

УДК 340.624.3

В.В. Щербак, ассистент кафедры
судебно-медицинской экспертизы Харьковской
медицинской академии последипломного образования

О.О. Толмачов, начальник Научно-
исследовательского экспертно-криминалистического
центра при УМВД Украины на Южной железной дороге

О.В. Кундиус, главный эксперт Научно-
исследовательского экспертно-криминалистического
центра при УМВД Украины на Южной железной дороге

А.А. Абдурасулов, эксперт Научно-
исследовательского экспертно-криминалистического
центра при УМВД Украины на Южной железной дороге

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА БИОЛОГИЧЕСКИХ ИМИТАТОРАХ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Изучены вопросы проведения экспериментальных исследований на биологических имитаторах тканей человека с позиции раневой баллистики. На примере использования баллистического желатина предложены основные этапы и современные возможности обработки результатов эксперимента.

Ключевые слова: огнестрельные повреждения, имитаторы биологических тканей, баллистический желатин, раневая баллистика.

Вивчено питання проведення експериментальних досліджень на біологічних імітаторах тканин людини з позиції ранової балістики. На прикладі використання балістичного желатину запропоновано основні етапи та сучасні можливості обробки результатів експерименту.

The article explored questions of experimental studies on human tissue biological simulators in terms of wound ballistics. On the example of the use of ballistic gelatine proposed milestones and advanced processing capabilities of the experimental results.

Главной задачей раневой баллистики, как известно, является изучение механизма образования огнестрельных ранений в теле человека. Известно также и то, что процесс разрушения органов и тканей многократно превышает время прохождения пули через живую ткань или орган. Сразу после выхода ранящего снаряда отмечается резкое увеличение объема поражаемого органа, который через некоторое время возвращается к первоначальным размерам или разрушается. Внутри тканей и органов после выхода пули образовывается временная пульсирующая полость (далее — ВПП), что внешне проявляется в виде деформации органов.

Вопрос о времени возникновения временной полости, характере пульсаций, зависимости между размерами полости, кинетической энергией пули и физическими свойствами поражаемой среды остается малоизученным. Поэтому исследование закономерностей формирования ВПП и установление связей между ее размерами и кинетической энергией огнестрельного снаряда является одной из ведущих проблем раневой баллистики и очень актуальной в настоящее время [1; 2].

Закономерности формирования ВПП как эквивалента повреждающего действия ранящего снаряда наиболее полноценно можно изучить в условиях эксперимента. Учитывая, что использование в эксперименте трупов людей крайне затруднительно (что обусловлено необходимостью соблюдения современных этических принципов и законодательных норм), наиболее приемлемым вариантом являются эксперименты с использованием имитаторов, которые воспроизводимы и позволяют установить системные закономерности в изменении параметров в статистически достоверном объеме [3]. При этом особенно важно применение таких имитаторов, которые по своим физическим характеристикам (плотности, эластичности, способности поглощать энергию) приближаются к тканям живого человека. Широкое применение в качестве имитаторов биологических тканей получили 10-процентные и 20-процентные водные растворы желатина в виде геля, как наиболее похожие на ткани живого человека. Для баллистических экспериментов, как правило, используют свиной желатин типа А 250—300 Bloom. В настоящее время существуют различные международные стандарты, касающиеся концентрации и температуры желатина для проведения экспериментов [4]. В США и ряде стран Европы используется 10-процентный желатин при температуре 4 °С, который в 1988 году в качестве стандарта предложили американские исследователи М. Факлер и Я. Малиновский (М. Fackler, J. Malinowski) [5].

Определение объема энергии, затраченной на формирование повреждения желатинового блока, требует измерения скоростных характеристик огнестрельного снаряда. В зависимости от поставленных задач фиксировать скорость снаряда необходимо как до, так и после прохождения блока, если предполагается сквозное повреждение. С этой целью можно использовать оптоэлектронный измерительный комплекс, в частности, ИБХ-731.3 (рис. 1), имеющий достаточные размеры корпуса блока регистрации (240 x 200 x 160 мм).



Рис. 1. Желатиновый блок для баллистического эксперимента, расположенный между двумя измерительными комплексами

Данный универсальный комплекс предназначен для измерения скорости и энергии пули стрелкового оружия, а также параметров скорострельности оружия. Основные технические характеристики комплекса (в соответствии с паспортом и инструкцией по эксплуатации) приведены в таблице.

Таблица

Основные технические характеристики оптоэлектронного измерительного комплекса ИБХ-731.3

Наименование параметра	Значение
Диапазон измерения скорости	1,0...2 000 м/с
Диапазон измерения энергии	0,01...10000 Дж
Регистрируемая скорострельность	0,1...6000 выстр./мин
Разрешающая способность измерения	0,1 мкс
Максимальная относительная погрешность измерения скорости, % для диапазонов: от 1,0 до 1000 м/с от 1000 до 1500 м/с от 1500 до 2000 м/с	±0,5 ±1,0 ±1,5
Максимальная погрешность измерения энергии	1%
Диапазон выставления массы	0,01...99,99 г
Размер активной зоны	250 x 300 мм

Для получения максимальной точности и стабильности измерений необходимо соблюдать следующие правила:

- необходимые замеры производят только при условии пересечения метаемым снарядом активных зон обоих датчиков комплекса;
- для обеспечения максимальной точности измерений оружие во время выстрела должно размещаться строго перпендикулярно к плоскости световых шторок, то есть к лицевой панели блока регистрации;
- для обеспечения максимальной стабильности измерений оружие необходимо размещать всегда одинаково по отношению к комплексу;
- во избежание порчи оптоэлектронных датчиков комплекса продуктами сгорания пороха при испытаниях огнестрельного оружия комплекс рекомендуется размещать на расстоянии не менее 3 м от дульного среза оружия малых и средних калибров и не менее 5 м — оружия больших калибров.

Существует также целый ряд стандартов в отношении размеров блоков желатина, используемых в экспериментах. Немецкие ученые рекомендуют для стрельбы из пистолетов размеры 20 x 20 x 30 см, для винтовок — 25 x 25 x 30 см. Общепринятыми также являются размеры 15 x 15 x 30 см, 20 x 20 x 25 см, 25 x 25 x 40 см, 25 x 25 x 50 см. Учитывая, что масса блока желатина размерами 15 x 15 x 30 см составляет около 10 кг, то целесообразнее использовать блоки сравнительно небольших размеров: 15 x 15 x 30 см, 20 x 20 x 25 см, тем более что увеличение размеров блока имитатора делает его тяжелым и громоздким, усложняет его дальнейшую обработку, хранение, а также может послужить причиной образования артефактных повреждений при неправильном перемещении. Для захвата всего трека огнестрельного снаряда несколько блоков совмещаются торцами.

Выстрелы следует производить в центральные отделы желатиновых блоков, чтобы избежать эффекта асимметричного расширения. Допускается проведение нескольких выстрелов в один блок таким образом, чтобы исключить возможность пересечения как самих раневых каналов, так и радиальных разрывов от них.

Для фиксации динамики всего процесса формирования ВПП — от ее возникновения до ликвидации — применяется импульсная рентгенография и высокоскоростная киносъемка. Так как эти методы исследования требуют применения сложной и дорогостоящей аппаратуры, были разработаны и успешно применяются на практике различные методики определения размеров ВПП с учетом размеров трещины в желатине, остающихся после ликвидации полости [6—12].

Для удобства регистрации и количественной оценки результатов эксперимента необходима предварительная визуализация раневого канала в желатине, в том числе и радиальных трещин (разрывов). С этой целью сотрудник одного из университетов Швейцарии К. Шима (С. Schuma) в 2010 году предложил помещать непосредственно на переднюю часть блока акриловую краску в виде круга диаметром около 3 см, прикрытую слоями тонкой хлопчатобумажной ткани [13]. В момент выстрела краска переносится по ходу движения пули на все отделы раневого канала с постепенно убывающей интенсивностью, но в достаточном для окрашивания радиальных трещин количестве. Это позволяет с более высокой точностью произвести измерение и фиксацию результатов по сравнению с нативными блоками.

С этой же целью был опробован метод непосредственного введения краски в раневой канал с использованием медицинского шприца и пункционной медицинской иглы. Путем медленного нагнетания красителя в огнестрельный канал было достигнуто полное контрастирование и визуализация остаточных элементов ВПП (радиальных разрывов по ходу раневого канала). Результат исследования представлен на рис. 2.

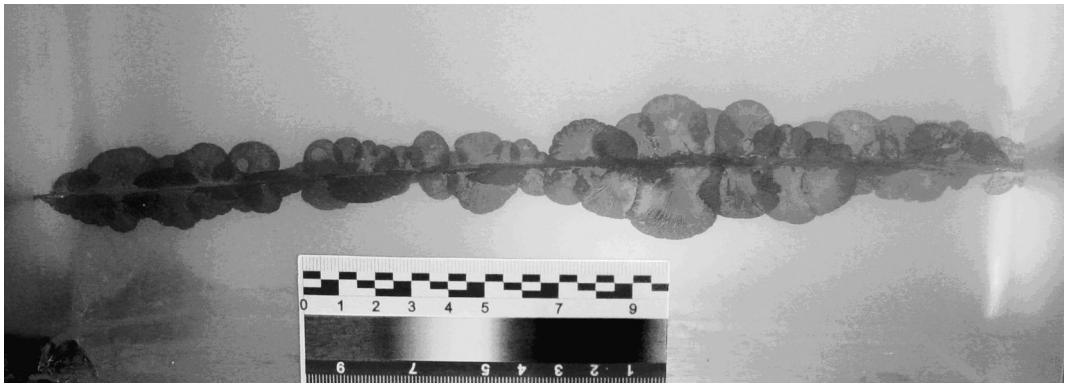


Рис. 2. Раневой канал в толще желатинового блока после предварительного контрастирования

Для количественной оценки объема переданной кинетической энергии, потраченной огнестрельным снарядом на преодоление сопротивления имитатора биологической ткани, измеряют длину радиальных разрывов на поперечных плоскостных срезах. Блок желатина разрезают на отдельные секции минимально возможной толщины. Некоторые авторы [14] считают достаточной толщину сре-

за 2,5 см, однако в настоящее время многие исследователи рекомендуют считать оптимальной толщину 1 см, что также подтверждается практикой, поскольку сделать более тонкие срезы из-за упруго-эластичных свойств желатина крайне затруднительно. Измерение линейных величин проводят после предварительного сканирования или масштабного фотографирования поперечных срезов с соблюдением соответствующей очередности. По мнению Р. Берлина (R. Berlin), I. Гелина (I. Gelin), Б. Янзона (B. Janzon), Л. Озерецковского и др., типичная длина раневого канала в теле человека составляет 140—150 мм [15], поэтому наиболее информативным является изучение первых 15 см канала.

Для реализации вышесказанного производят необходимые замеры:

- длины самого длинного разрыва в каждом срезе (максимальный радиус);
- длины двух самых длинных разрывов (методика Fackler's wound profile);
- суммы всех разрывов на каждом срезе (методика total crack length (TCL) method);

– периметра и площади многоугольника, образованного путем соединения концов всех разрывов (polygon-procedure).

Обрабатывают экспериментальные данные с помощью специального программного обеспечения.

Таким образом, соблюдая вышеописанный алгоритм проведения баллистического эксперимента с использованием биологических имитаторов (баллистического желатина), можно изучить особенности и закономерности формирования временной пульсирующей полости как эквивалента повреждающего действия огнестрельного снаряда в теле человека. При этом использование современных расчетных методик позволяет избежать применения сложного и дорогостоящего оборудования.

Список использованной литературы

1. Попов В.Л. Судебно-медицинская баллистика / Попов В.Л., Шигеев В.Б., Кузнецов Л.Е. — СПб. : Гиппократ, 2002. — 656 с.
2. Попов В.Л. Раневая баллистика (судебно-медицинские аспекты) / В.Л. Попов, Е.А. Дыскин. — СПб., 1994. — 163 с.
3. Дотримання етичних та законодавчих норм і вимог при виконанні наукових морфологічних досліджень : метод. рек. / [Кулініченко В.Л., Мішалов В.Д., Чайковський Ю.Б. та ін.]. — К., 2007. — 30 с.
4. Jussila J. Preparing ballistic gelatine — review and proposal for a standard method / J. Jussila // Forensic Sci. Int. — 2004. — Vol. 141. — P. 91—98.
5. Fackler M.L. Ordnance gelatin for ballistic studies / M.L. Fackler, J.A. Malinowski // Am. J. Forensic Med. Pathol. — 1988. — Vol. 9. — № 3. — P. 218—219.
6. Analysis of temporary cavity produced by high velocity missile in gelatin blocks / [Korać Ž., Kelenc D., Mikulić D., Hančević J.] // Acta clin. Croat. — 2000. — Vol. 39. — № 4. — P. 211—214.
7. Bresson F. Comparing ballistic wounds with experiments on body simulator / F. Bresson, O. Franck // Forensic Sci. Int. — 2010. — Vol. 198. — P. 23—27.
8. Jussila J. Measurement of kinetic energy dissipation with gelatine fissure formation with special reference to gelatine validation / J. Jussila // Forensic Sci. Int. — 2005. — Vol. 150. — P. 53—62.
9. Experimental study of the expansion dynamic of 9 mm Parabellum hollow point projectiles in ballistic gelatine / [Bresson F., Ducouret J., Peyré et al.] // Forensic Sci. Int. — 2012. — Vol. 219. — P. 113—118.

10. *Jussila J.* Wound ballistic simulation: Assessment of the legitimacy of law enforcement firearms ammunition by means of wound ballistic simulation / J. Jussila. — Helsinki, 2005. — 112 p.
11. *Schyma C.* Evaluation of the temporary cavity in ordnance gelatine / C. Schyma, B. Madea // *Forensic Sci. Int.* — 2012. — Vol. 214. — P. 82—87.
12. *Jauhari M.* Wound ballistics: an analysis of a bullet in gel / M. Jauhari, A. Bandyopadhyay // *J. Forensic Sci.* — 1976. — Vol. 21. — № 3. — P. 616—624.
13. *Schyma C.W.* Colour contrast in ballistic gelatine / C.W. Schyma // *Forensic Sci. Int.* — 2010. — Vol. 197. — P. 114—118.
14. *Kneubuehl B.P.* Wound Ballistics: basics and applications / [Kneubuehl B.P., Coupland R.M., Rothschild M.A., Thali M.J.]. — Berlin : Springer-Verlag, 2011. — 496 p.
15. *Озерецковский Л.Б.* Раневая баллистика / Озерецковский Л.Б., Гуманенко Е.К., Бояринцев В.В. — СПб. : Журнал «Калашников», 2006. — 374 с.