

## Судебно-медицинское определение морфологических особенностей кровоизлияний в мягкие ткани межрёберных промежутков при переломах рёбер

О.О. Фролова<sup>1,2</sup>, А.В. Максимов<sup>1,3</sup>, О.В. Лысенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского, Москва, Россия;

<sup>2</sup> Бюро судебно-медицинской экспертизы, Москва, Россия;

<sup>3</sup> Государственный университет просвещения, Москва, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Практические наблюдения указывают на особенность кровоизлияний при переломах рёбер: нередко в исследуемом клеточном инфильтрате обнаруживаются незрелые клеточные формы. В условиях неочевидности и при необходимости определения давности повреждения такой полиморфно-клеточный инфильтрат может быть ошибочно воспринят как результат посттравматической воспалительной реакции и влиять на оценку давности повреждения.

**Цель исследования** — изучить состав клеточного инфильтрата в зоне кровоизлияния в области переломов рёбер с учётом их морфологических особенностей в случаях различных причин смерти у пострадавших в различные периоды после получения травмы.

**Материалы и методы.** Проведён ретроспективный анализ случаев и анализ собственных наблюдений летальных исходов у лиц разных возрастных и гендерных групп с разными причинами смерти, но имеющих анамнестические данные о повреждениях грудной клетки, в том числе изолированную травму грудной клетки, направленных на судебно-гистологическое исследование. Исследуемая выборка была разделена на основные группы исследования по условно установленным временным промежуткам, опирающимся на анамнестические данные из кратких обстоятельств дела, указанных в направительных документах («умершие на месте происшествия»; «повреждения грудной клетки в результате проведения реанимационных мероприятий»; «пострадавшие, прожившие до 6 часов»; «пострадавшие, прожившие до 12 часов»; «пострадавшие, прожившие до 24 часов»). Для сравнения подобраны случаи судебно-медицинской (гистологической) экспертизы при травмах с переломом костей таза, переломом костей черепа, кровоизлияниями в мягких тканях при колото-резаных повреждениях грудной клетки. В выборку для сравнения вошли также случаи смертельных исходов лиц обоего пола, разных возрастных групп, различных причин смерти в разные периоды после получения травмы, из которых сформированы подгруппы, аналогичные основному исследованию.

**Результаты.** Установлено, что у умерших на месте происшествия в наибольшем числе случаев в кровоизлияниях в мягких тканях межреберья обнаруживаются незрелые клеточные формы с постепенной их убылью с течением времени. Морфологическое изучение и анализ кровоизлияний в мягкие ткани во всех группах сравнения показали отсутствие незрелых клеточных форм в травматических кровоизлияниях другой локализации.

**Заключение.** Незрелые клеточные формы в полиморфно-клеточном инфильтрате, в кровоизлияниях в мягких тканях из области межреберья не являются реактивным посттравматическим процессом и, соответственно, не могут использоваться для

оценки давности травмы. Доказано, что сохранение незрелых клеточных форм в зоне кровоизлияния в течение времени изменяется с их постепенной убылью к 12 часам.

**Ключевые слова:** травма грудной клетки; кровоизлияния; клетки костного мозга.

**Как цитировать:**

Фролова О.О., Максимов А.В., Лысенко О.В. Судебно-медицинское определение морфологических особенностей кровоизлияний в мягкие ткани межрёберных промежутков при переломах рёбер // Судебная медицина. 2024. Т. 10, № 3. С. 000–000. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm16090>

**Рукопись получена:** 13.11.2023 **Рукопись одобрена:** 24.05.2024 **Опубликована online:** 06.09.2024

## Morphological features of hemorrhages in the soft tissues of intercostal spaces in rib fractures

Olga O. Frolova<sup>1,2</sup>, Aleksandr V. Maksimov<sup>1,3</sup>, Oleg V. Lysenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Bureau of Forensic Medical Examination, Moscow, Russia;

<sup>3</sup> State University of Education, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** Practical observations indicate a peculiarity of hemorrhages in rib fractures: immature cellular forms are often found in the studied cellular infiltrate. In conditions of non-obviousness, and when it is necessary to determine the duration, such a polymorphic cellular infiltrate can be mistakenly perceived as the result of a post-traumatic inflammatory reaction, affecting the assessment of the duration of the injury.

**AIM:** To study the composition of the cellular infiltrate in the area of hemorrhage in the area of rib fractures, taking into account their morphological features in cases of various causes of death in victims at different periods after injury.

**MATERIALS AND METHODS:** A retrospective analysis of cases and an analysis of cases of own observations of deaths of persons of different age and gender groups with different causes of death, but with anamnestic data on chest injuries, as well as cases with isolated chest injury, aimed at forensic histological examination, were carried out. The study sample was divided into main study groups according to conditionally established time intervals based on anamnestic data from the brief circumstances of the case indicated in the referral documents ("those who died at the scene"; "chest injuries as a result of resuscitation measures"; "victims who lived up to 6 hours"; "victims who lived up to 12 hours"; "victims who lived up to 24 hours"). For comparison, cases of forensic (histological) examination, injuries with fractured pelvic bones, fractured skull bones, as well as cases of examinations of deceased with hemorrhages in soft tissues with stab wounds of the chest were selected. The comparison sample also included deaths of people of both sexes, different age groups, and various causes of death in different periods after injury. From this sample of cases, subgroups similar to the main study were formed for comparison.

**RESULTS:** As a result of the analysis of cases in the studied groups, the fact was established that in the victims who died at the scene of the incident, in the greatest number of cases, immature cellular forms were found in hemorrhages, in the soft tissues of the intercostal space with their gradual decrease over time. Morphological study and analysis

of hemorrhages into soft tissues in all comparison groups showed the absence of immature cellular forms in traumatic hemorrhages of other locations.

**CONCLUSION:** It has been established that immature cellular forms in the polymorphic cellular infiltrate, in hemorrhages, in soft tissues from the intercostal space are not a reactive post-traumatic process and cannot be used to estimate the time and determine the duration (survivability) of the injury. It has been proven that the preservation of immature cellular forms in the hemorrhage area changes over time with their gradual decrease by 12 hours.

**Keywords:** chest trauma; hemorrhages; bone marrow cells.

**To cite this article:**

Frolova OO, Maksimov AV, Kulikova NA. Morphological features of hemorrhages in the soft tissues of intercostal spaces in rib fractures. *Russian Journal of Forensic Medicine.* 2024;10(3):000–000. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm16090>

**Submitted:** 13.11.2023 **Accepted:** 24.05.2024 **Published online:** 06.09.2024

Accepted for publication

## ОБОСНОВАНИЕ

Тупая травма грудной клетки составляет значительную долю в общей структуре смертности населения, является серьёзным медицинским состоянием и зачастую сопровождается повреждением жизненно важных внутренних органов, сосудов различного калибра, а также костно-мышечной системы [1]. Эта травма может возникнуть в результате автокатастроф, падений, спортивных травм, не исключены также ситуации травматизации скелетно-мышечной системы грудной клетки при оказании помощи пострадавшему, например, при проведении сердечно-лёгочной реанимации. Включение таких данных в структуру смертности населения является важным аспектом в оценке общественного здоровья и безопасности [2].

Механическое повреждение сопровождается кровоизлияниями различной распространённости и разной локализации, при этом местоположение кровоизлияний может влиять на характер течения реактивных процессов в случаях их переживаемости. Этот феномен обусловлен многочисленными факторами: плотностью и характером тканей, особенностью кровоснабжения, спецификой клеточного состава в данной области [3–5]. Кроме того, характер течения реактивных процессов в кровоизлияниях зависит от факторов окружающей обстановки, физического состояния пострадавшего, временных периодов (до, в момент и после получения повреждения), а также наличия острых и хронических состояний и заболеваний у пострадавшего на момент травмирования [6].

Общеизвестным фактом является развитие в травматических кровоизлияниях реактивного процесса в виде клеточных реакций [7], при этом характер клеточного инфильтрата меняется в зависимости от времени переживаемости травмы. Практический опыт морфологов, изучавших проблему травмы грудной клетки и определения давности повреждений, отмечали своеобразность морфологической картины травматических кровоизлияний в мягких тканях межреберья в случаях с переломом рёбер.

Кровоизлияния в межреберье, в отличие от травм иной топографии, характеризуются особым полиморфно-клеточным инфильтратом, состоящим из сегментоядерных лейкоцитов, лимфоцитов, и разным количеством незрелых клеточных форм, не встречающихся в клеточном инфильтрате при реактивном процессе в кровоизлияниях другой локализации.

**Цель исследования** — изучить состав клеточного инфильтрата в зоне кровоизлияния в области переломов рёбер с учётом их морфологических особенностей в случаях различных причин смерти у пострадавших в разные периоды после получения травмы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено ретроспективное наблюдательное одноцентровое выборочное контролируемое нерандомизированное исследование.

Проведён анализ судебно-медицинских гистологических экспертиз лиц, умерших от разных причин, у которых при судебно-медицинском исследовании обнаружены травма грудной клетки с наличием переломов рёбер. В качестве случаев сравнения исследовались экспертизы умерших с переломами костей таза, переломами костей черепа, колото-резаными повреждениями грудной клетки.

Временной охват для архивного материала составил 5 лет (с 2016 по 2020 год), для собственных наблюдений — 3 года (2021–2023).

## Критерии соответствия

*Критерии включения:* судебно-медицинский гистологический материал мягких тканей межрёберных промежутков с травматическими кровоизлияниями, которые, по данным из направительных документов, образовались в результате перелома рёбер, независимо от наличия иных повреждений, травм и причины смерти пострадавшего.

*Критерии невключения:* судебно-медицинский гистологический материал мягких тканей с отсутствием кровоизлияний в межрёберные промежутки в зоне перелома ребра.

*Критерии исключения:* судебно-медицинский гистологический материал мягких тканей с кровоизлияниями, где пострадавшие не достигли совершеннолетнего возраста. Случаи исследования мягких тканей с кровоизлияниями, где у пострадавших в анамнестических данных либо при исследовании обнаружены микроскопические признаки лимфопролиферативного заболевания — злокачественного (неопластического) заболевания кроветворной системы.

## Условия проведения

Работа проводилась на базе судебно-гистологического отдела ГБУЗ Московской области «Бюро судебно-медицинской экспертизы».

## Описание медицинского вмешательства

Проведён микроскопический анализ кровоизлияний в мягких тканях межреберья, которые образовались в результате травмы грудной клетки с переломами рёбер, и кровоизлияний в мягких тканях в области перелома черепа, перелома таза, при колото-резаных повреждениях грудной клетки.

Часть исследуемого материала прошла стандартную гистологическую проводку в автоматизированных условиях. Применялись стандартные методики окраски основным и кислым красителями (гематоксилин-эозин), ряд стандартных гистохимических окрасок. Просмотр, изучение, описание и микрофотографии произведены на микроскопе Leica DM4000B. Все полученные данные систематизированы, зарегистрированы.

## Основной исход исследования

Дана качественная морфологическая оценка клеточного инфильтрата кровоизлияний из области переломов рёбер с учётом различных временных периодов после получения травмы и установлен факт, что инфильтрат не является реактивным травматическим процессом и не должен использоваться при определении давности (переживаемости) травмы.

## Анализ в подгруппах

В качестве объектов исследования выступили материалы судебно-гистологического исследования: «Направление на судебно-медицинское гистологическое исследование», «Акт судебно-медицинского гистологического исследования», гистологические блоки/стеклопрепараты от умерших при различных обстоятельствах и разных причин, которые составили основную выборку (128 случаев) и были разделены на условные группы. В исследуемую выборку вошли мягкие ткани межрёберных промежутков из области перелома рёбер от мужчин и женщин возрастом от совершеннолетия до 100 лет.

В качестве объектов исследования групп сравнения выступили материалы судебно-гистологического исследования: «Направление на судебно-медицинское гистологическое исследование», «Акт судебно-медицинского гистологического исследования», гистологические блоки/стеклопрепараты от умерших при различных обстоятельствах и разных причин, у которых при судебно-медицинском

исследовании обнаружены переломы костей таза и костей черепа. Исследовались также экспертизы умерших с колото-резаными повреждениями грудной клетки. Исследование групп сравнения проводилось в условно разделённых группах и подгруппах из числа мужчин и женщин возрастом от совершеннолетия до 100 лет.

#### Методы регистрации исходов

Для регистрации исходов использовалась операционная оболочка Microsoft Windows XP Professional 2010, Excel.

#### Этическая экспертиза

Независимым комитетом по этике принято решение одобрить проведение кандидатской диссертации на тему «Судебно-медицинское определение давности травматических кровоизлияний в мягкие ткани межрёберных промежутков» по специальности: 14.03.05 – «Судебная медицина» на кафедре судебной медицины ФУВ ГБУЗ Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского». Выписка из протокола заседания № 17 от 10.12.2020.

#### Статистический анализ

Размер выборки предварительно не рассчитывался.

Методы статистического анализа данных: IBM SPSS Statistics 26; Microsoft Excel; классические методы статистики: t-критерий Стьюдента; статистически значимыми считали показатели при вероятности ошибки  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

#### Объекты (участники) исследования

В основную выборку исследования вошли случаи с травмой грудной клетки: 128 мужчин и женщин в возрасте от 18 лет, умерших от разных причин, у которых при судебно-медицинском исследовании обнаружены переломы рёбер. Мужчин было 94 (73,44%; средний возраст  $56,5 \pm 15,96$  года, медиана 55 лет), женщин — 34 (26,56%; средний возраст  $56,7 \pm 16,11$  года, медиана 55 лет). В подобранных случаях анализировались морфологические особенности клеточного состава кровоизлияний в мягких тканях межрёберья из зоны перелома рёбер. Исследуемая выборка была разделена на основные группы исследования по условно установленным временным промежуткам, опирающимся на анамнестические данные из кратких обстоятельств дела, указанных в направительных документах («умершие на месте происшествия»; «повреждения грудной клетки в результате проведения реанимационных мероприятий»; «пострадавшие, прожившие до 6 часов»; «пострадавшие, прожившие до 12 часов»; «пострадавшие, прожившие до 24 часов»).

Внутри групп судебно-медицинские диагнозы (по данным направлений на судебно-медицинское гистологическое исследование) различались по причинам смерти (рис. 1):

- насильственная ( $n=110$ ), из них 40 случаев тупой травмы грудной клетки, 49 — сочетанной тупой травмы тела, 8 — закрытой черепно-мозговой травмы с сопутствующим повреждением рёбер, 6 — травм живота, селезёнки, кишки, поясницы с сопутствующим повреждением рёбер, 3 — отравлений неустановленным веществом с сопутствующим повреждением рёбер, 4 — иных формулировок диагнозов насильственной смерти с сопутствующим повреждением рёбер;
- ненасильственная ( $n=18$ ), из них случаи сердечно-сосудистых заболеваний, неврологических заболеваний, хронической алкогольной интоксикации,

алкогольной кардиомиопатии, злокачественных новообразований, при которых проводилась сердечно-лёгочная реанимация, сопровождающаяся переломами рёбер и кровоизлияниями в мягкие ткани межреберья.

Исходя из проанализированных данных, в группах исследовательской выборки преобладают случаи насильственной смерти, а точнее, случаи сочетанной тупой травмы и случаи тупой травмы грудной клетки.

Для сравнения подобраны случаи судебно-медицинской (гистологической) экспертизы травмы с переломом костей таза, переломом костей черепа, а также случаи экспертиз умерших с кровоизлияниями в мягких тканях при колото-резаных повреждениях грудной клетки. В выборку для сравнения вошли также случаи смертельных исходов лиц обоего пола, разных возрастных групп, с разными причинами смерти, в разные периоды после получения травмы. Из данной выборки случаев для сравнения сформированы подгруппы, аналогичные основному исследованию. Исследовано 327 случаев (в каждой подгруппе число исследованных случаев совпадало с числом в аналогичной группе исследования) из числа мужчин и женщин разных возрастных категорий, но не моложе 18 лет. Число исследуемых случаев в сравнительной выборке превышало число исследуемых случаев в 2 раза (рис. 2).

#### Основные результаты исследования

Во всех изучаемых случаях основных групп исследования (A1–A5) обнаружены воспалительные реактивные изменения в кровоизлияниях в мягких тканях межрёберных промежутков, соответствующие примерным временным критериям развития воспалительного процесса, наиболее информативным для определения временного промежутка повреждения. Однако в части случаев состав клеток в кровоизлияниях в мягких тканях межреберий в исследуемых группах характеризовался наличием незрелых клеточных форм (табл. 1; рис. 3, 4).

По результатам микроскопического исследования данных видно, что в 30 случаях незрелые клеточные формы рыхло рассеяны в зоне кровоизлияния, в 5 — преобладали над остальными. В 1 случае немногочисленные незрелые клеточные формы рассеяны перифокально кровоизлиянию, в 1 — в значительном количестве, в 1 — преобладают над остальными как в зоне кровоизлияния, так и перифокально (рис. 5).

По результатам гистологического исследования обнаружены также воспалительные изменения в зоне кровоизлияния и перифокально:

- отёк в зоне кровоизлияния выявлен в 8 случаях, перифокальный отёк — в 62, из них мелкоочаговый — в 8, очаговый — в 32, неравномерный — в 17, распространённый — в 5;
- в 14 случаях отмишляются нити фибрина;
- в 112 случаях обнаружена клеточная инфильтрация в зоне кровоизлияния различной степени выраженности, из них в 66 случаях определяются клетки белой крови и полиморфно-клеточная инфильтрация, в 46 — инфильтрация лейкоцитами;
- в 25 случаях обнаружена воспалительная инфильтрация в перифокальной зоне кровоизлияния различной степени выраженности, из них в 3 — инфильтрация клетками белой крови, в 22 — инфильтрация лейкоцитами;
- в 65 случаях — неравномерный отёк мягких тканей;
- в 101 случае — гипоксические и контрактурные повреждения мышечных волокон;
- в 50 случаях прослеживается набухание стенок сосудов с дискомплексацией клеточных элементов, часть из них с пролиферативной активностью;

- в 16 случаях обнаружены немногочисленные клетки макрофагального ряда;
- в 18 случаях определялись набухание, пролиферация клеток гистиоцитарного ряда.

Тщательное микроскопическое изучение и анализ кровоизлияний в мягких тканях во всех группах и подгруппах сравнения показывают наличие либо отсутствие воспалительных реактивных изменений, соответствующих примерным временным критериям развития воспалительного процесса, известных по литературным данным и наиболее информативных для определения временного промежутка повреждения. Ни в одном случае групп сравнения в кровоизлияниях в мягких тканях из области перелома черепа, костей таза, а также при колото-резанном ранении грудной клетки незрелые клеточные формы не обнаружены.

Результатом гистохимического окрашивания мягких тканей всех исследуемых образцов основных и сравнительных групп были отрицательные реакции.

#### Дополнительные результаты исследования

Дополнительно применяемые гистохимические окраски по Пердсу и Ван-Гизону показали отрицательный результат во всех исследуемых случаях.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Обсуждение основного результата исследования

В результате проведенного анализа случаев в исследуемых группах А1–А5 установлено, что у умерших на месте происшествия и умерших от различных причин, но получивших повреждения грудной клетки в результате проведения реанимационных мероприятий, в наибольшем количестве случаев в кровоизлияниях в мягких тканях межреберья обнаруживаются незрелые клеточные формы с постепенной их убылью с течением времени. Определено, что расположение незрелых клеточных форм в кровоизлияниях носит преимущественно характер рыхлого диффузного распределения в зоне скопления эритроцитов, но также в небольшом проценте случаев может присутствовать в перифокальной зоне и превышать количество иных воспалительно-клеточных элементов. Установлен также факт постепенной убыли незрелых клеточных форм как из зоны кровоизлияния, так и перифокально с течением времени, т.е. у пострадавших, умерших к 12 часам после получения повреждения, незрелые клеточные формы обнаруживаются в единичных случаях.

Из изученной литературы следует, что кроветворение в организме человека происходит исключительно в красном костном мозге, расположенном в основном в пористой ткани ребер и грудины [6, 7]. Кроме того, он также располагается в пористой ткани некоторых других костей, включая череп, позвоночник, короткие кости и эпифизы длинных трубчатых костей, костей таза. Для сравнения представлено микроскопическое изображение поперечных срезов ребра, костей черепа и костей таза (рис. 6–8).

Красный костный мозг, или миелоидная ткань, состоит из соединительной структуры и свободных кровяных клеток на различных стадиях развития [6, 8]. Однако количество клеток, которые могут находиться в костной полости, ограничено, и они должны постоянно покидать её по мере своего формирования и перехода в кровь.

Интересно отметить, что кость и красный костный мозг, несмотря на то, что являются разными органами, их сосудистые сети частично связаны между собой и с окружающими тканями [6, 10]. Артерии поставляют кровь в красный костный мозг через отверстия в плотной ткани кости, и они разветвляются в артериолы,



которые затем переходят в капилляры и синусоиды. Синусоиды представляют собой структуры с широкими и тонкими стенками, через которые кровь собирается и переходит в вены. Синусоиды играют важную роль в обмене веществ в костном мозге и обладают большой площадью поперечного сечения, что часто делает кровоток в них медленным [6, 11]. Однако структура синусоидов обеспечивает свободный обмен между кровеносным и внесосудистым пространством, что позволяет клеткам крови, среди которых могут как встречаться, так и отсутствовать незрелые клеточные формы, свободно перемещаться через поры в эндотелиальных клетках.

Строение и структура микроциркуляторного русла, строение костной ткани, концентрация клеток крови в синусоидах и окружающей ткани создают условия для интенсивного обмена крови и клеток при повреждениях, что может привести к ложным выводам при его исследовании и, таким образом, создать неправильные предпосылки для определения прижизненности и давности исследуемого повреждения.

Микроскопический анализ кровоизлияний в мягкие ткани во всех группах и подгруппах сравнения показал воспалительные реактивные изменения, соответствующие примерным временным критериям развития воспалительного процесса, известным по литературным данным и наиболее информативным для определения временного промежутка повреждения. Ни в одном случае исследовательской выборки групп и подгрупп сравнения в кровоизлияниях в мягких тканях из области перелома черепа, перелома костей таза незрелые клеточные формы не обнаружены.

#### Ограничения исследования

При планировании и проведении исследования для достижения требуемой статистической мощности результатов размер выборки не рассчитывался. В связи с этим полученная в ходе исследования выборка участников не может считаться в достаточной степени репрезентативной, что не позволяет экстраполировать полученные результаты и их интерпретацию на генеральную совокупность аналогичных пациентов за пределами исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Незрелые клеточные формы в кровоизлияниях в мягких тканях, расположенных в зоне переломов рёбер, обнаружены преимущественно у лиц, погибших на месте происшествия. Этот феномен объясняется особенностью локализации: близостью к грудине и особенностями структуры рёбер и их васкулярной системы. Клеточный инфильтрат в кровоизлияниях в мягких тканях в зоне переломов рёбер не представляет собой реактивный травматический процесс, не является диагностическим критерием и не может быть использован для оценки времени, прошедшего с момента травмы до гибели пострадавшего (переживаемости). Доказано сохранение незрелых клеточных форм в кровоизлияниях в мягких тканях из области перелома рёбер в течение времени с их постепенной убылью к 12 часам. Морфологическое изучение и анализ кровоизлияний в мягких тканях во всех группах и подгруппах контроля показали отсутствие незрелых клеточных форм во всех травматических кровоизлияниях другой локализации.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: О.О. Фролова — сбор данных, написание черновика рукописи; Н.А. Куликова — научная редакция рукописи; А.В. Максимов — научная редакция рукописи, рассмотрение и одобрение окончательного варианта рукописи.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. O.O. Frolova — data collection, drafting of the manuscript; N.A. Kulikova — critical revision of the manuscript for important intellectual content; A.V. Maksimov — critical revision of the manuscript for important intellectual content, review and approve the final manuscript.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хаджибаев А.М., Исмаилов Дж.А., Шукуров Б.И., Исаков Ш.Ш. Структура и причины летальности при травмах груди у пострадавших с политравмой // Вестник экстренной медицины. 2011. № 2. С. 84–87.
2. Хорошилова А.С., Землянский Д.Ю. Проблемы судебно-медицинской оценки травматической болезни при политравме // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы: сборник статей / под ред. А.И. Авдеева, И.В. Власюка, А.В. Нестерова. Вып. 19. Хабаровск, 2020. С. 121–126.
3. Спиридонов В.А., Хромова А.М., Александрова Л.Г., и др. Гистологические критерии определения давности повреждения мягких тканей при механической травме. Казань, 2019. 41 с.
4. Фролова О.О., Забозлаев Ф.Г., Клевно В.А. Использование различных методов исследования в судебно-медицинской практике для определения прижизненности и давности образования повреждений: научный обзор // Судебная медицина. 2023. Т. 9, № 2. С. 147–163. EDN: ZMZIGV doi: 10.17816/fm6696
5. Maiese A., Manetti A.C., Iacoponi N., et al. State-of-the-art on wound vitality evaluation: A systematic review // Int J Mol Sci. 2022. Vol. 23, N 13. P. 6881. doi: 10.3390/ijms23136881
6. Фролова И.А., Асмолова Н.Д., Назарова Р.А. Определение давности повреждения мягких тканей при механической травме по морфологическим критериям: информационное письмо. Москва, 2007.
7. Чепурненко М.Н., Чепурненко Д.А. Характеристики реактивных изменений клеток и тканей в раневом процессе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 5. С. 63–67. EDN: GANCIZ
8. Chen J.P., Li R., Jiang J.X., Chen X.D. Autocrine factors produced by mesenchymal stem cells in response to cell-cell contact inhibition have anti-tumor properties // Cells. 2023. Vol. 12, N 17. P. 2150. doi: 10.3390/cells12172150

9. Herrmann M., Jakob F. Bone marrow niches for skeletal progenitor cells and their inhabitants in health and disease // *Curr Stem Cell Res Ther.* 2019. Vol. 14, N 4. P. 305–319. doi: 10.2174/1574888X14666190123161447
10. Solidum J.G., Jeong Y., Heralde F., et al. Differential regulation of skeletal stem/progenitor cells in distinct skeletal compartments // *Front Physiol.* 2023. Vol. 14, P. 1137063. doi: 10.3389/fphys.2023.1137063
11. Atria P.J., Castillo A.B. Skeletal adaptation to mechanical cues during homeostasis and repair: The niche, cells, and molecular signaling // *Front Physiol.* 2023. Vol. 14. P. 1233920. doi: 10.3389/fphys.2023.1233920

## REFERENCES

1. Khadjibaev AM, Ismailov DA, Shukurov BI, Isakov ShSh. Structure and the lethality reasons at traumas of a breast at polytrauma patients. *Bulletin Emergency Med.* 2011;(2):84–87.
2. Khoroshilova AS, Zemlyansky DY. *Problems of forensic medical evaluation of traumatic disease in polytrauma.* In: Selected issues of forensic medical examination: A collection of articles. Ed. by A.I. Avdeev, I.V. Vlasiuk, A.V. Nesterov. Issue 19. Khabarovsk; 2020. P. 121–126.
3. Spiridonov VA, Khromova AM, Aleksandrova LG, et al. *Histological criteria for determining the age of soft tissue damage in mechanical trauma.* Kazan; 2019. 41 p. (In Russ).
4. Frolova OO, Zabozaev FG, Klevno VA. The use of various research methods in forensic practice to determine the lifetime and duration of formation of injuries: A scientific review. *Russ J Forensic Medicine.* 2023;9(2):147–163. EDN: ZMZIGV doi: 10.17816/fm6696
5. Maiese A, Manetti AC, Iacoponi N, et al. State-of-the-art on wound vitality evaluation: A systematic review. *Int J Mol Sci.* 2022;23(13):6881. doi: 10.3390/ijms23136881
6. Frolova IA, Asmolova ND, Nazarova RA. *Determination of the age of soft tissue damage in mechanical trauma by morphological criteria:* information letter. Moscow; 2007. (In Russ).
7. Chepurnenko MN, Chepurnenko DA. Characteristics of reactive changes in cells and tissues in the wound process. *Int J Applied Fundamental Res.* 2020;(5):63–67. EDN: GAHCIZ
8. Chen JP, Li R, Jiang JX, Chen XD. Autocrine factors produced by mesenchymal stem cells in response to cell-cell contact inhibition have anti-tumor properties. *Cells.* 2023;12(17):2150. doi: 10.3390/cells12172150
9. Herrmann M, Jakob F. Bone marrow niches for skeletal progenitor cells and their inhabitants in health and disease. *Curr Stem Cell Res Ther.* 2019;14(4):305–319. doi: 10.2174/1574888X14666190123161447
10. Solidum JG, Jeong Y, Heralde F, et al. Differential regulation of skeletal stem/progenitor cells in distinct skeletal compartments. *Front Physiol.* 2023;14:1137063. doi: 10.3389/fphys.2023.1137063
11. Atria PJ, Castillo AB. Skeletal adaptation to mechanical cues during homeostasis and repair: The niche, cells, and molecular signaling. *Front Physiol.* 2023;14:1233920. doi: 10.3389/fphys.2023.1233920

| ОБ АВТОРАХ                | AUTHORS' INFO          |
|---------------------------|------------------------|
| * Фролова Ольга Олеговна; | * Olga O. Frolova, MD; |

|  |   |
|--|---|
| адрес: Россия, 129110, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2, корп. 1;<br>ORCID: 0000-0002-0785-6819;<br>e-mail: olga.frolog@yandex.ru                          | address: 61/2 Shepkina street, 129110 Moscow, Russia;<br>ORCID: 0000-0002-0785-6819;<br>e-mail: olga.frolog@yandex.ru   |
| <b>Максимов Александр Викторович</b> , д-р мед. наук, доцент;<br>ORCID: 0000-0003-1936-4448;<br>eLibrary SPIN: 3134-8457;<br>e-mail: mcsim2002@mail.ru | <b>Aleksandr V. Maksimov</b> , MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor,<br>ORCID: 0000-0003-1936-4448;<br>eLibrary SPIN: 3134-8457;<br>e-mail: mcsim2002@mail.ru |
| <b>Лысенко Олег Викторович</b> , канд. мед. наук;<br>ORCID: 0000-0003-1802-2331;<br>eLibrary SPIN: 2396-6072;<br>e-mail: lysenkooleg1@yandex.ru.       | <b>Oleg V. Lysenko</b> , MD, Cand. Sci. (Medicine);<br>ORCID: 0000-0003-1802-2331;<br>eLibrary SPIN: 2396-6072;<br>e-mail: lysenkooleg1@yandex.ru.                    |
| * Автор, ответственный за переписку / Corresponding author   |   |

Accepted for publication



Рис. 1. Распределение пострадавших по причинам смерти внутри исследовательских групп, n.

Fig. 1. Distribution of victims by categories of causes of death within study groups, n.

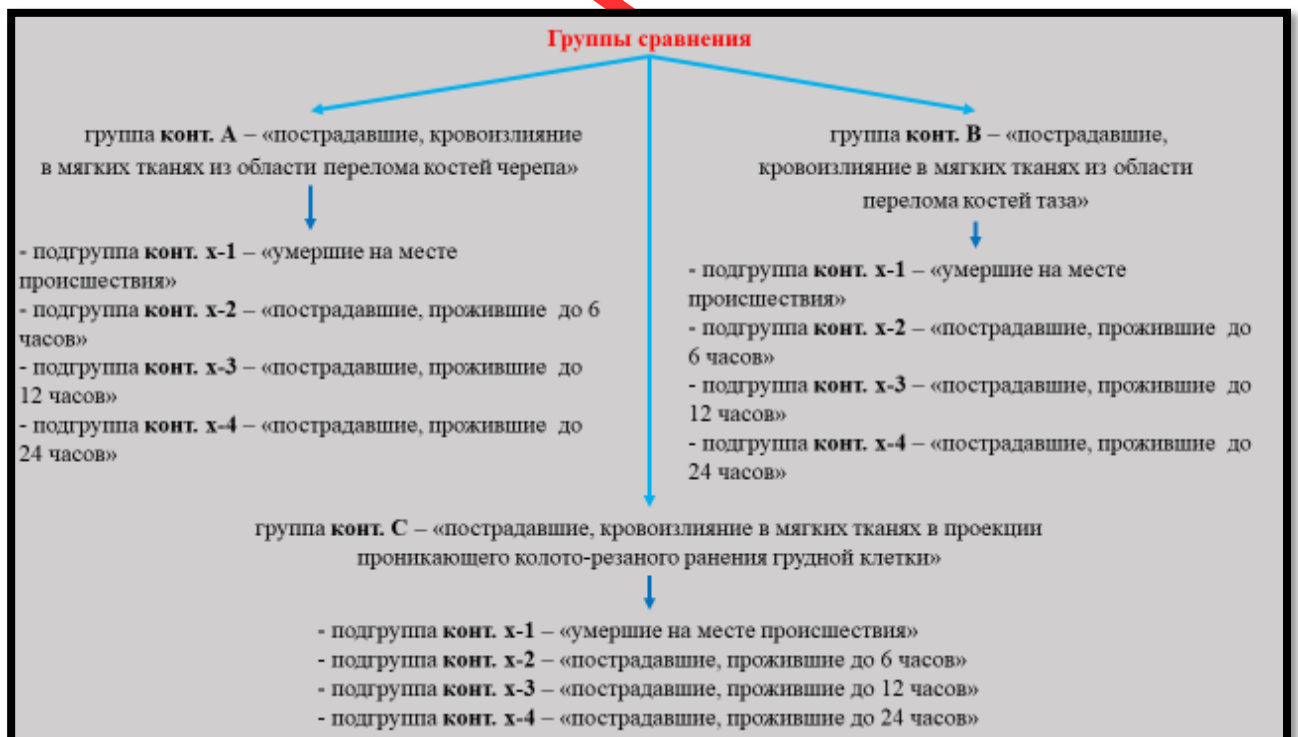


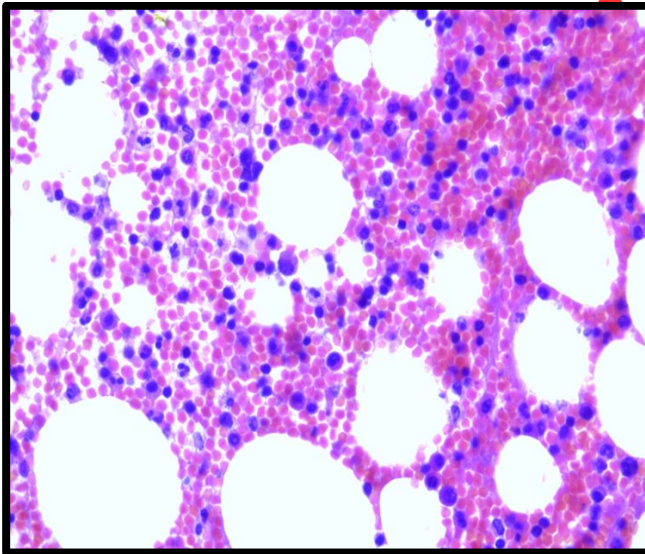
Рис. 2. Группы и подгруппы случаев контроля.

Fig. 2. Groups and subgroups of control cases.



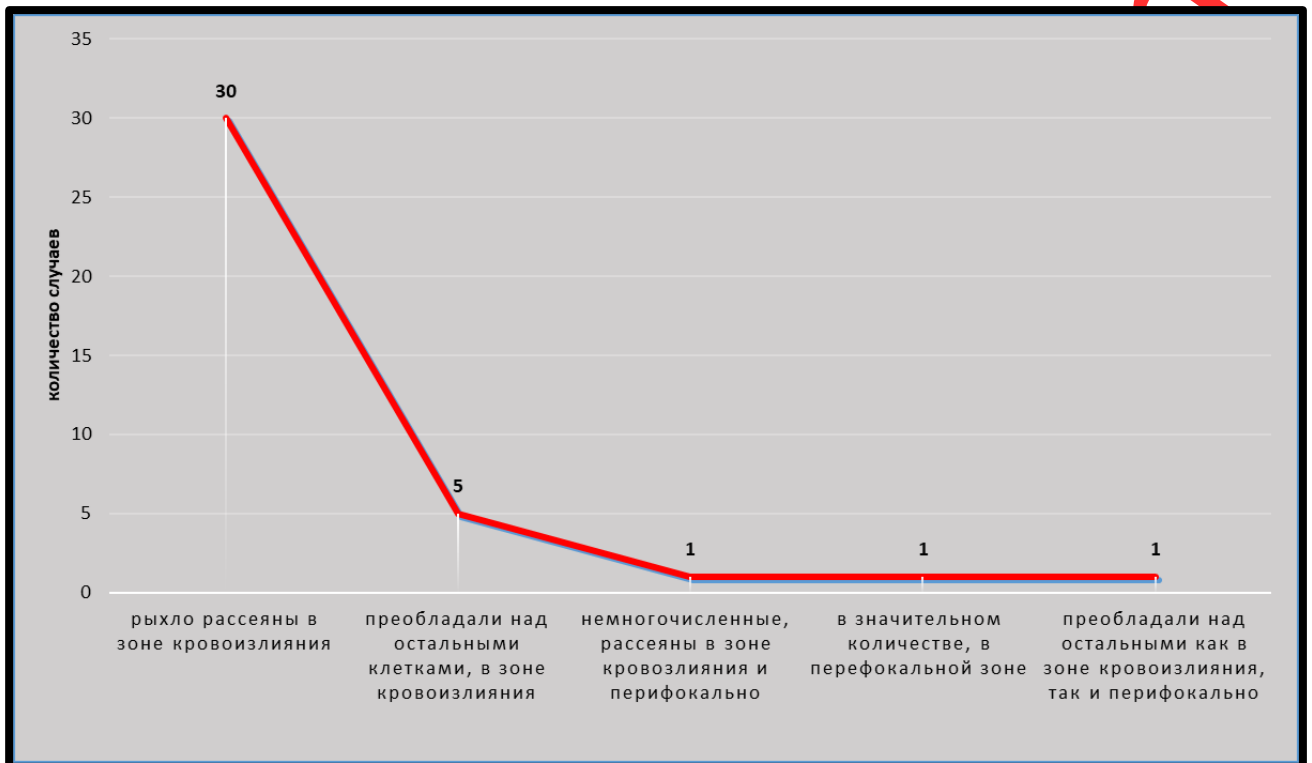
**Рис. 3.** Анализ состава клеточного инфильтрата в зоне кровоизлияний в мягких тканях межреберья, *n* (число случаев с наличием незрелых клеточных форм в кровоизлиянии в исследуемых группах).

**Fig. 3.** Analysis of the composition of the cellular infiltrate in hemorrhages in the soft tissues of the intercostal space, *n* (number of cases with the presence of immature cellular forms in the hemorrhage, in the study groups).



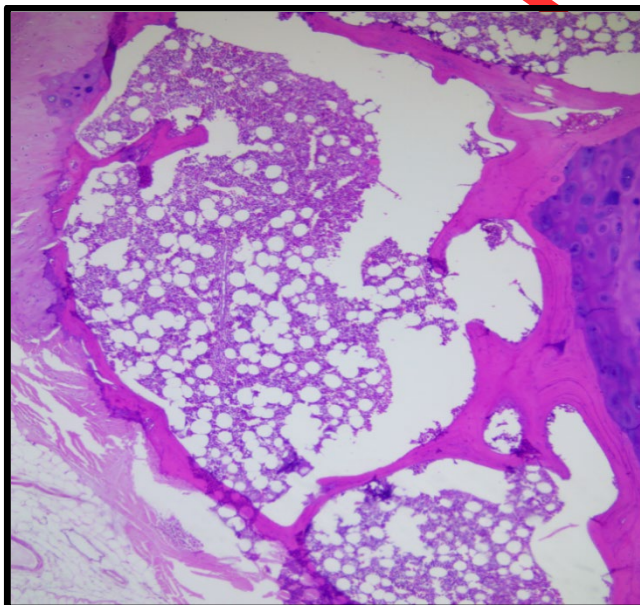
**Рис. 4.** Мягкие ткани межрёберных промежутков с кровоизлиянием (окраска гематоксилином-эозином,  $\times 40$ ). Значительное количество незрелых клеточных форм (наиболее крупные клетки с округлым крупным гиперхромным ядром, занимающим большую часть клетки, окружённым небольшим ободком цитоплазмы) в зоне кровоизлияния создаёт впечатление выраженной воспалительно-клеточной инфильтрации.

**Fig. 4.** Soft tissues of intercostal spaces with hemorrhage (hematoxylin-eosin staining,  $\times 40$ ). A significant number of immature cell forms in the hemorrhage area creates the impression of pronounced inflammatory cell infiltration.



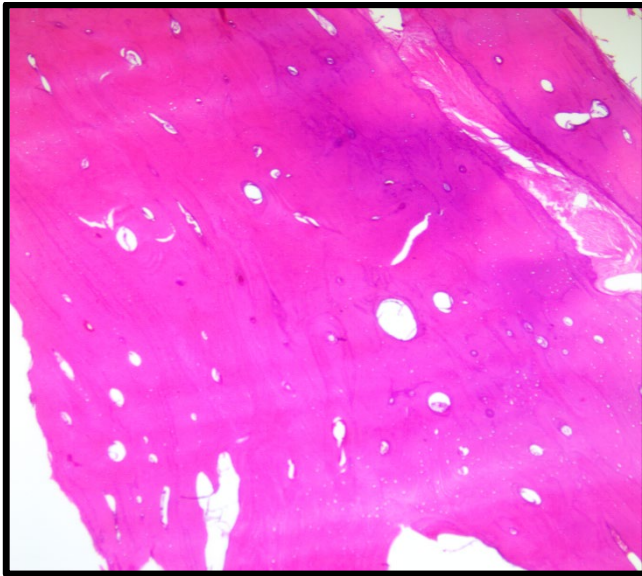
**Рис. 5.** Качественная оценка инфильтрата и состава клеток в зоне кровоизлияний в мягких тканях межреберья с учётом наличия незрелых клеточных форм.

**Fig. 5.** Qualitative assessment of the infiltrate and cell composition in hemorrhages in the soft tissues of the intercostal space, taking into account the presence of immature cellular forms.



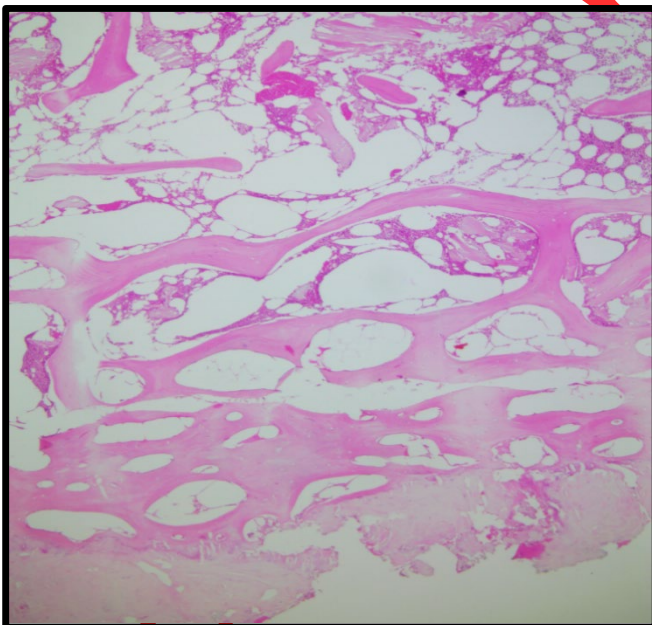
**Рис. 6.** Микроскопическая картина поперечного среза ребра (окраска гематоксилином-эозином, ×4).

**Fig. 6.** Microscopic picture of transverse rib section (hematoxylin-eosin staining, ×4).



**Рис. 7.** Микроскопическая картина поперечного среза кости черепа (окраска гематоксилином-эозином, ×4).

**Fig. 7.** Microscopic picture of transverse section of skull bone (hematoxylin-eosin staining, ×4).



**Рис. 8.** Микроскопическая картина поперечного среза кости таза (окраска гематоксилином-эозином, ×4).

**Fig. 8.** Microscopic picture of a cross section of a skull bone (hematoxylin-eosin staining, ×4).



**Таблица 1.** Исследовательская выборка групп  
**Table 1.** A research sample of groups

| Группы исследуемой выборки  <br>Groups of the study sample   | Число исследований  <br>Number of studies<br><i>n</i> =128 (%) | Случаи с незрелыми клеточными формами в кровозлиянии, <i>n</i> / Число выборки в своей группе и общее число исследований (%)  <br>Cases with immature cellular forms in haemorrhage, <i>n</i> / Number of samples in their group and total number of studies, (%) |
|--|--|---|
| A1, основная исследуемая выборка — «умершие на месте происшествия»  <br>A1, the main study sample — "deceased at the scene of an accident"   | 47* (36,72)  | 15* (31,91/11,72)   |
| A2, основная исследуемая выборка — «повреждения грудной клетки в результате проведения реанимационных мероприятий»  <br>A2, the main study sample — "chest injuries due to resuscitation measures" | 19* (14,84)  | 11* (57,89/8,59)  |
| A3, основная исследуемая выборка — «пострадавшие, прожившие до 6 часов»  <br>A3, the main study sample — "survivors who lived up to 6 hours"   | 32* (25)   | 10* (31,25/7,81)  |
| A4, основная исследуемая выборка — «пострадавшие, прожившие до 12 часов»  <br>A4, the main study sample — "survivors who lived up to 12 hours"   | 7* (5,47)  | 1* (14,29/0,78)   |
| A5, основная исследуемая выборка — «пострадавшие, прожившие до 24 часов»  <br>A5, the main study sample — "survivors who lived up to 24 hours"   | 23* (17,97)  | 1* (4,35/0,78)  |

\*  $p < 0,05$ .