

Что должен знать клинический рентгенолог об особенностях компьютерной томографии трупа?

С.Э.Дуброва^{✉1}, Б.А.Филимонов²

¹ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф.Владимирского. 129110, Россия, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2;

²ООО «Объединенная редакция». 123592, Россия, Москва, ул. Кулакова, д.20, стр. 1А

✉dubrovamoniki@rambler.ru

В обзоре проанализированы исследования по проблеме посмертной компьютерной томографии (КТ) в судебно-медицинской экспертизе трупа. Основная цель обзора – показать клиническим рентгенологам особенности КТ трупа. При подготовке обзора были использованы основные интернет-ресурсы: научная электронная библиотека (Elibrary), SciVerse (ScienceDirect), Scopus, PubMed и Discover. В обзор включены статьи, в которых обсуждались особенности посмертной КТ, важные для понимания проблемы клиническими рентгенологами, не сталкивающимися в своей повседневной деятельности с посмертной визуализацией. Ранние и поздние трупные изменения, такие как очоление, аутолиз, гнилостные и другие посмертные процессы, в значительной степени меняют «норму» при КТ-визуализации. Рентгенологи при интерпретации КТ-изображений трупа должны учитывать наиболее часто встречающиеся артефакты, к которым приводят: посмертные свертки крови в полостях сердца и крупных сосудах, аспирация содержимого желудка в воздухоносные пути, эзофаго- и гастромалация, трупные гипостазы во внутренних органах, нарушение дифференцировки между серым и белым веществом головного мозга, гнилостные газы в сосудах, органах и тканях и многие другие. Посмертная визуализация требует специальной подготовки рентгенологов по судебной медицине и имеет особенности лучевой картины, свойственные только трупу. При отсутствии специальных знаний даже очень опытные и грамотные клинические рентгенологи могут допустить серьезные диагностические ошибки при интерпретации посмертных КТ-изображений.

Ключевые слова: посмертная визуализация, компьютерная томография трупа.

Для цитирования: Дуброва С.Э., Филимонов Б.А. Что должен знать клинический рентгенолог об особенностях компьютерной томографии трупа? Consilium Medicum. 2016; 18 (13): 38–47.

Review and Technical note

Postmortem computed tomography and its features: what should clinical radiologists know?

S.E.Dubrova^{✉1}, B.A.Filimonov²

¹M.F.Vladimirskiy Moscow Regional Research Clinical Institute. 129110, Russian Federation, Moscow, ul. Shchepkina, d. 61/2;

²Publishing house "Ob'edinyonnaya redaktsia". 123592, Russian Federation, Moscow, ul. Kulakova, d. 20, str. 1A

✉dubrovamoniki@rambler.ru

Abstract

The data on postmortem CT in forensic-medical examination is analyzed in the current review, with the main reason of showing the clinical radiologists all the features of postmortem CT and main internet resources used in preparation of the review being: scientific electronic library (Elibrary), SciVerse (ScienceDirect), Scopus, PubMed and Discovery. The articles discussing the features of postmortem CT, important for those professionals who seldom face the postmortem visualisation in their daily work, are also included. The earlier and later postmortem changes, such as rigor mortis, autolysis, septic and other postmortem processes that change the normal perceptions in CT visualization significantly. While interpreting the postmortem CT images, radiologists should take into consideration the most frequent artefacts, taking place due to the postmortem blood clots in the heart cavities and big arteries, aspiration of the stomach contents into the airways, esophago- and gastromalacia, cadaveric hypostases in internal organs, violation of the differentiation between grey and white brain matter, putrid gases in the blood vessels, organs and tissues and many other features. Postmortem visualization requires the special training for radiologists in forensic medicine and has the features of the radial imaging intrinsic only for corpses. When lacking the special knowledge, even the most experienced and clinically competent radiologists can make serious diagnostic mistakes interpreting the postmortem CT images.

Key words: postmortem visualization, postmortem computed tomography.

For citation: Dubrova S.E., Filimonov B.A. Postmortem computed tomography and its features: what should clinical radiologists know? Consilium Medicum. 2016; 18 (13): 38–47.

Актуальность проблемы

За последнее десятилетие опубликовано много интересных данных как по компьютерной томографии (КТ), так и по магнитно-резонансной томографии (МРТ), посвященных посмертной визуализации. За этот короткий период времени многие судебно-медицинские центры установили тесные рабочие отношения с клиническими рентгенологами, которые в свободное от исследования живых пациентов время (поздние вечерние и ночные часы) начали проводить визуализацию трупов. В процессе наработки материала стало очевидно, что посмертная визуализация тре-

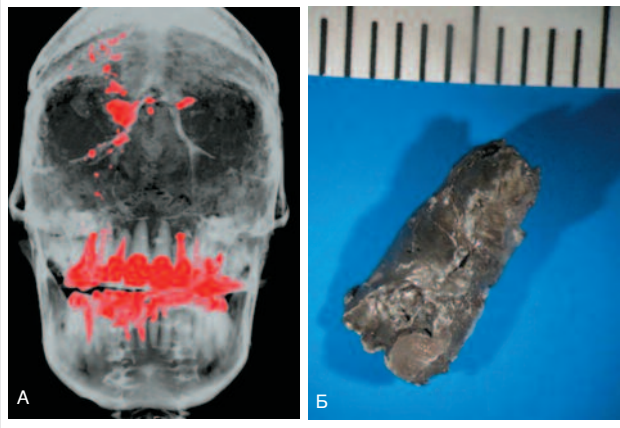
бует специальной подготовки рентгенологов по судебной медицине и имеет особенности лучевой картины [1–3]. Более того, появилась необходимость в новой дисциплине на стыке специальностей – судебно-медицинской рентгенологии [4–6].

Клиническая и посмертная рентгенология имеет значительные отличия по многим аспектам [7, 8]. Во-первых, величина лучевой нагрузки не имеет значения в посмертной визуализации. Для получения оптимального качества изображения можно не задумываться о параметрах и количествах повторного сканирования. Во-вторых, отсут-

Рис. 1. Падение с высоты. КТ шейного и верхнего грудного отделов позвоночника. Костное окно. Реконструкция – многоплоскостная реформация в сагиттальной плоскости. Сгибательно-дистракционное повреждение позвоночника на уровне I и II грудного позвонка (перелом G.Chance). Полный разрыв связочного аппарата и костных элементов в среднем и заднем позвоночных столбах. Разрыв фиброзного кольца. Звездочкой отмечен разрыв спинного мозга на уровне перелома. Тонкими стрелками указан газ в позвоночном канале и полости черепа [22].



Рис. 2. Огнестрельное ранение в голову. А – КТ головы. Проекция максимальной интенсивности с 3D-моделированием. Инородные тела высокой КТ-плотности (осколки снаряда и зубные протезы) окрашены розовым цветом. Б – удаленный во время вскрытия трупа основной осколок ранящего снаряда (пули) [23].



ствуют артефакты от движения и сердцебиения, которые влияют на качество полученного изображения. Отрицательным моментом, вызывающим трудности диагностики, является наличие посмертных артефактов, которые возникают в результате остановки кровообращения у трупа, таких как: посмертные гипостатические скопления крови в нижележащих отделах внутренних органов (изменения аналогичные трупным пятнам); седиментация крови (разделение крови на жидкий и клеточный компоненты в сосудах и полостях сердца); свертки крови в полостях сердца и крупных сосудах. Посмертные артефакты могут мешать интерпретации изображений или имитировать патологию. Также существенно отличаются показания для визуализации в судебной и клинической медицине [9]. В клинической рентгенологии метод визуализации направлен на подтверждение или исключение конкретной патологии в определенной анатомической области. Например, боль за

грудиной является показанием для обследования органов грудной клетки. То есть клинические протоколы исследования направлены на специфическую диагностику патологического процесса конкретной локализации, с проведением последующего лечения. Целью визуализации в судебно-медицинской экспертизе (СМЭ) трупа является обнаружение изменений, которые могли стать причиной смерти, а также определение ее механизма. Принцип посмертной визуализации чем-то напоминает оценку изменений при сочетанной травме в неотложной рентгенологии, когда рентгенолог должен обнаружить все основные повреждения, особенно угрожающие жизни [10–13].

Рентгенологи при исследовании трупа встречаются со специфическими, абсолютно не свойственными для клинической рентгенологии задачами, такими как: идентификация трупа, воспроизведение обстоятельств происшествия, характеристики раневых каналов, выявление и количественная оценка газовой эмболии, характеристика инородных тел и их возможное происхождение и многие другие [14].

Еще одна специфическая особенность посмертной визуализации: рентгенолог должен предоставить качественные, подробные и понятные изображения сотрудникам правоохранительных органов, которые не являются врачами. Данные изображения могут фигурировать в суде, поэтому они должны быть выполнены с технически безупречным качеством, которое позволило бы ответить судебно-медицинскому эксперту на вопросы судей, прокуроров и адвокатов. Также протоколы посмертного сканирования должны быть стандартизированы и воспроизводимы, чтобы быть доказательством в суде.

Таким образом, технический протокол исследования и описания трупа для судебно-медицинской визуализации должен быть максимально подробным в отличие от клинических протоколов, в которых детализированная информация часто является лишней.

Посмертная КТ в обязательном порядке включает исследование конечностей и, в отличие от клинической рентгенологии, выполняется чаще всего без контраста. Посмертное контрастирование сосудистой системы и органов трупа возможно с помощью специальной помпы, работающей по принципу аппарата искусственного кровообращения, с нагнетением в сосудистую систему специальных растворов [15, 16]. Описана и процедура КТ-ангиографии паренхиматозных органов, которая может существенно помочь в судебно-медицинской диагностике. Однако в настоящее время нет достаточного количества исследований с высоким уровнем доказательности по посмертной КТ-ангиографии, чтобы сформулировать к ней четкие показания и противопоказания [17, 18].

Таким образом, несмотря на то что КТ-ангиография трупа имеет важную диагностическую ценность для судебно-медицинской визуализации, ее выполнение технически сложно, дорого, занимает много времени и имеет ограниченное применение.

В этой статье мы познакомим клинических рентгенологов с основными принципами посмертной КТ, протоколами исследования и наиболее часто встречающимися артефактами посмертной визуализации.

КТ в качестве предсекционного метода диагностики

Первичная нативная КТ трупа не может заменить полноценной СМЭ, но способна в случаях скоропостижной смерти быть методом скрининга и оказать помощь СМЭ с целью выявления скрытых внутренних повреждений [4, 19].

Чем может помочь КТ в качестве досекционного метода диагностики в случаях насильственной смерти [20, 21]:

1) предварительно ориентирует о находках, которые могут встретиться при внутреннем исследовании трупа, к примеру, таких как туберкулез легких и другие опасные инфекции;

Рис. 3. Тупая травма груди. Посмертная нативная (бесконтрастная) КТ грудной клетки. Напряженный левосторонний пневмоторакс (указан буквой «Р») со значительным смещением органов средостения вправо [24].



Рис. 4. Посмертное КТ головы. Сквозное огнестрельное ранение. Возможны визуализация раневого канала (указан белыми линиями), а также определение входного и выходного огнестрельного отверстия. Раневой канал заполнен кровью и костными осколками. Входное отверстие в лобной кости, выходное в левой теменной (ограничено черными линиями). Пневмоцефалия указана белым крестом [25].



- 2) дает возможность быстро и неинвазивно оценить традиционно сложные для секционного исследования или затратные по времени анатомические области трупа: лицевой череп, краниовертебральное сочленение, плечевой пояс, конечности (в том числе кисти и стопы), таз, позвоночник (рис. 1) [22];
- 3) позволяет выявить рентгеноконтрастные инородные тела: фрагменты пульь [23], снарядов, взрывных устройств, с определением их количества, локализации, размеров, возможного материала (рис. 2); инородные тела в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) и дыхательных путях; медицинские импланты;
- 4) визуализирует и количественно оценивает газовую эмболию; пневмоторакс (рис. 3), эмфизему мягких тканей [24], пневмоцефалию и другие скопления газа;
- 5) в случаях идентификации личности КТ дает лучшую по сравнению со стандартной рентгенографией возможность исследовать лицевой скелет и зубочелюстную си-

Рис. 5. Тупая травма груди. Трехмерная реконструкция костей туловища (грудина и передние части ребер удалены с помощью «виртуального ножа»). Перелом VIII–X грудного позвонка (указано толстой стрелкой). Множественные переломы ребер (тонкая стрелка). Передний вывих правого плеча (пунктирная стрелка) [26].

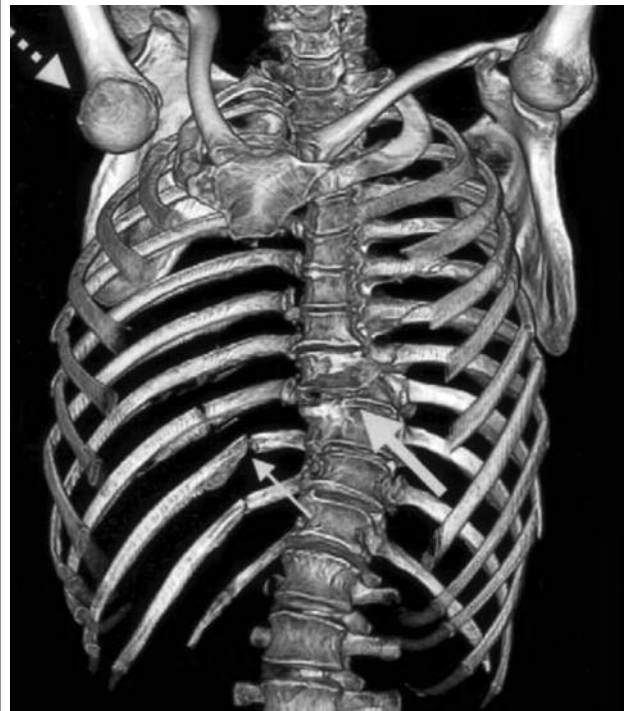
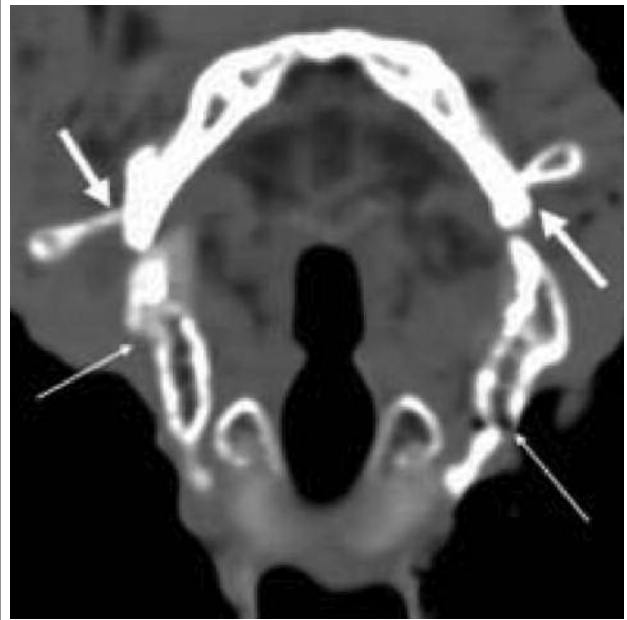


Рис. 6. КТ гортани. Многоплоскостная реформация. Переломы больших рогов подъязычной кости с двух сторон (толстые стрелки) и пластинок щитовидного хряща (тонкие стрелки) [27].



- стему, в том числе по зубным имплантам и протезам (см. рис. 2), определить пол, возраст, рост – с помощью исследования трубчатых костей скелета;
- 6) позволяет визуализировать раневые каналы при повреждениях острыми орудиями и при огнестрельной травме (рис. 4) – протяженность, направление и другие характеристики благодаря 2D- и 3D-реконструкциям [23, 25];
- 7) помогает определить повреждения костей при травме тупыми твердыми предметами (рис. 5), в том числе направление и количество травматических воздействий и другие характеристики [26];

Основной протокол мультиспирального КТ-исследования трупа	
Подготовка: выполняется в герметичных мешках, в положении на спине, руки вдоль тела	
Исследование: нативное (бесконтрастное)	
Режим сканирования: непрерывный спиральный	
Топограмма: фронтальная и латеральная. Диапазон – все тело, от макушки до больших пальцев стоп	
Параметры: kV 120, mAs 30	
Параметры сканирования	
Диапазон исследования: все тело (от макушки до больших пальцев стоп, с максимальным захватом объема мягких тканей)	
Толщина среза сканирования	3 мм
Толщина среза реконструкции	1 мм
kV	120
mAs	85
Инкремент	0,45
Коллимация	128×0,625
Питч	0,993
Скорость ротации трубки	0,5 с
Матрица	512×512
Поле изображения (FOV)	350
Просмотр изображения (режим)	
Костный (ширина окна C1500-W3000)	
Мягкотканый (ширина окна C60-W400)	
Легочный (ширина окна C500-W1500)	
Постпроцессинговая обработка данных: построение мультипланарных (в сагиттальной и коронарной плоскостях) и трехмерных реконструкций, с цветным картированием металла, реконструкций максимальной и минимальной интенсивности	
Архивирование данных: система PACS	

8) визуализирует повреждения хрящей гортани и подъязычной кости при странгуляционной асфиксии (рис. 6).

Посмертная КТ: общие положения

КТ-сканер для целей судебно-медицинского исследования трупа должен иметь апертуру достаточно большого диаметра (более 78 см) для того, чтобы можно было исследовать увеличенные в объеме гнилостно измененные трупы, эксгумированные трупы в гробах, обугленные тела в позе боксера и т.д. [28, 29].

Труп сканируют в герметичном мешке, в положении на спине. Проводится нативная (бесконтрастная) КТ. На I этапе – всего трупа, руки вдоль тела, с большим полем изображения (FOV). На II этапе – исследование головы и шеи трупа с небольшим FOV и тонкими срезами. На III этапе – грудная клетка, брюшная полость и таз с поднятыми вверх руками. Отдельно, по показаниям, используются дентальный протокол и исследование гортани.

Режимы и параметры сканирования, такие как толщина среза, kV, mAs, инкремент, коллимация, питч, скорость ротации трубки, матрица, FOV, зависят от типа конкретного сканера. Просмотр изображений (режим) включает костный, мягкотканый и легочный. Постпроцессинговая обработка данных включает: построение множественных реконструкций прицельно для каждой области, как аксиальных, более тонкими срезами, так и мультипланарных (в сагиттальной и коронарной плоскостях) и трехмерных, с цветным картированием металла, реконструкций максимальной и минимальной интенсивности. Архивирование данных: система PACS (см. таблицу).

Сначала выполняется сканирование всего трупа – от макушки до пальцев стоп, без изменения положения тела.

Рис. 7. Падение с большой высоты. КТ. Объемный рендеринг. А – первичное КТ-сканирование трупа производится в одежде. Также оставлено снаряжение альпиниста. Б – с помощью компьютерных программ можно удалить мягкие ткани трупа и визуализировать скелет [30].



При первичном сканировании должны остаться нетронутыми все предметы, доставленные с трупом, в том числе медицинские и иные инородные тела (рис. 7).

С целью улучшения качества визуализации органов грудной клетки и верхних отделов живота выполняют повторное сканирование этих анатомических областей с поднятыми вверх руками (если это возможно технически).

Для этого нужно расстегнуть мешок в котором находится труп, разрушить трупное окаменение, поднять руки вверх и закрепить их над головой трупа с помощью клейкой ленты. Эта манипуляция неприменима к трупам в стадии гнилостного разложения из-за отслойки мягких тканей и возможного загрязнения сканера; у обугленных и замерзших трупов; при повреждениях костей верхних конечностей. Не следует проводить сканирование с поднятыми руками в случае огнестрельных и иных повреждений, когда раневой канал проходит через верхние конечности.

Для прицельного исследования зоны голова–шея по возможности голову следует поместить в ортогональное (перпендикулярное плоскости сканирования) положение. В дальнейшем это облегчит реконструкцию изображений головы и позволит избежать диагностических ошибок, в том числе подвывиха II шейного позвонка. Безусловно, возможность правильной укладки головы зависит от позы трупа и его степени окаменения [8, 29, 31, 32].

В случае эксгумации тело сначала сканируют в гробу (при условии, что он соответствует размеру апертуры КТ) для того, чтобы исключить смещения частей тела после извлечения из гроба, только затем труп извлекают из гроба и сканируют повторно [8].

Артефакты, характерные для КТ-исследования трупов

При КТ трупа встречаются как специфические посмертные артефакты, так и технические, те же, что и в клинической рентгенологии, причиной которых являются методо-



логические, математические ошибки и погрешности сканера (рис. 8).

К техническим артефактам, связанным с КТ-обработкой данных, относятся: артефакты от металла, использование «жестких» рентгеновских лучей, артефакт рассеивания, ступенчатый эффект, «шумное» изображение и др. К артефактам, связанным с оборудованием, приводят: сканирование вне «поля изображения» (частичный объем исследования), неправильное функционирование части детектора, кольца и полосы на изображении и др. [33].

В связи со спецификой КТ-исследования трупов в судебной медицине рентгенологи чаще всего сталкиваются с артефактами от металла, которые проявляются на изображении в виде грубых полос или звезды. Меньшее количество артефактов наблюдают от инородных тел из титана и «хирургической» стали, большее – от пулей, осколков, отломков ножей, металлических фрагментов после дорожно-транспортных происшествий. Наиболее выраженные артефакты создают золотые коронки, зубные пломбы из амальгамы, брекеты [32].

Специфические (посмертные) артефакты мало знакомы клиническим рентгенологам. Это артефакты, связанные с положением трупа; артефакты рассеивания (proton starvation), проявляющиеся в виде полос в одном из направлений, чаще всего возникают на уровне плеч трупов (в случаях, когда руки приведены к телу) [34].

Для посмертной КТ также характерны артефакты от сканирования вне «поля изображения», которые возникают в связи с тем, что объект выходит за пределы выбранного «поля изображения» в результате соприкосновения с гентри (рис. 9).

Симуляция ротационного «подвывиха» C_{II} позвонка – очень частая находка при КТ. Причина артефакта – посмертная ротация головы, что является нормой при по-



смертной КТ [35]. В данном случае важно обратить внимание на расположение зубовидного отростка относительно боковых масс C_I (рис. 10).

Рентгенологи, которые задействованы в исследовании трупа, должны быть готовы к правильной интерпретации многих «нормальных» для трупа находок, которые могут симулировать патологию либо, напротив, скрывать ее [7].

Многие посмертные изменения, которые очень часто встречаются при судебно-медицинском исследовании трупа, не визуализируются при КТ. К ним относятся: изменения окраски мягких тканей – кровоподтеки, кровоизлия-

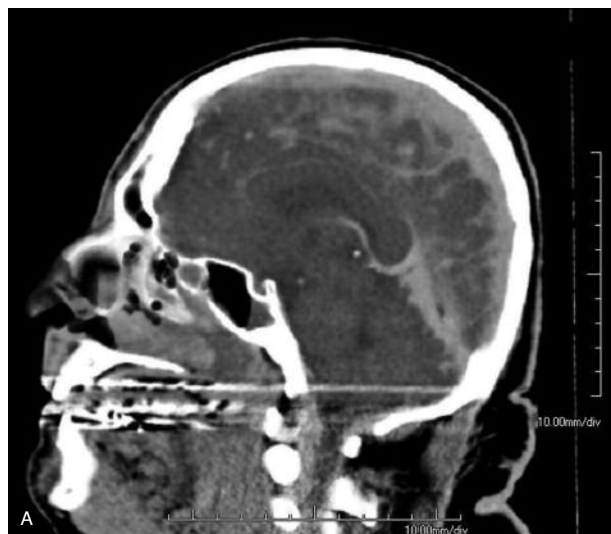
Рис. 13. Феномен «псевдосубрахноидального кровоизлияния» при КТ. А – КТ головы трупа молодого человека, умершего от передозировки героина, и макропрепарат головного мозга. Б – при аутопсии оболочечного кровоизлияния не выявлено [47].



ния, трупные пятна, изменения окраски слизистых оболочек; поверхностные повреждения кожи, а также повреждения, нанесенные трупной флорой и фауной [36].

Однако многие трупные изменения хорошо визуализируются при КТ и могут создать проблемы интерпретации и дифференциальной диагностики. К ним относятся изменения, связанные с периодом агонии – посмертные свертки крови, заброс содержимого желудка в трахеобронхиальное дерево; ранними трупными изменениями – явления аутолиза, трупные пятна и гипостазы; поздними трупными изменениями – гниение, мумификация, омыление и др.; повреждением трупа фауной и флорой. Используемый зарубежными коллегами термин «артефакт» в данном конкретном случае не совсем корректен, так как артефакт при рентгенологическом исследовании представлен изменениями, не связанными с особенностями исследуемого объекта. В случае посмертной визуализации под артефактами подразумевают реально существующие, связанные с трупными изменениями КТ-изображения.

Рис. 14. КТ головы трупа. Кровь в синусах твердой мозговой оболочки симулирует их тромбоз [48].

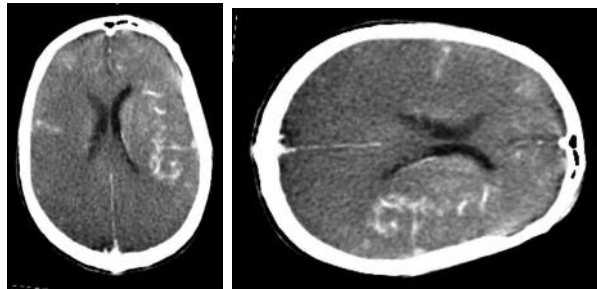


В настоящее время описаны все основные посмертные артефакты, которые могут иметь отношение к КТ-визуализации трупа в судебной медицине, тем не менее наработка материала и морфологически-рентгенологические сопоставления продолжают.

Клинические рентгенологи, которые могут быть привлечены для КТ-исследования трупа, должны представлять основные посмертные артефакты визуализации. К ним относятся:

- седиментация крови, которая представляет собой процесс оседания клеток крови в сыворотке под действием сил гравитации;
- наличие посмертных свертков крови в полостях сердца и крупных сосудах;
- посмертные гипостазы во внутренних органах трупа;
- уплотнение стенок аорты;
- расширение правых отделов сердца;
- посмертная аспирация содержимого желудка в воздухоносные пути;
- нарушение дифференциации между серым и белым веществом головного мозга;
- процессы, связанные с разложением трупа, – аутолитические процессы в желудке и тонкой кишке с развитием га-

Рис. 15. Посмертная КТ головы и груди. Трупные гипостазы в головном мозге и легких симулируют патологию. Для правильной интерпретации изображений (А, Б) рентгенологу необходимо знать, что труп длительное время лежал на диване на левом боку, а его голова свешивалась вниз. Посмотрев на КТ-изображения с учетом этого факта, многое становится понятным (В, Г) [34].

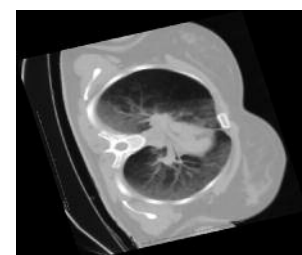


А – гипостатическое скопление крови в головном мозге, более выраженное в области височной доли левого полушария.

В – интерпретация результатов КТ с учетом позы трупа. Трупные гипостазы – «норма» для посмертной КТ.



Б – гипостатическое скопление крови в легких, симулируют патологию, если не учитывать то, что труп лежал на левом боку.



Г – интерпретация результатов КТ с учетом позы трупа. Трупные гипостазы симулируют кровоизлияние.

стромалиции, гнилостные газы в сосудах, органах и тканях, наличие личинок насекомых и др. [37–41]. Остановимся более подробно на наиболее часто встречающихся артефактах.

Посмертная регургитация и аспирация содержимого верхних отделов ЖКТ в воздухоносные пути. Содержимое верхних отделов ЖКТ попадает в трахеобронхиальное дерево во время регургитации или рвоты в агональном периоде, поэтому визуализация жидкости в трахее и бронхах трупа может быть «нормой» (рис. 11). В некоторых случаях (до 20–25%) жидкость с частицами пищи визуализируется вплоть до разветвления крупных бронхов [42].

Посмертные свертки и седиментация крови. При быстром наступлении смерти в полостях сердца и крупных сосудах обнаруживают жидкую кровь с небольшим количеством свертков. Напротив, при длительном агональном периоде в сердечно-сосудистой системе трупа образуется большое количество посмертных свертков крови [43]. Посмертные свертки при КТ трупа сложно, а иногда невозможно дифференцировать с тромбами [44].

В результате остановки кровообращения в крупных сосудах и полостях сердца трупа начинается процесс оседания (седиментации) эритроцитов и других форменных элементов крови (рис. 12), что может привести к артефактам при КТ, создавая уровень «жидкость–форменные элементы» [45, 46].

Из-за эффекта седиментации крови и образования свертков в церебральных сосудах и синусах твердой мозговой оболочки возможна гипердиагностика как субарахноидального кровоизлияния (рис. 13), так и тромбоза синусов (рис. 14) [47, 48].

Трупные пятна и гипостазы. После остановки сердца кровь перемещается в нижележащие сосуды под действием силы гравитации. По аналогии с трупными пятнами во внутренних органах (особенно в легких и головном

Рис. 16. КТ легких трупа в норме: А – без искусственной вентиляции; Б – искусственная вентиляция при давлении 20 мБар; В – давление 40 мБар. После раздувания объем легких увеличивается, повышается воздушность легочной ткани, уменьшаются размеры средостения [52].



Рис. 17. КТ легких трупа при аспирации: А – без искусственной вентиляции, 0 мБар; Б – вентиляционное давление 20 мБар; В – вентиляционное давление 40 мБар. В данном случае можно говорить о патологии, поскольку участки уплотнения остаются и на раздутом легком [52].

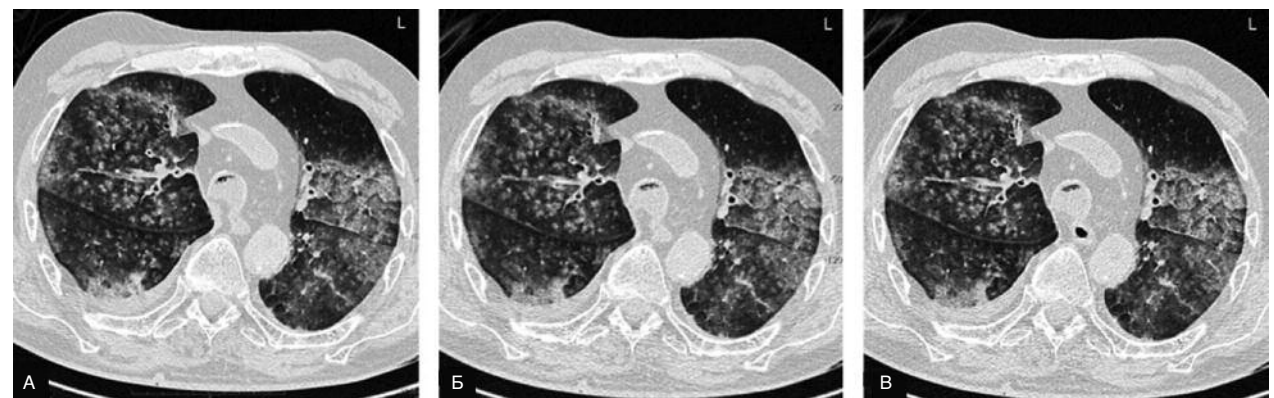
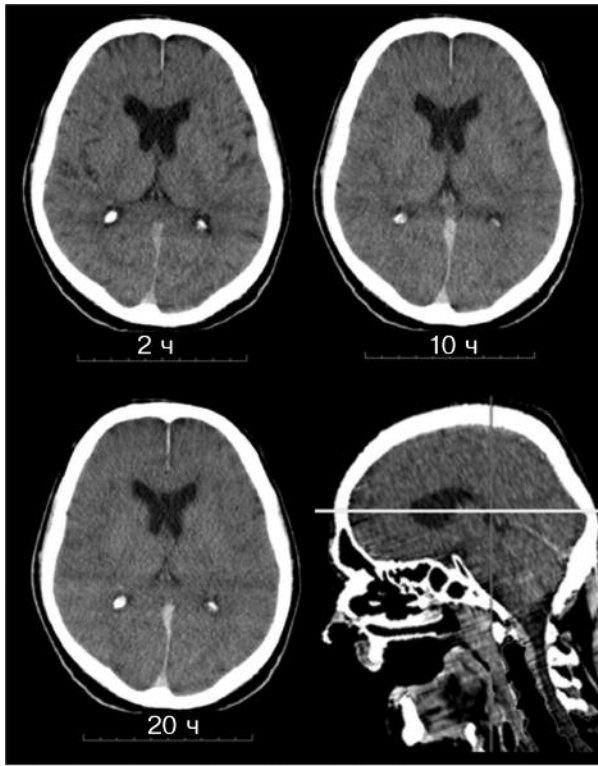


Рис. 18. Динамика изменений головного мозга по данным КТ. Исследован один и тот же труп в течение 24 ч после наступления смерти. Показаны изменения дифференцировки между серым и белым веществом головного мозга через 2, 10 и 20 ч после смерти [54].



мозге) образуются натечки крови – гипостазы, выраженность которых зависит от многих факторов – температуры окружающей среды, вида смерти, скорости аутолиза, возраста и массы трупа. Посмертные гипостазы во внутренних органах приходится дифференцировать с пневмонией, отеком легких, внутримозговыми кровоизлияниями и т.д. [40]. Рентгенолог должен помнить, что кровь у трупа перемещается в нижележащие отделы с учетом его положения и позы. Если неизвестно положение, в котором обнаружен труп, возможны диагностические ошибки (рис. 15).

При посмертной КТ легких гипостазы выглядят как области «матового стекла» в дорсальных отделах легких с демаркационной линией, что может имитировать наличие уровня «воздух–жидкость», пневмонию, ушиб легкого и т.д. [49]. Если КТ выполняется в течение первых 2 ч после смерти, артефакты от трупных гипостазов выражены незначительно, что может служить дополнительным критерием в дифференциальной диагностике [50, 51].

Проблемы в посмертной оценке КТ связаны не только с гипостазами, но и *со снижением воздушности ткани легких*. Характерный для КТ легких трупа эффект «матового стекла» в значительной степени затрудняет интерпретацию патологии, которую можно пропустить. С другой стороны, неопытные в посмертной визуализации рентгенологи склонны к гипердиагностике заболеваний легких. В связи с этим специалисты, занимающиеся посмертной визуализацией [52], предлагают дозированно раздувать легкие для лучшей интерпретации изображений с помощью аппарата для портативной искусственной вентиляции легких через интубационную трубку или ларингеальную маску (рис. 16). Если зоны консолидации и другие изменения в легочной ткани остаются после раздувания легких, то это говорит о патологии (рис. 17).

Уплотнение стенок аорты и расширение правых отделов сердца. При посмертной КТ достаточно часто визуализируется специфический артефакт – «уплотнение» стенок аорты и других крупных артерий (см. рис. 12).

Рис. 19. Свободный газ в брюшной полости в результате гастромалакции. А – КТ брюшной полости в аксиальной плоскости, проекция минимальной интенсивности. При КТ определяется воздух в брюшной полости (указан стрелкой). Б – тот же случай. Вскрытие трупа. Обнаружен участок гастромалакции на передней стенке желудка как результат аутолиза [57].

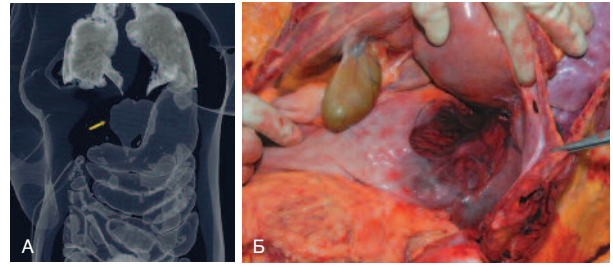
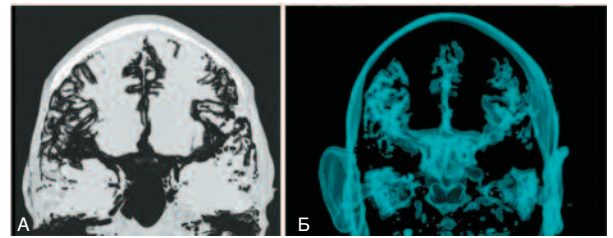


Рис. 20. Посмертная КТ трупа, выполненная через 4 ч после наступления смерти. Открытая проникающая травма органов грудной полости. Воздушная эмболия. А – КТ головного мозга. Проекция минимальной интенсивности. Газ в сосудах головного мозга. Б – трехмерная реконструкция того же изображения. Газ в сосудах головного мозга и воздухоносных структурах черепа окрашен в синий цвет [22].



возможные причины данного состояния: посмертное сокращение стенок артерий с уменьшением их просвета, отсутствие артефактов от пульсации, артефакты от седиментации крови [53]. Диффузное посмертное уплотнение стенок не следует путать с атеросклерозом артерий, для которого характерно неравномерное и более значительное повышение плотности с наличием кальциноза [41].

На посмертных КТ-изображениях часто обнаруживают расширение правого предсердия. Этот феномен связывают со скоплением крови в правых отделах сердца при разных типах умирания, за исключением кровопотери и иных видов гиповолемии. Посмертное расширение диаметра полых вен имеет ту же природу [7].

Нарушение дифференцировки между серым и белым веществом головного мозга. При КТ, проведенной сразу после смерти, как правило, головной мозг визуализируется с четкой границей между серым и белым веществом, однако может быть и нарушение дифференцировки, которое встречается тем чаще, чем позднее после смерти выполнено исследование (рис. 18). Стертость границ между серым и белым веществом затрудняет диагностику отека головного мозга при интоксикации, асфиксии и других состояниях, а также ишемического инсульта [54–56].

Посмертные гнилостные изменения. Посмертный аутолиз представляет собой разрушение тканевой без участия микроорганизмов под действием протеолитических ферментов, активирующихся после наступления смерти. Раньше других аутолизу подвергаются слизистая оболочка желудка и тонкой кишки, гепатобилиарная система, поджелудочная железа, надпочечники и головной мозг [43]. Слизистая оболочка ЖКТ после смерти может стать проницаемой для газа в результате аутолиза стенок пищевода и желудка (эзофаго- и гастромалакция) [57]. Газ из просвета ЖКТ попадает в брюшную полость, имитируя прободение полого органа (рис. 19).

В дифференциальной диагностике перфорации полого органа и последствиями посмертного аутолиза необходимо учитывать дополнительные критерии, такие как наличие интраперитонеальной жидкости, воспалительные изменения брыжейки кишки и др. [58].

В процессе разложения трупа образуются гнилостные газы, которые накапливаются в анатомических полостях тела, сосудистой системе, тканях и органах трупа, вызывая существенные изменения КТ-морфологии и имитируя прижизненные патологические процессы. Эти особенности должны быть распознаны и учтены рентгенологом при интерпретации результатов исследования. Если с момента смерти прошло не более суток, то скопление гнилостных газов в мягких тканях груди и шеи трупа приходится дифференцировать с эмфиземой мягких тканей в результате торакальной травмы. При скоплении гнилостных газов в грудной полости следует исключать пневмоторакс, а в случае наличия трупного газа в полостях сердца и крупных сосудах – газовую эмболию. Если КТ проводится в ближайшие часы после смерти, то газовая эмболия чаще всего является результатом обстоятельств смерти (рис. 20).

При явных гнилостных изменениях диагностика газовой эмболии крайне затруднительна либо невозможна. Попытаться дифференцировать посмертный газ от эмболии при КТ можно также, используя тот факт, что гнилостные газы распределяются в органах трупа более «диффузно», тогда как в случаях эмболии газ локализован в основном в сосудистой системе [59]. Воздушная эмболия может быть следствием реанимационных мероприятий, во время которых пузырьки газа из вен ретроградно попадают во внутренние органы, например в головной мозг и печень [60].

С. Jackowski и соавт. [39] предлагают к газовой эмболии относить только те случаи, при которых соблюдаются следующие условия: КТ проведена не позже 6 ч после смерти, реанимационные мероприятия и искусственная вентиляция легких не проводились. Отличительным признаком гнилостного процесса авторы считают наличие генерализованного газа в сосудах портальной системы печени, и/или в правых отделах сердца, и/или в брюшной стенке. При большом скоплении газа в камерах сердца и крупных сосудах они рекомендуют визуализировать газ в печени. Если газ присутствует в сердечно-сосудистой системе и печени, то больше данных за гнилостный газ. Если же газ локализуется в камерах сердца, но отсутствует в печени, то это «патологический» газ, характерный для газовой эмболии.

Заключение

Клиническая и посмертная рентгенология имеет значительные отличия по многим аспектам. Посмертная визуализация требует специальной подготовки рентгенологов по судебной медицине и имеет особенности лучевой картины, свойственные только трупу. При отсутствии специальных знаний даже очень опытные и грамотные клинические рентгенологи могут допустить серьезные диагностические ошибки при интерпретации посмертных КТ-изображений.

Еще одной специфической особенностью посмертной визуализации является также то, что рентгенолог должен предоставить качественные, подробные и понятные изображения судебно-медицинским экспертам и сотрудникам правоохранительных органов. Данные изображения могут фигурировать в суде. Технический протокол исследования и описания трупа для судебно-медицинской визуализации должен быть максимально подробным, в отличие от клинических протоколов, в которых детализированная информация часто является лишней.

Посмертная КТ в обязательном порядке включает исследование конечностей и в отличие от клинической рентге-

нологии выполняется чаще всего без контраста. На I этапе посмертной КТ производится сканирование всего тела – «от темени до пальцев стоп», на II – исследование головы и шеи трупа, на III – грудной клетки, брюшной полости и таза с поднятыми вверх руками. По показаниям используются денальный протокол и исследование гортани. При КТ трупа рентгенолог встретится со специфическими посмертными артефактами, затрудняющими КТ-визуализацию патологических процессов.

Литература/Reference

- O'Donnell CJ, Woodford N. Imaging the dead. Can supplement but not replace autopsy in medicolegal death investigation. *BMJ* 2010; 341: c7415.
- Leth PM. Computerized tomography used as a routine procedure at postmortem investigations. *Am J Forensic Med Pathol* 2009; 30 (3): 219–22.
- Burton EC, Mossa-Basha M. To image or to autopsy? *Ann Intern Med* 2012; 156 (2): 158–9.
- O'Donnell C, Woodford N. Post-mortem radiology – a new subspecialty? *Clin Radiol* 2008; 63: 1189–94.
- Blaauwgeers JL, van Rijn RR. Virtual autopsy – why not? *Ned Tijdschr Geneesk* 2012; 156 (19): A4786.
- 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 (5): 522–36.
- 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 (5): 215–22.
- Flach PM, Ross SG, Thali MJ. Clinical and Forensic Radiology are not the same. In: Thali MJ, Viner MD, Brogdon BG (ed). *Brogdon's forensic radiology*. 2nd ed. Boca Raton, London, New York, Washington, DC: CRC Press, Taylor & Francis Group. 2010; p. 409–40.
- Saukko P, Knight B (ed). *Knight's forensic pathology*. 3rd ed. London: Edward Arnold, 2004.
- Gralla J, Spycher F, Pignolet C et al. Evaluation of a 16-MDCT scanner in an emergency department: initial clinical experience and workflow analysis. *AJR* 2005; 185: 232–8.
- Novelline RA, Rhea JT, Rao PM, Stuk JL. Helical CT in emergency radiology. *Radiology* 1999; 213: 321–39.
- Linsenmaier U, Kroitz M, Hauser H et al. Whole-body computed tomography in polytrauma: techniques and management. *Eur Radiol* 2002; 12: 1728–40.
- Karlo C, Gnannt R, Frauenfelder T et al. Whole-body CT in polytrauma patients: effect of arm positioning on thoracic and abdominal image quality. *Emerg Radiol* 2011; 18: 285–93.
- Thali MJ, Viner MD, Brogdon BG. *Brogdon's forensic radiology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- Grabherr S, Djonov V, Yen K et al. Postmortem angiography: review of former and current methods. *AJR* 2007; 188: 832–8.
- Saunders SL, Morgan B, Raj V, Ruttly GN. Post-mortem computed tomography angiography: past, present and future. *Forensic Sci Med Pathol* 2011; 7: 271–7.
- 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 (6): 791–802.
- 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 (1): 250–9.
- Ruttly GN, Morgan B, O'Donnell C et al. Forensic institutes across the world place CT or MRI scanners or both into their mortuaries. *J Trauma* 2008; 65: 493–4.
- 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* 2014. DOI: 10.1007/s12024-014-9555-6
- Scandurra I, Forsell C, Ynnerman A et al. Advancing the state-of-the-art for virtual autopsies – initial forensic workflow study. *Stud Health Technol Inform* 2010; 160 (Pt. 1): 639–43.
- Berger N, Ross SG, Ampanozi G et al. Puzzling over intracranial gas: Disclosing a pitfall on postmortem computed tomography in a case of fatal blunt trauma. *J Forensic Radiol Imaging* 2013; 1: 137–41.
- Ampanozi G, Schwendener N, Krauskopf A et al. Incidental occult gunshot wound detected by postmortem computed tomography. *Forensic Sci Med Pathol* 2013; 9: 68–72.
- 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.
- Andenmatten MA, Thali MJ, Kneubuehl BP et al. Gunshot injuries detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): A feasibility study. *Leg Med (Tokyo)* 2008; 10 (6): 287–92.
- 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.

27. Aghayev E, Jackowski Ch, Sonnenschein M et al. Virtopsy Hemorrhage of the Posterior Cricoaeroid Muscle by Blunt Force to the Neck in Postmortem Multislice Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. *Am J Forensic Med Pathol* 2006; 27: 25–9.
28. Dedouit F, Piercecchi-Marti MD, Leonetti G et al. Cause of internal hemorrhage determined after exhumation: report of one case. *Forensic Sci Int* 2011; 204 (1–3): e20–3.
29. Levy AD, Harcke HT, Getz JM, Mallak CT. Multidetector computed tomography findings in deaths with severe burns. *Am J Forensic Med Pathol* 2009; 30 (2): 137–41.
30. Ross S, Cosima S, Flach P et al. Multi-slice computed tomography (MSCT) of mountaineering casualties in the Swiss Alps – Advantages and limitations. *Legal Med* 2010; 12: 271–5.
31. Germerott T, Flach PM, Furter M et al. Fatal thoracic impalement on postmortem imaging. *Leg Med (Tokyo)* 2011; 13 (2): 83–6.
32. Link TM, Berning W, Scherf S et al. CT of metal implants: reduction of artifacts using an extended CT scale technique. *J Comput Assist Tomogr* 2000; 24 (1): 165–72.
33. 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. *Forensic Sci* 2003; 48 (2): 386–403.
34. O'Donnell C, Ranson D. Post Mortem CT Interpretation Short Course, 2015. Victorian Institute of Forensic Medicine. Department of Forensic Medicine, Monash University.
35. Persson A, Falk J, Berge J, Jackowski C. Atlanto-axial rotatory subluxations in postmortem CT: radiologists be aware of a common pitfall. *Forensic Sci Int* 2013; 225 (1–3): 9–14.
36. Кокков Л.С., Кинле А.Ф., Синицын В.Е., Филимонов Б.А. Возможности компьютерной и магнитно-резонансной томографии в судебно-медицинской экспертизе механической травмы и скоропостижной смерти (обзор литературы). *Неотложная медицинская помощь. Журн. им. Н.В.Склифосовского*. 2015; 2: 16–26. / Kokov L.S., Kinle A.F., Sinitsyn V.E., Filimonov B.A. Vozmozhnosti komp'yuternoi i magnitno-rezonansnoi tomografii v sudebno-meditsinskoi ekspertize mekhanicheskoi travmy i skoropostizhnoi smerti (obzor literatury). *Neotlozhnaia meditsinskaia pomoshch'*. Zhurn. im. N.V.Sklifosovskogo. 2015; 2: 16–26. [in Russian]
37. Levy AD, Harcke HT, Mallak CT. Postmortem imaging: MDCT features of postmortem change and decomposition. *Am J Forensic Med Pathol* 2010; 31 (1): 12–7.
38. Aghayev E, Sonnenschein M, Jackowski C et al. Postmortem radiology of fatal hemorrhage: measurements of cross-sectional areas of major blood vessels and volumes of aorta and spleen on MDCT and volumes of heart chambers on MRI. *Am J Roentgenol* 2006; 187 (1): 209–15.
39. Jackowski C, Sonnenschein M, Thali MJ et al. Intrahepatic Gas at Postmortem Computed Tomography: Forensic Experience as a Potential Guide for In Vivo Trauma Imaging. *J Trauma* 2007; 62 (4): 979–88.
40. Jackowski C, Thali M, Aghayev E et al. Postmortem imaging of blood and its characteristics using MSCT and MRI. *Int J Legal Med* 2005; 19: 1–8.
41. Shiotani S, Kohno M, Ohashi N et al. Hyperattenuating aortic wall on postmortem computed tomography (PMCT). *Radiat Med* 2002; 20 (4): 42–5, 201–6.
42. Knight BH. The significance of the postmortem discovery of gastric contents in the air passages. *J Forensic Sci* 1975; 6: 229–34.
43. Руководство по судебной медицине. Под ред. В.Н.Крюкова, И.В.Буромского. М.: Норма, 2014; с. 356. / Rukovodstvo po sudebnoi meditsine. Pod red. V.N.Kriukova, I.V.Buromskogo. M.: Norma, 2014; s. 356. [in Russian]
44. Jackowski C, Persson A, Thali MJ. Whole body postmortem angiography with a high viscosity contrast agent solution using poly ethylene glycol as contrast agent dissolver. *J Forensic Sci* 2008; 53 (2): 465–8.
45. Flach PM, Ross SG, Bolliger SA et al. Massive Systemic Fat Embolism Detected by Postmortem Imaging and Biopsy. *J Forensic Sci* 2012; 57 (5): 1376–80.
46. Shiotani S, Kohno M, Ohashi N et al. Postmortem intravascular high-density fluid level (hypostasis): CT findings. *J Comput Assist Tomogr* 2002; 26 (6): 892–3.
47. Bedford P, O'Donnell C. Pseudosubarachnoid hemorrhage on clinical computed tomography: the forensic implications of incorrect diagnosis. *Am J Forensic Med Pathol* 2013; 34 (2): e4–6.
48. 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.
49. Murakami T, Uetani M, Ikematsu K, Nagasaki JP. Postmortem CT in emergency department: Influence of cardiopulmonary resuscitation. *Eur Soc Radiol (EPOS); C*. 1440.
50. Shiotani S, Kohno M, Ohashi N et al. Non-traumatic postmortem computed tomographic (PMCT) findings of the lung. *Forensic Sci Int* 2004; 139: 39–48.
51. Michiue T, Sakurai T, Ishikawa T et al. Quantitative analysis of pulmonary pathophysiology using postmortem computed tomography with regard to the cause of death. *Forensic Sci Int* 2012; 220: 232–38. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.03.007
52. Germerott T, Flach PM, Preiss US et al. Postmortem ventilation: a new method for improved detection of pulmonary pathologies in forensic imaging. *Leg Med (Tokyo)* 2012; 14 (5): 223–8.
53. Yamazaki K, Shiotani S, Ohashi N et al. Hepaticportal venous gas and hyperdense aortic wall as postmortem computed tomography finding. *Leg Med (Tokyo)* 2003; 5 (Suppl. 1): S338–41.
54. Hasegawa I, Shimizu A, Saito A et al. Evaluation of post-mortem lateral cerebral ventricle changes using sequential scans during post-mortem computed tomography. *Int J Legal Med* 2016; 130: 1323–8.
55. Takahashi N, Satou C, Higuchi T et al. Quantitative analysis of brain edema and swelling on early postmortem computed tomography: comparison with antemortem computed tomography. *Jpn J Radiol* 2010; 28 (5): 349–5.
56. 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 (4): 643–51.
57. O'Donnell CJ, Baker MA. Postmortem CT findings of gastromalacia: a trap for the radiologist with forensic interest. *Forensic Sci Med Pathol* 2010; 6 (4): 293–7.
58. Christe A, Ross SG, Oesterhelweg L et al. Abdominal trauma – sensitivity and specificity of postmortem non contrast imaging findings compared to autopsy findings. *J Trauma* 2009; 66 (5): 1302–7.
59. Takahiro Z, Teruhiko T, Miyamoto M et al. Intravascular gas in multiple organs detected by postmortem computed tomography: effect of prolonged cardiopulmonary resuscitation on organ damage in patients with cardiopulmonary arrest. *Jpn J Radiol* 2011; 29 (2): 148–51.
60. Shiotani S, Kohno M, Ohashi N et al. Cardiovascular gas on non-traumatic postmortem computed tomography (PMCT): the influence of cardiopulmonary resuscitation. *Radiat Med* 2005; 23 (4): 225–9.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дуброва Софья Эриковна – канд. мед. наук, ассистент каф. лучевой диагностики фак-та усовершенствования врачей ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф.Владимирского. E-mail: dubrovamoniki@rambler.ru

Филимонов Борис Александрович – канд. мед. наук, глав. ред. журнала «Consilium Medicum», ООО «Объединенная редакция». E-mail: filimonov@hmp.ru

Благодарности

Авторы выражают огромную благодарность своим наставникам – судебно-медицинским рентгенологам Института судебной медицины штата Виктория (г. Мельбурн, Австралия): Dr. Chris O'Donnell – Consultant Forensic Radiologist, VIFM & Adjunct Senior Lecturer, Department of Forensic Medicine, Monash University, и Dr. David Ranson – Associate Professor Forensic Pathologist, VIFM & Department of Forensic Medicine, Monash University.

Acknowledgments

We would like to offer our deepest thanks to our teachers and colleagues from Victorian Institute of Forensic Medicine: Dr. Chris O'Donnell – Consultant Forensic Radiologist, VIFM & Adjunct Senior Lecturer, Department of Forensic Medicine, Monash University, and Dr. David Ranson – Associate Professor Forensic Pathologist, VIFM & Department of Forensic Medicine, Monash University.