

## ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ БОЕВОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТРАВМЫ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова<sup>1</sup>  
Военно-медицинский факультет в УО «БГМУ»<sup>2</sup>

*При экспериментальном моделировании патологического процесса важно соответствие получаемых изменений повреждениям в организме человека. В статье рассмотрены принципы моделирования огнестрельных ранений мягких тканей на небольших лабораторных животных (кролики). Показана необходимость тщательного подбора ранящего снаряда для воспроизведения типичного строения огнестрельной раны, прежде всего для получения зоны вторичного некроза. Обоснована методика моделирования огнестрельных ранений у небольших лабораторных животных (кролики).*

**Ключевые слова:** огнестрельное ранение, эксперимент, лабораторные животные.

**L. B. Ozeretskovsky, A.P. Trukhan**

### **THE PRINCIPLES OF MODELING OF A FIGHTING SURGICAL TRAUMA IN EXPERIMENT ON LABORATORY ANIMALS**

*In experimental modeling of the pathological process the main task is to achieve correspondence of received changes to damage of the human body. The article describes the principles of modeling gunshot wounds of soft tissues in small laboratory animals (rabbits). The necessity of careful selection of wounding projectile to reach the typical structure of a gunshot wound, especially for areas of secondary necrosis, is shown. Simulation method of gunshot wounds in small laboratory animals (rabbits) is justified.*

**Key words:** gunshot wound, the experiment, laboratory animals.

В настоящее время в исследованиях по боевой травме и раневой баллистике значительное внимание уделяется оценке различных подходов к воспроизведению в условиях эксперимента огнестрельных ран и взрывных повреждений [5,10].

Достаточно успешно эта проблема решается в работах, посвященных изучению повреждений, вызываемых взрывной ударной волной (ВУВ). В работах С.Clemedson (1949), М.Owen-Smith (1979), М.Kokkinanis (1982) определена видовая чувствительность к ВУВ мелких и крупных подопытных животных, предложены способы экстраполяции параметров ВУВ, вызывающих повреждения различных органов (легких, барабанных перепонок) у животных и у человека [10].

Несколько сложнее задача выбора подопытных животных и ранящих снарядов (РС) представляется при моделировании в эксперименте огнестрельных ранений, т.к. тяжесть ранения в данной ситуации зависит не только от конкретных характеристик РС (скорости, калибра, массы), но и от локализации ранений, протяженности раневого канала и многих других факторов [5,10].

В связи с этим в раневой баллистике сформировались два основных направления экспериментальных исследований: первое – изучение повреждающего действия новых РС в плане их судебно-медицинской экспертизы, подготовки военно-полевых хирургов к особенностям ранений, наносимых новыми РС, оценки их боевой эффективности (возможность вывода противника из строя), определение соответствия РС требованиям международного гуманитарного права («конвенционности»); второе – изучение в эксперименте общебиологических проблем и патофизиологии раневого процесса, эффективности различных методов лечения огнестрельных ран и коррекции их морфофункциональных и клинических проявлений.

Каждое из этих направлений имеет свои особенности в постановке опытов, методике нанесения ранений и выборе подопытных животных и других объектов. В экспериментах первого направления стрельбы проводятся из испытываемых боевых образцов оружия на реальных (10 м, 100 м, 300 м) или приведенных дальностях в сопоставлении, как правило, со штатными образцами оружия, о повреждающих действиях которых имеются достаточно убедительные

литературные и клинические данные. В качестве объектов экспериментальных исследований при этом используются крупные животные – бараны и свиньи, массой около 25-40 кг. В данном случае раневой канал имеет достаточную протяженность и приближается при определенных локализациях к длине раневого канала в теле человека.

В экспериментах второго направления определяющим является не сам объем огнестрельного повреждения применительно к исследуемому ранящему снаряду, а данные о биологической сущности раневого процесса, особенностях его течения под влиянием различных патогенетических и лечебных факторов. Главной целью является репрезентативность результатов эксперимента, т.е. возможность применения данных, полученных в ходе эксперимента в практической клинической деятельности.

По ряду причин, как этического, так и экономического характера, в большинстве исследований при выборе экспериментального объекта предпочтение отдается мелким лабораторным животным (кролики), что делает более доступной постановку массовых экспериментов.

Особых требований до настоящего времени к оружию и боеприпасам при решении данных задач экспериментаторы не предъявляли и выбор оружия решался чисто утилитарно, преимущественно на основе его доступности: исследователи чаще всего стреляли из 5,6 мм пистолета Марголина, из 5,6 мм спортивной винтовки ТОЗ, 9 мм пистолета Макарова, 7,62 и 5,45 мм автоматов Калашникова различных модификаций [1,3,6].

Принципиально новый подход к моделированию огнестрельной раны в опытах на мелких лабораторных животных был представлен в работах В.Л. Попова и В.В. Колкутина [4,9]. Авторами было показано, что использование 5,6 мм спортивного оружия в опытах на мелких лабораторных животных не всегда обеспечивает характерное для современной огнестрельной раны боковое действие РС, с другой стороны, применение штатного боевого оружия (пистолетов, автоматов и др.) вызывает неадекватно тяжёлые повреждения тканей по ходу движения ранящего снаряда.

Авторы при выборе РС предложили ориентироваться на известный в раневой баллистике феномен – временную пульсирующую полость (ВПП), возникающую в тканях при прохождении РС и определяющую боковое действие РС. Для обеспечения достаточной по объему ВПП при небольшой протяженности раневого канала в тканях кролика авторами был рекомендован штатный 5,6 мм патрон к спортивной винтовке ТОЗ-8 со специальной укороченной пулей (масса штатной свинцовой пули – 2,58 г, масса рекомендованной пули – около 1,0 г).

При практическом тестировании методики, представленной В.Л. Поповым и В.В. Колкутиным, в специальной работе Л.Б. Озерецковским и Д.Б. Каллистовым были выявлены следующие недостатки:

■ нестабильность контактной скорости РС при встрече с объектом;

■ отсутствие доказательной базы идентичности параметров раневой баллистики при стрельбе по животным модифицированной 5,6 мм свинцовой пулей к винтовке ТОЗ и штатного боевого оружия.

Выявленные недостатки стали основой для проведения настоящего исследования.

**Цель исследования:** определить методику моделирования огнестрельных ранений на небольших лабораторных животных, вызывающую повреждения, сопоставимые с поражением человека боевым оружием.

**Материалы и методы.** Огнестрельные ранения моделировались в лабораторных условиях на кафедре военно-полевой хирургии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация), а также на базе войсковой части 33491 (Министерство обороны Российской Федерации). Стрельба выполнялась из винтовки ТОЗ (патронами со штатными и опытными укороченными свинцовыми пулями) и из автомата АКМ (7,62 мм пулей штатного патрона образца 1943 г.) по бедру кролика и по 20% желатиновым блокам толщиной 14 и 3 см. Были проведены специальные исследования, принятые в раневой баллистике. Полученные в ходе эксперимента данные обрабатывались с помощью программы «STATISTIKA».

**Результаты и обсуждение.** Для решения первой из задач исследования (определение контактной скорости РС при встрече с объектом) Л.Б. Озерецковским и Д.Б. Каллистовым [2,7] были проведены опыты по определению оптимальной массы 5,6 мм свинцовых пуль, изготовленных по методу В.Л. Попова и В.В. Колкутина, которая позволит обеспечить наиболее стабильную скорость пули в момент ее контакта с объектом.

С этой целью проводилось измерение скорости штатных и опытных укороченных свинцовых пуль на дальности размещения объекта – 5 м. При этом определялись средняя скорость ( $V_{ср}$ , м/с), квадратичное отклонение ( $\sigma$ ), коэффициент рассеивания ( $C, \%$ ) скорости пули.

Из данных, приведенных в табл.1, следует, что контактная скорость со стабильностью на уровне штатной обеспечивается при массе укороченной свинцовой пули равной 1,6 г. Эта пуля была рекомендована авторами для проведения экспериментов на животных.

Однако, для окончательного решения о правильности выбора экспериментального РС и, главное, для оценки адекватности модели огнестрельной раны, в

**Таблица 1. Исследование баллистических характеристик штатных и модернизированных 5,6 мм свинцовых пуль (на дальности 5 метров)**

Масса ранящего снаряда (m, г)	Количество опытов	Средняя скорость $V_{ср}$ , (M ± σ, м/с)	Коэффициент рассеивания (C,%)
2,58	10	287,6 ± 7,5	3
0,9	15	249,3 ± 41,9	17
1,6	10	391,6 ± 7,9	2

Таблица 2. Моделирование огнестрельной раны в опытах на кроликах и желатиновых блоках.

Ранящий снаряд, оружие	Объект	Длина раневого канала, см	Баллистические параметры				
			Vс м/с	Vr м/с	Ec Дж	ΔE Дж	Объем ВПП, см <sup>3</sup>
5,6 мм штатная свинцовая пуля массой 2,58 г, винтовка ТОЗ	желатиновый блок	3	280,2	269,0	101,1	8,5	26,9
5,6 мм укороченная свинцовая пуля массой 0,9 г, винтовка ТОЗ	желатиновый блок	3	248,1	202,3	27,7	9,2	31,6
5,6 мм укороченная свинцовая пуля массой 1,6 г, винтовка ТОЗ	желатиновый блок	3	391,6	336,6	120,9	33,2	92,0
	бедро кролика	3	380,7	326,9	114,3	30,0	70,5
7,62 мм образца 1943 г., массой 7,9 г, АКМ	желатиновый блок	14	726,2	713,3	2081,9	74,2	732,4
	желатиновый блок	3	735,4	733,1	2136,2	11,0	100,3
	бедро кролика	3	721,1	717,2	2053,9	22,5	81,8

лабораторных условиях были проведены специальные исследования, принятые в раневой баллистике.

Объектом для исследования морфогенеза огнестрельной раны были выбраны мышцы бедра кролика. Выбор мышечных тканей бедра животного в качестве места для нанесения типовой огнестрельной раны можно считать традиционным. Преимущества этой локализации подчеркивались еще Н.И. Пироговым: «... когда пуля прошла насквозь и в прямом направлении через толщу конечности, не повредив ни кости, ни большого сосуда, ни нерва, то такую рану можно рассматривать как тип, или прообраз всех пулевых ран...» [8].

Целью опытов была идентификация раневой баллистики формирования огнестрельной раны при выстрелах из боевого оружия и винтовки ТОЗ с адаптированной пулей (5,6 мм пуля, m = 1,6 г, с контактной скоростью  $391,6 \pm 7,5$  м/с)

Методом решения задачи являлось определение объема временной пульсирующей полости (ВВП), возникающей в мышцах бедра кролика (длина раневого канала – 3 см), а также объема ВПП в известном имитаторе мягких тканей – 20% желатине. Размеры желатиновых блоков (ЖБ) соответствовали размерам бедра кролика по длине раневого канала – 3 см. Объем ВПП определяли с помощью импульсной рентгенографии [5]. Кроме того, определялась скорость пули на выходе из объекта (остаточная скорость Vr, м/с), кинетическая энергия пули при контакте с объектом (Ec, Дж), потеря кинетической энергии на пробитие мышц кролика и ЖБ (ΔE, Дж).

Данные, полученные при стрельбе 5,6 мм свинцовой пулей по кроликам и ЖБ, сопоставлялись с результатами стрельбы 7,62 мм пулей штатного патрона образца 1943 г. к автомату АКМ по «стандартным» желатиновым блокам толщиной 14 см (по данным R.Berlin, L.Gelin et al. (1976) эта толщина соответствует средней длине раневых каналов в теле человека) и желатиновым блокам, толщиной 3 см.

Из данных, приведенных в табл.2, следует, что 5,6 мм свинцовая пуля массой 1,6 г по сравнению со штатной свинцовой пулей к винтовке ТОЗ и предложенной В.Л. Поповым и В.В. Колкутиным пулей массой 0,9 г наиболее эффективно реализует свою кинетическую энергию, образуя наибольшую по объему ВПП и отда-

вая в ткани и желатин около 30% начальной энергии.

Приведенные данные позволяют заключить, что на весьма коротком пути в тканях бедра кролика 5,6 мм пуля массой 1,6 г способна воспроизвести по баллистическим показателям ранения 7,62 мм пулей обр. 1943 г. на средних боевых дальностях стрельбы. Анализ импульсных рентгенограмм показывает, что в мышечных тканях бедра кролика при прохождении 5,6 мм свинцовой пули массой 1,6 г образуется типичная для пулевых ранений временная пульсирующая полость.

**Вывод.** Для моделирования огнестрельных ранений на мелких лабораторных животных оптимальным является применение 5,6 мм пули массой 1,6 г для малокалиберной спортивной винтовки.

#### Литература

- Исмаилова, Н. С. Сравнительный морфологический анализ мышечной ткани, поврежденной огнестрельными снарядами с различной скоростью полета: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.23 / Н. С. Исмаилова; Моск. мед. акад. им. И. М. Сеченова. – М., 2000. – 18 с.
- Каллистов, Д. Б. Лечение боевых повреждений мягких тканей конечностей с использованием микроволнового излучения: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.27 / Д. Б. Каллистов; ВМедА. – СПб., 2000. – 21 с.
- Кудашев, С. Г. Экспериментальное обоснование нового способа профилактики хирургической инфекции огнестрельных ран: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.27 / С. Г. Кудашев; Оренбургская гос. мед. академия. – Оренбург, 2000. – 25 с.
- Колкутин, В. В. Моделирование огнестрельных повреждений с использованием биологических и небиологических имитаторов (экспериментальное исследование): автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.24 / В. В. Колкутин; ВМедА. – СПб., 1996. – 40 с.
- Озерецковский, Л. Б. Раневая баллистика / Л. Б. Озерецковский, Е. К. Гуманенко, В. В. Бояринцев. – СПб., 2006. – 374 с.
- Ольшанский, А. В. Морфологические изменения в зонах огнестрельной раны мягких тканей бедра и методы их коррекции: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.27 / А. В. Ольшанский; ВМедА. – СПб., 2003. – 24 с.
- Отчет о научно-исследовательской работе по теме №92-95/п5 «Разработка и обоснование стандартной модели огнестрельной раны», ВМедА. – СПб. – 1995. – 58 с.
- Пирогов, Н. И. Начала общей военно-полевой хирургии / Н. И. Пирогов. – М.: Медгиз, 1941 – Ч.1. – 338 с.
- Попов, В. Л. Моделирование в эксперименте временной пульсирующей полости / В. Л. Попов, В. В. Колкутин // Международные медицинские обзоры. – 1993. – № 1. – С.56–60.
- Sellier, K. Wundballistik / K. Sellier, B. Kneubuehl. – Berlin, 1992. – 368 s.

Поступила 6.11.2012 г.