

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МЕДИЦИНЫ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

БЛИНОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ

**ВОЗМОЖНОСТИ РЕНТГЕНОГРАФИИ ПОРТАТИВНЫМИ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ПРИ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ
ЭКСПЕРТИЗЕ ОГНЕСТРЕЛЬНОЙ И ВЗРЫВНОЙ ТРАВМЫ**

3.1.25. Лучевая диагностика (медицинские науки)

3.3.5. Судебная медицина (медицинские науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научные руководители:
заслуженный деятель науки РФ,
член-корреспондент РАН,
доктор медицинских наук, профессор
Васильев Александр Юрьевич

заслуженный врач РФ,
доктор медицинских наук, профессор
Леонов Сергей Валерьевич

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА В СУДЕБНОЙ МЕДИЦИНЕ	13
1.1. Состояние вопроса использования методов лучевой диагностики в судебной медицине	13
1.2. Применение классической рентгенографии в судебной медицине	17
1.3. Применение компьютерной томографии в судебной медицине.....	19
1.4. Применение магнитно-резонансной томографии в судебной медицине.....	32
1.5. Использование ультразвукового исследования в судебной медицине.....	39
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	43
2.1. Общая характеристика используемого оборудования	43
2.2. Общая характеристика экспериментального этапа	45
2.3. Общая характеристика судебно-медицинского этапа	50
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	52
3.1. Результаты экспериментального этапа	52
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПРЕСС-РЕНГЕНОГРАФИИ ПОГИБШИХ	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
ВЫВОДЫ	101
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	102
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	103
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	104

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Значимость вопроса обусловлена многочисленными безвозвратными потерями во время множественных военных конфликтов. Количество боевых действий в последнее десятилетие неуклонно растет, а погибших становится кратно больше как среди военнослужащих, так и среди гражданского населения (Самохвалов И. М., Крюков Е. В., Маркевич В. Ю. и др., 2023).

В условиях массового поступления погибших возникла острая необходимость как в идентификации ранящих снарядов, так и в определении вида повреждения. Время на такие исследования ограничено, и поэтому должен быть предложен способ, позволяющий в короткие сроки определить вид ранящего снаряда, его форму, размеры и локализацию в теле погибшего, в том числе и его глубину залегания (Васильев А. Ю., Потрахов Н. Н., 2023).

За последние десятилетия лучевая диагностика стала одним из многочисленных инструментов судебной медицины, а рентгеновское исследование трансформировалось из аналогового в цифровое, что значительно улучшило качество проводимых исследований (Клевно В. А., 2023). Использование в судебной медицине при массовом поступлении умерших КТ и МРТ малоперспективно в связи с трудностью и сложностью процессов сканирования и многочисленными техническими требованиями к установке и последующей эксплуатации аппаратуры (Васильев А. Ю., Потрахов Н. Н., 2023).

Отечественные разработки последних лет показали большой потенциал портативных технических средств рентгеновского исследования для оценки повреждений при взрывной и огнестрельной травме в условиях массового поступления умерших (Васильев А. Ю., Потрахов Н. Н., 2023).

Основными качествами данного оборудования являются малые габариты, простота эксплуатации, наличие острофокусной электронно-лучевой трубки и цифрового приемника изображения, которые, при синхронном использовании, позволяют получить высокого качества изображения.

Однако, оборудование и технология съемки портативными техническими средствами диагностики не разработана, требует изучения возможности методики в оценке формы, размеров ранящих снарядов, оценки глубины залегания, уточнения характеристики повреждений внутренних органов и, возможно, попытки оценки как раневого канала, так и входного и выходного огнестрельных ранений.

Создание комплекса малогабаритного оборудования при массовом поступлении умерших требует использования атипичных укладок, разработки физико-технических аспектов съемки, особенно для тел в состоянии выраженного трупного окоченения, а также изучения вида и характеристик повреждений при взрывной и огнестрельной травме в зависимости от вида оружия.

Степень разработанности темы

В изученной литературе представлен результат использования дентального портативного рентгеновского аппарата на фантоме черепа для посмертной съемки зубов (Ohtani M., Oshima T., Mimasaka S., 2017). Имеются итоги испытаний использования ручного портативного аппарата CALNEO Xair, проводимых на местах происшествий в вертолете скорой помощи, показавших хорошие результаты при поиске переломов и инородных тел (Ohsaka H., Omori K., Takeuchi I., Yanagawa Y., 2020). Описаны итоги использования портативного микрофокусного аппарата «ПАРДУС-Р», предназначенного для рентгеновской съемки с рук, в условиях стационара. Использование данного малогабаритного аппарата проводилось в неспециализированных условиях, интраоперационно, что позволило значительно улучшить качество проводимого лечения и снизить риск развития возможных осложнений. (Кабисов Д. И., Гребнев Г. А., Железняк И. С., Потрахов Н. Н., 2021).

На примере прототипа отечественного портативного рентгеновского комплекса было установлено, что конструкция и малый вес портативного рентгеновского аппарата позволяли проводить рентгеновскую съемку в любом

положении, благодаря чему комплекс в портативном исполнении можно оперативно использовать в любых неспециализированных условиях. При этом качество получаемых изображений позволяет уверенно визуализировать переломы костей, все инородные тела, травмы мягких тканей и гематомы (Потрахов Н. Н., Васильев А. Ю., Леонов С. В., Троян В. Н., 2023).

Однако, в полном объеме портативные рентгеновские установки для решения задач судебно-медицинской экспертизы при огнестрельных поражениях не испытывались. Эта технология экспресс рентгенографии трупов, в том числе в состоянии выраженного трупного окоченения требует создания первого отечественного портативного рентгеновского аппарата и разработки новой методологии рентгенодиагностики при массовом поступлении погибших.

Цель исследования

Разработка технологии экспресс-рентгенодиагностики для решения задач судебно-медицинской экспертизы при огнестрельной и взрывной травме.

Задачи исследования

1. Экспериментально на биологических объектах и антропометрических фантомах изучить возможности портативных технических средств при визуализации ранящих снарядов с разработкой физико-технических условий съемки для последующего использования в условиях массового поступления трупов.
2. Разработать методологию рентгеновской съемки в состоянии выраженного трупного окоченения и промерзания.
3. Изучить рентгеновскую семиотику огнестрельной и взрывной травмы в условиях массового поступления при ограниченном времени съемки.
4. Создать базу данных изображений различных видов ранящих снарядов.
5. Разработать алгоритм исследования трупов портативными техническими средствами при массовом поступлении умерших.

Научная новизна исследования

1. Впервые создан рентгеновский аппарат портативного типа для экспресс-рентгенодиагностики огнестрельных снарядов в теле погибшего (Патент на изобретение № 2832386 «Рентгеновская установка для работы в полевых условиях»).

2. Впервые на биологическом объекте и антропометрическом фантоме проведены экспериментальные исследования по идентификации инородных тел металлического и неметаллического происхождения и сформирована база данных (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623678 «База данных экспериментальных исследований»).

3. Впервые разработана технология проведения экспресс-рентгеновской съемки портативных технических средств в условиях массовой гибели от взрывной или огнестрельной травмы (Патент на изобретение № 2830812 «Способ рентгеновского обнаружения ранивших предметов»).

4. Впервые выработаны физико-технические условия рентгенографии трупов, находящихся в состоянии замерзания.

5. Впервые проведенные рентгеновские экспресс-исследования позволили дополнить семиотику огнестрельной и взрывной травмы в условиях массового поступления с созданием базы данных изображений различных видов ранивших снарядов современного типа (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023622023 «Рентгенография с применением портативного рентгеновского аппарата»).

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Разработан первый в РФ рентгеновский аппарат портативного типа и получено регистрационное удостоверение.

2. Разработана методика съемки и способ обследования в состоянии трупного окоченения и промерзания.

3. Систематизирована и дополнена рентгеновская семиотика огнестрельных и взрывных травм от современного вооружения.

4. Полученные научные результаты используются для решения задач судебно-медицинской экспертизы с целью уточнения причины смерти, установления вида травмы, вида ранящего снаряда и оптимизации маршрутизации в условиях массового поступления погибших.

Положения, выносимые на защиту

1. О новом классе оборудования для экспресс-рентгенодиагностики огнестрельных и минно-взрывных ранений в условиях массового поступления погибших.

2. Усовершенствованные физико-технические условия съемки для идентификации инородных тел металлического и неметаллического характера при огнестрельной и минно-взрывной травме.

3. Дополненная рентгеновская семиотика огнестрельной взрывной травмы современными ранящими снарядами.

4. Разработанная методология съемки трупов в состоянии трупного окоченения и промерзания

5. Созданная база данных ранящих снарядов огнестрельного и минно-взрывного происхождения.

Методология и методы исследования

1. Анализ и систематизация отечественной и зарубежной литературы, посвященной актуальным вопросам данной проблематики

2. Разработка портативного аппарата для экспресс-рентгенодиагностики огнестрельных и взрывных поражений при массовом поступлении погибших.

3. Экспериментальные исследования для выработки физико-технических условий съемки ранящих снарядов на биологических объектах и тканеэквивалентных фантомах.

4. Разработка способа исследования трупов в состоянии промерзания.
5. Анализ результатов экспресс-рентгенографии трупов при массовом поступлении погибших в условиях спецоперации.
6. Проведение обработки данных и обобщение результатов исследования.
7. Для достижения целей исследования проведена экспресс-рентгенография 110 трупов мужчин с огнестрельными и взрывными поражениями, погибших при проведении СВО.

Связь работы с научными программами и планами

Диссертационная работа проводилась в рамках научно-исследовательской программы кафедры лучевой диагностики НОИ стоматологии им. А.И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России «Разработка и оптимизация современных лучевых диагностических технологий для решения задач клинической практики» (государственная регистрация № АААА-А20-120012890148-0).

Тема диссертационного исследования была утверждена и рекомендована к выполнению на заседании ученого совета НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (протокол № 7 от 04.06.2024).

Клинические исследования, являющиеся частью диссертационной работы, получили одобрение межвузовского этического комитета «Независимый комитет по этике при ГБУЗ МО МОНИКИ им. М. Ф. Владимирского» (протокол № 8 от 16.05.2024).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Концепция, цели и задачи диссертационного исследования соответствуют паспорту научной специальности 3.1.25. – Лучевая диагностика (медицинские науки). Полученные результаты интегрируются с ключевыми направлениями данной специальности в соответствии с пунктами 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12.

Концепция, цели и задачи диссертационного исследования соответствуют паспорту научной специальности 3.3.5. – Судебная медицина (медицинские науки). Полученные результаты интегрируются с ключевыми направлениями данной специальности в соответствии с пунктами 2, 3, 4.

Личный вклад автора

Автор сыграл ключевую роль на всех этапах исследования, а именно разработал концепцию рентгеновского аппарата и полностью самостоятельно осуществил экспериментальные исследования с разработкой методики и физико-технических условий съемки. Автор лично обследовал 110 тел погибших от взрывной и огнестрельной травмы, полученной в зоне СВО. Автор лично проанализировал материалы и апробировал результаты на конференциях и конгрессах международного, всероссийского и региональных уровней. Все статьи написаны при личном активном участии автора.

Достоверность результатов исследования

Обеспечивается использованием достаточно большой выборки пациентов ($n = 110$). Полученные данные были подтверждены результатами вскрытия в судебно-медицинском морге МО РФ.

Апробация диссертации

Представленная работа была рассмотрена и рекомендована к защите на совместном заседании кафедр лучевой диагностики НОИ стоматологии им. А.И. Евдокимова и судебной медицины и медицинского права НОИ клинической медицины им. Н.А. Семашко ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (протокол № 276 от 22.09.2025).

Обсуждение основных положений диссертации

Результаты данной работы были представлены и обсуждены на международных, всероссийских, региональных и ведомственных научно-практических конференциях, конкурсах молодых ученых и конгрессах:

1. Итоговая научная конференция молодых ученых МГМСУ имени А. И. Евдокимова. Москва, 2023.
2. XIV Международный конгресс «Невский радиологический форум-2023». Санкт-Петербург, 2023.
3. IX Всероссийская научно-практическая конференция производителей рентгеновской техники. Санкт-Петербург, 2022.
4. X Всероссийская научно-практическая конференция производителей рентгеновской техники. Санкт-Петербург, 2023.
5. IX Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов с международным участием «ВолгаМед». Нижний Новгород, 2023.
6. VI Межрегиональная научно-практическая конференция с международным участием online «Лучевая диагностика – Смоленск-2022. Конкурс молодых ученых». Смоленск, 2022.
7. Конгресс российского общества рентгенологов и радиологов. Санкт-Петербург, 2023.
8. XVIII Всероссийский национальный конгресс лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2024». Москва, 2024.
9. Конгресс российского общества рентгенологов и радиологов. Москва, 2024.
10. XXII научно-практическая конференция студентов и молодых ученых с международным участием «Медицина завтрашнего дня». Чита, 2023.
11. Общероссийская межведомственная научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 75-летию Главного клинического госпиталя Росгвардии «Современная военная медицина. Актуальные вопросы и перспективы развития». Москва, 2023.

12. Пятая международная конференция «Физика – наукам о жизни» со школой молодых ученых. Санкт-Петербург, 2023.

Внедрение результатов исследования

Полученные результаты диссертационной работы были внедрены: на кафедре лучевой диагностики НОИ стоматологии им. А.И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России на теоретических знаниях и в лекционных материалах по всем видам дополнительного профессионального образования по специальности «Рентгенология»; на кафедре электронных приборов и устройств ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)» при обучении магистров по дисциплине «Рентгеновские приборы» магистерской программы «Электронные приборы и устройства» и при обучении бакалавров по дисциплине «Физика рентгеновского излучения бакалаврской программы «Электронные приборы и устройства»; в учебные мероприятия и практические занятия кафедры судебной медицины ФУВ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский институт им. М. Ф. Владимирского»; в учебный процесс для студентов кафедры патологической анатомии и судебной медицины и смежных направлений ФГОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет»; в диагностический процесс ГУЗ Тульской области «Бюро судебно-медицинской экспертизы»; в практику ГКУЗ Ленинградской области «Бюро судебно-медицинской экспертизы для проведения контрольных рентгенологических обследований»; в процесс проведения судебно-медицинской экспертизы ГБУЗ Московской области «Бюро судебно-медицинской экспертизы»; в практику филиала №4 ФГКУ 111 Главного государственного центра судебно-медицинских и криминалистических Министерства обороны России экспертиз.

Публикации

По результатам диссертации опубликовано 26 печатных работ, из которых 10 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в том числе 4 объекта интеллектуальной собственности:

1. Рентгенография с применением портативного рентгеновского аппарата, свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023622023.

2. База данных экспериментальных исследований, выполненных в госпитальном отделении судебной медицины с использованием портативного рентгеновского комплекса «КОСА.2», свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623678.

3. Рентгеновская установка для работы в полевых условиях, патент на изобретение № 2832386.

4. Способ рентгеновского обнаружения ранящих предметов, патент на изобретение № 2830812.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа включает в себя 128 страниц печатного текста, состоит из введения, 4 глав собственных исследований, заключения, выводов и практических рекомендаций. Список литературы включает в себя 155 источников (55 отечественных и 100 иностранных). Работа оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2018 и содержит 70 рисунков.

ГЛАВА 1. ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА В СУДЕБНОЙ МЕДИЦИНЕ

1.1. Состояние вопроса использования методов лучевой диагностики в судебной медицине

Лучевые методы диагностики в судебной медицине начали использоваться практически с момента ее появления. Рентгенография трупов и органов стала выполняться уже через несколько месяцев после открытия знаменитым немецким физиком Вильгельмом Конрадом Рентгеном (1845–1923) X-лучей [19], и в том же году в качестве судебного доказательства впервые был предъявлен рентгеновский снимок, который доказал наличие пули в ноге человека, которую до того не смог найти хирург [49, 128].

В 1977 г. под руководством Вюлленвебера было выполнено первое в судебно-медицинской практике посмертное КТ-исследование трупа для определения характера огнестрельного ранения головы, однако, несмотря на использование самого современного на тот момент КТ-оборудования, полученные изображения были неудовлетворительного качества вследствие большого количества артефактов на томограмме [41, 42, 128]. Еще долгое время после этого эксперимента выполнялись лишь единичные эксперименты, такие как посмертное КТ тела 20-летнего ныряльщика, погибшего на глубине 43 метров, выполненное для выявления и анализа распределения скоплений воздуха в 1983 г. P. Krantz и S. Holtås [42]. Лишь в 1990 г. была проведена первая посмертная МРТ [55].

В середине 1990-х гг. в результате исследовательского проекта Дирнхофера, директора Института судебной медицины Бернского университета (Швейцария), в сотрудничестве с Институтом лучевой диагностики Бернского университета под руководством Вока, а затем Шрота была сформулирована новая методика – виртопсия [49]. Это слияние слов «виртуальный» и «вскрытие» является объектом интеллектуальной собственности, зарегистрированным в 2001 г. [16]. Виртопсия преимущественно объединяет в себе следующие методы: посмертная МСКТ;

посмертная МРТ; посмертная 3D-фотограмметрия с использованием 3D-оптического сканирования; посмертная КТ-ангиография нативная и с контрастированием и посмертная МР-ангиография; МР-спектроскопия.

Данные методы при виртуальном вскрытии применяют как по отдельности, так и совместно для уточнения и лучшей дифференцировки различных патологий внутренних органов [28]. В ряде высокоразвитых стран подобные исследования активно применяются с 1985 г., и к 2013 г. число посмертных КТ-исследований достигло 20 000 [41].

Помимо «виртопсии» существуют и другие термины для обозначения посмертной визуализации: «Autopsy imaging» («аутопсийная визуализация») – обозначение посмертной визуализации в Японии; «Necroradiology» («некрорадиология») – новая специальность в Великобритании для врачей-рентгенологов, задействованных в проведении посмертной КТ [16].

В России в результате регулярного с 2012 г. выполнения анализа данных посмертных лучевых исследований и сопоставления их с результатами аутопсий в 2020 г. У. Н. Тумановой и соавторами был предложен оригинальный термин «танаторадиология» для обозначения специального раздела медицины, посвященного посмертным лучевым исследованиям [16, 53].

На текущий момент использование лучевых методов диагностики стало обычным инструментом для судебной медицины по всему миру, и за рубежом подобные исследования наиболее активно и широко проводятся при судебно-медицинской экспертизе трупа [14, 20, 28, 54]. Успешная модель межведомственного и междисциплинарного сотрудничества была внедрена в судебно-медицинскую экспертизу ряда стран (Германия, Франция, Великобритания, США, Израиль, Австралия), где виртопсия уже рутинно используется при проведении скринингового исследования практически всех трупов для определения необходимости дальнейшего секционного исследования [19].

В России в судебно-медицинской экспертизе применение виртопсии по-прежнему редко. В конце 2016 г. была проведена посмертная МСКТ тела человека, погибшего от множественных огнестрельных ранений, причем результаты виртуальной аутопсии не были обнародованы [22]. В Бюро судебно-медицинской экспертизы Московской области начиная с июля 2018 г. было проведено 85 исследований по посмертной визуализации в случаях наступления смерти от различных причин как дополнение к традиционному судебно-медицинскому исследованию с последующим тщательным сравнением полученных результатов [16].

В 2018 г. в Серпуховском судебно-медицинском отделении было проведено первое КТ-исследование трупа пятилетней девочки, которую нашли мертвой в спортивной сумке. В ходе предварительного исследования получена информация по поводу костной травмы, раневых каналов и определения уровня расположения инородного предмета в ротовой полости, т. к. традиционное судебно-медицинское исследование области ротоглотки технически является очень сложным из-за ее анатомической труднодоступности, что помогло судмедэкспертам в планировании последующей аутопсии [19, 22].

К 2019 г. В. А. Клевно и соавторами было проведено более 40 виртуальных вскрытий в Московской области [19].

В августе 2020 г. было создано Российское танаториологическое общество – первое в России междисциплинарное профессиональное объединение врачей-рентгенологов, патологоанатомов и судебно-медицинских экспертов [16].

Российские же исследования, а тем более публикации в нашей стране до недавнего времени были малочисленными. Членами Межрегионального танаториологического общества сделана попытка поиска опубликованных статей отечественных исследователей по теме посмертных лучевых исследований в российских базах данных. За период с 2000 по 2010 г. была найдена всего 1 статья, опубликованная в 2007 г., посвященная актуальным вопросам патологоанатомических исследований и малотравматичным технологиям при

аутопсии. С 2015 г. был отмечен рост количества публикаций, при этом в 2019 и 2020 гг. было зафиксировано уже 34 и 31 публикация соответственно [55].

Вся вышеупомянутая информация говорит о том, что в России в судебно-медицинской экспертизе при проведении аутопсии лучевые методы диагностики до сих пор применяются мало, за исключением небольшого количества отдельных инициативных учреждений [16, 19], и, несмотря на запрос о применении лучевых методов со стороны сотрудников правоохранительных органов, родственников умерших и представителей различных религиозных конфессий, на сегодняшний день вскрытие трупа по-прежнему является золотым стандартом исследования в судебной медицине [16, 20], невзирая на оператор-зависимость метода и значительную потерю первичных данных в случаях повторных экспертиз и эксгумаций, а в случае кремации и полную их утерю [16].

Существует множество причин низких темпов внедрения методов лучевой диагностики в судебно-медицинскую экспертизу в Российской Федерации: нет нормативной правовой базы, регламентирующей деятельность специалистов, применяющих методы виртопсии в ходе предварительного расследования [41, 47]; дефицит у судебно-медицинских учреждений необходимого оборудования. На 2025 г. существовало 91 бюро судебно-медицинской экспертизы субъектов Российской Федерации, в которые входили 1086 отделений судебно-медицинской экспертизы, а собственное рентгеновское оборудование имелось не более чем в 5 отделениях и один КТ в Республике Татарстан; отсутствие квалифицированных кадров – врачей-рентгенологов и рентген-лаборантов в штатном расписании патологоанатомических и судебно-медицинских отделений [46]; отсутствие полной и достоверной визуальной базы данных [28]; значительное различие критериев нормы для прижизненных и посмертных лучевых исследований [47].

Таким образом, в большинстве судебно-медицинских учреждений Российской Федерации методы лучевой диагностики на настоящий момент практически не используются, и лишь в отдельных учреждениях находятся на стадии внедрения в судебно-медицинскую практику.

1.2. Применение классической рентгенографии в судебной медицине

Классическая рентгенография в судебной медицине обладает рядом преимуществ, позволяя быстро и экономно проводить исследования, а также в случае необходимости повторно проводить экспертизы и интерпретации ранее выполненных исследований. Однако, несмотря на все вышеперечисленное, данная методика за последние годы была практически полностью вытеснена из судебной медицины КТ и МРТ [151]. На данный момент рентгенография в судебной медицине используется преимущественно для визуализации и определения местонахождения инородных тел, что особенно важно при поиске контрабанды в теле, а также для идентификации тел и установления личности путем сравнения с прижизненными рентгенограммами или зафиксированными в медицинской документации специфическими признаками [148]. Данный метод по-прежнему эффективен при диагностике огнестрельных ранений, так как позволяет определять местонахождение осколков, пуль, их количество, калибр и металлические фрагменты оболочки в теле, необходимые для баллистической экспертизы.

Среди зарубежной литературы были найдены примеры использования рентгенографии для диагностики огнестрельных повреждений.

На рентгеновском снимке выявили пулю, застрявшую в брюшной полости возле L1 позвонка, что подчеркивает ценность рентгеновской визуализации при определении траектории снаряда в условиях ограниченных ресурсов [127].

Посредством рентгенографии в теле самоубийцы нашли оболочку пули и два ее осколка, что позволило определить траекторию ранящего снаряда [147].

Исследователи сообщают о двух случаях, когда идентификация тела достигнута при сопоставлении посмертного рентгеновского снимка зубов с прижизненными изображениями зубов, полученных на рентгенограммах других структур [59].

Кроме того, рентгенография в ряде случаев может быть использована для определения возраста погибших [90].

Рентгенография вместе с другими методами использована в Израиле для опознания жертв теракта 7 октября 2023 г. [93].

Исследователями проведена работа по сравнению чувствительности рентгенографии при обнаружении количества, местоположения и типа переломов черепа ребенка. Исследованы количество, местоположение и типы переломов черепа, обнаруживаемые при помощи рентгенографии и других методов, рассчитаны чувствительность и специфичность каждого из методов, которые составили для рентгенографии 22,4 и 16,6 % соответственно [131].

Еще в одной из работ описаны особенности оценки рентгеновского изображения огнестрельного ранения [132], включавшие в себя идентификацию раны по наличию газа, кровоизлияния, костных или металлических фрагментов, направленность фрагментов и смещение кости в направлении движения, локализацию снаряда.

Также традиционная рентгенография может применяться для посмертной визуализации плода при диагностике врожденных аномалий. Benedetta Rossini (2024) выполнили ретроспективный анализ абортных диагностических визуализационных исследований, проведенных в центре, обслуживающем более 300 000 человек, с 2008 по 2023 г. В исследование были включены рентгеновские снимки 81 абортированного плода. Было выявлено 137 аномалий скелета. Результаты последующей аутопсии подтвердили рентгенологические данные во всех случаях, за исключением двух ложноположительных результатов. Кроме того, рентгенография не выявила синдактилию, которая была обнаружена при патологоанатомическом исследовании. Так, по мнению авторов, рентгенография имела решающее значение для точной классификации скелетных аномалий, определения причин самопроизвольного прерывания беременности и направления на генетическую консультацию [116].

V. D. Mishalov и соавторы (2021) проанализировали использование алгоритма для сравнения цифровых изображений при проведении судебно-медицинской стоматологической идентификации при переломах черепа по

данным прижизненной и посмертной рентгенографии. В ходе сравнения наборов рентгеновских снимков – прижизненных и посмертных – было подтверждено 20 положительных совпадающих зубных идентификаторов. Коэффициент взаимного согласия между двумя исследователями достиг уровня каппы Коэна, равный 0,97 [100].

Автором работы был проведен ряд предварительных экспериментов по идентификации ранящих снарядов и инородных тел при помощи портативного рентгеновского аппарата [1–5, 11–13].

Таким образом, несмотря на вытеснение рентгенографии более современными методами, данный метод исследования остается полезным для судебной медицины и все еще используется для обнаружения инородных предметов в теле человека, идентификации трупов, определения возраста, визуализации костной травмы, диагностики огнестрельной и минно-взрывной травмы.

1.3. Применение компьютерной томографии в судебной медицине

Использованию КТ в судебной медицине посвящено наибольшее количество работ. МСКТ может выявлять аномальные скопления воздуха, дифференцировать внутрибрюшинный газ от пневмоперитонеума при перфорации кишечника [81], локализовать инородные тела, различать металлические тела, чувствителен к повреждениям скелета [71, 72]. Во многих странах КТ стала основным методом визуализации [141], а посмертное КТ считается современным методом судебно-медицинской визуализации [63].

Высокую универсальность метода подтверждает исследование U. Нюеск (2020) по оценке достоверности КТ для установления причины смерти при подозрении на неестественную смерть взрослого человека на основе стандартного вскрытия. В анализ были включены 64 из 94 последовательных трупов (70,7 % мужчин, средний возраст 47,4 года), которые подверглись КТ и аутопсии в четырехлетний период. Совпадение данных между КТ и аутопсией было сильным

– 85,9 % (55 из 64 трупов; $\kappa = 0,83$ [95 % ДИ 0,74–0,93]) и 95,3 % (61 из 64 трупов; $\kappa = 0,94$ [95 % ДИ 0,84–1,04]). Чувствительность и специфичность КТ при выявлении острой сердечной недостаточности, внутричерепного кровотечения, ожогов и теплового шока, огнестрельных ранений, политравмы, черепно-мозговой травмы, а также удушья или повешения составили 100. Острая дыхательная недостаточность была выявлена с чувствительностью и специфичностью 100 и 96,8 %, резаные и колотые раны – с 95,2 и 100 %, интоксикация, пневмония или желудочно-кишечное кровотечение – с 60,0 и 100 % соответственно. Таким образом, результаты посмертной КТ были достоверными в большинстве случаев предполагаемой неестественной смерти [80].

КТ очень часто используется при диагностике огнестрельных травм, в частности, для определения характера ранения, глубины и направления раневого канала [26]. Также при огнестрельных травмах КТ помогает оценить количество и локализацию осколков, выявляя пулевую эмболизацию, прямые и не прямые повреждения мягких тканей, а также повреждения легких и костей, вызванные ударными волнами и кавитацией. [72].

Д. М. Павлик (2019) изучил клинический случай, когда в одно из отделений ГБУЗ МО «Бюро СМЭ» поступили три трупа с огнестрельными повреждениями. До классического судебно-медицинского исследования была проведена КТ тел, были локализованы все имеющиеся в трупах пули, визуализирован объем огнестрельных повреждений [29].

Еще одной группой исследователей во главе с В. А. Клевно (2019) были исследованы три трупа с огнестрельными ранами. Предсекционное применение КТ с 3D-реконструкцией позволило с точностью установить локализацию в трупах пуль, определить раневые каналы и их направления, выявить распространение газа и кровоизлияний, также было зафиксировано первоначальное положение и свойства переломов костей черепа под неповрежденными мягкими тканями [21].

Е. F. Kranioti (2023) провел исследование надежности посмертной КТ при убийствах, связанных с травмами, нанесенными тупым предметом, острым предметом и баллистическими снарядами. В исследовании было изучено 16 случаев убийств, в которых перед вскрытием была проведена посмертная КТ. Два рентгенолога провели оценку результатов посмертной КТ, а полученные данные были сопоставлены с результатами судебно-медицинской экспертизы. Были проанализированы шесть убийств, совершенных огнестрельным оружием (37,5 %), семь убийств с применением холодного оружия (43,75 %), две смерти с применением тупого оружия (12,5%) и одно убийство посредством удушения (механической асфиксии) (1,25 %). Патологи выявили 64 перелома, первый рентгенолог – 67, второй – 68. Патологи не нашли газа в полостях, а рентгенологи преуменьшили информацию о поверхностных повреждениях. [92].

Juho-Antti Junno (2022) постарался определить потенциал посмертной КТ для оценки расстояния выстрела в пределах от 0 до 100 см. Предполагалось, что в дополнение к раневому каналу потенциально можно было обнаружить повреждение тканей, вызванное дульным давлением на посмертной КТ. В ходе эксперимента восьми телам поросят было нанесено 59 огнестрельных ранений (23 выстрела в упор, 21 выстрел с близкого расстояния, 15 выстрелов на расстоянии) из пистолета 22-го калибра. Характеристики раны на полученных КТ-снимках были оценены путем визуального осмотра и численных измерений. Снимки, сделанные в контакте, четко отличались от снимков с близкого и большого расстояния по кольцеобразной области, окружающей внешнюю часть раневого канала. Огнестрельные ранения, полученные с близкого и дальнего расстояния, не имели этой особенности, и их было трудно отличить друг от друга. Средний диаметр раневого канала варьировался от 3,4 до 5,4 мм, причем он был наименьшим при попадании в цель и наибольшим при удалении. Таким образом, посмертное КТ может быть использовано в качестве метода для оценки дистанции выстрела [85].

Rakhi Issrani (2022) особо выделяет использование для диагностики огнестрельных травм КЛКТ как менее подверженный артефактам от металлических тел метод визуализации [83].

Наряду с традиционной рентгенографией КТ также используется для поиска инородных тел. Zabiullah Ali и Nikki Mourtzinos (2022) представлен случай, когда 33-летнему мужчине перед вскрытием была выполнена КТ тела. На аксиальных КТ-снимках, полученных при толщине среза 0,625 мм, были также выявлены правосторонний пневмоторакс, гемоторакс (50 мл), гемоперикард (250 мл) и игла длиной 5 см, введенная в третье межреберье справа, кончик иглы которой проецировался в правое предсердие. При проведении аутопсии результаты КТ были подтверждены [57].

Joanna Glengarry, Matthew Lynch, Chris O'Donnell (2022) описали случай обнаружения большого количество сломанных игл в подкожной клетчатке рук и бедренной области у мужчины, долго употреблявшего инъекционные наркотики, что напоминает об отсутствии у посмертной КТ рисков заражения, свойственных традиционной аутопсии [76].

Помимо диагностики огнестрельных повреждений, КТ широко используется и для диагностики различных травм, как у живых лиц, так и у мертвых, с целью определения давности и тяжести полученных повреждений.

Н. А. Медведева и соавторы (2025) провели работы с целью изучения рентгенологических критериев давности переломов костей носа по данным судебно-медицинской экспертизы, выполненной с применением КТ. В исследовании были проанализированы данные 259 пострадавших с переломами костей носа. Пациенты обследовались с помощью рентгенографии и КТ с 3D-реконструкцией. Исследования проводились в день поступления, через 10–14 дней, 21 день и 1 месяц после травмы. При анализе полученных данных выяснилось, что переломы давностью от суток до 3–4 дней после травмы имеют неровные края и заостренные углы, с четкой и контрастной линией просветления до 1 мм. Через 10–14 дней просветление сохраняется, но становится менее четким

и контрастным, отек мягких тканей регрессирует. На 20–21 день появляются признаки формирования костной мозоли: сглаживание краев, притупление концов отломков и увеличение ширины просветления до более 1 мм. К 4–5 неделе четко визуализируются костная мозоль, склеротические изменения и локальное снижение минеральной плотности, что позволяет более точно датировать травмы и имеет значение при юридической оценке происшествий [27].

П. Г. Романов (2022) провел исследование для измерения возможности ретроспективной оценки повреждений по данным МСКТ. Была установлена возможность выявления полного комплекса признаков «свежего» перелома костей носа – до 2–3 суток и травмы с давностью более 1 месяца [35].

Отдельно стоит выделить использование посмертной КТ для неинвазивной визуализации плодов. Susan C. Shelmerdine (2021) провела исследование по описанию аномалий, выявляемых при микрофокусной КТ плода в клинических условиях, и дополнительных результатов, выявленных при дородовом ультразвуковом исследовании, а также на оценку вероятности предотвращения инвазивного вскрытия (т. е. случаев, когда визуализации было достаточно, чтобы считать вскрытие ненужным). В течение 3 лет (2016–2019) проводилось проспективное наблюдение за всеми плодами, направленными для проведения микрофокусной компьютерной томографии в одном учреждении. Были оценены показатели соответствия между микрофокусной компьютерной томографией и дородовым ультразвуковым исследованием, и там, где это было возможно, диагностическая точность микрофокусной компьютерной томографии была рассчитана с использованием аутопсии в качестве эталона. В исследование были включены в общей сложности 268 плодов (масса тела 2–350 граммов; срок беременности 11–24 недели), у 122 из 268 (45,5 %) была выявлена причина смерти. Из 122 плодов у 64 (52,5 %) были обнаружены аномалии развития плода. Хотя для 221 из 268 (82,5 %) плодов было получено согласие на инвазивное вскрытие, только 29 из 221 (13,1 %) плода подверглись этой процедуре, что означало, что для 192 из 221 плода (86,9 %) был получен отказ от вскрытия.

Полное соответствие было выявлено для всех патологий головного мозга, грудной клетки и брюшной полости, в то время как чувствительность и специфичность для сердечных аномалий составили 66,7 и 91,7 % соответственно. Полное соответствие результатов микрофокусной компьютерной томографии и дородового ультразвукового исследования было выявлено в 219 из 266 случаев (81,9 %), частичное соответствие – в 21 из 266 (7,9 %) несоответствие – в 26 из 266 случаев (10,5 %) в основном из-за дополнительных результатов микрофокусной компьютерной томографии сердца, мягких тканей или мочеполовой системы, которые были получены при проведении микрофокусной компьютерной томографии. На основании вышеизложенного можно установить, что микрофокусная КТ плода является эффективным и полезным инструментом для визуализации плода на ранних сроках беременности, позволяет подтвердить антенатальный диагноз, выявить другие аномалии и избежать необходимости инвазивного вскрытия. [125].

Ian C. Simcock (2025) исследовал диагностическую эффективность микрофокусной КТ при неинвазивном вскрытии плодов на сроке менее 24 недель беременности. Исследование охватило 1007 последовательных неинвазивных перинатальных вскрытий плодов с массой тела <300 г в одном медцентре за 7 лет с 2016 по 2023 год. Качество изображения с помощью микрофокусной КТ позволило установить диагноз в 598 из 1007 случаев (59,4 %). Только 43 плодам потребовалось дополнительное инвазивное вскрытие, а вероятность избежания вскрытия составила 95,7 %. Как итог, сочетание микрофокусной КТ с традиционными методами обследования позволило установить диагноз более чем у 50 % плодов на ранних сроках беременности, что аналогично данным предыдущих исследований. Это было достигнуто в течение 3 недель, при этом вероятность избежать вскрытия составила 96 % [126].

Melanie Timmerman и соавторы (2025) изучили ценность микро-КТ и КТ с контрастным усилением при выявлении переломов и кровоизлияний в ЦНС в судебно-медицинских исследованиях. 15 пациентов, подвергнутых судебно-

медицинскому вскрытию, последовательно отсканировали с использованием нативной микро-КТ и КТ с контрастированием. На микро-КТ было выявлено 16 потенциальных переломов, а при контрастировании дополнительно обнаружены 9 очагов повышенной плотности вокруг потенциальных переломов и 2 ранее не выявленных перелома, подтвержденных гистологическим исследованием [138].

Sarah L. Lathrop и соавторы (2023) провели проспективное двойное слепое сравнение аномальных результатов, о которых сообщил патологоанатом, проводивший аутопсию, с результатами, о которых сообщил радиолог, проводивший КТ. Было рассмотрено 890 случаев: 167 – с травмами от удара тупым предметом, 63 – с травмами у детей (в возрасте до 5 лет), 203 – с травмами от огнестрельного оружия и 457 случаев смерти от отравления наркотиками. Общая чувствительность к распознаванию аномальных результатов составила 71 % при КТ и 74,6 % при аутопсии. Чувствительность к КТ / аутопсии составила 74 / 73,1 % при тупой травме, 61,5 / 71,4 % – при детской травме, 84,9 / 83,7 % – при травмах от огнестрельного оружия и 56,5 / 66,4 % при смерти от отравления наркотиками. Причины смерти, выявленные на основе анализа результатов КТ / аутопсии, были правильными в 88 / 95,8 % случаев инфаркта миокарда, 99 / 99,5 % случаев смерти от огнестрельного оружия, 82,5 / 98,5 % случаев смерти от травм у детей и 84 / 100 % случаев смерти от отравления наркотиками у лиц моложе 50 лет [95].

КТ имеет применение при определении причин смерти у детей. Aladdin Speelman (2022) и соавторы провели исследование с целью определить точность посмертной компьютерной томографии при определении причины смерти у детей, умерших от неестественных причин. Исследовались тела 30 детей (моложе 18 лет), которым были проведены посмертная КТ и судебно-медицинское вскрытие. Причина смерти установлена независимо двумя опытными детскими рентгенологами и сопоставлена с результатами судебно-медицинского вскрытия. Эксперты 1 и 2 установили правильную причину смерти в 70 % ($n = 21/30$) и 67 % ($n = 20 / 30$) случаев соответственно. Что касается огнестрельных ранений и травм

головы от удара тупым предметом, то результаты судебно-медицинской экспертизы на 91 % (n = 10 / 11) и 100 % (n = 6 / 6) совпали между собой соответственно. Рецензенты 1 и 2 не смогли указать причину смерти в 27 (n = 8) и 30 % (n = 9) случаев соответственно. В одном случае (3 %) оба рецензента указали неверную причину смерти. Таким образом, согласно результатам исследования, посмертная КТ обладает хорошей диагностической точностью для определения причины смерти, связанной с травмой [130].

С. Э. Дуброва (2021) и соавторы исследовали возможности КТ при визуализации повреждений трупа с установлением непосредственной причины смерти. На трупе девочки 5 лет было выполнено нативное КТ-исследование всего тела от свода черепа до пальцев стоп. При посмертной КТ были выявлены: инородный предмет в полости рта; оттеснение языка кзади; участок уплотнения в S9 правого легкого – внутрилегочное кровоизлияние, расположенное проекционно на уровне раны боковой поверхности грудной стенки; газ в мягких тканях по ходу раневого канала; следы жидкости в правой плевральной полости. При визуализации полости матки – жидкостное содержимое и газ в полости матки; зияние влагалища и преддверия влагалища; уплотнение мягких тканей перианальной области. Был обнаружен газ в брюшной полости, малом тазу и в полости матки – косвенный признак микроперфорации стенки влагалища или прямой кишки. После изучения данных медико-криминалистического исследования гортано-подъязычного комплекса при ретроспективной оценке изображений с прицельным вниманием была обнаружена слабо контурируемая линия перелома большого рога подъязычной кости слева. Результаты, полученные при посмертном КТ-исследовании тела и судебно-медицинской экспертизе, полностью совпали в фиксации рентгеноконтрастного инородного предмета в ротовой полости [17].

Исследователями Wolf-Dieter Zech и Thomas Ruder (2024) были описаны основные методы судебно-рентгенологического исследования и результатов тупой травмы в отношении живых и умерших взрослых. Было установлено, что

радиологически последствия тупой травмы при посмертной КТ почти не отличаются от прижизненной КТ [152].

Согласно Peter Hofer и Christiane Ferling (2024), исследовавших использование КТ при диагностике колотых и резаных ран, КТ-ангиография в таких случаях позволяет легче обнаружить повреждения сосудов и органов, так как из-за утечки контрастного вещества, в том числе из мелких сосудов в окружающие ткани, при трехмерной реконструкции возможно реконструировать раневой канал колотой раны, проследить его угол, направление и траекторию, минимальную и максимальную длину [79].

Посмертные КТ-исследования применяются и при судебно-медицинской экспертизе обгоревших останков. С. Е. Offiah (2023) исследовал результаты посмертной КТ тел, поврежденных огнем, на основании базы данных, содержащей 1758 предыдущих посмертных КТ и МРТ, выполненных за последние 15 лет для коронарографических, патологоанатомических и судебно-медицинских исследований. Negahnaz Moghaddam (2023) представлен случай обнаружения после взрыва частично обгоревшего тела. Сначала на снимках с мультidetекторной КТ и затем при последующем вскрытии было обнаружено несколько повреждений на черепе. Анализы показали, что на своде черепа имелись следы удара тупым предметом, которые преступник, вероятно, пытался скрыть, подставив тело под огонь [110].

КТ может использоваться и при диагностике смерти, наступившей в результате гипотермии. Y. Zeng (2023) в своей работе подтверждает ценность посмертной КТ при выявлении фатальной гипотермии благодаря таким характеристикам изображения, как диффузная гиперагрегация с обеднением легочного рисунка [153].

Poornima Elizabeth Chandy (2020) и соавторы отмечают в своем анализе, что установленная при посмертном КТ причина смерти при травме по результатам вскрытия была ошибочной примерно в 30 % случаев [60].

Akos Dobay и соавторы (2020), отмечая нехватку квалифицированных специалистов по посмертной радиологии, проанализировали в своей работе применение методов глубокого обучения (совокупности методов машинного обучения) к посмертным КТ-изображениям. По данным авторов, несмотря на существование большого количества литературы об использовании методов глубокого обучения при анализе клинических КТ-изображений, на сегодняшний день мало что известно о применении данных методов в судебной медицине [66].

Посмертное КТ может быть использовано при выяснении причин смерти утопленников. Jun-Qi Jian (2022) была изучена ценность виртуальной аутопсии при диагностике утопления. Объектами исследования стали 7 трупов, чьи изображения были получены с помощью КТ перед обычным вскрытием. Характеристики трупов были изучены при считывании изображений в сочетании с виртуальными измерениями показателей и сравнении с данными о 15 не утонувших трупах. КТ утопленников показали изменения, похожие на матовое стекло. Среднее значение КТ жидкости в синусе, крови в левом предсердии и желудочном содержимом у утопленников составило $15,91 \pm 17,20$, $52,57 \pm 9,24$ и $10,33 \pm 12,81$ HU соответственно, что было ниже, чем у тех, кто не утонул ($p < 0,05$). Следовательно, виртуальное вскрытие может использоваться в качестве вспомогательного метода при судебно-медицинской диагностике утопления [84].

Terumasa Ogawara (2022) изучал использование искусственного интеллекта (ИИ) с возможностью глубокого обучения для диагностики утопления на посмертных КТ-снимках. Образцы состояли из КТ-изображений грудной клетки с высоким разрешением 153 утонувших и 160 не утонувших тел, полученных с помощью 8- или 64-рядной мультисрезовой компьютерной системы. Точность составила 81 % (62 / 77) в случаях, когда была проведена реанимация, и 92 % (216 / 236) в случаях, когда попытки реанимации не предпринимались, в связи с чем авторы установили, что предлагаемый метод ИИ не следует использовать для диагностики причины смерти при проведении агрессивной сердечно-легочной реанимации [111].

Makoto Sugawara (2019) сравнил результаты посмертной КТ при утоплении в пресной и соленой воде. Было выявлено снижение плотности в левом предсердии при утоплении в пресной воде по сравнению со случаями утопления в морской воде [134].

Alexander Tyr (2024) изучил при помощи КТ, вызвано ли заполнение околоносовых пазух жидкостью пассивным притоком при погружении в воду или активным аспирационным механизмом при утоплении. Была проведена КТ околоносовых пазух голов овец (околоносовые пазухи анатомически близки к человеческим) и проведено сравнение результатов до и после погружения в воду с контролем без погружения. Было установлено, что жидкость пассивно поступает в верхнечелюстную пазуху после 1 часа погружения [140].

В работе Y. Li (2021) рассматривается использование анатомической уникальности лобной пазухи для сравнительной судебно-медицинской идентификации с использованием 2D рентгеновских снимков или фиксированного фрагмента изображения, полученного с помощью аксиальной КТ. Были собраны данные 336 пациентов старше 20 лет, которым выполнили КТ с двумя срезами [97]. Были проведены автоматические попарные сравнения 336 совпадающих пар от одного и того же человека и 340 несовпадающих пар от разных людей с анализом среднего среднеквадратичного значения (RMS) расстояния от точки до точки. Исследование подтвердило ценность КТ для идентификации человека. Dominique Neuhaus (2023) сделал попытку разработать автоматизированный метод рентгенологической идентификации на основе грудной кости. Была достигнута точность в 91,2 %, что делает потенциально возможным использование данной разработки [97].

Еще одним из частых примеров использования КТ является определение возраста. По данным Sebastian Gassenmaier (2020), КТ ключицы является эталонным методом судебно-медицинской диагностики возраста костей у подростков и молодых людей [73]. Исследователи Leonie Vamberszky и Markus Uhl (2024) проверили статистические параметры для определения завершеного

окостенения медиальных ключиц. В исследовании приняли участие 285 пациентов мужского пола, прошедшие КТ грудной клетки в Медицинском центре Фрайбургского университета, из которых 203 пациента были включены в исследование. Было определено, что полная и симметричная оссификация обеих ключиц при стандартной тонкослойной КТ может классифицироваться как надежный показатель возраста старше 21 года у молодых мужчин [143].

Wilma N. Azizah (2023) в своем обзоре провели анализ текущего состояния применимости лучевых методов исследования полости рта и челюстно-лицевой области для проведения виртуальной судебно-стоматологической аутопсии. Было опубликовано 15 статей, где указано несколько применений рентгенографии полости рта и челюстно-лицевой области в виртуальной аутопсии и судебной стоматологии. Об использовании КТ для виртуальной аутопсии сообщалось в шести статьях, конусно-лучевой КТ – в пяти, мультidetекторной КТ – в двух статьях [58].

Ariel Gershon (2022) провел исследование возможностей посмертного КТ при диагностике пиелонефрита. Посмертные КТ-признаки пиелонефрита включали асимметричное увеличение почек, жировые отложения в околопочечной области и внematочную почечную недостаточность [74].

В статье I. Gibb (2022) описывается разработанный им подход, при котором мешки с трупами жертв военных действий и терактов сканируются в мешках полностью бесконтактным способом, чтобы свести к минимуму эмоциональное воздействие на персонал [75].

Arata Nagai (2024) представил случай посмертной КТ 41-летнего мужчины, совершившего самоубийство через повешение. С помощью 16-срезового компьютерного томографа была выполнена КТ всего тела и головы. КТ выявила лигатурный след, переломы левого верхнего рога щитовидного хряща. Подъязычная кость не была сломана, и пузырьков газа, связанных с переломом, не обнаружено. Повреждения костей шейного отдела позвоночника или черепа также отсутствовали. На КТ-снимке головы наблюдалась потеря

дифференцировки серо-белого вещества по всему мозгу и отек мозга со стиранием бороздок. Однако не наблюдалось изменений, указывающих на локализованный инфаркт головного мозга или внутричерепное кровоизлияние. Исходя из обстоятельств, высказано серьезное подозрение на самоубийство через повешение [105].

Lei Wan (2022) и соавторы рассмотрели случай проведения посмертной ангиографии. 40-летний мужчина после травмы головы, полученной в результате автомобильной аварии, спустя некоторое время скончался от геморрагического шока. При проведении посмертной ангиографии в левый желудочек вводили водорастворимое контрастное вещество, которое прокачивалось в интракраниальную область, после чего проведено повторное КТ-исследование всего тела, которое выявило образование высокой плотности внутри левой клиновидной пазухи. Была обнаружена отчетливая утечка контрастного вещества в левую клиновидную пазуху из соседней аневризмы участка С3 левой внутренней сонной артерии. Вскрытие и гистология подтвердили наличие трещин в клиновидной пазухе [144].

Zhi-Ling Tian (2023) исследовал разницу в показателях КТ между тромбоэмболией легочной артерии и посмертным образованием тромба при посмертной компьютерной ангиографии легочной артерии. Были собраны посмертные данные с указанием определенной причины смерти. Исследование подтвердило надежность посмертной КТ для различения тромбоэмболии легочной артерии и посмертного тромба [137].

Laura Filograna (2022) провела посмертную КТ пациента с прорывной инфекцией SARS-CoV-2, на которой был выявлен ряд признаков пневмонии, вызванной COVID-19, большую область уплотнения в правой нижней доле, интерпретируемую как бронхопневмонический очаг, и отек [68].

Таким образом, посмертные КТ, КЛКТ и ангиография обладают обширными диагностическими возможностями, их использованию посвящено

множество работ и во многих странах идет активное внедрение данных методов в судебно-медицинскую практику.

1.4. Применение магнитно-резонансной томографии в судебной медицине

Для визуализации повреждений мягких тканей и специфических патологий органов МРТ обладает значительными преимуществами перед КТ и особенно эффективна для детальной оценки состояния мягких тканей [72]. Однако посмертная МРТ остается относительно редким методом и применяется в основном в отдельных случаях, как правило, в качестве дополнения к КТ из-за того, что МРТ-исследование требует много времени, сложно добиться контрастности изображения, а работа сканера требует особого внимания, особенно из-за возможных осложнений, связанных с ферромагнитными инородными телами, находящимися под воздействием сильного магнитного поля, а также из-за высокой цены МРТ-аппаратов [72]. На контрастность при МРТ большое влияние оказывают температура тела и процессы разложения, что затрудняет интерпретацию изображения [71].

По мнению ряда ученых, посмертное лучевое исследование тел погибших новорожденных и младенцев эффективнее проводить при помощи МРТ, так как ее достоинством является высокоэффективная визуализация внутренних органов и мягких тканей с возможностью оценки их топографии, размеров, внутреннего строения и выявления обширного ряда патологических изменений, а также визуализация сердечно-сосудистой системы с возможностью оценки как магистральных сосудов, так и сосудов среднего калибра без использования контрастных препаратов [36, 37].

Xin Kang (2020) отмечает, что посмертная МРТ мощностью 1,5 Тесла является наиболее изученным методом посмертной визуализации плода и обеспечивает общую диагностическую точность от 77 до 94 % на сроке беременности более 20 недель [87].

У. Н. Туманова (2022) и соавторы провели сравнительный анализ МРТ-характеристик посмертных изменений печени и легких у новорожденных в зависимости от давности смерти. Были проанализированы данные посмертной МРТ и результатов патологоанатомических вскрытий 103 новорожденных. Все тела новорожденных после констатации смерти хранились в холодильной камере при температуре +4 °С преимущественно в положении тела лежа на спине. Посмертное МРТ-исследование тел новорожденных проводили до патологоанатомического вскрытия на высокопольном аппарате с последующим анализом T1- и T2-взвешенных изображений (ВИ). При визуальном анализе МР-томограмм в большей части наблюдений установлена различная степень выраженности интенсивности МР-сигнала в выше- и нижерасположенных областях печени и соответственно наличие градиента МР-сигнала. При визуальном анализе МР-томограмм легких наличие градиента и границы интенсивностей МРТ-сигнала в выше- и нижерасположенных областях в положении тела лежа на спине отмечалось несколько реже, чем в печени. При этом выраженность данного градиента и его границы отличались на T1-ВИ и T2-ВИ, а также в группах с различной давностью смерти. При этом полученные значения снижались в первые 18 часов после смерти, а затем имели волнообразный характер. Аналогичные значения МРТ-показателя посмертного состояния легких носили волнообразный характер с тенденцией к снижению по мере увеличения давности смерти. Это подтверждает эффективность посмертной МРТ для исследования тел умерших новорожденных благодаря визуализации развития неспецифических посмертных изменений во внутренних органах [45]. В других исследованиях авторов отмечается превосходство посмертной МРТ над КТ при исследовании сосудов, так как МРТ не требует манипуляций с контрастированием, а также позволяет исключить артефакты от посмертных сгустков крови, препятствующих распространению контраста по сосудам. Вместе с тем отмечается, что и при КТ с контрастным усилением, и при МРТ эффективной диагностической оценке доступны только магистральные сосуды и

сосуды среднего калибра [43]. Еще в одном исследовании отмечается, что при посмертной МРТ сохраняется возможность полноценной оценки головного мозга и его патологии в неизменном виде с возможностью автоматического измерения объемов интересующих структур даже в тех случаях, когда морфологическое его исследование невозможно из-за явлений аутолиза [44].

Elsbeth Whitby (2021) были разработаны практически стандартизированные рекомендации по проведению перинатальной посмертной МРТ. Рекомендации были основаны на результатах двух опросов о методах посмертной магнитно-резонансной томографии, направленных в электронном виде всем 14 членам Рабочей группы по посмертной визуализации Европейского общества детской радиологии (ESPR) и 17 членам Рабочей группы Международного общества судебной радиологии и визуализации (25 различных центров). Из 14 респондентов из разных учреждений 11 (78,6 %) проводят посмертную МРТ. Все эти центры проводят посмертную МРТ при перинатальных и неонатальных смертях, но только в 6 из 11 (54,5 %) центров проводится визуализация у детей старшего возраста [145].

О. В. Савва (2022) провел исследование особенности изменений тканей и структур головного мозга в зависимости от длительности посмертного периода при МРТ. Было отмечено общее снижение четкости и контрастности структур головного мозга по мере увеличения длительности посмертного периода. Установлено снижение частоты визуализации выраженных борозд и извилин головного мозга в зависимости от увеличения длительности посмертного периода, а спустя 24 часа после наступления смерти во всех наблюдениях зафиксировано изменение выраженности борозд и извилин от значительного сглаживания до полного их отсутствия. [37].

В связи растущей трансграничной миграцией растет потребность судебно-медицинской экспертизы возраста, для которой МРТ имеет крайне высокую актуальность [146].

Jannick De Tobel и соавторы (2020) обобщили имеющиеся данные МРТ для судебно-медицинской оценки возраста живых детей и молодых взрослых. Авторы рассматривали исследуемые популяции, включая живых людей в возрасте до 30 лет. В качественный анализ были включены 55 исследований, а в количественный – 33. Результаты оценки возраста соответствовали золотому стандарту – рентгенографии со средними абсолютными погрешностями в диапазоне от 0,85 до 2,0 лет. Доля правильно классифицированных несовершеннолетних составила от 65 до 91 %. [62].

Oguzhan Ekizoglu и соавторы (2021) изучили возможности МРТ для определения степени оссификации дистальных эпифизов бедренной и проксимальных эпифизов большеберцовой кости у населения Турции. В этом исследовании изображения 649 пациентов (335 мужчин и 314 женщин) в возрасте от 10 до 30 лет были ретроспективно оценены с помощью МРТ коленного сустава. Минимальный возраст пациентов с оссификацией дистального отдела большеберцовой кости на 4-й стадии составил 15,1 года для женщин и 15,8 года для мужчин, дистального отдела бедренной кости – 15,4 года для женщин и 17 лет для мужчин. [67].

Besim Uygun и соавторами (2021) были изучены МРТ-изображения пациентов 10–25 лет. Оссификация дистального отдела эпифиза бедренной кости 5-й стадии указывала на возраст старше 18 лет у обоих полов. Оссификация проксимального отдела большеберцового эпифиза на 5-й стадии указывала на возраст старше 18 лет. Было установлено, что 1-я и 2-я стадии как в дистальном отделе бедренной кости, так и в проксимальном эпифизе большеберцовой кости в последний раз наблюдались у лиц обоего пола в возрасте до 18 лет. Это доказывает, что МРТ – это неионизирующий метод, который можно использовать при определении возрастного ценза в 18 лет [142].

Tugse Kosa Yavuz и соавторами (2023) были ретроспективно проанализированы снимки МРТ голеностопного сустава пациентов 7–26 лет. Метод стадирования, состоящий из шести этапов, предложенный соавторами, был

применен к дистальным точкам окостенения большеберцовой и пяточной эпифизарных костей путем изучения МРТ-изображений голеностопного сустава у 331 пациента (197 мужчин и 134 женщины). В результате исследования 1-я стадия как в дистальном отделе большеберцовой, так и в пяточном эпифизе наблюдалась только у пациентов обоего пола в возрасте до 18 лет. У мужчин 2-я стадия дистальной эпифизарной оссификации большеберцовой кости наблюдалась в возрасте до 18 лет, за исключением одного случая, а 5-я стадия как дистальной, так и пяточной эпифизарной оссификации наблюдалась почти во всех случаях у мужчин старше 18 лет [149].

V. Malokaj (2024) сделан ретроспективный анализ МРТ коленного сустава 900 пациентов (405 женщин, 495 мужчин) в возрасте от 10 до 28 лет. Были выявлены различные стадии сращивания костей в классификациях Ottow и Vieth и присвоен соответствующий хронологический возраст, проанализированы различия между полами [99]. Соглашения внутри и между наблюдателями были определены с использованием коэффициента Коэна. С помощью классификации Ottow удалось установить завершение 18-го и 21-го года жизни у представителей обоих полов. При помощи классификации Vieth можно было подтвердить завершение 18-го года жизни для пациенток женского пола и 14-й и 21-й год жизни для обоих полов. [99].

Daniel Wittschieber и соавторы (2022) также изучили возможности МРТ проксимального отдела большеберцового эпифиза как инструмента определения совершеннолетия. Авторы провели ретроспективный анализ рутинной МРТ коленного сустава у 413 пациентов (214 мужчин и 199 женщин) западной европеоидной популяции в возрасте от 12 до 25 лет. Минимальный возраст пациентов старше 18 лет наблюдался на заключительной стадии у обоих полов – 20,27 года у мужчин и 18,55 года у женщин [148].

Arameh Khatam-Lashgari (2024) изучила уровень согласованности между КТ, МРТ и цифровой рентгенографией (ЦР) при оценке оссификации эпифизов коленного сустава. В общей сложности были обследованы 34 умерших человека в

возрасте от 10 до 25 лет. Анализ результатов с помощью взвешенного коэффициента Каппа-Коэна показал хорошее соответствие между КТ и ЦР ($\kappa = 0,61-0,70$), а также МРТ и ЦР ($\kappa = 0,68-0,79$), но лишь умеренное соответствие между КТ и МРТ ($\kappa = 0,55-0,57$). Следовательно, различные рентгенологические изображения не могут использоваться взаимозаменяемо для целей оценки возраста, поэтому справочный материал должен быть специфичным для метода визуализации [90].

D. Gascho и соавторы (2020) оценили эффективность МРТ в случаях огнестрельных ранений с инородными телами в голове. Они предположили, что МРТ является ценным дополнением к посмертной компьютерной томографии для выявления раневого канала и повреждений мягких тканей [71, 72]. D. Gascho отмечает в своей работе, что МРТ превосходит КТ по визуализации металлических тел, и в приведенном случае едва заметные металлические артефакты на МРТ позволили четко визуализировать повреждения мягких тканей и разрыв продолговатого мозга. Только МРТ смогла неинвазивно выявить повреждения мягких тканей ствола головного мозга, что позволило получить конкретную информацию о скорости наступления смерти [70]. В другой его работе (2020) описывается судебно-медицинское обследование умершего со смертельным огнестрельным ранением, когда МРТ-исследование помогло определить раневой канал, проходящий через левый желудочек, признанный основной причиной внутреннего кровотечения и фатальной кровопотери [69].

Xin Chen и соавторы (2023) представляют историю болезни пациента, которому были проведены аутопсия и посмертная визуализация. Посмертные КТ и МРТ показали перипанкреатическое воспаление и острое скопление перипанкреатической жидкости в левом переднем параренальном пространстве, что согласуется с результатами аутопсийного исследования [61].

Reto Ursprung (2023) сравнивал результаты аутопсии, посмертных КТ и МРТ при огнестрельных ранениях головы. Воздушную эмболию удалось выявить только при КТ (67 % по сравнению с 0 % при аутопсии). Сохранившаяся пуля или

снаряд и костные фрагменты чаще диагностировались при КТ (42, 67 и 92 %), чем при аутопсии (33, 42 и 46 %). Повреждения мягких тканей чаще выявлялись при МРТ, чем при КТ. Что касается результатов аутопсии, то при МРТ субдуральное кровоизлияние и желудочковое кровоизлияние диагностировались несколько чаще – 63 и 75 % соответственно, 38 и 58 % – при аутопсии. Внутримозговое кровоизлияние чаще всего диагностировалось при МРТ (92 %) по сравнению как с КТ (38 %), так с аутопсией (14 %) [141].

Shigeki Tsuneya (2021) описывает случай смерти мужчины и женщины от острого пролонгированного отравления угарным газом. Дальнейший анализ с помощью посмертной МРТ показал участки с низкой плотностью в бледном шаре с обеих сторон головного мозга; они проявлялись в виде отмеченных областей с высокой интенсивностью сигнала как на T2-взвешенных изображениях, так и на ослабленных жидкостью последовательностях восстановления инверсии, что наглядно демонстрирует пользу посмертной МРТ для выявления некротических поражений, связанных с отравлением угарным газом [139].

По данным Garrett Oetelaar (2020), МРТ может использоваться при дифференциации прижизненных и посмертных переломов. В рамках эксперимента трем молодым свиньям была проведена МРТ обеих большеберцовых костей и лучевой кости с использованием магнита мощностью 1,5 Тесла. Были причинены прижизненные переломы обеих большеберцовых костей и посмертные переломы обеих лучевых костей, после чего провели повторную МРТ. Внутрикостная гиперинтенсивность в последовательностях T1W и T2W позволила получить 100 % показатель для прижизненных переломов [109].

Один из способов применения МРТ в судебной медицине – выявление при помощи МРТ неврологических и психических нарушений. За последнее десятилетие неврологические доказательства, включая МРТ, ПЭТ и ЭЭГ, были использованы более чем в 2800 уголовных делах, в том числе в 12 % всех судебных процессов по делам об убийствах и в 25 % судебных процессов, связанных со смертной казнью [155]. Lauri Nummenmaa и соавторы (2021)

изучили, связаны ли антисоциальные личности с изменениями, наблюдаемыми при криминальной психопатии. Испытуемыми были 100 несудимых, нормально функционирующих людей, 19 насильственных преступников мужского пола, судимых за насильственные действия, и 19 человек контрольной группы. Испытуемые прошли МРТ с T1-взвешиванием и просмотрели видеоклипы с различным содержанием насилия во время функциональной МРТ. У правонарушителей-психопатов была выявлена более низкая плотность серого вещества в орбитофронтальной коре и переднем островке по сравнению с другими испытуемыми. Наблюдение за насилием повышало активность мозга в периакведуктальном сером веществе, таламусе, соматосенсорной, премоторной и височной коре. Преступники-психопаты проявляли повышенную реакцию на насилие в таламусе и орбитофронтальной, островковой и поясной коре головного мозга [108].

Таким образом, МРТ обладает большим потенциалом, а ее применение в судебной медицине относится в основном к посмертной визуализации детей, а также для определения возраста молодых лиц, однако повсеместное применение значительно ограничено значительной стоимостью оборудования и высокими требованиями к эксплуатации оборудования и квалификации медперсонала.

1.5. Использование ультразвукового исследования в судебной медицине

Dustin Möbius и соавторы (2021) провели обзор с целью обобщить современную литературу, касающуюся возможности и обоснованности применения ультразвука в судебно-медицинской практике. Изученные авторами научные публикации посвящены возможности ультразвукового исследования до и после вскрытия, оценке возраста при судебно-медицинской экспертизе и минимально инвазивным методам. В плане визуализации ультразвук был признан надежным инструментом для исследования эпифизов и поверхностных ран с ограничениями в отношении внутренних органов и качества изображения из-за

посмертных изменений. Было установлено, что минимально инвазивные методы с ультразвуковым контролем дают более высокие шансы на получение адекватного образца ткани [94, 101, 135].

В работе Jochen Herrmann 33 здоровых человека мужского пола от 14 до 19 лет были проспективно обследованы на предмет закрытия эпифизарной пластинки роста правого колена с помощью записи двухмерных УЗИ-объемов и МРТ с T1-взвешиванием высокого разрешения. Было выявлено, что УЗИ позволяет определить степень закрытия эпифизарных пластинок роста в коленном суставе, обладает высокой степенью надежности и сравнимо с МРТ, УЗИ коленного сустава, с высокой точностью обеспечивает обнаружение открытых пластинок роста у несовершеннолетних мальчиков и что УЗИ коленного сустава может использоваться в качестве быстрого и неинвазивного метода визуализации для судебно-медицинской оценки возраста несовершеннолетних мужчин [78].

Thomas Thomsen было отмечено, что УЗИ было предпочтительным методом визуализации при планировании взятия образцов тканей, поскольку это позволяет проводить многократные исследования в течение короткого периода времени, а минимально инвазивный посмертный забор тканей (MITS) в ряде случаев может быть альтернативой традиционному вскрытию [136].

Susan C. Shelmerdine (2021) было проведено как двухмерное (2D), так и трехмерное посмертное УЗИ 11 плодов, чтобы определить пользу от 3D-исследования по сравнению с традиционными 2D-методами. В одном случае несовершенного остеогенеза как двухмерные, так и трехмерные УЗИ-снимки были недиагностическими из-за небольшого размера плода. Из оставшихся 10 плодов 7 были нормальными при визуализации и аутопсии, а у 3 были обнаружены отклонения как при 2D-, так и при 3D-УЗИ. Ложноположительных диагнозов при 2-м или 3-м УЗИ не было. Несмотря на то, что трехмерное посмертное УЗИ было приемлемым методом, оно не давало дополнительной информации по сравнению с двухмерным УЗИ. Поэтому, по мнению авторов,

обычное трехмерное посмертное УЗИ не может быть рекомендовано в качестве самостоятельного метода визуализации [124].

Katri Rajala с соавторами (2025) провели исследование для оценки диагностической ценности посмертной рентгенографии по сравнению с пренатальным УЗИ при подозрении на скелетные дисплазии плода в большой группе финских пациентов. Результаты пренатального УЗИ и их связь с посмертной рентгенографической визуализацией были оценены в группе из 36 плодов с пренатальным подозрением на дисплазию скелета. Пренатальное УЗИ показало хорошие результаты в выявлении скелетных дисплазий и тяжелых форм заболевания [115].

По результатам работы Patricia Ibarra Vilar и соавторов (2023) было установлено, что посмертное УЗИ плода – это метод посмертной визуализации плода с чувствительностью 74,7 % и специфичностью 83,3 % для исследования плодов любого гестационного возраста. Посмертное УЗИ является менее инвазивным, менее дорогостоящим и более доступным методом по сравнению с другими методами посмертной визуализации плода, такими как посмертная МРТ [82, 101].

Работа X. Kang (2019) выявила, что в ряде случаев мацерация может привести к невозможности проведения посмертного ультразвукового исследования, но этот метод позволяет достичь диагностически приемлемого уровня точности для головного мозга плода и органов брюшной полости по сравнению с обычным вскрытием. Поэтому он может играть роль первого этапа обследования прежде других методов виртуальной аутопсии [88]. В другой работе данная группа исследователей сравнивала диагностическую частоту и точность посмертной МРТ с напряженностью магнитного поля 3 Тесла и посмертного УЗИ в невыбранной популяции плодов. По итогу 3-кратная посмертная МРТ показала значительно лучшие результаты, чем посмертное УЗИ, особенно у плодов на сроке беременности ≥ 20 недель. Когда оба метода посмертной визуализации

были диагностическими, они обладали одинаковой точностью, без различий в чувствительности или специфичности [89].

Таким образом, ультразвуковое исследование на сегодняшний день представляется сравнительно редко используемым методом визуализации в судебной медицине, где его применение в основном ограничивается возможностью посмертной биопсии.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что на текущий момент акцент в судебной медицине делается на МСКТ и МРТ, которые рассматриваются преимущественно в аспекте развития виртуальной аутопсии. Однако при массовом поступлении погибших эти высокотехнологичные методики представляются малоэффективными. В тоже время современные тенденции развития рентгеновской техники в сторону уменьшения размеров аппаратов могут значительно улучшить поиск инородных тел огнестрельного и минно-взрывного происхождения, а также выявление сопутствующих процессов свойственных огнестрельной травме.

ГЛАВА II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научное исследование включало два этапа: экспериментальный и судебно-медицинский.

На первом, экспериментальном, этапе были сделаны рентгеновские снимки различных биологических фантомов (моделей): антропометрического фантома с грудной клеткой и плечевым суставом, неонатологического фантома, скелетированного препарата черепа, тестового фантома Pro-Digi и моделей баллистического геля.

На втором, судебно-медицинском, этапе в отделении военного госпиталя были отсняты тела погибших в ходе СВО от различных видов ранящих снарядов (осколки мин, пули, инородные тела).

2.1. Общая характеристика используемого оборудования

В качестве источника рентгеновского излучения нами разработан и использовался на всех этапах исследования переносной, малогабаритный рентгеновский аппарат моноблочного типа РАП-120М-1Н III и его модификация малогабаритный рентгеновский аппарат моноблочного типа «КОСА».

Технические характеристики аппаратов: вес – 4,2 кг; диапазон анодного напряжения: 50 – 120 кВ; количество мАс 1 – 20; кожно-фокусное расстояние при всех снимках с данного аппарата составляло 600 мм. На разработку аппарата РАП-120М-1Н III был получен патент на изобретение №2832386 от 23 декабря 2024 года. – Рисунок 1.

Рентгеновская съемка данным аппаратом осуществлялась «с рук», без использования штатива – Рисунок 2.

В эксперименте с целью объективизации качества съемки и сравнения оборудования был применен переносной рентгеновский аппарат CUBEX-28 (Корея). Технические характеристики аппарата: вес 12 кг; диапазон анодного напряжения: 40–120 кВ; количество мАс 0,4–100 – Рисунок 3.



Рисунок 1 – Патент на изобретение № 2832386

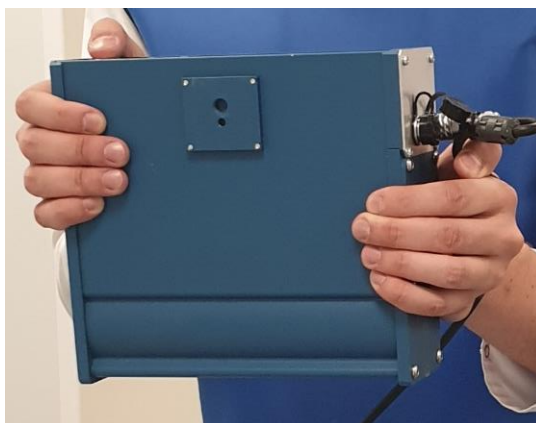


Рисунок 2 – Съемка экспериментальным рентгеновским аппаратом моноблочного типа, положение аппарата при съемке «с рук»



Рисунок 3 – Переносной рентгеновский аппарат CUBEX-28

В качестве приемников рентгеновского излучения использовались автономные плоскопанельные детекторы ROESIS XDR MG 1417 и RAYENCE 1417 WCC с характеристиками: количество снимков до 10 % заряда аккумулятора – 100; разрешающая способность: 6 п. л./мм, рабочее поле детектора – 240 × 300 мм.

В ходе экспериментального этапа на портативном экспериментальном рентгеновском аппарате моноблочного типа были разработаны оптимальные физико-технические условия съемки в неспециализированных условиях, составившие для большинства анатомических областей 70 кВ и 0,6–0,7 с в зависимости от вида детектора.

Все рентгеновские исследования осуществлялись в соответствии с требованиями норм радиационной безопасности, и съемка проводилась в рентгенозащитном фартуке, воротнике для защиты щитовидной железы, в специальных очках и перчатках.

2.2. Общая характеристика экспериментального этапа

На биологических объектах на плоскопанельных приемниках ROESIS XDR MG1417 и RAYENCE 1417 WCC при помощи портативного рентгеновского аппарата были сняты хаотично расположенные инородные тела, имитировавшие первичные и вторичные ранящие снаряды – пули, осколки свинца, стали, бетона, кирпича, стекла, пластика и костей, в том числе на фоне жгута и гипсовой повязки. Далее эти же инородные тела располагались на нижней конечности в проекции костей голени добровольца, в том числе с гипсовой повязкой и жгутом поверх инородных тел – Рисунок 4.

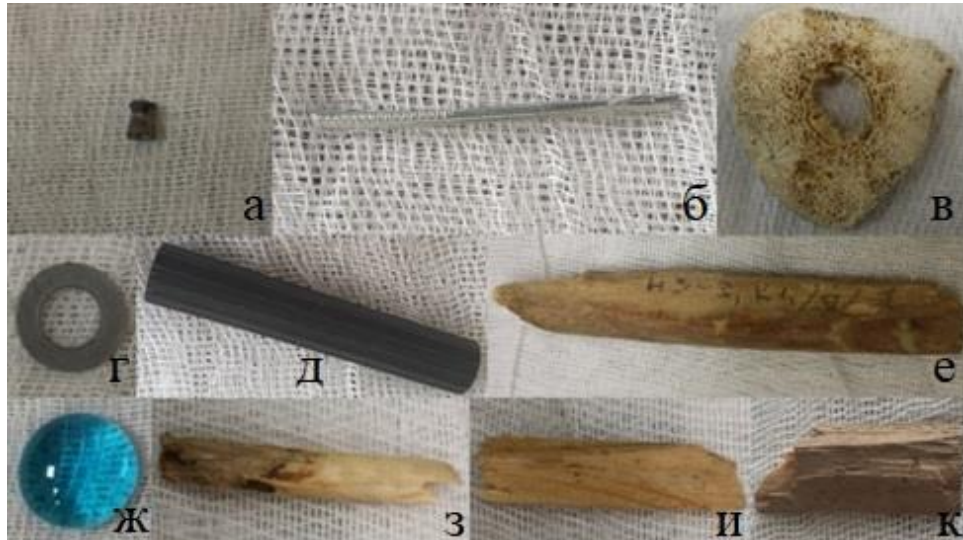


Рисунок 4 – Инородные тела для проведения экспериментального исследования:
а – свинцовая пневматическая пуля; *б* – металлический штифт; *в* – фрагмент кости;
г – металлическое кольцо; *д* – пластиковая трубка;
е – осколок кости; *ж* – стеклянная полусфера; *з, и, к* – деревянные фрагменты

Инородные тела были расположены на биологическом объекте в хаотическом порядке, на расстоянии друг от друга, чтобы не вызывать суммационное наложение. Далее также в хаотическом порядке инородные тела расположили на голени добровольца. Также наложили бинтовую и гипсовую повязки с целью выяснить, будут ли они вызывать затруднение в визуализации – Рисунок 5.



Рисунок 5 – Съемка портативным аппаратом голени добровольца с наложенными на нее бинтовой и гипсовой повязками

Следующим объектом выбран антропометрический фантом, который представлял собой имитацию грудной клетки и плечевого сустава взрослого человека из тканьэквивалентных материалов, которые по поглощению рентгеновского излучения воспроизводят свойства человеческих тканей. Далее в качестве объекта исследования использовался неонатологический фантом, представляющий собой аналогичную модель тела младенца, и фантом черепа взрослого человека.

При эксперименте на антропометрическом фантоме получены снимки грудной клетки и плечевого сустава в прямой проекции для оценки возможностей визуализации легочной ткани и суставов.

Также осуществлена съемка неонатологического фантома и фантома черепа с использованием двух плоскопанельных приемников для сравнения качества снимков, получаемых при использовании детекторов с различным программным обеспечением.

На неонатологическом фантоме и дополнительном биологическом объекте с применением детектора ROESIS XDR MG1417 исследована возможность дифференциации уранового поражения от обычных металлических инородных тел при помощи вольфрамовой пыли, фрагментов вольфрама и вольфрамового сплава с медью, которые использовались в качестве имитации урана из-за близкой к урану плотности – Рисунок 6.



Рисунок 6 – Общий вид экспериментального образца с использованием вольфрамовых составляющих: *а* – крупные фрагменты; *б* – пыль; *в* – пыль из вольфрамового сплава с медью

При съемке на детектор RAYENCE 1417 WCC двух моделей баллистического геля, по которым были произведены огнестрельные выстрелы сквозь препятствие, были изучены возможности визуализации раневых каналов – Рисунок 7.

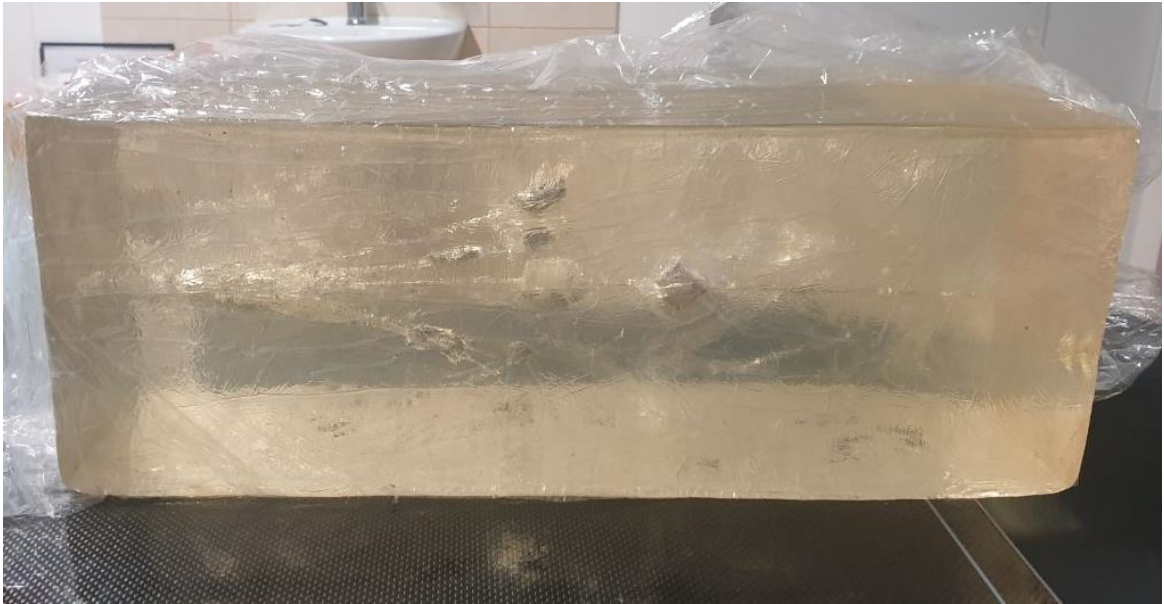


Рисунок 7 – Модель баллистического геля. Отчетливо визуализируется ход раневого канала, фрагменты ранящего снаряда (пули) и полости, созданные ударной волной

Далее для определения качества изображения на различных видах детекторов и разрешающей способности при съемке на переносном портативном аппарате исследован тестовый фантом Pro-Digi – Рисунок 8.

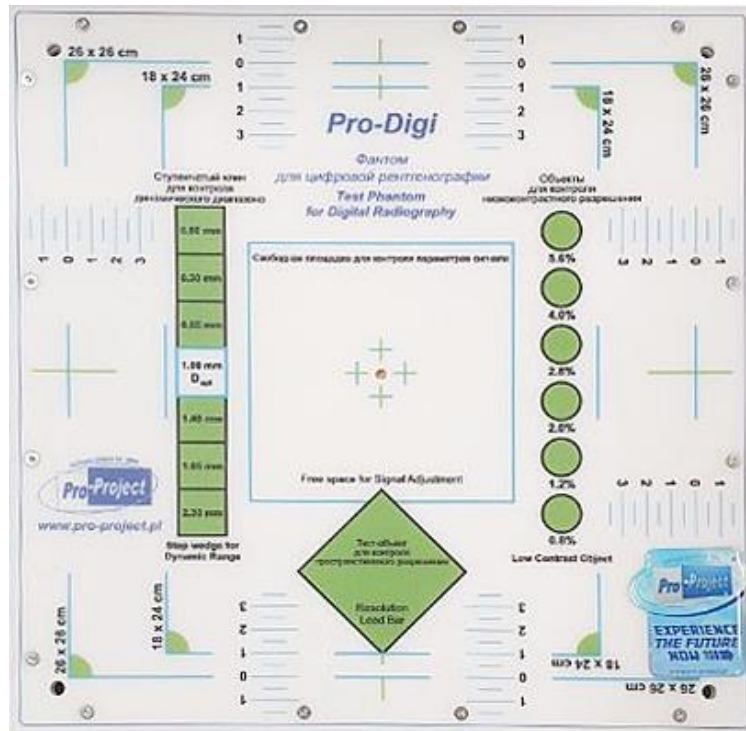


Рисунок 8 – Тестовый фантом Pro-Digi, используемый для проверки работоспособности цифрового рентгенографического оборудования: анализа выравнивания луча, динамического диапазона, контрастного разрешения, пространственного разрешения и однородности изображения

Также были проведены дозиметрические измерения на аппарате Дозиметр Piranha Multi – Рисунок 9.



Рисунок 9 – Дозиметр Piranha Multi

2.3. Общая характеристика судебно-медицинского этапа

При съемке в госпитальном патологоанатомическом отделении было отснято 110 трупов мужчин старше 18 лет. Из них 44 (40,0 %) в замороженном состоянии. Получено 18 (7,2 %) снимков брюшной полости, 69 (27,6 %) грудной клетки, 49 (19,6 %) нижних конечностей, 10 (4 %) верхних конечностей, 28 (11,2 %) таза, 68 (27,2 %) черепа и 8 (3,2 %) – неидентифицируемых частей тела, что в общей сумме составило 250 рентгеновских снимков. 130 (52,0 %) рентгеновских снимков были сделаны при помощи детектора RAYENCE 1417 WCC и 120 (48,0 %) – на детекторе ROESIS XDR MG1417.

Съемка трупов на данном этапе производилась при параметрах: 70 кВ, 0,6–0,7 с для большинства анатомических областей. Для крупных суставов и таза напряжение повышалось до 75–80 кВ, при наличии у исследуемого объекта избыточной массы тела напряжение при отдельных снимках могло увеличиваться до 90 кВ. Кожно-фокусное расстояние на всех снимках второго этапа составляло ~ 35–60 см.

При съемке замороженных трупов почти всегда возникала необходимость в нестандартных укладках.

На данном этапе вместе с отечественным экспериментальным рентгеновским аппаратом моноблочного типа весом 4,2 кг для сравнительной характеристики использовался переносной рентгеновский аппарат CUBEX-28 весом 12 кг со штативом при съемке на различных детекторах.

Таким образом, для решения задач исследования были использованы современные методы рентгенографии с новыми видами оборудования.

Данное исследование проводилась в рамках научно-исследовательской программы кафедры лучевой диагностики стоматологического факультета НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России «Разработка и оптимизация современных лучевых диагностических технологий для решения задач клинической практики» (государственная регистрация № АААА-А20-120012890148-0) и по проблеме

«Разработка, совершенствование и внедрение в клиническую практику актуальных лучевых диагностических модальностей (шифр 102-01, № государственной регистрации 125032604385-5).

ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Результаты экспериментального этапа

При съемке биологического объекта – Рисунок 10 – и голени добровольца – Рисунок 11 – было установлено, что все инородные тела, за исключением деревянных, в обоих случаях визуализировались и дифференцировались удовлетворительно даже на фоне гипсовой повязки и жгута.

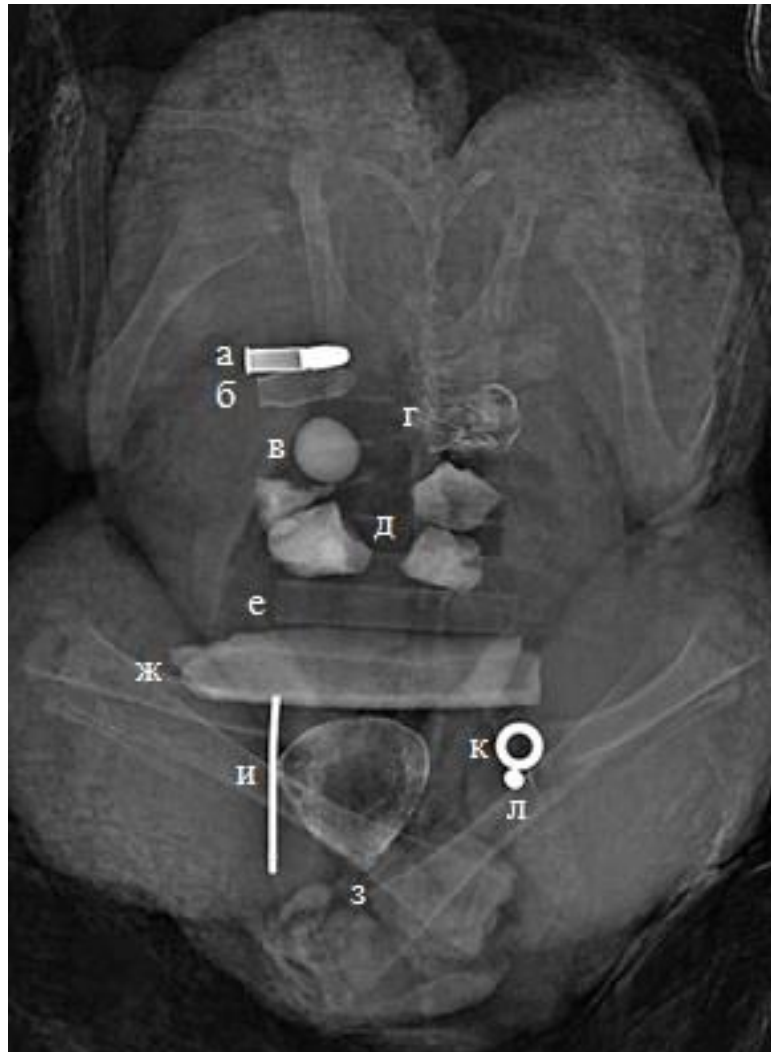


Рисунок 10 – Рентгенограмма биологического объекта с хаотично расположенными на нем инородными телами на фоне гипсовой повязки: *а* – патрон калибра 0.22; *б* – стеклянная ампула; *в* – стеклянная полусфера; *г* – осколки стекла; *д* – осколки бетона; *е* – пластиковая трубка; *ж*, *з* – фрагменты костей; *и* – металлическая игла; *к* – металлическое кольцо; *л* – свинцовая пневматическая пуля

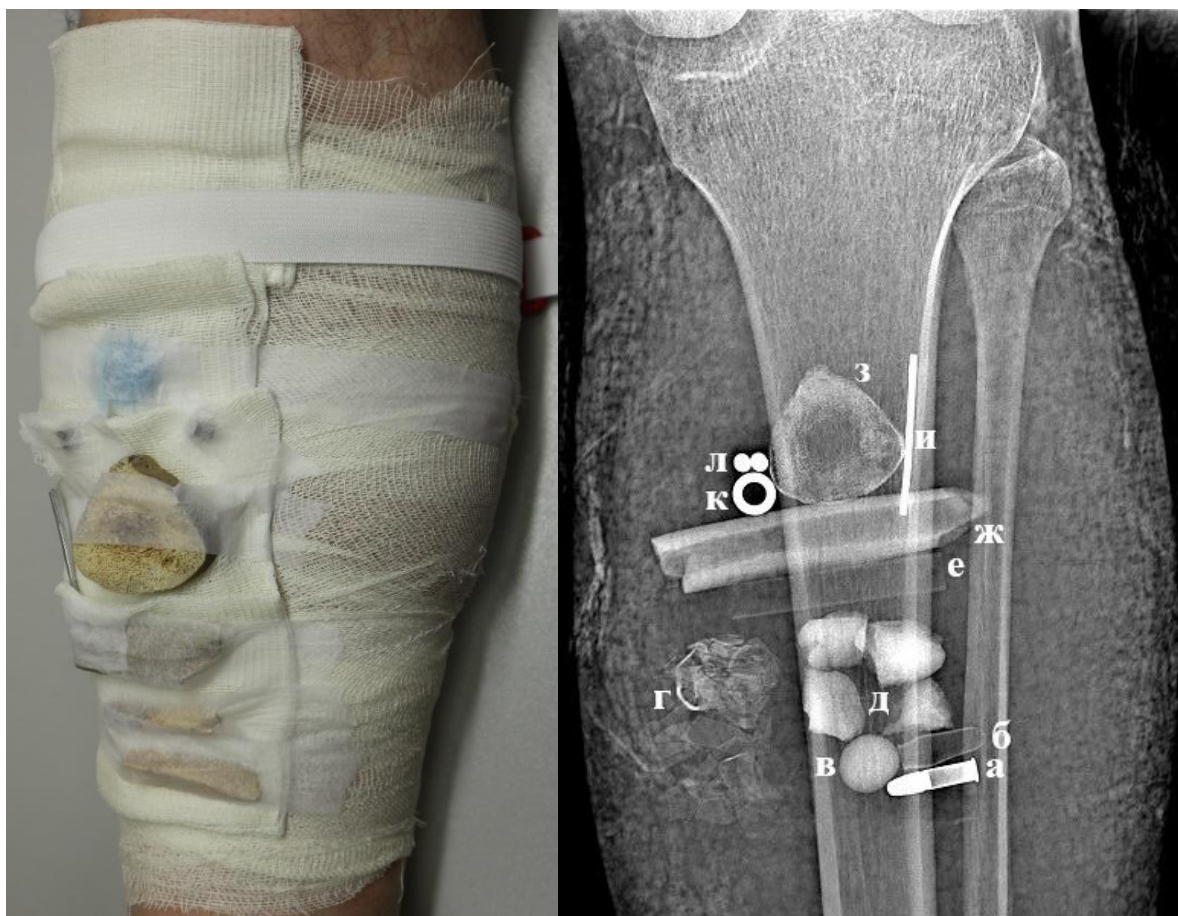


Рисунок 11 – Фото и рентгенограмма голени добровольца с хаотично расположенными на ней инородными телами на фоне гипсовой повязки:

а – патрон калибра 0.22; *б* – стеклянная ампула; *в* – стеклянная полусфера;

г – осколки стекла; *д* – осколки бетона; *е* – пластиковая трубка;

ж, *з* – фрагменты костей; *и* – металлическая игла; *к* – металлическое кольцо;

л – свинцовые пневматические пули

Анализ показал, что инородные тела деревянного происхождения визуализировались плохо, что было обусловлено низкой плотностью дерева. На некоторых рентгенограммах просматривались контуры без дифференциации внутренней структуры.

На снимках антропометрического фантома четко наблюдались как элементы плечевого сустава – костная ткань, суставные поверхности и суставная щель, краевые участки плечевой кости, лопатка, ключица и мягкие ткани, так и все структуры грудной клетки – легочные поля, легочный рисунок, корни легких, диафрагма, синусы, сердце и аорта.

При проведении съемки без применения штатива, то есть «с рук», значимая динамическая нерезкость отсутствовала, не оказывая существенного влияния на итоговые снимки – Рисунок 12.

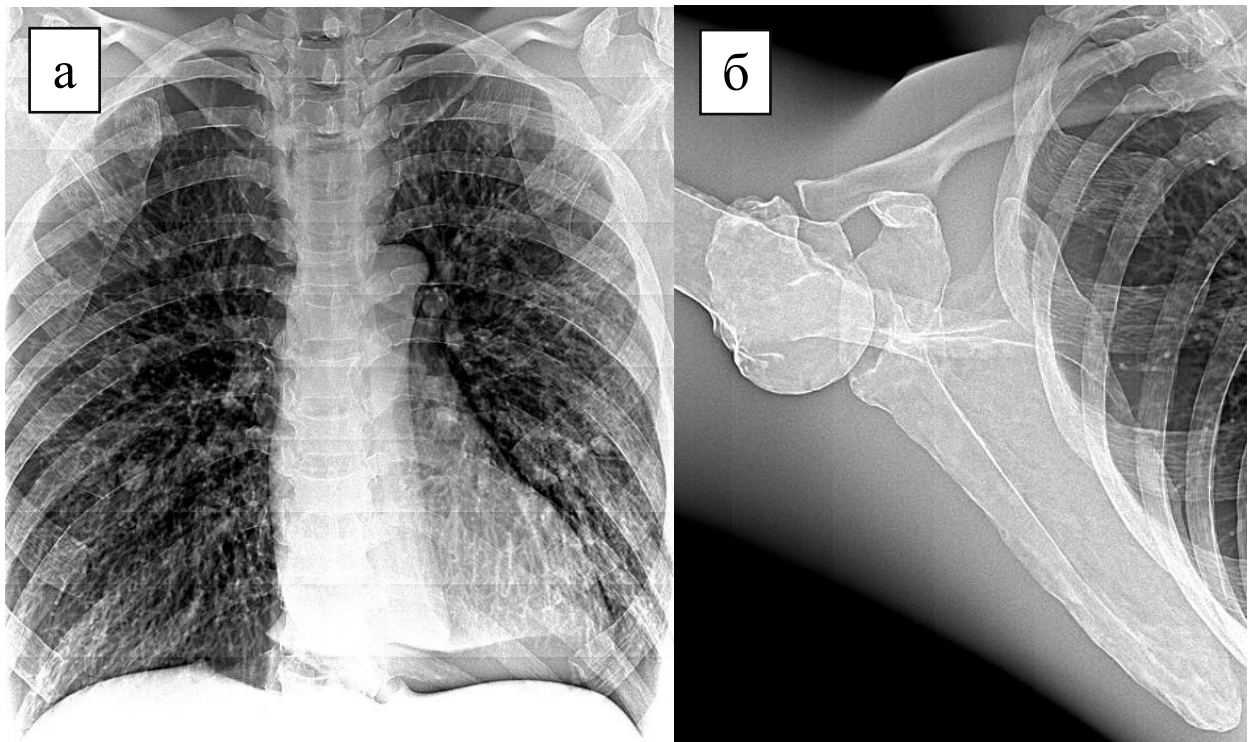


Рисунок 12 – Рентгеновские снимки тканэквиалентных антропометрических фантомов:
а – снимок грудной клетки фантома. Отображаются легочные поля, легочный рисунок, корни легких, диафрагма, синусы, аорта и сердце;
б – снимок плечевого сустава фантома. Определяются костная ткань, суставные поверхности, суставная щель, головка плечевой кости, лопатка, ключица, прилегающие к суставу плеча мягкие ткани

Съемка фантома черепа показала, что на рентгенограммах четко прослеживаются лобные, теменные и затылочная кости черепа, кости верхней и нижней челюсти. Кроме того, было установлено, что использование разных приемников рентгеновского излучения с различным программным обеспечением давало практически одинаковый уровень качества рентгеновских снимков – Рисунок 13.

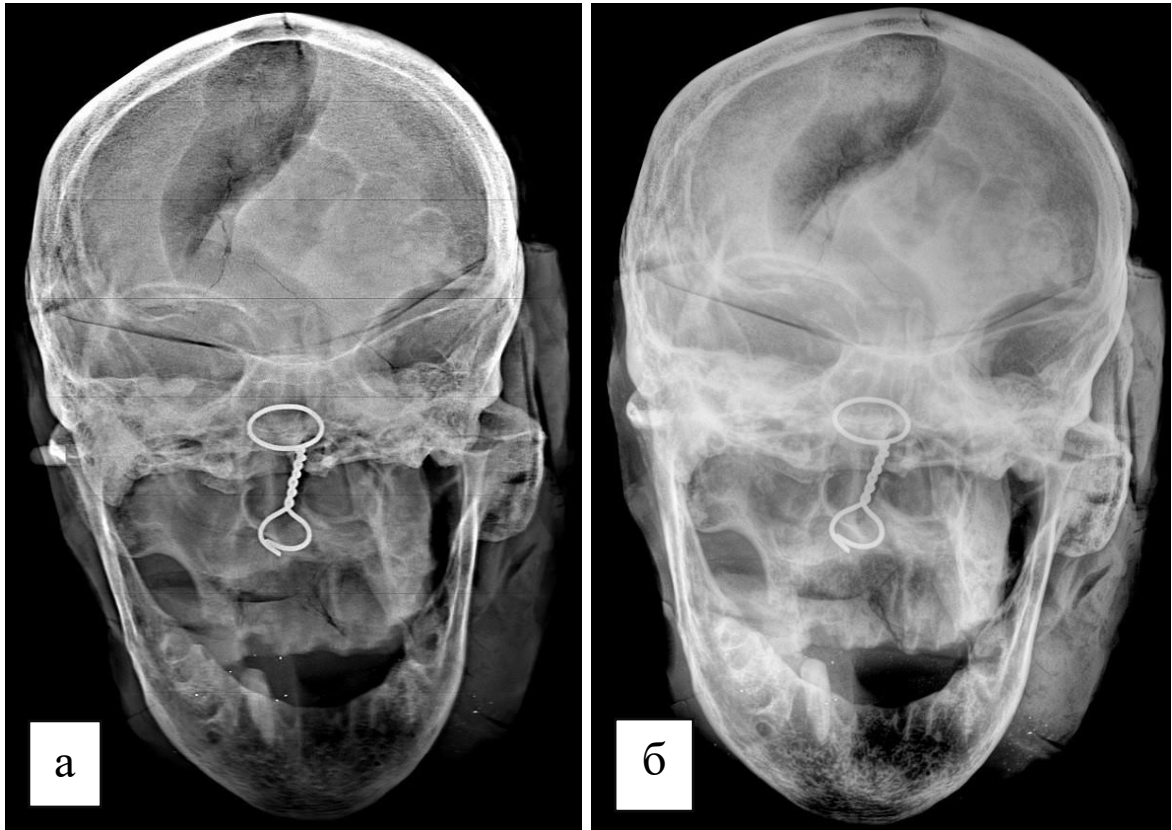


Рисунок 13 – *а* – снимок фантома черепа на детектор ROESIS;
б – снимок фантома черепа на детектор RAYENCE

При эксперименте с вольфрамовой пылью и осколками из вольфрама и вольфрамово-медного сплава было выявлено, что все осколки всех форм четко определялись на всех снимках независимо от режима съемки. Осколки вольфрама визуализировались в виде мелких частиц округлой формы, тогда как фрагменты из сплава вольфрама и меди чаще были неправильной формы. Однако дифференцировать осколки по их материалу удавалось только благодаря их различной форме – Рисунок 14.

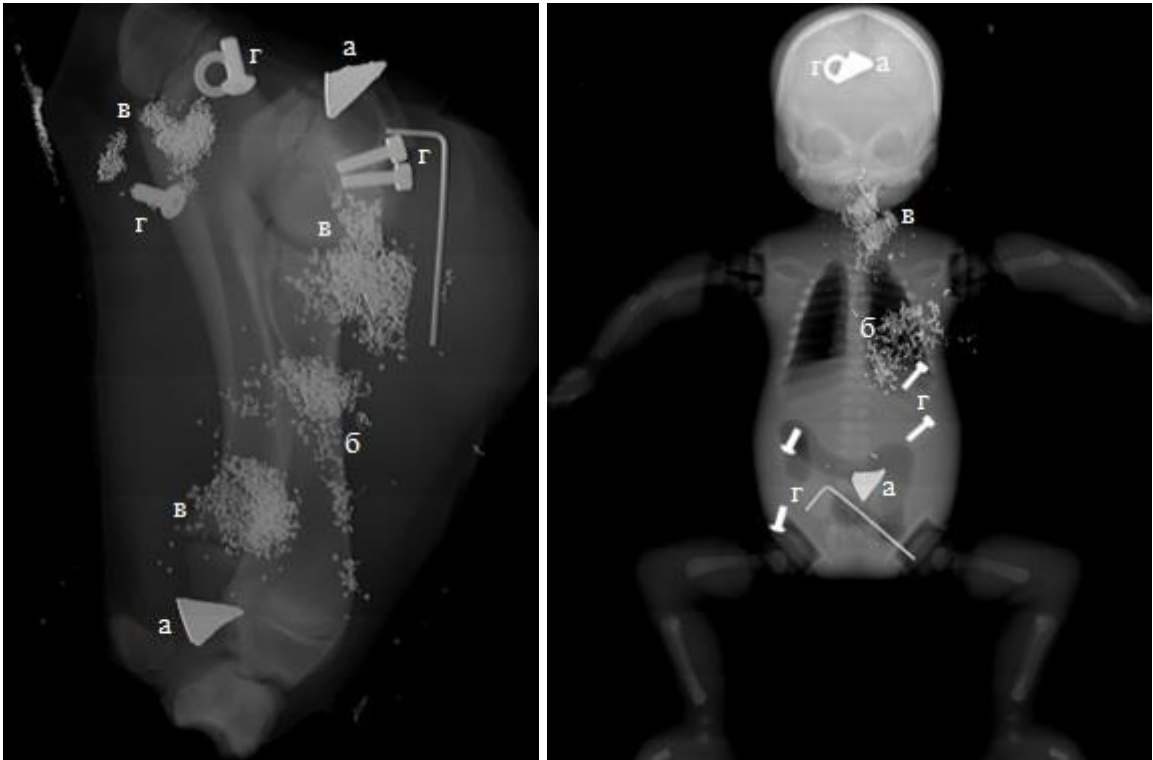


Рисунок 14 – Рентгеновские снимки биологического объекта (*слева*) и неонатологического фантома (*справа*). На обоих изображениях определяются:

- а* – треугольные осколки вольфрама; *б* – фрагменты из сплава вольфрама с медью;
- в* – мелкие частицы вольфрама; *г* – металлические инородные тела

Было проведено исследование с баллистическим гелем для установления возможности выявления раневых каналов. Использовались два бруска баллистического геля, по которым сквозь триплекс (многослойное стекло) произведены выстрелы из карабина «Сайга» патроном 5,45 × 39. При исследовании моделей баллистического геля четко определялись как фрагменты пуль и их оболочки, так и оставленные ими раневые каналы, несмотря на их частичное спадание. Сравнительный анализ КЛКТ и рентгенографии портативным рентгеновским аппаратом показал преимущество конусно-лучевой томографии в характеристике раневого канала за счет выявления дополнительных повреждений (ответвлений) и лучшее выявление полостей, образующихся под действием ударной волны.

Основной раневой канал, осколки пуль, их количество, величина и разброс в обоих случаях идентифицировались одинаково качественно – Рисунок 15.

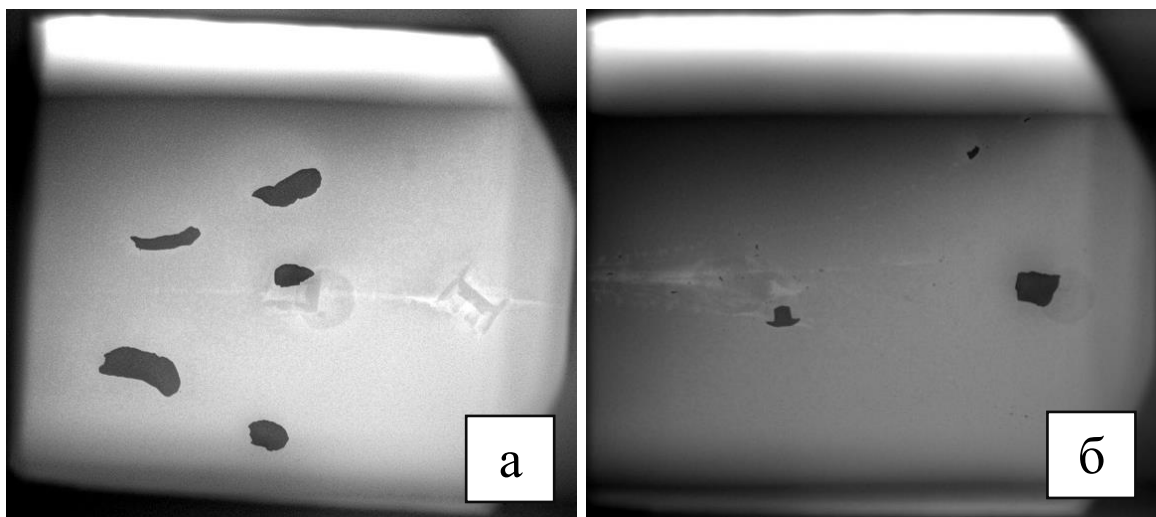


Рисунок 15 – *а* – модель геля № 1; *б* – модель геля № 2

Проверка на тест-объекте пространственного разрешения «Мира-5» с использованием детекторов ДПРС 2430 И ДПРС 4343 подтвердила, что качество получаемых при съемке «с рук» изображений стабильно не ниже 4–5 п. л./мм – Рисунок 16.

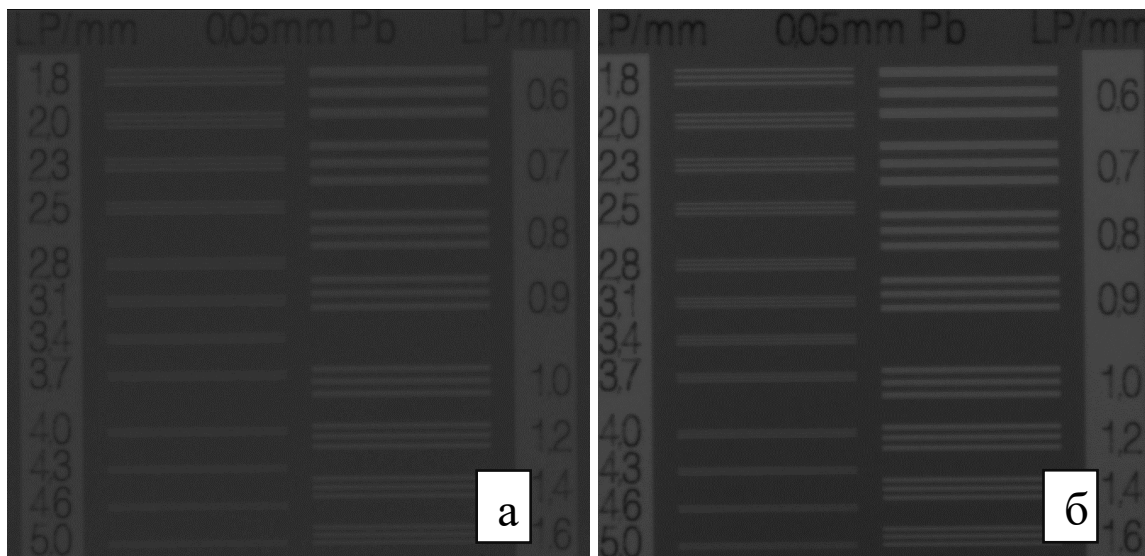


Рисунок 16 – *а* – снимок тест-объекта «Мира-5» на детектор ДПРС 2430;

б – снимок тест-объекта «Мира-5» на детектор ДПРС 4343

В результате экспериментальных исследований было установлено достаточное разрешение получаемых снимков и доказано отсутствие значимой динамической нерезкости. Было выяснено, что по качеству съемки отечественный рентгеновский аппарат моноблочного типа не уступал зарубежному

малогабаритному аналогу, но показал себя намного более эргономичным и удобным при эксплуатации благодаря малому весу и размеру.

Результаты дозиметрических измерений показали следующие данные по излучению на поверхности аппарата:

120 кВ – 6,4 мЗв/ч;

85 кВ – 2,77 мЗв/ч;

50 кВ – 0,36 мЗв/ч.

По итогам работы был разработан новый способ рентгеновской съемки и получен патент на изобретение № 2830812 – Рисунок 17.



Рисунок 17 – Патент на изобретение № 2830812

По результатам проведения работы была сформирована и зарегистрирована база данных экспериментальных изображений № 2023622023 от 20 июня 2023 г. – Рисунок 18.



Рисунок 18 – Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023622023

В результате экспериментальных исследований была доказана эффективность данной технологии съемки с низкой лучевой нагрузкой, что позволило осуществить регистрацию данного медицинского изделия под названием «Миран» – Рисунок 19.

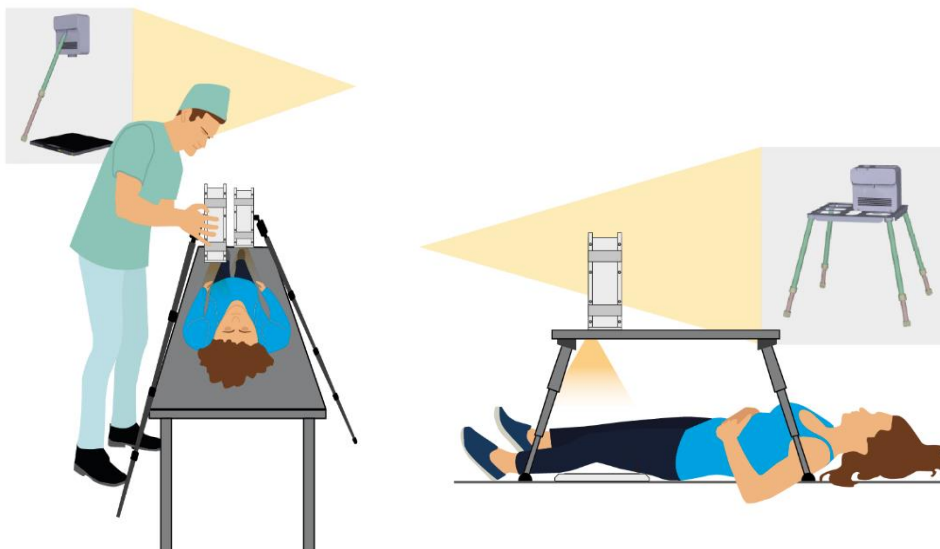


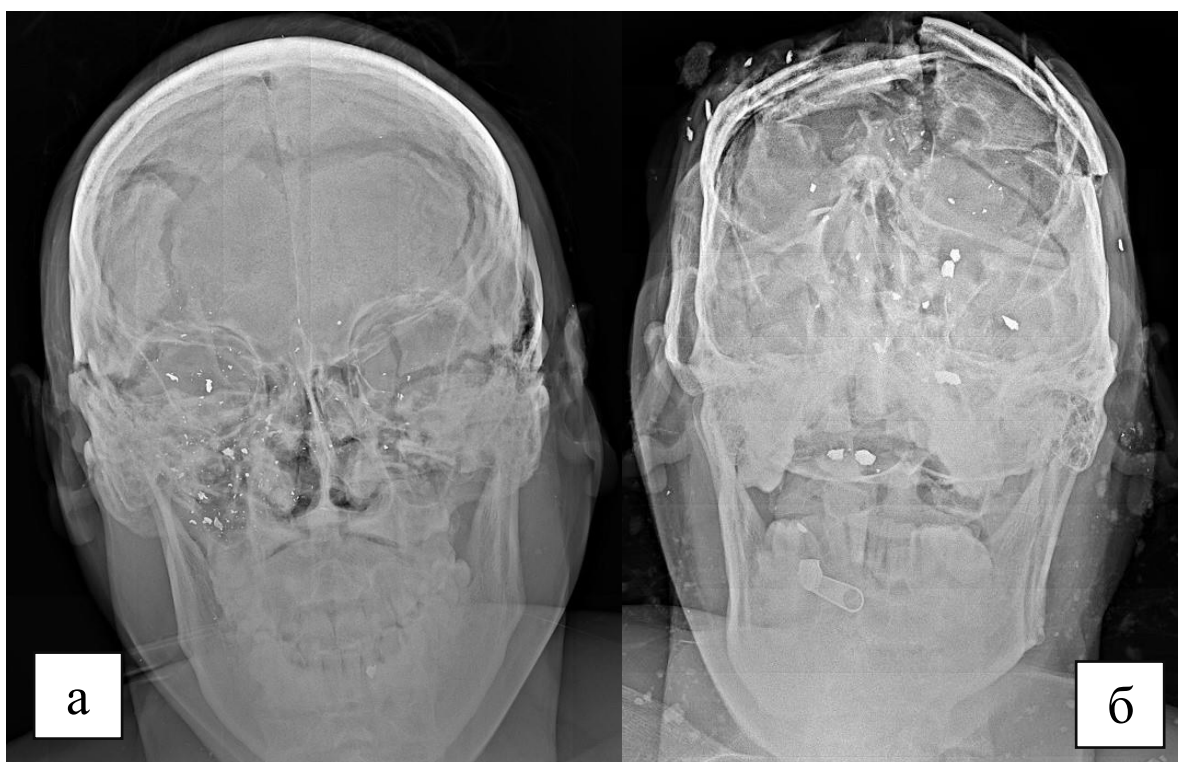
Рисунок 19 – Портативный рентгеновский аппарат «Миран»:

а, б, в, г – общий вид аппарата и регистрационное удостоверение; д, е – схематическое представление проведения исследования

Таким образом, экспериментальный этап показал, что возможности портативного рентгеновского аппарата достаточны как для отображения инородных тел различной плотности, так и для визуализации костной и легочной ткани, что делает возможным использование данного аппарата для задач судебной медицины, включая диагностику минно-взрывной травмы, в том числе при массовом поступлении погибших.

ГЛАВА IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПРЕСС-РЕНТГЕНОГРАФИИ ПОГИБШИХ

Анализ 68 рентгенограмм черепа, полученных при рентгенографии 51 трупа, показал, что у 20 (39,2 %) погибших были осколочные ранения черепа или смежных областей. Установлено, что в 11,7 % случаев повреждения были нанесены мелкими осколками, а в 9,8 % – крупными фрагментами ранящих снарядов. В 17,6 % повреждения были обусловлены сочетанным действием осколков различных калибров – Рисунок 20.



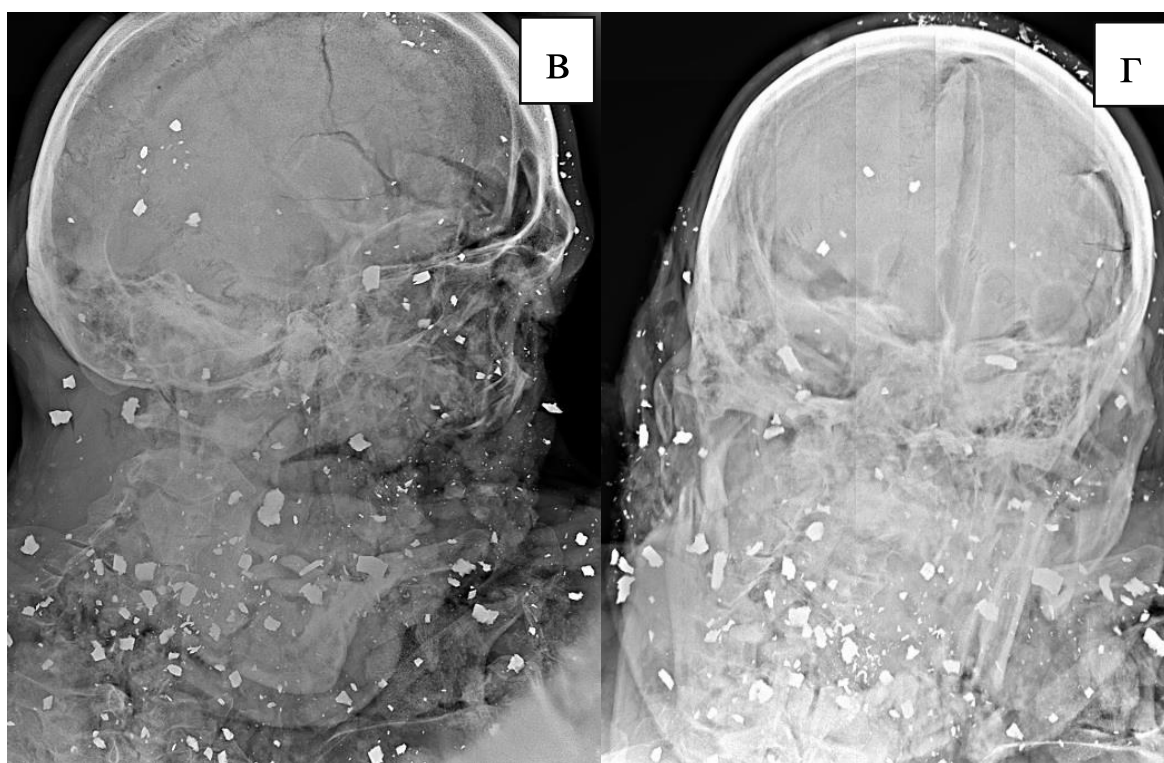


Рисунок 20 – Рентгенограммы черепа, выполненные в условиях бюро судебно-медицинской экспертизы: *а* – осколочное ранение черепа мелкими ранящими снарядами; *б* – повреждение костей черепа крупными фрагментами, вызывающими разрушение теменной и левой височной костей черепа; *в*, *г* – полное разрушение костных структур черепа в результате воздействия ранящих снарядов различного диаметра (от 0,1 до 20 мм)

Наличие обнаруженного инородного тела имело значение для правильной оценки ранения. На рентгенограммах всегда определялась локализация инородных тел в мягких тканях черепа, в кости, в полости черепа.

Уточнение своеобразия ранящего снаряда, то есть определение того, чем является инородное тело – пулей, поражающим элементом, шрапнелью, осколком снаряда, фрагментом оболочки, обломком каски или дрона, играло важную роль в заключении при расшифровке локализации ранения.

Результаты рентгенографии «с рук» выявили массивные повреждения костей лицевого и мозгового черепа в результате воздействия поражающих элементов шаровидной формы. При этом раневой канал отчетливо не прослеживается – Рисунок 21.



Рисунок 21 – Рентгенограмма черепа, на которой визуализируются округлой формы ранящие снаряды, вызывающие массивные разрушения височной и затылочной костей черепа (белые стрелки)

В исследовании подавляющее большинство снарядов (90 %) не имели четкой геометрической формы, а размер осколков варьировал от 0,1 мм до 4,0 см в диаметре – Рисунок 22.

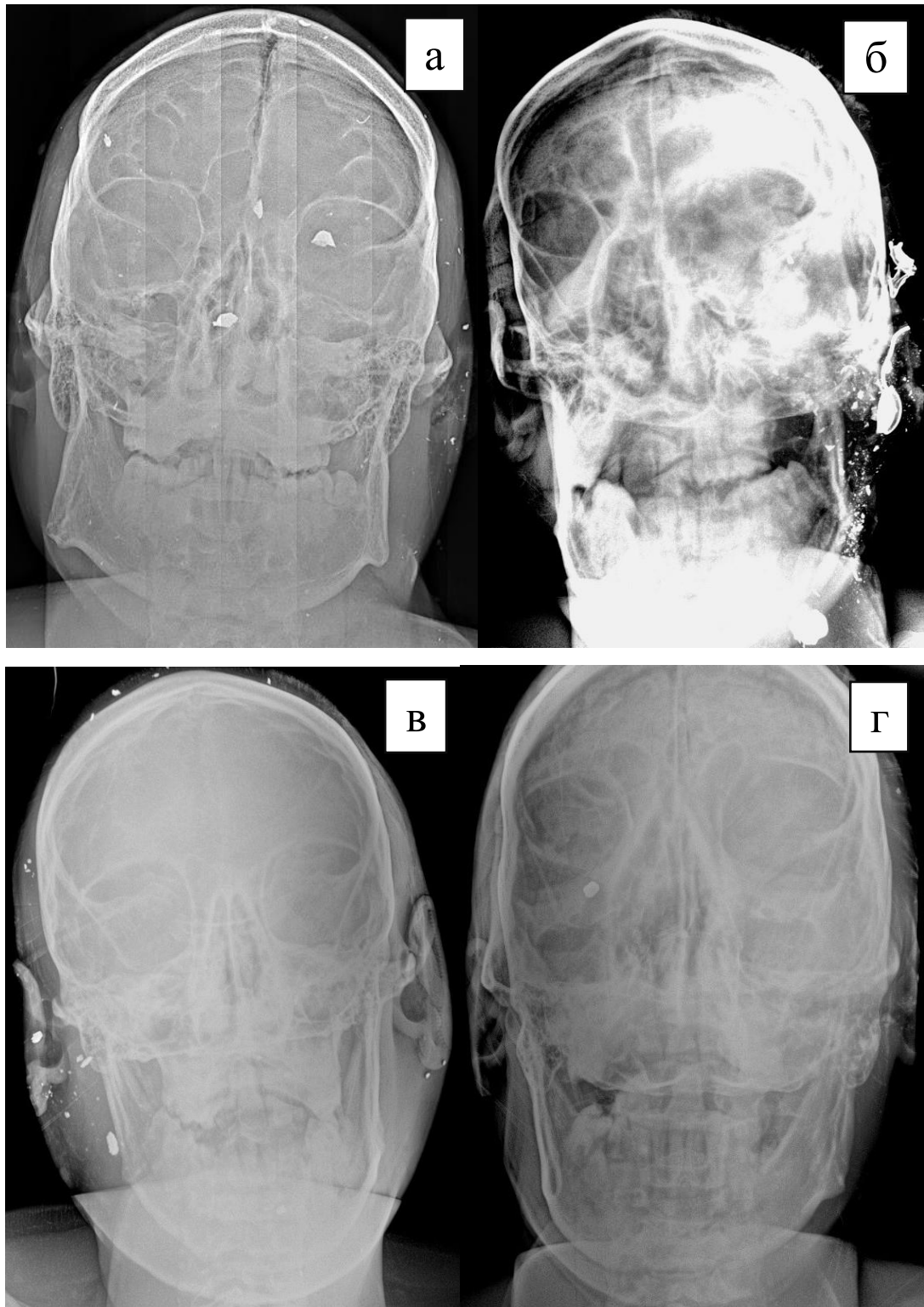


Рисунок 22 – Фрагменты рентгенограмм черепа с ранищими снарядами различных размеров и форм. На всех снимках определяются повреждения мягких тканей и металлические инородные тела различных форм

В 8 наблюдениях ранищих снарядов в структурах черепа обнаружено не было, однако имели место множественные переломы основных костей свода

черепа, придаточных пазух носа, верхней и нижней челюсти из-за воздействия взрывной волны – Рисунок 23.

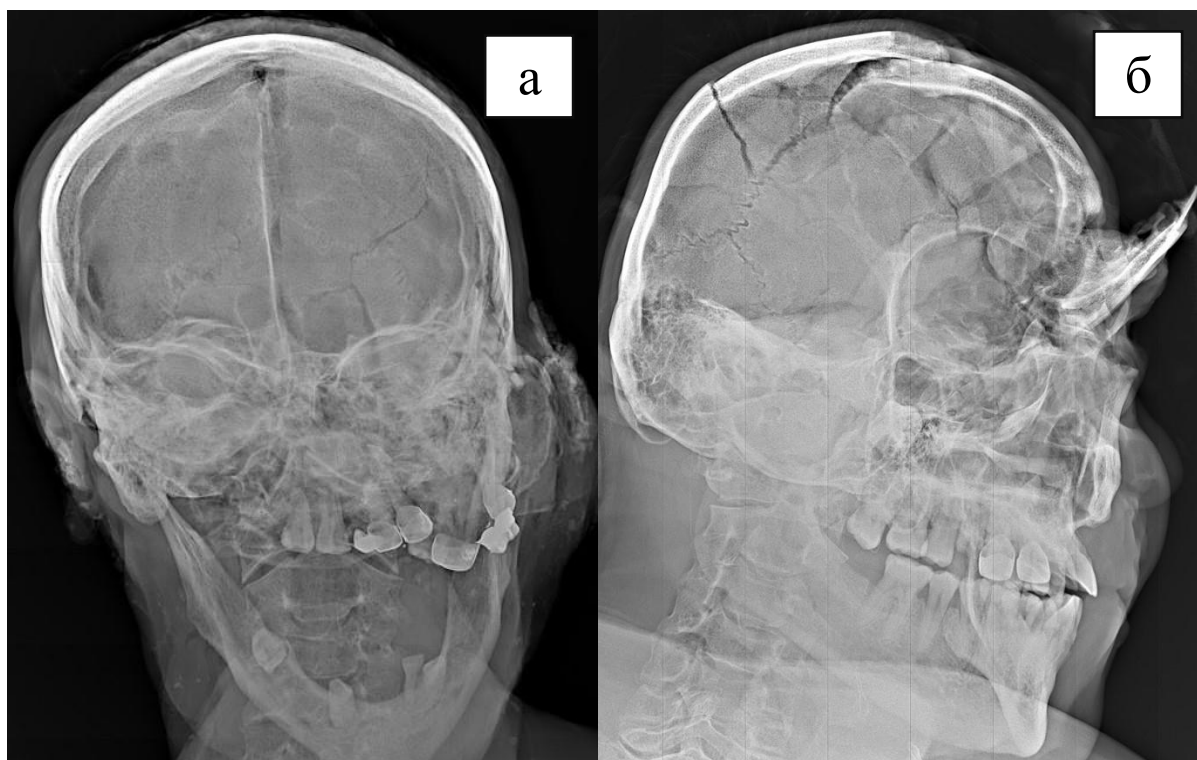


Рисунок 23 – Рентгенограммы черепа. Определяются множественные переломы костей черепа, обусловленные взрывной волной: *а* – наложение костей верхних челюстных пазух с нижней стенкой глазницы с частичным смещением зубного ряда влево, обусловленное действием взрывной волны. Дополнительно определяется перелом неправильной линейной формы затылочной кости слева; *б* – переломы свода черепа, один с выраженным захождением отломков. Определяются множественные радиальные переломы, расхождение швов, частичный отрыв лобной кости с выступом проксимального отдела на 42 мм и вклиниванием дистальной части в полость глазницы

В 9 случаях на рентгенограммах установлены сочетанные поражения черепа, шеи, грудной клетки и верхних конечностей.

Особое значение придавалось возможности определения раневого канала с визуализацией входного и выходного отверстий. В редких случаях рентгеновские признаки раневого канала были обусловлены траекторией ранящего снаряда – Рисунок 24.

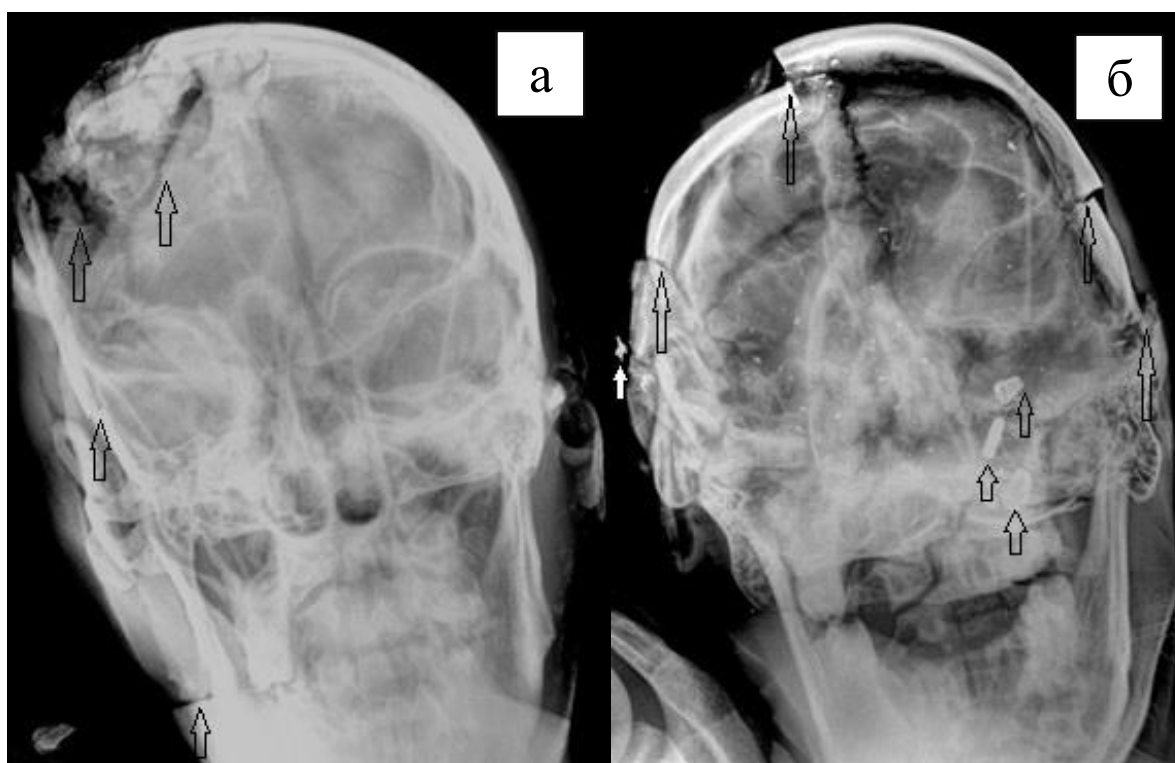


Рисунок 24 – Рентгенограммы черепа. Раневые каналы, сформированные действием огнестрельных снарядов (пули): *а* – рентгенограмма черепа в прямой проекции. Определяются признаки касательного ранения верхней части черепной коробки справа с разрушением тканей мозга и костей свода черепа, переломы теменной кости справа и перелом правой ветви нижней челюсти. Четко визуализируется раневой канал, проходящий через дистальную часть теменной кости. В проекции мягких тканей правого плеча наблюдается крупный костный фрагмент неправильной формы, предположительно из костей черепа; *б* – рентгенограмма черепа в прямой проекции: отмечаются множественные переломы костей свода черепа, в том числе с захождением отломков, визуализируются раневой канал, идущий от нижнего края затылочного шва до правой височной области, и выраженно деформированная пуля на выходе. Отмечается расхождение затылочного шва. Определяется тотальное поражение мелкими металлическими осколками, обнаруженными в полости черепа: стальным сердечником, фрагментированной оболочкой и пылевидным распределением свинца рубашки пули в проекции костей лицевого скелета. Наблюдается тотальное разрушение мягких тканей головы

Анализ выполненных исследований показал, что все ранения черепа сопровождались множественными переломами, фактически всех костей черепа. Дифференцировка и характеристика переломов была затруднительна из-за

большого объема поражения, обусловленного значительной кинетической энергией ранящего снаряда и взрывной волны.

Установлено, что формы участка нарушения целостности кости, обнаруживаемые рентгенологически, определялись величиной «угла падения». Чем ближе «угол падения» ранящего снаряда к прямому, тем более округлой становится форма участка повреждения кости. Чем меньше «угол падения», тем протяженнее участок повреждения, поскольку при таких соотношениях раневой канал проходит почти параллельно плоскости повреждаемого отдела черепа.

При проведении исследований очень важные данные получены при рентгенологическом анализе величины костных фрагментов, их количества и направления смещения. Отломки черепа встречались от мельчайших до столь крупных, что они составляли значительную часть одной или даже двух, или трех и более смежных костей. У некоторых погибших отломки костей были так многочисленны, что не представлялось возможным их подсчитать. Отломки кости черепа иногда располагались в области участка повреждения черепа, но чаще наблюдалось значительное смещение, достигавшее 5 см и более. При наличии отчетливого смещения фрагментов участок повреждения черепа превращался в зияющий дефект. Костные фрагменты смещались внутри от этого отверстия, то есть интракраниально, кнаружи – экзокраниально, или в обе стороны. В месте непосредственного воздействия ранящего снаряда, обладающего большой кинетической энергией, визуализировались множественные мельчайшие (пылевидные) костные отломки по ходу раневого канала [13].

Исследование 69 рентгеновских снимков, сделанных при рентгенографии 50 трупов, показал, что поражение грудной клетки было обнаружено у 33 погибших, что составило 66 %. Из 33 погибших в результате ранения грудной клетки в 5 (10 %) случаях отмечалось повреждение мелкими осколками, в 7 (14 %) – крупными, в 12 (24 %) причиной повреждений было сочетанное действие осколков различного размера, еще в 4 (8 %) случаях регистрировалось множественное поражение – Рисунок 25. Помимо осколков в процессе поиска в телах погибших

ранящих снарядов грудной клетки было найдено 5 (10 %) пулевых ранящих снарядов – Рисунок 26.

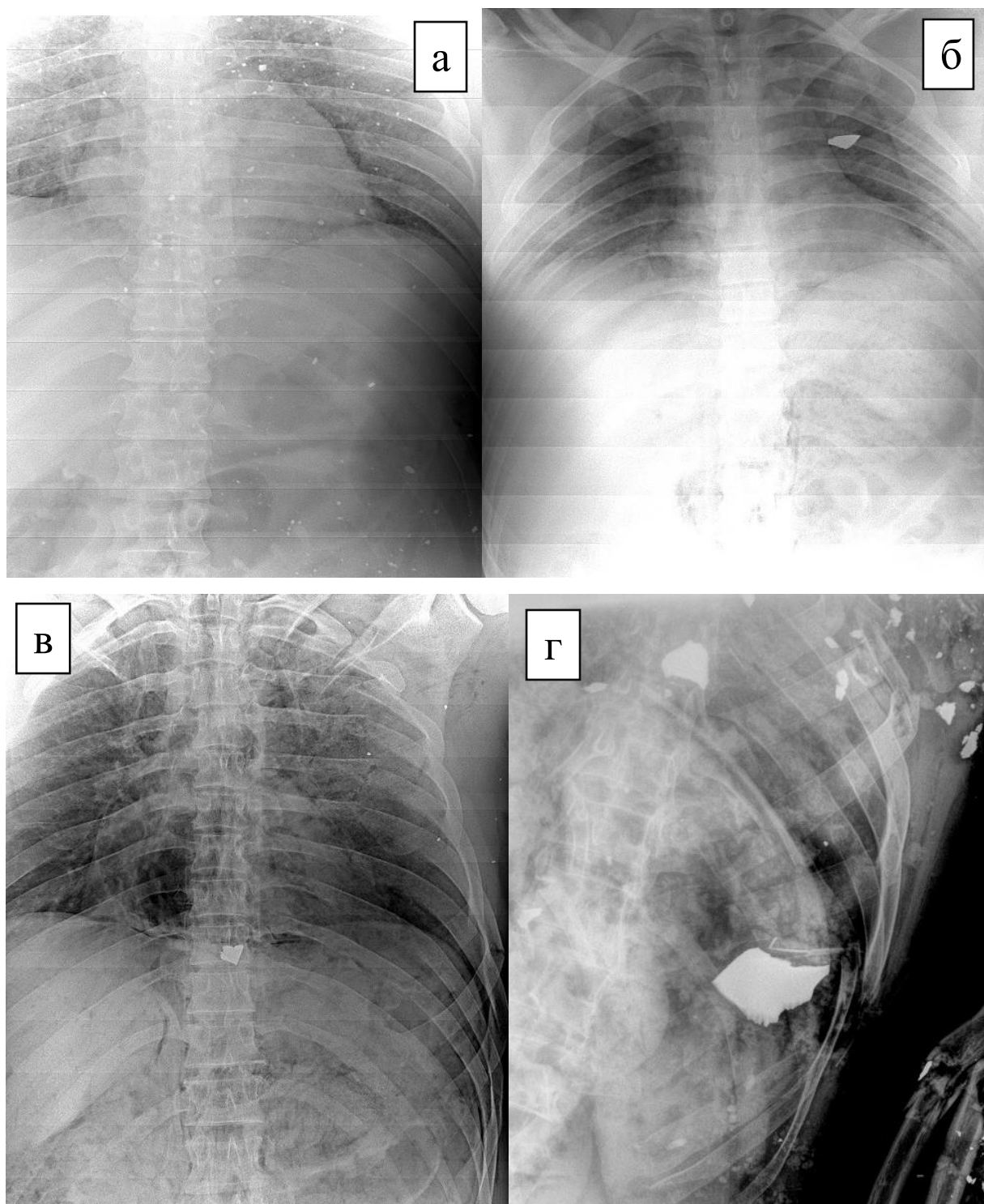


Рисунок 25 – Рентгенограммы грудной клетки, выполненные в условиях бюро судебно-медицинской экспертизы: *а* – поражение грудной клетки множественными мелкими осколками до 4 мм в диаметре; *б* – слева в проекции заднего отрезка Th5 отмечается осколок неправильной формы размерами 11 × 23 мм; *в* – в проекции Th9 определяется крупный металлический осколок неправильной формы размерами 14 × 16 мм, *б* мелких осколков диаметром до 1 мм в

диаметре в проекции мягких тканей левой половины грудной клетки; *з* – тотальное поражение грудной клетки разнокалиберными осколками неправильной формы размерами до 47×60 мм. Визуализируются множественные оскольчатые переломы ребер

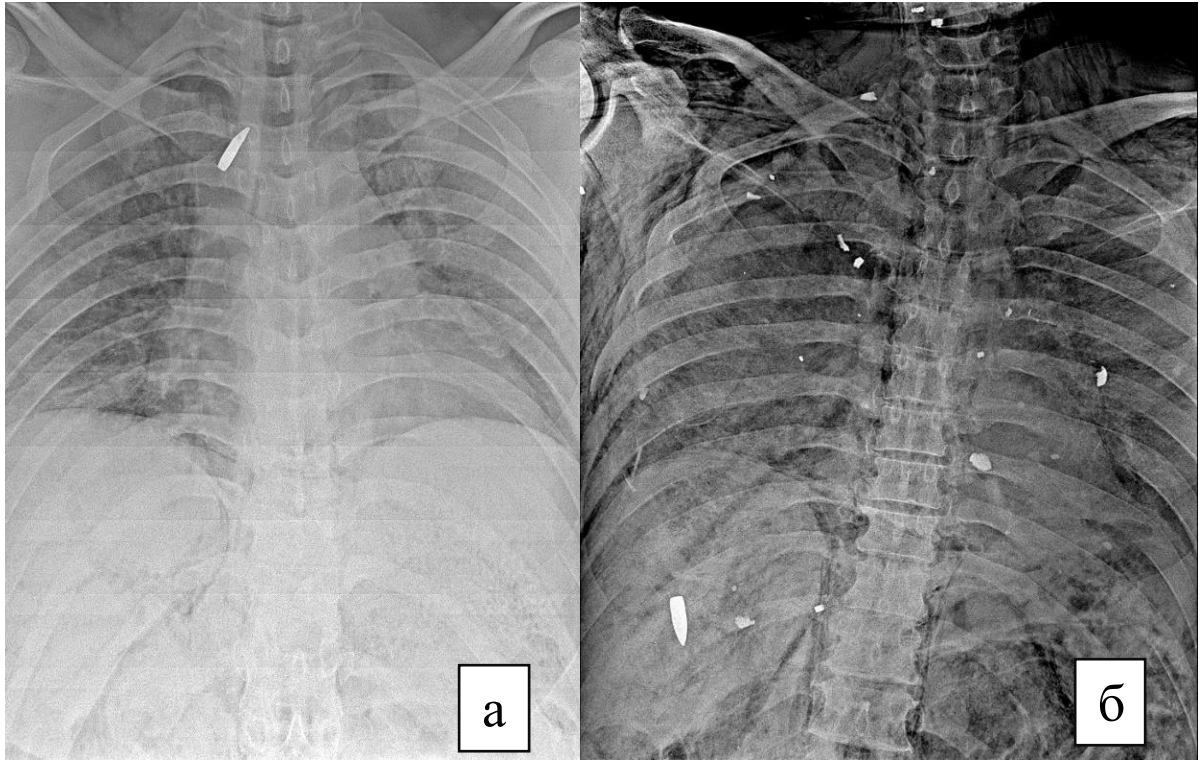


Рисунок 26 – Рентгенограммы грудной клетки с визуализацией пулевого и осколочно-пулевого поражения: *а* – паравертебрально справа на уровне Th3–Th4 определяется тень деформированной пули; *б* – сочетанное поражение грудной клетки множеством осколков различных форм и размеров, самый крупный 8×14 мм. В проекции задних отрезков Th10–Th11 справа отмечается тень пули

В 20 (40 %) случаях на рентгенограммах установлены сочетанные поражения грудной клетки, черепа, шеи, брюшной полости и верхних конечностей.

Особое значение придавалось возможности определения раневого канала с визуализацией входного и выходного отверстий. В одном случае был выявлен раневой канал сквозной раны, оставленный крупным осколком – Рисунок 27.

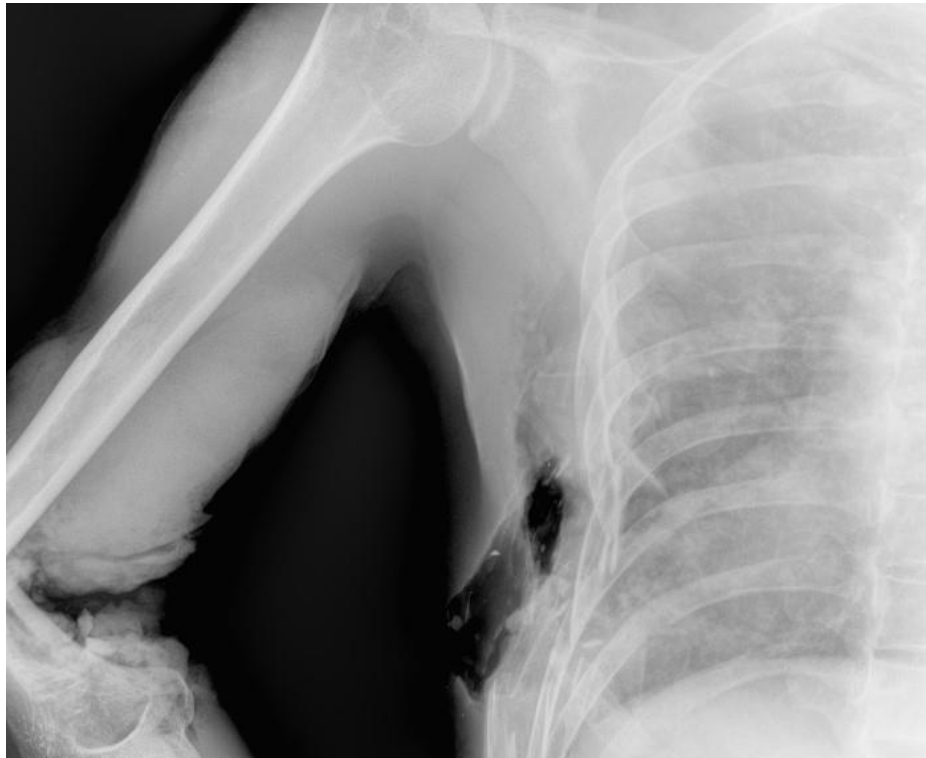


Рисунок 27 – Рентгенограмма грудной клетки с захватом верхней конечности. Определяется ход раневого канала с неровными контурами, переломами ребер Th5–Th7. В проекции раневого канала и мягких тканей грудной клетки отмечаются множественные костные осколки диаметром до 1 мм

Анализ рентгенограмм грудной клетки показал, что подавляющее большинство ранений грудной клетки сопровождались переломами ребер, выраженными травмами мягких тканей и повреждениями тканей легких [12].

У 33 трупов со смертельными ранениями органов брюшной полости было получено 40 рентгенограмм. Анализ показал, что у 25 (62,5 %) погибших определялись сочетанные ранения брюшной полости и таза. В 22 (58,3 %) случаях поражение было обусловлено сочетанным действием нескольких ранящих снарядов различных размеров и форм, при этом раневой канал не визуализировался, вероятно, вследствие миграции ранящего снаряда из другой области – Рисунок 28.

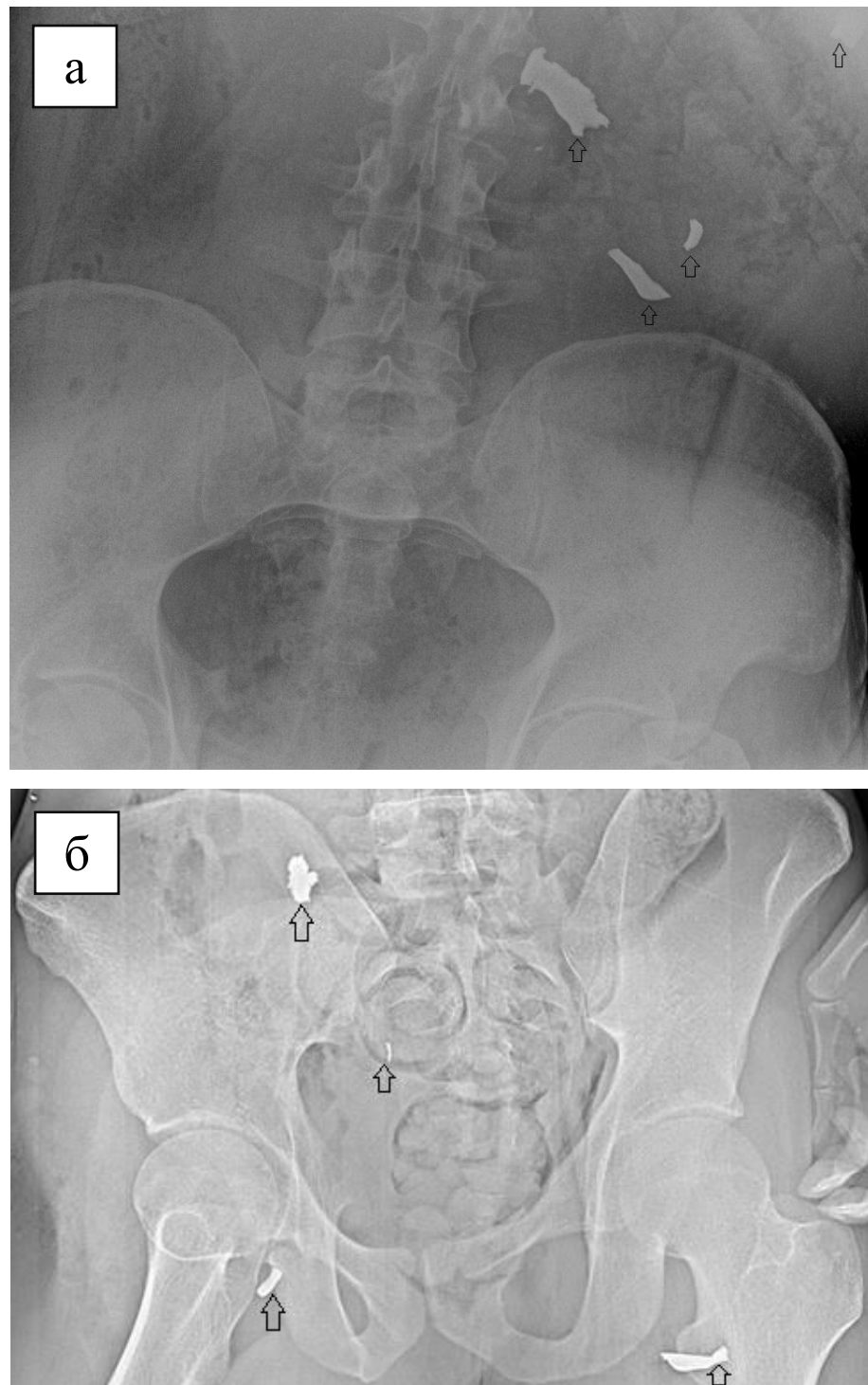


Рисунок 28 – Рентгенограммы таза и брюшной полости в прямой проекции в атипичной укладке: *a* – на рентгенограмме таза и брюшной полости определяются 4 осколка неправильной формы размерами 18×52 , 10×35 , 12×14 и 6×13 мм (*черные стрелки*). Отмечается наличие газа в проекции восходящего и нисходящего отделов ободочной кишки; *б* – на рентгенограмме таза с захватом тазобедренных суставов определяются 4 осколка неправильной формы, из них 1-й – в проекции правого крыла подвздошной кости размерами 11×21 мм, 2-й – в проекции правой седалищной кости размерами 5×14 мм, 3-й – в проекции малого вертела левой

бедренной кости размерами $7,5 \times 27,5$ и 4-й – в проекции малого таза размерами $1,5 \times 8$ мм. Наблюдаются газ и содержимое кишечника в проекции малого таза

В редких случаях отмечались тяжелые поражения брюшной полости и таза, обусловленные преимущественно бризантным действием боеприпаса или снарядов, прошедших сквозь мягкие ткани навылет – Рисунок 29.



Рисунок 29 – Рентгенограмма брюшной полости и таза в прямой проекции в атипичной укладке. Наблюдаются массивные повреждения мягких тканей левой половины брюшной полости. На уровне L2 позвонка слева определяются 4 фрагмента костной плотности, самый крупный размерами 10×18 мм. В проекции поврежденных мягких тканей брюшной полости и костей таза определяются 12 мелких металлических осколков менее 0,5 мм в диаметре. Определяются множественные щели-пустоты, заполненные газом

На многих рентгенограммах обнаруживались ранящие снаряды, и на их фоне хорошо визуализировались раздутые петли кишечника с его содержимым и пузырьки газа в проекции мягких тканей брюшной полости и таза – вероятно, гнилостного характера – Рисунок 30.



Рисунок 30 – Рентгенограмма брюшной полости и таза в прямой проекции в атипичной укладке. На рентгенограмме брюшной полости и таза в прямой проекции определяются 2 фрагмента неправильной формы костной плотности в проекции брюшной полости на уровне L2 позвонка. Визуализируются стенки кишечника и его содержимое, пузырьки газа в проекции восходящего и нисходящего отделов ободочной кишки, множественные пузырьки и щели-пустоты, заполненные воздухом

При проведении исследований, несмотря на ограничения, связанные с раздутыми петлями кишечника вторичного характера, осколки не только металлической, но и костной плотности визуализировались удовлетворительно, кроме того, во всех случаях возможно было определить их величину, форму и ориентировочную локализацию. Во многих случаях наблюдались пузырьки газа, что косвенно свидетельствовало о повреждении полого органа, но в то же время не удалось идентифицировать ни один раневой канал. Таким образом, можно сделать вывод, что экспресс-рентгенодиагностика при исследовании брюшной полости имеет ограниченные возможности и только в определении количества, величины и ориентировочной локализации ранящего снаряда.

У 33 (75 %) погибших отмечено поражение верхних конечностей. Из этих погибших 20 (45,5 %) получили повреждение множественными металлическими фрагментами различного размера – Рисунок 31, еще в 5 случаях (11,3 %) отмечалось тотальное осколочное поражение с множественными повреждениями всех видимых на рентгенограммах костей, мягких тканей и многочисленными осколками различных размеров и форм – Рисунок 32. В 3 (6,8 %) случаях причиной повреждений было действие единичных осколков, и в 2 (4,5 %) – пуль – Рисунок 33. Еще в 3 (6,8 %) случаях отмечались травмы, обусловленные воздействием ранящего снаряда, прошедшего навылет – Рисунок 34.

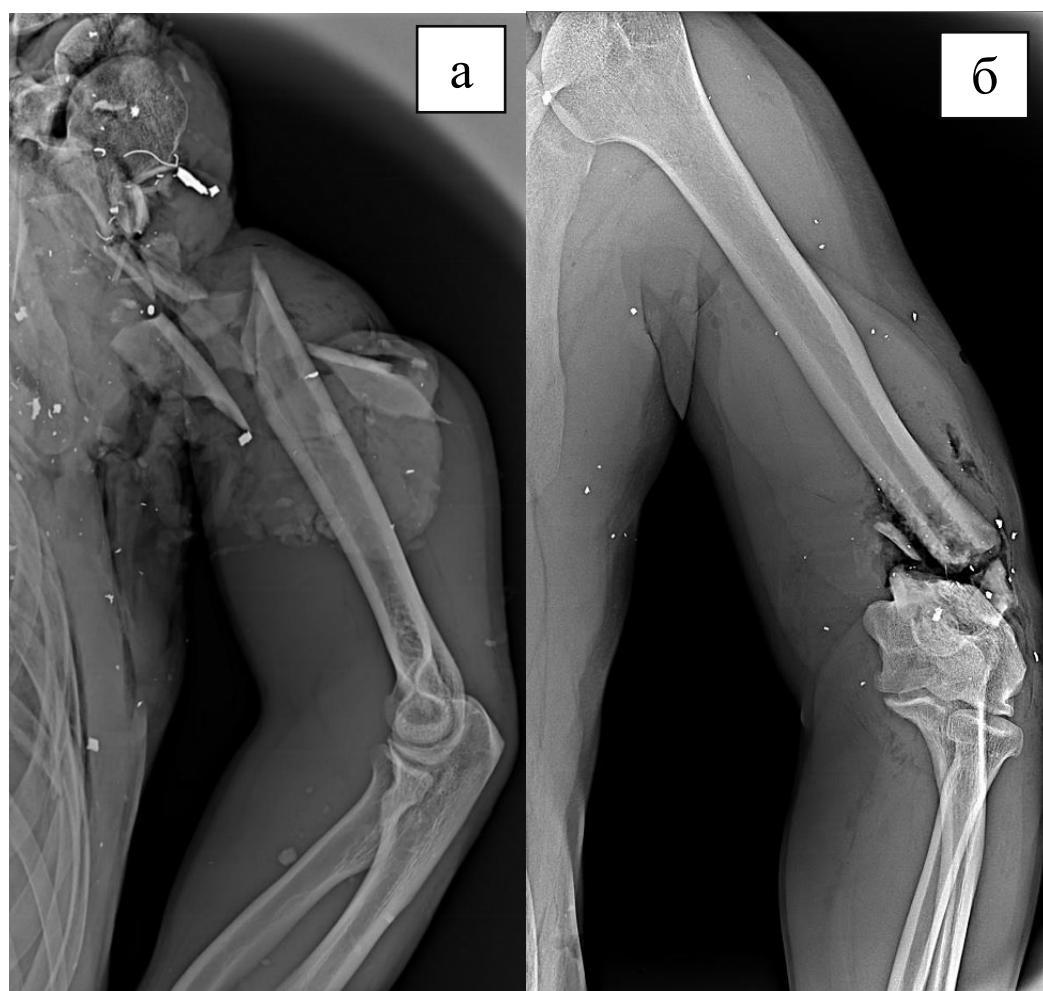


Рисунок 31 – Рентгенограммы левых плечевых костей с захватом локтевого и плечевого суставов, выполненные в условиях бюро судебно-медицинской экспертизы: *а* – многооскольчатый перелом проксимальной трети диафиза плечевой кости со смещением отломков, включая головку плечевой кости. Определяются 5 крупных металлических осколков в проекции мягких тканей подмышечной области размерами от 2×3 до 5×5 мм в диаметре, 1

крупный осколок размерами $6,5 \times 4,5$ мм на уровне головки плечевой кости, в проекции мягких тканей плеча 8 осколков размерами от 3×4 до 5×17 мм, а также более 40 мелких фрагментов размерами менее 1 мм в диаметре; б – оскольчатый перелом дистальной трети диафиза плечевой кости со смещением отломков. Отмечается 1 крупный осколок в проекции суставной щели плечевого сустава размерами $4,5 \times 6,5$ мм, 1 крупный осколок в проекции локтевого сустава размерами $6,5 \times 3,5$ мм, 9 металлических фрагментов размерами от $7 \times 3,5$ до $1,5 \times 1$ мм в проекции дистальной трети диафиза плечевой кости, 5 фрагментов размерами 2×1 и 3×3 мм в диаметре в проекции мягких тканей подмышечной области и более 30 мелких осколков размерами менее 0,5 мм в диаметре в проекции мягких тканей плеча



Рисунок 32 – Рентгенограммы правых локтевых суставов в атипичной прямой проекции:
a – на рентгенограмме правой плечевой кости в прямой проекции с захватом плечевого и локтевого суставов отмечаются множественные оскольчатые переломы костей со смещением отломков, образующих плечевой и локтевой суставы, многочисленные травмы мягких тканей, бесчисленное количество разнокалиберных металлических осколков неправильной геометрической формы; *б* – на рентгенограмме правого локтевого сустава в прямой проекции с захватом костей предплечья определяются множественные многооскольчатые переломы костей предплечья со смещением отломков, многочисленные травмы мягких тканей, бесчисленное количество осколков металлической плотности различных размеров и форм



Рисунок 33 – Рентгенограммы верхней конечности с визуализацией пулевого поражения:
a – на рентгенограмме локтевого сустава в атипичной косой проекции наблюдаются многооскольчатые переломы костей, составляющих локтевой сустав со смещением отломков. В проекции мягких тканей предплечья визуализируется тень пули (*стрелка*); *б* – на рентгенограмме правой верхней конечности в атипичной укладке в проекции мягких тканей деформированной кисти визуализируется тень пули. В проекции мягких тканей предплечья определяются округлое металлическое тело и многочисленные мелкие фрагменты размерами менее 0,5 мм в диаметре

Обнаружение металлических ранящих снарядов рентгенологами существенно повлияло на оценку травмы. Выявление особенностей ранящего снаряда, то есть идентификация того, является ли инородное тело пулей, поражающим элементом, шрапнелью, осколком снаряда, фрагментом оболочки или обломком дрона, было определяющим в оценке локализации и типа ранения.

Большинство снарядов (90 %) не имели четкой геометрической формы, а размер осколков варьировал от 0,5 до 27×33 мм в диаметре.

В 30 (68,2 %) случаях на рентгенограммах установлены сочетанные поражения черепа, шеи, верхнего плечевого пояса, грудной клетки, брюшной полости и нижних конечностей.

Особое значение придавалось возможности определения раневого канала с визуализацией входного и выходного отверстий. В 3 случаях были выявлены раневые каналы сквозной раны, оставленные предположительно крупным осколком – Рисунок 34.



Рисунок 34 – Рентгенограммы плечевой кости с захватом плечевого сустава: *а* – на рентгенограмме правой плечевой кости в прямой проекции определяется косой перелом проксимальной трети диафиза плечевой кости со смещением отломка. В проекции мягких тканей определяется раневой канал неправильной формы размерами $41 \times 44,5$ мм с четкими неровными краями; *б* – на рентгенограмме левой плечевой кости в прямой проекции

определяются 7 крупных осколков размерами от $3,5 \times 5$ до $5,5 \times 10$ мм и более 30 мелких осколков размерами менее 0,5 мм в диаметре. На уровне средней трети диафиза в проекции мягких тканей определяется раневой канал овальной формы размерами 33×33 мм с неровными четкими краями

Анализ рентгенограмм выявил, что подавляющее большинство ранений верхних конечностей сопровождались переломами костей и выраженными травмами мягких тканей [11].

Анализ 60 снимков, полученных при рентгенографии 40 трупов, показал, что у 83,3 % погибших имелись осколочные поражения нижней конечности и смежных областей. Установлено, что лишь в 6 (10 %) случаях повреждения были обусловлены единичными осколками – Рисунок 35, тогда как в 35 (58,3 %) поражение обусловлено сочетанным действием нескольких ранящих снарядов различных размеров и форм – Рисунок 36.



Рисунок 35 – Рентгенограмма правого коленного сустава в прямой проекции. Определяются косой перелом средней трети диафиза бедренной кости с захождением отломка и

многооскольчатый перелом метафиза бедренной кости. В проекции мягких тканей бедра отмечается ранящий снаряд неправильной формы размерами 6×10 мм и оставленный им изогнутый, вероятно, вследствие внутреннего рикошета, неровный раневой канал с входным отверстием внутренней поверхности бедра на уровне метафиза бедренной кости и выходным отверстием в мягких тканях латеральной поверхности бедра на уровне средней трети диафиза бедренной кости. В проекции раневого канала наблюдается следовая дорожка из осколков менее 0,5 мм в диаметре. Кроме раневого канала, визуализируется множество щелей-пустот, заполненных газом

В нашем исследовании подавляющее большинство снарядов на 42 (70 %) снимках не имели четкой геометрической формы, но на 4 (6,7 %) встречались цилиндрические осколки – Рисунок 36, а также был выявлен 1 (1,7 %) случай повреждения нижней конечности поражающим элементом шаровидной формы, предположительно системы «Хаймарс», при этом раневой канал отчетливо не прослеживается – Рисунок 37. В 2 (3,3 %) случаях раневой канал выявлялся, при этом хорошо фиксировались щели-пустоты, распространяющиеся подкожно и по межфасциальным пространствам (при контактном взрыве) – Рисунок 38.



Рисунок 36 – Фрагменты рентгенограмм тазобедренных суставов с ранящими снарядами цилиндрической формы: *a* – на рентгенограмме правой бедренной кости определяется

многооскольчатый перелом верхней трети правой бедренной кости. Внутренняя поверхность бедра представляется неоднородной из-за газа в проекции мягких тканей. В проекции мягких тканей бедра, тазобедренного сустава и костей таза отмечаются 20 средних металлических осколков различных форм и размеров, из которых самый крупный 11×14 мм. Из них 9 цилиндрической (*белые стрелки*), 11 неправильной геометрической формы и 15 мелких осколков менее 1 мм в диаметре; б – на рентгенограмме левой бедренной кости определяются множественные цилиндрические осколки (*белые стрелки*), 5 из которых в проекции мягких тканей бедра, 1 – в проекции таза, и 1 осколок неправильной формы. Отмечаются мелкие, размерами менее 1 мм в диаметре, осколки по внутренней и наружной поверхностях бедра. По наружной поверхности бедра наблюдается отслоение подкожной клетчатки, а по внутренней – газ в проекции мягких тканей и раневой канал около 60 мм



Рисунок 37 – Рентгенограмма бедренной кости в прямой проекции, на которой визуализируются 2 ранящих снаряда округлой формы (*белые стрелки*). На уровне средней трети диафиза отмечается дефект кортикального слоя, совпадающий по форме с ранящим снарядом, и мелкие костные осколки



Рисунок 38 – Рентгенограмма костей правой голени в прямой проекции. Определяются оскольчатые переломы костей голени со смещением отломков и мелких костных фрагментов. Отмечается не поддающееся точному исчислению множество мелких осколков размерами менее 1 мм в диаметре и 30 металлических осколков неправильной формы среднего размера, самый крупный из которых – 6×10 мм – оставляет за собой частично спавшийся раневой канал протяженностью 78 мм. По медиальной поверхности наблюдается ранящий снаряд неправильной округлой формы размерами около 5 мм в диаметре, оставивший за собой длинный изогнутый раневой канал, вероятно, изменивший траекторию после попадания в кость. Входное отверстие у латеральной поверхности мягких тканей на уровне верхней трети диафиза и выходное отверстие у медиальной поверхности на уровне перелома. На всем протяжении голени в проекции мягких тканей визуализируются многочисленные травмы мягких тканей с образованием щелей-пустот, заполненных газом

В 4 наблюдениях ранящих снарядов на рентгенограммах нижних конечностей обнаружено не было, однако имели место множественные переломы костей голени и стопы и травмы мягких тканей из-за воздействия только взрывной волны либо ранящего снаряда, прошедшего насквозь – Рисунок 39.



Рисунок 39 – Рентгенограммы множественных переломов костей стопы и голени вследствие воздействия взрывной волны или сквозного ранения: *а* – на рентгенограмме правой стопы в боковой проекции определяется тотальное разрушение пяточной, таранной, предплюсневых костей и переломы оснований плюсневых костей со смещением отломков. Наблюдаются обширные травмы с отслойкой подкожной клетчатки и образованием щелей-пустот в проекции мягких тканей стопы и голени, заполненных газом; *б* – на рентгенограмме левой стопы в боковой проекции на уровне нижней трети диафизов костей голени определяется оскольчатый перелом большеберцовой кости со смещением отломка и косой перелом малоберцовой кости. По задней поверхности голени отмечаются выраженные травмы мягких тканей с отслойкой подкожной клетчатки. В проекции поврежденных мышц наблюдаются множественные щели-пустоты, заполненные газом

В 10 (16,7 %) случаях на рентгенограммах установлены сочетанные поражения малого таза и брюшной полости – Рисунок 40.

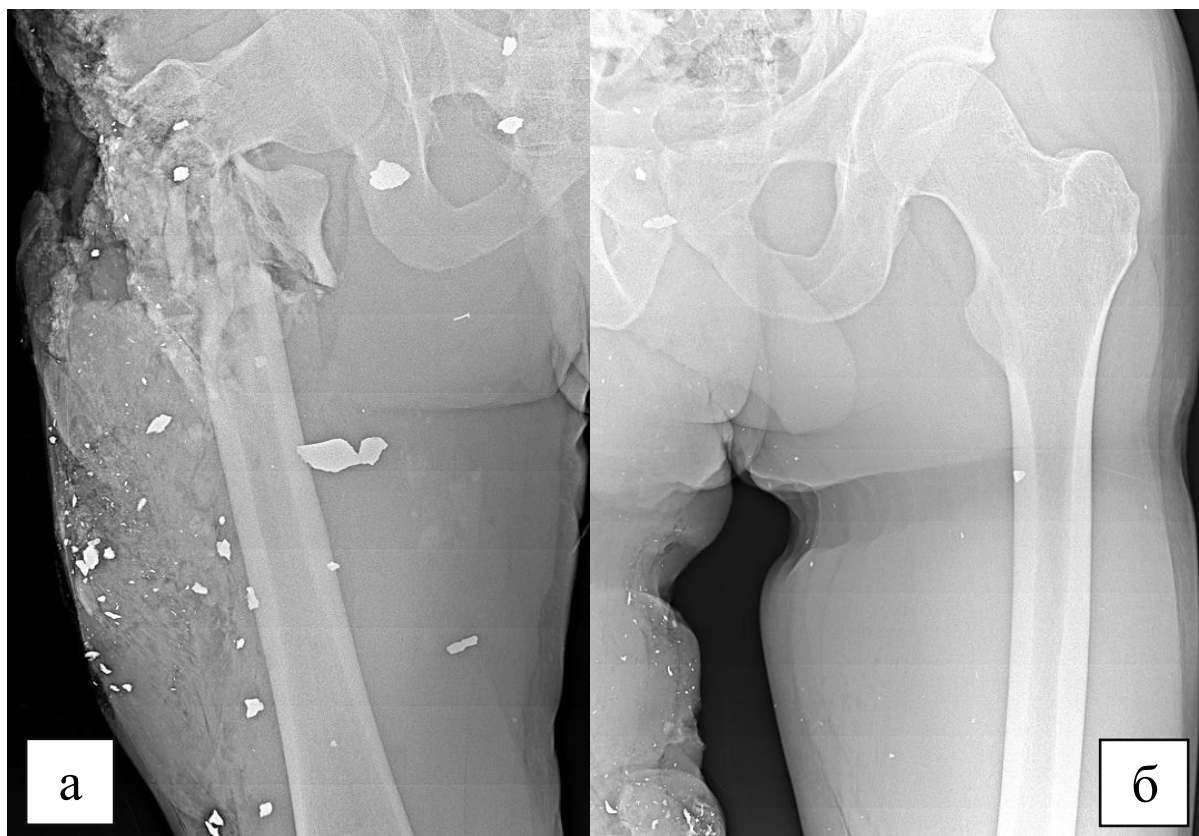


Рисунок 40 – Рентгенограммы тазобедренных суставов в прямой проекции с визуализацией осколочного поражения и травм мягких тканей: *а* – на рентгенограмме правого тазобедренного сустава определяется оскольчатый перелом верхней трети диафиза правой бедренной кости со смещением отломков. Отмечается тотальное осколочное поражение разнокалиберными металлическими фрагментами неправильной формы. В проекции мягких тканей бедра и костей таза насчитывается 34 средних и крупных осколков, самый большой из которых имеет размеры 16×40 мм, и бесчисленное множество мелких осколков размерами менее 1 мм в диаметре, наблюдаются травмы мягких тканей бедра, наиболее выраженные на уровне шейки, с образованием множества мелких щелей, заполненных газом; *б* – на рентгенограмме левого тазобедренного сустава с захватом мягких тканей левого бедра в проекции костей таза и бедренной кости определяются 8 средних осколков различной формы и размеров, самый крупный из которых 8×18 мм, также отмечается бесчисленное множество мелких осколков размерами менее 1 мм в диаметре. На уровне верхней трети диафиза бедренной кости с обеих сторон отмечаются травмы мягких тканей, полученные вследствие длительного наложения турникета. Справа ниже места наложения турникета наблюдаются травмы мягких тканей, нанесенные мелкими осколками, и визуализируются щели-пустоты, заполненные газом

При проведении исследований важные данные были получены при рентгенологическом анализе травм мягких тканей. В месте непосредственного воздействия, иногда вместе с ранящими снарядами, в большинстве случаев визуализировались множественные мелкие осколки, наблюдались отслойка подкожной клетчатки и образование щелей-пустот, заполненных газом, – признак действия ударной волны. В удаленных от места первичного воздействия ударной волны анатомических областях травмы мягких тканей и осколочное поражение были, как правило, менее выражены либо отсутствовали, что позволяет установить факт «обтекания» волной частей тела и сделать выводы о положении погибшего в момент взрыва.

Таким образом, полученные результаты экспресс-рентгенодиагностики на аппарате портативного типа показали возможности визуализации как ранящих снарядов, так и других сопутствующих огнестрельной ране изменений – раневых каналов, входного и выходного отверстий, разрушений как мягких тканей, так и костных структур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На текущий момент число военных конфликтов неуклонно растет во всем мире, а потому количество безвозвратных потерькратно увеличивается, в том числе в нашей стране. В связи с массовым поступлением погибших возникла большая потребность как в идентификации погибших, так и в определении ранящих снарядов и вида повреждения. По причине резкого ограничения времени на исследование при массовом поступлении погибших применение как стационарных и палатных рентгеновских аппаратов, так и компьютерных и магнитно-резонансных томографов затруднительно по причине сложных технических требований к их установке. По этой причине был разработан первый отечественный рентгеновский аппарат портативного типа, который при использовании с цифровым приемником изображения позволяет даже в полевых условиях в кратчайшие сроки визуализировать костные травмы и определять характеристики огнестрельной и минно-взрывной травмы: вид ранящего снаряда, его форму, глубину залегания, размеры и локализацию в теле погибшего, входное и выходное отверстия раневого канала, его ход и направление, в том числе в атипичных укладках и при работе с замороженными либо окоченевшими трупами.

Однако методика и физико-технические аспекты съемки портативными техническими аппаратами на данный момент не разработаны, и количество работ, посвященных теме, крайне невелико. В изученной литературе представлен результат использования дентального портативного рентгеновского аппарата на фантоме черепа для посмертной съемки зубов (Ohtani M., Oshima T., Mimasaka S., 2017). Описано использование портативного микрофокусного аппарата «ПАРДУС-Р», (Кабисов Д. И., Гребнев Г. А., Железняк И. С., Потрахов Н. Н., 2021). Авторы данной работы провели ряд испытаний отечественного портативного рентгеновского комплекса «КОСА». Было установлено, что конструкция и малый вес портативного рентгеновского аппарата позволяли проводить рентгеновскую съемку в любом положении, благодаря чему комплекс в

портативном исполнении можно оперативно использовать в любых неспециализированных условиях. При этом качество изображений позволяет уверенно визуализировать переломы костей, все инородные тела и большинство травм мягких тканей [1, 2, 10–13].

Однако в полном объеме портативные рентгеновские установки для решения задач судебно-медицинской экспертизы при огнестрельных поражениях до сих пор не испытывались. Эта технология экспресс-рентгенографии требует разработки новой методологии рентгенодиагностики при массовом поступлении погибших.

Цель исследования

Разработка технологии экспресс-рентгенодиагностики для решения задач судебно-медицинской экспертизы при огнестрельной и взрывной травме.

Задачи исследования

2) Экспериментально на биологических объектах и антропометрических фантомах изучить возможности портативных технических средств при визуализации ранящих снарядов с разработкой физико-технических условий съемки для последующего использования в условиях массового поступления трупов.

3) Разработать методологию рентгеновской съемки в состоянии выраженного трупного окоченения и промерзания

4) Изучить рентгеновскую семиотику огнестрельной и взрывной травмы в условиях массового поступления при ограниченном времени съемки.

5) Создать базу данных изображений различных видов ранящих снарядов.

6) Разработать алгоритм исследования трупов портативными техническими средствами при массовом поступлении умерших.

Научное исследование включало экспериментальный и судебно-медицинский этапы. На экспериментальном этапе сделаны рентгеновские снимки антропометрического фантома с грудной клеткой и плечевым суставом,

неонатологического фантома, скелетированного препарата черепа, тестового фантома «Pro-Digi» и моделей баллистического геля. На судебно-медицинском этапе в отделении военного госпиталя были отсняты тела погибших в ходе СВО от различных видов ранящих снарядов.

В качестве источника рентгеновского излучения нами разработан и использовался на всех этапах исследования портативный рентгеновский аппарат моноблочного типа РАП-120М-1Н III и его модификация – аппарат «КОСА», технические характеристики которого: вес – 4,2 кг; диапазон анодного напряжения: 50–120 кВ; количество мАс 1–20 мАс; кожно-фокусное расстояние при всех снимках с данного аппарата составляло 600 мм, а выдержка от 0,6 до 0,7 с. Рентгеновская съемка данным аппаратом в течение всего исследования осуществлялась только «с рук», без использования штатива. В качестве приемников рентгеновского излучения использовались автономные плоскопанельные детекторы ROESIS XDR MG 1417 и RAYENCE 1417 WCC с характеристиками: количество снимков до 10 % заряда аккумулятора – 100; разрешающая способность – 6 п. л./мм, рабочее поле детектора – 240 × 300 мм.

На биологических объектах на плоскопанельных приемниках ROESIS XDR MG1417 и RAYENCE 1417 WCC при помощи портативного рентгеновского аппарата были сняты хаотично расположенные инородные тела – пули, осколки свинца, стали, бетона, кирпича, стекла, пластика и костей, в том числе на фоне жгута и гипсовой повязки. Далее эти же инородные тела располагались на нижней конечности в проекции костей голени добровольца, в том числе с гипсовой повязкой и жгутом поверх инородных тел.

При эксперименте на антропометрическом фантоме получены снимки грудной клетки и плечевого сустава в прямой проекции для оценки возможностей визуализации легочной ткани и суставов.

Также осуществлена съемка неонатологического фантома и фантома черепа с использованием двух плоскопанельных приемников для сравнения качества

снимков, получаемых при использовании детекторов с различным программным обеспечением.

На неонатологическом фантоме и дополнительном биологическом объекте с применением детектора ROESIS XDR MG1417 исследована возможность дифференциации уранового поражения от обычных металлических инородных тел при помощи вольфрамовой пыли, фрагментов вольфрама и вольфрамового сплава с медью, которые использовались в качестве имитации урана из-за близкой к урану плотности.

При съемке на детектор RAYENCE 1417 WCC двух моделей баллистического геля, по которым были произведены огнестрельные выстрелы сквозь преграду, были изучены возможности визуализации раневых каналов.

Далее для определения качества изображения на различных видах детекторов и разрешающей способности при съемке на переносном портативном аппарате исследован тестовый фантом «Pro-Digi».

При съемке в госпитальном патологоанатомическом отделении было снято 110 трупов мужчин старше 18 лет. Из них 44 (40,0 %) в замороженном состоянии. Получено 18 (7,2 %) снимков брюшной полости, 69 (27,6 %) – грудной клетки, 49 (19,6 %) – нижних конечностей, 10 (4 %) – верхних конечностей, 28 (11,2 %) – таза, 68 (27,2 %) – черепа и 8 (3,2 %) – неидентифицируемых частей тела, что в общей сумме составило 250 рентгеновских снимков. 130 (52,0 %) были сделаны при помощи детектора RAYENCE 1417 WCC и 120 (48,0 %) – на детектор ROESIS XDR MG1417.

Съемка трупов на данном этапе производилась при параметрах: 70 кВ, 0,6–0,7 с для большинства анатомических областей; для крупных суставов и таза напряжение повышалось до 75–80 кВ, при наличии у исследуемого объекта избыточной массы тела напряжение при отдельных снимках могло увеличиваться до 90 кВ; кожно-фокусное расстояние на всех снимках второго этапа составляло ~ 35–60 см. При съемке замороженных трупов почти всегда возникала необходимость в нестандартных укладках.

С целью объективизации качества съемки и сравнения оборудования был применен переносной рентгеновский аппарат CUBEX-28 (Корея) с техническими характеристиками: вес – 12 кг; диапазон анодного напряжения 40–120 кВ; количество мАс 0,4–100 мАс. Было установлено, что по качеству съемки РАП-120М-1Н III не уступал зарубежному малогабаритному аналогу, но показал себя намного более эргономичным и удобным при эксплуатации благодаря малому весу и размеру.

При съемке биологического объекта и голени добровольца было установлено, что все инородные тела, за исключением деревянных, в обоих случаях визуализировались и дифференцировались удовлетворительно даже на фоне гипсовой повязки и жгута.

Анализ показал, что инородные тела деревянного происхождения визуализировались плохо, что было обусловлено низкой плотностью дерева. На некоторых рентгенограммах просматривались контуры без дифференциации внутренней структуры.

На снимках антропометрического фантома хорошо отображались как структуры плечевого сустава – костная ткань, суставные поверхности, суставная щель, краевые участки кости плеча и лопатки с ключицей и прилегающие к суставу плеча ткани, так все структуры грудной клетки – легочные поля, легочный рисунок, корни легких, диафрагма, синусы, сердце и аорта. Динамическая нерезкость, несмотря на проведение съемки без использования штатива – «с рук», почти отсутствовала, не оказывая значимого воздействия на получаемые снимки.

Съемка фантома черепа показала, что на снимках четко прослеживаются лобные, теменные и затылочная кости черепа, верхней и нижней челюсти, а также было установлено, что использование различных приемников рентгеновского излучения с различным программным обеспечением дает почти одинаковый уровень качества рентгеновских снимков.

При эксперименте с вольфрамовой пылью и осколками из вольфрама и вольфрамово-медного сплава было выявлено, что все осколки всех форм четко

определялись на всех снимках независимо от режима съемки. Осколки вольфрама визуализировались в виде мелких частиц округлой формы, тогда как фрагменты из сплава вольфрама и меди чаще были неправильной формы. Однако дифференцировать осколки по их материалу удавалось только благодаря их различной форме.

Было проведено исследование с баллистическим гелем для установления возможности выявления раневых каналов. Были взяты два бруска баллистического геля, по которым были сквозь триплекс (многослойное стекло) произведены выстрелы из карабина «Сайга» патроном 5,45 × 39. При исследовании моделей баллистического геля четко определялись как фрагменты пуль и их оболочки, так и оставленные ими раневые каналы, несмотря на их частичное спадание. Сравнительный анализ КЛКТ и рентгенографии портативным рентгеновским аппаратом показал преимущество конусно-лучевой томографии в характеристике раневого канала за счет выявления дополнительных повреждений (ответвлений) и лучшего выявления полостей, образующихся под действием ударной волны.

Основной раневой канал, осколки пуль, их количество, величина и разброс в обоих случаях идентифицировались одинаково качественно.

Проверка на тест-объекте разрешения «Мира-5» с использованием детекторов ДПРС 2430 И ДПРС 4343 подтвердила, что качество получаемых при съемке «с рук» изображений стабильно не ниже 4–5 п. л./мм.

В результате экспериментов установлено достаточное разрешение получаемых снимков и доказано отсутствие значимой динамической нерезкости. По итогам работы был разработан новый способ рентгеновской съемки, и 26 ноября 2024 года получен патент на изобретение № 2830812.

Анализ 68 рентгенограмм черепа, полученных при рентгенографии 51 трупа, показал, что у 20 (39,2 %) погибших были осколочные ранения черепа или смежных областей. Установлено, что в 11,7 % случаев повреждения были нанесены мелкими осколками, а в 9,8 % – крупными фрагментами ранящих

снарядов. В 17,6 % повреждения были обусловлены сочетанным действием осколков различных калибров.

Обнаружение инородного тела имело значение для правильной оценки ранения. На рентгенограммах всегда определялась локализация инородных тел в мягких тканях черепа, в кости, в полости черепа.

Уточнение своеобразия ранящего снаряда, то есть определение того, чем является инородное тело – пулей, шрапнелью, осколком снаряда, фрагментом оболочки, обломком каски или дрона, играло важную роль в заключении при расшифровке локализации ранения.

Результаты рентгенографии «с рук» выявили массивные повреждения костей лицевого и мозгового черепа в результате воздействия поражающих элементов шаровидной формы. При этом раневой канал отчетливо не прослеживается.

В исследовании подавляющее большинство снарядов (90 %) не имели четкой геометрической формы, а размер осколков варьировал от 0,1 мм до 4,0 см в диаметре.

В 8 наблюдениях ранящих снарядов в структурах черепа обнаружено не было, однако имели место множественные переломы основных костей свода черепа, придаточных пазух носа, верхней и нижней челюсти из-за воздействия взрывной волны.

В 9 случаях на рентгенограммах установлены сочетанные поражения черепа, шеи, грудной клетки и верхних конечностей.

Особое значение придавалось возможности определения раневого канала с визуализацией входного и выходного отверстий. В редких случаях рентгеновские признаки раневого канала были обусловлены траекторией ранящего снаряда.

Анализ выполненных исследований показал, что все ранения черепа сопровождались множественными переломами, фактически всех костей черепа. Дифференцировка и характеристики переломов были затруднительны из-за

большого объема поражения, обусловленного большой кинетической энергией ранящего снаряда и взрывной волны.

Установлено, что формы участка нарушения целостности кости, обнаруживаемые рентгенологически, определялись величиной «угла падения». Чем был ближе «угол падения» ранящего снаряда к прямому, тем более округлой становилась форма участка повреждения кости. Чем меньше «угол падения», тем протяженнее был участок повреждения, поскольку при таких соотношениях раневой канал проходит почти параллельно плоскости повреждаемого отдела черепа.

При проведении исследований очень важные данные были получены при рентгенологическом анализе величины костных фрагментов, их количества и направления смещения. Отломки черепа встречались от мельчайших до столь крупных, что они составляли значительную часть одной или даже двух, или трех и более смежных костей. У некоторых погибших отломки костей были так многочисленны, что не представлялось возможным их подсчитать. Отломки кости черепа иногда располагались в области участка повреждения черепа, но чаще наблюдалось значительное смещение, достигавшее 5 см и более. При наличии отчетливого смещения фрагментов участок повреждения черепа превращался в зияющий дефект. Костные фрагменты смещались внутри от этого отверстия, то есть интракраниально, кнаружи – экзокраниально или в обе стороны. В месте непосредственного воздействия ранящего снаряда, обладающего большой кинетической энергией, визуализировались множественные мельчайшие костные отломки в направлении хода раневого канала.

Исследование 69 рентгеновских снимков, сделанных при рентгенографии 51 трупа, показало, что поражение грудной клетки было обнаружено у 33 погибших, что составило 66 %. Из 33 погибших в результате ранения грудной клетки в 5 (10 %) случаях отмечалось повреждение мелкими осколками, в 7 (14 %) – крупными, в 12 (24 %) причиной повреждений было сочетанное действие осколков различного размера, еще в 4 (8 %) случаях – множественное. В процессе поиска в

телах погибших ранящих снарядов грудной клетки было найдено 5 (10 %) пулевых ранящих снарядов.

В 20 (40 %) случаях на рентгенограммах установлены сочетанные поражения грудной клетки, черепа, шеи, брюшной полости и верхних конечностей.

Особое значение придавалось возможности определения раневого канала с визуализацией входного и выходного отверстий. В одном случае был выявлен раневой канал сквозной раны, оставленный пулей либо крупным осколком.

Анализ рентгенограмм грудной клетки показал, что большинство ранений грудной клетки сопровождались переломами ребер, выраженными травмами мягких тканей и повреждениями тканей легких.

У 33 трупов со смертельными ранениями органов брюшной полости было получено 40 рентгенограмм. Анализ показал, что у 25 (62,5 %) погибших определялись сочетанные ранения брюшной полости и таза. В 22 (58,3 %) случаях поражение было обусловлено сочетанным действием нескольких ранящих снарядов различных размеров и форм, при этом раневой канал не визуализировался, вероятно, вследствие миграции ранящего снаряда из другой области.

В редких случаях отмечались тяжелые поражения брюшной полости и таза, обусловленные преимущественно действием взрывной волны или снарядов, прошедших сквозь мягкие ткани навывлет.

Наблюдались массивные повреждения мягких тканей левой половины брюшной полости. На уровне L2 слева определялись фрагменты костной плотности, в том числе крупных размеров.

На многих рентгенограммах не удалось обнаружить ранящие снаряды, но на них хорошо визуализировались раздутые петли кишечника с его содержимым и пузырьки газа в проекции мягких тканей брюшной полости и таза – вероятно, гнилостного характера.

При проведении исследований, несмотря на ограничения, связанные с раздутыми петлями кишечника вторичного характера, осколки не только металлической, но и костной плотности визуализировались удовлетворительно, кроме того, во всех случаях возможно было определить их величину, форму и ориентировочную локализацию. Во многих случаях наблюдались пузырьки газа, что косвенно свидетельствовало о повреждении полого органа, но в то же время не удалось идентифицировать ни один раневой канал. Таким образом, можно сделать вывод, что экспресс-рентгенодиагностика при исследовании брюшной полости имеет ограниченные возможности и только в определении количества, величины и ориентировочной локализации ранящего снаряда.

У 33 (75 %) погибших отмечено поражение верхних конечностей. Из них 20 (45,5 %) получили повреждение множественными металлическими фрагментами различного калибра, еще в 5 (11,3 %) случаях отмечалось тотальное осколочное поражение с множественными повреждениями всех видимых на рентгенограммах костей, мягких тканей и многочисленными осколками различных размеров и форм. В 3 (6,8 %) случаях причиной повреждений было действие единичных осколков и в 2 (4,5 %) – пулевых ранящих снарядов. Еще в 3 (6,8 %) случаях отмечались травмы, обусловленные воздействием ранящего снаряда, прошедшего навывлет.

Обнаружение металлических ранящих снарядов рентгенологами существенно повлияло на оценку травмы. Выявление особенностей ранящего снаряда, то есть идентификация того, является ли инородное тело пулей, шрапнелью, осколком снаряда, фрагментом оболочки или обломком дрона, было определяющим в оценке локализации и типа ранения.

Большинство снарядов (90 %) не имели четкой геометрической формы, а размер осколков варьировал от 0,5 до 27 × 33 мм в диаметре.

В 30 (68,2 %) случаях на рентгенограммах установлены сочетанные поражения черепа, шеи, верхнего плечевого пояса, грудной клетки, брюшной полости и нижних конечностей.

Особое значение придавалось возможности определения раневого канала с визуализацией входного и выходного отверстий. В 3 случаях были выявлены раневые каналы сквозной раны, оставленные предположительно крупным осколком.

Анализ рентгенограмм выявил, что подавляющее большинство ранений верхних конечностей сопровождались переломами костей и выраженными травмами мягких тканей.

Анализ 60 снимков, полученных при рентгенографии 40 трупов, показал, что у 83,3 % погибших имелись осколочные поражения нижней конечности и смежных областей. Установлено, что лишь в 6 (10 %) случаях повреждения были обусловлены единичными осколками, тогда как в 35 (58,3 %) поражение обусловлено сочетанным действием нескольких ранящих снарядов различных размеров и форм.

В нашем исследовании большинство снарядов на 42 (70 %) снимках не имели четкой геометрической формы, но на 4 (6,7 %) встречались цилиндрические осколки и был выявлен 1 (1,7 %) случай повреждения нижней конечности ранящим снарядом шаровидной формы, вероятно, системы «Хаймарс», при этом раневой канал отчетливо не прослеживается. В 2 (3,3 %) случаях раневой канал выявлялся.

В 4 наблюдениях ранящих снарядов на рентгенограммах нижней конечности обнаружено не было, однако имели место множественные переломы костей голени и стопы и травмы мягких тканей из-за воздействия только взрывной волны либо ранящего снаряда, прошедшего насквозь.

В 10 (16,7 %) случаях на рентгенограммах установлены сочетанные поражения малого таза и брюшной полости.

При проведении исследований важные данные были получены при рентгенологическом анализе травм мягких тканей. В месте непосредственного воздействия, иногда вместе с ранящими снарядами, в большинстве случаев визуализировались множественные мелкие осколки, наблюдалась отслойка

подкожной клетчатки и образование щелей-пустот, заполненных газом – признак действия ударной волны. В удаленных от места первичного воздействия ударной волны анатомических областях травмы мягких тканей и осколочное поражение были, как правило, менее выражены либо отсутствовали, что позволяет установить факт «обтекания» волной частей тела и сделать выводы о положении погибшего в момент взрыва.

Таким образом, полученные результаты экспресс-рентгенодиагностики на аппарате портативного типа показали возможности визуализации как ранящих снарядов, так и других сопутствующих огнестрельной ране изменений – раневых каналов, входного и выходного отверстий, разрушений как мягких тканей, так и костных структур.

Результаты исследования согласуются с данными В. К. Дадабаева [15] о том, что классическая рентгенография может успешно использоваться для идентификации неопознанных трупов при наличии таких признаков, как переломы костей, различные врожденные аномалии, инородные тела, наличие пломб, искусственных зубов и коронок.

Мы подтверждаем примечание С. Э. Дубровой о минусах традиционного вскрытия, которых лишены лучевые методы, включая рентгенографию: субъективизм, потеря первичных данных при повторных экспертизах, высокий процент отказов от вскрытий трупов по религиозным и этическим соображениям [16].

Точка зрения авторов согласуется с мнением В. А. Клевно и Ю. В. Чумаковой [19, 50] о неудовлетворительном текущем уровне интеграции лучевых методов диагностики в судебную медицину в Российской Федерации, несмотря на их большой потенциал. Мы также согласны с выводами В. А. Клевно [21] о потенциале виртопсии для диагностики огнестрельной травмы, но хотим дополнить эти выводы примечанием, что для многих случаев огнестрельной травмы применение компьютерных томографов избыточно, и в некоторых

ситуациях вполне допустимо ограничиться использованием обычных рентгеновских аппаратов, включая портативные.

Мы согласны с мнением Макарова И. Ю [26] и коллег о пользе применения в судебно-медицинской экспертизе огнестрельных повреждений рентгенографических методов для установления огнестрельного происхождения повреждения и его локализации, определения расположения множественных огнестрельных снарядов и их осколков, металлизации ткани свинцом.

Авторы подтверждают мнение М. В. Мниховича [28] о необходимости оценки локализации и степени повреждений, а также морфологии мягких тканей, костей и внутренних органов при судебно-медицинской экспертизе трупа.

Мы согласны с наблюдениями А. С. Скобеевой [41] о недостаточном оснащении судебно-медицинских учреждений рентгенологическим оборудованием.

Результаты исследования соответствуют заключению У. Н. Тумановой, об эффективности посмертной лучевой диагностики в выявлении как прижизненных патологических процессов, так и неспецифических посмертных изменений [42]. Авторы отчасти согласны с данными о том [47], что использование рентгенографии высокоэффективно в основном лишь при выраженной патологии и наличии инородных тел высокой плотности, однако необходимо отметить, что при массовом поступлении пострадавших с огнестрельными, минно-взрывными и другими травматическими повреждениями возможности рентгеновских аппаратов, включая портативные, в подавляющем большинстве случаев в достаточной степени удовлетворительны. Мы также признаем, несмотря на положительные результаты проведенного нами исследования неонатологического фантома, что для погибших плодов, новорожденных и младенцев применение рентгеновской установки, включая микрофокусную, может оказаться малоэффективным [47].

Авторы подтверждают информацию о наличии сложностей, возникающих при работе с замороженными трупами, описанных в работе Ю. В. Чумаковой [50].

Мы согласны с утверждением А. Р. Хаметовой [49], что рентгенолог, использующий методы посмертной визуализации, должен учитывать значительные отличия друг от друга прижизненных и посмертных изображений, чтобы не спутать нормальные изменения, происходящие после смерти, с подлежащими документированию патологическими признаками.

Наши данные согласуются с высказыванием А. И. Щеголева [53] о причинах внедрения в судебно-медицинскую практику посмертных лучевых методов исследования, а именно о получении дополнительных объективных характеристик повреждений и патологических процессов, которые вызывают гибель человека, а также об увеличении количества отказов от проведения традиционного вскрытия тела.

Мы также вынуждены согласиться с утверждением, что в нашей стране научным изучением и практическим использованием посмертных лучевых исследований на данный момент занимаются лишь в единичных инициативных учреждениях. Авторы поддерживают точку зрения о возможности применения посмертных лучевых исследований в качестве начального этапа минимально инвазивного вскрытия [54]. Кроме того, следует обратить внимание, что указанные в той же работе [54] преимущества применения посмертных КТ и МРТ, такие как проведение исследований без нарушения целостности трупа, возможность незамедлительного, отсроченного, многократного и дистанционного анализа полученных томограмм, в полной мере относятся и к цифровой рентгенографии, в том числе с использованием портативных технических средств.

Опыт, полученный авторами при сборе материала, подтверждает правильность утверждения [55], что для точного установления причины смерти и формирования заключительного посмертного диагноза при использовании лучевых методов диагностики крайне желательно сотрудничество с врачами-патологоанатомами или судебно-медицинскими экспертами, так как взаимодействие врачей-рентгенологов и прозекторов в период до проведения

лучевого исследования позволяет обозначить места наибольшего интереса в исследовании и определять диагностические задачи и пути их выполнения.

Авторы подтверждают рекомендации Stanislavsky [132] о последовательности визуальной оценки при рентгенодиагностике огнестрельного ранения.

Полученные нами данные не согласуются с наблюдениями Leadbeatter [96] о том, что при работе с портативным рентгеновским аппаратом защитный экран является предпочтительной альтернативой рентгенозащитной одежде, так как использование защитного экрана при работе с нашим портативным рентгеновским аппаратом показало себя удобным только для защиты незадействованного в рентгеновской съемке персонала.

Наши результаты схожи с выводами Н. Ohsaka [112] о возможности использования портативных рентгеновских аппаратов непосредственно на месте происшествия, но хотим дополнить эти выводы примечанием, что высокая мобильность портативных аппаратов может быть крайне полезна и для судебной медицины, например, для обследования трупа на месте преступления или непосредственно после эксгумации. Мы также согласны с утверждением автора о необходимости защиты персонала, несмотря на малые радиационные дозы, получаемые при работе с портативными рентгеновскими аппаратами.

Наблюдения авторов согласуются с заключениями К. Shrestha [127] о ценности рентгенологической визуализации для определения траектории полета снаряда и тяжести ранения, особенно в условиях ограниченных ресурсов, и об использовании визуализации при судебно-медицинских вскрытиях для повышения точности оценки повреждений, особенно в случаях, связанных с огнестрельными ранениями.

Мы согласны с наблюдениями J. Wilberg [147], что визуализация может помочь привлечь внимание судебного патологоанатома к интересующим его областям, включая травмы, естественные болезнетворные процессы и сохранившиеся инородные тела.

ВЫВОДЫ

1. Портативный рентгеновский аппарат моноблочного типа обладает высокой эффективностью в экспресс-диагностике огнестрельных и минно-взрывных повреждений при массовом поступлении погибших для визуализации всех видов ранящих снарядов.

2. Экспресс-рентгенодиагностика дополнительно позволила выявить сопутствующие огнестрельной ране изменения – раневые каналы, их длину и форму, контуры каналов и их направления, а так же мелкие осколки размером менее 1 мм, встречающиеся по ходу раневых каналов, что позволяет точно определять входное и выходное отверстия и выявлять разрушение костных структур и мягких тканей.

3. Экспресс-рентгенодиагностика у 40% исследуемых тел в состоянии выраженного трупного окоченения и промерзания проводится в атипичных укладках.

4. При съемке «с рук» с использованием портативного рентгеновского моноблочного типа аппарата, в том числе с применением атипичных укладок, не дает значимой динамической нерезкости.

5. Экспресс-рентгенодиагностика может быть использована для решения задач судебно-медицинской экспертизы – при установлении причины смерти, определении вида огнестрельной и минно-взрывной травмы, ранящих снарядов, раневого канала, в том числе при работе телами в состоянии выраженного трупного окоченения и промерзания.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Экспресс-рентгенодиагностика ранящих снарядов при огнестрельной и минно-взрывной травме при массовом поступлении погибших должна осуществляться на рентгеновских аппаратах портативного моноблочного типа.

2. Рентгеновское исследование тел погибших в состоянии выраженного трупного окоченения и промерзания осуществляется «с рук» или со специальным штативом в любых доступных исследователю атипичных укладках.

3. Съёмка портативным рентгеновским аппаратом проводится при следующих физико-технических условиях съёмки: кожно-фокусное расстояние съёмки должно составлять 50 - 60 см, а выдержка от 0,6 до 0,7 секунд, оптимальное для съёмки конечностей напряжение составляет 70 кВ; для органов груди, брюшной полости, таза и тазобедренных суставов его можно повысить до 75-80 кВ; при наличии у исследуемого объекта избыточной массы тела возможно повышение до 90-100 кВ.

4. Аппарат удерживается руками за боковые части в перпендикулярном по отношению к исследуемой области положении. Персонал, осуществляющий съёмку, должен соблюдать нормы радиационной безопасности и проводить исследование в защитном фартуке, перчатках и специализированных очках.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

КТ – компьютерная томография

КЛКТ – конусно-лучевая компьютерная томография

МСКТ – мультисрезовая компьютерная томография

УЗИ – ультразвуковое исследование

МРТ – магнитно-резонансная томография

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинов, Н. Н. Рентгеновское исследование для определения вида ранящего снаряда при огнестрельных повреждениях на примере СВО / Н. Н. Блинов // Сборник материалов XLV (45) Итоговой научной конференции молодых ученых МГМСУ имени А. И. Евдокимова – Москва, 2023. – С. 7–8.
2. Блинов, Н. Н. Опыт применения рентгеновского аппарата РАП-120 в военно-полевых условиях / Н. Н. Блинов, Е. П. Федоров // Материалы XIV Международного конгресса «Невский радиологический форум – 2023». – СПб., 2023. – С. 224–225.
3. Блинов, Н. Н. Применение портативного рентгеновского комплекса «КОСА» для экспресс-диагностики в судебной медицине / Н. Н. Блинов, Е. П. Федоров, А. В. Макаренко // Материалы конференции «X Всероссийская научно-практическая конференция производителей рентгеновской техники». – СПб., 2023. – С. 67–69.
4. Блинов, Н. Н. Результаты сравнительных экспериментальных исследований на портативном рентгеновском аппарате общего назначения с результатами, полученными на портативном неонатологическом рентгенаппарате детского антропометрического фантома / Н. Н. Блинов, Е. П. Федоров // Сборник тезисов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов с международным участием «ВолгаМед». – Нижний Новгород, 2023. – С. 438–439.
5. Блинов, Н. Н. Результаты экспериментальных исследований по изучению возможностей мобильного рентгеновского аппарата малогабаритного типа для военно-полевой рентгенологии / Н. Н. Блинов // Сборник материалов VI Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием online «Лучевая диагностика – Смоленск 2022. Конкурс молодых ученых». – Смоленск, 2022. – С. 4–5.
6. Блинов, Н. Н. Рентгенография для судебной медицины при взрывной травме / Н. Н. Блинов, А. Ю. Васильев, С. В. Леонов [и др.] // Материалы

конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов. – СПб., 2023. – С. 23.

7. Блинов, Н. Н. Экспериментальные рентгеновские исследования по идентификации уранового поражающего фактора минно-взрывных снарядов / Н. Н. Блинов, Е. П. Макаренко // Материалы XVIII Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2024». – Москва, 2024. – С. 188.

8. Блинов, Н. Н. Возможности портативного рентгеновского аппарата при исследовании огнестрельных раневых каналов / Н. Н. Блинов // Материалы конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов. – СПб., 2024. – С. 100.

9. Блинов, Н. Н. Инновационная рентгеновская технология съемки повреждений у погибших для решения задач судебной экспертизы на примере СВО / Н. Н. Блинов // Материалы XXII научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Медицина завтрашнего дня». – Чита, 2023. – С. 300–301.

10. Блинов, Н. Н. Итоги экспериментальных исследований по изучению малогабаритного рентгеновского аппарата для военно-полевой рентгенологии / Н. Н. Блинов, Е. П. Федоров // Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции производителей рентгеновской техники. – СПб., 2022. – С. 29–32.

11. Васильев, А. Ю. Особенности рентгенодиагностики минно-взрывной травмы верхних конечностей / А. Ю. Васильев, С. В. Леонов, Н. Н. Блинов [и др.] // Медицинский вестник МВД. – 2025. – № 4 (137). – DOI: 10.52341/20738080_2025_137_4_57

12. Васильев, А. Ю. Рентгенография органов грудной клетки в диагностике минно-взрывной травмы при массовом обследовании погибших / А. Ю. Васильев, С. В. Леонов, Н. Н. Блинов (м.) [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2025. – Т. 70, № 5. – С. 82–86. – DOI: 10.33266/1024-6177-2025-70-5-82-86

13. Васильев, А. Ю. Экспресс-рентгенодиагностика минно-взрывной травмы черепа / А. Ю. Васильев, С. В. Леонов, Н. Н. Блинов [и др.] // Радиология – практика. – 2025. (–4. – С. 10–23. – DOI: 10.52560/2713-0118-2025-4-10-23

14. Горлова, В. А. К вопросу о внедрении виртуальной аутопсии в России / В. А. Горлова, Э. Р. Зарипова // Современная юриспруденция: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXIV Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 ноября 2019 года. – Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. – С. 182–184. – EDN MGHYQU.

15. Дадабаев, В. К. Исторический экскурс о применении рентгенологического метода в отечественной судебно-медицинской экспертной деятельности / В. К. Дадабаев // Тверской медицинский журнал. – 2016. – № 5. – С. 103–116. – EDN XAGDNF.

16. Дуброва, С. Э. Посмертная визуализация. Кому и зачем нужна? / С. Э. Дуброва, Ю. В. Чумакова // Перспективы междисциплинарного взаимодействия для развития патологической анатомии и судебной медицины: материалы I научно-практической конференции Межрегионального танаториологического общества, посвященной памяти Н. М. Крупнова. – 2021. – С. 78–87. – DOI: 10.54182/9785988116707_2021_78

17. Дуброва, С. Э. Посмертная КТ – важный дополнительный метод диагностики в случае криминальной смерти ребенка / С. Э. Дуброва, Ю. В. Чумакова, М. А. Кислов [и др.] // REJR. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 224–229. – DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-1-224-229

18. Кабисов, Д. И. Интраоперационный рентген-контроль при дентальной имплантации / Д. И. Кабисов, Г. А. Гребнев, И. С. Железняк [и др.] // Теоретические и практические вопросы клинической стоматологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 07–08 октября 2021 года / под редакцией В. В. Никитенко, В. А. Железняка. – Санкт-Петербург: Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, 2021. – С. 78–81. – EDN YJPPRR.

19. Клевно, В. А. Виртопсия – новый метод исследования в практике отечественной судебной медицины / В. А. Клевно, Ю. В. Чумакова // Судебная медицина. – 2019. – Т. 5, № 2. – С. 27–31. – DOI: 10.19048/2411-8729-2019-5-2-27-31

20. Клевно, В. А. Виртопсия – новый метод исследования в отечественной практике судебной медицины: междисциплинарный подход / В. А. Клевно // Перспективы междисциплинарного взаимодействия для развития патологической анатомии и судебной медицины: материалы I научно-практической конференции Межрегионального Танаториологического Общества, посвященной памяти Н. М. Крупнова, Рязань, 01 октября 2021 года. – Москва: Межрегиональная общественная организация «Межрегиональное Танаториологическое Общество», 2021. – С. 49–57. – DOI 10.54182/9785988116707_2021_49. – EDN YZJPBQ.

21. Клевно, В. А. Возможности виртуальной аутопсии при огнестрельной травме / В. А. Клевно, Ю. В. Чумакова, Д. П. Павлик [и др.] // Судебная медицина. – 2019. – Т. 5, № 3. – С. 33–38. – DOI: 10.19048/2411-8729-2019-5-3-33-38

22. Клевно, В. А. Возможности посмертной компьютерной томографии (виртуальной аутопсии) в случае смерти от механической асфиксии / В. А. Клевно, Ю. В. Чумакова, Ф. Н. Курдюков [и др.] // Судебная медицина. – 2018. – № 4. – С. 22 – 26.

23. Кузьмина, В. А. О необходимости дополнения классификации повреждающих факторов взрыва / В. А. Кузьмина, С. В. Леонов, П. В. Пинчук [и др.] // Военно-медицинский журнал. – 2023. – Т. 344, № 12. – С. 4–7.

24. Кузьмина, В. А. Судебно-медицинская диагностика повреждений, причиненных сферическими поражающими элементами боеприпасов типа GMLRS к реактивным системам залпового огня M270 MLRS, M142 HIMARS и их модификациям / В. А. Кузьмина, С. В. Леонов, П. В. Пинчук [и др.] // Военно-медицинский журнал. – 2024. – Т. 345, № 7. – С. 26–28.

25. Кузьмина, В. А. Судебно–медицинская характеристика повреждений, причиненных сферическими поражающими элементами боеприпасов типа GMLRS РСЗО / В. А. Кузьмина, С. В. Леонов, П. В. Пинчук [и др.] // Судебная медицина. – 2024. – Т. 10, № 2. – С. 152–159.

26. Макаров, И. Ю. Некоторые современные методы диагностики огнестрельных повреждений / И. Ю. Макаров, Д. В. Богомолов, Н. Д. Гюльмамедова [и др.] // Судебно-медицинская экспертиза. –2019. – Т. 62, № 2. – С. 55–60. – DOI: 10.17116/sudmed20196202155

27. Медведева, Н. А. Давность переломов костей носа по данным компьютерной томографии в практике судебной экспертизы живых лиц / Н. А. Медведева, Н. С. Серова // Медицинская визуализация. –2025. – Т. 29, № 2. – С. 88–97. – DOI: 10.24835/1607-0763-1537

28. Мнихович, М. В. Применение неинвазивных методов аутопсии в патолого-анатомической и судебно-медицинской практике: современные состояния проблемы / М. В. Мнихович, М. В. Лозина, И. А. Ширипенко [и др.] // Лучевая диагностика для патологической анатомии и судебно-медицинской экспертизы: от прижизненной к посмертной: II Научно-практическая конференция Межрегионального Танаториологического Общества, Москва, 07–08 октября 2022 года. – Москва: Межрегиональная общественная организация «Межрегиональное Танаториологическое Общество», 2022. – С. 13–20. – DOI 10.54182/9785988117094_2022_13. – EDN BGGDVV.

29. Павлик, Д. П. Предсекционное применение виртуальной аутопсии в случаях огнестрельных повреждений. Случай из практики / Д. П. Павлик // Судебная медицина. – 2019. – Т. 5, № S1. – С. 58–59. – EDN DBQRGC.

30. Патент на изобретение № 2832386 Российская Федерация. Рентгеновская установка для работы в полевых условиях / Потрахов Юрий Николаевич, Потрахов Евгений Николаевич, Потрахов Николай Николаевич, Васильев Александр Юрьевич, Федоров Евгений Павлович, Блинов Николай

Николаевич, Леонов Сергей Валерьевич. № 2024113537 : заявл. 20.05.2024 : опубл. 23.12.2024.

31. Патент на изобретение № 2830812 Российская Федерация. Способ рентгеновского обнаружения ранящих предметов / Потрахов Юрий Николаевич, Потрахов Евгений Николаевич, Васильев Александр Юрьевич, Федоров Евгений Павлович, Блинов Николай Николаевич, Леонов Сергей Валерьевич, Потрахов Николай Николаевич. № 2024111475 : заявл. 25.04.2024 : опубл. 26.11.2024.

32. Потрахов, Н. Н. Рентгеновское экспериментальное исследование антропометрического фантома на портативном аппарате моноблочного типа / Н. Н. Потрахов, А. Ю. Васильев, Е. П. Федоров [и др.] // Материалы конгресса Российского общества рентгенологов и радиологов. – СПб., 2022. – С. 187.

33. Потрахов, Н. Н. Первый опыт эксплуатации портативного рентгеновского аппарата при решении задач судебной экспертизы / Н. Н. Потрахов, В. Н. Троян [и др.] // Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции производителей рентгеновской техники. – СПб., 2022. – С. 7–8.

34. Потрахов, Н. Н. О новом классе рентгенодиагностического оборудования / Н. Н. Потрахов, А. Ю. Васильев, С. В. Леонов [и др.] // Материалы XIV Международного конгресса «Невский радиологический форум – 2023». – СПб., 2023. – С. 223.

35. Романов, П. Г. Проблемы судебно-медицинской оценки переломов костей носа / П. Г. Романов, А. А. Девятериков, Я. Р. Штемпелюк // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. – Хабаровск, 2022. – № 21. – С. 103–105.

36. Савва, О. В. Перспективы использования посмертной МРТ новорожденных для установления давности наступления смерти / О. В. Савва, У. Н. Туманова, Д. Н. Услонцев [и др.] // Перспективы междисциплинарного взаимодействия для развития патологической анатомии и судебной медицины: материалы I научно-практической конференции Межрегионального

Танаториодилогического Общества, посвященной памяти Н. М. Крупнова. – 2021. – С. 122–141. – DOI: 10.54182/9785988116707_2021_122

37. Савва, О. В. Посмертная МРТ и морфологическая оценка изменений головного мозга новорожденных в зависимости от длительности посмертного периода / О. В. Савва, У. Н. Туманова, Д. Н. Услонцев [и др.] // Материалы II научно-практической конференции Межрегионального Танаториодилогического Общества «Лучевая диагностика для патологической анатомии и судебно-медицинской экспертизы: от прижизненной к посмертной». – 2022. С. 68–78. – DOI: 10.54182/9785988117094_2022_68

38. Самохвалов, И. М. Десять хирургических уроков начального этапа военной операции / И. М. Самохвалов, Е. В. Крюков, В. Ю. Маркевич [и др.] // Военно-медицинский журнал. – 2023. – Т. 344, № 4. – С. 4–10. – DOI: 10.52424/00269050_2023_344_4_4. – EDN DSYIAP.

39. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623678 Российская Федерация. База данных экспериментальных исследований, выполненных в госпитальном отделении судебной медицины с использованием портативного рентгеновского комплекса «КОСА.2» / Потрахов Николай Николаевич, Васильев Александр Юрьевич, Леонов Сергей Валерьевич, Троян Владимир Николаевич, Федоров Евгений Павлович, Блинов Николай Николаевич. № 2023623267 : заявл. 10.10.2023 : опубл. 30.10.2023.

40. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023622023 Российская Федерация. Рентгенография с применением портативного рентгеновского аппарата / Потрахов Николай Николаевич, Васильев Александр Юрьевич, Федоров Евгений Павлович, Блинов Николай Николаевич. № 2023621454 : заявл. 23.05.2023 : опубл. 20.06.2023.

41. Скобеева, А. С. Виртопсия – инновация в мире криминалистики / А. С. Скобеева, Е. Ю. Родина // Ученые записки Казанского юридического института МВД России. – 2023. – Т. 8, № 1 (15). – С. 92–98. – EDN HQJPSE.

42. Туманова, У. Н. Становление и развитие посмертных лучевых исследований в мире и России / У. Н. Туманова // REJR. – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 250–263. – DOI: 10.21569/2222-7415-2020-10-4-250-263

43. Туманова, У. Н., Возможности посмертных лучевых исследований (КТ и МРТ) мертворожденных и умерших новорожденных для комплексного патолого-анатомического исследования: часть 1 / У. Н. Туманова, В. Г. Быченко, А. И. Щеголев // Перспективы междисциплинарного взаимодействия для развития патологической анатомии и судебной медицины: материалы I научно-практической конференции Межрегионального Танаториологического Общества, посвященной памяти Н. М. Крупнова. – 2021. – С. 88–104. – DOI: 10.54182/9785988116707_2021_88

44. Туманова, У. Н. Возможности посмертных лучевых исследований (КТ и МРТ) мертворожденных и умерших новорожденных для комплексного патолого-анатомического исследования: часть 2 / У. Н. Туманова, В. Г. Быченко, А. И. Щеголев // Перспективы междисциплинарного взаимодействия для развития патологической анатомии и судебной медицины: материалы I научно-практической конференции Межрегионального Танаториологического Общества, посвященной памяти Н. М. Крупнова. – 2021. – С. 105–121. – DOI: 10.54182/9785988116707_2021_105

45. Туманова, У. Н. Посмертная лучевая характеристика динамики развития неспецифических посмертных изменений тела новорожденного / У. Н. Туманова, О. В. Савва, В. Г. Быченко [и др.] // REJR. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 35–54. – DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-35-54

46. Туманова, У. Н. Организация проведения посмертных лучевых исследований в структуре патологоанатомических отделений и бюро судебно-медицинской экспертизы / У. Н. Туманова, А. И. Щеголев, А. В. Ковалев // Судебно-медицинская экспертиза. – 2021. – Т. 64, № 1. – С. 57–63. – DOI: 10.17116/sudmed20216401157

47. Туманова, У. Н. Техническое и методическое обеспечение проведения посмертных лучевых исследований в патологоанатомических отделениях и бюро судебно-медицинской экспертизы / А. И. Щеголев, А. В. Ковалев // Судебно-медицинская экспертиза. – 2021. – Т. 64, № 2. – 51–57. – DOI: 10.17116/sudmed20216402151

48. Туманова, У. Н. Роль виртопсии для оценки посмертных изменений / У. Н. Туманова, А. И. Щеголев // Современные подходы в клинко-морфологической диагностике заболеваний человека: сборник научных трудов Всероссийской конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 12 февраля 2021 года / ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. М. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – Санкт-Петербург: ИП Коняхин А. В. (Book Jet), 2021. – С. 124–126. – EDN VGETDF.

49. Хаметова, А. Р. Виртопсия – инновация в мире криминалистики / А. Р. Хаметова // Закон и право. – 2024. – № 5. – С. 298–304. – DOI: 10.24412/2073-3313-2024

50. Чумакова, Ю. В. Посмертная КТ оледеневшего трупа / Ю. В. Чумакова, С. Э. Дуброва, В. А. Клевно [и др.] // Судебно-медицинская экспертиза. – 2022. – Т. 65, № 6. – С. 51–55.

51. Шакирьянова, Ю. П. Возможности компьютерной томографии в судебно-медицинских исследованиях / Ю. П. Шакирьянова, С. В. Леонов, С. И. Курбанов // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы: сборник статей под ред. А. И. Авдеева, И. В. Власюка, А. В. Нестерова. – Хабаровск, 2019. – С. 201–205.

52. Шакирьянова, Ю. П. Оценка морфологии и механизма образования переломов ребер по результатам компьютерной томографии / Ю. П. Шакирьянова, С. В. Леонов // Лучевая диагностика для патологической анатомии и судебно-медицинской экспертизы: от прижизненной к посмертной: II Научно-практическая конференция Межрегионального Танаториологического

Общества, Москва, 07–08 октября 2022 года. – Москва: Межрегиональная общественная организация «Межрегиональное Танаториологическое Общество», 2022. – С. 112–117. – DOI: 10.54182/9785988117094_2022_112. – EDN HDAZNR.

53. Щеголев, А. И. Танаториология как новый этап развития патологической анатомии и судебно-медицинской экспертизы / А. И. Щеголев, Н. М. Крупнов, У. Н. Туманова [и др.] // Перспективы междисциплинарного взаимодействия для развития патологической анатомии и судебной медицины: материалы I научно-практической конференции Межрегионального Танаториологического Общества, посвященная памяти Н. М. Крупнова, Рязань, 01 октября 2021 года. – Москва: Межрегиональная общественная организация «Межрегиональное Танаториологическое Общество», 2021. – С. 59–77. – DOI: 10.54182/9785988116707_2021_59. – EDN MBGKNF.

54. Щеголев, А. И. Возможности посмертных лучевых исследований в патологоанатомической практике / А. И. Щеголев, У. Н. Туманова // «Современная патология: опыт, проблемы, перспективы». I Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: сборник материалов. – Самара, 2020. – С. 207–213.

55. Щеголев, А. И. Возможности и условия для осуществления танаториологии в практике патолого-анатомических отделений и бюро судебно-медицинской экспертизы / А. И. Щеголев, У. Н. Туманова, А. В. Ковалев // Перспективы междисциплинарного взаимодействия для развития патологической анатомии и судебной медицины: материалы I научно-практической конференции Межрегионального Танаториологического Общества, посвященная памяти Н. М. Крупнова, Рязань, 01 октября 2021 года. – Москва: Межрегиональная общественная организация «Межрегиональное Танаториологическое Общество», 2021. – С. 142–161. – DOI: 10.54182/9785988116707_2021_142. – EDN JJDGVN.

56. Alafer, F. Emerging Imaging Technologies in Forensic Medicine: A Systematic Review of Innovations, Ethical Challenges, and Future Directions / F. Alafer // *Diagnostics* (Basel). 2025 Jun 1. Vol. 15, no. 11. P. 1410. – DOI: 10.3390/diagnostics15111410. PMID: 40506982; PMCID: PMC12154265.

57. Ali, Z., Mourtzinos, N. Postmortem Imaging of an Unusual Case of Fatal Heart and Lung Perforation Due to Self-Treatment / Z. Ali, N. Mourtzinos // *Acad Forensic Pathol.* 2022 Jun. Vol. 12, no. 2. P. 75–79. – DOI: 10.1177/19253621221102045. Epub 2022 Jun 9. PMID: 35799997; PMCID: PMC9254013.

58. Azizah, W. N. Systematic review: oral and maxillofacial radiology as fundamental methods of virtual autopsy / W. N. Azizah, F. Oscandar, M. A. Damayanti // *Forensic Sci. Res.* 2023 Nov 10. Vol. 8, no. 3. P. 185–197. – DOI: 10.1093/fsr/owad028. PMID: 39633891; PMCID: PMC11616776.

59. Bianchi, I. A., Focardi, M. B., Grifoni, R., Raddi, S., Rizzo, A., Defraia, B., Pinchi, V. Dental identification of unknown bodies through antemortem data taken by non-dental X-rays. Case reports / I. A. Bianchi, M. B. Focardi, R. Grifoni et al. // *J. Forensic Odontostomatol.* 2021 Dec 30. Vol. 39, no. 3. P. 49–57. PMID: 34999580; PMCID: PMC9343057.

60. Chandy, P. E. Postmortem CT in Trauma: An Overview. / P. E. Chandy, N. Murray, E. Khasanova et al. // *Can. Assoc. Radiol. J.* 2020 Aug. Vol. 71, no. 3. P. 403–414. – DOI: 10.1177/0846537120909503. Epub 2020 Mar 16. PMID: 32174147.

61. Chen, X. Diagnosis of Acute Pancreatitis Using Postmortem Computed Tomography and Postmortem Magnetic Resonance Imaging: A Case Report and a Review of Literature / X. Chen, H. M. Zhang, D. D. Zhou // *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 2023 Dec 1. Vol. 44, no. 4. P. 340–344. – DOI: 10.1097/PAF.0000000000000862. Epub 2023 Jul 26. PMID: 37499163.

62. De Tobel, J. Magnetic resonance imaging for forensic age estimation in living children and young adults: a systematic review / J. De Tobel, J. Bauwens, G. I. L.

Parmentier et al. // *Pediatr Radiol*. 2020 Nov. Vol. 50, no. 12. P. 1691–1708. – DOI: 10.1007/s00247-020-04709-x. Epub 2020 Jul 31. PMID: 32734341.

63. Dedouit, F. The current state of forensic imaging – post mortem imaging / F. Dedouit, M. Ducloyer, J. Elifritz et al. // *Int J. Legal. Med*. 2025 May. Vol. 139, no. 3. P. 1141–1159. – DOI: 10.1007/s00414-025-03461-x. Epub 2025 Mar 24. PMID: 40126650; PMCID: PMC12003538.

64. Dedouit, F. The current state of forensic imaging – recommended radiological tools and international guidelines / F. Dedouit, M. Ducloyer, J. Elifritz et al. // *Int J. Legal. Med*. 2025 Mar 25. – DOI: 10.1007/s00414-025-03465-7. Epub ahead of print. PMID: 40128331.

65. Dedouit, F. The current state of forensic imaging- clinical forensic imaging / F. Dedouit, M. Ducloyer, J. Elifritz et al. // *Int J. Legal. Med*. 2025 Jul. Vol. 139, no. 4. P. 1639–1646. – DOI: 10.1007/s00414-025-03464-8. Epub 2025 Mar 18. PMID: 40100352; PMCID: PMC12170677.

66. Dobay, A. Potential use of deep learning techniques for postmortem imaging / A. Dobay, J. Ford, S. Decker et al. // *Forensic Sci. Med. Pathol*. 2020 Dec. Vol. 16, no. 4. P. 671–679. – DOI: 10.1007/s12024-020-00307-3. Epub 2020 Sep 29. PMID: 32990926; PMCID: PMC7669812.

67. Ekizoglu, O. Forensic age estimation via magnetic resonance imaging of knee in the Turkish population: use of T1-TSE sequence / O. Ekizoglu, A. Er, M. Bozdogan et al. // *Int J. Legal. Med*. 2021 Mar. Vol. 135, no. 2. P. 631–637. – DOI: 10.1007/s00414-020-02402-0. Epub 2020 Aug 24. PMID: 32839871; PMCID: PMC7870628.

68. Filograna, L. Postmortem CT pulmonary findings in SARS-CoV-2-positive cases: correlation with lung histopathological findings and autopsy results / L. Filograna, S. Grassi, G. Manenti et al. // *Int J. Legal. Med*. 2022 Sep. Vol. 136, no. 5. P. 1407–1415. – DOI: 10.1007/s00414-022-02793-2. Epub 2022 Feb 14. PMID: 35157128; PMCID: PMC8853405.

69. Gascho, D. CT and MRI of a transcadiac gunshot wound with an annular distribution of bullet fragments surrounding an exit-re-entrance wound after the bullet burst from a floor tile upon exiting the lying body / D. Gascho, S. A. Bolliger, M. J. Thali // *J. Forensic. Leg. Med.* 2021 Jan. Vol. 77. P. 102087. – DOI: 10.1016/j.jflm.2020.102087. Epub 2020 Nov 21. PMID: 33249345.

70. Gascho, D. Postmortem Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging of Gunshot Wounds to the Neck / D. Gascho, M. Marosi, M. J. Thali et al. // *J. Forensic. Sci.* 2020 Jul. Vol. 65, no. 4. P. 1360–1364. – DOI: 10.1111/1556-4029.14311. Epub 2020 Feb 27. PMID: 32105348.

71. Gascho, D. Synergy of CT and MRI in detecting trajectories of lodged bullets in decedents and potential hazards concerning the heating and movement of bullets during MRI / D. Gascho, C. Tappero, N. Zoelch // *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2020 Mar. Vol. 16, no. 1. P. 20–31. – DOI: 10.1007/s12024-019-00199-y. Epub 2019 Nov 25. PMID: 31768872.

72. Gascho, D. VIRTual autOPSY-applying CT and MRI for modern forensic death investigations / D. Gascho // *Front. Radiol.* 2025 May 12. Vol. 5. P. 1557636. – DOI: 10.3389/fradi.2025.1557636. PMID: 40421097; PMCID: PMC12104169.

73. Gassenmaier, S. Forensic age estimation in living adolescents with CT imaging of the clavícula-impact of low-dose scanning on readers' confidence / S. Gassenmaier, J. F. Schaefer, K. Nikolaou et al. // *Eur. Radiol.* 2020 Dec. Vol. 30, no. 12. P. 6645–6652. DOI: 10.1007/s00330-020-07079-y. Epub 2020 Jul 28. Erratum in: *Eur Radiol.* 2022 Jan. Vol. 32, no. 1. P. 740. – DOI: 10.1007/s00330-021-08111-5. PMID: 32725332; PMCID: PMC8203536.

74. Gershon, A. Post mortem computed tomography is highly sensitive for pyelonephritis / A. Gershon, P. J. H. Kim, C. G. Ball // *A radiologic-pathologic correlation series. Forensic Sci. Med. Pathol.* 2022 Dec. Vol. 18, no. 4. P. 450–455. – DOI: 10.1007/s12024-022-00540-y. Epub 2022 Oct 10. PMID: 36210403.

75. Gibb, I. Post-mortem computed tomography in the investigation of conflict and terrorist related deaths: UK military experience of developing a multidisciplinary

service / I. Gibb, R. Delaney, D. Murphy // *Clin. Radiol.* 2023 Nov. Vol. 78, no. 11. P. 804–811. – DOI: 10.1016/j.crad.2022.07.007. Epub 2022 Aug 26. PMID: 36031431.

76. Glengarry, J. Extensive subcutaneous needle fragment retention due to injecting drug use / J. Glengarry, M. Lynch, C. O'Donnell // *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2023 Mar. Vol. 19, no. 1. P. 124–128. – DOI: 10.1007/s12024-022-00543-9. Epub 2022 Oct 11. PMID: 36219370.

77. Grange, S. Unexpected discovery of ballistic metallic foreign bodies on postmortem imaging examinations / S. Grange, C. Bidat-Callet, R. Grange et al. // *Diagn Interv Imaging.* 2022 May. Vol. 103, no. 5. P. 281–283. – DOI: 10.1016/j.diii.2022.03.005. Epub 2022 Apr 9. PMID: 35414470.

78. Herrmann, J. Forensic age assessment of the knee: proposal of a new classification system using two-dimensional ultrasound volumes and comparison to MRI / J. Herrmann, D. Särin, M. Auf der Mauer et al. // *Eur. Radiol.* 2021 May. Vol. 31, no. 5. P. 3237–3247. – DOI: 10.1007/s00330-020-07343-1. Epub 2020 Oct 14. PMID: 33057780; PMCID: PMC8043935.

79. Hofer, P. Forensische Bildgebung der scharfen Gewalt [Forensic imaging of sharp force injuries] / P. Hofer, C. Ferling // *Radiologie (Heidelb).* 2024 Nov. Vol. 64, no. 11. P. 846–853. German. – DOI: 10.1007/s00117-024-01370-5. Epub 2024 Sep 25. PMID: 39320447; PMCID: PMC11502566.

80. Hueck, U. Forensic postmortem computed tomography in suspected unnatural adult deaths / U. Hueck, H. Muggenthaler, M. Hubig et al. // *Eur. J. Radiol.* 2020 Nov. Vol. 132. P. 109297. – DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.109297. Epub 2020 Sep 28. PMID: 33035918.

81. Hussein, M. N. Postmortem computed tomography differentiation between intraperitoneal decomposition gas and pneumoperitoneum / M. N. Hussein, A. Heinemann, D. A. Shokry et al. // *Int J. Legal. Med.* 2022 Jan. Vol. 136, no. 1. P. 229–235. – DOI: 10.1007/s00414-021-02732-7. Epub 2021 Oct 27. PMID: 34708283.

82. Ibarra, Vilar P. Learning curve for fetal postmortem ultrasound / Vilar P. Ibarra, L. De Luca, D. A. Badr et al. // *Prenat Diagn.* 2024 Jan. Vol. 44, no. 1. P. 15–27. – DOI: 10.1002/pd.6482. Epub 2023 Dec 20. PMID: 38117025.
83. Issrani, R. Cone-Beam Computed Tomography: A New Tool on the Horizon for Forensic Dentistry / R. Issrani, N. Prabhu, M. G. Sghaireen et al. // *Int J. Environ Res. Public Health.* 2022 Apr 28. Vol. 19, no. 9. P. 5352. – DOI: 10.3390/ijerph19095352. PMID: 35564747; PMCID: PMC9104190.
84. Jian, J. Q. Virtual Autopsy Morphological Features of Drowning / J.Q. Jian, D. H. Zou, Z. D. Li et al. // *Fa Yi Xue Za Zhi.* 2022 Feb 25. Vol. 38, no. 1. P. 53–58. English, Chinese. – DOI: 10.12116/j.issn.1004-5619.2021.410806. PMID: 35725704.
85. Junno, J. A. Post-mortem computed tomography in forensic shooting distance estimation: a porcine cadaver study / J. A. Junno, A. Kotiaho, P. Oura // *BMC Res. Notes.* 2022 Mar 16. Vol. 15, no. 1. P. 103. – DOI: 10.1186/s13104-022-05997-2. PMID: 35296333; PMCID: PMC8925149.
86. Kanal, K. Early Experience with Postmortem CT Imaging / K. Kanal, D. Zamora, R. Harruff et al. // *J. Comput Assist Tomogr.* 2025 Apr 23. – DOI: 10.1097/RCT.0000000000001732. Epub ahead of print. PMID: 40268276.
87. Kang, X. Fetal postmortem imaging: an overview of current techniques and future perspectives / X. Kang, A. Carlin, M. M. Cannie et al. // *Am. J. Obstet Gynecol.* 2020 Oct. Vol. 223, no. 4. P. 493–515. – DOI: 10.1016/j.ajog.2020.04.034. Epub 2020 May 4. PMID: 32376319.
88. Kang, X. Postmortem fetal imaging: prospective blinded comparison of two-dimensional ultrasound with magnetic resonance imaging / X. Kang, T. C. Sanchez, O. J. Arthurs et al. // *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2019 Dec. Vol. 54, no. 6. P. 791–799. – DOI: 10.1002/uog.20217. PMID: 30644623.
89. Kang, X. Postmortem examination of human fetuses: comparison of two-dimensional ultrasound with invasive autopsy / X. Kang, S. C. Shelmerdine, I. Hurtado et al. // *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2019 Feb. Vol. 53, no. 2. P. 229–238. – DOI: 10.1002/uog.18828. Epub 2019 Jan 7. PMID: 28782198.

90. Khatam-Lashgari, A. Forensic age estimation of the knee by post-mortem DR, CT, and MR imaging: a comparative study / A. Khatam-Lashgari, M. L. Harving, C. Villa et al. // *Int J. Legal Med.* 2024 May. Vol. 138, no. 3. P. 971–981. – DOI: 10.1007/s00414-024-03158-7. Epub 2024 Jan 19. PMID: 38240840; PMCID: PMC11004047.

91. Kislov, M. A. Forensic medical characteristics of firearm exit wounds in cases with armour protection / M. A. Kislov, M. Chauhan, S. V. Leonov et al. // *Leg. Med. (Tokyo)*. 2022 Feb. Vol. 54. P. 102002. – DOI: 10.1016/j.legalmed.2021.102002. Epub 2021 Dec 8. PMID: 34902780.

92. Kranioti, E. F. Post-mortem CT in the investigation of homicides / E. F. Kranioti, K. Spanakis, D. E. Flouri et al. // *Clin. Radiol.* 2023 Nov. Vol. 78, no. 11. P. 832–838. – DOI: 10.1016/j.crad.2023.05.001. Epub 2023 Aug 14. PMID: 37827593.

93. Kugel, C. The Challenges of Forensic Medicine in Victim Identification in the Wake of the October 7th (2023) Mass Casualty Event / C. Kugel, R. P. Nachman, I. Katz et al. // *Isr. Med. Assoc. J.* 2024 Nov. Vol. 26, no. 10. P. 603–607. PMID: 39533460.

94. Lahmer, T. Interdisziplinäre ultraschallgesteuerte minimal-invasive Autopsie bei COVID-19-Verstorbenen auf der Intensivstation einer Universitätsklinik: Eine Proof-of-Concept-Studie [Interdisciplinary ultrasound-guided, minimally invasive autopsy in COVID-19-deceased patients in the intensive care unit of a university hospital: A proof-of-concept study] / T. Lahmer, K. Stock, S. Rasch et al. // *Pathologie (Heidelb)*. 2023 Dec. Vol. 44, no. Suppl 3. P. 193–197. German. – DOI: 10.1007/s00292-023-01248-8. Epub 2023 Dec 5. PMID: 38051339; PMCID: PMC10739551.

95. Lathrop, S. L. Can computed tomography replace or supplement autopsy? / S. L. Lathrop, P. W. Wiest, S. W. Andrews et al. // *J. Forensic Sci.* 2023 Mar. Vol. 68, no. 2. P. 524–535. – DOI: 10.1111/1556-4029.15217. Epub 2023 Feb 8. PMID: 36752321.

96. Leadbeatter, J. Evaluation of radiation exposure to operators of portable hand-held dental X-ray units / J. Leadbeatter, J. Diffey // *Phys. Eng. Sci. Med.* 2021. Vol. 44. P. 377–385. – DOI: 10.1007/s13246-021-00985-5

97. Li, Y. Computer-aided superimposition of the frontal sinus via 3D reconstruction for comparative forensic identification / Y. Li, C. Xu, D. Yu et al. // *Int J. Legal Med.* 2021 Sep. Vol. 135, no. 5. P. 1993–2001. – DOI: 10.1007/s00414-021-02585-0. Epub 2021 Apr 22. PMID: 33890165.

98. Lux, C. Atypical wound trajectory after a tangential pistol shot / C. Lux, M. Kettner, J. M. Federspiel et al. // *Int J. Legal Med.* 2023 Mar. Vol. 137, no. 2. P. 595–600. – DOI: 10.1007/s00414-022-02905-y. Epub 2022 Nov 10. PMID: 36355085; PMCID: PMC9902430.

99. Malokaj, V. Forensic age estimation by MRI of the knee – comparison of two classifications for ossification stages in a German population / V. Malokaj, M. Wernsing, S. Kunz et al. // *Int J. Legal Med.* 2024 Nov. Vol. 138, no. 6. P. 2387–2400. – DOI: 10.1007/s00414-024-03281-5. Epub 2024 Jul 4. PMID: 38960912; PMCID: PMC11490462.

100. Mishalov, V. D. Forensic dental identification in complicated fractured skull conditions: case report with adapted algorithm for image comparison / V. D. Mishalov, M. Y. Goncharuk-Khomyn, V. V. Voichenko et al. // *J. Forensic Odontostomatol.* 2021 Aug 30. Vol. 39, no. 2. P. 45–57. PMID: 34419945; PMCID: PMC8630450.

101. Möbius, D. Ultrasound in legal medicine-a missed opportunity or simply too late? A narrative review of ultrasonic applications in forensic contexts / D. Möbius, A. Fitzek, N. Hammer et al. // *Int J. Legal Med.* 2021 Nov. Vol. 135, no. 6. P. 2363–2383. – DOI: 10.1007/s00414-021-02661-5. Epub 2021 Jul 22. PMID: 34292383; PMCID: PMC8295453.

102. Modzelewski, W. The role of computed tomography in post-mortem examinations / W. Modzelewski, J. Janica // *Arch Med. Sadowej Kryminol.* 2024. Vol. 74, no. 2. P. 124–133. English, Polish. – DOI: 10.4467/16891716AMSIK.24.011.20340. PMID: 39470757.

103. Moghaddam, N. Hidden lesions: a case of burnt remains / N. Moghaddam, L. Campana, C. Abegg et al. // *Forensic Sci. Res.* 2023 Jun 23. Vol. 8, no. 2. P. 163–169. – DOI: 10.1093/fsr/owad019. PMID: 37621452; PMCID: PMC10445669.

104. Morrison, L.T.R. Cost Evaluation of Minimally Invasive Tissue Sampling (MITS) Implementation in Low- and Middle-Income Countries / L. T. R. Morrison, E. G. Brown, C. R. Paganelli et al. // *Clin. Infect. Dis.* 2021 Dec 15. Vol. 73, no. Suppl_5. P. S401–S407. – DOI: 10.1093/cid/ciab828. PMID: 34910172; PMCID: PMC8672771.

105. Nagai, A. A Case of Hanging with Limited Specific Postmortem Brain Imaging / A. Nagai, T. Kobayashi, K. Kurosawa et al. // *NMC Case. Rep. J.* 2024 Aug 30. Vol. 11. P. 249–255. – DOI: 10.2176/jns-nmc.2024-0113. PMID: 39295788; PMCID: PMC11407918.

106. Neuhaus, D. Fully automated radiologic identification focusing on the sternal bone / D. Neuhaus, H. Wittig, E. Scheurer et al. // *Forensic Sci. Int.* 2023 May. Vol. 346. P. 111648. – DOI: 10.1016/j.forsciint.2023.111648. Epub 2023 Mar 22. PMID: 36996581.

107. Nitschke, J. Image quality of a portable X-ray device (Nomad Pro 2) compared to a wall-mounted device in intraoral radiography / J. Nitschke, L. Schorn, H. Holtmann et al. // *Oral Radiol.* 2021. Vol. 37. P. 224–230. – DOI: 10.1007/s11282-020-00434-1

108. Nummenmaa, L. Brain Basis of Psychopathy in Criminal Offenders and General Population / L. Nummenmaa, L. Lukkarinen, L. Sun et al. // *Cereb Cortex.* 2021 Jul 29. Vol. 31, no. 9. P. 4104–4114. – DOI: 10.1093/cercor/bhab072. PMID: 33834203; PMCID: PMC8328218.

109. Oetelaar, G. Differentiation of Antemortem and Postmortem Appendicular Fractures Using Magnetic Resonance Imaging Signal Intensity Changes in Bone and Soft Tissues / G. Oetelaar, H. G. Heng, C. K. Lim et al. // *J. Forensic Sci.* 2020 Sep. Vol. 65, no. 5. P. 1524–1529. – DOI: 10.1111/1556-4029.14475. Epub 2020 Jun 11. PMID: 32525570.

110. Offiah, C. E. Fire-damage findings in post-mortem CT / C. E. Offiah // *Clin Radiol.* 2023 Nov. Vol. 78, no. 11. P. 812–821. – DOI: 10.1016/j.crad.2023.03.005. Epub 2023 Aug 14. PMID: 37827591.

111. Ogawara, T. Diagnosing Drowning in Postmortem CT Images Using Artificial Intelligence / T. Ogawara, A. Usui, N. Homma et al. // *Tohoku J. Exp. Med.* 2022 Dec 14. Vol. 259, no. 1. P. 65–75. – DOI: 10.1620/tjem. 2022.J097. Epub 2022 Nov 17. PMID: 36384859.

112. Ohsaka, H. Impalement Injury Diagnosed at the Scene by a Portable X-Ray System Transported by a Physician-Staffed Helicopter / H. Ohsaka, K. Omori, I. Takeuchi et al. // *J. Emerg Trauma Shock.* 2020 Jan-Mar. Vol. 13, no. 1. P. 101–102. – DOI: 10.4103/JETS.JETS_164_19. Epub 2020 Mar 19. PMID: 32395063; PMCID: PMC7204956.

113. Ohtani, M. Extra-oral dental radiography for disaster victims using a flat panel X-ray detector and a hand-held X-ray generator / M. Ohtani, T. Oshima, S. Mimasaka // *J. Forensic Odontostomatol.* 2017 Dec 1. Vol. 35, no. 2. P. 28–34. PMID: 29384734; PMCID: PMC6100224.

114. Peng, L. Q. Forensic bone age estimation of adolescent pelvis X-rays based on two-stage convolutional neural network / L. Q. Peng, Y. C. Guo, L. Wan et al. // *Int J. Legal Med.* 2022 May. Vol. 136, no. 3. P. 797–810. – DOI: 10.1007/s00414-021-02746-1. Epub 2022 Jan 18. PMID: 35039894.

115. Rajala, K. The Role of Prenatal Ultrasound and Added Value of Post-Mortem Radiographic Imaging with X-Ray and CT in Suspected Fetal Skeletal Dysplasia / K. Rajala, S. Toiviainen-Salo, O. Mäkitie et al. // *Prenat. Diagn.* 2025 Jan. Vol. 45, no. 1. P. 77–88. – DOI: 10.1002/pd.6732. Epub 2024 Dec 15. PMID: 39674903; PMCID: PMC11717737.

116. Rossini, B. The Role of Plain Radiography in Assessing Aborted Fetal Musculoskeletal Anomalies in Everyday Practice / B. Rossini, A. Carnevale, G. C. Parenti et al. // *J. Imaging.* 2024 Sep 27. Vol. 10, no. 10. P. 242. – DOI: 10.3390/jimaging10100242. PMID: 39452405; PMCID: PMC11508908.

117. Ruder, T. D. Essentials of forensic post-mortem MR imaging in adults / T. D. Ruder, V. J. Thali, G. M. Hatch // *Br. J. Radiol.* 2014 Apr. Vol. 87, no. 1036. P. 20130567. DOI: 10.1259/bjr.20130567. PMID: 24191122; PMCID: PMC4067017.

118. Rügger, C. M. Post-mortem magnetic resonance imaging with computed tomography-guided biopsy for foetuses and infants: a prospective, multicentre, cross-sectional study / C. M. Rügger, D. Gascho, P. K. Bode et al. // *BMC Pediatr.* 2022 Aug 3. Vol. 22, no. 1. P. 464. – DOI: 10.1186/s12887-022-03519-4. PMID: 35918685; PMCID: PMC9347089.

119. Ruiter, N. V. Medical ultrasound: Time-honored method or emerging research frontier? / N. V. Ruiter, O. D. Kripfgans // *Z Med Phys.* 2023 Aug. Vol. 33, no. 3. P. 251–254. – DOI: 10.1016/j.zemedi.2023.05.005. Epub 2023 Jun 10. PMID: 37302938; PMCID: PMC10517395.

120. Sangonuga, K. S. Forensic radiography services: The experiences of radiographers and forensic pathologists in Nigeria / K. S. Sangonuga, M. Kekana, C. U. Eze // *Radiography (Lond).* 2022 May. Vol. 28, no. 2. P. 513–517. – DOI: 10.1016/j.radi.2021.12.005. Epub 2022 Jan 13. PMID: 35034799.

121. Schaarschmidt, B. M. Photon-counting CT for bullet material differentiation: applications in forensic radiology / B. M. Schaarschmidt, J. Hegmanns, J. Wulff // *Eur Radiol Exp.* 2025 May 4. Vol. 9, no. 1. P. 49. – DOI: 10.1186/s41747-025-00586-x. PMID: 40319414; PMCID: PMC12050241.

122. Shelmerdine, S. C. How to report perinatal and pediatric postmortem CT / S. C. Shelmerdine, O. J. Arthurs // *Insights Imaging.* 2024 May 31. Vol. 15, no. 1. P. 129. – DOI: 10.1186/s13244-024-01698-5. PMID: 38816589; PMCID: PMC11139809.

123. Shelmerdine, S. C. Post-mortem perinatal imaging: what is the evidence? / S. C. Shelmerdine, O. J. Arthurs // *Br. J. Radiol.* 2023 Jul. Vol. 96, no. 1147. P. 20211078. – DOI: 10.1259/bjr.20211078. Epub 2022 May 5. PMID: 35451852; PMCID: PMC10321257.

124. Shelmerdine, S. C. Three-dimensional versus two-dimensional postmortem ultrasound: feasibility in perinatal death investigation / S. C. Shelmerdine, N. J. Sebire,

O. J. Arthurs // *Pediatr Radiol.* 2021 Jun. Vol. 51, no. 7. P. 1259–1266. – DOI: 10.1007/s00247-020-04934-4. Epub 2021 Mar 5. PMID: 33674890.

125. Shelmerdine, S. C. Postmortem microfocus computed tomography for noninvasive autopsies: experience in >250 human fetuses / S. C. Shelmerdine, I. C. Simcock, J.C. Hutchinson et al. // *Am. J. Obstet Gynecol.* 2021 Jan. Vol. 224, no. 1. P. 103.e1–103.e15. – DOI: 10.1016/j.ajog.2020.07.019. Epub 2020 Jul 16. PMID: 32682860; PMCID: PMC7805479.

126. Simcock, I. C. Clinical experience of a fetal postmortem imaging service using microfocus computed tomography / I. C. Simcock, A. Lamouroux, S. C. Shelmerdine et al. // *Am. J. Obstet Gynecol.* 2025 Jun 23. Vol. S0002-9378, no. 25. P. 00413–2. – DOI: 10.1016/j.ajog.2025.06.035. Epub ahead of print. PMID: 40562268.

127. Shrestha, K. Localization of a Bullet in a Firearm Injury Victim Using X-ray Imaging During Autopsy: A Case Report / K. Shrestha, N. Shrestha, S. Yadav et al. // *JNMA J. Nepal Med. Assoc.* 2024 Nov. Vol. 62, no. 279. P. 780–784. – DOI: 10.31729/jnma.8811. Epub 2024 Nov 30. PMID: 40656810; PMCID: PMC11931333.

128. Solomon, N. The evolution of postmortem investigation: a historical perspective on autopsy's decline and imaging's role in its revival / N. Solomon, D. Gascho, N. L. Adolphi et al. // *Front Radiol.* 2025 Apr 14. Vol. 5. P. 1565012. DOI: 10.3389/fradi.2025.1565012. PMID: 40296874; PMCID: PMC12034628.

129. Solomon, N. Postmortem CT: Applications in Clinical and Forensic Medicine / N. Solomon, J. Elifritz, N. L. Adolphi et al. // *Radiographics.* 2025 Jun. Vol. 45, no. 6. P. e240192. – DOI: 10.1148/rg.240192. PMID: 40372934; PMCID: PMC12142271.

130. Speelman, A. C. Postmortem computed tomography plus forensic autopsy for determining the cause of death in child fatalities / A. C. Speelman, P. C. Engel-Hills, L. J. Martin et al. // *Pediatr Radiol.* 2022 Dec. Vol. 52, no. 13. P. 2620–2629. – DOI: 10.1007/s00247-022-05406-7. Epub 2022 Jun 23. Erratum in: *Pediatr Radiol.* 2022 Dec. Vol. 52, no. 13. P. 2655. – DOI: 10.1007/s00247-022-05471-y. PMID: 35732843.

131. Spies, A. J. A comparison of computed tomography, X-ray and Lodox® scans in assessing pediatric skull fractures using piglets / A. J. Spies, M. Steyn, D. Brits et al. // *J. Forensic Sci.* 2021 Mar. Vol. 66, no. 2. P. 470–478. – DOI: 10.1111/1556-4029.14614. Epub 2020 Nov 2. PMID: 33136310.

132. Stanislavsky, A. Gunshot injuries. Reference article / A. Stanislavsky, C. Hacking, A. Ranchod et al. // *Radiopaedia.org* (Accessed on 29 Jul 2025). – DOI: 10.53347/rID-13189

133. Stoevesandt, D. Forensisch-radiologische Diagnostik von Schussverletzungen [Forensic-radiological diagnosis of gunshot wounds] / D. Stoevesandt, L. Woydt, L. M. Peter et al. // *Radiologie (Heidelb)*. 2024 Nov. Vol. 64, no. 11. P. 854–860. German. – DOI: 10.1007/s00117-024-01367-0. Epub 2024 Sep 12. PMID: 39264426.

134. Sugawara, M. Postmortem computed tomographic features in the diagnosis of drowning: a comparison of fresh water and salt water drowning cases / M. Sugawara, K. Ishiyama, S. Takahashi et al. // *Jpn. J. Radiol.* 2019 Mar. Vol. 37, no. 3. P. 220–229. DOI: 10.1007/s11604-018-0802-8. Epub 2019 Jan 1. Erratum in: *Jpn J Radiol.* 2019 Sep. Vol. 37, no. 9. P. 666–667. – DOI: 10.1007/s11604-019-00853-z. PMID: 30600482.

135. Terence Azeke, A. Minimally Invasive Tissue Sampling via Post Mortem Ultrasound: A Feasible Tool (Not Only) in Infectious Diseases-A Case Report / A. Terence Azeke, J. Schädler, B. Ondruschka et al. // *Diagnostics (Basel)*. 2023 Aug 10. Vol. 13, no. 16. P. 2643. – DOI: 10.3390/diagnostics13162643. PMID: 37627902; PMCID: PMC10453131.

136. Thomsen, T. Ultrasonography on the non-living. Current approaches / T. Thomsen, M. Blaivas, P. Sadiva et al. // *Med. Ultrason.* 2023 Mar 30. Vol. 25, no. 1. P. 56–65. – DOI: 10.11152/mu-3490. Epub 2021 Nov 11. PMID: 34762719.

137. Tian, Z. L. Comparison of CT Values between Thrombus and Postmortem Clot Based on Cadaveric Pulmonary Angiography / Z. L. Tian, R. L. Wang, J. H. Zhang

et al. // *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2023 Feb 25. Vol. 39, no. 1. P. 7–12. English, Chinese. – DOI: 10.12116/j.issn.1004-5619.2022.420514. PMID: 37038849.

138. Timmerman, G. M. M. The value of micro-CT imaging in the forensic evaluation of neck trauma / G. M. M. Timmerman, A. Van Goethem, D. Docter et al. // *Forensic Sci. Int.* 2025 Sep. Vol. 374. P. 112544. – DOI: 10.1016/j.forsciint.2025.112544. Epub 2025 Jun 23. PMID: 40578128.

139. Tsuneya, S. Postmortem magnetic resonance imaging revealed bilateral globi pallidi lesions in a death associated with prolonged carbon monoxide poisoning: a case report / S. Tsuneya, Y. Makino, F. Chiba et al. // *Int J. Legal. Med.* 2021 May. Vol. 135, no. 3. P. 921–928. – DOI: 10.1007/s00414-021-02506-1. Epub 2021 Jan 14. PMID: 33447889.

140. Tyr, A. Postmortem CT analysis of paranasal sinuses using an experimental model of drowning / A. Tyr, B. Zilg, T. Gelius et al. // *Int J. Legal. Med.* 2024 Jul. Vol. 138, no. 4. P. 1401–1409. – DOI: 10.1007/s00414-024-03173-8. Epub 2024 Feb 13. PMID: 38351206; PMCID: PMC11164805.

141. Ursprung, R. Gunshot wounds to the head: a comparison of postmortem magnetic resonance imaging, computed tomography, and autopsy / R. Ursprung, S. Eggert, G. Ampanozi et al. // *Acta Radiol.* 2022 Apr. Vol. 63, no. 4. P. 513–519. – DOI: 10.1177/0284185121999999. Epub 2021 Mar 28. PMID: 33779322.

142. Uygun, B. Applicability of Magnetic Resonance Imaging of the Knee in Forensic Age Estimation / B. Uygun, K. Kaya, S. Köse et al. // *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 2021 Jun 1. Vol. 42, no. 2. P. 147–154. – DOI: 10.1097/PAF.0000000000000634. PMID: 33148968.

143. Vamberszky, L. Forensic age estimation of adolescents using computed tomography of the clavicles / L. Vamberszky, M. Uhl // *Int J. Legal. Med.* 2024 Nov. Vol. 138, no. 6. P. 2381–2386. – DOI: 10.1007/s00414-024-03272-6. Epub 2024 Jul 3. PMID: 38960911; PMCID: PMC11490422.

144. Wan, L. Detection of traumatic internal carotid artery pseudoaneurysm by postmortem imaging: A case report / L. Wan, Y. Song, Z. Li et al. // *Medicine*

(Baltimore). 2022 Jan 14. Vol. 101, no. 2. P. e28544. – DOI: 10.1097/MD.00000000000028544. PMID: 35029212; PMCID: PMC8758031.

145. Whitby, E. Current state of perinatal postmortem magnetic resonance imaging: European Society of Paediatric Radiology questionnaire-based survey and recommendations / E. Whitby, A. C. Offiah, S. C. Shelmerdine et al. // *Pediatr Radiol*. 2021 May. Vol. 51, no. 5. P. 792–799. – DOI: 10.1007/s00247-020-04905-9. Epub 2020 Dec 23. PMID: 33367939; PMCID: PMC8055569.

146. Widek, T. Forensic age estimation in males by MRI based on the medial epiphysis of the clavicle / T. Widek, J. De Tobel, T. Ehammer et al. // *Int J. Legal. Med*. 2023 May. Vol. 137, no. 3. P. 679–689. – DOI: 10.1007/s00414-022-02924-9. Epub 2022 Dec 19. PMID: 36534129; PMCID: PMC10085911.

147. Wilberg, J. Radiological Imaging in Forensic Pathology: Exploring Nonlinear Bullet Trajectories / J. Wilberg, S. Del Rio, A. Tamburo et al. // *Am. J. Forensic Med. Pathol*. 2024 Sep 1. Vol. 45, no. 3. P. e97–e99. – DOI: 10.1097/PAF.0000000000000949. Epub 2024 Jul 16. PMID: 39018440.

148. Wittschieber, D. Magnetic resonance imaging of the proximal tibial epiphysis is suitable for statements as to the question of majority: a validation study in forensic age diagnostics / D. Wittschieber, N. Chitavishvili, I. Papageorgiou et al. // *Int J. Legal. Med*. 2022 May. Vol. 136, no. 3. P. 777–784. – DOI: 10.1007/s00414-021-02766-x. Epub 2021 Dec 28. PMID: 34962588; PMCID: PMC9005400.

149. Yavuz, T. K. Forensic age estimation with ankle MRI: Evaluating distal tibial and calcaneal epiphyseal fusion / T. K. Yavuz, A. Hilal, O. Kaya et al. // *Forensic Sci. Int*. 2023 Nov. Vol. 352. P. 111832. – DOI: 10.1016/j.forsciint.2023.111832. Epub 2023 Sep 18. PMID: 37776598.

150. Yen, K. Strangulation / K. Yen, A. Tsaklakidis, H. P. Schlemmer // *Radiologie (Heidelb)*. 2024 Nov. Vol. 64, no. 11. P. 861–867. German. – DOI: 10.1007/s00117-024-01372-3. Epub 2024 Oct 9. PMID: 39384591.

151. Zech, W. D. Судебно-медицинская радиология. От идентификации личности до посмертной визуализации / под ред. Дж. Ло Ре, А. Арго, М. Мидири,

К. Каттанео; пер. с англ. под ред. В. А. Клевно. – М.: Практическая медицина; Ассоциация СМЭ, 2023. – 408 с.: 213 ил.

152. Zech, W. D. Stumpfe Gewalt in der forensischen Radiologie [Blunt force trauma in forensic radiology] / W. D. Zech, T. D. Ruder // *Radiologie (Heidelb)*. 2024 Nov. Vol. 64, no. 11. P. 837–845. German. – DOI: 10.1007/s00117-024-01366-1. Epub 2024 Sep 25. PMID: 39320448; PMCID: PMC11502597.

153. Zeng, Y. Deep Learning-Based Diagnosis of Fatal Hypothermia Using Post-Mortem Computed Tomography / Y. Zeng, X. Zhang, I. Yoshizumi et al. // *Tohoku J. Exp. Med*. 2023 Jul 15. Vol. 260, no. 3. P. 253–261. – DOI: 10.1620/tjem. 2023.J041. Epub 2023 May 18. PMID: 37197944.

154. Zhang, M. Forensic imaging: a powerful tool in modern forensic investigation / M. Zhang // *Forensic Sci. Res*. 2022 Mar 7. Vol. 7, no. 3. P. 385–392. – DOI: 10.1080/20961790.2021.2008705. PMID: 36353311; PMCID: PMC9639533.

155. Zheng, D. Forensic Neurology: Practice Considerations and Training Opportunities. *Neurology* / D. Zheng, C. M. Considine, R. Weinstock // *Neurology* // 2024 Jul 9. Vol. 103, no. 1. P. e209560. – DOI: 10.1212/WNL.0000000000209560. Epub 2024 Jun 4. PMID: 38833660; PMCID: PMC11228945.