© Коллектив авторов, 2020
УДК 617.7-001.45
DOI – https://doi.org/10.14300/mnnc.2020.15082
ISSN – 2073-8137

СТАНДАРТИЗИРОВАННАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОГНЕСТРЕЛЬНОЙ ОТКРЫТОЙ ТРАВМЫ ГЛАЗА ТИПА А (БЕЗ ИНОРОДНОГО ТЕЛА)

А. А. Кольбин [1], С. В. Чурашов [1], А. Н. Куликов [1], В. В. Волков [1], Р. Л. Трояновский [1], В. Ф. Даниличев [1], Р. Р. Копылов [1], Б. А. Каневский [2]

[1] Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация
[2] Главный военный клинический госпиталь им. академика Н. Н. Бурденко, филиал № 1, Москва, Российская Федерация

STANDARDIZED EXPERIMENTAL MODEL OF A GUNSHOT OPEN GLOBE INJURY TYPE A (WITHOUT FOREIGN BODY)

Kol'bin A. A. [1], Churashov S. V. [1], Kulikov A. N. [1], Volkov V. V. [1], Troyanovskiy R. L. [1], Danilichev V. F. [1], Kopylov R. R. [1], Kanevsky B. A. [2]

[1] S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation
[2] Branch № 1 of N. N. Burdenko Main Military Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

Представлены результаты работ по созданию стандартизированной модели огнестрельной открытой травмы глаза (ОТГ) без внутриглазного инородного тела (ОТГ типа А) на основе пулевого ранения глаза кролика-кадавера, нанесенного снарядом из пневматического оружия. В ходе 4 серий экспериментов выполнен подбор параметров выстрелов в зависимости от энергетических, аэродинамических характеристик и массы снаряда. Проанализированы данные скоростей различных видов смоделированных и стандартных снарядов, характера их поведения при встрече с мишенью (пластилин, глаза кадаверов), вида полученных травм. По итогам работ модернизирован снаряд, определены параметры выстрела, удовлетворяющие требованиям создания модели огнестрельной ОТГ типа А. Выстрелы производились в зону склеры в 2–3 мм от лимба, с расстояния 30 см, модернизированным снарядом массой 0,54–0,55 г, после двух компрессий насоса пневматической винтовки, что обеспечивало скорость снаряда от 41 до 46 м/с. Получена модель ОТГ типа А (проникающее ранение без внутриглазного инородного тела (ВГИТ)), которая по характеру и степени повреждений анатомических структур глазного яблока аналогична огнестрельной ОТГ.

Ключевые слова: пневматическая установка, стандартизированная экспериментальная модель, огнестрельная открытая травма глаза

The paper presents the results of work on the creation of a standardized model of a gunshot open eye injury without an intraocular foreign body (open eye injury type A) based on a bullet wound to the eye of a cadaver rabbit caused by a projectile from an air weapon. In the course of 4 series of experiments, the parameters of shots were selected depending on the energy, aerodynamic characteristics and mass of the projectile. Data on the speeds of various types of simulated and standard projectiles, the nature of their behavior when meeting a target (plasticine, cadaver eyes), and the type of injuries were analyzed. According to the results of the work, the projectile was modernized, the parameters of the shot were determined that meet the requirements for creating a model of a type A firearm open eye injury. Shots were fired into the sclera zone 2–3 mm from the limb, from a distance of 30 cm, with a modernized projectile weighing 0.54–0.55 g, after two compressions of the air rifle pump, which provided the projectile speed from 41 to 46 m/s. A type A open eye injury Model (penetrating wound without an intraocular foreign body) was obtained, which is similar to a gunshot open eye injury in the nature and extent of damage to the anatomical structures of the eyeball.

Keywords: pneumatic installation, standardized experimental model, gunshot open globe injury

Для цитирования: Кольбин А. А., Чурашов С. В., Куликов А. Н., Волков В. В., Трояновский Р. Л., Даниличев В. Ф., Копылов Р. Р., Каневский Б. А. СТАНДАРТИЗИРОВАННАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОГНЕСТРЕЛЬНОЙ ОТКРЫТОЙ ТРАВМЫ ГЛАЗА ТИПА А (БЕЗ ИНОРОДНОГО ТЕЛА). *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2020;15(3):348-351. DOI – https://doi.org/10.14300/mnnc.2020.15082

For citation: Kol'bin A. A., Churashov S. V., Kulikov A. N., Volkov V. V., Troyanovskiy R. L., Danilichev V. F., Kopylov R. R., Kanevsky B. A. STANDARDIZED EXPERIMENTAL MODEL OF A GUNSHOT OPEN GLOBE INJURY TYPE A (WITHOUT FOREIGN BODY). *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2020;15(3):348-351.
DOI – https://doi.org/10.14300/mnnc.2020.15082 (in Russ.)

ВГИТ – внутриглазное инородное тело
ЗТГ – закрытая травма глаза
ОТГ – открытая травма глаза
ПВР – пролиферативная витреоретинопатия
ПХО – первичная хирургическая обработка

Открытая травма глаза (ОТГ) – наиболее частый результат многофакторного воздействия огнестрельного оружия на орган зрения. В начале XXI века отмечен рост подобного вида травмы при боевых действиях и на производстве [1–3]. Для разработки новых методик лечения огнестрельной ОТГ необходимы экспериментальные модели, которые были бы стандартизированы, воспроизводимы, с возможностью прогнозирования течения и повторяемости исходов. Существующие модели требуют доработки, поскольку не отвечают всем требованиям сложившейся практики, эпидемиологии травм и современных возможностей хирургической и лекарственной поддержки [4, 5].

В ходе разработки моделей огнестрельной ОТГ типов В (с ВГИТ) и С (сквозное) была создана мультикомпрессионная пневматическая установка, с помощью которой удалось выработать четкие критерии (вид и скорость ранящего снаряда, расстояние до цели) стандартизированного поражения, оценить патологические процессы, возникающие при этом повреждении [6]. Однако после моделирования ОТГ типа В и С повреждения были столь значительными, что на сохранение глаза как органа и, тем более, сохранение его зрительных функций надежд было мало. Кроме того, нахождение внутри глаза ВГИТ на порядок повышало риски инфекционных осложнений.

В этой связи возникла потребность в разработке модели ОТГ, которая, с одной стороны, воспроизводила бы все характерные признаки огнестрельной травмы, а с другой – позволяла выполнить ПХО с последующим наблюдение за процессом восстановления глаза.

Таким условиям может соответствовать огнестрельная ОТГ типа А (прободение без ВГИТ). Такая травма перспективна для лечения, сохранности зрительных функций, а следовательно, эксперимент может быть пролонгирован, что позволит изучить отдаленные проявления развития огнестрельного раневого процесса в глазу, во всём его многообразии.

Цель исследования – провести стандартизацию модели огнестрельной ОТГ типа А – пулевое ранение, нанесенное из пневматического оружия в эксперименте.

Материал и методы. Для стрельбы использовалась ранее созданная мультикомпрессионная пневматическая установка на базе винтовки Crosman Classic 2100 (США), позволяющая изменять кинетическую энергию и скорость пули (различная накачка баллона пневматической винтовки), оснащенная лазерным целеуказателем [6]. С целью измерения скорости пули применялся оптический баллистический хронограф HLF-2 (Россия).

Эксперимент проводился на 22 глазных яблоках 11 кроликов-кадаверов породы шиншилла. Выбор глаз кроликов как модели огнестрельной ОТГ типа А глаза человека обоснован тем, что морфометрические параметры, структура их глазной стенки (eye wall), внутренних оболочек и фильтрационная система наиболее схожи с таковыми у приматов. Показатели внутриглазного давления, гидродинамики, эластотонометрии, радиуса кривизны передней поверхности роговицы соответствуют таковым у человека.

После предварительной пристрелки было проведено 3 серии экспериментов на глазах кроликов-кадаверов, в ходе которых регистрировали:

– дистанцию;
– накачку баллона винтовки;
– вид снаряда;
– скорость полёта снаряда.

Расстояние изменялось с 0,3 до 0,6 м с шагом 0,1 м. Накачка баллона: 1–8 компрессий насоса винтовки, шаг 0,5 компрессии.

Выполнялось макроскопическое исследование энуклеированного глазного яблока для определения характера травмы и оценки повреждений.

Снаряды: 3 стандартных (дротики с оперением, дротики без оперения, пули Gamo Hunter) и 13 модифицированных (на основе дротиков с и без оперения и пуль Gamo Hunter – варьируя массой и формой наконечника).

В первой серии экспериментов использовались 3 стандартных снаряда (рис. а), стрельба производилась по пластилиновому блоку с расстояния 0,6 м. Регистрировали уровень накачки баллона винтовки, минимальную и максимальную скорости пули и характер движения при встрече с мишенью.

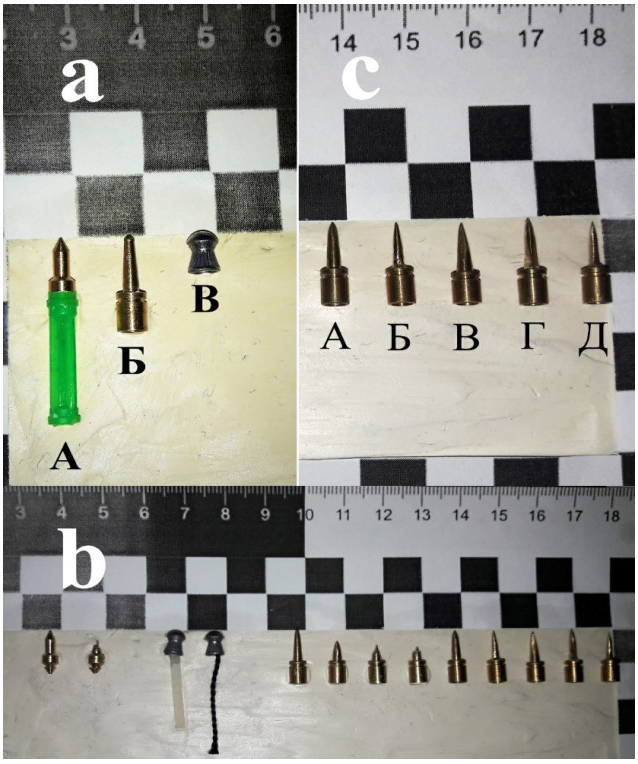


Рис. Виды стандартных снарядов (а) (А – пуля-дротик с оперением, Б – дротик без оперения, В – пуля Gamo Hunter). Модифицированные снаряды на основе стандартных (b). Модифицированные снаряды на основе дротика без оперения (с)

Во второй серии экспериментов стрельба проводилась теми же снарядами по 10 глазам 5 кроликов-кадаверов с целью определения конечных баллистических параметров для создания модели. Головы не жестко фиксировали на стойке. Предварительно воспроизводили нормотензию (проверка ВГД пальпа-

торно, по Маклакову) и перемещение глазного яблока из орбиты кнаружи путем ретробульбарной инъекции 10 мл физиологического раствора хлорида натрия и перетягиванием глаза у заднего полюса перчаточной резинкой по общепринятой методике. После предварительной центровки лазерного целеуказателя производился выстрел в зону склеры в 2 мм от лимба. В процессе выстрела измерялась скорость пули, после производилось макроскопическое исследование энуклеированного глазного яблока для определения характера травмы и оценки повреждений.

Третья серия экспериментов производилась с помощью модифицированных снарядов. Стрельба велась по бруску пластилина, по 5 выстрелов каждым видом снарядов.

Из 13 модернизированных снарядов на основе дротика без оперения были выбраны 5 наиболее подходящих (рис. с). Снаряды: А – заточена верхушка наконечника, масса 0,64 г; Б – равномерно заточен весь наконечник, расширяется к основанию, масса 0,55 г; В – наконечник заточен до середины, масса 0,59 г; Г – наконечник заточен до основания с 3 сторон, форма наконечника – треугольная, масса 0,57 г; Д – снаряд равномерно по кругу заточен, к основанию не расширяется, масса 0,54 г.

Работы по модернизации проводились вручную. Снаряд зажимался в тисках в области «юбки», предварительно обкладывался пробковым деревом для профилактики деформации. Изменение наконечника выполнялось прямоугольным бархатным напильником № 3.

В четвертой серии испытаний использовались только 5 вышеперечисленных модифицированных снарядов на основе дротика без оперения. Стрельба велась по 12 глазам 6 кроликов-кадаверов по той же методике, как во второй серии экспериментов, с расстояния 30 см, 2 компрессии насоса винтовки.

Результаты и обсуждение. В ходе первой серии экспериментов регистрировали уровень накачки баллона винтовки, минимальную и максимальную скорости пули и характер движения при встрече с мишенью. Дротики с оперением – 5 выстрелов, 8 компрессий насоса винтовки, скорость 73–76 м/с, попадание в цель. Дротики без оперения – 5 выстрелов, 1 компрессия насоса, скорость 21–25 м/с, попадание в цель; 5 выстрелов, 2 компрессии, скорость 35–45 м/с, попадание в цель; 5 выстрелов, 3 компрессии, скорость 49–55 м/с, на вылет. Пули Gamo Hunter – 5 выстрелов 2 компрессии насоса, скорость 43–51 м/с, попадание в цель.

По результатам второй серии экспериментов удалось установить, что масса и форма стандартных снарядов не удовлетворяют требованиям модели. Были получены либо закрытая травма глаза (ЗТГ) с рикошетом снаряда (20 %), либо ОТГ типа В (60 %), либо С (20 %). В 30 % случаев снаряды теряли устойчивость во время полета. Возникла необходимость в создании нового снаряда и подборе других условий, удовлетворяющих требованиям модели.

В третьей серии экспериментов (модифицированные снаряды) было показано, что расстояние 0,6 м не подходит для создания модели. Изменение центра тяжести снаряда приводило к потере его устойчивости во время полета. При уменьшении расстояния до цели количество успешных попаданий возросло. Было определено, что наиболее оптимальным расстоянием до цели является 30 см (90 % успешных попаданий). Результат модификации с изменением изначальных характеристик снаряда и расстояния позволили компенсировалось отклонение снаряда от траектории и опрокидывание.

Установлено, что слишком малый вес снарядов на основе дротика с оперением обусловливает низкую кинетическую энергию. Короткий и заточенный на небольшом расстоянии наконечник не обеспечивает перфорацию оболочек глазного яблока – в результате формируется ЗТГ. С другой стороны, увеличение энергии за счет повышения давления в баллоне приводило к формированию ОТГ типа В. Подобные баллистические характеристики присутствовали и у пуль Gamo Hunter. К тому же снаряды очень неустойчивы. Дальнейшее уменьшение расстояния между винтовкой и целью приводило к фиксации оптическим хронографом не скорости снаряда, а скорости сжатого воздуха, выбрасываемого при выстреле. Учитывая полученные результаты данные снаряды были выведены из эксперимента.

В процессе работы были сформулированы основные требования в ранящему снаряду:

– устойчивость полета (отсутствие опрокидывания и отклонения от траектории);

– способность перфорировать глазную стенку с фиксацией в ране;

– отсутствие рикошета.

Таким требованиям соответствовали снаряды на основе дротика без оперения с длинным и заточенным на всем протяжении наконечником и тормозной плоской площадкой на юбке. Они устойчивы в полете и минимально отличаются от стандартных по массе и форме, что обеспечивает простоту изготовления.

В четвертой серии эксперимента, проведенной по параметрам, полученным в ходе из первой части исследования (табл.), лучшие результаты показали снаряды Д (рис. с) – попадание в склеру на 2 мм кзади от лимба с формированием ОТГ типа В (66 %) и между оболочек глазного яблока в области склеры в 33 % случаев от общего количества выстрелов данным типом снарядов, и снаряды Б (рис. с) – попадание в склеру в 2 мм от лимба с образованием ОТГ типа А в 100 % случаев от количества выстрелов данным типом снарядов. Было определено, что для нанесения такого рода травмы необходима скорость 41–48 м/с. Оболочки глазного яблока были пенетрированы, снаряды полностью не проникали в стекловидную полость, что свидетельствовало в пользу получения ОТГ типа А. Данная скорость обеспечивалась 2 компрессиями насоса винтовки. После стрельбы производилось макроскопическое исследование энуклеированных глазных яблок для определения характера травмы. Выяснили, что ранения 5 глаз, определенные как ОТГ типа А, в 100 % случаев действительно являются проникающими, с вколоченным в оболочки инородным телом, что подтверждает правильность определения характера ранения. Снаряды, пробивая оболочки в области склеры в 2–3 мм кзади от лимба, пробили цилиарное тело глазного яблока. Вероятно, ранение в проекции цилиарного тела в эксперименте на живом кролике будет способствовать развитию максимально сильного воспалительного процесса, что, несомненно, важно при изучении огнестрельной ОТГ. Снаряды А, В, Г (рис. с) суммарно в 20 % случаев привели к возникновению ЗТГ с рикошетом и в 80 % – ОТГ типа В. Скорость 40–50 м/с. Данные снаряды были выведены из эксперимента.

Таким образом, созданная модель огнестрельной ОТГ, в отличие от моделей ОТГ типов В и С, имитирует попадание в глаз снаряда с более низкой кинетической энергией. Это снаряды «на излете», аналоги осколков при минно-взрывных поражениях во время боевых действий и техногенных аварий.

Таблица

Результаты четвертой серии эксперимента

Снаряд	Результат			Скорость снаряда
	ОТГ типа А	ОТГ типа В	ЗТГ	
А	0 %	50 %	50 %	37–44 м/с
Б	100 %	0 %	0 %	41–48 м/с
В	0 %	100 %	0 %	42–47 м/с
Г	0 %	100 %	0 %	43–52 м/с
Д	66 %	0 %	33 %	39–48 м/с

С одной стороны, кинетическая энергия ранящих снарядов при огнестрельных поражениях всегда велика и часто приводит к значительным разрушениям, с другой – в экспериментальной модели огнестрельной ОТГ требуется сохранить глаз для изучения особенностей раневого процесса и методов его лечения. На наш взгляд, предложенная в работе модель позволяет воспроизвести все изменения, характерные для огнестрельной ОТГ, при этом сохранив глазное яблоко для дальнейшего наблюдения.

Заключение. Разработана и изучена стандартизированная экспериментальная модель огнестрельной ОТГ типа А. Легкость воспроизведения позволяет предложить ее к использованию для изучения раневого процесса и методов его лечения.

Информированное согласие: Экспериментальное исследование проведено в полном соответствии с требованиями надлежащей лабораторной практики (изложенными в национальном стандарте «Принципы надлежащей лабораторной практики» ГОСТ Р 53434–2009), с соблюдением Международных принципов Европейской конвенции о «Защите позвоночных животных, используемых для экспериментов и других научных целей» (Страсбург, 1986), в соответствии с Международными рекомендациями по проведению медико-биологических исследований с использованием животных (1985), «Общими этическими принципами экспериментов на животных» (Россия, 2011), правилами лабораторной практики в Российской Федерации (приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003) и положительным заключением этического комитета.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Hoskin A. K., Watson S. L., Mackey D. A., Agrawal R., Keay L. Eye injury registries – A systematic review. *Injury*. 2019;50(11):1839-1846. https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.07.019
2. Erickson B. P., Feng P. W., Ko M. J., Modi Y. S., Johnson T. E. Gun-related eye injuries: A primer. *Survey of Ophthalmology*. 2020;65(1):67-78. https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2019.06.003
3. Tabatabaei S. A., Soleimani M., Rajabi M .B., Seidi R., Yaseri M. Pellet gun injury as a source of ocular trauma; a retrospective review of one hundred and eleven cases. *Journal of Current Ophthalmology*. 2018;30(3):239-244. https://doi.org/10.1016/j.joco.2018.01.002
4. Ficek M., Maláník Z., Mikuličová M., Gracla M. Influence of the shooting distance on the depth of penetration of the bullet into the replacement material for air gun weapons. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*. 2019;30(1):663-672. https://doi.org/10.2507/30th.daaam.proceedings.091
5. Cleary P. E., Ryan S. J. Experimental posterior penetrating eye injury in the rabbit. I. Method of production and natural history. *British Journal of Ophthalmology*. 1979;63(5):306-311. https://doi.org/10.1136/bjo.63.5.306
6. Каневский Б. А., Чурашов С. В., Куликов А. Н., Грабовецкий С. И., Суетов А. А. Стандартизированная экспериментальная модель огнестрельной открытой травмы глаза. *Современные технологии в офтальмологии*. 2018;(4):147-149. [Kanevskiy B. A., Churashov S. V., Kulikov A. N., Grabovetsky S. I., Suetov A. A. Standartizirovannaya eksperimental'naya model' ognestrel'noy otkrytoy travmy glaza. *Sovremennyye tekhnologii v oftal'mologii. – Modern technologies in ophthalmology*. 2018;(4):147-149. (In Russ.)].

Сведения об авторах:

Кольбин Алексей Анатольевич, начальник отделения клиники кафедры офтальмологии;
тел.: 89500485844; e-mail: kolba81@yandex.ru

Чурашов Сергей Викторович, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры офтальмологии;
тел.: 89112268415; e-mail: churashoff@mail.ru

Куликов Алексей Николаевич, доктор медицинских наук, доцент, начальник кафедры;
тел.: 89219235785; e-mail: alexey.kulikov@mail.ru

Волков Вениамин Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры;
тел.: 89219490416; e-mail: vv_volkov@hotmail.com

Трояновский Роман Леонидович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры;
тел.: 89218764505; e-mail: rltroy@rambler.ru

Даниличев Владимир Фёдорович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры;
тел.: 88122749535; e-mail: alexey.kulikov@mail.ru

Копылов Рустам Рашидович, курсант;
тел.: 89817682690; e-mail: roostam-kopylov@yandex.ua

Каневский Борис Александрович, начальник офтальмологического отделения;
тел.: 89062254812; e-mail: braboris@mail.ru