

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРАСТНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОСМЕРТНОМ КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ

Туманова У.Н.¹, Серова Н.С.², Быченко В.Г.¹, Щеголев А.И.¹

Приведен анализ данных литературы, отражающих возможности применения ком-пьютерной томографии (КТ) с контрастными веществами для анализа тел умерших больных.

Показано, что посмертная КТ ангиография существенным образом расширяет возможности так называемого неинвазивного вскрытия. Приведены сведения об особенно-стях применения различных видов контрастных веществ, а также основные методы посмертной КТ ангиографии. Использование таргетной посмертной КТ ангиографии позволяет изучить особенности кровоснабжения и выявить патологические изменения сосудов отдельных органов, в частности, ишемической болезни сердца и цереброваскулярных поражений. КТ ангиография всего тела, особенно многоэтапная посмертная КТ ангиография, позволяет визуализировать сердечно-сосудистую систему в целом. Применение КТ ангиографии наиболее эффективно для определения источника и объема внутреннего кровотечения, выраженности тромбоза и степени стеноза кровеносных сосудов, вида и распространенности сосудистых мальформаций. Отмечены сложности применения и возможные артефакты посмертной КТ ангиографии.

Сделан вывод, что посмертная КТ ангиография может быть использована для анализа тел и выяснения танатогенеза погибших пациентов. Подчеркнуто, что, обладая высокой специфичностью и чувствительностью в отношении визуализации летальных кровотечений, посмертная КТ ангиография не может в полной мере заменить традиционное аутопсийное исследование.

Ключевые слова: аутопсия, посмертная компьютерная томография (КТ), ангиография, сердце, кровеносные сосуды.

Контактный автор: Туманова У.Н., e-mail: u.n.tumanova@gmail.com

Для цитирования: Туманова У.Н., Серова Н.С., Быченко В.Г., Щеголев А.И. Возможности применения контрастных веществ при посмертном компьютерно-томографическом исследовании. REJR 2018; 8(3):83-99. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-3-83-99.

Статья получена: 16.08.18

Статья принята: 30.08.18

POSSIBILITIES OF USING CONTRAST AGENTS IN POSTMORTEM COMPUTED TOMOGRAPHY

Tumanova U.N.¹, Serova N.S.², Bichenko V.G.¹, Shchegolev A.I.¹

The literature data which demonstrate the possibilities of using computed tomography (CT) with contrast agents for the analysis of the deceased patients' bodies are presented.

It is shown that postmortem CT angiography significantly expands the possibility of so-called noninvasive autopsy. The information on the features of the use of different types of contrast agents as well as the main methods of postmortem CT angiography are presented. The use of targeted postmortem CT angiography allows to study the features of blood supply and to identify pathological changes in blood vessels of certain organs, in particular, coronary heart disease and cerebrovascular lesions. CT angiography of the whole body, especially multiphase postmortem CT angiography, allows to visualization of the cardiovascular system as a whole. The use of CT angiography is most effective for determining the

1 - ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

2 - ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет) Москва, Россия.

1 - V.I. Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology.
2 - I.M. Sechenov First Moscow State Medical University. Moscow, Russia.

source and volume of internal bleeding, the severity of thrombosis and the degree of stenosis of blood vessels, the type and prevalence of vascular malformations. We noted the complexity of the application and possible artifacts of postmortem CT angiography.

It was concluded that postmortem CT angiography can be used to analyze of the bodies and clarify the tanatogenesis of deceased patients. We accentuated that postmortem CT angiography cannot fully replace the traditional autopsy despite its high specificity and sensitivity with regard to visualization of fatal bleeding.

Keywords: autopsy, postmortem computed tomography (CT), angiography, heart, blood vessels.

Corresponding author: Tumanova U.N., e-mail: u.n.tumanova@gmail.com

For citation: Tumanova U.N., Serova N.S., Bichenko V.G., Shchegolev A.I. Possibilities of using contrast agents in postmortem computed tomography. REJR 2018; 8 (3):83-99. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-3-83-99.

Received: 16.08.18

Accepted: 30.08.18

Одной из первых работ, посвященных применению посмертной компьютерной томографии (КТ), считается исследование Р. Krantz и S. Holtås, которое было выполнено в 1983 году с целью выявления и анализа распределения скоплений воздуха в теле 20-летнего ныряльщика, погибшего на глубине 43 метров [1].

На сегодняшний день считается уже доказанным, что проведение посмертных лучевых исследований тел умерших существенно облегчает проведение последующего аутопсийного исследования [2-4]. При этом в большом ряде случаев такие посмертные исследования дополняют и уточняют сведения о патогенезе заболеваний и танатогенезе пациентов [5,6]. Последнее в большей мере относится к выяснению особенностей раневого канала и травматических повреждений при судебно-медицинском исследовании [7-9]. В некоторых исследовательских центрах (Институт судебной медицины в Дании, Викторианский институт судебной медицины в Австралии) посмертная КТ стала практически рутинным исследованием [10, 11]. Более того, по мнению D. Wichmann et al., в ряде случаев посмертные лучевые исследования даже могут заменить традиционное вскрытие [12].

Основными особенностями проведения посмертных лучевых исследований является возможность пренебречь значительной лучевой нагрузкой, исключить появление артефактов, обусловленных движениями, в частности, дыхательными, а также возможность проведения нескольких повторных исследований, в том числе с приданием необходимого положения конечностей и всего тела для лучшей визуализации патологических областей [9]. Электронное архивирование результатов проведенных исследований позволяет использовать их для проведения повторных анализов спустя время без

необходимости эксгумации тела, для так называемой «цифровой эксгумации» («digital exhumation») [13].

В отличие от аутопсийного исследования проведение компьютерной томографии (КТ) позволяет более четко визуализировать все отделы системы скелета [14]. При помощи программ постобработки полученных снимков возможно построение трехмерных реконструкций костного скелета в целом или отдельных областей, что имеет первостепенное значение для выявления врожденных аномалий и анализа особенностей травматических повреждений [7, 15, 16]. Также у взрослых при посмертном КТ исследовании достаточно хорошо визуализируются внутренняя структура органов и мягких тканей, а также топография магистральных сосудов. Однако в случаях перинатальной смерти посмертная КТ характеризуется недостаточной визуализацией внутренних органов, включая легкие, что делает более целесообразным проведение МРТ исследований [17].

К преимуществам посмертной магнитно-резонансной томографии (МРТ) следует отнести более эффективную по сравнению с КТ визуализацию и оценку паренхимы внутренних органов и мягких тканей, сосудов и их топографии [18].

К сожалению, проведение посмертных лучевых исследований в отличие от прижизненных не позволяет в полной мере оценить особенности гемодинамики и васкуляризации различных органов и патологических образований [19]. Вместе с тем хорошо известно, что на протяжении более 100 лет при обычных аутопсиях использовали специальные способы изучения сердечно-сосудистой системы путем введения различных веществ в кровеносное русло.

Посмертная ангиография начала внедряться в практику в первой половине двадцатого века. Так, в 1960 году вышла обобщающая

статья J. Schoenmackers посвященная анализу используемых веществ для посмертной ангиографии. Первые же систематические исследования были начаты лишь в 2004 году в Институте судебной медицины в Берне (Швейцария) в рамках проекта Virtopsy [20].

Цель.

Провести анализ возможностей посмертных КТ исследований с применением контрастных веществ, основанный на данных литературы.

По мнению ряда специалистов, к началу двадцатого века было испытано более сотни различных веществ для макроскопической и/или рентгенологической визуализации сосудистого русла [21]. В первую очередь, следует отметить, что, по мнению S. Grabherr et al. вещества, используемые для изучения кровеносных сосудов, в зависимости от их природы можно разделить на 6 групп [22]:

- корпускулярные препараты, приготовленные на основе желатина или агара,
- корпускулярные препараты, приготовленные на основе водного раствора,
- масляные растворы,
- водорастворимые препараты,
- вещества для приготовления слепков,
- смешанные.

В своей статье авторы на основании анализа литературы достаточно подробно описывают достоинства и недостатки рассматриваемых методик и препаратов для инъекций.

Сосудистые слепки являются одним наиболее первых способов оценки кровеносных сосудов при КТ ангиографии. Для этого метода использовали различные по природе и химическому составу затвердевающие вещества: различные металлы, например, висмут, кадмий, соединения нейлона, винил, полиэфирные смолы, соединения на основе полиуретана. Однако в основном использовалась силиконовая резина и оксид свинца [23]. Использование силикона позволяет визуализировать кровеносные сосуды диаметром 0,1 мм и более [24]. Основными недостатками данного метода являются инвазивный характер исследования, связанный с необходимостью удаления окружающих сосудов ткани, и невозможность изучения обширных областей и всего тела [25]. К отрицательным моментам можно отнести также «усадку» полученной модели с уменьшением диаметра сосудов во время затвердения, а также невозможность смыть или удалить вещество из сосудов для последующего морфологического исследования.

Корпускулярные препараты состоят из частиц рентгено-контрастного материала, который обычно растворяли в воде, или смешивали с желатином или агаром. В качестве препаратов, растворяемых в воде, использовали сульфат бария, Micropaque (высокодисперсный

сульфат бария), йодид калия и кукурузный сироп Каро. А для растворения в желатине или агаре в основном использовались сульфат бария или калий йод. Использование желатина или агара способствует отвердеванию смеси после ее охлаждения, при этом не нарушает микроструктуру сосудов, поэтому они применялись и для последующей оценки гистологических препаратов. Преимуществом корпускулярных препаратов является способность к смыванию посмертных сгустков.

Водорастворимые контрастные вещества представляют собой препараты, используемые для ангиографии *in vivo*. Препаратов данной группы на сегодняшний день достаточно много. В описаниях исследований наиболее часто встречалось применение Кардиографина, Гастрографина и т.п. Препараты данной группы на сегодняшний день редко используются для проведения посмертной ангиографии взрослых пациентов [26]. В основном они нашли свое применение в исследованиях кровеносной системы недавно погибших плодов и умерших новорожденных. К преимуществам данных препаратов относится легкость внутрисосудистого введения при исследовании. Однако велико количество негативных процессов, таких как быстрое проникание препарата за пределы сосуда в окружающие ткани, периваскулярный отек, низкое контрастирование сосудов, сосуды могут оказаться тоньше, чем они есть на самом деле при аутопсии, наличие артефактов заполнения сосудов в результате наличия в их просвете посмертных сгустков.

Масляные растворы использовались преимущественно для внутрисосудистых исследований. Наиболее часто использовались липофильные контрастные вещества, в частности, липиодол ультра-флюид. Положительной особенностью данных веществ явилась способность смыть посмертные сгустки и свертки при введении, сохранение их внутри сосудов в течение длительного периода, в результате чего появилась возможность многоэтапного проведения исследования и увеличения интервалов между инъекциями для достижения той или иной цели контрастирования.

В результате анализа данных литературы следует заключить, что эффективность проведения посмертной ангиографии всего тела зависит от нескольких обстоятельств. Первой особенностью является то, что после смерти просвет большей части кровеносных сосудов свободен от крови или содержит небольшое количество посмертных сгустков крови и/или газов. Поэтому для полноценного их заполнения требуется достаточно большой объем контрастного вещества [27]. Вторым моментом является выбор наиболее оптимального контрастного вещества, поскольку внутрисосудистое поведение

последнего зависит от его вида (масляный, водяной, корпускулярная смесь) и физических свойств (вязкость, осмолярность, рентгеноконтрастность). Если речь идет о судебно-медицинском вскрытии, то до введения контрастного вещества необходимо взятие образцов (кровь, моча, спинномозговая жидкость) для токсикологического исследования. Еще одним важным моментом является область введения контрастного вещества.

Хорошо известно, что продолжительное увеличение посмертного периода сопровождается повышением проницаемости сосудистой стенки. Поэтому любое введение водорастворимой жидкости приводит к достаточно быстрой ее экстравазации, в том числе с развитием отека, что может явиться причиной различных артефактов периваскулярной ткани при лучевых исследованиях. Соответственно, водорастворимые контрастные вещества рекомендуется использовать только непосредственно после смерти. При увеличении продолжительности посмертного периода целесообразней применять масляные растворы. По этой же причине в настоящее время водорастворимые контрастные вещества используются преимущественно при посмертной таргетной КТ ангиографии венечных сосудов [28].

Для предотвращения внесосудистой диффузии водорастворимых веществ S. Jackowski et al. предложили добавлять гигроскопический полиэтиленгликоль в качестве растворителя контрастного вещества [29]. Однако, по мнению S. Grabhier et al., использование такой смеси в силу ее гигроскопичности способствует обводнению сосудистого русла и соответственно может сопровождаться растворением имевшихся тромбов [26].

В отличие от водорастворимых, масляные контрастные вещества остаются внутри сосудов. При этом следует учитывать, что заполняемость сосудов различного калибра зависит от вязкости используемого масла. Для визуализации микроциркуляторного русла требуется маловязкое масло [30]. Однако такие маловязкие масляные вещества обладают экстравазацией, в частности, в области так называемых проблемных участков: желудочно-кишечный тракт в условиях аутолиза. Кроме того, имеются указания, что маловязкие вещества могут инфильтрировать поврежденные участки в стенках сосудов, вытесняя при этом липиды и соответственно изменяя внешний вид и структуру атеросклеротических бляшек [24].

Согласно данным литературы, наиболее оптимальным контрастным веществом для посмертной КТ ангиографии считается ангиофил/парафиновая масляная смесь [27]. Следует также отметить, что при посмертном введении йод содержащего контрастного вещества не

происходит полного его растворения в артериальном и венозном сосудистом русле. Поэтому до введения контрастного вещества рекомендуется проводить предварительное «промывание» кровеносных сосудов. В свою очередь промывание водой способствует развитию признаков внесосудистого отека. В этой связи рекомендуется использование раствора, состоящего из водорастворимого йод содержащего контрастного вещества и полиэтиленгликоля (полиэтиленгликоля 200) в соотношении 1:10 [31]. Тип используемого йод содержащего вещества не влияет на результаты исследования. Основной же компонент раствора должен быть крупномолекулярным, чтобы исключить его попадание во внесосудистое пространство с последующим развитием артефактов, обусловленных осмотическими явлениями.

В процессе внедрения рентгенологических методов с использованием контрастного вещества для посмертного изучения кровеносной системы было предложено множество различных способов их проведения. В настоящее время выделяют два основных типа посмертной КТ ангиографии. При первом выполняется изучение отдельных органов путем введения контрастного вещества в питающие сосуды либо в условиях *in situ*, либо после их извлечения из тела. При втором типе исследуется весь организм, то есть сердечно-сосудистая система в целом.

Для изучения сосудов отдельных органов или областей тела чаще всего применялось ручное введение контрастного вещества при помощи шприца. Достаточно подробно подобные методики были описаны J. Schoenmackers в 1960 году [20]. В литературе имеются указания по применению таких методик для изучения отдельных сосудов, в частности, вен пищевода, венечных артерий, внутримозговых артерий, спинномозговых артерий.

Считается, что современные методики таргетной (прицельной) посмертной КТ ангиографии, в частности, сердца, были разработаны в Великобритании. Практически одновременно в двух медицинских центрах Великобритании (университет Лейстера и Оксфордский университет) были изучены возможности изучения венечных артерий сердца путем проведения посмертной КТ ангиографии с введением контрастного вещества в восходящую аорту [28, 32].

В обоих случаях контрастное вещество вводилось при помощи мочевого катетера, введенного в левую сонную артерию. Введенный катетер раздували в восходящем отделе аорты, вследствие чего контрастное вещество сразу попадало в область корня аорты и затем, благодаря препятствию в виде аортального и митрального клапанов, в венечные артерии. Кон-

трастом служили используемые в клинике водорастворимые контрастные вещества. При этом I.S. Roberts et al. вводили только контрастное вещество, а S.L. Saunders et al. контрастное вещество и воздух (в качестве негативного контраста) [28, 32]. В Оксфордском университете проводили ручное введение контрастного вещества, а в университете Лейстера для этого использовали стандартный автоматический инъектор для внутрисосудистого введения растворов. КТ сканирование проводили по мере введения контрастного вещества, что имитировало динамическую фазу КТ ангиографию и способствовало более четкой диагностике стеноза сосудов.

Оба вышеуказанных метода оказались достаточно быстрыми и простыми в исполнении [28, 32]. Последующее их использование в научных исследованиях и сравнение с данными аутопсии и результатами гистологического изучения препаратов подтвердило эффективность посмертной таргетной КТ ангиографии для визуализации поражений венечных артерий сердца и соответственно, диагностики формы ишемической болезни сердца [33]. Положительным моментом является также и то, что несмотря на гипосмолярные свойства используемых контрастных веществ, в обоих исследованиях отсутствовали артефакты в виде периваскулярного отека, что авторы объяснили малым объемом вводимого контраста.

Второй тип посмертной КТ ангиографии рекомендуется для изучения сердечно-сосудистой системы в целом, в частности, при распространенных поражениях [27, 31]. Так, в 2005 году С. Jackowski et al. сообщили предварительные результаты применения новой малоинвазивной методики посмертной КТ ангиографии всего тела путем инъекции контрастного вещества через катетер, введенный в бедренную артерию до дуги аорты [34].

Оригинальный способ проведения посмертной КТ ангиографии, заключающийся во введении контрастного вещества при помощи аппарата искусственного кровообращения, был предложен японскими исследователями [35]. Посылком для такого применения послужило, видимо то, что в Японии традиционно очень низкая частота патолого-анатомических вскрытий больных. В этой связи в стране ежегодно проводится порядка 20000 посмертных лучевых исследований, в том числе, в качестве скрининга для выяснения причины смерти пациентов, умерших в отделениях реанимации [36].

Наиболее эффективным для диагностики поражений сердечно-сосудистой системы всего тела считается посмертная многоэтапная КТ ангиография. В большинстве исследований, согласно данным литературы, применялась раз-

работанная S. Grabherr et al. методика 3-х этапной посмертной КТ ангиографии при помощи аппарата искусственного кровообращения с использованием в качестве контрастного вещества парафинового масла, содержащего 6% Angiofil [27]. Именно данная методика рекомендована рабочей группой по разработке методов посмертной ангиографии (Technical Working Group Postmortem Angiography Methods, TWGPAM) для посмертного изучения кровеносного русла.

На первом (артериальном) этапе такого исследования, после введения 1200 мл контрастного вещества в бедренную артерию со скоростью 800 мл/мин, проводят КТ исследование артерий головы, грудной и брюшной полости с толщиной среза 1 мм и шагом 0,8 мм. Для анализа венечных сосудов проводят сканирование сердца с толщиной среза 0,8 мм и шагом 0,4 мм. На втором (венозном) этапе, после введения 1600 мл контрастного вещества со скоростью 800 мл/мин в бедренную вену проводят второе КТ исследование. На третьем (динамическом) этапе КТ исследование проводят во время искусственной циркуляции 200 мл контрастного вещества, вводимого со скоростью 500 мл/мин в бедренную артерию и выводимого из бедренной вены путем создания вакуума.

Основным местом введения контрастного вещества являются бедренные сосуды. В отдельных случаях, исходя из целей исследования, контрастное вещество следует вводить в сосуды шеи (яремную вену, сонную артерию) или верхней конечности (плечевую вену и артерию). В случае использования насоса для автоматического введения контрастного вещества скорость подачи последнего не должна превышать 600 мл/мин. Положительным моментом применения методик введения контрастного вещества считается использование аппаратов, позволяющих определять внутрисосудистое давление. Данное обстоятельство имеет важное значение для количественной оценки степени кровопотери, в частности, при травмах.

Действительно, согласно данным литературы, использование посмертной КТ ангиографии оказалось весьма эффективным для выявления особенностей различного вида травматических повреждений, в частности рваной раны, колотой раны, баллистической травмы, кровоизлияния, а также патологии кровеносных сосудов (аневризмы, разрыва сосуда) [37, 38].

Наиболее часто посмертная КТ ангиография используется для определения источника внутреннего кровотечения, а также диагностики острых и хронических форм поражений венечных артерий [39, 40]. При этом проведенные исследования убедительно указывают на высокую диагностическую значимость посмертной КТ ангиографии для определения ис-

точника кровотечения.

Для четкого определения вида внутреннего кровоизлияния может использоваться и методика посмертной КТ ангиографии, разработанная S.G. Ross et al. [41]. Для выполнения посмертной КТ ангиографии сердца труп должен находиться в положении лежа, что позволяет добиться достаточного заполнения контрастным веществом венечных артерий (табл. 1). В основе данной методики лежит раздельное введение контрастного вещества в артериальное и венозное русло. В большинстве случаев контрастное вещество сначала вводится артериальную систему и во вторую очередь - в венозную систему. При подозрении на изменения венозного давления, в частности, в условиях ТЭЛА или разрыва нижней полой вены, контрастное вещество вводится сначала в венозную систему. Необходимым условием успешного проведения КТ ангиографии является дренирование противоположной сосудистой системы во время введения контрастного вещества с целью поддержания соответствующего внутрисосудистого давления.

В другом исследовании группа ученых из университета г. Тиба (Япония) изучила 10 наблюдений летальных субарахноидальных кровоизлияний [42]. С целью точного выявления места повреждения сосуда и исключения артефактов, связанных с затеканием контрастного вещества в периваскулярные ткани, G. Inokuchi et al. разработали оригинальную методику «динамической церебральной ангиографии» [42]. При этом авторы несколько раз сканировали одну и ту же область головного мозга по мере введения контрастного вещества во внутренние сонные и позвоночные артерии, чтобы зафиксировать локализацию места начального выхода контрастного вещества за пределы сосуда. Данный метод посмертной КТ ангиографии оказался эффективным для выявления аневризм внутримозговых артерий и кровотечения из них. Однако сами авторы отметили ряд ограничений применения разработанной методики, позволяющей визуализировать лишь область головного мозга, а не всю сосудистую систему. Более того, данная методика не позволяет также выявлять патологию проксимальных отделов внутренней сонной и позвоночной артерий относительно места введенного катетера с контрастным веществом [42].

Весьма интересное наблюдение было представлено S. Romaga et al., в котором описаны результаты посмертной КТ ангиографии по выявлению массивного смертельного кровоизлияния из посттравматической псевдоаневризмы правой общей сонной артерии у 38-летнего мужчины, подтвержденные при последующем аутопсийном исследовании [43].

Действительно, аутопсийное изучение,

как вещества, так и сосудов головного мозга сопряжено с рядом объективных трудностей. Наиболее актуально это при исследовании тел погибших плодов и умерших новорожденных [44]. К сожалению, на посмертных КТ томограммах плодов и умерших новорожденных отсутствует четкая дифференцировка между серым и белым веществом головного мозга. В то же время проведение посмертной КТ ангиографии существенным образом улучшает визуализацию особенностей строения и ряда патологических процессов головного мозга. Так, посмертная КТ с внутриаартериальным введением контрастного вещества позволяет провести дифференцировку серого и белого вещества, а также визуализировать сосудистую сеть головного мозга в отличие от нативной посмертной КТ. В результате визуализируются даже небольшие аневризмы, в частности, сосудов Виллизиева круга, а также облегчается дифференциальная диагностика вида кровоизлияния (эпидурального, субдурального, субарахноидального или внутримозгового).

Следует уточнить, что посмертные КТ изображения головного мозга во многом похожи на прижизненные ангиографические картины, однако они не в полной мере отражают особенности сосудистого русла *in vivo*. Известно, что субарахноидальное кровоизлияние сопровождается развитием спазма окружающих сосудов, который исчезает после смерти. Соответственно при посмертной КТ ангиографии в таких случаях будет отмечаться картина нормальной сосудистой системы ткани мозга. Наряду с этим, полная обструкция сосудов головного мозга, обусловленная выраженным травматическим отеком головного мозга, будет достаточно хорошо визуализироваться при посмертной КТ ангиографии и не определяется во время аутопсии.

К неоспоримым достоинствам посмертной КТ ангиографии следует также отнести и возможность визуализации внутренних сонных и позвоночных артерий, которые, к сожалению, очень редко исследуются при традиционном патолого-анатомическом вскрытии. Именно поэтому наибольший диагностический эффект по сравнению с традиционным аутопсийным исследованием отмечался при поражении сосудов мелкого калибра или расположенных в труднодоступных для вскрытия анатомических областях.

Среди поражений крупных сосудов необходимо указать и на развитие расслаивающей аневризмы аорты, являющейся фатальным осложнением ряда заболеваний грудного и брюшного отдела аорты. В литературе имеются публикации, указывающие на эффективность посмертной КТ для диагностики подобного состояния, а также определения особенностей та-

натогенеза. Так, ряд авторов указывают на визуализацию расслаивающейся аневризмы восходящего отдела аорты с развитием гемотампонады полости перикарда при нативной КТ [45]. Однако более эффективным, по мнению S. Bello et al., может быть проведение посмертной КТ ангиографии, позволившей авторам выявить у 72-летнего мужчины гемоперикард в результате разрыва задней стенки левого желудочка, что было подтверждено во время последующей аутопсии [46].

Убедительным доказательством необходимости проведения посмертной КТ ангиографии в случаях летального кровотечения может служить исследование С. Palmiere et al. [47]. Авторы представили результаты сравнительного анализа данных прижизненной и посмертной КТ ангиографии, а также аутопсийного исследования. Наиболее эффективным оказалось проведение посмертной многоэтапной КТ ангиографии, позволившей в 8 из 9 изученных наблюдений выявить и установить точный источник кровотечения, в частности, источниками стали: правая печеночная артерия, ветви средней мозговой артерии, верхней брыжеечной артерии, внутренней подвздошной артерии и вены, позадилобковые сосуды. В то время как аутопсийное исследование предоставило исчерпывающую информацию только в 3 из 8 этих наблюдений, где имелось поражение достаточно крупных сосудов (верхний сагитальный синус, артерио-венозная мальформация сосудов головного мозга и множественные разрывы селезенки). Столь высокая чувствительность посмертной КТ ангиографии обусловлена, по мнению авторов, использованием стандартизованного протокола многоэтапной КТ ангиографии с достаточно высокой концентрацией контрастного вещества, а также коллективным анализом полученных томограмм (радиологом, специализирующимся по сосудистой патологии, нейрорентгенологом и судмедэкспертом, специализирующимся по лучевой диагностике) [27].

К положительным моментам посмертной КТ ангиографии следует отнести возможность выявления патологических изменений в сосудах после проведенных сосудистых операций. Так, В. Vogel et al. провели анализ результатов проведенных посмертных КТ и КТ ангиографии после транссосудистых кардиологических вмешательств и операций на сердце [48, 49]. Подобные исследования приобретают особое значение для определения причин развития осложнений и летального исхода, в том числе выявления так называемых ятрогений. На основании проведенной посмертной КТ тел больных, погибших после коронарографии, коронарной ангиопластики, установки стентов в венечные артерии, трансартериальной имплантации клапана сердца и установки кардиостиму-

лятора В. Vogel et al. установили признаки предыдущего введения контрастного вещества, наличие кровоизлияний, в частности, в полости перикарда, плевральной полости, средостении, и их объем, а также скопления воздуха в просвете сосудов [48]. После посмертной КТ ангиографии появились дополнительные сведения в отношении источника кровотечения, окклюзии венечных артерий, прикрытой и истинной перфорации, а также дисфункции имплантированного клапана.

Весьма перспективными следует считать исследования, направленные на посмертную диагностику различных форм ишемической болезни сердца, характеризующейся наиболее высокими показателями заболеваемости и смертности [50]. Несомненно, что в основе объективной посмертной диагностики ишемической болезни сердца лежат результаты макроскопического и гистологического исследования сердца и венечных артерий, позволяющие установить не только конкретную форму, но и особенности развития заболевания, в частности, инфаркта миокарда.

Посмертная лучевая визуализация поражений сердца в настоящее время возможна как при посмертной КТ ангиографии всего тела, так и таргетной коронарной КТ ангиографии. К. Michaud et al. провели сравнительный анализ эффективности КТ и КТ ангиографии для посмертного изучения 23 наблюдений внезапной сердечной смерти, связанных с атеросклерозом венечных артерий [38]. В результате посмертной КТ в 18 случаях был выявлен кальциноз венечных артерий, в том числе в 12 наблюдениях определялись признаки тромбоза артерий. Посмертная КТ ангиография оказалась более эффективной, в частности, за счет оценки степени стеноза и окклюзии сосудов. В 13 наблюдениях, согласно результатам аутопсийного исследования, был диагностирован острый тромбоз, обусловленный разрывом (в 7 случаях) или эрозией (в 6 случаях) атеросклеротической бляшки. Во всех этих 13 случаях посмертная КТ ангиография выявила измененные участки венечных артерий, что способствовало последовательному более тщательному их морфологическому исследованию. Кроме того, в 5 из вышеуказанных 13 наблюдений было отмечено повышение КТ плотности миокарда, считающееся косвенным признаком ишемического поражения.

Очаговое повышение КТ плотности миокарда было также зарегистрировано и С. Palmiere et al., которые провели анализ 150 наблюдений посмертной КТ ангиографии для выявления тромбоза венечных артерий [51]. В ряде наблюдений такое повышение плотности отмечалось при выявлении дефекта заполнения контрастным веществом венечных артерий при

отсутствии коллатеральных сосудов, а также при полном дефекте заполнения при наличии коллатералей. По мнению авторов, такие участки повышенной плотности могли отражать развитие инфаркта миокарда, что, однако, не подтвердилось при гистологическом исследовании ткани сердца [51]. В этой связи, необходимо уточнить, что точная диагностика поражений миокарда, в том числе выявленных при посмертной КТ ангиографии, возможна лишь при гистологическом исследовании, включающем в ряде случаев гистохимический и гистоэнзиматический анализ препаратов.

Следовательно, проведение посмертной КТ ангиографии позволяет достаточно четко диагностировать острый тромбоз венечных артерий, хотя при этом не исключается изменение его локализации вследствие смещения вводимым контрастным веществом [38, 47]. В этой связи, по мнению K. Michaud et al., следует проводить посмертную КТ ангиографию, при которой отсутствуют манипуляции на венечных артериях, поскольку контрастное вещество вводится под низким давлением через катетер в бедренную артерию [38].

Существенным компонентом любого аутопсийного исследования является измерение размеров и массы внутренних органов с последующим их сравнением с нормативными данными. Ранее нами уже были приведены данные литературы, свидетельствующие о достаточно четком определении размеров и массы органов у погибших плодов и умерших новорожденных при посмертной МРТ [52].

R. Troxler et al. изучили эффективность посмертной КТ ангиографии для оценки диаметра аорты и размеров различных отделов сердца [53]. Авторы исследовали тела погибших 39 мужчин и 11 женщин средним возрастом $58,2 \pm 18,3$ и средним значением индекса массы тела $27,2 \pm 4,8$. Интервал между констатацией смерти и посмертным КТ исследованием составлял $1,4 \pm 0,7$ дня, между КТ и судебно-медицинским вскрытием – $0,6 \pm 0,2$ дня. Посмертное КТ исследование включало нативную КТ и КТ ангиографию. Последняя проводилась путем введения смеси 3,5 л парафинового масла и 6% контрастного вещества (Ангиофила) при помощи модифицированного аппарата искусственного кровообращения по вышеописанной методике S. Grabherr et al., состоящей из 3 этапов: артериального, венозного и динамического [27]. На каждом этапе КТ исследования проводилось измерение диаметра аорты (в нисходящей части грудного отдела аорты и брюшном отделе аорты), толщины стенок сердца (правого и левого желудочков, межжелудочковой перегородки), диаметра полостей сердца (правых и левых желудочков и предсердий), а также рассчитывали сердечно-торакальный от-

ношение, которое соотносили с массой сердца. В результате проведенного исследования R. Troxler et al. установили значимые корреляции при измерении диаметров грудной и брюшной части аорты [53]. Наиболее высокие значения показателей отмечались при динамическом этапе посмертной КТ ангиографии. В то же время имелась слабые корреляции между данными посмертной КТ ангиографии и результатами аутопсии при определении толщины стенок и диаметров полостей сердца. Авторы также выявили значимую корреляцию между массой сердца, установленной во время вскрытия, и максимальным диаметром сердца, измеренным при динамическом этапе посмертной КТ ангиографии, и отсутствием корреляции между массой сердца и сердечно-торакальным отношением. Последний факт был также зарегистрирован и M. Jotterand et al. при сопоставлении данных посмертной КТ и результатов судебно-медицинских вскрытий людей, погибших в возрасте от 18 до 89 лет (средний возраст – $41 \pm 15,9$ г) [54].

Однако на основании проведенных исследований R. Troxler et al. делают обоснованное заключение об эффективности посмертной КТ ангиографии, особенно динамической фазы, для оценки состояния аорты и сердца [53]. Авторы также пишут о необходимости дальнейших подобных исследований для определения нормативных посмертных КТ показателей различных отделов сердца.

Знание нормативных размеров различных отделов сердца, а также особенностей внутриутробного его развития крайне актуально для анализа причин перинатальной смерти. Так, врожденные пороки сердца являлись, согласно данным Росстата по Российской Федерации, причиной как мертворождения (в 4,6%), так и ранней неонатальной смерти (в 6,5%) [55, 56].

Несомненно, что проведение посмертной КТ ангиографии должно способствовать улучшению диагностики поражений сердца и сосудов в случаях перинатальной смерти. Действительно, в результате проведенной нами посмертной КТ ангиографии тела новорожденного, погибшего вследствие VACTERL ассоциации, был выявлен ряд аномалий сосудов: наличие правой и левой плечеголовных вен, самостоятельно впадающих в правое предсердие, при отсутствии верхней полой вены и ангиодисплазия в затылочно-теменной области скальпа [57].

Вместе с тем, следует отметить, что в литературе имеются лишь единичные работы, посвященные посмертной КТ ангиографии тел плодов и новорожденных, результаты которой нередко носят противоречивый характер. Так, G.A. Russell et al. была предпринята попытка изучения сосудистой системы 4-х плодов, по-

гибших на сроках гестации 24-40 недель, после введения контрастного вещества в яремные и сонные артерии в области шеи [58]. Последующее КТ исследование позволило авторам достаточно хорошо визуализировать дугу аорты и артериальный проток, однако полости сердца не полностью были заполнены контрастом. В другом исследовании, где контрастное вещество вводили в сосуды пуповины или бедренную артерию, было сделано аналогичное заключение о непригодности использованной методики для визуализации врожденных пороков сердца [59]. По мнению С. Votino et al., посмертная КТ ангиография может быть использована для определения врожденных пороков сердца [60]. Авторы проводили посмертную КТ ангиографию 58 плодов после самопроизвольного или индуцированного выкидыша. В результате посмертная КТ ангиография позволила визуализировать 4 камеры сердца и крупные сосуды у 29 (87,9%) из 33 обследованных плодов. По данным регрессионного анализа лучшая визуализация сердца и сосудов отмечалась после введения контрастного вещества непосредственно в полость сердца и не зависела от срока гестации, интервала времени между гибелью плода и моментом КТ исследования и от наличия аномалий сердца. Помимо этого в двух наблюдениях (аномалия Эпштейна, гипоплазия левого желудочка с коарктацией аорты) отмечалось совпадение данных посмертной КТ ангиографии и результатов аутопсии. Однако в трех случаях посмертная КТ ангиография не позволила визуализировать дефект межжелудочковой перегородки.

Еще одним грозным осложнением, в том числе, нередко расцениваемым в качестве непосредственной причиной смерти, является тромбоэмболия легочных артерий (ТЭЛА). К сожалению, в случаях массивной ТЭЛА смерть наступает практически мгновенно, что сказывается на отсутствии клинических данных и соответственно правильной ее диагностики.

Ранее нами были указаны основные дифференциально-диагностические признаки прижизненных тромбов, включая ТЭЛА, и посмертных свертков крови при проведении посмертных лучевых исследований [18]. По мнению R. Puranik et al., посмертная МРТ более эффективна для выявления ТЭЛА по сравнению с КТ [61].

Однако наиболее лучшим методом выявления ТЭЛА считается посмертная КТ ангиография [62]. Так, в Викторианском институте судебной медицины в Мельбурне был проведен сравнительный анализ данных посмертной КТ ангиографии с результатами аутопсийного исследования тел 13 пациентов с подозрением на ТЭЛА. Для проведения посмертной КТ ангиографии контрастное вещество вводилось по ме-

тодике S. Ross et al. через катетер, введенный в бедренную вену [31]. Для верификации ТЭЛА использовались критерии, предложенные M.P. Burke et al. [63]:

- наличие или отсутствие симметричного заполнения контрастом сегментарных ветвей легочных артерий,
- наличие или отсутствие дефектов заполнения контрастом,
- наличие обширного дефекта заполнения контрастом, локализующегося от правого желудочка к стволу легочной артерии и далее в правой и левой легочных артериях.

На основании проведенной посмертной КТ ангиографии в одном наблюдении была диагностирована массивная ТЭЛА, в 5 случаях – поражение крупных ветвей и в одном – сегментарных ветвей легочной артерии, что было подтверждено при последующем аутопсийном исследовании. Положительным моментом данного исследования является отсутствие ложноотрицательных результатов посмертной КТ диагностики ТЭЛА.

Интересную модификацию метода посмертной КТ ангиографии для выявления легочной ТЭЛА предложили итальянские исследователи: канюлирование подмышечной артерии и вены с одной стороны тела для подключения специального аппарата для введения контрастного вещества [62]. По мнению разработчиков, подобная модификация посмертной КТ ангиографии способствует лучшей визуализации дефектов заполнения легочных артерий и их ветвей, а также не мешает определению точной локализации и последующему гистологическому исследованию тромбов в венах нижних конечностей как источников ТЭЛА [62].

Наиболее сложными патологоанатомическими вскрытиями в плане выяснения звеньев танатогенеза являются наблюдения смерти больных в отделениях реанимации и интенсивной терапии. В этой связи заслуживает внимания исследование D. Wichmann et al., посвященное сравнительному анализу результатов посмертной КТ ангиографии и данных аутопсии 50 больных (средний возраст 70 ± 12), нуждавшихся в проведении сердечно-легочной реанимации и погибших в течение 48 часов после поступления в стационар [64]. Посмертная КТ ангиография проводилась при помощи аппарата искусственного кровообращения по методике S. Grabherr et al. с незначительными модификациями и состояла из 3 фаз [27]. Медиана интервала времени между смертью и проведением посмертной КТ ангиографии составила 4 дня (с колебаниями от 1 до 6 дней), а промежутка времени между КТ ангиографией и аутопсией – 6 дней (с колебаниями от 2 до 9 дней).

D. Wichmann et al. отметили, что на основании проведенной посмертной КТ и патоло-

го-анатомического вскрытия в 13 наблюдениях были установлены первоначальные или непосредственные причины смерти, отличающиеся от клинических [64]. Это были инфаркт миокарда (4 наблюдения), кровоизлияния в полость плевры (2) и в забрюшинное пространство (1), тип В расслоения аорты (1), разрыв верхней полой вены (1), тромбоз легочной артерии (1), обструкция аортального выносящего тракта после имплантации митрального клапана (1). Два летальных состояния: напряженный пневмоторакс и интубация пищевода были выявлены только при посмертной КТ. Положительным моментом посмертной виртопсии явилось также выявление 48 сопутствующих поражений, относящихся преимущественно к патологии сердечно-сосудистой системы и головного мозга. Вместе с тем, посмертная КТ позволила выявить только 3 из 7 опухолевых поражений. В 11 же наблюдениях рентгенолог дал заключение о неспецифическом дефекте заполнения сосудов, которые не подтвердились при последующей аутопсии [64].

Аналогичное исследование, посвященное изучению возможностей посмертной КТ ангиографии по сравнению с судебно-медицинскими вскрытиями, выполнили и С. Chevallier et al. [65]. Авторы проанализировали 50 тел погибших с учетом исследуемых объектов: костные структуры, мягкие ткани, внутренние органы и кровеносные сосуды, и установили, что посмертная КТ ангиография и вскрытие обладали практически одинаковой эффективностью при определении причины смерти. Оба метода позволили выявить почти 60% от всех изменений. При этом посмертная КТ ангиография показала более высокую чувствительность для выявления поражений скелета и сосудистой системы. При аутопсии было получено больше данных о морфологии и патологии внутренних органов. Показатели чувствительности посмертной КТ ангиографии (89,9%) превышали аналогичные показатели обычной КТ (65%). Несколько неожиданными оказались данные в отношении поражений, классифицированных в качестве существенных для решения судебно-медицинской экспертизы. При посмертной КТ ангиографии было установлено 77,2% таких поражений, в то время как при аутопсии – 93,3%. На основании проведенного анализа С. Chevallier et al. сделали заключение, что посмертная КТ ангиография является полезным и эффективным методом для исследования тел погибших [65].

Более того, по мнению J.B. Zerlauth et al., посмертная многоэтапная КТ ангиография должна быть включена в протокол посмертного исследования тел пациентов, погибших после хирургического лечения, и в случаях подозрения на так называемую врачебную ошибку [66].

Не умаляя вышеуказанных существен-

ных положительных моментов посмертной КТ ангиографии, считаем необходимым указать на особенности ее проведения и имеющиеся недостатки. Прежде всего, следует помнить и учитывать развитие посмертных изменений, в частности, посмертных сгустков крови [67]. Именно такие посмертные сгустки крови препятствуют смешиванию контрастного вещества с кровью внутри сосудов, равномерному заполнению сосудов контрастным веществом, а также подлежат дифференциальной диагностике с тромбозом и стенозом сосудов. Второй момент касается низкой эффективности посмертной КТ ангиографии для выявления новообразований и особенно небольших метастазов. Поэтому в случаях смерти онкологических больных необходимо проведение традиционного патолого-анатомического вскрытия с последующим гистологическим исследованием образцов тканей. И третье – это необходимость в ряде случаев наличия специального оборудования для введения контрастного вещества и владения навыками катетеризации различных кровеносных сосудов [64].

Кроме того, С. Bruguier et al. приводят три группы артефактов, связанных с проведением посмертной КТ ангиографии [68]:

- неполное контрастирование вен в области головы и шеи,
- повышение контрастности или экстравазация контраста в желудочно-кишечном тракте,
- расслоение контраста в просвете сосудов или неполное заполнение артериальной и венозной системы.

Среди возможных осложнений посмертной КТ ангиографии можно привести весьма поучительное наблюдение гемоперикарда, возникшего вследствие проведения посмертной многоэтапной КТ ангиографии 45-летней женщине, погибшей во время проведения неэффективных реанимационных мероприятий после падения в обморок, которое описали N. Berger et al. [69]. Для проведения КТ ангиографии авторами была использована модифицированная методика вышеописанных методов с введением контрастного вещества в бедренные сосуды [27, 31]. Контраст, представляющий собой смесь 3 л полиэтиленгликоля с Иопентолом (Imagoraque 300) в соотношении 15:1, вводился при помощи специального насоса (Virtangio®, Fumedica AG, Muri, Швейцария) под давлением не выше 60 мм рт. ст. В результате проведенного КТ сканирования в нативную фазу были выявлены двусторонние переломы ребер и грудины, двусторонний гидроторакс и небольшой левосторонний пневмоторакс, а также расслоение нисходящей аорты. В артериальную фазу, при заполнении контрастом бедренной артерии, аорты и левого желудочка сердца, определялось

расслоение аорты от места отхождения левой подключичной артерии до левой наружной подвздошной артерии и правой общей подвздошной артерии, и признаки экстравазации контрастного вещества в правую плевральную полость. В венозную фазу, при заполнении контрастом бедренной вены, нижней полой вены, правых предсердия и желудочка, правой и левой легочных артерий, дополнительно отмечено затекание контрастного вещества из нижней полой вены в полость перикарда. При проведении аутопсии были подтверждены переломы ребер и грудины, гидрперикард и разрыв нижней полой вены. Однако при этом отсутствовали признаки прижизненного разрыва нижней полой вены.

На основании собственного опыта проведения порядка 150 подобных посмертных КТ ангиографий и данных литературы авторы указывают на первое такое осложнение. Тем не менее, N. Berger et al. призывают более критически оценивать результаты посмертной КТ ангиографии с целью дифференцировки патологических поражений сосудов и ятрогенных их повреждений [69]. В сомнительных случаях рекомендуется проводить тщательное патологоанатомическое исследование, включая гистологический анализ препаратов.

Однако, по мнению ряда авторов, использование при посмертной КТ ангиографии полиэтиленгликоля, являющегося гиперосмолярным веществом, может способствовать образованию сгустков крови и перемещениям внеклеточной жидкости [41]. С. Jackowski et al. указывают, что проведение ангиографии с внутрисосудистым введением полиэтиленгликоля на модели сердца свиньи сопровождалось интерстициальным отеком миокарда [29]. Имеются также указания и о возможных изменениях ткани почек (коллапс клубочков и расширение капилляров вокруг канальцев) [70]. Последние изменения, на наш взгляд, могли быть также обусловлены первоначальной и непосредственной причиной смерти погибшего 27-летнего мужчины (системный васкулит и острый респираторный дистресс-синдром) [71].

Особого внимания заслуживает исследование S. Higgins et al., посвященное сравнительному микроскопическому изучению ткани печени, почек и миокарда до и после посмертной КТ ангиографии [72]. В основу работы был положен анализ 26 тел 18 мужчин и 8 женщин, погибших в возрасте 23-90 лет вследствие гемоперикарда (n=18) или субарахноидального кровоизлияния (n=8). В качестве контрастного вещества авторы использовали смесь 150 мл рентгеноконтрастного препарата на основе йода (Isovue® 370 mg/ml) и 1700 мл полиэтиленгликоля 200, которую вводили в бедренную артерию. В результате проведенного сравни-

тельного гистологического исследования авторы зарегистрировали потерю клеточного строения на препарате печени в одном наблюдении и наличие эозинофильных внутриклеточных включений также в одном наблюдении. Данные изменения, по мнению авторов, не были связаны с введением контрастного вещества, а были обусловлены аутолизом в первом случае и неспецифическим характером изменений во втором наблюдении [72]. Однако выявленное авторами в одном наблюдении расширение просвета капсулы Боуэна на препарате левой почки было расценено в качестве осложнения проведенной посмертной КТ ангиографии [72].

Другим важным моментом проведения любой посмертной КТ ангиографии, в основном при проведении судебно-медицинского вскрытия, является влияние контрастного вещества на показатели дополнительных методов исследования трупного материала. В литературе имеются данные о влиянии использованных контрастных веществ на биохимические, токсикологические, микробиологические показатели [73-75]. Подобный анализ таких влияний заслуживает, на наш взгляд, отдельного сообщения. Тем не менее, все исследователи рекомендуют максимальное взятие образцов для дополнительных исследований до введения контрастного вещества.

Необходимым условием успешного проведения посмертной КТ ангиографии считается также использование согласованных протоколов исследований. Помимо этого, проводить такое исследование необходимо специалистам, имеющим достаточные знания и опыт по лучевой семиотике тел умерших пациентов и особенностям развития посмертных изменений. В литературе имеются указания о проведении специальных обучающих курсов по рентгенологии для патологоанатомов и введении особой специальности судебно-медицинский рентгенолог [76]. На наш взгляд, наиболее перспективным является совместный анализ полученных томограмм специалистами по лучевой диагностике, врачами-патологоанатомами, а также клиницистами соответствующего профиля.

Таким образом, посмертная КТ ангиография существенным образом расширяет возможности так называемого неинвазивного вскрытия. Использование таргетной посмертной КТ ангиографии позволяет изучить особенности кровоснабжения и выявить патологические изменения сосудов отдельных органов, в частности, ишемической болезни сердца и цереброваскулярных поражений. КТ ангиография всего тела, особенно многоэтапная посмертная КТ ангиография, позволяет визуализировать сердечно-сосудистую систему в целом. Применение КТ ангиографии наиболее эффективно для определения источника и объема внутрен-

него кровотечения, выраженности тромбоза и степени стеноза кровеносных сосудов, вида и распространенности сосудистых мальформаций. Тем не менее, обладая высокой специфичностью и чувствительностью в отношении визуализации летальных кровотечений, посмертная КТ ангиография не может в полной мере заменить традиционное аутопсийное исследование.

Исследование одобрено комитетом по

Список литературы:

1. Krantz P., Holtás S. Postmortem computed tomography in a diving fatality. *J. Comput. As-sist. Tomogr.* 1983; 7: 132-134.
2. Weustink A.C., Hunink M.G., van Dijke C.F., Renken N.S., Krestin G.P., Oosterhuis J.W. Minimally invasive autopsy: an alternative to conventional autopsy? *Radiology.* 2009; 250: 897-904. doi: 10.1148/radiol.2503080421
3. Fan J.K.M., Tong D.K.H., Poon J.T.C., Lo O.S., Beh P.S., Patil N.G., Law W.L. Multimodality minimally invasive autopsy—a feasible and accurate approach to postmortem examination. *Forensic Sci. Int.* 2010; 195: 93-98. DOI: 10.1016/j.forsciint.2009.11.019
4. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Возможности и ограничения виртуальной аутопсии в неонатологии. *REJR.* 2017; 7 (1): 20-33. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-1-20-33
5. O'Donnell C., Woodford N. Post-mortem radiology - a new subspeciality? *Clin. Radiol.* 2008; 63: 1189-1194. doi: 10.1259/bjr.20130468.
6. Щеголев А.И., Туманова У.Н. Роль магнитно-резонансной томографии в определении танатогенеза. *Криминалистика – прошлое, настоящее, будущее: достижения и перспективы развития.* 2014; 369-372.
7. Thali M.J., Yen K., Schweitzer W., Vock P., Boesch C., Ozdoba C. 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. Jackowski C., Warntjes M., Berge J., Bar W., Persson A. Magnetic resonance imaging goes postmortem: noninvasive detection and assessment of myocardial infarction by postmortem MRI. *Eur. Radiol.* 2011; 21: 70-78. doi: 10.1007/s00330-010-1884-6
9. Коков А.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.
10. Poulsen K., Simonsen J. Computed tomography as a routine in connection with medicolegal autopsies. *Forensic Sci. Int.* 2007; 171: 190-197. DOI:10.1016/j.forsciint.2006.05.041
11. O'Donnell C. An image of sudden death: utility of routine postmortem computed tomography scanning in medicolegal autopsy practice. *Diagn. Histopathol.* 2010; 16: 552-555.
12. Wichmann D., Obbelode F., Vogel H., Hoepker W.W., Nierhaus A., Braune S. et al. Virtual autopsy as an alternative to traditional medical autopsy in the intensive care unit: a prospective cohort study. *Ann. Intern. Med.* 2012; 156: 123-130. doi: 10.7326/0003-4819-156-2-201201170-
13. Pomara C., Fineschi V., Scalzo G., Guglielmi G. Virtopsy versus digital autopsy: virtual au-topsy. *Radiol. Med.* 2009; 114: 1367-1382. DOI: 10.1007/s11547-009-0435-1
14. Roberts I.S., Benamore R.E., Benbow Jackson A., Mallett S., Patankar T., Peebles C. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet.* 2012; 379: 136-142. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61483-9
15. Туманова У.Н., Федосеева В.К., Ляпин В.М., Степанов А.В., Воеводин С.М., Щёголев А.И. Посмертная компьютерная томография мертворожденных с костной патологией. *Медицинская визуализация.* 2013; 5: 110-120.
16. Туманова У.Н., Федосеева В.К., Ляпин В.М., Быченко В.Г., Воеводин С.М., Щеголев А.И. Плод-акардиус: посмертная компьютерная и магнитно-резонансная томография. *Диагностическая и интервенционная радиология.* 2016; 2: 23-20.
17. Туманова У.Н., Серова Н.С., Быченко В.Г., Щеголев А.И. Возможности посмертных лучевых исследований для оценки поражений легких. *REJR.* 2018; 8(2): 198-221. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-2-198-221
18. Ruder T.D., Thali M.J., Hatch G.M. Essentials of forensic post-mortem MR imaging in adults. *Br. J. Radiol.* 2014; 87 (1036):20130567. doi: 10.1259/bjr.20130567
19. Aghayev E., Sonnenschein M., Jackowski C., Thali M., Buck U., Yen K. 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: 209-215. DOI: 10.2214/AJR.05.0222
20. Schoenmackers J. Technik der postmortalen angiographie MIT berücksichtigung verwandter methoden postmortaler Gefäßdarstellung. *Ergeb. Allg. Pathol. Anat.* 1960; 39: 53-151.
21. Grabherr S., Grimm J., Baumann P., Mangin P. Application of contrast media in post-mortem imaging (CT and MRI). *Radiol med.* 2015; 120: 824-834. DOI 10.1007/s11547-015-0532-2
22. Grabherr S., Djonov V., Yen K., Thali M.J., Dirnhofner R. Postmortem angiography: review of former and current methods. *AJR.* 2007; 188: 832-838. DOI: 10.2214/AJR.06.0787
23. Segerberg-Kottinen M. Demonstration of esophageal varices postmortem by gastroesophageal phlebography. *J. Forensic Sci.* 1987; 32: 703-710.
24. Yonas H., Boehnke M., Wolfson S. Radiopaque silicone rubber and xeroradiography for the high-resolution visualization of the cerebral vasculature. *Surg. Neurol.* 1982; 17: 130-131.

этике ФГБУ “Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова” Минздрава России (протокол № 25 от 22.06.2012).

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

25. Winchester D.E., Wymer D.C., Shifrin R.Y., Kraft S.M., Hill J.A. Responsible use of computed tomography in the evaluation of coronary artery disease and chest pain. *Mayo Clin. Proc.* 2010; 85: 358-364. doi: 10.4065/mcp.2009.0652
26. Foote G.A., Wilson A.J., Steward J.H. Perinatal post-mortem radiography: experience with 2500 cases. *Br. J. Radiol.* 1978; 51: 351-356.
27. Grabherr S., Doenz F., Steger B., Dirnhofer R., Dominguez A., Sollberger B. et al. Multi-phase post-mortem CT-angiography development of a standardized protocol. *Int. J. Leg. Med.* 2011; 125: 791-802. DOI: 10.1007/s00414-010-0526-5
28. Saunders S.L., Morgan B., Raj V., Robinson C.E., Rutty G.N. Targeted post-mortem computed tomography cardiac angiography: proof of concept. *Int. J. Leg. Med.* 2011; 125: 609-616. doi: 10.1007/s00414-011-0559-4
29. Jackowski C., Bolliger S., Aghayev E., Christe A., Kilchoer T., Aebi B. et al. Reduction of postmortem angiography-induced tissue edema by using polyethylene glycol as a contrast agent dissolver. *J. Forensic Sci.* 2006; 51: 1134-1137. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2006.00207.x
30. Grabherr S., Hess A., Karolczak M., Thali M.J., Friess S., Kalender W. et al. Angiofil-mediated visualization of the vascular system by microcomputed tomography: a feasibility study. *Microsc Res Tech.* 2008; 71: 551-556. doi: 10.1002/jemt.20585
31. Ross S., Spendlove D., Bolliger S., Christe A., Oesterhelweg L., Grabherr S. et al. Postmortem whole-body CT angiography: evaluation of two contrast media solutions. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 190: 1380-1389. doi: 10.2214/AJR.07.3082
32. Roberts I.S., Benamore R.E., Peebles C., Roobottom C., Traill Z.C. Technical report: diagnosis of coronary artery disease using minimally invasive autopsy: evaluation of a novel method of post-mortem coronary CT angiography. *Clin. Radiol.* 2011; 66: 645-650. doi: 10.1016/j.crad.2011.01.007
33. Morgan B., Biggs M.J., Barber J., Raj V., Amoroso J., Hollingbury F.E. et al. Accuracy of targeted post-mortem computed tomography coronary angiography compared to assessment of serial histological sections. *Int. J. Legal. Med.* 2013; 127: 809-817. doi: 10.1007/s00414-012-0790-7
34. Jackowski C., Thali M.J., Sonnenschein M., Aghayev E., von Allmen G., Yen K. et al. Vir-topsy: postmortem minimally invasive angiography using cross section techniques - implementation and preliminary results. *J. Forensic Sci.* 2005; 50: 1175-1186.
35. Sakamoto N., Senoo S., Kamimura Y., Uemura K. Case report: cardiopulmonary arrest on arrival case which underwent contrastenhanced postmortem CT. *J. Jap. Assoc. Acute. Med.* 2009; 30: 114-115.
36. Okuda T., Shiotani S., Sakamoto N., Kobayashi T. Background and current status of post-mortem imaging in Japan: short history of «Autopsy imaging (Ai)». *Forensic Sci Int.* 2013; 225: 3-8. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.03.010
37. Kominato Y., Fujikura T., Hata Y., Matsui K., Takizawa H. A case of postoperative hemorrhage after a hysterectomy in which a bleeding point of the left uterine artery was identified by postmortem angiography. *Leg. Med. (Tokyo).* 2004; 6: 187-189. DOI: 10.1016/j.legalmed.2004.01.002
38. Michaud K., Grabherr S., Doenz F., Mangin P. Evaluation of postmortem MDCT and MDCT-angiography for the investigation of sudden death related atherosclerotic coronary artery disease. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2012; 28: 1807-1822. DOI 10.1007/s10554-012-0012-x
39. Kennedy D.W., Laing C.J., Tseng L.H., Rosenblum D.I., Tamarkin S.W. Detection of active gastrointestinal hemorrhage with CT angiography: a 4(1/2)-year retrospective review. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2010; 21: 848-855. DOI: 10.1016/j.jvir.2010.01.039
40. Deo R., Albert C.M. Epidemiology and genetics of sudden cardiac death. *Circulation.* 2010; 125: 620-637. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.023838
41. Ross S.G., Bolliger S.A., Ampanozi G., Oesterhelweg L., Thali M.J., Flach P.M. Postmortem CT angiography: capabilities and limitations in traumatic and natural causes of death. *Radiographics.* 2014; 34: 830-846. DOI: 10.1148/rg.343115169
42. Inokuchi G., Yajima D., Hayakawa M., Motomura A., Chiba F., Torimitsu S. et al. Postmortem dynamic cerebral angiography for detecting aneurysm and bleeding sites in cases of subarachnoid hemorrhage. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2014; 10: 487-495. DOI: 10.1007/s12024-014-9572-5
43. Pomara C., Bello S., Serinelli S., Fineschi V. A rare and lethal case of right common carotid pseudoaneurysm following whiplash trauma. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2015; 11: 69-73. DOI: 10.1007/s12024-014-9629-5
44. Туманова У.Н., Серова Н.С., Щеголев А.И. Применение посмертной МРТ для диагностики поражений головного мозга у плодов и новорожденных. *REJR.* 2017; 7(3): 8-22. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-3-8-22
45. Filograna L., Flach P.M., Bolliger S.A., Thali M.J. The role of post-mortem CT (PMCT) imaging in the diagnosis of pericardial tamponade due to hemopericardium: a case report. *Leg. Med. Tokyo.* 2014; 16: 150-153. DOI: 10.1016/j.legalmed.2014.02.004
46. Bello S., Neri M., Grilli G., Pascale N., Pomara C., Riez-zo I. et al. Multiphase postmortem CT-angiography (MPMCTA) is a very significant tool to explain cardiovascular pathologies. A sudden cardiac death case. *Exp. Clin. Cardiol.* 2014; 20: 1419-1430.
47. Palmiere C., Binaghi S., Doenz F., Bize P., Chevallier C., Mangin P., Grabherr S. Detection of hemorrhage source: the diagnostic value of post-mortem CT-angiography. *Forensic Sci. Int.* 2012; 222: 33-39. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.04.031
48. Vogel B., Heinemann A., Gehl A., Hasegawa I., Höpker W.W., Poodendaen C. et al. Post-mortem computed tomography (PMCT) and PMCT-angiography after transvascular cardiac interventions. *Arch. Med. Sadowej Kryminol.* 2013; 63: 255-266. DOI: 23750
49. Vogel B., Heinemann A., Tzikas A., Poodendaen C., Gulbins H., Reichensperner H. et al. Post-mortem computed tomography (PMCT) and PMCT-angiography after cardiac surgery. Possibilities and limits. *Arch. Med. Sadowej Kryminol.* 2013; 63: 155-171. DOI: 23733
50. Шевченко О.П., Мишнев О.Д., Трусов О.А., Мазаев В.П., Шевченко О.А., Слестникова И.Д. и др. Атлас ишемической болезни сердца. М., 2003.
51. Palmiere C., Lobrinus J.A., Mangin P., Grabherr S. Detection of coronary thrombosis after multiphase postmortem CT-angiography. *Leg. Med. (Tokyo).* 2013; 15: 12-18. DOI: 10.1016/j.legalmed.2012.08.005
52. Туманова У.Н., Щёголев А.И. Посмертная магнитно-резонансная томография плодов и новорожденных. *Медицинская визуализация.* 2015; 5: 128-136.

53. Troxler K., Minoiu C., Vaucher P., Michaud K., Doenz F., Ducrot K., Grabherr S. The role of angiography in the congruence of cardiovascular measurements between autopsy and postmortem imaging. *Int. J. Legal. Med.* 2018; 132: 249-262. DOI 10.1007/s00414-017-1652-0
54. Jotterand M., Doenz F., Grabherr S., Faouzi M., Boone S., Mangin P., Michaud K. The car-diothoracic ratio on post-mortem computer tomography. *Int. J. Legal. Med.* 2016; 130: 1309-1313. doi:10.1007/s00414-016-1328-1
55. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Фролова О.Г. Региональные особенности мертворож-даемости в Российской Федерации. Актуальные вопросы судебно-медицинской экспертизы и экспертной практики в региональных бюро судебно-медицинской экспертизы на современном этапе. Рязань, 2013: 163-169.
56. Щеголев А.И., Павлов К.А., Дубова Е.А., Фролова О.Г. Ранняя неонатальная смертность в Российской Федерации в 2010 г. *Архив патологии.* 2013; 4: 15-19.
57. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Буров А.А., Подуровская Ю.А., Зарецкая Н.В., Быченко В.Г. и др. VACTERL ассоциация у новорожден-ного: посмертная КТ и МРТ визуализация при патологоанатомическом исследовании. *REJR* 2017; 7(2):191-208. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-2-191-208
58. Russell G.A., Berry P.J. Post mortem radiology in children with congenital heart disease. *J Clin. Pathol.* 1988; 41: 830-836.
59. Grønvall J., Graem N. Radiography in post-mortem examinations of fetuses and neonates. Findings on plain films and at arteriography. *APMIS* 1989; 97: 274-280.
60. Votino C., Cannie M., Segers V., Dobrescu O., Dessy H., Gallo V. et al. Virtual autopsy by computed tomographic angiography of the fetal heart: a feasibility study. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2012; 39: 679-684. DOI: 10.1002/uog.11150
61. Puranik R., Gray B., Lackey H., Yeates L., Parker G., Duflo J., Semsarian C. Comparison of conventional autopsy and magnetic resonance imaging in determining the cause of sud-den death in the young. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2014; 16: 44. DOI: 10.1186/1532-429X-16-44
62. Pomara C., Bello S., Grilli G., Guglielmi G., Turillazzi E. Multi-phase postmortem CT an-giography (MPMCTA): a new axillary approach suitable in fatal thromboembolism. *Radiol. Med.* 2015; 120: 670-673. doi:10.1007/s11547-014-0467-z
63. Burke M.P., Bedford P., Baber Y. Can forensic pathologists diagnose pulmonary throm-boembolism on postmortem computed tomography pulmonary angiography? *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 2014; 35: 124-131. doi: 10.1097/PAF.0000000000000086.
64. Wichmann D., Heinemann A., Weinberg C., Vogel H., Hoepker W.W., Grabherr S. et al. Virtual autopsy with multi-phase postmortem computed tomographic angiography versus traditional medical autopsy to investigate unexpected deaths of hospitalized patients. *Ann. Intern. Med.* 2014; 160: 534-541. doi: 10.7326/M13-2211
65. Chevallier C., Doenz F., Vaucher P., Palmiere C., Dominguez A., Binaghi S. et al. Postmor-tem computed tomogra-phy angiography vs. conventional autopsy: advantages and in-conveniences of each method. *Int. J. Legal. Med.* 2013; 127: 981-989. DOI 10.1007/s00414-012-0814-3
66. Zerlauth J.B., Doenz F., Dominguez A., Palmiere C., Usk'e A., Meuli R. et al. Surgical in-terventions with fatal out-come: utility of multi-phase postmortem CT angiography. *Forensic Sci. Int.* 2013; 225: 32-41. doi:10.1016/j.forsciint.2012.05.013
67. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Лучевая визуализация неспецифических посмертных изменений сердечно-сосудистой системы. *Судебно-медицинская экспертиза.* 2016; 5: 59-63. DOI: 10.17116/sudmed2016595559-63.
68. Bruguier C., Mosimann P.J., Vaucher P., Uské A., Doenz F., Jackowski C. et al. Multi-phase postmortem CT angiography: recognizing technique-related artefacts and pitfalls. *Int. J. Le-gal. Med.* 2013; 127: 639-652. doi: 10.1007/s00414-013-0840-9
69. Berger N., Martinez R., Winkhofer S., Flach P.M., Ross S., Ampanozi G. et al. Pitfalls in post-mortem CT-angiography – intravascular contrast induces post-mortem pericardial effu-sion. *Leg. Med.* 2013; 15: 315-317. doi: 10.1016/j.legalmed.2013.07.001
70. Capuani C., Guilbeau-Frugier C., Mokrane F.Z., Delisle M.B., Marcheix B., Rousseau H. et al. Tissue microscopic changes and artefacts in multiphase postmortem computed tomogra-phy angiography in a hospital setting: a fatal case of systemic vasculitis. *Forensic Sci. Int.* 2014; 242: e12–e17. doi:10.1016/j.forsciint.2014.06.039
71. Мишинёв О.Д., Щёголев А.И. Патологическая анатомия ОРДС. Острый респиратор-ный дистресс-синдром. Под ред. Б.П. Гельфанда, В.А. Кассиля. М., Лит-терра. 2007; 48-67.
72. Higgins S., Parsons S., Woodford N., Lynch M., Briggs C., O'Donnell C. The effect of post-mortem computed tomography angiography (PMCTA) using water-soluble, iodine-based radio-graphic contrast on histological analysis of the liver, kidneys and left ventricle of the heart. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2017; 13: 317-327. DOI 10.1007/s12024-017-9871-8
73. Grabherr S., Widmer C., Iglesias K., Sporkert F., Augsb-urger M., Mangin P., Palmiere C. Postmortem biochemistry per-formed on vitreous humor after postmortem CT-angiography. *Leg. Med.* 2012; 14: 297-303. doi: 10.1016/j.legalmed.2012.04.010
74. Rutty G.N., Smith P., Barber J., Amorosa J., Morgan B. The effect on toxicology, biochem-istry and immunology investi-gations by the use of targeted post-mortem computed tomogra-phy angiography. *Forensic Sci. Int.* 2013; 225: 42-47. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.05.012
75. Palmiere C., Egger C., Grabherr S., Jatou-Ogay K., Greub G. Postmortem angiography using femoral cannulation and postmortem microbiology. 2015; 129: 861-867. doi: 10.1007/s00414-014-1099-5
76. Schneider B., Chevallier C., Dominguez A., Bruguier C., Elandoy C., Mangin P. et al. The forensic radiographer: a new member in the medicolegal team. *Am. J. Forensic. Med. Pathol.* 2012; 33: 30-36. doi: 10.1097/ PAF.0b013e31820c6aa3

References:

1. Krantz P., Holtás S. Postmortem computed tomography in a diving fatality. *J. Comput. As-sist. Tomogr.* 1983; 7: 132-134.
2. Weustink A.C., Hunink M.G., van Dijke C.F., Renken N.S., Krestin G.P., Oosterhuis J.W. Minimally invasive autopsy: an alternative to conventional autopsy? *Radiology.* 2009; 250: 897-904. doi: 10.1148/radiol.2503080421
3. Fan J.K.M., Tong D.K.H., Poon J.T.C., Lo O.S., Beh P.S., Patil N.G., Law W.L. Multimo-dality minimally invasive autopsy—a feasible and accurate approach to postmortem examination. *Forensic Sci. Int.* 2010; 195: 93-98. DOI: 10.1016/j.forsciint.2009.11.019
4. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Possibilities and limitations of virtual autopsy in neona-tology. *REJR.* 2017; 7 (1): 20-33. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-1-20-33 (in Russian)
5. O'Donnell C., Woodford N. Post-mortem radiology - a new subspeciality? *Clin. Radiol.* 2008; 63: 1189-1194. doi: 10.1259/bjr.20130468.
6. Shchegolev A.I., Tumanova U.N. Role of magnetic resonance imaging in tanatogenesis de-termining. *Kriminalistika - proshloe, nastojashhee, budushhee: dostizhenija i perspektivy razvitija. M., 2014: 369-372. (in Russian)*
7. Thali M.J., Yen K., Schweitzer W., Vock P., Boesch C., Ozdoba C. 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. Jackowski C., Warntjes M., Berge J., Bar W., Persson A. Magnetic resonance imaging goes postmortem: noninvasive detection and assessment of myocardial infarction by postmortem MRI. *Eur. Radiol.* 2011; 21: 70-78. doi: 10.1007/s00330-010-1884-6
9. Kokov L.S., Kinle A.F., Sinitsyn V.E., Filimonov B.A. Possibilities of postmortem imaging in forensic examination of a corpse: critical analysis and literature review. *Consilium Medicum.* 2015; Suppl.: 4-26. (in Russian)
10. Poulsen K., Simonsen J. Computed tomography as a routine in connection with medicolegal autopsies. *Forensic Sci. Int.* 2007; 171: 190-197. DOI:10.1016/j.forsciint.2006.05.041
11. O'Donnell C. An image of sudden death: utility of routine postmortem computed tomogra-phy scanning in medicolegal autopsy practice. *Diagn. Histopathol.* 2010; 16: 552-555.
12. Wichmann D., Obbelode F., Vogel H., Hoepker W.W., Nierhaus A., Braune S. et al. Virtual autopsy as an alternative to traditional medical autopsy in the intensive care unit: a prospective cohort study. *Ann. Intern. Med.* 2012; 156: 123-130. doi: 10.7326/0003-4819-156-2-201201170-
13. Pomara C., Fineschi V., Scalzo G., Guglielmi G. Virtopsy versus digital autopsy: virtual au-topsy. *Radiol. Med.* 2009; 114: 1367-1382. DOI: 10.1007/s11547-009-0435-1
14. Roberts I.S., Benamore R.E., Benbow Jackson A., Mallett S., Patankar T., Peebles C. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet.* 2012; 379: 136-142. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61483-9
15. Tumanova U.N., Fedoseeva V.K., Liapin V.M., Stepanov A.V., Voevodin S.M., Shchyogo-lev A.I. Computed Tomography of Stillborn with Bone Pathology. *Medicinskaja vizualizaci-ja.* 2013; 5: 110-120 (in Russian)
16. Tumanova U.N., Fe-doseeva V.K., Lyapin V.M., Bychenko V.G., Voevodin S.M., Shchego-lev A.I. Acardiac fe-tus: postmortem computed and magnetic resonance tomography imag-ing. *Diagnosticheskaja i intervencionnaja radiologija.* 2016; 2: 23-20 (in Russian)
17. Tumanova U.N., Serova N.S., Bychenko V.G., Shchego-lev A.I. Possibilities of postmortem radiological studies for evaluation of lung le-sions. *REJR* 2018; 8 (2):198-221. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-2-198-221
18. Ruder T.D., Thali M.J., Hatch G.M. Essentials of forensic post-mortem MR imaging in adults. *Br. J. Radiol.* 2014; 87 (1036):20130567. doi: 10.1259/bjr.20130567
19. Aghayev E., Sonnenschein M., Jackowski C., Thali M., Buck U., Yen K. 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: 209-215. DOI: 10.2214/AJR.05.0222
20. Schoenmackers J. Technik der postmortalen angiographie MIT berücksichtigung verwandter methoden postmortaler Gefäßdarstellung. *Ergeb. Allg. Pathol. Anat.* 1960; 39: 53-151.
21. Grabherr S., Grimm J., Baumann P., Mangin P. Application of contrast media in post-mortem imaging (CT and MRI). *Radiol med.* 2015; 120: 824-834. DOI 10.1007/s11547-015-0532-2
22. Grabherr S., Djonov V., Yen K., Thali M.J., Dirnhofer R. Postmortem angiography: review of former and current methods. *AJR.* 2007; 188: 832-838. DOI: 10.2214/AJR.06.0787
23. Segerberg-Kottinen M. Demonstration of esophageal varices postmortem by gastroeosopha-geal phlebography. *J. Forensic Sci.* 1987; 32: 703-710.
24. Yonas H., Boehnke M., Wolfson S. Radiopaque silicone rubber and xeroradiography for the high-resolution visualization of the cerebral vasculature. *Surg. Neurol.* 1982; 17: 130-131.
25. Winchester D.E., Wymer D.C., Shifrin R.Y., Kraft S.M., Hill J.A. Responsible use of com-puted tomography in the evaluation of coronary artery disease and chest pain. *Mayo Clin. Proc.* 2010; 85: 358-364. doi: 10.4065/mcp.2009.0652
26. Foote G.A., Wilson A.J., Steward J.H. Perinatal post-mortem radiography: experience with 2500 cases. *Br. J. Radiol.* 1978; 51: 351-356.
27. Grabherr S., Doenz F., Steger B., Dirnhofer R., Dominguez A., Sollberger B. et al. Multi-phase post-mortem CT-angiography development of a standardized protocol. *Int. J. Leg. Med* 2011; 125: 791-802. DOI: 10.1007/s00414-010-0526-5
28. Saunders S.L., Morgan B., Raj V., Robinson C.E., Ruttly G.N. Targeted post-mortem com-puted tomography cardiac angiography: proof of concept. *Int. J. Leg. Med.* 2011; 125: 609-616. doi: 10.1007/s00414-011-0559-4
29. Jackowski C., Bolliger S., Aghayev E., Christe A., Kilchoer T., Aebi B. et al. Reduction of postmortem angiography-induced tissue edema by using polyethylene glycol as a contrast agent dissolver. *J. Forensic Sci.* 2006; 51: 1134-1137. DOI: 10.1111/j.1556-4029.2006.00207.x
30. Grabherr S., Hess A., Karolczak M., Thali M.J., Friess S., Kalender W. et al. Angiofil-mediated visualization of the vascular system by microcomputed tomography: a feasibility study. *Microsc Res Tech.* 2008; 71: 551-556. doi: 10.1002/jemt.20585

31. Ross S., Spendlove D., Bolliger S., Christe A., Oesterhelweg L., Grabherr S. et al. Postmortem whole-body CT angiography: evaluation of two contrast media solutions. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 190: 1380-1389. doi: 10.2214/AJR.07.3082
32. Roberts I.S., Benamore R.E., Peebles C., Roobottom C., Traill Z.C. Technical report: diagnosis of coronary artery disease using minimally invasive autopsies: evaluation of a novel method of post-mortem coronary CT angiography. *Clin. Radiol.* 2011; 66: 645-650. doi: 10.1016/j.crad.2011.01.007
33. Morgan B., Biggs M.J., Barber J., Raj V., Amoroso J., Hollingbury F.E. et al. Accuracy of targeted post-mortem computed tomography coronary angiography compared to assessment of serial histological sections. *Int. J. Legal. Med.* 2013; 127: 809-817. doi: 10.1007/s00414-012-0790-7
34. Jackowski C., Thali M.J., Sonnenschein M., Aghayev E., von Allmen G., Yen K. et al. Vir-topsy: postmortem minimally invasive angiography using cross section techniques - implementation and preliminary results. *J. Forensic Sci.* 2005; 50: 1175-1186.
35. Sakamoto N., Senoo S., Kamimura Y., Uemura K. Case report: cardiopulmonary arrest on arrival case which underwent contrastenhanced postmortem CT. *J. Jap. Assoc. Acute. Med.* 2009; 30: 114-115.
36. Okuda T., Shiotani S., Sakamoto N., Kobayashi T. Background and current status of post-mortem imaging in Japan: short history of «Autopsy imaging (Ai)». *Forensic Sci Int.* 2013; 225: 3-8. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.03.010
37. Kominato Y., Fujikura T., Hata Y., Matsui K., Takizawa H. A case of postoperative hemorrhage after a hysterectomy in which a bleeding point of the left uterine artery was identified by postmortem angiography. *Leg. Med. (Tokyo).* 2004; 6: 187-189. DOI: 10.1016/j.legalmed.2004.01.002
38. Michaud K., Grabherr S., Doenz F., Mangin P. Evaluation of postmortem MDCT and MDCT-angiography for the investigation of sudden death related atherosclerotic coronary artery disease. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2012; 28: 1807-1822. DOI 10.1007/s10554-012-0012-x
39. Kennedy D.W., Laing C.J., Tseng L.H., Rosenblum D.I., Tamarkin S.W. Detection of active gastrointestinal hemorrhage with CT angiography: a 4(1/2)-year retrospective review. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2010; 21: 848-855. DOI: 10.1016/j.jvir.2010.01.039
40. Deo R., Albert C.M. Epidemiology and genetics of sudden cardiac death. *Circulation.* 2010; 125: 620-637. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.023838
41. Ross S.G., Bolliger S.A., Ampanozi G., Oesterhelweg L., Thali M.J., Flach P.M. Postmortem CT angiography: capabilities and limitations in traumatic and natural causes of death. *Radiographics.* 2014; 34: 830-846. DOI: 10.1148/rg.343115169
42. Inokuchi G., Yajima D., Hayakawa M., Motomura A., Chiba F., Torimitsu S. et al. Postmortem dynamic cerebral angiography for detecting aneurysm and bleeding sites in cases of subarachnoid hemorrhage. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2014; 10: 487-495. DOI: 10.1007/s12024-014-9572-5
43. Pomara C., Bello S., Serinelli S., Fineschi V. A rare and lethal case of right common carotid pseudoaneurysm following whiplash trauma. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2015; 11: 69-73. DOI: 10.1007/s12024-014-9629-5
44. Туманова У.Н., Серова Н.С., ШегOLEV А.И. Применение посмертной МРТ для диагностики поражений головного мозга у плодов и новорожденных. *REJR.* 2017; 7(3): 8-22. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-3-8-22 Tumanova U.N., Serova N.S., Shchegolev A.I. Use of the postmortem MRI for the cerebral lesions diagnosis in the fetuses and newborns *REJR.* 2017; 7(3): 8-22. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-3-8-22 (in Russian).
45. Filograna L., Flach P.M., Bolliger S.A., Thali M.J. The role of post-mortem CT (PMCT) imaging in the diagnosis of pericardial tamponade due to hemopericardium: a case report. *Leg. Med. Tokyo.* 2014; 16: 150-153. DOI: 10.1016/j.legalmed.2014.02.004
46. Bello S., Neri M., Grilli G., Pascale N., Pomara C., Riez-zo I. et al. Multiphase postmortem CT-angiography (MPMCTA) is a very significant tool to explain cardiovascular pathologies. A sudden cardiac death case. *Exp. Clin. Cardiol.* 2014; 20: 1419-1430.
47. Palmiere C., Binaghi S., Doenz F., Bize P., Chevallier C., Mangin P., Grabherr S. Detection of hemorrhage source: the diagnostic value of post-mortem CT-angiography. *Forensic Sci. Int.* 2012; 222: 33-39. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.04.031
48. Vogel B., Heinemann A., Gehl A., Hasegawa I., Höpker W.W., Poodendaen C. et al. Post-mortem computed tomography (PMCT) and PMCT-angiography after transvascular cardiac interventions. *Arch. Med. Sadowej Kryminol.* 2013; 63: 255-266. DOI: 23750
49. Vogel B., Heinemann A., Tzikas A., Poodendaen C., Gulbins H., Reichenspurner H. et al. Post-mortem computed tomography (PMCT) and PMCT-angiography after cardiac surgery. Possibilities and limits. *Arch. Med. Sadowej Kryminol.* 2013; 63: 155-171. DOI: 23733
50. Shevtchenko O.P., Trusov O. A., Mazaev V. P., Shevtchenko O. A., Slastnikova I. D. et al. Atlas of ischemic heart disease. M., 2003.
51. Palmiere C., Lobrinus J.A., Mangin P., Grabherr S. Detection of coronary thrombosis after multiphase postmortem CT-angiography. *Leg. Med. (Tokyo).* 2013; 15: 12-18. DOI: 10.1016/j.legalmed.2012.08.005
52. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. ЩЕГОЛЕV А. И. Post-mortem Magnetic Resonance Tomography of Fetuses and Newborns. *Medicinskaja vizualizacija* 2015; 5: 128-136. (in Russian)
53. Troxler K., Minoiu C., Vaucher P., Michaud K., Doenz F., Ducrot K., Grabherr S. The role of angiography in the congruence of cardiovascular measurements between autopsy and postmortem imaging. *Int. J. Legal. Med.* 2018; 132: 249-262. DOI 10.1007/s00414-017-1652-0
54. Jotterand M., Doenz F., Grabherr S., Faouzi M., Boone S., Mangin P., Michaud K. The cardiothoracic ratio on post-mortem computer tomography. *Int. J. Legal. Med.* 2016; 130: 1309-1313. doi:10.1007/s00414-016-1328-1
55. Shchegolev A.I., Tumanova U.N., Frolova O.G. Regional features of stillbirth in the Russian Federation. *Aktual'nye voprosy sudebno-medicinskoj jekspertizy i jekspertnoj praktiki v regional'nyh bjuro sudebno-medicinskoj jekspertizy na sovremennom jetape. Rjazan'.* 2013: 163-169 (in Russian)
56. Shchegolev A.I., Pavlov K.A., Dubova E.A., Frolova O.G. Early neonatal mortality in the Russian Federation in 2010. *Arhiv patologii.* 2013; 4: 15-19 (in Russian).
57. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Burov A.A., Podurovskaya Yu. L., Zaretska-ya N.V., Vy-chenko V.G. et al. VACTERL association of newborn: postmortem ct and mri imag-

ing for autopsy. REJR 2017; 7 (2):191-208. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-2-191-208 (in Russian)

58. Russell G.A., Berry P.J. Post mortem radiology in children with congenital heart disease. *J Clin. Pathol.* 1988; 41: 830-836.

59. Grønvall J., Graem N. Radiography in post-mortem examinations of fetuses and neonates. Findings on plain films and at arteriography. *APMIS* 1989; 97: 274-280.

60. Votino C., Cannie M., Segers V., Dobrescu O., Dessy H., Gallo V. et al. Virtual autopsy by computed tomographic angiography of the fetal heart: a feasibility study. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2012; 39: 679-684. DOI: 10.1002/uog.11150

61. Puranik R., Gray B., Lackey H., Yeates L., Parker G., Duflo J., Semsarian C. 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

62. Pomara C., Bello S., Grilli G., Guglielmi G., Turillazzi E. Multi-phase postmortem CT angiography (MPMCTA): a new axillary approach suitable in fatal thromboembolism. *Radiol. Med.* 2015; 120: 670-673. doi:10.1007/s11547-014-0467-z

63. Burke M.P., Bedford P., Baber Y. Can forensic pathologists diagnose pulmonary thromboembolism on postmortem computed tomography pulmonary angiography? *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 2014; 35: 124-131. doi: 10.1097/PAF.0000000000000086.

64. Wichmann D., Heinemann A., Weinberg C., Vogel H., Hoepker W.W., Grabherr S. et al. Virtual autopsy with multi-phase postmortem computed tomographic angiography versus traditional medical autopsy to investigate unexpected deaths of hospitalized patients. *Ann. Intern. Med.* 2014; 160: 534-541. doi: 10.7326/M13-2211

65. Chevallier C., Doenz F., Vaucher P., Palmiere C., Dominguez A., Binaghi S. et al. Postmortem computed tomography angiography vs. conventional autopsy: advantages and inconveniences of each method. *Int. J. Legal. Med.* 2013; 127: 981-989. DOI 10.1007/s00414-012-0814-3

66. Zerlauth J.B., Doenz F., Dominguez A., Palmiere C., Uské A., Meuli R. et al. Surgical interventions with fatal outcome: utility of multi-phase postmortem CT angiography. *Forensic Sci. Int.* 2013; 225: 32-41. doi:10.1016/j.forsciint.2012.05.013

67. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Radiation diagnosis of nonspecific postmortem changes in the cardiovascular system. *Sudebno-medicinskaja jekspertiza.* 2016; 5: 59-63. DOI:

10.17116/sudmed2016595559-63 (in Russian).

68. Bruguier C., Mosimann P.J., Vaucher P., Uské A., Doenz F., Jackowski C. et al. Multi-phase postmortem CT angiography: recognizing technique-related artefacts and pitfalls. *Int. J. Legal. Med.* 2013; 127: 639-652. doi: 10.1007/s00414-013-0840-9

69. Berger N., Martinez R., Winklhofer S., Flach P.M., Ross S., Ampanozi G. et al. Pitfalls in post-mortem CT-angiography – intravascular contrast induces post-mortem pericardial effusion. *Leg. Med.* 2013; 15: 315-317. doi: 10.1016/j.legalmed.2013.07.001

70. Capuani C., Guilbeau-Frugier C., Mokrane F.Z., Delisle M.B., Marcheix B., Rousseau H. et al. Tissue microscopic changes and artefacts in multiphase postmortem computed tomography angiography in a hospital setting: a fatal case of systemic vasculitis. *Forensic Sci. Int.* 2014; 242: e12-e17. doi:10.1016/j.forsciint.2014.06.039

71. Mishnev O.D., Shchegolev A.I. Patologicheskaya anatomiya ORDS. Ostryj respiratornyj distress-sindrom. *Pod red. B.R. Gel'fanda, V.L. Kassilya. -M.: Litterra, 2007; 48-67 (in Russian).*

72. Higgins S., Parsons S., Woodford N., Lynch M., Briggs C., O'Donnell C. The effect of post-mortem computed tomography angiography (PMCTA) using water-soluble, iodine-based radiographic contrast on histological analysis of the liver, kidneys and left ventricle of the heart. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2017; 13: 317-327. DOI 10.1007/s12024-017-9871-8

73. Grabherr S., Widmer C., Iglesias K., Sporkert F., Augsburger M., Mangin P., Palmiere C. Postmortem biochemistry performed on vitreous humor after postmortem CT-angiography. *Leg. Med.* 2012; 14: 297-303. doi: 10.1016/j.legalmed.2012.04.010

74. Ruttly G.N., Smith P., Barber J., Amorosa J., Morgan B. The effect on toxicology, biochemistry and immunology investigations by the use of targeted post-mortem computed tomography angiography. *Forensic Sci. Int.* 2013; 225: 42-47. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.05.012

75. Palmiere C., Egger C., Grabherr S., Jatton-Ogay K., Greub G. Postmortem angiography using femoral cannulation and postmortem microbiology. 2015; 129: 861-867. doi: 10.1007/s00414-014-1099-5

76. Schneider B., Chevallier C., Dominguez A., Bruguier C., Elandoy C., Mangin P. et al. The forensic radiographer: a new member in the medicolegal team. *Am. J. Forensic. Med. Pathol.* 2012; 33: 30-36. doi: 10.1097/PAF.0b013e31820c6aa3.