Conclusion.* Using the ballistic gelatin as a simulator of living tissues allows us to visually study the basic patterns of the temporary pulsating cavity formation, its morphometric characteristics, which reflect the features of energy dissipation through a permanent cavity.

Morphometric characteristics of radial gelatin breaks, as the equivalent of temporary pulsating cavity, indicate its wave-like oscillation. Radial breaks are spirally shifted along the clockwise rotation, corresponding to the direction of the bullet rotation.

The results of experimental data can be used in simulation and forensic medical reconstruction of injuries, as well as for forecasting its volume, including the determination of the mechanism of indirect damage. In addition, the findings can be promising in the assessment of tissue deviations, as well as in the development of personal protective equipment for the effective reduction of the bullet damaging effect.

**Keywords:** gunshot injuries, pistols «Fort», wound ballistics, ballistic gelatin, human tissue simulator.

*The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.*

Стаття надійшла 24.11.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування