

Реальные возможности посмертной лучевой диагностики в практике судебно-медицинского эксперта

А.В.Ковалев¹, А.Ф.Кинле², Л.С.Кокков^{3,4}, В.А.Синицын^{5,6}, В.А.Фетисов¹, Б.А.Филимонов²

¹ФГБУ Российский центр судебно-медицинской экспертизы Минздрава России. 125284, Россия, Москва, ул. Поликарпова, д. 12/13;

²ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России. 125993, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1;

³ГБУЗ НИИ скорой помощи им. Н.В.Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы. 129090, Россия, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3;

⁴ФГБОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М.Сеченова Минздрава России. 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2;

⁵ФГАУ Лечебно-реабилитационный центр Минздрава России. 125367, Россия, Москва, Ивановское ш., д. 3;

⁶ФГБОУ ВПО Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова. 119192, Россия, Москва, Ломоносовский пр., д. 31, корп. 5

✉mail@rc-sme.ru

Цель исследования. В обзоре проанализированы результаты исследований по проблеме использования компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) в судебно-медицинской экспертизе (СМЭ) взрослых лиц. Целью настоящего обзора является ознакомление судебно-медицинских экспертов и рентгенологов с ситуациями, наиболее распространенными в посмертной визуализации, а также с ее сильными и слабыми сторонами. **Материал и методы.** Использованы основные интернет-ресурсы: Российская научная электронная библиотека (elibrary.ru), Embase, Medline, Web of Science, Cochrane database.

Результаты и выводы. Методы посмертной визуализации в СМЭ находятся на стадии активного изучения и формирования доказательной базы. «Золотым стандартом» посмертной диагностики остается традиционная аутопсия. Но роль томографических методов исследования постоянно растет. Для практических целей СМЭ трупов взрослых в большей степени подходит КТ. В ряде случаев следует комбинировать с аутопсией разные лучевые методы диагностики – КТ, КТ-ангиографию и МРТ. Посмертная лучевая диагностика может оказать большую помощь в визуализации механических повреждений, а также в установлении причины в ряде случаев скоропостижной смерти. Посмертная визуализация может быть востребована и в некоторых других распространенных в практике СМЭ ситуациях: механической асфиксии, утоплении, действии высокой и низкой температуры, исследовании гнилостно измененных и неопознанных трупов, выявлении инородных тел.

Ключевые слова: посмертная визуализация, компьютерная томография трупа, магнитно-резонансная томография трупа, аутопсия, виртопсия, обзор.

Для цитирования: Ковалев А.В., Кинле А.Ф., Кокков Л.С. и др. Реальные возможности посмертной лучевой диагностики в практике судебно-медицинского эксперта. Consilium Medicum. 2016; 18 (13): 9–25.

Review

Actual possibilities of postmortem imaging in forensic medicine practice

A.V.Kovalev¹, A.F.Kinle², L.S.Kokkov^{3,4}, V.A.Sinityn^{5,6}, V.A.Fetisov¹, B.A.Filimonov²

¹Russian Center of Judicial Medical Expertise of the Ministry of Health of the Russian Federation. 125284, Russian Federation, Moscow, ul. Polikarpova, d. 12/13;

²Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation. 125995, Russian Federation, Moscow, ul. Barrikadnaia, d. 2/1;

³N.V.Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine of the Department of Health of Moscow. 129090, Russian Federation, Moscow, B. Sukharevskaya pl., d. 3;

⁴I.M.Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. 119991, Russian Federation, Moscow, ul. Trubetskaia, d. 8, str. 2;

⁵Treatment and Rehabilitation Center of the Ministry of Health of the Russian Federation. 125367, Russian Federation, Moscow, Ivan'kovskoe sh., d. 3;

⁶M.V.Lomonosov Moscow State University. 119192, Russian Federation, Moscow, Lomonosovskii pr., d. 31, korp. 5

✉mail@rc-sme.ru

Abstract

Purpose of the study. The review analyzed the results of studies on the use of computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) in a forensic expertise (FE) of the adults. The purpose of this review is to introduce forensic radiologists and situations, the most common in postmortem imaging, as well as its strengths and weaknesses.

Material and methods. The basic Internet resources used: Russian Scientific Electronic Library (elibrary.ru), Embase, Medline, Web of Science, Cochrane database.

Results and conclusions. Methods for FE postmortem imaging are under active study and formation of the evidence base. "The gold standard" postmortem diagnosis is a traditional autopsy. But the role of tomographic methods of research is growing. For practical purposes, the FE adult cadavers more suitable for CT. In some cases, autopsy should be combined with different methods of beam diagnostics – CT, CT angiography and MRI. Posthumous ray diagnosis can be of great help in the visualization of mechanical damage, as well as to determine the cause in some cases, sudden death. Posthumous imaging may be required in some other common situations in the practice of FE: mechanical asphyxia, drowning, action of high and low temperature, research rotten modified and unidentified bodies, detection of foreign bodies.

Key words: postmortem CT, postmortem CT-angiography, postmortem MRI, postmortem imaging, postmortem biopsies, autopsy, virtopsy, systematic review.

For citation: Kovalev A.V., Kinle A.F., Kokov L.S. et al. Actual possibilities of postmortem imaging in forensic medicine practice. Consilium Medicum. 2016; 18 (13): 9–25.

Введение

Компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) давно стали неотъемлемой и важной частью современной лучевой диагностики. Ортопеды-травматологи, нейрохирурги, кардиологи, онкологи,

челюстно-лицевые хирурги и врачи других специальностей ежедневно используют данные КТ и МРТ для диагностики, выбора метода лечения и контроля его результатов. В судебно-медицинской экспертизе (СМЭ) живых лиц помощью КТ и МРТ пользуются также достаточно

часто. Судебно-медицинские эксперты делают выводы и отвечают на вопросы следствия, опираясь в том числе на заключения рентгенологов и данные лучевых методов диагностики.

Однако в СМЭ трупов и патологической анатомии современные лучевые методы диагностики в достаточной степени не интегрированы, несмотря на то что в некоторых случаях в выполнении посмертных КТ и МРТ заинтересованы родственники умерших, представители религиозных конфессий, а также правоохранительных органов [1–3].

Официальное отношение к посмертной визуализации в значительной степени отличается не только в разных странах, но и в регионах внутри одной страны. Так, например, в Австралии посмертная визуализация разрешена и активно проводится только в одном штате из семи – Виктории [4]. Похожая ситуация в США, некоторых западно-европейских странах, Японии, Бразилии, Южной Корее [5, 6].

Насколько судебно-медицинские эксперты, патологоанатомы, лучевые диагносты и организаторы здравоохранения готовы к внедрению посмертной визуализации, зависит не только от материально-технических и финансовых возможностей, но и от степени заинтересованности всех участников процесса. Необходим пассионарный подъем, подобный тому, который произошел в Швейцарии в конце 1990-х годов, когда несколько энтузиастов этого метода доказали полезность и востребованность посмертной визуализации [7]. Чуть позже, на рубеже веков, в результате сотрудничества швейцарских судебно-медицинских экспертов с Институтом диагностической радиологии и нейрорадиологии Бернского университета был запущен амбициозный проект под названием «Виртопсия» (Virtopsy®) [8–10].

Посмертная визуализация является самой молодой областью лучевой диагностики. Однако она имеет глубокие исторические корни. Рентгенография трупов и органов стала выполняться уже через несколько месяцев после открытия В.К.Рентгеном X-лучей в 1895 г. Первое КТ-исследование трупа при проникающем огнестрельном ранении в голову было проведено R.Wüllenweber и соавт. в 1977 г. [11]. Интерес в профессиональном сообществе оно не вызвало из-за низкого качества изображений – нужно учитывать тот факт, что первое КТ-исследование выполнено Г.Хаунсфилдом и А.Кормаком в 1972 г. Началом реального, научно обоснованного внедрения лучевых методов диагностики в практику СМЭ считают начало XXI в., когда в Швейцарии, в Институте судебной медицины Бернского университета, начали активно проводить сравнительные исследования посмертных КТ и МРТ с традиционной аутопсией [9, 10, 12]. По мере накопления фактического материала и добавления новых методик, таких как посмертная КТ-ангиография (КТА) и биопсия под КТ-наведением, первоначальная настороженность к посмертной визуализации постепенно пошла на убыль. С 2006 г. «Виртопсия» была официально интегрирована в правоохранительную систему Швейцарии, тогда же началось активное преподавание нового предмета – судебно-медицинской радиологии. В целях дальнейшего распространения знаний и опыта основатели проекта «Виртопсия» – профессор Richard Dirnhofer, Michael Thali и Peter Vock – выпустили монографию, руководства и атласы по судебно-медицинской радиологии [13, 14].

В начале 2015 г. мы опубликовали первый в России обзор литературы по состоянию проблемы посмертной визуализации в судебной медицине [15]. Однако судебно-медицинская радиология развивается в мире очень быстрыми темпами, постоянно пополняется доказательная база. В настоящей статье мы обсудим наиболее интересные работы по этой проблеме, опубликованные в период с 2014 по 2016 г. Будут рассмотрены и более старые, уже ставшие «классиче-

скими» исследования, в том числе обзор M.Baglivo и соавт. [16], которые проанализировали 661 источник литературы по виртуальной аутопсии, опубликованный с 2000 по 2011 г. Основной целью нашей статьи является ознакомление судебно-медицинских экспертов и рентгенологов с кратким обзором ситуаций, наиболее распространенных в посмертной визуализации трупов взрослых с помощью томографических методов, а также с границами диагностических возможностей посмертных КТ и МРТ.

Традиционная, или инвазивная, аутопсия во всех странах мира до настоящего времени остается единственным способом научного контроля за правильностью постановки диагноза и установления причины смерти и является «золотым стандартом» посмертной диагностики [17]. «Золотой стандарт» в данной ситуации – это метод исследования, с максимальной точностью отражающий состояние исследуемого органа или тела. В качестве такого метода чаще всего выступают данные биопсии или аутопсии, реже – другие, в том числе и лучевые, методы диагностики. Диагноз, основанный на «золотом стандарте», носит название «референтный» или «эталонный». Необходимо отметить, что сам «золотой стандарт» не всегда абсолютно точен [18–20]. В частности, в некоторых случаях внезапной коронарной смерти аутопсия, даже с последующими лабораторными исследованиями, не всегда может помочь в установлении причины смерти, а диагноз ставится методом исключения [21, 22].

Секционная техника оттачивалась в течение многих веков, и любой новый метод посмертного исследования, претендующий стать альтернативой традиционной аутопсии, должен быть подвергнут тщательным сравнительным исследованиям с ней [23, 24]. Для этого необходимы многоцентровые контролируемые исследования, а также метаанализы [25–27]. К сожалению, исследований высокого уровня доказательности по посмертной визуализации пока крайне мало. Более того, по результатам самого крупного на сегодняшний день проспективного рандомизированного контролируемого исследования был сделан вывод о том, что виртуальная аутопсия пока не может заменить традиционную в случаях скоропостижной смерти взрослых [28].

При интерпретации сравнительных исследований виртуальной аутопсии с традиционной не следует забывать о том, что традиционная аутопсия также является классическим операторзависимым методом исследования и ее результаты во многом зависят от знаний и навыков конкретного врача, в то время как КТ и МРТ относятся к аппаратно-зависимым методам, диагностический результат которых больше связан с оборудованием, программным обеспечением, физико-техническими факторами получения изображения и протоколами исследований [20].

Безусловно, в настоящее время убедительных сравнительных исследований, которые позволили бы открыть серьезную научную дискуссию на тему «Виртуальное вскрытие – альтернатива традиционному», абсолютно недостаточно. Однако у адептов идеи виртуальной аутопсии есть один веский аргумент в ее пользу – при посмертной визуализации труп не разрушается. Поэтому если у органов дознания или судебно-медицинских экспертов появляются дополнительные вопросы, то к «первичным данным» всегда можно вернуться, так как весь их массив (объемная копия) доступен в системе хранения и передачи информации PACS (Picture Archiving and Communication System), он может копироваться и передаваться в неограниченное количество мест для консультаций. PACS обеспечивает быстрый дистанционный доступ к результатам исследований (как текущим, так и архивным), что дает возможность оценить их в разных учредениях с привлечением рентгенологов и врачей-специалистов [29–32].

Общие принципы посмертной визуализации

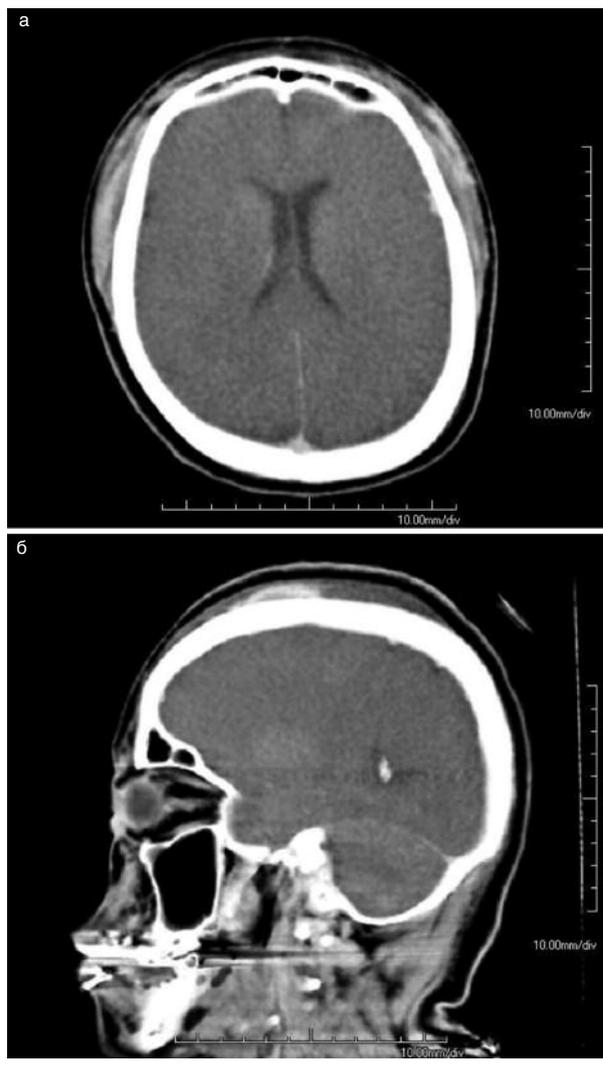
Прежде всего необходимо понимать, что лучевое исследование трупа в значительной степени отличается от исследования живого пациента. Из этого очевидно, но крайне важно как для судебно-медицинских экспертов, так и для рентгенологов аспекта следует то, что, во-первых, данные клинической рентгенологии нельзя целиком экстраполировать на посмертную визуализацию, а, во-вторых, рентгенологи без специальной подготовки по судебной медицине и патологической анатомии не могут полноценно проводить лучевое исследование трупа и давать грамотные заключения.

Перечислим наиболее важные, с нашей точки зрения, особенности посмертной лучевой диагностики:

1. При посмертной КТ отсутствует проблема лучевой нагрузки на пациента. Этот факт «развязывает руки» рентгенологам, которые могут выбирать любые параметры протоколов сканирования и дозовые нагрузки, а также кратность исследований.
2. Труп неподвижен, у него отсутствуют пульсация сердца и сосудов, дыхание и другие движения. Это большой плюс для посмертной КТ и МРТ, поскольку полностью устраняется проблема артефактов от движения.
3. Отсутствие кровообращения у трупа делает невозможным внутривенное контрастное усиление сосудов по обычной методике. Это проблема для посмертной КТ, которую лишь частично компенсирует технически сложная и дорогостоящая посмертная КТА, выполняемая с помощью специального оборудования (для этих целей чаще используют портативные аппараты искусственной вентиляции легких).
4. Воздушность легких трупа часто снижена, что затрудняет КТ-диагностику заболеваний легких. Для полноценной посмертной визуализации легкие в ряде случаев необходимо дозированно раздуть под КТ-контролем с помощью специального оборудования (для этих целей чаще используют портативные аппараты искусственной вентиляции легких).
5. Отсутствие перистальтики желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) крайне затрудняет пероральное и ректальное контрастное усиление. Также у трупа невозможны исследования, связанные с контрастированием мочевыделительной системы.
6. В трупе могут быть различные инородные тела, в том числе ферромагнитные. Они не могут привести к разрушению трупа из-за их смещения, но могут вызывать артефакты (как и у живых пациентов).
7. После наступления биологической смерти труп подвергается физико-химическим изменениям – охлаждению, высыханию, мышечному окоченению, которые могут ухудшить качество МР-визуализации органов и тканей и изменить сигнал от них.
8. Посмертные изменения, связанные с гравитационными процессами: перемещением крови под действием силы тяжести в сосуды нижележащих (с учетом положения и позы трупа) участков тела, оседанием клеток крови в сыворотке с образованием уровней, а также с наличием в полостях сердца и сосудах посмертных свертков крови, аутолитическими и гнилостными процессами в тканях, – значительно меняют КТ- и МР-семиотику патологических процессов.
9. В отличие от патологической анатомии, на судебно-медицинское исследование доставляются гнилостно измененные, мумифицированные, сапонифицированные (в состоянии жировоска), а также заморозившие трупы, что ограничивает диагностические возможности КТ и МРТ.

В медицине заключение рентгенолога во многом зависит от качества предоставляемой клиницистом информации. Точно так же рентгенолог, проводящий посмертное исследование,

Рис. 1. Посмертная КТ головы. Гипостатическое скопление крови в мягких тканях черепа. Труп длительное время лежал на кровати, а его голова свешивалась вниз. Если рентгенолог не будет осведомлен об этом, возможна неверная интерпретация изменений с гипердиагностикой кровоизлияний в мягкие ткани [33].



должен быть ознакомлен экспертом с обстоятельствами происшествия и данными осмотра трупа на месте его обнаружения. Положение и поза трупа, повреждения на теле, проводившиеся реанимационные мероприятия и другие сведения крайне важны для правильной интерпретации получаемых изображений. Например, информация о позе трупа и времени смерти актуальна для рентгенолога, который в процессе визуализации сталкивается с феноменом застоя крови в сосудах нижерасположенных участков мягких тканей (рис. 1) и внутренних органов трупа, что может имитировать патологию либо, напротив, ее маскировать [2, 17, 30, 33–36].

После получения необходимых сведений о трупе рентгенолог решает вопрос о тактике посмертной визуализации. Если есть выбор, то в качестве метода первичной визуализации в СМЭ должна использоваться нативная (без применения контрастных средств) КТ всего тела – от верхнего свода черепа до пальцев стоп. При первичном лучевом исследовании запрещено удалять инородные тела (в том числе металлические) и какие-либо предметы, связанные с трупом, – медицинские устройства, катетеры, трубки, дренажи и т.д. После КТ-сканирования всего тела, если есть необходимость, прицельно исследуют зоны интереса: голову, шею, грудную и брюшную полости, малый таз, позвоночник, гортань, зубы и т.д. Все этапы сканирования сопровождаются построением множественных рекон-

струкций с более тонкими срезами или в специальных (оптимальных) плоскостях с последующей 3D-реконструкцией данных [37].

При наличии показаний, технических возможностей и опыта рентгенолога может выполняться КТА сосудов трупа. Показания к КТА: подозрение на травматическое повреждение и заболевания сердечно-сосудистой системы (ССС), реже – патология внутренних органов (головного мозга, печени, почек, селезенки, поджелудочной железы). Современное состояние проблемы, методики КТА и параметры сканирования подробно изложены в работах P.Flach, S.Ross и S.Saunders и соавт. [38–41]. Хочется подчеркнуть, что КТА трупа является сложной процедурой, требующей применения дорогостоящего оборудования и специальной подготовки рентгенологов. Кроме того, даже при соблюдении всех требований далеко не всегда удается получить хорошее заполнение контрастным средством (КС) сосудистой системы и визуализировать патологию сосудов головного мозга, коронарных артерий сердца и сосудов внутренних органов [33, 41].

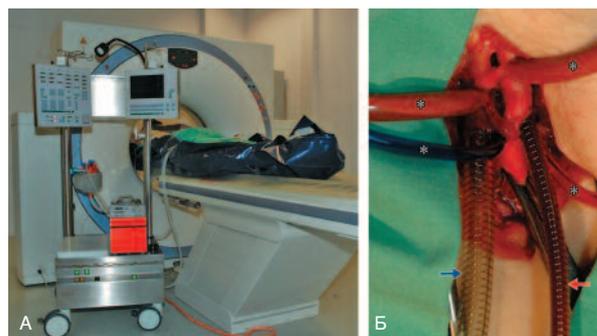
На сегодняшний день предложено много методик посмертной КТА и протоколов введения КС. Чаще всего используются модифицированные аппараты искусственного кровообращения, которые через канюлированные бедренную артерию и вену и после промывания сосудистой системы трупа физиологическим раствором закачивают в артерию и/или вену раствор, представляющий смесь полиэтиленгликоля и йодсодержащего КС (рис. 2, 3) [40–42].

Вторым этапом посмертной визуализации в СМЭ трупа может быть МРТ всего тела или отдельных зон интереса. МРТ проводят после нативной КТ и обычно до КТА. Решение о проведении МРТ принимается с учетом находок при КТ, а также состояния трупа. Основные показания для МРТ в СМЭ трупов взрослых: повреждения и заболевания мягких тканей, центральной нервной системы – ЦНС (см. рис. 3), органов средостения, паренхиматозных органов брюшной полости, костно-суставной системы [42].

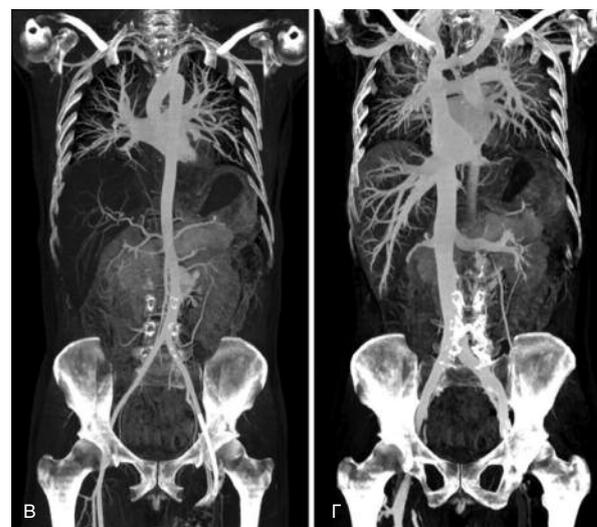
МР-протоколы исследования трупа зависят от типа патологии, которую заподозрили при КТ. Основой стандартного протокола МРТ трупа являются коронарные (фронтальные) срезы, выполненные в режимах T1- и T2-взвешенных изображений (ВИ), которые позволяют визуализировать все тело. В посмертной МР-диагностике используют аксиальные, сагиттальные и коронарные плоскости сканирования. Из импульсных последовательностей МРТ чаще применяют методики с подавлением сигнала от жировой ткани (например, STIR – Short Tau Inversion Recovery – инверсия-восстановление с коротким временем T1 и др.). Некоторые авторы, применяющие посмертную МРТ в качестве метода первичной визуализации, с целью экономии времени рекомендуют использовать МРТ всего тела во фронтальной плоскости в режимах T2-ВИ и STIR. При использовании такого протокола хорошо визуализируется жидкость, которая является «универсальным маркером» широкого спектра патологических процессов: отека, кровоизлияний, контузий, ишемии и т.д. [2, 42].

После КТ и МРТ, но перед выполнением посмертной ангиографии изымают образцы крови, мочи и других биологических жидкостей для лабораторных исследований. Также изымаются кусочки тканей и органов для гистологического исследования [43]. Процедура проводится с помощью пункции специальной иглой (если нужно – под КТ-навигацией, которая предоставляет возможность прицельного забора биоптатов любой локализации (рис. 4). Биопсия выполняется рентгенологом либо вручную, либо с помощью автоматизированной системы (например, Virtobot®) [44–46]. Рентгенолог должен проинформировать судебно-медицинского эксперта о факте выполнения забора тканей, а место пункции промаркировать [46].

Рис. 2. Методика проведения посмертной КТА [41].

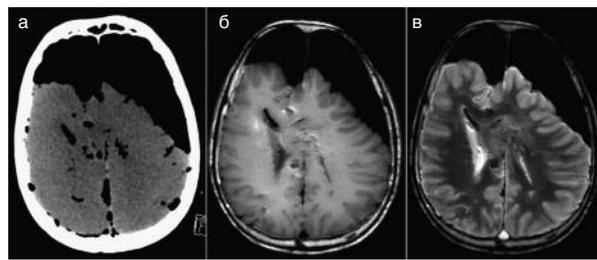


А – труп в специальном пластиковом мешке находится в томографе и подсоединен к модифицированному аппарату искусственного кровообращения. Б – для доступа к сосудистой системе трупа в бедренную артерию (красная стрелка) и вену (синяя стрелка) введены канюли. Звездочками показаны съемные лигатуры, обеспечивающие фиксацию сосудистых катетеров.



КТА артериальной (Б) и венозной (Г) систем грудной и брюшной полостей трупа. Коронарная плоскость, проекция максимальной интенсивности.

Рис. 3. Визуализация головного мозга гнилостно измененного трупа: а – КТ; б – МРТ, T1-ВИ; в – МРТ, T2-ВИ. Очевидно, что МРТ обеспечивает лучшее качество визуализации головного мозга по сравнению с КТ [42].



Посмертная КТ в СМЭ трупов взрослых

В качестве метода посмертной визуализации в судебной медицине КТ используется значительно чаще МРТ. При опросе судебно-медицинских экспертов, проведенном в 2013 г. Международным обществом судебной радиологии и визуализации (International Society of Forensic Radiology and Imaging – ISFRI), 55% экспертов были знакомы с посмертной КТ и только 5% – с посмертной МРТ. Рентгенологи, связанные с судебной медициной, согласно опросу, использовали посмертную КТ в 42% случаев, а МРТ – в 12% [47].

Более частое использование КТ в качестве метода посмертной визуализации кроме финансовых и организа-

Рис. 4. Изъятие образцов тканей для гистологического исследования во время посмертной КТ: а – набор для пункции; б – изъятие образца под КТ-навигацией [33].

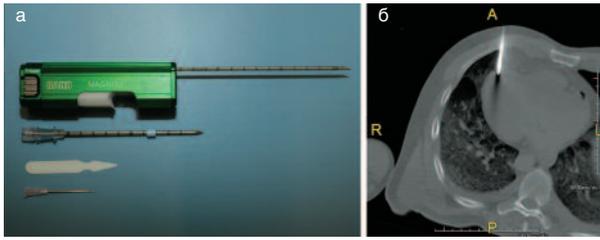
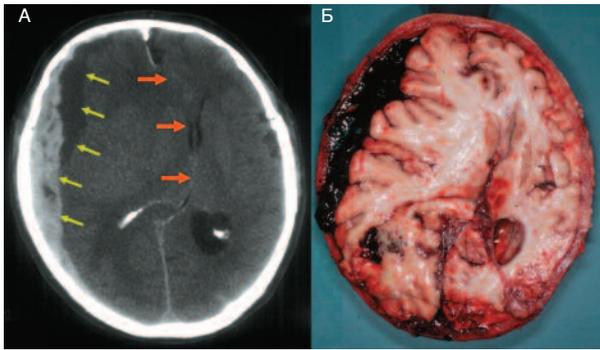


Рис. 5. Закрытая ЧМТ, падение с высоты. А – посмертная КТ головы. Аксиальный срез. Хорошо визуализируются острая правосторонняя субдуральная гематома (желтые стрелки) и массивный отек головного мозга с компрессией желудочков и дислокацией срединных структур (оранжевые стрелки). Б – аутопсия. Тот же случай. Разрез мозга по Flechsig совпадает с КТ-срезом [62].



ционных аспектов связано с рядом преимуществ КТ перед МРТ в контексте задач СМЭ [15, 16, 30, 31, 48]:

- высокая точность КТ-диагностики костной травматической патологии с возможностью построения многоплоскостных реконструкций (МПП) и 3D-моделированием;
- высокая точность визуализации острых кровоизлияний и наличия жидкости в полостях тела с определением ее объема и характера по КТ-денситометрии (гной, кровь, трансудат и т.д.);
- высокая чувствительность и специфичность КТ при черепно-мозговой травме (ЧМТ) и травме лицевого скелета;
- имеется преимущество КТ не только перед МРТ, но и перед стандартной аутопсией, в диагностике скоплений газа в тканях и органах при газовой эмболии, эмфиземе мягких тканей, пневмотораксе, пневмоцефалии;
- у КТ значительно большая, чем у МРТ, скорость сканирования, позволяющая проводить исследования в случаях массового поступления трупов (транспортные и промышленные катастрофы, террористические акты и т.д.);
- у КТ меньше чувствительность к изменениям физико-химических характеристик трупа, связанных с охлаждением, высыханием, гниением;
- у КТ большие диагностические возможности при огнестрельной и взрывной травме; есть возможность визуализации раневых каналов с построением МПП и объемным представлением; совместимость с ферромагнитными инородными телами; меньшее количество артефактов от металла (по сравнению с МРТ); возможно выявлять мелкие металлические осколки любой локализации;
- у КТ сопоставимая с МРТ точность диагностики при повреждениях органов шеи, грудной и брюшной полости, малого таза.

Возможности посмертной КТ в судебно-медицинской травматологии

На сегодняшний день собрана доказательная база, позволяющая сделать выводы о том, что посмертная КТ не

уступает, а иногда превосходит традиционную аутопсию в следующих случаях механических повреждений [3, 16, 37, 49–58]:

- поиск и локализация инородных тел, особенно рентгеноконтрастных, возможность оценки раневых каналов на всем протяжении с определением их протяженности, направления и других характеристик;
- обнаружение газа в ССС, полостях тела, мягких тканях и внутренних органах;
- визуализация повреждений костных структур в сложных для традиционной аутопсии областях – основание черепа, лицевой скелет, позвоночник, таз, дистальные отделы конечностей.

Что касается других повреждений, встречающихся в практике судебно-медицинской травматологии, КТ обладает в ряде случаев достаточно высокой чувствительностью и специфичностью, а в ряде случаев – низкой. Недостаток клинической КТ – плохая контрастность мягких тканей, в еще большей степени касается и посмертной КТ в связи с отсутствием возможности внутривенного контрастного усиления [16, 31, 48, 49, 56].

В 2011 г. вышло в свет практическое руководство австралийского судебно-медицинского эксперта профессора Michael P.Burke «Forensic Pathology of Fractures and Mechanisms of Injury: Postmortem CT Scanning» [59]. Профессор M.P.Burke работает в Институте судебной медицины штата Виктория, г. Мельбурн, Австралия (Victorian Institute of Forensic Medicine), где в 2005 г. установлен КТ. Руководство адресовано судебно-медицинским экспертам, в нем подробно обсуждается КТ-визуализация скелетной травмы и ее осложнений, а также предлагаются рекомендации по оценке КТ-изображений в определении механизма получения травмы и причины смерти.

К сожалению, в этом прекрасном руководстве, основанном на богатом личном опыте автора, нет сведений, касающихся доказательной медицины, – чувствительности, специфичности, точности и других характеристик КТ при механической травме. В настоящее время исследований с сильным уровнем доказательности в области посмертной визуализации механических повреждений крайне мало. Подавляющее большинство работ посвящено описаниям отдельных случаев или серий случаев. Мы коротко остановимся на основных, наиболее интересных с точки зрения доказательной медицины работах по посмертной КТ-диагностике травматических повреждений.

Нативная КТ обладает достаточно высокой чувствительностью и специфичностью при острой ЧМТ (рис. 5) [60–62].

В работе J.Añon и соавт. [63] проведен анализ посмертной визуализации 30 случаев травматических внутричерепных оболочечных кровоизлияний. Контрольную группу составили 10 трупов с внутричерепными кровоизлияниями нетравматического генеза. Оценивались чувствительность, специфичность и точность КТ и МРТ в сравнении с «золотым стандартом» – традиционной аутопсией. При посмертной КТ точность, чувствительность и специфичность составили 89, 82 и 92% соответственно, при МРТ – 90, 83 и 94% соответственно. При КТ и МРТ не было существенных различий в обнаружении эпидуральных и субдуральных гематом. Авторы сделали вывод о том, что точность диагностики посмертной КТ сопоставима с МРТ при внутричерепных оболочечных гематомах и превосходит последнюю в возможностях диагностики повреждений костей черепа, но МРТ оказалась более чувствительным методом в выявлении субарахноидальных кровоизлияний.

Несмотря на то что теоретически чувствительность посмертной КТ в выявлении переломов основания черепа не должна отличаться от данных клинических рентгенологов, в исследовании S.Jacobsen и соавт. [64] приводятся не очень оптимистичные результаты. Авторы сравнили результаты КТ и традиционной аутопсии в диагностике пе-

реломов основания черепа у 56 трупов. Переломы основания черепа при КТ выявлены в 34 случаях из 56, в 9 – выявлены частично, а в 13 – выявлены не были. Какие-либо серьезные выводы авторы делать не стали, поскольку исследование выполнено ретроспективно, в нем были собраны отдельные случаи из разных клиник, где использовались различные КТ-сканеры и протоколы сканирования, что значительно снижает ценность исследования с точки зрения доказательной медицины.

При спинальной травме посмертная нативная КТ, как и в клинической рентгенологии, в большей степени подходит для диагностики костных травматических повреждений позвоночника. Посмертная КТ малоинформативна в диагностике повреждений спинного мозга. В 2014 г. опубликована работа японских авторов [65], проводивших нативную КТ с последующей традиционной аутопсией 30 трупам с травмой шейного отдела позвоночника. Авторы отметили низкую чувствительность (менее 20%) КТ при травматических повреждениях спинного мозга и выразили надежду, что дополнительное использование МРТ повысит точность диагностики.

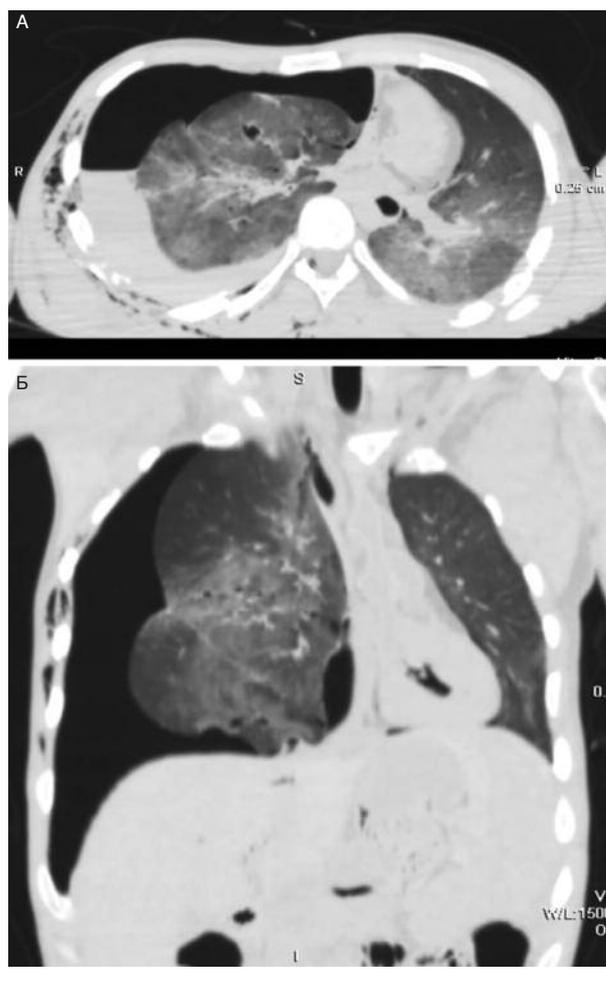
Посмертная КТ имеет ряд преимуществ перед МРТ в диагностике травмы грудной клетки, позволяя визуализировать пневмоторакс (особенно показательна КТ-визуализация напряженного пневмоторакса во фронтальных проекциях; рис. 6), гемоторакс, ушибы и разрывы легких, эмфизему мягких тканей, переломы ребер, лопаток и грудины. Однако в случаях травмы органов средостения посмертная нативная КТ далеко не всегда может выявить повреждения. В ретроспективном исследовании E.Aghayev и соавт. [66] проведен сравнительный анализ 24 случаев посмертных КТ и МРТ с последующей стандартной аутопсией при закрытой травме грудной клетки. У КТ были выше чувствительность и специфичность в визуализации скоплений воздуха – пневмоторакса, пневмомедиастинума и пневмоперикарда, а также выпота в перикард. Во время как кровоизлияния в средостение и травматические повреждения сердца визуализировались при МРТ. Вывод авторов: для достижения наибольшей диагностической точности при закрытой травме грудной клетки необходима комбинация посмертных КТ и МРТ.

В случаях травмы органов брюшной полости точность посмертной визуализации ниже, чем в клинической рентгенологии, причем это касается как КТ, так и МРТ. В исследовании A.Christe и соавт. [67] посмертная КТ и МРТ проведены 34 трупам с тупой травмой живота. Результаты визуализации сравнивались с данными традиционной аутопсии. Чувствительность и специфичность посмертной КТ в выявлении повреждений печени составили 53 и 84% соответственно, МРТ – 58 и 46% соответственно. Совместное использование КТ и МРТ повысило общую чувствительность при повреждениях печени до 73%, а в случаях массивных разрывов и кровоизлияний – до 81% (специфичность при этом составила 100%). Чувствительность комбинированного применения КТ и МРТ при повреждениях селезенки составила 50%, специфичность – 89%, при повреждениях почек чувствительность была только 25%, специфичность – 100%. Авторы исследования пришли к выводу, что в достаточном большом числе случаев повреждений паренхиматозных органов брюшной полости, таких как субкапсульные гематомы и поверхностные разрывы, посмертные КТ и МРТ не выявляют патологию из-за низкой чувствительности. Массивные повреждения паренхиматозных органов визуализируются лучше, но для их полноценной диагностики нужна комбинация методов.

Возможности посмертной КТ в визуализации патологии ССС

До широкого внедрения в практику посмертной визуализации двухтрубчатых КТ (Dual-source CT – DSCT) воз-

Рис. 6. Посмертная КТ грудной полости. Закрытая травма груди. Правосторонний напряженный пневмоторакс со смещением органов средостения влево. Гемоторакс справа. А – аксиальный срез; Б – МПР во фронтальной плоскости [33].

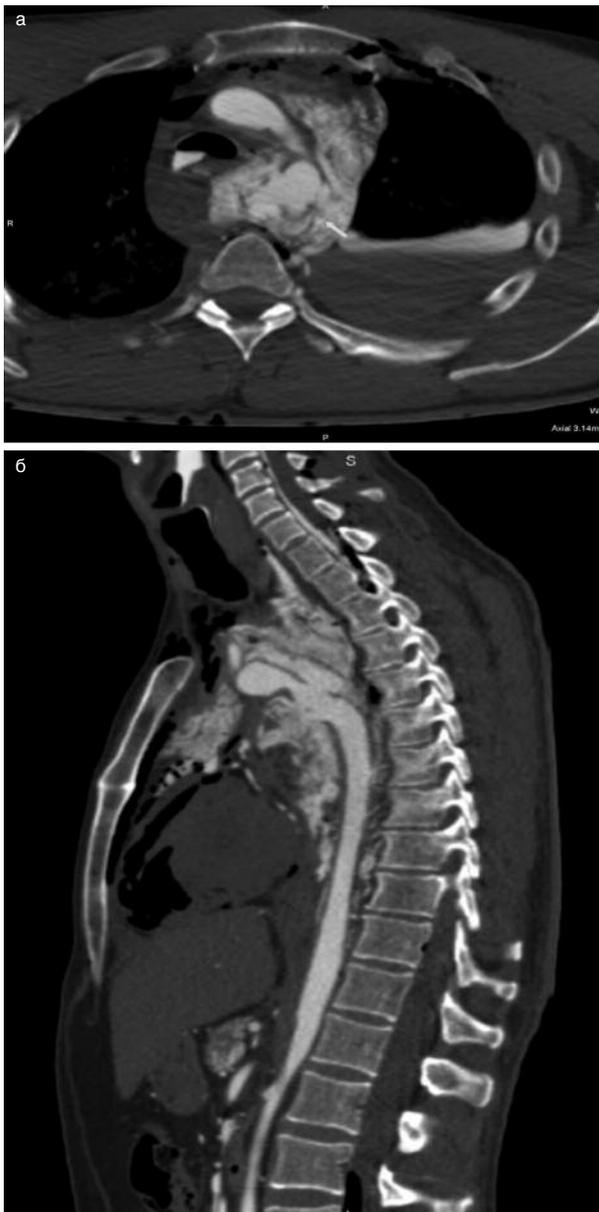


можности наиболее распространенных многорядных томографов в визуализации повреждений и заболеваний как мягких тканей, так и ССС значительно ограничены [68, 69]. В клинической рентгенологии КТ активно используется для проведения количественной оценки кальциноза коронарных артерий, неинвазивной КТ-коронарографии, а также является методом выбора в неотложной диагностике аневризм аорты и тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) [70]. К сожалению, возможности посмертной нативной КТ в диагностике внезапной сердечной смерти ограничены визуализацией кардиомегалии, гемоперикарда, коронарного кальция и стентов [71].

Большое подспорье в диагностике патологии ССС оказывает посмертная КТА, которая предоставляет возможность визуализировать сосудистую систему трупа (рис. 7).

Интересно, что вначале нынешнего столетия исследователи, занимавшиеся посмертной визуализацией, часто и широко использовали КТА [72, 73]. В настоящее время отношение к посмертной КТА изменилось – место первоначального увлечения методом заняла адекватная оценка его возможностей, которые, к сожалению, значительно ограничены по сравнению с клинической рентгенологией в связи с трудоемкостью, временными затратами и большим количеством отрицательных результатов. Показателен пример Института судебной медицины штата Виктория (г. Мельбурн, Австралия), в котором сразу же после установки в 2005 г. КТ рентгенологи освоили посмертную КТА и проводили ее чуть ли не всем трупам. По мере накопления опыта частота использования КТА снижалась – за 3 года (2010–2013 гг.) в институте проведено 11 тыс. по-

Рис. 7. Посмертная КТА. Дорожно-транспортное происшествие. Труп водителя автомобиля. Травматическое повреждение грудной аорты. Наблюдение Dr. Chris O'Donnell, Department of Forensic Medicine, Monash University (г. Мельбурн, Австралия) [33].



КТ грудной клетки трупа после проведения ангиографии. Аксиальный срез и МПР в сагиттальной плоскости. Травматический разрыв аорты (указан стрелкой на аксиальном срезе). Левосторонний гемоторакс.

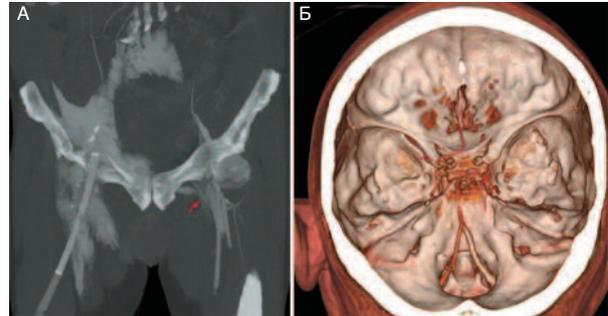
смертных КТ и только 136 ангиографий, из которых 53 (39%) закончились неудачей из-за плохого контрастирования сосудистой системы зоны интереса и разрыва сосудов во время манипуляции с экстравазацией КС (рис. 8) [33].

Аорта, крупные артерии и вены трупа при инвазивной КТА контрастируются достаточно хорошо (см. рис. 2), однако качественная КТА коронарных артерий, сосудов головного мозга (см. рис. 8, Б) и внутренних органов получается не всегда [38–41]. Тем не менее, КТА трупа дает возможность в ряде случаев диагностировать ТЭЛА, разрыв миокарда, аневризмы, травматические повреждения аорты (см. рис. 7) и даже повреждения небольших сосудов, таких как межреберные артерии [74, 75, 78, 79].

В опубликованном в 2012 г. исследовании С.Palmiere и соавт. [80] сравнивались данные посмертной КТ, дополненной КТ-коронарографией с традиционным вскрытием 150 трупов с острой коронарной смертью. Только в 10 из

Рис. 8. Случаи неудавшейся КТА. Наблюдения Dr. Chris O'Donnell, Department of Forensic Medicine, Monash University (г. Мельбурн, Австралия) [33].

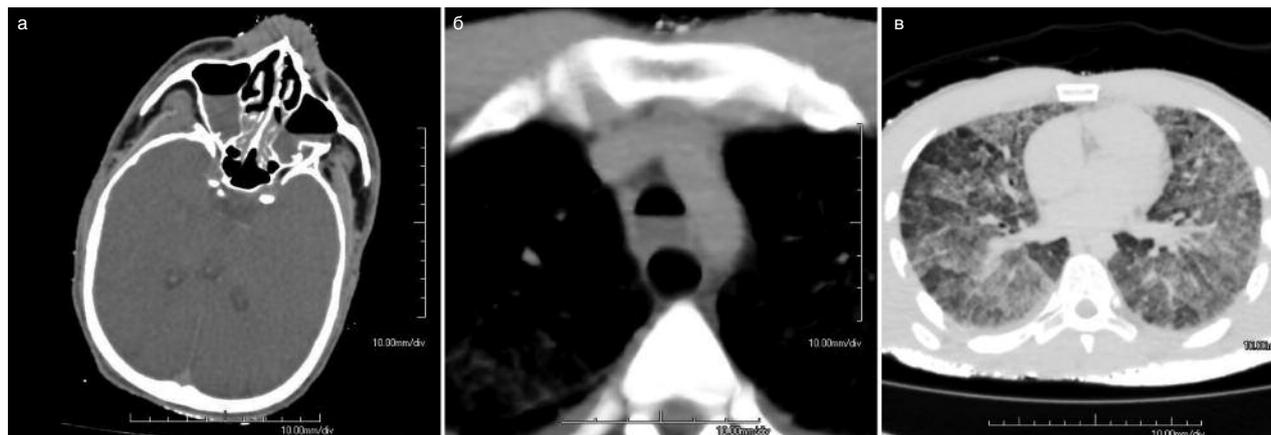
А – экстравазация КС из-за повреждения правой подвздошной артерии катетером. Попытка катетеризации левой бедренной артерии также не была успешной. Труп мужчины 61 года. Скоропостижная смерть. При нативной КТ найдено перипанкреатическое кровозлияние. Б – пример неадекватного заполнения контрастным средством сосудов головного мозга. КТ головы. 3D-реконструкция. КТА проводилась с целью поиска аневризмы сосудов головного мозга.



150 случаев КТА выявила полную закупорку просвета коронарных артерий с отсутствием коллатеральных сосудов, что дало повод рентгенологам предложить острую тромботическую окклюзию венечных артерий. Во всех указанных случаях последующая традиционная аутопсия и гистологическое исследование подтвердили диагноз. В 40 из 150 случаев КТА выявила полную или частичную закупорку просвета коронарных артерий при наличии коллатеральных сосудов. Гистологическое исследование не выявило острого тромбоза коронарных артерий ни в одном из этих случаев. Авторы пришли к заключению: несмотря на то что исследование не было хорошо спланировано, посмертная диагностика острого коронарного тромбоза с помощью КТА весьма перспективна.

В 2014 г. I.Roberts и соавт. опубликовали данные своего исследования 120 случаев посмертной КТ при внезапной смерти [74]. В 60 случаях КТ была дополнена коронарной ангиографией. Исследование было достаточно хорошо спланировано и представляет безусловный интерес с точки зрения доказательной медицины. После проведения КТ рентгенологи классифицировали свои выводы следующим образом: «причина смерти определена (стандартное вскрытие не требуется), вероятно, имеет возможную связь и не установлена». С точки зрения рентгенологов, инвазивная аутопсия не требовалась в 38% случаев нативной КТ и в 70% – КТ, дополненной ангиографией. Причину смерти рентгенологи не смогли установить в 9% случаев. После проведения стандартного вскрытия были получены следующие результаты: во всех случаях, в которых после КТ причина смерти была определена рентгенологами, имело место совпадение результатов виртуальной и стандартной аутопсии. В случаях вероятной причины смерти на число правильных результатов в значительной мере повлияла КТА. Авторы особо подчеркнули тот факт, что в двух случаях КТ выявила свежую травму костей скелета, пропущенную при стандартной аутопсии. Выводы исследователей: использование посмертной КТ, дополненной коронарной ангиографией, может снизить на 2/3 количество стандартных вскрытий в случаях внезапной сердечной смерти. Кроме того, использование посмертной КТ может повысить качество общей посмертной диагностики, выявляя скрытые травматические повреждения. Однако, несмотря на то что выводы авторов достаточно оптимистичны, следует иметь в виду, что посмертная КТ-коронарография является технической сложной процедурой и вряд ли может быть воспроизведена в рутинной практике посмертной КТ-визуализации [74–76].

Рис. 9. Посмертная нативная КТ при утоплении. Хорошо визуализируется жидкость в верхнечелюстных пазухах (а), трахее (б) и бронхах (в). Также видны мелкие инородные тела в просвете бронхов и отек легких (в) [51].



Материал	КТ-плотность, НУ
Золото, свинец, латунь	До 30 710
Сталь	20 346
Серебро	16 949
Медь	14 033
Известняк	2765
Алюминий, гранит, автомобильное стекло	От 2088 до 2329
Цемент, керамика	От 1000 до 1500
Оконное стекло	493
Сухая древесина	Около 400

Бесспорно, использование посмертной ангиографии расширяет возможности КТ в диагностике поражений сосудистой системы в целом, однако КТ-визуализация патологии сердца, в том числе ишемического поражения миокарда, к сожалению, крайне затруднительна, а чаще невозможна [77, 78]. Тем не менее исследования по данной проблематике продолжают. В 2016 г. опубликована работа E.Turillazzi и соавт. [81], в которой отмечается, что КТА имеет большой потенциал в установлении причин внезапной смерти. Однако ее роль в качестве стандартного дополнения к рутинной КТ трупа вызывает сомнения, поскольку протоколы КТА до настоящего времени не стандартизированы. Авторы пришли к этому выводу на основании серии из 10 наблюдений посмертной КТА. За 2012–2013 гг. в их учреждении КТ проведена 68 трупам в случаях внезапной смерти. В 10 случаях нативная КТ была дополнена ангиографией, и традиционная аутопсия подтвердила ее высокую диагностическую чувствительность.

Некоторые дополнительные преимущества посмертной КТ в СМЭ

В случаях утопления в качестве метода посмертной визуализации КТ подходит в большей степени, чем МРТ, поскольку хорошо выявляет признаки смерти от утопления (рис. 9): жидкость и инородные тела в пазухах черепа, верхних дыхательных путях и верхних отделах ЖКТ, эмфизему и отек легких, гидремию (по снижению КТ-плотности крови), увеличение размеров правых отделов сердца и полых вен [51, 82].

Возможности КТ в идентификационных экспертизах, особенно с использованием МПР и 3D-моделирования, многократно превосходят возможности обычной рентгенографии [7, 52, 83–86].

Рис. 10. Посмертная КТ грудной полости: а – аксиальный срез; б – МПР во фронтальной плоскости. КТ-признаки туберкулеза легких: казеозная пневмония с распадом, множественные инфильтративные и очаговые изменения [33].

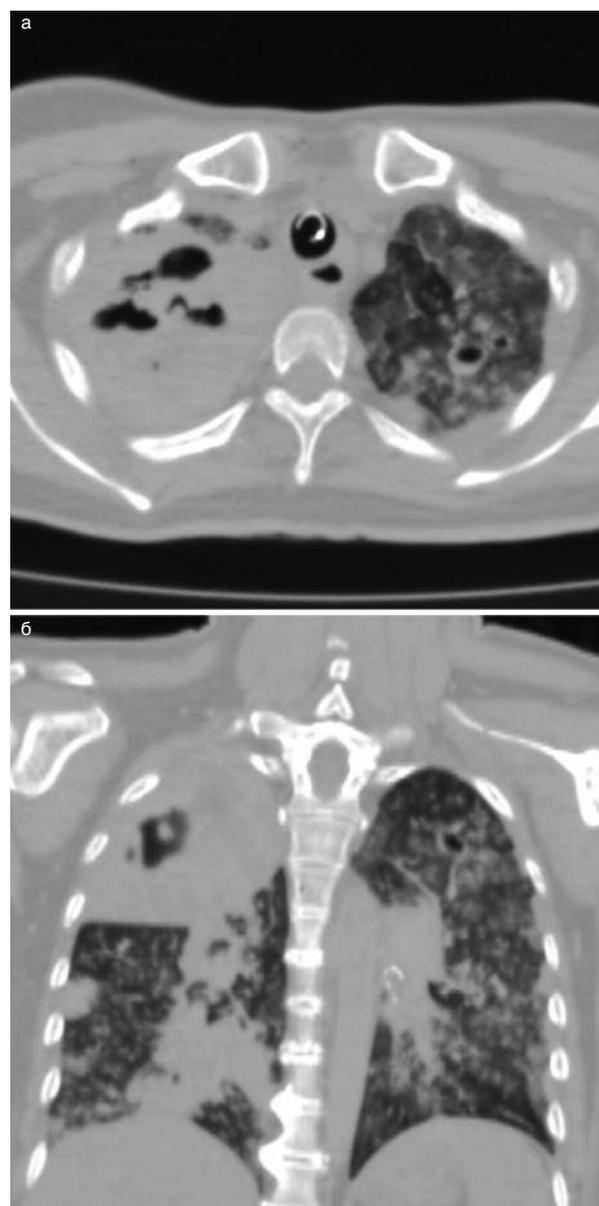
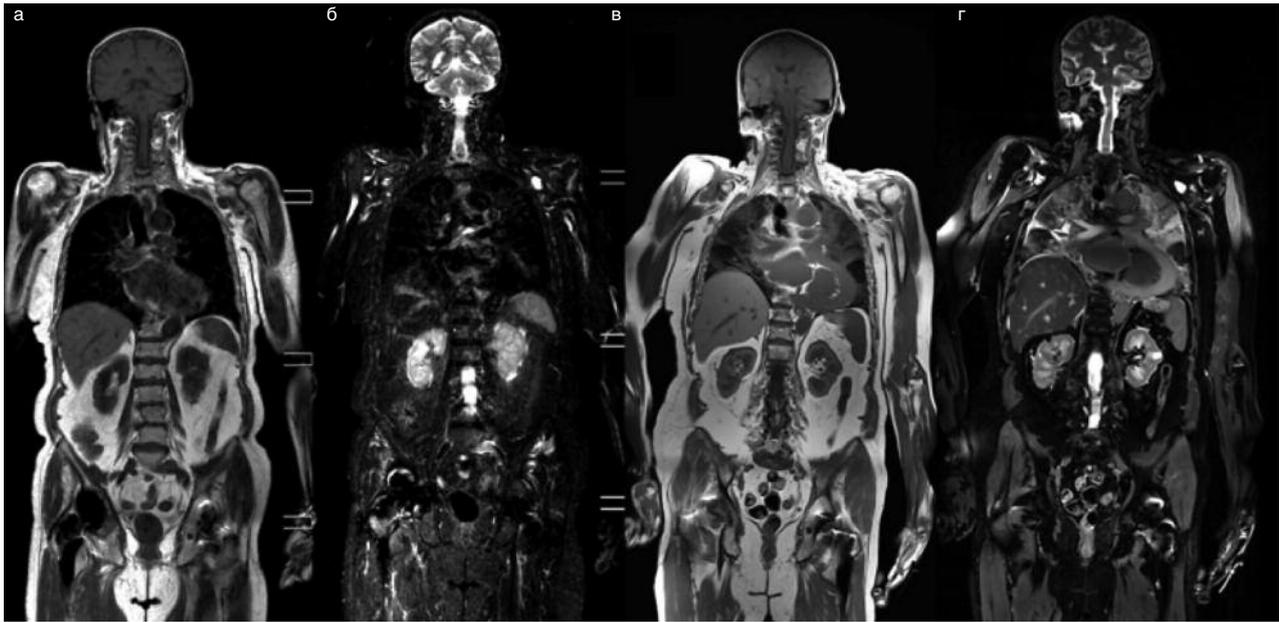


Рис. 11. Сравнение прижизненных и посмертных МР-изображений. Разрыв аневризмы грудной аорты. Гемоперикард. Отек легких. Прижизненная МРТ всего тела: а – T1-ВИ; б – STIR. Посмертная МРТ. Тот же случай: в – T1-ВИ; г – STIR. Очевидно, что посмертные МР-изображения существенно лучше прижизненных [42].



С учетом возможностей современных КТ, к которым относятся высокая скорость проведения исследования, возможность постобработки данных, хранение и передача большого массива информации, метод крайне полезен в случаях массовой гибели людей – транспортных, техногенных и природных катастрофах, террористических актах и боевых действиях [87, 88].

В настоящее время одним из основных поводов для использования рентгенологических методов в судебной медицине являются обнаружение, локализация и идентификация инородных тел. Поиск инородного тела при КТ занимает мало времени, при этом в отличие от стандартной рентгенографии даются точная локализация инородного тела и его истинные размеры. Оперативно полученную информацию о деталях инородного тела (например, диаметр пули) высоко ценят следователи и криминалисты [58, 89, 90].

Другое преимущество КТ по сравнению со стандартной рентгенографией заключается в возможности денситометрической оценки объекта интереса, так как при КТ можно измерить рентгеновскую плотность инородного тела в единицах Хаунсфилда (HU) или КТ-единицах. Поскольку различные материалы обладают разной КТ-плотностью, в ряде случаев можно определить тип инородного тела – сталь, латунь, медь, свинец, строительные материалы (известняк, мрамор, асфальт), стекло (автомобильное, бытовое) и т.д. (табл. 1). Указанные возможности КТ представляют ценность в случаях взрывной травмы. Используя КТ, можно быстро просмотреть большое количество трупов (частей трупов) и с помощью КТ-денситометрии идентифицировать фрагменты взрывного устройства [91–93].

Возможность использования КТ в качестве предварительного (вспомогательного или досекционного) метода исследования может дать очень много полезной информации судебно-медицинским экспертам, в том числе в случаях гнилостных изменений трупа [95, 96].

Также предсекционное лучевое исследование может помочь эксперту в планировании внутреннего исследования трупа. В частности, многие анатомические области – лицевой скелет, основание черепа, позвоночник, таз, кисти, стопы технически сложно исследовать во время каждой аутопсии. Посмертная КТ позволяет изучить данные области и решить вопрос о необходимости их секционного исследования [97].

Мы уже обсуждали, что предсекционная КТ дает уникальную возможность не только диагностировать пневмоторакс и газовую эмболию, но и определить их объем [16, 48, 49, 59, 98, 99].

К безусловным преимуществам КТ относится возможность выявлять инфекционную патологию, опасную для персонала моргов, в частности туберкулез (рис. 10) [100].

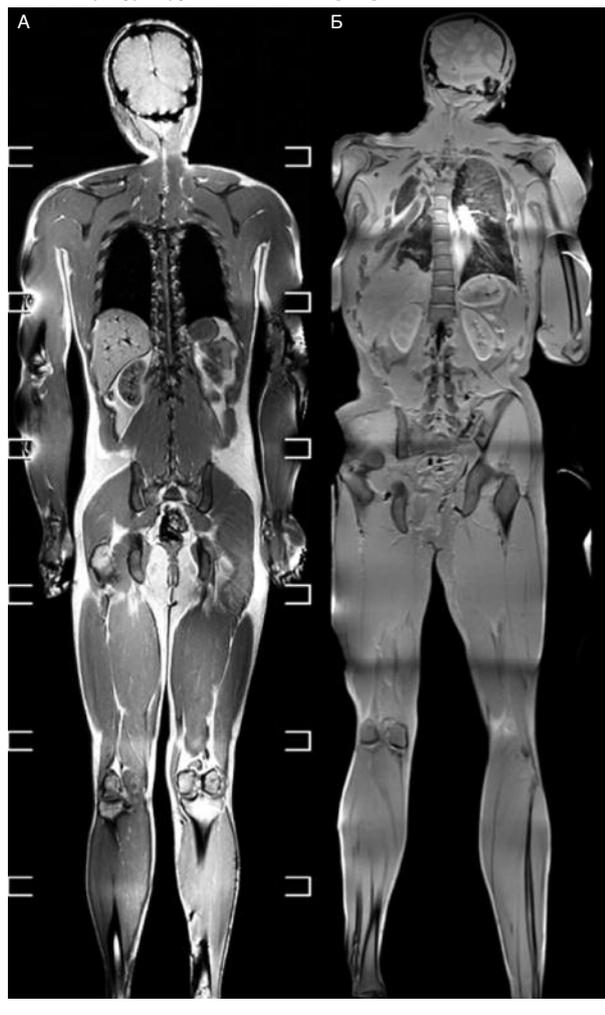
Возможности посмертной МРТ в СМЭ

Несмотря на то что с помощью КТ визуализируются повреждения костей и суставов, скопления газа и жидкости, свежие кровоизлияния, инородные тела, метод имеет существенные ограничения в визуализации повреждений мягких тканей, ЦНС, органов средостения и паренхиматозных органов брюшной полости. В этих случаях в клинической рентгенологии помогает МРТ, к основным достоинствам которой относятся: высокое контрастное разрешение, трехмерный характер получения изображений, отсутствие артефактов от костей, высокая дифференциация мягких тканей. К сожалению, механический перенос данных по визуализирующим способностям МРТ из клинической медицины в судебную некорректен – нужны доказательства эффективности посмертной МРТ [16, 42, 101, 102].

В 1990 г. P.Ros и соавт. [103] на 1,5 Т МРТ провели предсекционное исследование 6 трупов и сделали крайне оптимистичный вывод о том, что посмертная МРТ по информативности равна и даже превосходит в ряде случаев традиционную аутопсию. Безусловно, посмертная МРТ является мощным диагностическим инструментом и за последние 25 лет многократно пробовалась на роль как вспомогательного предсекционного метода диагностики, так и альтернативы традиционной аутопсии в патологической анатомии и судебной медицине. Разумеется, как и в случае посмертной КТ, о реальной замене традиционной аутопсии на посмертную МРТ речь в настоящее время идти не может, поскольку доказательная база метода еще очень слаба [2, 16, 24, 29, 42].

Для большинства задач СМЭ трупа КТ подходит в большей степени, чем МРТ. Даже если оставить за скобками финансовые и организационные аспекты (МРТ дороже КТ при покупке и обслуживании, а его пропускная способность ниже), на качество визуализации при посмертной МРТ влияет большее количество факторов, чем при КТ.

Рис. 12. Влияние температуры тела на качество МР-изображений. Посмертная МРТ всего тела. Коронарная плоскость. Т1-ВИ. А – температура трупа 24°C. Б – 4°C [101].



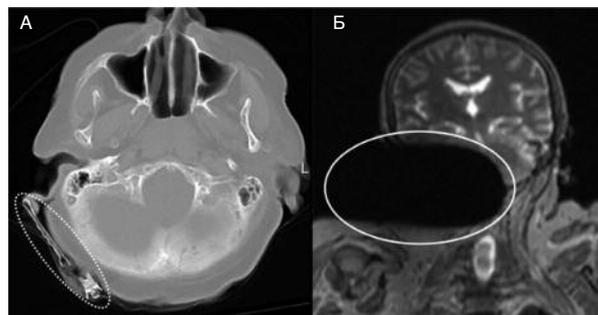
Многие трупные изменения, как ранние, так и поздние, могут сделать посмертную МРТ трудной и даже невозможной [14, 16, 42].

МРТ предоставляет отличную анатомическую детализацию и особенно эффективна для визуализации патологии головного и спинного мозга, мягких тканей и органов брюшной полости. Посмертная МРТ используется при скелетной травме для визуализации повреждений мягких тканей, в том числе периапартулярных, а также ушибов кости. Большую пользу МР-визуализация приносит в случаях скоропостижной смерти взрослых. Возможности посмертной МРТ в визуализации ССС значительно превосходят КТ. Это связано прежде всего с тем, что только посмертная МРТ способна обнаружить ишемические повреждения миокарда на ранних стадиях развития [15, 42, 101, 102].

Первое и самое важное различие между клинической и посмертной МРТ – отсутствие артефактов движения. В результате посмертные МР-изображения обеспечивают существенно лучшую анатомическую детализацию (рис. 11) [42, 101].

Однако есть один очень важный нюанс – получить посмертное МР-изображение такого качества можно лишь до тех пор, пока температура трупа не опустилась ниже определенных значений. Дело в том, что в основе МР-изображений, в отличие от КТ, находится не рентгеновская плотность тканей, а сложные физико-химические характеристики объекта, которые сильно зависят от состояния трупа, в том числе от его температуры, степени высыхания, наличия газа в тканях и органах [85, 86].

Рис. 13. Влияние металлического инородного тела на качество визуализации при посмертной КТ и МРТ. А – КТ головы. Аксиальная проекция на уровне основания черепа. Белой пунктирной линией обведен металлический предмет – зажим для волос. Б – тот же случай. МРТ головы и шеи в коронарной плоскости. Режим STIR. Обширная зона потери сигнала и зона искажения (обведены белой линией) [42].



Время релаксации T1 и T2 сильно зависит от температуры трупа. T.Ruder и соавт. [104] обнаружили, что охлаждение трупа приводит к снижению контраста между жировой и мышечной тканью на T2-ВИ, в то время как контраст между жировой тканью и жидкостью увеличивается. При температуре трупа ниже 20°C на T2-ВИ контраст между жировой и мышечной тканью практически исчезает и T2-ВИ начинает напоминать режим STIR. На T1-ВИ понижение температуры трупа приводит к еще большему ухудшению качества изображений. При температуре трупа ниже 10°C контраст на T1-ВИ ухудшается до такой степени, что визуализация патологии становится практически невозможной. Таким образом, влияние температуры трупа следует учитывать при интерпретации посмертных МР-изображений. Рентгенологу следует помнить, что на исследование может быть доставлен труп из холодильной камеры морга, температура в которой около 4°C (рис. 12). Авторы, занимающиеся посмертной МРТ, пытаются справиться с этой проблемой, оптимизируя параметры сканирования и меняя программное обеспечение. Однако эта задача до конца не решена [42, 104, 105].

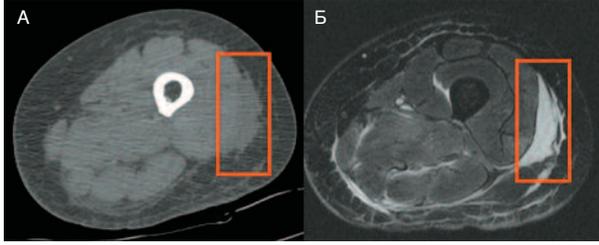
На судебно-медицинское исследование могут доставлять трупы с самыми разнообразными металлическими предметами, находящимися как снаружи, так и внутри трупа, которые создают проблему артефактов от металла (рис. 13). Наличие ферромагнитных инородных тел может затруднить проведение МРТ, а в ряде случаев сделать ее невозможной [42, 102, 106].

Судебно-медицинским экспертам следует помнить, что любой ферромагнитный объект, находящийся в трупе или доставленный с трупом, представляет потенциальную опасность для персонала и оборудования. Ферромагнитные инородные тела могут быть частями транспортных средств, пулями, осколками снарядов, протезами суставов и т.д. В связи с этим специалисты по посмертной визуализации для поиска металлических инородных тел рекомендуют выполнять КТ пред МРТ, поскольку портативные металлоискатели могут не реагировать на небольшие металлические объекты внутри трупа [106].

По данным литературы по применению посмертной МРТ при механических повреждениях, режим T2-ВИ имеет первостепенное значение, поскольку дает возможность визуализировать кровоизлияния в мягкие ткани (рис. 14), ушибы кости, кровоизлияния и разрывы внутренних органов, скопления жидкости в полостях тела, повреждение головного мозга и др. [12, 101, 102, 107–109].

Посмертная МРТ используется при скелетной травме, поскольку дает уникальную возможность визуализировать ушибы кости (трабекулярные микропереломы), распознавание которых возможно только при этом исследовании. Отек костного мозга особенно демонстративен на изобра-

Рис. 14. Повреждение мягких тканей левого бедра в результате наезда колесом автомобиля. А – КТ левого бедра. Аксиальный срез. Не очень четко визуализируется кровоизлияние в мягких тканях, поскольку его КТ-плотность схожа с плотностью мышц. Б – МРТ. T2-ВИ. Аксиальный срез на том же уровне. Обращает на себя внимание высокая дифференциация мягких тканей. Хорошо визуализируется кожный «карман», заполненный кровью и разможенной жировой тканью. Гравитационный эффект – кровь разделена на жидкую сыворотку, которая дает интенсивный сигнал, и форменные элементы (они темнее) [12].



жения с подавлением MR-сигнала от жира (STIR). Данный аспект представляется крайне важным для СМЭ, поскольку в ряде случаев появляется реальная возможность ответить на вопрос о прижизненности причинения повреждений, что особенно важно при установлении водителя транспортного средства, пилота и во многих других ситуациях [109, 110].

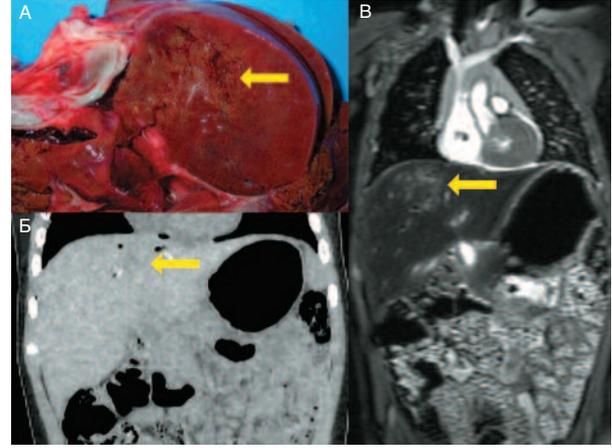
S.Ross и соавт. [102] ретроспективно проанализировали данные посмертных MR-исследований 40 трупов с различными видами сочетанной травмы. В качестве «золотого стандарта» выступала традиционная аутопсия. Чувствительность метода колебалась от 100% при пневмотораксе до 40% при переломах верхних конечностей. МРТ показала очень высокую чувствительность при повреждениях мягких тканей, в частности, чувствительность при кровоизлияниях в глубокие мышцы составила 95%. Чувствительность МРТ была ниже при повреждениях органов брюшной полости: 80% – печени, 50% – селезенки, 60% – поджелудочной железы и 66% – почек. Авторы сделали выводы о том, что посмертная МРТ всего тела является ценным дополнительным методом исследования трупов с различными механическими повреждениями. Тем не менее, невысокая чувствительность посмертной МРТ при повреждениях органов брюшной полости и низкие диагностические возможности при повреждениях легких не позволяют рассматривать МРТ как альтернативу традиционной аутопсии в случаях смерти от повреждений механического характера.

С указанной работой перекликается рассмотренное нами ранее исследование A.Christe и соавт. [67], которые отметили, что, хотя возможности посмертной МРТ в визуализации повреждений внутренних органов брюшной полости при тупой травме живота превосходят КТ (рис. 15), результаты посмертной MR-диагностики оказались хуже, чем предполагалось: общая чувствительность составила 60%, специфичность – 50%.

Повреждения полых органов ЖКТ остаются «белым пятном» посмертной MR-визуализации, в том числе из-за внутрикишечного и интрамурального газа, приводящего к появлению артефактов. Впрочем, диагностические возможности посмертной КТ при повреждениях полых органов ЖКТ также неудовлетворительны, поскольку такие КТ-признаки поражения полого органа ЖКТ, как наличие жидкости и газа в брюшной полости, могут быть «трупной нормой», связанной с процессами аутолиза и гниения [28, 31, 34].

Безусловный плюс посмертной МРТ – прекрасная визуализация ЦНС. Выше мы ссылались на исследование J.Añon и соавт. [63], показавшее высокую чувствительность и специфичность МРТ в диагностике внутричерепных кровоизлияний, в том числе субарахноидальных.

Рис. 15. Повреждение печени при тупой травме живота. Сравнение посмертных КТ и МРТ с традиционной аутопсией. А – аутопсия. Разрывы паренхимы правой доли печени (диафрагмальная поверхность печени обращена книзу). Б – КТ. МПР, коронарная проекция. Визуализируется лишь небольшой участок пониженной КТ-плотности (указан стрелкой). В – МРТ. T2-ВИ с подавлением сигнала от жира, коронарная проекция. Стрелкой указаны гиперинтенсивные зоны кровоизлияний. Хорошо видно, что степень разрушения паренхимы печени по данным МРТ в значительно большей степени соответствует секционной находке [67].



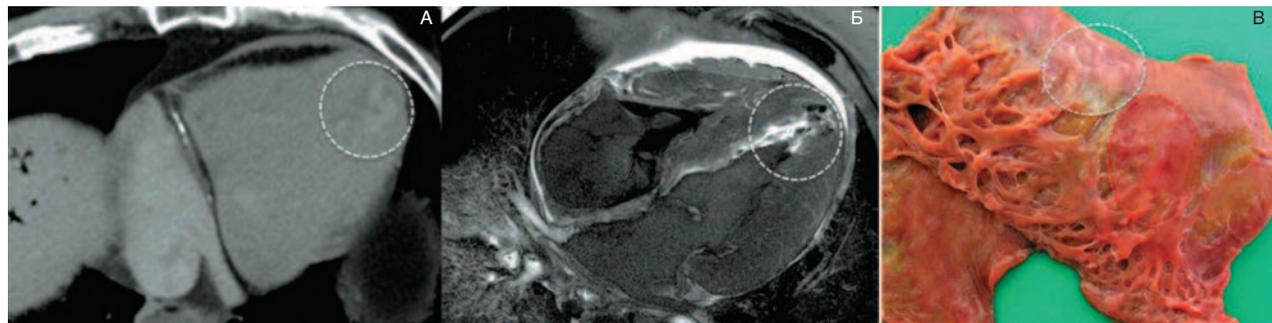
В другой очень интересной работе K.Yen и соавт. [62] по посмертной визуализации ЧМТ сравнивали результаты КТ и МРТ с последующей традиционной аутопсией. В этом ретроспективном исследовании авторы изучали результаты деятельности клинических рентгенологов (не проходивших специальную подготовку), описывающих посмертные КТ- и MR-изображения 57 трупов. Оценивалось качество визуализации повреждений мягких тканей головы, переломов черепа, внутричерепных кровоизлияний, а также признаков внутричерепной гипертензии. Чувствительность метода была очень разной и колебалась от 100% при визуализации пневмоцефалии до 0% – при визуализации вдавлений на медиобазальных поверхностях височных долей головного мозга (признак внутричерепной гипертензии). Совпадения между результатами КТ и МРТ составили 69%. Оба метода достаточно хорошо визуализировали внутричерепные кровоизлияния, но пропустили внутримозговые повреждения размерами менее 3 мм. Значительный разброс результатов авторы увидели в недостаточной стандартизации протоколов сканирования и в отсутствии специальной подготовки клинических рентгенологов по посмертной визуализации.

С точки зрения качества визуализации травматической патологии головного мозга, особенно негеморрагического характера, посмертная МРТ предпочтительнее КТ. Это связано не только с лучшим мягкотканым контрастным разрешением, но и с такими недоступными КТ возможностями MR-диагностики, как диффузионно-взвешенная томография. В частности, MR-трактография при посмертном исследовании головного мозга пострадавших с ЧМТ позволяет визуализировать повреждения проводящих путей при диффузном аксональном повреждении. Кроме того, с помощью метода диффузионно-взвешенной томографии показана корреляция между величиной коэффициента диффузии и давностью наступления смерти, а также продемонстрирована возможность дифференцировать отек головного мозга при травматическом и гипоксическом повреждении [111].

Посмертная МРТ позволяет с достаточной степенью точности выявлять такую часто встречающуюся в практике судебно-медицинских экспертов патологию, как инфаркт миокарда (ИМ); рис. 16.

В этом случае посмертная МРТ конкурирует даже не с КТ, а с традиционной аутопсией. По сводным литератур-

Рис. 16. Посмертная визуализация сердца 49-летнего мужчины. Внезапная смерть. А – нативная КТ. Визуализируются гиперденсивный рубец (обведен кругом) в области верхушки сердца с гиподенсивной зоной по периферии и кальциноз правой коронарной артерии. Б – МРТ. T2-ВИ. Более четко виден старый постинфарктный рубец в области верхушки сердца, а также визуализируется свежий ИМ (обведен кругом). В – макропрепарат сердца. В области межжелудочковой перегородки найдены белесоватый плотный постинфарктный рубец (обведен белым круг) и зона свежего инфаркта (красный круг) [29].



ным данным, макроскопические изменения при ИМ обнаруживают не ранее, чем через 4–12 ч от начала заболевания. Если пациент умер через 2–3 ч после начала ИМ, то можно определить область некроза только используя гистохимическое окрашивание [23, 29, 42, 112].

Исследование, проведенное T.Ruder и соавт. в 2013 г. [107], показало, что вызванный ишемией (или реперфузией) отек миокарда может быть обнаружен при посмертной МРТ на T2-ВИ в течение первых 3 ч от начала окклюзии сосуда.

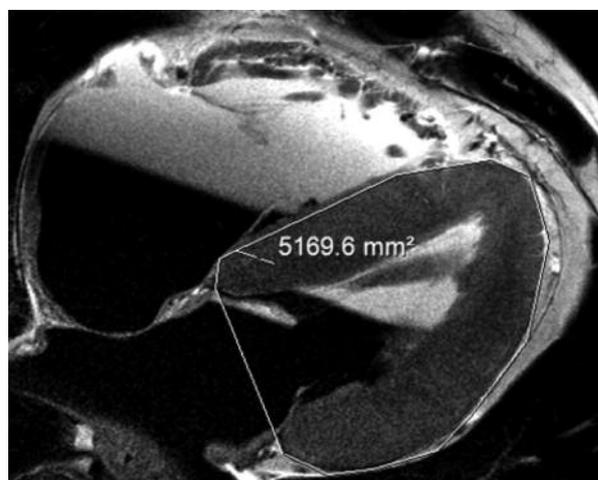
Группа исследователей под руководством С.Jackowski в 2011–2013 гг. [113–115] опубликовала результаты ряда сравнительных исследований посмертных МРТ с традиционной аутопсией с последующим гистологическим контролем (в том числе иммуногистохимическим) при ИМ в разных периодах его развития. Авторы пришли к выводу: МРТ обладает преимуществом перед стандартной аутопсией, поскольку МР-визуализация в режиме T2-ВИ диагностирует ишемическое повреждение миокарда от десятков минут до нескольких часов от начала заболевания.

Авторы, занимающиеся посмертной лучевой диагностикой при внезапной смерти, подчеркивают тот факт, что для получения максимальной информации необходима как МРТ, так и КТ сердца, особенно если смерть наступает до появления МР-признаков ишемии миокарда. При КТ хорошо визуализируется кальциноз коронарных артерий, а посмертная КТ-коронарография в ряде случаев позволяет выявить окклюзию артерий сердца [114, 116].

По аналогии с посмертной КТА предпринимались попытки проведения МР-ангиографии, однако они пока мало что дали исследователям из-за отсутствия адекватного контрастного средства (его еще только предстоит разработать), длительности исследования, технических проблем и наличия мешающих исследованию посмертных «артефактов» от гравитационного расслоения крови трупа «жидкость – осевшие клетки» [117, 118].

Посмертная МРТ позволяет визуализировать миокард, клапанный аппарат сердца, определять объем камер сердца (рис. 17) и толщину миокарда [119, 120]. Несмотря на то что возможности посмертной МРТ в визуализации сердца значительно превосходят возможности КТ, публикаций по использованию МРТ в диагностике внезапной сердечной смерти не очень много. Они подробно проанализированы в обзоре К.Michaud и соавт. [120], в котором приводится анализ результатов посмертной МР-визуализации при внезапной сердечной смерти, вызванной ишемической болезнью сердца, кардиомиопатиями (в том числе у молодых спортсменов), аномалиями коронарных артерий и заболеваниями клапанного аппарата сердца. Авторы акцентируют внимание на необходимости активно заниматься проблемой посмертного МРТ при острой кардиальной патологии, поскольку данных для серьезных выводов еще крайне мало.

Рис. 17. Посмертная МРТ сердца. T2-ВИ. Срез левого желудочка по короткой оси. Возможна оценка площади и объема камер сердца, а также толщины миокарда. Видны «артефакты» от гравитационного расслоения крови в камерах сердца с образованием уровня «жидкость–осевшие клетки» [119].



В сравнительном проспективном исследовании R.Purani и соавт. [121] оценивались возможности посмертных КТ и МРТ в диагностике внезапной смерти у 17 молодых людей (средний возраст $23 \pm 1,1$ года). В качестве «золотого стандарта» использовалась традиционная аутопсия. МРТ позволила выявить патологию сердца в 12 случаях из 17. КТ менее полезна в диагностике болезней сердца, однако, по мнению авторов, метод играет значительную роль в выявлении некардиальной патологии.

Работ по посмертной МРТ при повреждениях и заболеваниях сосудов еще меньше, чем по кардиопатологии [117, 122], тем не менее есть достаточно убедительные исследования по возможностям посмертной МР-визуализации разрывов аневризм аорты [123–125].

В то же время МР-диагностика ТЭЛА остается нерешенной проблемой. В частности, в многократно цитируемом крупнейшем исследовании I.Roberts и соавт. [28] диагноз ТЭЛА с помощью посмертной МРТ не был поставлен ни в одном случае. С.Jackowski и соавт. [126] первыми предприняли попытку определить МР-критерии ТЭЛА с использованием 3,0 Тл томографа. Авторы сделали вывод, что посмертная визуализация ТЭЛА будет еще долгое время оставаться сложнейшей задачей, и рекомендуют в сомнительных случаях проводить прицельную биопсию, а также МРТ вен нижних конечностей. Однако, как и при КТА, дифференцировать тромб в легочной артерии с посмертным свертком при МРТ крайне сложно [117, 118, 126].

Таблица 2. Сравнение результатов посмертных КТ, МРТ и традиционной аутопсии при странгуляционной асфиксии [130].

Признак	Аутопсия	КТ	МРТ
	повешение (n=5)/удушение руками (n=4)		
Подкожные кровоизлияния	4/4	4/4	4/4
Кровоизлияния в подкожную мышцу шеи (платизму)	2/1	1/1	2/1
Кровоизлияния в глубокие мышцы шеи	4/4	0/1	3/3
Кровоизлияния в лимфатические узлы шеи	1/4	0/0	1/4
Кровоизлияния в слюнные железы	3/3	0/1	3/3
Повреждение хрящей гортани	1/1	1/1	0/1
Перелом подъязычной кости	2/1	3/1	0/1
Кровоизлияния в серозные оболочки сонных артерий	1	0	0
Надрыв интимы общих сонных артерий	1	0	0
Кровоизлияния в щитовидную железу	-/1	-/0	-/1
Кровоизлияния в мягкие ткани выйной области	-/1	-/0	-/1

МРТ использовалась и для посмертной диагностики тупой травмы груди. В целом была показана достаточно большая чувствительность и специфичность МРТ в диагностике повреждений органов грудной полости, что авторы связывают в том числе с хорошей подготовкой судебно-медицинских радиологов за последние годы [42, 102, 127, 128].

Посмертная МРТ достаточно успешно использовалась в случаях механической асфиксии. Однако авторы, занимавшиеся проблемой, отмечают, что при странгуляционной асфиксии лучше использовать МРТ и КТ, поскольку методы дополняют друг друга: КТ лучше визуализирует повреждение подъязычной кости, МРТ – хрящи гортани и кровоизлияния в мягкие ткани (табл. 2) [129, 130].

Проблема посмертной визуализации детей не входит в задачи нашего обзора*, однако мы должны упомянуть исследование 2016 г. с высоким уровнем доказательности – проспективное сравнительное контролируемое исследование посмертных КТ и МРТ с традиционной аутопсией трупов плодов и новорожденных. Авторы провели посмертную визуализацию (КТ плюс МРТ) 53 трупов плодов и 29 трупов новорожденных с последующей аутопсией и сделали вывод: методом выбора посмертной визуализации патологии плодов и новорожденных является МРТ. Нативная КТ имеет ограниченное применение в связи с большим числом недиагностированной патологии [131]. Для подробного ознакомления с посмертной визуализацией плодов и новорожденных рекомендуем обзоры S.Thayuil и соавт. [132, 133].

Доказательная база посмертной визуализации

Одним из основных факторов, сдерживающих широкое распространение посмертной визуализации, является слабая доказательная база. На сегодняшний день крайне мало исследований с сильным уровнем доказательности – проспективных контролируемых серий с подходящим трупным материалом, который подлежит как лучевому (КТ, МРТ, КТ+МРТ), так и стандартному референтному методу исследования (традиционная аутопсия). Подавляющее большинство исследований посвящено сериям наблюдений и описанию случаев, что соответствует слабому уровню доказательности.

Самое крупное на сегодняшний день сравнительное исследование виртуальной и стандартной аутопсий опубликовано в 2012 г. в журнале «Lancet» [28]. В этом многоцентровом проспективном контролируемом исследовании 182 скоропостижно умершим были проведены КТ, МРТ и традиционная аутопсия. Данные каждого КТ- и МР-иссле-

дования интерпретировались независимо друг от друга двумя парами рентгенологов. В конце лучевой части исследования рентгенологи оформляли коллегиальное заключение (консенсус) о причине смерти на основе КТ, МРТ и КТ+МРТ. Выводы авторов: на основе данных традиционной аутопсии КТ является более точным методом визуализации, чем МРТ, в установлении причины смерти и может быть рекомендовано для применения в СМЭ. Тем не менее часто встречающиеся причины внезапной смерти не всегда были диагностированы при КТ и МРТ, и до тех пор пока систематические ошибки методов посмертной визуализации не будут устранены, виртуальная аутопсия не может заменить традиционную.

К сожалению, подобных исследований, посвященных насильственной смерти и представляющих особый интерес для СМЭ, на сегодняшний день нет. Крайне интересен и показателен систематизированный обзор V.Blokker и соавт., опубликованный в 2016 г. [134]. Авторы проанализировали шесть баз данных по сравнению неинвазивной (лучевые методы исследования) и минимально инвазивной аутопсии (торакоскопия, лапароскопия с изъятием образцов органов и тканей для гистологического исследования) с традиционной в случаях насильственной смерти взрослых, умерших в больницах. Авторы подчеркнули, что группы были слишком разнородны для значимого метаанализа – из 1538 статей по проблеме критериям включения соответствовали только 16. Из отобранных 16 исследований в 13 использовались лучевые методы диагностики, в 8 – торако- и лапароскопия с забором тканей на гистологическое исследование, в 3 – КТА. Выводы авторов, кроме традиционных о том, что убедительных данных недостаточно и исследования в этом направлении следует продолжать, – наибольшей чувствительностью (90,9%) в установлении причин смерти обладает комбинация КТ, КТА и гистологического исследования. Сочетанное использование КТ и МРТ было лучшим неинвазивным методом исследования. Однако диагностические возможности минимально инвазивных методов посмертного исследования (торако- и лапароскопия) все же превосходят неинвазивные.

Выводы

Из анализа доступной на сегодняшний день литературы можно сделать некоторые заключения и выводы, основанные на реальных возможностях посмертной лучевой диагностики в СМЭ трупов взрослых лиц, которые могут быть использованы судебно-медицинскими экспертами в их практической деятельности:

*См. статью номера: У.Н.Туманова, В.К.Федосеева, В.М.Ляпин, А.И.Щеголев, Г.Т.Сухих «Выявление скопления газа в телах плодов, мертворожденных и умерших новорожденных при посмертном компьютерно-томографическом исследовании»; с. 26.

	Посмертная КТ	Посмертная МРТ
Возможности	<ul style="list-style-type: none"> Выявление травматических повреждений опорно-двигательного аппарата, особенно в областях, технически сложных для традиционной аутопсии: лицевой скелет, основание черепа, позвоночник, таз, дистальные отделы конечностей Визуализация кровоизлияний и жидкости в полостях тела, органах и тканях Визуализация газа в ССС, полостях тела и мягких тканях Визуализация инородных тел и раневых каналов Идентификация личности Исследование замерзших, обгоревших, гнилостно измененных трупов, а также трупов в состоянии мумификации и сапонификации 	<ul style="list-style-type: none"> Визуализация повреждений и заболеваний мягких тканей, сердца, головного и спинного мозга, паренхиматозных органов брюшной полости и забрюшинного пространства, органов малого таза Визуализация ушиба кости Визуализация кровоизлияний, не идентифицированных при КТ, – внутричерепных и др. Исследование трупов плодов и новорожденных
Ограничения	<ul style="list-style-type: none"> Низкая эффективность нативного исследования в визуализации повреждений и заболеваний мягких тканей, паренхиматозных и полых органов брюшной полости, ССС (применение КТА расширяет возможности метода) Крайне низкая эффективность в диагностике повреждений и заболеваний спинного мозга 	<ul style="list-style-type: none"> Проблема артефактов от металла, а также совместности с ферромагнитными инородными телами Низкая эффективность в визуализации повреждений и заболеваний дыхательной системы и полых органов ЖКТ, трубчатых костей Низкая эффективность или отсутствие возможности проведения исследований охлажденных, обгоревших и мумифицированных трупов

	КТ	МРТ
<i>Повреждения опорно-двигательного аппарата, причиняемые тупыми предметами</i>		
Костей конечностей и суставов	+++	+
Тел позвонков	+++	+++
Отростков и дуг позвонков	+++	+
Ребер, ключицы и грудины	+++	+
Костей таза	+++	+
Костей свода и основания черепа, лицевого скелета	+++	+
<i>Повреждения внутренних органов и мягких тканей, причиняемые тупыми предметами</i>		
Мягких тканей	++	++++
Головного мозга	+++	+++
Спинного мозга	+	++++
Органов шеи	++	+++
Легких, трахеи и бронхов	++++	+
Сердца, аорты и крупных сосудов	+ (++) при КТА)	++
Пищевода и желудка	+	+
Печени, селезенки, поджелудочной железы, почек	++	+++
Кишечника и мочевыводящих путей	+	+
Органов малого таза	+	++
<i>Другие виды повреждений</i>		
Острыми предметами	+++	++
Огнестрельная травма	++++	+
Падение с высоты и транспортные происшествия	+++	++
Примечание: «++++» – метод выбора, «+++» – метод может быть использован в большинстве случаев (показана высокая точность метода), «++» – метод может быть использован в ряде случаев, «+» – возможности метода значительно ограничены.		

- Методы посмертной визуализации в судебной медицине находятся на стадии активного исследования с формированием доказательной базы. «Золотым стандартом» посмертной диагностики была и остается традиционная аутопсия.
- Для целей СМЭ трупов взрослых в большей степени подходит посмертная КТ (табл. 3).
- Для максимально полного исследования трупов взрослых лиц в СМЭ следует комбинировать лучевые методы диагностики – КТ, КТА, МРТ с гистологическим исследованием тканей и другими лабораторными методами.
- Посмертная лучевая диагностика может оказать большую помощь в визуализации всех видов механических повреждений (табл. 4).
- Посмертная визуализация не может помочь в диагностике отравлений.
- Посмертная визуализация может помочь в исключении механических повреждений и установлении некоторых причин при исследовании скоропостижной смерти.
- Посмертная визуализация может быть полезна при исследовании трупов, причиной смерти которых стали механическая асфиксия, утопление, а также при исследовании гнилостно измененных, неопознанных, расчлененных и эксгумированных трупов.

Литература/References

- Levy AD, Harcke TH. Essentials of forensic imaging: a text-atlas. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010/
- Persson A, Lindblom M, Jackowski C. A state-of-the-art pipeline for postmortem CT and MRI visualization: from data acquisition to interactive image interpretation at autopsy. Acta Radiol 2011; 52: 522–36.

3. Leth PM. Computerized tomography used as a routine procedure at postmortem investigations. *Am J Forensic Med Pathol* 2009; 30: 219–22.
4. O'Donnell C, Rotman A, Collett S, Woodford N. Current status of routine postmortem CT in Melbourne, Australia. *Forensic Sci Med Pathol* 2007; 3: 226–32.
5. Leth PM, Thomsen J. Experience with post-mortem computed tomography in Southern Denmark 2006–11. *J Forensic Radiol Imaging* 2013; 1 (4): 161–6.
6. Fernandes CMS, Marques JAM, Serra M da Costa. Forensic imaging and radiology in Brazil. A historical event and a new era. *J Forensic Radiol Imaging* 2013; 1 (4): 220–4.
7. Thali MJ, Yen K, Schweitzer W et al. Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) – a feasibility study. *J Forensic Sci* 2003; 48: 386–403.
8. Thali MJ, Schweitzer W, Yen K et al. New horizons in forensic radiology: the 60-second digital autopsy – full-body examination of a gunshot victim by multislice computed tomography. *Am J Forensic Med Pathol* 2003; 24: 22–7. DOI: 10.1097/01.PAF.0000050694.17624.B1
9. Thali MJ, Jackowski C, Oesterhelweg L et al. Virtopsy – the Swiss virtual autopsy approach. *Leg Med (Tokyo)* 2007; 9: 100–4.
10. Thali MJ, Yen K, Vock P et al. Image-guided virtual autopsy findings of gunshot victims performed with multi-slice computed tomography and magnetic resonance imaging and subsequent correlation between radiology and autopsy findings. *Forensic Sci Int* 2003; 138: 8–16. DOI: 10.1016/S0379-0738(03)00225-1
11. Wüllenweber R, Schneider V, Grumme T. A computer-tomographical examination of cranial bullet wounds. *Z. Rechtsmed* 1977; 80: 227–46. DOI: 10.1007/BF02114619
12. Yen K, Vock P, Tiefenthaler B, Ranner G. Virtopsy: forensic traumatology of the subcutaneous fatty tissue; multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) as diagnostic tools. *J Forensic Sci* 2004; 49 (4): 1–8.
13. Thali M, Dirnhofer R, Vock P (eds). *The Virtopsy approach: 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis, 2010.
14. Brogdon BG, Thali MJ, Viner M (eds). *Brogdon's forensic radiology*, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC, 2010.
15. Кокон Л.С., Кинле А.Ф., Синицын В.Е., Филимонов Б.А. Возможности посмертной визуализации в судебно-медицинской экспертизе трупа: критический анализ и обзор литературы. *Consilium Medicum*. 2015; Прил.: 4–26. / Kokon L.S., Kinle A.F., Sinityn V.E., Filimonov B.A. Postmortem visualization in forensic medical examination of the cops: review and critical analysis. *Consilium Medicum*. 2015; Suppl.: 4–26. [in Russian]
16. Baglivo M, Winklhofer S, Hatch GM et al. The rise of forensic and post-mortem radiology – Analysis of the literature between the year 2000 and 2011. *J Forensic Radiol Imaging* 2013; 1: 3–9.
17. Bolliger SA, Thali MJ. Imaging and virtual autopsy: looking back and forward. *Phil Trans R Soc* 2015; B 370: 20140253.
18. Королюк И.П. Доказательная радиология: основные принципы и подходы к ее реализации. *Радиология – практика*. 2007; 5: 7–15. / Koroliuk I.P. Dokazatel'naia radiologiia: osnovnye printsipy i podkhody k ee realizatsii. *Radiologiia – praktika*. 2007; 5: 7–15. [in Russian]
19. Timmermans S, Berg M. The gold standard. The challenge of evidence-based medicine and standardization in health care. Temple University Press, Philadelphia PA 2003.
20. Основы лучевой диагностики и терапии. Национальное руководство. Гл. 6. Доказательная лучевая диагностика. Под ред. С.К.Тернового. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013; с. 836–59. / *Osnovy luchevoi diagnostiki i terapii. Natsional'noe rukovodstvo*. Gl. 6. Dokazatel'naia luchevaia diagnostika. Pod red. S.K.Ternovogo. M.: GEOTAR-Media, 2013; s. 836–59. [in Russian]
21. Ross SG, Thali MJ, Bolliger S et al. Sudden death after chest pain: feasibility of virtual autopsy with postmortem CT angiography and biopsy. *Radiology* 2012; 264: 250–9.
22. Blaauwgeers JL, van Rijn RR. Virtual autopsy: why not? *Ned Tijdschr Geneesk* 2012; 156: A4786.
23. Saukko P, Knight B (eds). *Knight's forensic pathology*, 3rd ed. London, UK: Edward Arnold, 2004.
24. Pollanen MS, Woodford N. Virtual autopsy: time for a clinical trial. *Forensic Sci Med Pathol* 2013; 9: 427–8.
25. Петров В.И., Недогода С.В. Медицина, основанная на доказательствах: учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. / Petrov V.I., Nedogoda S.V. Meditsina, osnovannaia na dokazatel'stvakh: uchebnoe posobie. M.: GEOTAR-Media, 2009. [in Russian]
26. Страус Ш.Е., Скотт Р., По Г. Медицина, основанная на доказательствах. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. / Straus Sh.E., Skott R., Po G. Meditsina, osnovannaia na dokazatel'stva. M.: GEOTAR-Media, 2010. [in Russian]
27. Гринхальх Т. Основы доказательной медицины. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. / Grinkhal'kh T. Osnovy dokazatel'noi meditsiny. M.: GEOTAR-Media, 2013. [in Russian]
28. Roberts IS, Benamore RE, Benbow EW et al. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet* 2012; 379: 136–42.
29. Flach PM, Thali MJ, Germerott T. Times Have Changed! Forensic Radiology – A New Challenge for Radiology and Forensic Pathology. *AJR*: 202, April 2014; W325–334.
30. Filograna L, Tartaglione T, Filograna E et al. Computed tomography (CT) virtual autopsy and classical autopsy discrepancies: radiologist's error or a demonstration of post-mortem multi-detector computed tomography (MSCT) limitation? *Forensic Sci Int* 2010; 195 (1–3): e13–7.
31. Westphal SE, Apitzsch J, Penzkofer T et al. Virtual CT autopsy in clinical pathology: feasibility in clinical autopsies. *Virchows Arch* 2012; 461: 211–9.
32. Thomsen AH, Jurik AG, Uhrenholt L, Vesterby A. An alternative approach to computerized tomography (CT) in forensic pathology. *Forensic Sci Int* 2009; 183: 87–90.
33. O'Donnell C, Ranson D. *Post Mortem CT Interpretation Short Course*, 2015. Victorian Institute of Forensic Medicine. Department of Forensic Medicine, Monash University.
34. Christe A, Flach P, Ross S et al. Clinical radiology and postmortem imaging (Virtopsy) are not the same: specific and unspecific postmortem signs. *Leg Med (Tokyo)* 2010; 12: 215–22.
35. Wichmann D, Obbelode F, Vogel H et al. Virtual autopsy as an alternative to traditional medical autopsy in the intensive care unit: a prospective cohort study. *Ann Intern Med* 2012; 17 (156): 123–30.
36. Yang KM, Lynch M, O'Donnell C. "Buckle" rib fracture: an artifact following cardio-pulmonary resuscitation detected on postmortem CT. *Leg Med (Tokyo)* 2011; 13: 233–39.
37. Flach PM, Gascho D, Schweitzer W et al. Imaging in forensic radiology: an illustrated guide for postmortem computed tomography technique and protocols. *Forensic Sci Med Pathol* March 2014. DOI: 10.1007/s12024-014-9555-6
38. Ross SG, Flach PM, Thali MJ. Postmortem angiography. In: Thali MJ, Viner MD, Brogdon BG, eds. *Brogdon's forensic radiology*, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor and Francis Group, 2010; p. 449–60.
39. Flach PM, Ross SG, Bolliger SA et al. Postmortem whole-body computed tomography angiography visualizing vascular rupture in a case of fatal car crash. *Arch Pathol Lab Med* 2010; 134: 115–9.
40. Saunders SL, Morgan B, Raj V, Ruddy GN. Post-mortem computed tomography angiography: past, present and future, *Forensic Science*. *Med Pathol* 2011; 7: 271–7.
41. Ross SG, Bolliger SA, Ampanozi G et al. Postmortem CT Angiography: Capabilities and Limitations in Traumatic and Natural Causes of Death. *Radio Graphics* 2014; 34: 830–46.
42. Ruder TD, Thali MJ, Hatch GM. Essentials of forensic post-mortem MR imaging in adults. *Br J Radiol* 2014; 87 (1036): 20130567.
43. Aghayev E, Thali MJ, Sonnenschein M et al. Post-mortem tissue sampling using computed tomography guidance. *Forensic Sci Int* 2007; 166 (2–3): 199–203.
44. Martinez RM, Ptacek W, Schweitzer W et al. CT-guided, minimally invasive, postmortem needle biopsy using the B-Rob II needle-positioning robot. *J Forensic Sci* 2014; 59: 517–21. DOI: 10.1111/1556-4029.12329
45. Ebert LC, Ptacek W, Breitbeck R et al. Virtobot 2.0: the future of automated surface documentation and CT-guided needle placement in forensic medicine. 2014, *Virtobot* – 186. DOI: 10.1007/s12024-013-9520-9
46. Bolliger SA, Filograna L, Spendlove D et al. Postmortem Imaging-Guided Biopsy as an Adjuvant to Minimally Invasive Autopsy With CT and Postmortem Angiography: A Feasibility Study. *AJR* 2010; 195: 1051–6.
47. Ruder TD. What are the key objectives of the ISFRI? – evaluation of the ISFRI member survey. *J Forensic Radiol Imaging* 2013; 3: 142–5.
48. Jeffery AJ. The role of computed tomography in adult post-mortem examinations: an overview. *Diagnostic Histopathology* 2010; 16 (12): 546–51.
49. Panda A, Kumar A, Gamanagatti S, Mishra B. Virtopsy Computed Tomography in Trauma: Normal Postmortem Changes and Pathologic Spectrum of Findings. *Curr Probl Diagn Radiol* 2015; 44 (5): 391–406. DOI: 10.1067/j.c
50. Levy AD, Abbott RM, Mallak CT et al. Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims. *Radiology* 2006; 240: 522–28.
51. Levy AD, Harcke HT, Getz JM et al. Virtual autopsy: two- and three-dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. *Radiology* 2007; 243: 862–8.
52. Harcke HT, Levy AD, Abbott RM et al. Autopsy radiography: digital radiographs (DR) vs multidetector computed tomography (MDCT) in high-velocity gunshot-wound victims. *Am J Forensic Med Pathol* 2007; 28: 13–9.
53. Jackowski C, Thali M, Sonnenschein M et al. Visualization and quantification of air embolism structure by processing postmortem MSCT data. *J Forensic Sci* 2004; 49: 1339–42. DOI: 10.1520/JFS2004047
54. Le Blanc-Louvy I, Thureau S, Duval C et al. Post-mortem computed tomography compared to forensic autopsy findings: a French experience. *Eur Radiol* 2013; 23: 1829–35. DOI: 10.1007/s00330-013-2779-0
55. Zech WD, Jackowski C, Buetikofer Y, Kara L. Characterization and differentiation of body fluids, putrefaction fluid, and blood using Hounsfield unit in postmortem CT. *Int J Legal Med* 2014; 128: 795–802. DOI: 10.1007/s00414-014-1030-0
56. Takahashi N, Higuchi T, Shiotani M et al. The effectiveness of postmortem multidetector computed tomography in the detection of fatal findings related to cause of non-traumatic death in the emergency department. *Eur Radiol* 2012; 22: 152–60.

57. Schweitzer W, Rudera Th, Thali MJ, Ringl H. Skull fractures in post-mortem CT: VRT, flat and skin surface projections in comparison. *Journal of Forensic Radiology and Imaging* 2015; 3: 214–20.
58. Schweitzer W, Thali MJ. Computed tomography of scalp embedded gravel: Differentiation between falling and kicking. *J Forensic Radiol Imaging* 2015; 3: 200–9.
59. Burke MP. *Forensic Pathology of Fractures and Mechanisms of Injury: Postmortem CT Scanning*. CRC Press, 2011.
60. Berger N, Ampanozi G, Schweitzer W et al. Racking the brain: Detection of cerebral edema on postmortem computed tomography compared with forensic autopsy. *Eur J Radiol* 2015; 84: 643–51.
61. Schweitzer W, Rudera Th, Thali MJ, Ringl H. Skull fractures in post-mortem CT: VRT, flat and skin surface projections in comparison. *J Forensic Radiol Imaging* 2015; 3: 214–20.
62. Yen K, Löfblad KO, Scheurer E et al. Post-mortem forensic neuroimaging: correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results. *Forensic Sci Int* 2007; 173: 21–35.
63. Añon J, Remonda L, Spreng A et al. Traumatic extra-axial hemorrhage: correlation of post-mortem MSCT, MRI, and forensic-pathological findings. *J Magn Reson Imaging* 2008; 28 (4): 823–36.
64. Jacobsen C, Lynnerup N. Craniocerebral trauma – Congruence between post-mortem computed tomography diagnoses and autopsy results. A 2-year retrospective study. *Forensic Sci Int* 2010; 194 (1–3): 9–14.
65. Makino Y, Yokota H, Hayakawa M et al. Spinal cord injuries with normal postmortem CT findings: a pitfall of virtual autopsy for detecting traumatic death. *AJR Am J Roentgenol* 2014; 203 (2): 240–4. DOI: 10.2214/AJR.13.11775
66. Aghayev E, Christe A, Sonnenschein M et al. Postmortem imaging of blunt chest trauma using CT and MRI: comparison with autopsy. *J Thorac Imaging* 2008; 23: 20–7.
67. Christe A, Ross S, Oesterhelweg L et al. Abdominal trauma – sensitivity and specificity of postmortem noncontrast imaging findings compared with autopsy findings. *J Trauma Injury Crit Care* 2009; 66: 1302–7.
68. Filograna L, Thali MJ, Marchetti D. Forensic relevance of post-mortem CT imaging of the haemopericardium in determining the cause of death. *Legal Med* 2014; 16: 247–51.
69. Коков Л.С., Кинле А.Ф., Синицын В.Е., Филимонов Б.А. Возможности компьютерной и магнитно-резонансной томографии в судебно-медицинской экспертизе механической травмы и скоростной смерти (обзор литературы). *Неотложная медицинская помощь. Журн. им. Н.В.Склифосовского*. 2015; 2: 16–26. / Kokov L.S., Kinle A.F., Sinityn V.E., Filimonov B.A. Vozmozhnosti komp'yuternoi i magnitno-rezonansnoi tomografii v sudebno-meditsinskoi ekspertize mekhanicheskoi travmy i skorostnozhnoi smerti (obzor literatury). *Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'. Zhurn. im. N.V.Sklifosovskogo*. 2015; 2: 16–26. [in Russian]
70. Синицын В.Е. Мультиспиральная и электронно-лучевая томография сердца. В кн.: *Кардиология. Национальное руководство*. Под ред. Е.В.Шляхто. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015; с. 139–48. / Sinityn V.E. Mul'tispiral'naya i elektronno-luchevaya tomografiya serdtsa. V kn.: *Kardiologiya. Natsional'noe rukovodstvo*. Pod red. E.V.Shliakhto. M.: GEOTAR-Media, 2015; s. 139–48. [in Russian]
71. Коков Л.С., Кинле А.Ф., Дуброва С.Э., Филимонов Б.А. Возможности мультиспиральной компьютерной томографии в судебно-медицинской экспертизе внезапной сердечной смерти. *Диагностическая и интервенционная радиология*. 2015; 9 (3): 64–75. / Kokov L.S., Kinle A.F., Dubrova S.E., Filimonov B.A. Vozmozhnosti mul'tispiral'noi komp'yuternoi tomografii v sudebno-meditsinskoi ekspertize vnezapnoi serdechnoi smerti. *Diagnosticheskaya i interentsionnaya radiologiya*. 2015; 9 (3): 64–75. [in Russian]
72. Grabherr S, Djonov V, Yen K et al. Postmortem Angiography: Review of Former and Current Methods. *AJR* 2007; 188: 832–8. DOI: 10.2214/AJR.06.0787
73. Ross S, Spendlove D, Bolliger S et al. Postmortem whole-body CT angiography: evaluation of two contrast media solutions. *AJR* 2008; 190: 1380–9.
74. Roberts IS, Traill ZC. Minimally invasive autopsy employing post-mortem CT and targeted coronary angiography: evaluation of its application to a routine Coronial service. *Histopathology* 2014; 64 (2): 211–7.
75. Grabherr S, Doenz F, Steger B et al. Multi-phase post-mortem CT angiography: development of a standardized protocol. *Int J Legal Med* 2011; 125: 791–802. DOI: 10.1007/s00414-010-0526-5
76. Roberts IS, Benamore RE, Peebles C et al. Diagnosis of coronary artery disease using a minimally invasive autopsy: evaluation of a novel method of postmortem coronary CT angiography. *Clin Radiol* 2011; 66 (7): 645–50.
77. Rutty G, Saunders S, Morgan B, Raj V. Targeted cardiac post-mortem computed tomography angiography: a pictorial review. *Forensic Med Sci Pathol* 2012; 8 (1): 40–7.
78. Flach PM, Ross SG, Bolliger SA et al. Postmortem whole-body computed tomography angiography visualizing vascular rupture in a case of fatal car crash. *Arch Pathol Lab Med* 2010; 134: 115–9.
79. Kikuchi K, Kawahara K, Tsuji C et al. Post mortem contrast-enhanced computed tomography in a case of sudden death from acute pulmonary thromboembolism. *Exp Ther Med* 2010; p. 503–5.
80. Palmiere C, Lobrinus JA, Mangin P, Grabherr S. Detection of coronary thrombosis after multi-phase postmortem CT-angiography. *Leg Med (Tokyo)* 2013; 15: 12–8. DOI: 10.1016/j.legalmed.2012.08.005
81. Turillazzi E, Frati P, Pascale N et al. Multi-phase post-mortem CT-angiography: a pathologic correlation study on cardiovascular sudden death. *J Geriatr Cardiol* 2016; 13 (10): 855–65. DOI: 10.11909/j.issn.1671-5411.2016.10.003
82. Christe A, Aghayev E, Jackowski C, Thali MJ. Drowning – post-mortem imaging findings by computed tomography. *Eur Radiol* 2008; 18 (2): 283–90.
83. Dedouit F, Savall F, Mokrane FZ et al. Virtual anthropology and forensic identification using multidetector CT. *Br J Radio* 2014; 87: 20130468. DOI: 10.1259/bjr.20130468
84. Kim DI, Lee UY, Park SO et al. Identification using frontal sinus by three dimensional reconstruction from computed tomography. *J Forensic Sci* 2013; 58: 5–12. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2012.02185.x
85. Bolliger MJ, Buck U, Thali MJ, Bolliger SA. Reconstruction and 3D visualisation based on objective real 3D based documentation. *Forensic Sci Med Pathol* 2012; 8: 208–17. DOI: 10.1007/s12024-011-9288-8
86. Kirchoff S, Fischer F, Lindemaier G et al. Is post-mortem CT of the dentition adequate for correct forensic identification?: Comparison of dental computed tomography and visual dental record. *Int J Legal Med* 2008; 122: 471–9.
87. O'Donnell C, Iino M, Mansharan K et al. Contribution of postmortem multidetector CT scanning to identification of the deceased in a mass disaster: Experience gained from the 2009 Victorian bushfires. *Forensic Sci Int* 2010 Aug 4.
88. Ruder TD, Kraehenbuehl M, Gotsmy WF et al. Radiologic identification of disaster victims: a simple and reliable method using CT of the paranasal sinuses. *Eur J Radiol* 2012; 81: e132–e138. DOI: 10.1016/j.ejrad.2011.01.060
89. Ross SG, Berger N, Thali MJ, Flach PM. Coin in stomach. Visual note. *Journal of Forensic Radiology and Imaging* 2014; 2: 40 Ruder TD, Ampanozi G. Can cross-sectional imaging as an adjunct and/or alternative to the invasive autopsy be implemented with the NHS. *J Forensic Radiol Imaging* 2013; 1: 28–9.
90. Ruder TD, Thali Y, Bolliger SA et al. Material differentiation in forensic radiology with single-source dual-energy computed tomography. *Forensic Sci Med Pathol* 2013; 9: 163–9. DOI: 10.1007/s12024-012-9398-y
91. Ruder TD, Thali Y, Schindera ST et al. How reliable are Hounsfield-unit measurements in forensic radiology. *Forensic Sci Int* 2012; 220: 219–23.
92. Bolliger SA, Oesterhelweg L, Spendlove D et al. Is Differentiation of Frequently Encountered Foreign Bodies in Corpses Possible by Hounsfield Density Measurement? *Forensic Sci* 2009; 54 (5). DOI: 10.1111/j.1556-4029.2009.01100.x
93. Goldman LW. Principles of CT and CT technology. *J Nucl Med Technol* 2007; 35: 115–28.
94. Ablett M, Kusumawudjaja D. Appearance of wooden foreign body on CT scan. *Emerg Med* 2009; 26: 680.
95. Tschui J, Jackowski C, Schwendener N et al. Post-mortem CT and MR brain imaging of putrefied corpses. *Int J Legal Med* 2016 May 25.
96. Bolliger SA, Thali MJ. Decomposition. In *The Virtual autopsy approach: 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine* (eds M.Thali, R.Dirrhofer, P.Vock). Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis, 2010.
97. Yen K, Sonnenschein M, Thali MJ et al. Postmortem multislice computed tomography and magnetic resonance imaging of odontoid fractures, atlantoaxial distractions and ascending medullary edema. *Int J Legal Med* 2005; 119: 129–36.
98. Gebhart FTF, Brogdon BG, Zech W et al. Gas at post mortem computed tomography – an evaluation of 73 non-putrefied trauma and non-trauma cases. *Forensic Sci Int* 2012; 222: 162–9.
99. Aghayev E, Yen K, Sonnenschein M et al. Pneumomediastinum and soft tissue emphysema of the neck in postmortem CT and MRI; a new vital sign in hanging? *Forensic Sci Int*. 2005; 153 (2–3): 181–8.
100. Fryer EP, Traill ZC, Benamore RE, Roberts IS. High risk medicolegal autopsies: is a full postmortem examination necessary? *J Clin Pathol* 2013; 66: 1–7.
101. Cha JG, Kim DH, Kim DH et al. Utility of postmortem autopsy via whole-body imaging: initial observations comparing MSCT and 3.0T MRI findings with autopsy findings. *Korean J Radiol* 2010; 11: 395–406. DOI: 10.3348/kjr.2010.11.4.395
102. Ross S, Ebner L, Flach P et al. Postmortem whole-body MRI in traumatic causes of death. *AJR Am J Roentgenol* 2012; 199: 1186–92. DOI: 10.2214/AJR.12.8767
103. Ros PR, Li KC, Vo P et al. Preautopsy magnetic resonance imaging: initial experience. *Magn Reson Imaging* 1990; 8: 303–8.
104. Ruder TD, Hatch GM, Siegenthaler L et al. The influence of body temperature on image contrast in post mortem MRI. *Eur J Radiol* 2012; 81: 1366–70. DOI: 10.1016/j.ejrad.2011.02.062
105. Adolphi N, Gerrard Ch, Hatch G et al. Determining the temperature-dependence of tissue relaxation times (T1 and T2) for prospective optimization of post-mortem magnetic resonance (PMRM) image contrast. *J Forensic Radiol Imaging* 2013; 1: 80.
106. Expert Panel on MR Safety, Kanal E, Barkovich AJ, Bell C et al. ACR guidance document on MR safe practices: 2013. *J Magn Reson Imaging* 2013; 37: 501–30. DOI: 10.1002/jmri.24011

107. Ruder TD, Ebert LC, Khattab AA et al. Edema is a sign of early acute myocardial infarction on post-mortem magnetic resonance imaging. *Forensic Sci Med Pathol* 2013; 9: 501–5. DOI: 10.1007/s12024-013-9459-x
108. Mirakhur A, Anca N, Mikami Y, Merchant N. T2-weighted imaging of the heart – a pictorial review. *Eur J Radiol* 2013; 82: 1755–62. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.06.005
109. Buck U, Christe A, Naether S et al. Virtopsy – noninvasive detection of occult bone lesions in postmortem MRI: additional information for traffic accident reconstruction. *Int J Legal Med* 2009; 123: 221–6. DOI: 10.1007/s00414-008-0296-5
110. Лучевая диагностика заболеваний костей и суставов. Национальное руководство. Под ред. А.К.Морозова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016; с. 98–100. / *Luchevaia diagnostika zaboolevanii kostei i sustavov. Nacional'noe rukovodstvo. Pod red. A.K.Morozova. M.: GEOTAR-Media, 2016; s. 98–100. [in Russian]*
111. Scheurer E, Lovblad KO, Kreis R et al. Forensic application of postmortem diffusion-weighted and diffusion tensor MR imaging of the human brain in situ. *AJNR Am J Neuroradiol* 2011; 32: 1518–24. DOI: 10.3174/ajnr.A2508
112. Кумар В., Аббас А.К., Фаусто Н., Астер Дж.К. Основы патологии заболеваний по Роббинсу и Котрану. Т. 2, М.: Логосфера, 2016; с. 625–9. / *Kumar V., Abbas A.K., Fausto N., Aster Dzh.K. Osnovy patologii zaboolevanii po Robbinsu i Kotranu. T. 2. M.: Logosfera, 2016; s. 625–9. [in Russian]*
113. Jackowski C, Wartjes MJ, Berge J et al. Magnetic resonance imaging goes postmortem: noninvasive detection and assessment of myocardial infarction by postmortem MRI. *Eur Radiol* 2011; 21: 70–8. DOI: 10.1007/s00330-010-1884-6
114. Jackowski C, Hofmann K, Schwendener N et al. Coronary thrombus and peracute myocardial infarction visualized by unenhanced postmortem MRI prior to autopsy. *Forensic Sci Int* 2012; 214: e16–9. DOI: 10.1016/j.forsciint.2011.07.010
115. Jackowski C, Schwendener N, Grabherr S, Persson A. Postmortem cardiac 3T magnetic resonance imaging: visualizing the sudden cardiac death? *J Am Coll Cardiol* 2013; 62: 617–29.
116. Christine C, Francesco D, Paul V et al. Postmortem computed tomography angiography vs. conventional autopsy: advantages and inconveniences of each method. *Int J Legal Med* 2013; 127: 981–9. DOI: 10.1007/s00414-012-0814-3
117. Ruder TD, Hatch GM, Ebert LC et al. Whole body postmortem magnetic resonance angiography. *J Forensic Sci* 2012; 57: 778–2. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2011.02037.x
118. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Лучевая визуализация неспецифических посмертных изменений сердечно-сосудистой системы. Судебно-медицинская экспертиза. 2016; 5: 59–63. / *Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Radiation diagnosis of nonspecific post-mortem changes in the cardiovascular system. Sudebno-medicinskaja jekspertiza. 2016; 5: 59–63. [in Russian]*
119. Ruder TD, Stolzmann P, Thali YA et al. Estimation of heart weight by post-mortem cardiac magnetic resonance imaging. *J Forensic Radiol Imaging* 2013; 1: 15–8.
120. Michaud K, Grabherr S, Jackowski C et al. Postmortem imaging of sudden cardiac death. *Int J Legal Med Jan* 2013. Epub ahead of print. DOI: 10.1007/s00414-013-0819-6
121. Puranik R, Gray B, Lackey H et al. Comparison of conventional autopsy and magnetic resonance imaging in determining the cause of sudden death in the young. *J Cardiovasc Magn Reson* 2014; 16: 44. DOI: 10.1186/1532-429X-16-44
122. Offiah CE, Dean J. Post-mortem CT and MRI: appropriate post-mortem imaging appearances and changes related to cardiopulmonary resuscitation. *Br J Radiol* 2016; 89 (1058): 20150851. DOI: 10.1259/bjr.20150851
123. Kluschke F, Ross S, Flach PM et al. To see or not to see – ambiguous findings on post-mortem cross-sectional imaging in a case of ruptured abdominal aortic aneurysm. *Leg Med (Tokyo)* 2013; 15: 256–9. DOI: 10.1016/j.legalmed.2013.03.001
124. Filograna L, Hatch G, Ruder T et al. The role of post-mortem imaging in a case of sudden death due to ascending aorta aneurysm rupture. *Forensic Sci Int* 2013; 228: e76–80. DOI: 10.1016/j.forsciint.2013.01.039
125. Schwendener N, Mund M, Jackowski C. Type II De Bakey dissection with complete aortic rupture visualized by unenhanced postmortem imaging. *Forensic Sci Int* 2013; 225: 67–70. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.09.002
126. Jackowski C, Grabherr S, Schwendener N. Pulmonary thromboembolism as cause of death on unenhanced postmortem 3T MRI. *Eur Radiol* 2013; 23: 1266–70. DOI: 10.1007/s00330-012-2728-3
127. Aghayev E, Thali MJ, Sonnenschein M et al. Fatal steamer accident; blunt force injuries and drowning in post-mortem MSCT and MRI. *Forensic Sci Int* 2005; 152: 65–71. DOI: 10.1016/j.forsciint.2005.02.034
128. Aghayev E, Jackowski C, Thali MJ et al. Heart luxation and myocardium rupture in post-mortem multislice computed tomography and magnetic resonance imaging. *Am J Forensic Med Pathol* 2008; 29: 86–8. DOI: 10.1097/PAF.0b013e318165c0d8
129. Christe A, Oesterhelweg L, Ross S et al. Can MRI of the neck compete with clinical findings in assessing danger to life for survivors of manual strangulation? A statistical analysis. *Leg Med (Tokyo)* 2010; 12: 228–32. DOI: 10.1016/j.legalmed.2010.05.004
130. Yen K, Thali MJ, Aghayev E et al. Strangulation signs: initial correlation of MRI, MSCT, and forensic neck findings. *J Magn Reson Imaging* 2005; 22: 501–10. DOI: 10.1002/jmri.20396
131. Arthurs OJ, Guy A, Thayil S et al. Comparison of diagnostic performance for perinatal and paediatric post-mortem imaging: CT versus MRI. *Eur Radiol* 2016; 26 (7): 2327–36. DOI: 10.1007/s00330-015-4057-9. Epub 2015 Oct 21
132. Thayil S, Sebire NJ, Chitty LS et al. Post-mortem MRI versus conventional autopsy in fetuses and children: a prospective validation study. *Lancet* 2013; 382: 223–33.
133. Thayil S, Sebire NJ, Chitty LS et al. Post mortem magnetic resonance imaging in the fetus, infant and child: a comparative study with conventional autopsy (MaRIAS Protocol). *BMC Pediatr* 2011; 11: 120.
134. Blokker BM, Wagenveld IM, Weustink AC et al. Non-invasive or minimally invasive autopsy compared to conventional autopsy of suspected natural deaths in adults: a systematic review. *Eur Radiol* 2016; 26: 1159–79. DOI: 10.1007/s00330-015-3908-8

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ковалев Андрей Валентинович – д-р мед. наук, дир. ФГБУ РЦСМЭ, гл. внештатный специалист по судебно-медицинской экспертизе Минздрава России. E-mail: mail@rc-sme.ru

Кинле Александр Федорович – канд. мед. наук, проф., зав. каф. судебной медицины ФГБОУ ДПО РМАНПО. E-mail: kinle-alexandr@mail.ru

Коков Леонид Сергеевич – чл.-кор. РАН, проф., рук. отд-ния рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ НИИ СП им. Н.В.Склифосовского, зав. каф. лучевой диагностики ИПО ФГБОУ ВО Первый МГМУ им. И.М.Сеченова. E-mail: lskokov@mail.ru

Синицын Валентин Евгеньевич – д-р мед. наук, проф., рук. Центра лучевой диагностики ФГАУ ЛРЦ, рук. курса лучевой диагностики ФФМ ФГБОУ ВО МГУ им. М.В.Ломоносова. E-mail: vsini@mail.ru

Фетисов Вадим Анатольевич – д-р мед. наук, зав. научно-организационным отд. ФГБУ РЦСМЭ

Филимонов Борис Александрович – канд. мед. наук, сотр. каф. судебной медицины ФГБОУ ДПО РМАНПО, гл. ред. журнала «Consilium Medicum». E-mail: filimonov@hmp.ru