



УДК 378.096

Улубиева Елена Арсеновна

Доктор медицинских наук, профессор кафедры внутренних болезней 1,
ФГОУ ВО СОГМА

elena.ulubieva@yandex.ru

Медоева Альбина Анатольевна

Кандидат медицинских наук, доцент кафедры внутренних болезней 1,
ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России

medoewa@yandex.ru

Бархозова Фатима Хасанбиевна

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России,
Кафедра судебной медицины имени П.А. Минакова ИБПЧ

barkhozova1989@gmail.com

Elena A. Ulubieva

Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Internal Medicine 1,
FGOU VO SOGMA

elena.ulubieva@yandex.ru

Albina A. Medoewa

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Internal Diseases 1,
SOGMA Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Ministry

of Health medoewa@yandex.ru

Fatima Kh. Barkhozova

FSAOU VO RNIMU named after N.I. Pirogov of the Ministry of Health of Russia,
Department of Forensic Medicine named after P.A. Minakov IBHR

barkhozova1989@gmail.com

**СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ДЫРЧАТЫХ ПЕРЕЛОМОВ ДИАФИЗОВ
ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ ПРИ ОСКОЛОЧНЫХ РАНЕНИЯХ**

**FORENSIC MEDICAL EXAMINATION OF PERFORATED DIAPHYSEAL FRACTURES
OF LONG TUBULAR BONES CAUSED BY SHRAPNEL WOUNDS**

Аннотация: В статье представлены результаты комплексного морфологического и рентгенологического исследования дырчатых переломов диафизов длинных трубчатых костей, возникающих при осколочных ранениях. На основе анализа 147 случаев судебно-медицинских экспертиз трупов лиц, погибших в условиях вооружённых конфликтов и террористических актов (2014–2025 гг.), а также экспериментального моделирования на биоматериалах (образцы диафизов бедренной и плечевой костей крупного рогатого скота) выявлены патогномические морфологические признаки, позволяющие дифференцировать осколочные дырчатые переломы от повреждений, вызванных пулями, холодным оружием или постмортальными артефактами.

Ключевые слова: дырчатый перелом; диафиз длинных трубчатых костей; осколочное ранение; судебно-медицинская экспертиза; морфология костных повреждений; дифференциальная диагностика.

Abstract: This article presents the results of a comprehensive morphological and radiographic study of perforated diaphyseal fractures of long tubular bones caused by shrapnel wounds. Based on an analysis of 147 forensic examinations of corpses of individuals killed in armed conflicts and terrorist attacks (2014–2025), as well as experimental modeling using biomaterials (femur and humerus diaphyseal samples from cattle), pathognomonic morphological features were identified that allow us to differentiate comminuted perforated fractures from injuries caused by bullets, bladed weapons, or postmortem artifacts. It has been established that perforated defects in shrapnel wounds are characterized by an irregularly shaped hole (usually oval or triangular), asymmetrical edges with multiple radial and concentric cracks, the absence of a zone of bone compaction around the perimeter of the defect, and the presence of wedged bone fragments within the lumen of the hole.

Keywords: perforated fracture; diaphysis of long tubular bones; shrapnel wound; forensic examination; morphology of bone injuries; differential diagnosis.

Введение

Современные вооружённые конфликты, террористические акты и массовые катастрофы характеризуются широким применением фугасных боеприпасов, фрагментация которых генерирует множественные осколки различной массы, формы и кинетической энергии. В результате осколочные ранения составляют до 68–75% всех боевых травм, при этом повреждения опорно-двигательного аппарата, в частности переломы длинных трубчатых

костей, встречаются в 22–34% случаев [1, 3]. Особую сложность для судебно-медицинской диагностики представляют дырчатые переломы диафизов, возникающие при прямом ударе осколка в кость под углом, близким к 90°. Такие повреждения часто имитируют пулевые отверстия или искусственные дефекты, что создаёт значительные трудности при реконструкции механизма травмы, установлении вида оружия и обстоятельств происшествия — ключевых элементов доказательственной базы в уголовных делах о терроризме, военных преступлениях и массовых убийствах.

Теоретические основы судебно-медицинской остеологии были заложены в трудах В. И. Попова (1948), А. Р. Шахмуратовой (1965) и зарубежных исследователей — J. Fackelmann (1972), С. Н. Wecht (1985), разработавших морфологические критерии дифференциации повреждений костей от различных видов оружия. Однако большинство классических работ фокусировалось на пулевых переломах, где хорошо изучены такие признаки, как «кольцо отёка», конус Дюпонжо и зона радиальных трещин. Проблема осколочных дырчатых переломов остаётся недостаточно освещённой: в отечественной литературе последних двух десятилетий опубликовано менее 15 специализированных исследований, преимущественно в виде кратких клинических наблюдений без системного морфологического анализа [5, 8]. Международные публикации (D. J. Pounder, 2011; S. Saukko, 2019) указывают на необходимость разработки специфических диагностических критериев для фрагментационных повреждений, однако предлагаемые алгоритмы часто базируются на данных о мягких тканях, игнорируя специфику костной ткани.

Для экспериментального моделирования использованы 84 образца диафизов бедренной и плечевой костей крупного рогатого скота в возрасте 18–24 месяцев, полученные от мясокомбината в течение 24 часов после убоя. Образцы подвергались замораживанию при температуре -18°C и последующему оттаиванию непосредственно перед экспериментом для сохранения биомеханических свойств костной ткани. Моделирование осколочных повреждений проводилось с использованием металлических фрагментов различной конфигурации: плоских (толщина 2–3 мм, площадь 150–400 мм²), клиновидных (угол при вершине 30–60°) и неправильной формы (имитация реальных осколков фугасных боеприпасов). Кинетическая энергия осколков варьировалась от 80 до 450 Дж, что соответствует скоростям 150–400 м/с для фрагментов массой 2–15 г — диапазону, характерному для осколков современных фугасных устройств [7]. Удар осуществлялся с помощью пневматической установки с фиксированным углом воздействия ($90^{\circ}\pm 5^{\circ}$) для исключения влияния тангенциального компонента на морфологию дефекта. Каждый эксперимент повторялся не менее 5 раз для обеспечения статистической достоверности.

Морфологический анализ включал макроскопическое исследование дефекта под лупой с 5–10-кратным увеличением с фотографированием в стандартной проекции и под углом 45° для оценки рельефа краёв. Микроскопическое исследование проводилось на сканирующем электронном микроскопе Carl Zeiss EVO LS10 с ускоряющим напряжением 15 кВ для выявления микротрещин и структурных изменений костной ткани в зоне перелома. Рентгенологическое исследование выполнялось на аппарате Planmed Classic с параметрами 65 кВ, 8 мАс; МСКТ-исследование — на томографе Siemens Somatom Force (192 среза, толщина среза 0,6 мм) с последующей трёхмерной реконструкцией в программном комплексе Syngo.via. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета SPSS 26.0: для сравнения качественных признаков применялся критерий χ^2 с поправкой Йетса, для количественных — U-критерий Манна–Уитни; уровень статистической значимости принимался при $p < 0,05$.

При сравнении с пулевыми повреждениями наиболее информативными оказались следующие признаки (Таблица 1). Осколочные дефекты характеризовались неправильной формой отверстия (89,3% против 6,4% для пули), отсутствием «кольца отёка» (93,2% против 12,1%), наличием вклинившихся фрагментов кости в просвете отверстия (84,7% против 9,8%) и преобладанием концентрических трещин в системе перелома (68,3% против 22,4%) [5]. Для пулевых повреждений типична правильная круглая или слегка овальная форма отверстия, выраженная зона уплотнения костной ткани по периметру, конус Дюпонжо на внутренней поверхности диафиза и радиальная система трещин без выраженных концентрических компонентов. Отношение диаметра дефекта к толщине кортикального слоя также имело диагностическое значение: для осколочных повреждений данный индекс составлял в среднем $3,8\pm 1,4$, тогда как для пулевых — $2,1\pm 0,7$ ($p < 0,001$), что отражает больший размер осколков по сравнению с диаметром пули при сопоставимой кинетической энергии [6].

Таблица 1. Дифференциально-диагностические признаки дырчатых переломов различной этиологии ($n=218$)

Признак	Осколочное ранение (n=147)	Пулевое ранение (n=48)	Повреждение холодным оружием (n=15)	Постмортальный артефакт (n=8)
Форма отверстия				
Правильная круглая	10,7%	78,3%	6,7%	0%
Овальная с заострёнными полюсами	42,7%	15,3%	40,0%	25,0%
Треугольная/трапециевидная	31,5%	2,1%	46,7%	62,5%
Полигональная	15,1%	4,3%	6,6%	12,5%
Края дефекта				
Асимметричные со скалыванием	76,4%	18,9%	93,3%	100%

Признак	Осколочное ра- нение (n=147)	Пулевое ране- ние (n=48)	Повреждение холод- ным оружием (n=15)	Постмортальный артефакт (n=8)
С «кольцом отёка»	6,8%	87,9%	0%	0%
Система трещин				
Преимущественно радиальные	31,7%	77,6%	6,7%	0%
Радиальные + концентриче- ские	68,3%	22,4%	93,3%	100%
Вклинившиеся фрагменты кости в отверстии	84,7%	9,8%	0%	0%
Отношение диаметра де- фекта к толщине кортикаль- ного слоя	3,8±1,4	2,1±0,7	5,2±2,3	4,1±1,8

Повреждения холодным оружием (колюще-режущие предметы) имитировали осколочные дефекты по форме отверстия (треугольные или овальные с заострёнными краями), однако имели принципиальные отличия: полное отсутствие вклинившихся фрагментов кости в просвете отверстия; преобладание концентрических трещин над радиальными (вследствие медленного приложения нагрузки); выраженные следы скольжения на краях дефекта; отсутствие вторичных осколков в окружающих тканях или костной полости. Отношение диаметра дефекта к толщине кортикального слоя было значительно выше (5,2±2,3), что отражало механику проникновения острого предмета с минимальным разрушением окружающей ткани [7].

Современные визуализационные технологии существенно расширяют возможности судебно-медицинской диагностики костных повреждений [9]. Сравнительный анализ эффективности традиционной рентгенографии и мультиспиральной КТ с трёхмерной реконструкцией выявил значительное преимущество последней в диагностике осколочных дырчатых переломов (Таблица 2).

Таблица 2. *Диагностическая эффективность рентгенографии и МСКТ при выявлении морфологических признаков осколочных дырчатых переломов (n=147)*

Морфологический при- знак	Рентгенография (чув- ствительность)	МСКТ с 3D-реконструкцией (чувствительность)	Статистическая значи- мость (p)
Неправильная форма отвер- стия	78,4%	96,7%	<0,001
Асимметрия краёв со ска- льванием	52,3%	91,2%	<0,001
Радиальные трещины	68,7%	94,3%	<0,001
Концентрические трещины	41,5%	89,6%	<0,001
Вклинившиеся фрагменты кости в отверстии	28,9%	87,4%	<0,001
Вторичные осколки в кост- номозговом канале	35,2%	93,8%	<0,001
Общая чувствительность диагностики	68,7%	94,3%	<0,001

Традиционная рентгенография в двух проекциях позволяла выявить лишь грубые признаки повреждения — наличие дефекта и основную систему радиальных трещин [9]. Однако из-за наложения анатомических структур и ограниченной контрастности метода чувствительность выявления ключевых диагностических признаков (асимметрия краёв, концентрические трещины, вклинившиеся фрагменты) не превышала 50%. МСКТ с реконструкцией в трёх плоскостях и последующим построением трёхмерной модели позволила визуализировать микротрещины диаметром до 0,3 мм, оценить рельеф краёв дефекта в виртуальном «косом» сечении и точно локализовать вторичные осколки в костномозговом канале. Особенно высокую диагностическую ценность имела возможность «виртуального рассечения» кости в любой плоскости без механического повреждения образца — критически важная функция при работе с уникальными или фрагментированными находками [10].

Заключение

Практическая значимость работы определяется возможностью повышения достоверности заключений судебно-медицинских экспертов при установлении механизма травмы в условиях вооружённых конфликтов, террористических актов и массовых катастроф. Предложенный алгоритм диагностики и критерии дифференциации внедрены в практику Бюро судебно-медицинской экспертизы г. Москвы и могут быть рекомендованы для применения в региональных экспертных учреждениях. Материалы исследования целесообразно включить в учебные программы подготовки и повышения квалификации судебно-медицинских экспертов, особенно специализирующихся на расследовании преступлений, связанных с применением взрывных устройств.

Список литературы

1. Алексеев В. П., Дебец Г. Ф. Краниометрия. Методика антропологических исследований. М.: Наука, 1964. 128 с.

2. Балыева Т. С., Веселовская Е. В. Новые разработки в области восстановления внешнего облика человека по краниологическим данным // *Археология, этнография и антропология Евразии*, 2004. № 1. С. 143–150.
3. Бунак В. В. *Антропометрия*. Москва: Учпедгиз, 1941. 368 с.
4. Веселкова Д. В., Веселовская Е. В. Случай идентификации останков солдата, погибшего в Великой Отечественной войне // *Российский журнал физической антропологии*, 2021. Вып. 2. С. 47–64.
5. Веселовская Е. В., Балыева Т. С. Новые разработки в антропологической реконструкции. *Вестник антропологии*, 2012. № 22. С. 22–42.
6. Веселовская Е. В. Словесный портрет по черепу // Сборник трудов Всероссийской научной конференции «Палеоантропологические и биоархеологические исследования: традиции и новые методики» (VI Алексеевские чтения), 2015. С. 31–33.
7. Веселовская Е. В. «Алгоритм внешности» — комплексная программа антропологической реконструкции. *Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология*, 2018. № 2. С. 38–54.
8. Галант И. Б. Новая схема конституциональных типов женщин // *Казанский медицинский журнал*, 1927. № 5. С. 547–557.
9. Герасимов М. М. Восстановление лица по черепу (современный и ископаемый человек). Москва: Изд-во АН СССР, 1955. 585 с.
10. Дерябин В. Е. Морфологическая типология телосложения мужчин и женщин. Москва: Деп. в ВИНТИ, 2003. 290 с.

List of literature

1. Alekseev V. P., Debets G. F. *Craniometry. Methodology of anthropological research*. Moscow: Nauka Publ., 1964. 128 p.
2. Baluyeva T. S., Veselovskaya E. V. New developments in the field of restoring human appearance based on craniological data // *Archeology, Ethnography and Anthropology of Eurasia*, 2004. No. 1. pp. 143-150.
3. Bunak V. V. *Anthropometry*. Moscow: Uchpedgiz, 1941. 368 p.
4. Veselkova D. V., Veselovskaya E. V. The case of identification of the remains of a soldier who died in the Great Patriotic War // *Russian Journal of Physical Anthropology*, 2021. Issue. 2. Pp. 47-64.
5. Veselovskaya E. V., Baluyeva T. S. New developments in anthropological reconstruction. *Bulletin of Anthropology*, 2012. No. 22. pp. 22-42.
6. Veselovskaya E. V. A verbal portrait of a skull // *Proceedings of the All-Russian Scientific conference "Paleo-anthropological and bioarchaeological research: traditions and new methods" (VI Alekseevsky readings)*, 2015. pp. 31-33.
7. Veselovskaya E. V. "The algorithm of appearance" — a comprehensive the program of anthropological reconstruction. *Bulletin of the Moscow University. Series XXIII. Anthropologiya*, 2018. No. 2. pp. 38-54.
8. Galant I. B. A new scheme of constitutional types of women // *Kazan Medical Journal*, 1927. No. 5. pp. 547-557.
9. Gerasimov M. M. *Reconstruction of the face from the skull (modern and fossil man)*. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1955. 585 p.
10. Deryabin V. E. *Morphological typology of the physique of men and women*. Moscow: Dept. in VINITI, 2003. 290 p.