

одежду, изготовленную из плотной камуфлированной ткани, в том числе и многослойной. Установлено, что гидродинамическое действие снаряда наблюдается при условии обретения им кинетической энергии в пределах 20–25 Дж, которую обеспечивает только сверхмощное пневматическое оружие.

Summary

Experimental study using a low-power air rifle MP-512 and heavy-duty air rifle Diana 350 Magnum first proved the ability of air weapon ammunition to cause the hydrodynamic effect at shots from a distance of up to 10 m both into isolated tissue simulators and hollow human organs, and through clothing made of dense camouflaged fabrics, including multilayer. It was established that the hydrodynamic effect is observed when the projectile gaining kinetic energy within 20–25 J, which is provided by super-powerful air guns only.

УДК 612.12-001.45:340.624

**А.В. Михайленко, канд. мед. наук,
зав. отделением**

*Киевское городское клиническое бюро
судебно-медицинской экспертизы*

ПРИЗНАКИ, УКАЗЫВАЮЩИЕ НА НАПРАВЛЕНИЕ ВРАЩЕНИЯ ОГНЕСТРЕЛЬНОГО СНАРЯДА

Проведено математическое моделирование формирования повреждения плоской кости от действия пули к патрону 9x18 мм методом конечно-элементного анализа (англ. Finite Element Analysis, FEA). Изучена топография силовых напряжений в модели кости при контактном взаимодействии ее с огнестрельным снарядом. Установлено, что морфологические признаки в огнестрельных переломах плоских костей совпадают по своей топографии и степени выраженности с отдельными элементами полей силовых напряжений в математической модели.

Проблема огнестрельных ранений человека интересовала и продолжает интересовать на сегодняшний день врачей многих специальностей: хирургов, нейрохирургов, травматологов и судебных медиков. Большое количество работ судебных медиков посвящено изучению морфологических особенностей огнестрельных повреждений различных тканей человека, частей тела. Описано значительное количество признаков, морфологических особенностей повреждений, позволяющих установить дистанцию и расстояние выстрела, кратность и последовательность ранений, направление выстрела. Изучены и широко освещены особенности повреждений, которые причинены различными видами огнестрельного оружия и различными видами боеприпасов к ним [1–4].

Однако в литературе данных, указывающих на возможность по морфологии повреждений определить направление ротационного движения пули (при выстреле из оружия с правыми либо с левыми нарезами канала ствола), нами не выявлено. Это и обусловило цель нашего поиска.

Задачами исследования явились:

1. Проведение моделирования огнестрельной травмы методом конечно-элементного анализа (англ. *Finite Element Analysis, FEA*). Изучение топографии напряжений и деформаций в модели кости.

2. Изучение на экспертном материале морфологических свойств огнестрельных дырчатых переломов, причиненных выстрелами из пистолетов с различным направлением нарезов в канале ствола.

Методы исследования. В работе применялись визуальный, стереоскопический, сравнительный методы исследования. Моделирование взаимодействия огнестрельного снаряда и плоской кости выполнено в среде Autodesk Inventor Professional 2012 (зарегистрированная лицензионная версия для преподавателей). Для оценки механики разрушения плоской кости нами использованы данные теоретической механики.

I этап. Математическое моделирование.

В трехмерном виртуальном пространстве созданы две модели. Модель плоской кости выполнена в виде плоской пластины с длиной граней 100 мм, толщиной 5 мм. Прочностные характеристики: плотность кости $1,02 \text{ г/см}^3$ и коэффициент Пуассона 0,2, Модуль Юнга $1,38 \cdot 10^3 \text{ кг/мм}^2$ [4], огнестрельный снаряд выполнен в соответствии с оригинальными размерами пули к патрону $9 \times 18 \text{ мм}$. Прочностные характеристики металлов взяты из внутренней библиотеки Inventor Professional.

При постановке программных условий модели снаряда обеспечивалась возможность смещаться вдоль оси Z на 100 мм, относительно других осей смещение было равно 0 (оси Y, X). Модель кости жестко фиксировалась по боковым граням (то есть, допустимое смещение по любой оси было равно 0). Снаряд контактировал вершиной полусферической поверхности, причем угол между плоскостью пластины и осью пули составлял 90° . К донной части пули прикладывалась нагрузка в виде давления 1 мПа (что обеспечивало равномерное распределение нагрузки по всей грани и соответствует нагрузке при выстреле из пистолета), к телу пули прикладывалась нагрузка в виде крутящего момента равная 1000 Н·м.

Результат моделирования напряжений (оценка по Мизесу) и деформаций представлен в виде участков изменения цвета исследуемой физической системы, которые и есть поля силовых напряжений. Цветовая шкала отображает рост величины напряжений. Так, синий цвет указывает на отсутствие напряжений, а зона красного цвета — это зона максимальных (“критических”) силовых напряжений, при достижении которых будет происходить разрушение материала.

В результате проведенного моделирования получены данные, указывающие на неравномерность силовых напряжений по краям места внедрения снаряда в пластину. Изополя напряжений имели лучистость, которая была обусловлена наличием радиальных элементов со значительно меньшим силовым напряжением, а периферический край изополей приобретал вид последовательно расположенных дуг, которые распространялись в направлении вращения снаряда, но были открыты в направлении, противоположном ему. Начальный конец дуг, который отходил под углом близким к прямоугольному от радиальных элементов с меньшим силовым напряжением и располагался дальше от центра повреждения пластины по отношению к концевому отделу дуги, что при последовательном расположении придавало “ступенчатый” вид самому краю изополей напряжений (рис. 1).

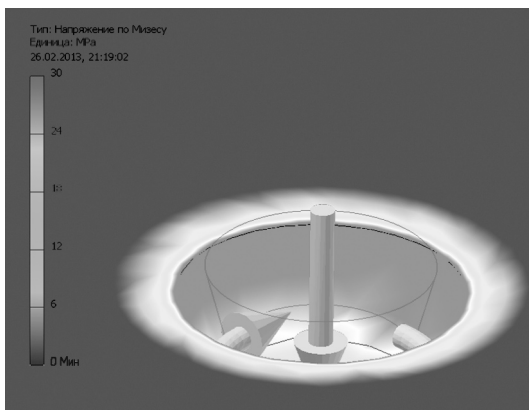


Рис. 1. Напряжения, образующиеся в модели кости при внедрении снаряда (снаряд размечен контурными серыми линиями). Стрелки указывают направление нагружений, приложенных к снаряду

С обратной стороны пластины, в месте выхода снаряда (при пенетрации пластины) отмечены неравномерные поля напряжений в виде аналогичных по форме, но более выраженных в размерах углов, открытых в противоположную сторону от направления вращения снаряда (рис. 2).

Полученные данные показали возможность выявления морфологических особенностей на оригинальных повреждениях.

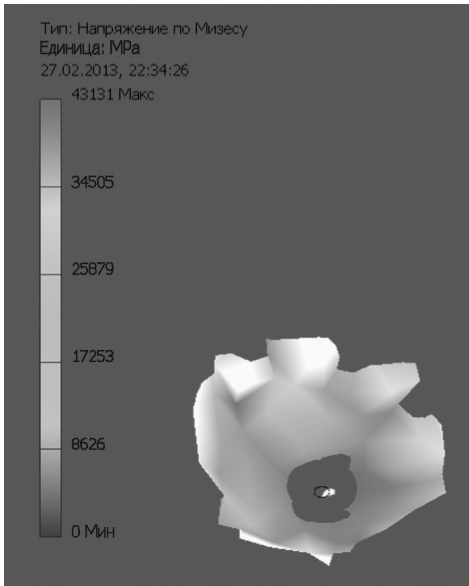


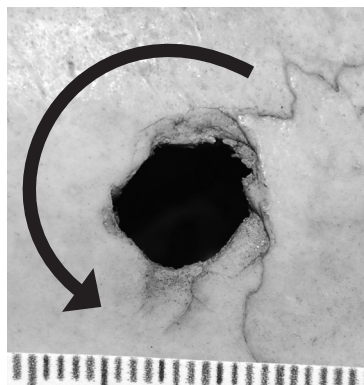
Рис. 2. Напряжения, образующиеся в модели кости “на выходе” снаряда

II этап. Исследование архивных и экспериментальных повреждений.

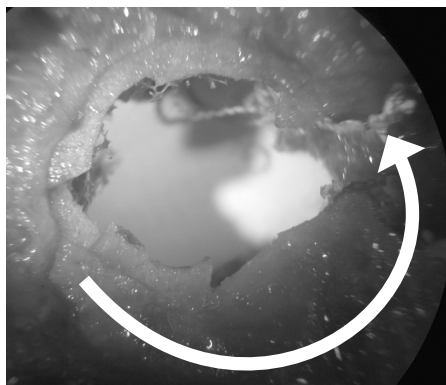
В соответствии с поставленной целью, нами произведено 40 экспериментальных повреждений, по 10 выстрелов из 4 образцов оружия: пистолета “Кольт” М1911, калибр. 45; пистолета-пулемета Томпсона, калибр.45; пистолета “Walther”, калибр 7,65 мм; пистолета “Zuleyka”, калибр 7,65 мм. Выстрелы производились в фрагменты плоских костей, закрепленных на баллистическом пластине под прямым углом. Дистанция выстрела 5 м.

Нами исследовано 18 оригинальных повреждений из архива Киевского городского клинического бюро СМЭ. Отбирались повреждения с заведомо известными данными об оружии, из которого произведены выстрелы, причинившие повреждения костей. В своем большинстве — это образцы использованного оружия под патроны калибра 7,62 мм (Наган) и 9 мм (патроны 9×18 мм и 9×19 мм).

При изучении огнестрельных переломов костей свода черепа выявлено, что как во входном, так и в выходном отверстиях, по краю дефекта костной ткани имеется неравномерно выраженное выкрашивание компактного слоя кости. Входной огнестрельный перелом, имел вид округлой формы дефекта костной ткани, диаметром от 9 до 9,6 мм. В толще кости данный дефект проходит в виде двух частей: первая часть цилиндрическая, занимает примерно 1/3 протяженности канала, а последующие 2/3 имеют вид “параболического” расширения, которое обращено в полость черепа. Со стороны наружной костной пластинки, по краям данного дефекта, имелось неравномерно выраженное выкрашивание, сколы или дефект компактного слоя, шириной до 0,1 см. Эти повреждения на наружной костной пластинке имели форму треугольника, близкого к прямоугольному. Углы открыты против направ-



a



б

Рис. 3. Треугольные краевые дефекты (выстрел из пистолета с нарезами канала ствола имеющие наклон влево): *a* — архивный препарат; *б* — экспериментальное повреждение

ления хода часовой стрелки (влево). Два катета имели различную длину. В повреждениях, сформированных пулей, вращающейся влево, катет треугольника, обращенный в сторону вращения пули, был более длинный (в 1,5–2 и более раза) (рис. 3*a*). Нередко длинный катет в выделенном нами диагностическом признаке имел выпуклую дугообразную форму (рис. 3*б*).

Повреждения, сформированные пулей, выстреленной из ствола, имеющего правые нарезы, имели аналогичную морфологию, но противоположное направление распространения сколов, т.е. длинный катет был направлен в сторону вращения пули (рис. 4).

Со стороны внутренней костной пластинки указанные огнестрельные переломы имели также округлую форму, скол компактного слоя был более значителен и его диаметр составлял 13–17 мм из-за неравномерности сколов. Преимущественная протяженность скола компакты по окружности перелома имела относительно ровный и практически равномерный вид,

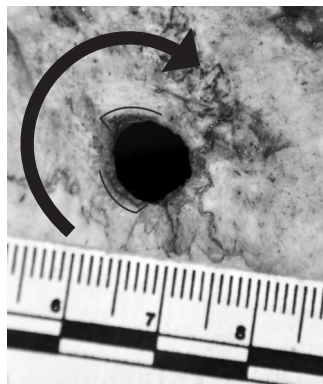


Рис. 4. Треугольные краевые дефекты (выстрел из пистолета с нарезами канала ствола, имеющими наклон вправо)

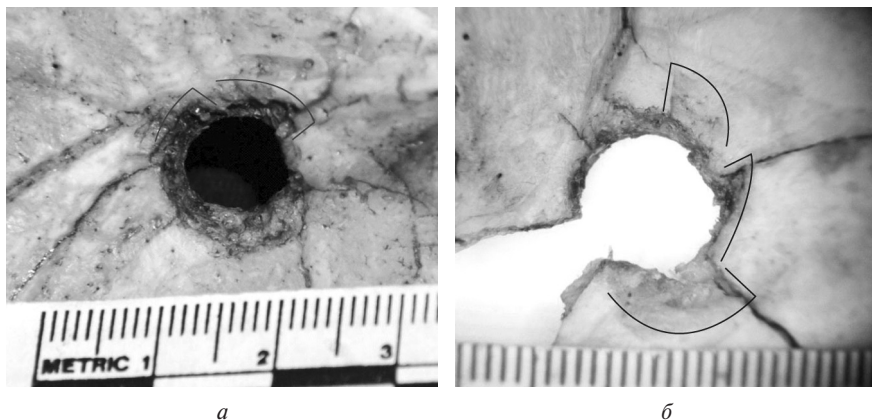


Рис. 5. Сколы внутренней костной пластинки по краю огнестрельного дефекта, образованные при выстреле из пистолета с правым (а) и левым (б) наклонами нарезов канала ствола

занимая при этом примерно $1/2$ – $2/3$ окружности, а на остальном протяжении были обнаружены сколы компактного слоя, которые имели треугольную форму, что формировало неровный и зубчатый вид края повреждения. Ширина скола внутренней костной пластинки, также, как и наружной, была неравномерно выражена, преимущественно 1–4 мм, а ширина отдельных сколов компактного вещества кости распространялась до 5–7 мм. Морфология сколов, указывающих на направление огнестрельного снаряда со стороны внутренней костной пластинки, была более выраженной за счет объема сколов (что характерно для выходных огнестрельных повреждений) (рис. 5).

В настоящее время нами проводятся дальнейшие исследования по объяснению механизма образования выявленных признаков и поиск признаков, позволяющих определить направления ротации огнестрельного снаряда на повреждениях кожного покрова, трубчатых костях и ткани.

Список использованной литературы

1. *Попов В.Л.* Судебно-медицинская баллистика / В.Л. Попов, В.Б. Шигеев, Л.Е. Кузнецов. — СПб.: Гиппократ, 2002. — С. 6–18.
2. *Полищук Н.Е.* Огнестрельные ранения головы / Н.Е. Полищук, В.И. Старча. — К., 1996. — С 15–21.
3. *Пиголкин Ю.И.* Огнестрельные переломы плоских костей / Ю.И. Пиголкин, И.А. Дубровин, И.А. Дубровина. — М.: МИА, 2009. — С.10–12.

4. *Шадымов А.Б.* Особенности формирования огнестрельного входного пулевого повреждения костей свода черепа при выстрелах из некоторых видов нарезного оружия: автореф. дис. ... канд. мед. наук / А.Б. Шадымов . — М., 1988.

Резюме

Проведено математичне моделювання формування пошкодження пласкої кістки від дії кулі до патрону 9×18 мм методом кінцево-елементного аналізу (англ. Finite Element Analysis, FEA). Вивчена топографія силових напруг у моделі кістки. Встановлено, що морфологічні ознаки в вогнепальних переломах пласких кісток співпадають за своєю топографією і ступенем вираженості з окремими елементами полів силових напруг в математичній моделі.

Summary

Mathematical modeling of formation damage of flat bones from bullets to cartridge 9×18 mm method of finite element analysis (FEA). Topography of power voltage is studied in a model bone. Found that the morphological characteristics in flat bones fractures, gunshot match on its topography and severity on individual elements in the fields of power voltages in the mathematical model.

УДК 340.624.3

В.В. Сапелкін, зав. відділу

Харківське обласне бюро судово-медичної експертизи

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ ІМІТАТОРА БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ВОГНЕПАЛЬНИХ ПОРАНЕНЬ, СПРИЧИНЕНИХ КУЛЯМИ ПАТРОНА ТРАВМАТИЧНОЇ ДІЇ “ТЕРЕН-12П”

Надані відомості щодо імітаторів біологічних тканин, які застосовуються у практиці судово-медичної та раневої балістики при дослідженні вогнепальних поранень, спричинених різними видами кінетичних снарядів. Проведено аналіз їх параметрів з метою визначення оптимального зразка для дослідження уражаючих властивостей крупнокаліберних куль травматичної дії.

Дослідження вогнепальних поранень таких біологічних об'єктів, як людина чи тварина, що були спричинені різними видами кінетичних снарядів, являється основною метою судово-медичної та раневої балістики. Судово-медична балістика є складовою частиною судово-медичної травматології і займається вивченням закономірностей і механізмів утворення вогнепальних, пневмострільних та інших видів поранень, спричинених кінетичними снарядами, за допомогою методів, оснований на принципах судово-медичної оцінки отриманих результатів. Ранева балістика є основною складовою загального вчення