

## ВОЗМОЖНОСТИ ПОСМЕРТНЫХ ЛУЧЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОРАЖЕНИЙ ЛЕГКИХ

Туманова У.Н.<sup>1</sup>, Серова Н.С.<sup>2</sup>, Быченко В.Г.<sup>1</sup>, Щеголев А.И.<sup>1</sup>

**Цель исследования.** Приведены данные литературы и результаты собственных исследований, отражающие возможности применения лучевых методов исследования для анализа поражений легких умерших больных.

Показано, что посмертная компьютерная томография (КТ) позволяет четко выявить костные аномалии грудной клетки, а также установить наличие, точную локализацию и объем скоплений газа и воздуха, включая пневмоторакс. Приведены данные литературы о сопоставлении посмертных КТ-характеристик легких, включая плотность их ткани, с данными гистологического изучения препаратов легких и причин смерти взрослых пациентов. Отмечено, что для выявления патологии легких у погибших плодов и умерших новорожденных целесообразней проведение посмертной магнитно-резонансной томографии (МРТ). Показаны возможности посмертной МРТ для диагностики врожденной пневмонии, кровоизлияний в легочную ткань, отека легких, гидроторакса, а также для дифференциальной диагностики мертворождения и смерти живого новорожденного. Указаны дифференциально-диагностические признаки тромбоэмболии легочных артерий и посмертных сгустков крови. Описаны возможности посмертной КТ и МРТ для неинвазивного определения размеров и массы легких, в том числе для оценки гипоплазии легких у новорожденных с врожденной диафрагмальной грыжей.

Сделан вывод, что посмертные лучевые методы исследования могут быть использованы для анализа поражений легких и выяснения причин смерти. Для полноценного анализа рекомендуется комбинированное использование КТ и МРТ. Подчеркнуто, что посмертное лучевое исследование не может являться альтернативой патологоанатомического и судебно-медицинского вскрытия. Лучевые методы следует использовать в качестве дополнения к аутопсии, в том числе как своеобразного «гида-проводника» для лучшего определения патологических процессов во время вскрытия.

**Ключевые слова:** аутопсия, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), легкие.

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 посмертных лучевых исследований для оценки поражений легких. REJR 2018; 8(2):198-221. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-2-198-221.

Статья получена: 29.01.2018

Статья принята: 09.03.2018

1- ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова» Минздрава России.  
2- ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Минздрава России.  
г. Москва, Россия.

## POSSIBILITIES OF POSTMORTEM RADIOLOGICAL STUDIES FOR EVALUATION OF LUNG LESIONS

Tumanova U.N.<sup>1</sup>, Serova N.S.<sup>2</sup>, Bychenko V.G.<sup>1</sup>, Shchegolev A.I.<sup>1</sup>

**Purpose.** The literature data and the results of our own research, which demonstrate the possibilities of using radiological research methods for the analysis of the lungs lesions in deceased patients, are presented. It is shown that the postmortem computed tomography (CT) allows to identify abnormalities of the chest bones, as well as to establish the presence, precise localization and volume of gas and air accumulations, including pneumothorax. The literature data on the comparison of postmortem CT lung characteristics, including the density of their tissue, with data of histological examination of lung preparations and causes of death in adult patients, are presented. It is noted that postmortem magnetic resonance imaging (MRI) is more expedient for the detection of the lungs pathology in dead fetuses and deceased newborns. The possibilities of postmortem MRI for the diagnosis of congenital pneumonia, hemorrhages in the lung tissue, pulmonary edema, hydrothorax, as well as for differential diagnosis of stillbirth and the death of a living newborn are shown. Differential diagnostic signs of pulmonary artery thromboembolism and postmortem blood clots are indicated. The possibilities of postmortem CT and MRI for non-invasive determination of the sizes and weight of the lungs, including for assessment of pulmonary hypoplasia in newborns with congenital diaphragmatic hernia, are described.

It is concluded that the postmortem radiological methods of investigation can be used to analyze of the lung lesions and determine the causes of death. The combined use of CT and MRI is recommended for a full analysis. It is emphasized that postmortem radiological examination can not be an alternative to pathological and forensic autopsy. Radiological methods should be used as a supplement to the autopsy, including as a kind of "guide" for a better definition of pathological processes during the autopsy.

Keywords: autopsy, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), lungs.

Corresponding author: *Tumanova U.N.*, e-mail: [u.n.tumanova@gmail.com](mailto:u.n.tumanova@gmail.com)

For citation: *Tumanova U.N., Serova N.S., Bychenko V.G., Shchegolev A.I. Possibilities of postmortem radiological studies for evaluation of lung lesions. REJR 2018; 8 (2):198-221. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-2-198-221.*

Received: 29.01.2018

Accepted: 09.03.2018

**Б**олезни органов дыхания у взрослого населения характеризуются большой распространенностью, гораздо реже они выступают в качестве первоначальной причины смерти больных. Согласно данным Росстата за 2016 год, в Российской Федерации было зарегистрировано 1891015 умерших. Болезни органов дыхания (J00-J99 МКБ-10) фигурировали в качестве первоначальной причины смерти в 70332 (3,72%) наблюдениях [1].

В перинатальном же периоде так называемые респираторные нарушения занимают первое место среди причин смерти [2, 3]. В 2016 году в целом по Российской Федерации, по данным Росстата, респираторные нарушения (P20-P28 МКБ-10) были расценены как первоначальная причина смерти в 89,65% наблюдений среди мертворожденных и в 40,46% – при ранней неонатальной смерти.

Выявление поражений и заболеваний ор-

ганов дыхания после смерти осуществляется во время патолого-анатомического или судебно-медицинского вскрытия с обязательным последующим изучением гистологических препаратов ткани легких. Именно на основании аутопсийного исследования формулируется заключение о первоначальной и непосредственной причине смерти, а также о роли изменений различных органов в танатогенезе.

Вместе с тем, весьма перспективным методом исследования тел умерших пациентов считается проведение посмертной мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и/или магнитно-резонансной томографии (МРТ) [4 - 6]. На сегодняшний день подобные исследования все шире внедряются для анализа трупов, а в ряде стран даже частично заменили проведение традиционных аутопсий.

Целью данной работы явился анализ данных литературы и результатов собственных исследований по применению посмертной КТ и

1- National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after Academician V.I.Kulakov of the Ministry of Healthcare of Russian Federation (NMRCOGP).  
2- Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University).  
Russia, Moscow.

МРТ для оценки поражений легких и определению их роли в танатогенезе.

Хорошо известно, что лучевым методам исследования принадлежит ведущее место в неинвазивной диагностике патологических процессов и болезней легких. Более эффективным считается применение КТ, в том числе с контрастным усилением [7].

Отличительной особенностью посмертной лучевой диагностики поражений легких является отсутствие дыхательных движений. Соответственно отсутствует возможность сравнительного изучения легких на высоте вдоха и на выдохе, но при этом исключаются и артефакты, обусловленные дыхательными движениями. В результате анализируются только спавшиеся легкие, что аналогично лёгким живого пациента в состоянии спокойного выдоха и с наличием остаточного объема воздуха в легких. Другим важным моментом является достаточно быстрое развитие посмертных изменений, скрывающих или наоборот, усугубляющих картину прижизненных изменений [8].

Необходимо также отметить и особенности посмертной КТ визуализации при исследовании тел плодов и новорожденных. При исследовании трупов взрослых пациентов КТ считается стандартом для неинвазивного посмертного исследования, поскольку, действительно, позволяет достаточно полноценно изучить костную систему, органы и ткани. Посмертная КТ тел погибших плодов и новорожденных отличается отсутствием достаточной визуализации внутренних органов и тканей, что обусловлено разрешающей способностью КТ-аппаратов при малых размерах тел и отсутствием достаточного количества межорганной клетчатки. В результате КТ плодов и новорожденных применяется в основном для выявления костной патологии, скоплений воздуха и газов в тех или иных структурах, а также для топографической оценки установленных катетеров и зондов [9].

Тем не менее, посмертное КТ-исследование обладает даже рядом преимуществ перед традиционным аутопсийным исследованием. Так, благодаря посмертной КТ, появляется возможность объективной визуализации установленных катетеров, дренажей, интубационных трубок. Действительно, поступающие на патолого-анатомическое вскрытие тела больных, находившихся в отделениях реанимации и интенсивной терапии, всегда имеют катетеры и зонды, которые могут быть смещены во время аутопсии, что делает невозможным точное установление их хода и конечного положения.

Однако учитывая вышеизложенные особенности КТ-исследования, а также собственный опыт посмертных исследований тел плодов и новорожденных, для определения прижиз-

ненного положения катетеров и зондов необходимо применять два исследования: КТ и МРТ. При этом на компьютерных томограммах возможно четко определить их топографическое положение по отношению к костным структурам, в частности, к позвонкам (рис. 1 а, б). Наиболее демонстративным в этом плане является, по нашему мнению, проведение посмертной КТ с последующим построением мультипланарных и трехмерных реконструкций полученных томограмм (рис. 2). В то время как на МР-томограммах возможно определение локализации катетеров и зондов в тканях, органах или сосудах, в том числе положение относительно структур легкого и окружающих тканей (рис. 1 в, г). Это является существенным отличием от исследования тел взрослых, где и топографическое и анатомическое положение катетеров на компьютерных томограммах определяется без затруднений.

Помимо этого КТ является высокоинформативным методом оценки состояния костного скелета, в частности, патологии грудного отдела позвоночника и ребер, что может сказываться на развитии той или иной патологии легких. Более того, при использовании программ постобработки полученных снимков возможно построение трехмерных реконструкций всего костного скелета или выбранной области, облегчающих анализ их патологии [10]. В качестве наглядного примера можно привести результаты проведенных нами посмертных КТ-исследований тел погибших плодов и новорожденных с аномалиями позвоночника и ребер (рис. 3).

Особое значение посмертное КТ-исследование костной системы занимает в случаях судебно-медицинской экспертизы различного рода травм, что отражено в соответствующей литературе [11, 12].

Несомненно, посмертная КТ позволяет установить наличие и точную локализацию скопления газа и воздуха [13]. Тогда как традиционное патологоанатомическое вскрытие не позволяет, к сожалению, провести полноценный анализ внутриорганного их содержания. Данное заключение относится и к наблюдениям пневмоторакса, когда посмертная КТ позволяет не только установить точную локализацию, но и определить объем воздуха в плевральной полости (рис. 4 а, в, д) [14]. Видимо, именно по этой причине в работе S.E. Westphal с соавт. описано наблюдение посмертной компьютерно-томографической гипердиагностики небольшого пневмоторакса, который также визуализировался на прижизненно сделанных рентгенограммах, но не был зафиксирован во время вскрытия трупа [15]. На основании наших собственных посмертных лучевых исследований тел плодов и новорожденных можно также

утверждать, что посмертное МР-исследование также полноценно для выявления пневмоторакса и определения его количественных параметров (рис. 4 б, г, е).

Помимо анализа скоплений свободного воздуха и газов посмертная КТ позволяет провести и количественную денситометрическую оценку ткани легких (КТ-плотность, НУ). Именно на основании значений посмертной КТ-плотности легких взрослых пациентов К. Matoba с соавт. [16] выделили 6 категорий их состояния:

- повышенная аэрация (воздушность) легких (КТ плотность менее -1000 НУ),
- обычная аэрация легких (от -1000 до -700 НУ),
- слабо выраженный отек (от -699 до -200 НУ),
- выраженный отек легких (от -199 до 0 НУ),
- участки паренхимы органа (от 1 до 80 НУ),
- участки кровоизлияний или обызвествления (от 81 до 500 НУ).

В свою очередь, сопоставление посмертных КТ-характеристик легких, включая плотность их ткани, и данных гистологического изучения препаратов легких 135 умерших больных позволило Т. Michiue с соавт. выделить 5 групп посмертных изменений легких с указанием наиболее вероятных причин смерти (табл. №1) [17]. Возраст больных колебался от 0 до 91 года (средний возраст составил 58 лет). Продолжительность периода от момента констатации смерти до проведения посмертного КТ-исследования варьировала от 6 часов до 209 часов (средний интервал – 24 часа).

Несмотря на столь значительную вариацию возраста пациентов и длительности периода от констатации смерти до проведения КТ, выявление патологических участков с одновременным определением их КТ-плотности позволило авторам провести объективные сопоставления с данными микроскопического исследования гистологических препаратов ткани легких, а затем и с причиной смерти. Авторы установили, что значения КТ-плотности легких зависели от причины смерти. При этом они рассчитали значения медианы КТ-плотности легких в зависимости от их вида: в легких с прозрачными легочными полями на томограммах медиана составила -895 НУ, в преимущественно прозрачных – (-705) НУ, при выявлении затемнений по типу матового стекла – (-495) НУ, при затемнении из-за консолидации (гипостазов) – (-215) НУ и при затемнении в виде сегментарных или множественных участков – (-5) НУ.

При сопоставлении результатов посмерт-

ной КТ и морфологических изменений Т. Michiue с соавт. показали, что минимальные значения КТ-плотности легких отмечаются при эмфиземе, а максимальные – при ателектазах, включая участки кровоизлияний (табл. №1) [17]. Знание подобных изменений, по мнению авторов, способствует не только более правильному пониманию и интерпретации КТ-характеристик, но и в определенной мере выяснению непосредственной причины смерти, в частности, дыхательной недостаточности.

Изучению эффективности посмертной КТ легких для определения причины смерти было также посвящено исследование S. Shiotani с соавт. [18]. Авторы проанализировали результаты посмертной КТ 150 трупов (99 мужчин и 51 женщины в возрасте от 0 до 91 года) без признаков травматического повреждения. На основании результатов вскрытия наиболее частыми причинами смерти явились острая сердечно-сосудистая недостаточность (n=91), разрыв аорты (n=23) и пневмония (n=11). На компьютерных томограммах два опытных рентгенолога проанализировали 5 признаков: переменную плотность (dependent density), затемнение по типу матового стекла (ground glass attenuation), выраженное затемнение (консолидацию), наличие жидкости в плевральной полости (гидроторакс) и «эндотрахеальный (или эндобронхиальный) дефект воздушности».

Следует отметить, что признак переменной плотности при КТ легких живых лиц в положении стоя проявляется в виде вертикального градиента плотности легких на томограммах и обусловлен более низкой воздушностью и, наоборот, более выраженной васкуляризацией базальных отделов легких. Согласно данным литературы, значения КТ-плотности равномерно увеличиваются от вышерасположенных к нижерасположенным участкам легкого примерно на 20 НУ через каждые 10 см [19, 20]. В целом КТ-градиент плотности ткани легких может варьировать в пределах 80-300 НУ. Физиологическая переменная плотность при КТ тела в положении лежа на спине исчезает при повороте тела лицом вниз [20].

При проведении S. Shiotani с соавт. посмертной КТ тел умерших больных в положении лежа на спине признак переменной плотности считался положительным при выявлении более высокой плотности в нижележащих областях легких [18]. Примечательно, что признак переменной плотности определяется примерно в 30% случаев КТ живых пациентов и в 60% наблюдений при посмертной КТ [18, 20].

Заключение о наличии затемнения по типу матового стекла делалось при выявлении небольшого увеличения плотности легких, не связанного с проходящими сосудами [21]. Признак выраженного затемнения (консолидации) счи-

тался положительным при наличии однородного увеличения плотности легких, связанного с проходящими сосудами [22]. О наличии эндотрахеального (или эндобронхиального) дефекта воздушности говорили в случаях, когда в просвете трахеи или основных бронхах определялись дополнительные элементы, например, кусочки пищи или жидкости [18].

В результате анализа посмертных компьютерных томограмм пациентов с пневмонией ( $n=11$ ) S. Shiotani с соавт. установили, что во всех таких наблюдениях отмечался признак консолидации ( $p<0,05$ ), в 9 (82%) случаях – затемнение по типу матового стекла, в 5 (45%) – гидроторакс и в 2 (18%) – переменная плотность ( $p<0,05$ ) [18]. В случаях смерти от острой сердечной недостаточности ( $n=91$ ) признак консолидации определялся в 22 наблюдениях (24%), затемнение по типу матового стекла – в 60 (66%), переменная плотность – в 63 (69%) и гидроторакс – в 10 (11%). У больных, погибших от острой кровопотери в результате разрыва аорты ( $n=23$ ), чаще всего отмечался признак переменной плотности – в 13 наблюдениях (57%), несколько реже гидроторакс – в 12 (52%), еще реже затемнение по типу матового стекла – в 9 (39%) и консолидация лишь в 1 (4%) случае. На основании проведенного исследования S. Shiotani с соавт. [18] сделали вывод, что выявляемые при посмертной КТ изменения легких в определенной мере отражают причину смерти. Более того, в случаях смерти от острой сердечной недостаточности картина затемнения по типу матового стекла свидетельствуют о развитии отека легких.

В то же время, изменения по типу матового стекла при посмертной КТ S.E. Westphal с соавт. диагностировали в 12 из 29 наблюдений [15]. При последующем патологоанатомическом исследовании в 9 таких случаях имелись признаки острого легочного полнокровия, в 3 – отек легких и по 1 случаю – пневмония, септицемия и тканевая эмболия сосудов легкого.

На основании комплексного исследования 76 тел погибших пациентов в возрасте старше 1 года L.J.P. Sonnemans с соавт. показали, что проведение посмертной КТ приводит к повышению показателей чувствительности определения непосредственной причины смерти на 12% (с 53% до 64%) по сравнению с клиническими данными [23]. В отношении легочных причин смерти повышение составило 11% (с 56% до 67%). Пневмония как причина смерти была расценена в 73% наблюдений (11 из 15) после посмертной КТ, по данным истории она фигурировала в 67% случаев (10 из 15). В остальных 27% наблюдений (4 из 15) пневмония была диагностирована, но не расценена в качестве причины смерти. При этом авторы статьи уточнили, что анализ посмертных ком-

пьютерных томограмм проводили радиологи, не имеющие опыта таких исследований [23].

В основе посмертной лучевой диагностики пневмонии лежит выявление участков повышенной плотности в ткани легких. Именно на таких изменениях были основаны результаты вышеприведенных исследований S. Shiotani с соавт. и T. Michiue с соавт. [18, 24]. Однако подобная картина характерна и для прижизненно развившегося отека легкого и острого респираторного дистресс-синдрома [15, 25]. Более того, поскольку речь идет об исследовании трупа, то здесь еще необходимо учитывать и развитие трупных гипостазов [26].

О трудностях посмертной лучевой диагностики пневмонии свидетельствуют приведенные S.E. Westphal с соавт. данные о ложноположительных и ложноотрицательных результатах ее посмертной КТ-диагностики [15]. Говоря же об остром респираторном дистресс-синдроме, следует помнить, что морфологическая его картина и, соответственно, лучевая семиотика во многом зависят от стадии развития (экссудации, пролиферации, фиброза) [27]. Данное заключение относится и к посмертной диагностике острого повреждения легких, в частности, при системной воспалительной реакции и сепсисе [28].

Вместе с тем, выявляемые при посмертной КТ участки повышения плотности и консолидации ткани легких, сочетающиеся с гидротораксом, могут служить, по мнению K. Inai с соавт., основанием для заключения о наличии дыхательной недостаточности [25]. Использование посмертного КТ-исследования позволило авторам повысить частоту правильного определения причины смерти больных до проведения аутопсии с 46% (установленная на основании клинических данных) до 74% (установленная на основании клинических данных и результатов посмертной КТ) [25].

К сожалению, проведение посмертной КТ тел плодов и умерших новорожденных практически не позволяет выявить поражения легких (рис. 5 а) [9, 29]. В этой связи, для визуализации патологии легких рекомендуется проведение посмертной МРТ, эффективность которой зависит от возраста ребенка. Так, O.J. Arthurs с соавт. провели оценку эффективности посмертной МРТ для выявления патологии легких у погибших плодов, новорожденных и детей (таб. №2) [30]. При анализе наличия пневмонии у 24 плодов (15 погибших до 24 недель и 9 погибших после 24 недель гестации) имелись ложноотрицательные результаты, то есть пневмония не была диагностирована. Среди умерших новорожденных и детей признаки воспаления легких также не были выявлены в 18 наблюдениях, в 18 случаях имелась гипердиагностика и лишь в 6 наблюдениях пневмония была диагно-

стирована верно. На основании сопоставлений всех изученных 400 наблюдений чувствительность посмертной МРТ в отношении воспаления легких составила лишь 12,5%, специфичность – 92,6%, положительная прогностическая значимость – 25, 0%, конкордантность – 79,3% [30].

Весьма перспективным методом, на наш взгляд, может явиться посмертная МРТ диагностика врожденной пневмонии путем определения так называемого показателя воздушности ткани легкого, характеризующего соотношение интенсивностей сигнала в ткани легкого и плевральной жидкости (рис. 5 б, в) [31].

О. J. Arthurs с соавт. изучили также возможности посмертной МРТ диагностики кровоизлияний в ткань легкого [30]. У умерших новорожденных и детей оно было правильно диагностировано в 4 случаях и не диагностировано в 8 наблюдениях. Общая чувствительность посмертной МРТ в отношении кровоизлияния в легкие составила лишь 33,3%, специфичность – 100,0%, положительная прогностическая значимость – 100,0% и конкордантность – 96,6%. Явления застоя или отека легких имелись только у одного плода, они были выявлены при посмертной МРТ. Среди умерших детей застой/отек легких был правильно диагностирован в 5 наблюдениях и не диагностирован в 3 случаях. Общая чувствительность посмертной МРТ в отношении застоя/отека легких составила по их данным 66,7%, специфичность – 100,0%, положительная прогностическая значимость – 100,0% и конкордантность – 98,7%. Анализируя собственные наблюдения, мы также пришли к выводу о возможности посмертного МР-исследования для выявления кровоизлияний в ткань легких у плодов и новорожденных (рис. 6 б, в), тогда как посмертное КТ-исследование оставалось недостаточно информативным (рис. 6 а).

Согласно исследованию А. С. G. Breeze с соавт., чувствительность и специфичность посмертной МРТ для диагностики поражений легких у погибших плодов и мертворожденных составила соответственно 62,5% и 87,0% [32]. Среди 8 наблюдений, где во время аутопсии была установлена патология легких, зарегистрировано 5 истинно-положительных заключений и 3 ложноотрицательных результатов посмертной МРТ. То есть проведение посмертной МРТ затруднено малыми размерами исследуемых тел плодов и погибших новорожденных.

Вместе с тем, посмертная МРТ является высокоинформативным методом для определения скоплений жидкости в плевральной полости. Так, согласно О. J. Arthurs с соавт., гидроторакс как патологическое скопление жидкости в плевральной полости был выявлен в 14 наблюдениях (10 тел погибших плодов и 4 тела умерших детей) [30]. Однако по результатам

аутопсийного исследования у 6 плодов и 1 ребенка эта жидкость была расценена как нормальное посмертное изменение.

Посмертные КТ-исследования также высокоинформативны для выявления и определения объема плеврального выпота. В. Veljkovic с соавт. в посмертном КТ-исследовании 132 тел взрослых (старше 18 лет) пациентов указали не только на возможность посмертного выявления плевральной жидкости, но и предложили варианты расчёта объема плевральной жидкости на основе двухмерных КТ-изображений [33].

В настоящее время существует целый ряд различных программ постобработки компьютерных и МР-томограмм, обладающих большими возможностями количественного их анализа, в том числе и для автоматического определения объемов выбранной области или структуры.

Поскольку МРТ и КТ позволяют достаточно точно (возможно, даже более точно, чем при аутопсии) определить объем свободной жидкости в плевральной полости, то встает вопрос, какое ее количество считать патологическим, чтобы сделать заключение о наличии гидроторакса.

Именно из-за отсутствия единого мнения по поводу таких количественных характеристик в работе S.E. Westphal с соавт. отмечен случай посмертной компьютерно-томографической гипердиагностики гидроторакса, расцененный как нормальный объем плевральной жидкости во время аутопсии [15].

В наших исследованиях также вставал вопрос о дифференцировке плевральной жидкости, выявленной при посмертном КТ и МРТ-исследовании тел плодов и новорожденных (рис. 7 а, б), как проявления посмертных изменений, и ее прижизненного патологического накопления, а также о сопоставлении объемов плевральной жидкости, установленных в клинике, при посмертном лучевом исследовании (рис. 7 в) и на аутопсии.

Говоря о КТ-плотности, характеризующей главным образом воздушность ткани легких, следует отметить, что одним из критериев живорождения считается наличие определенной степени воздушности ткани легких. Для установления факта мертворождения или смерти живого новорожденного при аутопсийном исследовании используются так называемые жизненные (плавательные) пробы [34].

Вместе с тем, согласно данным литературы существенную помощь в проведении дифференциальной диагностики мертворожденного и живорожденного может оказать проведение посмертной КТ и МРТ [35, 36]. S.S. Guddat с соавт., приводят описания четырех наблюдений судебно-медицинской экспертизы тел новорожденных [36]. В трех наблюдениях при проведе-

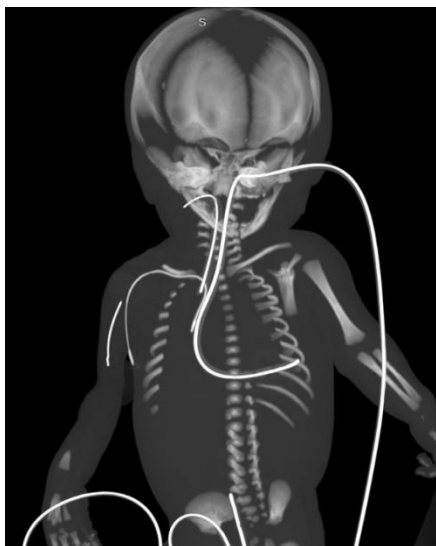


Рис. 1 а (Fig. 1 a)



Рис. 1 б (Fig. 1 b)

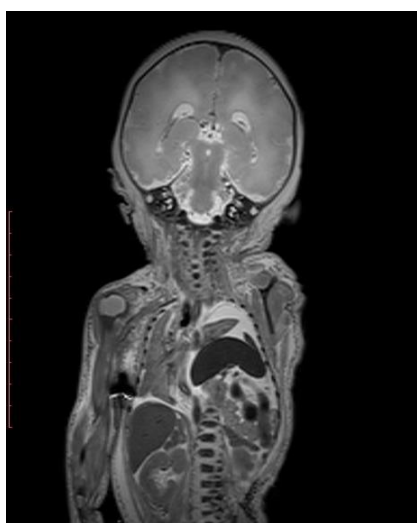


Рис. 1 в (Fig. 1 c)

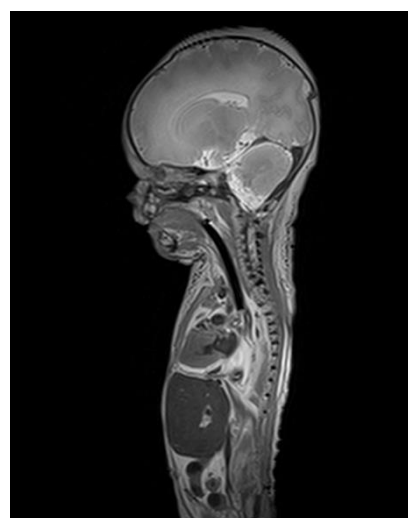


Рис. 1 г (Fig. 1 d)

**Рис. 1.** Посмертное лучевое исследование тела новорожденного, родившегося на гестационном сроке 36 недель и прожившего 3 дня 2 часа 37 минут.

а, б – КТ, трехмерные реконструкции томограмм. Стрелка – трехмерная реконструкция эндотрахеальной трубки, проксимальный конец расположен в проекции срединной линии на уровне 3 ребра. Пунктирная стрелка – трехмерная реконструкция назогастрального зонда, проксимальный конец расположен в проекции среднеключичной линии слева на уровне 8 ребра. Двойная стрелка – трехмерная реконструкция подключичного катетера, расположенного под ключицей справа, проксимальный конец расположен в проекции грудинной линии справа на уровне 5 ребра.

в, г – МРТ, T2- WI. в – фронтальная проекция, г – сагиттальная проекция.

Стрелка – эндотрахеальная трубка в проекции просвета трахеи, проксимальный конец расположен на уровне бифуркации.

**Fig. 1.** Postmortem radiological study of the deceased newborn, which born at 36 week of gestational age and died at the age of 3 days 2 hours 37 minutes.

а, б - CT, three-dimensional reconstructions of the tomograms. Arrow - three-dimensional reconstruction of the endotracheal tube, the proximal end is located in the projection of the median line at level of the rib 3. dotted arrow - three-dimensional reconstruction of the nasogastric tube, the proximal end is located in the projection of the middle clavicular line to the left at level of the rib 8. Double arrow - three-dimensional reconstruction of the subclavian catheter located under the right clavicle, the proximal end is located in the projection of the right sternal line at level of the rib 5.

с, d - MR images, T2-WI. с - frontal section, d - sagittal section. Arrow - endotracheal tube in the projection of the lumen of the trachea, the proximal end is located at the level of bifurcation.

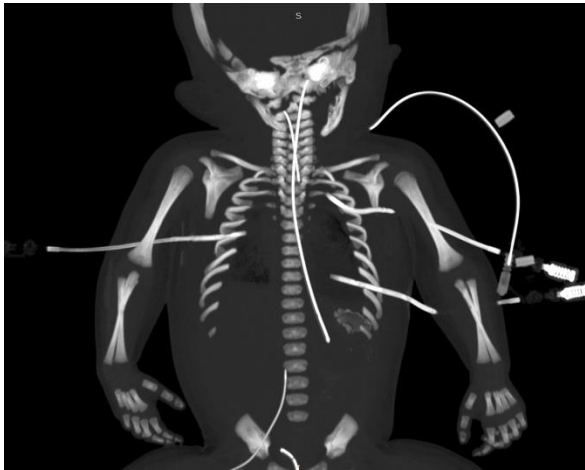


Рис. 2 а (Fig. 2 а)



Рис. 2 б (Fig. 2 б)

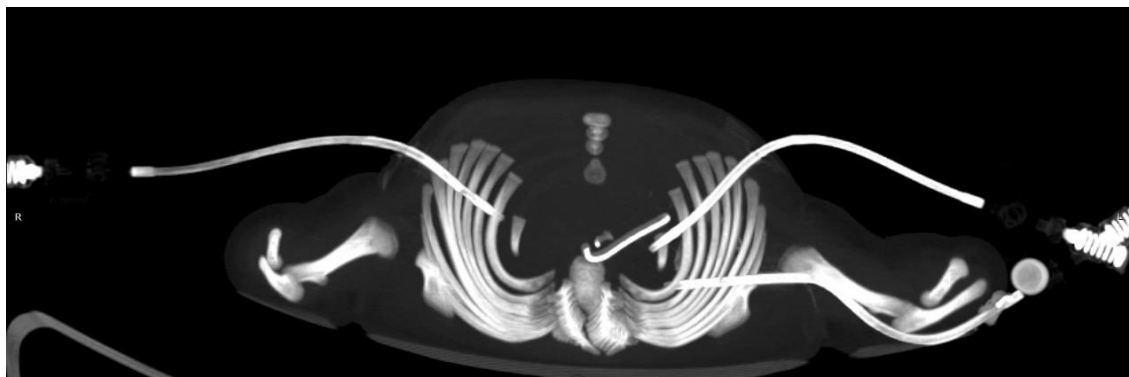


Рис. 2 в (Fig. 2 с)

**Рис. 2.** Посмертное КТ-исследование тела новорожденного, родившегося на гестационном сроке 38 недель и прожившего 18 суток 11 часов 52 минуты.

Мультипланарные и трехмерные реконструкции компьютерных томограмм для топографической оценки установки дренажных трубок справа и слева (стрелки) для устранения двустороннего пневмоторакса.

**Fig. 2.** Postmortem CT study of the deceased newborn, which born at 38 week of gestational age and died at the age of 18 days 11 hours 52 minutes.

Multiplanar and three-dimensional reconstructions of CT tomograms for topographical evaluation of drainage tubes installation on the right and left (arrows) to eliminate bilateral pneumothorax.

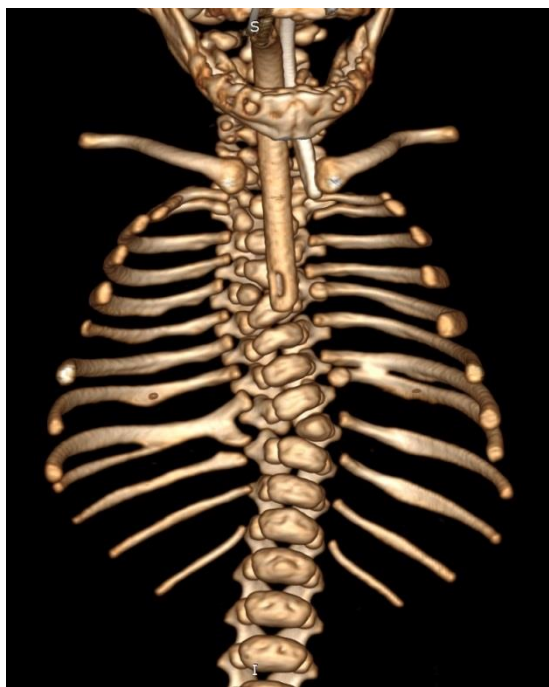


Рис. 3 а (Fig. 3 а)

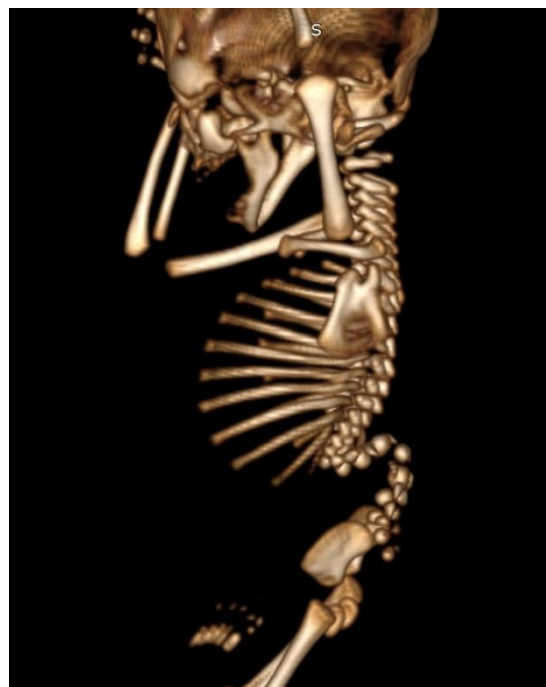


Рис. 3 б (Fig. 3 б)

**Рис. 3.** Посмертные КТ-исследования, трехмерные реконструкции томограмм грудного отдела позвоночника и ребер.

а – тело погибшего новорожденного, родившегося на гестационном сроке 37 недель, прожившего 1 сутки 7 часов 24 минуты.

Стрелки – клиновидные тела позвонков Th4, Th9.

Пунктирные стрелки – сращение 8 и 9 ребер справа, 7 и 8 ребер слева.

Двойные стрелки – деформации 4 - 7 реберных дуг справа.

б – тело погибшего плода на гестационном сроке 21 неделя.

Стрелка – деформация позвонков Th11-Th12 и позвонков поясничного отдела со сращением тел позвонков, выраженный поясничный лордоз.

**Fig. 3.** Postmortem CT studies, three-dimensional reconstructions of the tomograms of the thoracic spine and ribs.

a - the deceased newborn body, which born at 37 week of gestational age and died at the age of 1 day 7 hours 24 minutes.

arrows - wedge-shaped body of vertebrae Th4,9.

dotted arrows - the fusion of the 8th and 9th ribs on the right and the 7th and 8th ribs on the left.

double arrows - deformations of 4 - 7 costal arcs on the right.

b - the body of the deceased fetus on the gestational age of 21 weeks.

arrow - deformation of the vertebrae Th 11-12 and lumbar vertebrae with fusion of vertebral bodies, expressed lumbar lordosis.



Рис. 4 а (Fig. 4 a)

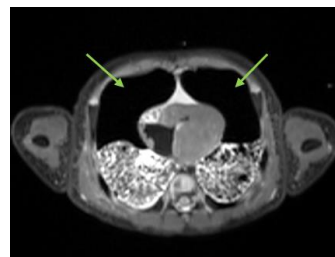


Рис. 4 б (Fig. 4 b)



Рис. 4 в (Fig. 4 c)

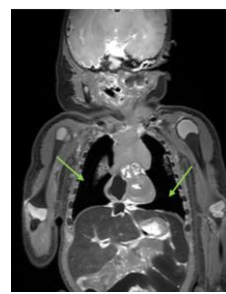


Рис. 4 г (Fig. 4 d)



Рис. 4 д (Fig. 4 e)

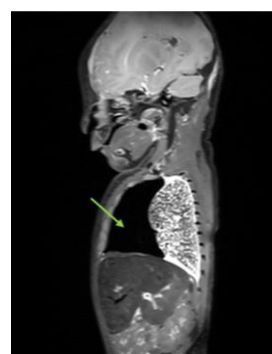


Рис. 4 е (Fig. 4 f)

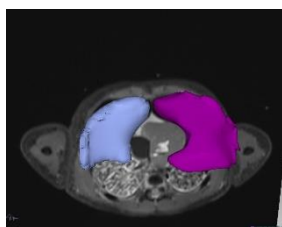


Рис. 4 ж (Fig. 4 g)

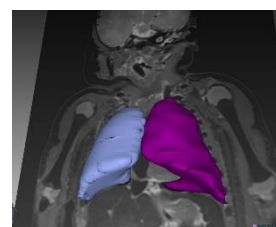


Рис. 4 з (Fig. 4 h)

**Рис. 4.** Посмертное лучевое исследование тела новорожденного, родившегося на гестационном сроке 41 неделя и прожившего 5 часов 40 минут с двусторонним пневмотораксом.

Сравнительная характеристика КТ (а, в, д) и МРТ (б, г, е) для выявления пневмоторакса  
а, б – аксиальная проекция; в, г – фронтальная проекция; д, е – сагиттальная проекция.

Стрелки – наличие пневмоторакса.

ж, з – комбинированное МР-изображение, объемная реконструкция пневмоторакса справа и слева с автоматическим расчетом объемных параметров: объем пневмоторакса справа (голубой цвет) – 47,4 см<sup>3</sup>, объем пневмоторакса слева легкого (фиолетовый цвет) – 47,7 см<sup>3</sup>.

**Fig. 4.** Postmortem radiological study of the deceased newborn with bilateral pneumothorax, which born at 41 week of gestational age and died at the age of 5 days 40 minutes.

Comparison of CT (a, c, e) and MRI (b, d, f) images for detection of pneumothorax. a, b - axial section; c, d - frontal section; e, f - sagittal section.

arrows - area of pneumothorax

g,h - combined MR image, volume reconstruction of pneumothorax on the right and left with automatic calculation of the volume parameters: the volume of pneumothorax on the right (blue color) – 47,4 cm<sup>3</sup>, the volume of pneumothorax on the left of the lung (violet color) - 47,7 cm<sup>3</sup>.

**Таблица №1. КТ-характеристики и средние значения плотности легких в зависимости от причины смерти.**

Группа	Данные КТ		Гистологические изменения	Причина смерти
	характеристики	средние значения плотности (HU)		
I	Прозрачность легочных полей сохранена, наличие затемнения по типу матового стекла гипостатического генеза	- (862 - 563)	Повышенная воздушность) или эмфизема с небольшим отеком	Обструктивные болезни легких, голод, гипотермия
II	Сохранение прозрачности большей части легочных полей с наличием областей затемнения по типу матового стекла		В целом нормальная структура	
II а	Наличие центрального застоя/отека легких и/или перибронхиальное затемнение сосудистого генеза	- (694- 383)	с наличием участков застоя или отека	Механическая асфиксия, утопление, ожоги
II б	Признаки сниженной васкуляризации ткани легких	- (693 - 380)	без признаков застоя и отека	Огнестрельная травма головы, гемоперикард
III	Снижение прозрачности большей части легких с затемнением по типу матового стекла	- (722 - 203)	Внутриальвеолярный отек	Интоксикация, хроническая сердечная недостаточность
IV	Отсутствие прозрачности легочных полей с признаками гипостазов	- (521 - 74)	Коллапс альвеол вследствие кровоизлияния / застоя или отека (ателектаз)	Острые формы ишемической болезни сердца
V	Отсутствие прозрачности за счет очагов уплотнения легочной ткани или наличия множественных неоднородных участков затемнения сливного характера	- (372 - 8)	Застойное полнокровие / кровоизлияние и отек (ателектаз) с воспалительной клеточной инфильтрацией	Пневмония

**Таблица №2. Диагностическая эффективность посмертной МРТ для выявления поражений легких у погибших плодов и детей.**

Патология легких	Плоды < 24 нг		Плоды > 24 нг		Дети	
	ЛП / ИП	ЛО / ИО	ЛП / ИП	ЛО / ИО	ЛП / ИП	ЛО / ИО
Воспаление (инфекция)	0 / 0	15 / 120	0 / 0	9 / 67	18 / 6	18 / 37
Кровоизлияние	0 / 0	0 / 120	0 / 0	0 / 67	0 / 4	8 / 37
Гипоплазия	3 / 5	4 / 120	3 / 2	1 / 67	2 / 2	1 / 37
Трахеопищеводный свищ	0 / 0	2 / 120	0 / 0	0 / 67	0 / 0	2 / 37
Застой / отек	0 / 0	0 / 120	0 / 1	0 / 67	0 / 5	3 / 37
Гидроторакс	2 / 1	0 / 120	4 / 3	0 / 67	1 / 3	0 / 37

Примечание: нг – неделя гестации, ЛП - ложноположительный, ИП – истинно-положительный, ЛО - ложноотрицательный, ИО – истинно-отрицательный результаты.

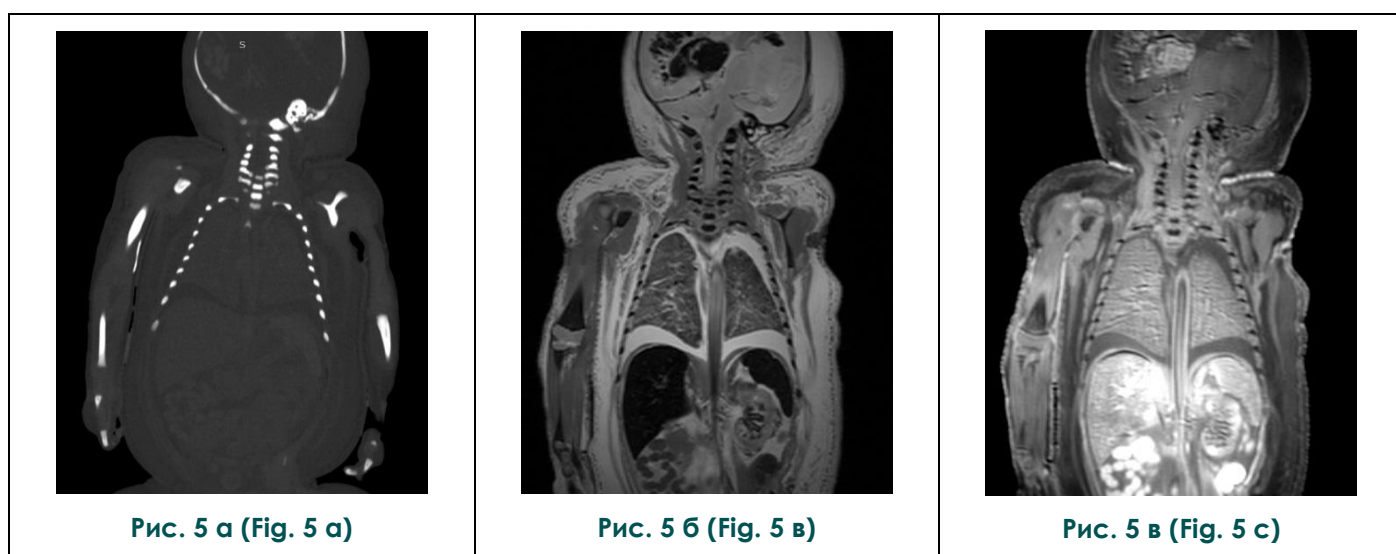


Рис. 5 а (Fig. 5 а)

Рис. 5 б (Fig. 5 в)

Рис. 5 в (Fig. 5 с)

**Рис. 5.** Посмертное лучевое исследование тела новорожденного, родившегося на гестационном сроке 33 недели и прожившего 7 суток 14 часов 12 минут с наличием двусторонней очагово-сливной серозно-геморрагической пневмонии.

а – КТ, б – МРТ, T2-ВИ, в – МРТ томограмма, T1-ВИ. Фронтальная проекция томограмм.

**Fig. 5.** Postmortem radiological study of the deceased newborn with bilateral focal-discharge serous-hemorrhagic pneumonia, which born at 33 week of gestational age and died at the age of 7 days 14 hours 12 minutes.

а - CT image; б - MR image, T2-WI; в - MR image, T1-WI. Frontal section.

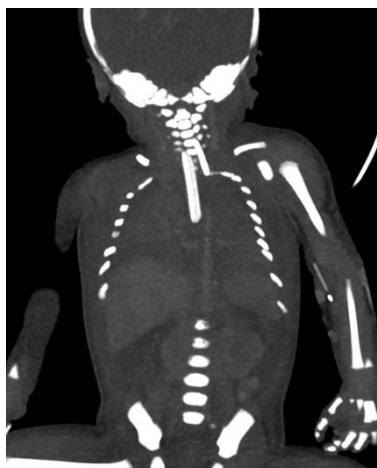


Рис. 6 а (Fig. 6 а)



Рис. 6 б (Fig. 6 в)



Рис. 6 в (Fig. 6 с)

**Рис. 6.** Посмертное лучевое исследование тела новорожденного, родившегося на гестационном сроке 37 недель и прожившего 1 сутки 7 часов 24 минуты с наличием двусторонних очаговых кровоизлияний в легкие.

а – КТ; б – МРТ, T2-ВИ; в – МРТ, T1-ВИ. Фронтальная проекция томограмм.

**Fig. 6.** Postmortem radiological study of the deceased newborn with bilateral focal hemorrhages in the lungs, which born at 37 week of gestational age and died at the age of 1 days 7 hours 24 minutes.

а - CT image; б - MR image, T2-WI; в - MR image, T1-WI. Frontal section.

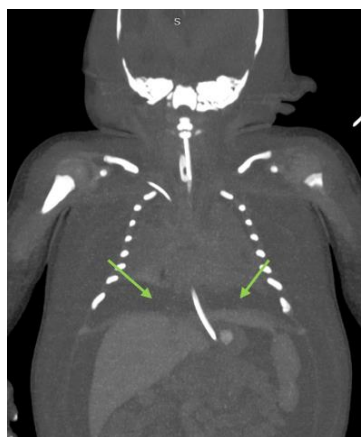


Рис. 7 а (Fig. 7 а)

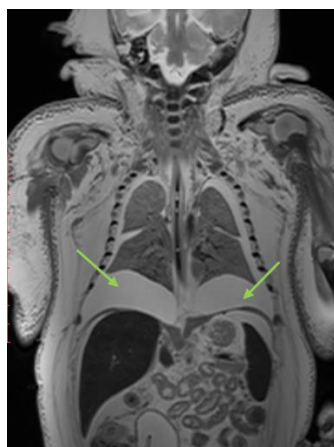


Рис. 7 б (Fig. 7 в)



Рис. 7 в (Fig. 7 с)

**Рис. 7.** Посмертное лучевое исследование тела новорожденного, родившегося на гестационном сроке 37 недель и прожившего 22 суток с наличием двустороннего гидроторакса (стрелки).

а – КТ, фронтальная проекция; б – МРТ, T2-ВИ, фронтальная проекция; в – МРТ, комбинированное изображение, объемная реконструкция обоих легких и гидроторакса справа и слева с автоматическим расчетом объемных параметров исследуемых областей: объем правого легкого (красный цвет) – 41,5 см<sup>3</sup>, левого легкого (оранжевый цвет) – 31,2 см<sup>3</sup>, гидроторакса справа (желтый цвет) – 74,9 см<sup>3</sup>, гидроторакса слева (зеленый цвет) – 62,3 см<sup>3</sup>.

**Fig. 7.** Postmortem radiological study of the deceased newborn with a bilateral hydrothorax (arrows), which born at 37 week of gestational age and died at the age of 22 days.

а - CT image, frontal section; б - MR image, T2-WI, frontal section; в - combined MR image, volume reconstruction of both lungs and hydrothorax on the right and left with automatic calculation of the volume parameters of the investigated areas: volume of the right lung (red color) - 41,5 cm<sup>3</sup>, left lung (orange color) - 31,2 cm<sup>3</sup>, hydrothorax on the right (yellow color) - 74,9 cm<sup>3</sup>, hydrothorax on the left (green color) - 62,3 cm<sup>3</sup>.

нии посмертного КТ-исследования авторами отмечены признаки аэрации (воздушности) по всей площади легких, на основании чего ими было сделано заключение в пользу легких, осуществлявших дыхание и, соответственно, живорожденности. Примечательно, что в заключении сами авторы говорят о данном способе как дополнении к аутопсийному исследованию. В связи с высокой чувствительностью КТ к выявлению скоплений газа и воздуха при оценке компьютерных томограмм всегда следует учитывать, были ли проведены реанимационные мероприятия и искусственная вентиляция легких, которые могут сильно повлиять на картину легочной ткани на томограммах и интерпретацию воздушности легких и воздухоносных путей.

В литературе также имеются работы, указывающие на возможности посмертной МРТ для дифференциальной диагностики тел мертворожденных и погибших живорожденных [37]. При посмертной МРТ 19 тел умерших новорожденных и 23 индуцированных выкидышей и мертворожденных авторы оценивали признак аэрации легких как наличие низко интенсивного сигнала в T1- и T2-взвешенных изображениях. В результате исследования признак аэрации легких характеризовался 89,5% (95% ДИ: 68,6-97,1%) чувствительностью и 95,6% (95% ДИ: 79,0-99,2%) специфичностью для такой дифференциальной диагностики. Однако авторы указали на имевшие место ложноположительные (1 наблюдение) и ложноотрицательные (2 наблюдения) результаты, вследствие чего совпадение заключений посмертной МРТ и данных аутопсии составило 92,9% (95% ДИ: 81,0-97,5%).

Нами на основании проведенных посмертных МРТ исследований тел 12 погибших плодов, 20 мертворожденных и 19 умерших новорожденных, был разработан способ дифференциальной диагностики мертворожденного и умершего живорожденного путем определения так называемого показателя дыхания, основанного на анализе интенсивностей сигнала от ткани легкого погибшего плода и новорожденного [38].

Среди грозных поражений легких следует остановиться на тромбоэмболии легочных артерий (ТЭЛА), которая нередко является непосредственной причиной смерти. Основным методом ее диагностики у живых пациентов считается компьютерно-томографическая ангиография, при которой определяется дефект заполнения легочных артерий [39, 40].

Однако проведение посмертной лучевой диагностики из-за невозможности проведения классического ангиографического исследования сопряжено с необходимостью дифференцировать прижизненные тромбы и тромбоэмболы с процессами посмертного свертывания крови

[8]. Действительно, посмертное перераспределение и свертывание крови сопровождается развитием трупных гипостазов и посмертных сгустков крови в сосудах. Соответственно этому на посмертных компьютерных томограммах полостей сердца и крупных сосудов посмертная внутрисосудистая седиментация плазмы и клеточных элементов крови проявляется в виде горизонтальных уровней с различной плотностью и интенсивностью сигнала. Нижняя часть среза сосуда характеризуется более высокими значениями КТ-плотности, что также позволяет определить положение тела, которое оно занимало после смерти [18].

Визуализация крови в сосудах и полостях сердца при посмертной МРТ зависит, главным образом, от выраженности процессов посмертного свертывания крови и ее лизиса, а также состояния гемоглобина. При этом так же, как и при КТ, наблюдается слоистая картина заполнения сосудов и полостей сердца с наличием горизонтальных уровней с разной интенсивностью сигнала (рис. 8). Поскольку T2-режим исследования считается более эффективным для выявления жидкостей, то и проведение дифференциальной диагностики прижизненных тромбов и посмертных сгустков крови целесообразней проводить на T2-взвешенных изображениях [41]. Именно на T2-взвешенных изображениях жидкая часть крови, занимающая верхний слой, будет отличаться гиперинтенсивным сигналом, а клеточные элементы (преимущественно эритроциты), составляющие нижний слой, иметь более слабый сигнал [42].

Для прижизненных тромбов и, соответственно, ТЭЛА, имеющих одинаковую концентрацию эритроцитов во всех их слоях, характерна однородная интенсивность сигнала при МРТ в T2-взвешенных изображениях [43]. Вместе с тем, более четкие различия между ТЭЛА и посмертными сгустками крови наблюдались при проведении посмертной МРТ и анализе изображений взвешенных по протонной плотности с подавлением магнитно-резонансного сигнала от жировой ткани (FSE PD FS) [42]. Большая диагностическая эффективность FSE PD FS режима обусловлена, по мнению I. von Both с соавт., более высокой концентрацией клеток крови и интерстициальной жидкости в посмертных сгустках по сравнению с прижизненной ТЭЛА, характеризующейся наличием тромбоцитов и более старого фибрина [44]. Действительно, увеличение «возраста» тромба сопровождается постепенным снижением интенсивности сигнала на T2-взвешенных изображениях [45].

По мнению R. Puranik с соавт., посмертная МРТ лучше выявляет ТЭЛА по сравнению с КТ [46]. Тем не менее, посмертная КТ также является достаточно эффективным методом диа-

гностики ТЭЛА. Основными КТ-характеристиками ТЭЛА считаются наличие неправильной формы гиперденсного образования в просвете ствола легочной артерии и его основных ветвей, а также признаки полного заполнения просвета сосуда и соединения с его стенкой [41, 44, 47].

Анализируя возможности посмертной КТ для диагностики ТЭЛА, L.J.P. Sonnemans с соавт. сообщают о трех наблюдениях точной диагностики ТЭЛА как причины смерти [23]. При этом авторы указывают на три других наблюдения, где при посмертной КТ, а в одном случае и при прижизненном УЗИ, были сделаны заключения о ТЭЛА. Однако при аутопсии диагноз ТЭЛА не подтвердился. В качестве вероятной причины такого несоответствия можно указать на развитие процессов посмертного тромболизиса и гемолиза.

Необходимо также добавить, что согласно данным I.S.D. Roberts с соавт., посмертная лучевая диагностика ТЭЛА зависит от опыта работы специалиста радиолога [4]. Так, по данным аутопсийного исследования 182 трупов взрослых пациентов ТЭЛА фигурировала в качестве причины смерти в 7 наблюдениях. При этом в 3 случаях из них она была правильно диагностирована радиологами кардиологического профиля и ни разу – радиологами широкого профиля. В то же время гипердиагностика ТЭЛА отмечалась в 5 наблюдениях у специалистов радиологов кардиологического профиля и в 1 случае – у радиологов общего профиля.

Важным показателем, характеризующим состояние легких, является их объем. В отличие от прижизненного лучевого исследования, позволяющего оценить их объемы на вдохе и выдохе, посмертное исследование позволяет определить их объем только в состоянии, соответствующем спокойному выдоху живого пациента с наличием в легких лишь остаточного воздуха. Тем не менее, такие данные имеют существенное значение для определения патологии легких и выяснения звеньев танатогенеза.

Так, N. Sogawa с соавт. провели сравнительный КТ анализ объемов легких 70 судебно-медицинских трупов взрослых лиц в зависимости от причины смерти [48]. При этом авторами была использована методика автоматизированного выделения ткани легких при 3D-реконструкциях. В результате исследования N. Sogawa с соавт. установили, что наибольшие значения объема легких отмечались при утоплении, а наименьшие – при отравлении угарным газом и при внезапной сердечной смерти [48]. При этом чувствительность и специфичность использованного метода определения объема составила 0,80 и 0,82 соответственно, при использовании критического значения в 2177 мл для дифференциальной диагностики случаев

утопления и внезапной сердечной смерти.

Примечательно, что после посмертного КТ-исследования проводилось вскрытие, при котором в обязательном порядке оценивали массу легких. К сожалению, коэффициент корреляции между рассчитанным КТ-объемом и измеренной массой легких оказался незначительным ( $r = 0,21$ ,  $p=0,09$ ). Тем не менее, в отдельных группах, он был высоким: в случаях смерти от алкогольной интоксикации или отравлении седативными препаратами коэффициент корреляции составил 0,78 ( $p<0,02$ ), а при ожогах или отравлении угарным газом – 0,74 ( $p=0,10$ ) [48]. Такие особенности взаимосвязей рассчитанного объема легких при КТ и массы при аутопсии, на наш взгляд, были связаны с отсутствием проведения корреляций между рассчитанным при КТ объемом легкого и его воздушностью, так как наличие жидкости в бронхах и альвеолах при утоплении и при отеке легочной ткани снижает его воздушность при неизменном объеме органа. В этой связи масса подобного легкого на аутопсии будет значительно больше по сравнению с легким аналогичного объема, не имеющего данную патологию.

Особую значимость определение объема легких имеет в перинатологии. Так, пренатальная оценка объема легких считается кардинальным моментом в определении выживаемости как недоношенных новорожденных, так и новорожденных с гипоплазией легких [49]. Гипоплазия легких, отражающая врожденное недоразвитие всех структурных элементов легких, считается одной из ведущих причин неонатальной смерти [50]. В этой связи оценка степени гипоплазии легких, а также определение летальной или не летальной формы гипоплазии легких определяют тактику ведения беременности и выбор способа антенатального лечения, включая прерывание беременности, проведение своевременных родов с последующим лечением или проведение операции у плода.

При этом следует отметить, что размеры легких плодов зависят от срока гестации. Так, M. Szpinda с соавт. изучили тела 67 плодов после самопроизвольного аборта и мертворожденных на сроках гестации 16-25 недель [51]. Для определения объема легких плодов и мертворожденных, фиксированных в формалине, авторы использовали гидростатический метод. В результате проведенного исследования M. Szpinda с соавт. установили пропорциональное увеличение объемов обоих легких при отсутствии гендерных отличий: значения среднего объема правого легкого увеличились с  $1,43\pm 0,25$  до  $8,45\pm 2,66$  см<sup>3</sup> и левого легкого - от  $1,24\pm 0,22$  до  $6,78\pm 3,03$  см<sup>3</sup> с 16 по 25 неделю гестации [51]. При этом объемы правого и левого легкого

составили соответственно  $54,9 \pm 2,0$  и  $45,1 \pm 2,0\%$  от общего объема легких.

К сожалению, вышеуказанные особенности изменения размеров легких, а также малые размеры погибших плодов и умерших новорожденных затрудняют однозначную диагностику гипоплазии легких. В качестве подтверждения можно привести результаты сравнительного посмертного МРТ-исследования тел погибших плодов ( $n=277$ ), а также новорожденных ( $n=42$ ) и детей ( $n=81$ ) [30]. При посмертной МРТ плодов, погибших до 24 недель гестации, гипоплазия легких была диагностирована правильно в 5 наблюдениях, в 4 случаях – не диагностирована и в 3 случаях имела место гипердиагностика. При посмертной МРТ плодов старше 24 недель гипоплазия легкого правильно была диагностирована в 2 наблюдениях, не диагностирована в 1 случае и в 3 случаях имела место гипердиагностика. Среди умерших новорожденных и детей гипоплазия легких была правильно диагностирована у 1, не диагностирована также у 1 и гипердиагностирована у 2. В целом при анализе сопоставлений данных 400 аутопсий и результатов посмертной МРТ чувствительность последней в отношении гипоплазии легких составила 60%, специфичность – 96,6%, положительная прогностическая значимость – 52,9% и конкордантность – 94,3% [30]. К сожалению, в своей работе авторы не приводят критериев для посмертной МРТ-диагностики гипоплазии легких.

Нами также были проведены исследования по возможности оценки гипоплазии легких у новорожденных, страдавших врожденной диафрагмальной грыжей, путем посмертной МРТ [52, 53]. В результате МРТ с последующей 3D-реконструкцией и расчётом объемных показателей установлено, что средний объем легкого на стороне диафрагмальной грыжи был в 4,1 раза меньше показателей контралатерального легкого ( $p<0,01$ ), а средние значения объема обоих легких были меньше соответствующих показателей контрольной группы в 4,6 раза ( $p<0,01$ ) (рис. 9). Проведение оперативного лечения по поводу диафрагмальной грыжи приводило к увеличению размеров легких. Однако удельный их объем в группе оперированных новорожденных оставался на 18,6% меньше показателей контрольной группы, а на гистологических препаратах отмечались признаки гипоплазии легких [53]. В качестве высокоинформативного МРТ показателя диагностики летальной формы гипоплазии легких рекомендуется определение легочно-торакального соотношения [54].

Другой не менее важной характеристикой состояния легких является их масса. Как мы уже указывали, именно масса легких и соотношение массы легких к массе тела, установлен-

ные при аутопсии, лежат в основе патологоанатомической диагностики гипоплазии легких, в том числе как первоначальной причины смерти, и заключения о ее роли в танатогенезе [50, 55]. Несмотря на то, что посмертные лучевые исследования не могут непосредственно определить массу легких, использование их позволяет достаточно четко определить размеры и объем органа, на основании которых и возможен расчёт массы.

А.С.Г. Breeze с соавт. изучили возможности посмертной МРТ для определения объема легких (путем наложения специальной сетки на томограммы) с последующей оценкой их массы у 25 погибших плодов гестационного возраста от 16 до 40 недель [56]. В результате исследования авторы выявили прямую линейную зависимость между объемом, включающим внутриорганное сосудистое русло, и массой легких и привели уравнение регрессии для неинвазивного определения массы (M) легких по значению их объема (V):  $M = 0,87 \times V - 0,27$ . Рассчитанные значения плотности ткани легких составили  $1,15 \text{ г/см}^3$ . По данным F.A. Duck плотность ткани легких взрослых людей варьировала от  $1,04 \text{ г/см}^3$  до  $1,09 \text{ г/см}^3$  [57].

Более эффективным способом определения объема, а затем и плотности внутренних органов оказалось использование полуавтоматизированного способа 3D-реконструкций посмертных МР-томограмм. Так, S. Thayuil с соавт. исследовали тела 30 плодов, погибших на сроках гестации 14-42 недели, 5 новорожденных и 30 младенцев и детей, умерших в возрасте 1 месяц – 16 лет [58]. На основании данных аутопсии и посмертной МРТ авторы установили, что среднее значение плотности ткани легких у погибших плодов ( $1,05 \text{ г/см}^3$ ) было меньше такового у умерших младенцев и детей ( $0,9 \text{ г/см}^3$ ). В заключении S. Thayuil с соавт. отметили быстроту и эффективность полуавтоматической 3D-реконструкции МР-томограмм для определения объема и, соответственно, массы легких, указав при этом на большую погрешность измерений при анализе тел плодов до 20 недель гестации и / или массой тела менее 300 г [58].

В свою очередь, K. Matoba с соавт. провели определение массы нормально аэрированных легких при помощи посмертной КТ, но взрослых людей [59]. Согласно ранее проведенному исследованию, нормальное аэрированное легкое имело КТ-плотность от -1000 HU до -700 HU и характеризовалось значениями % ALV более 70%, где % ALV рассчитывалось как отношение объема аэрированной ткани легкого к общему объему легких, выраженное в процентах [60]. Авторы установили, что средние значения ( $\pm SE$ ) % ALV составили  $79,9 (\pm 0,9)$  HU в обоих легких,  $80,3 (\pm 1,3)$  HU – в правом легком

и 77,6 ( $\pm 2,0$ ) HU – в левом легком. При этом средняя масса ( $\pm SE$ ) нормально аэрированного правого легких составила 284,9 ( $\pm 14,8$ ) г и левого легкого – 249,3 ( $\pm 12,9$ ) г.

Считаем необходимым вновь обратить внимание на то, что при проведении анализа посмертных томограмм и особенно при определении количественных показателей необходимо всегда помнить о развитии посмертных изменений, которые в той или иной мере могут соответствовать прижизненным процессам или нивелировать их. Как мы уже указывали, наличие участков повышенной плотности может отражать наличие пневмонии, отека или обусловлено развитием трупных гипостазов. Аналогично посмертные сгустки крови могут симулировать картину ТЭЛА, что явилось одной из самых распространенных ошибок посмертной КТ в исследовании [4].

Более того, выраженность посмертных изменений возрастает с увеличением периода времени, прошедшего после смерти. В этой связи несколько исследований было посвящено особенностям посмертных лучевых характеристик в зависимости от давности смерти. В результате посмертной КТ, выполненной практически сразу после констатации смерти, были установлены ранние посмертные изменения: появление гипостазов в сердце и легких, повышение КТ-плотности в стенке аорты, а также расширение полостей правых отделов сердца [61].

При сравнительном анализе томограмм легких, полученных при посмертной немедленной и отсроченной (через 13-54 ч после смерти) КТ одних и тех же трех тел умерших пациентов 24, 44 и 76 лет, S Shiotani с соавт. установили повышение КТ-плотности ткани легкого от вида матового стекла до выраженного затемнения в нижележащих отделах легкого [61]. Кроме того, при КТ, выполненной через 54 ч после констатации смерти, в легких 76-летнего мужчины дополнительно определялись безвоздушные бронхи с наличием жидкости. В этой связи авторы предупреждают, что для нивелирования посмертных изменений и корректного сопоставления результатов посмертной КТ и данных аутопсийного исследования время между такими исследованиями должно быть минимальным.

В другом исследовании T. Michiue с соавт. также изучили посмертные изменения значений КТ-плотности ткани легких [17]. В одном случае интервал между КТ-исследованиями составил 24 ч (соответственно через 9 ч и 33 ч после смерти от геморрагического шока), в другом – 18 ч (соответственно через 42 ч и 60 ч после смерти от травмы головы). В обоих случаях увеличение времени после смерти сопровождалось незначительным повышением КТ-плотности

ткани легких на 10 HU, что составило соответственно 1,1% и 1,2% соответственно.

При проведении КТ и МРТ тел плодов и новорожденных мы также наблюдали картину посмертного изменения интенсивностей КТ и МР-сигнала в выше и ниже лежащих областях легких (при положении тела, лежа на спине) (рис. 10). Одним из критериев, характеризующих именно посмертные изменения является, на наш взгляд, наличие симметричных и однотипных изменений КТ и МР-картин обоих легких (при условии хранения тела в положении лежа на спине или на животе) в отличие от прижизненно развившихся поражений, когда изменения лучевой картины чаще наблюдаются в одном легком или визуализируются несимметричными изменениями легочной ткани, в результате того, что на картину прижизненной патологии легкого накладывается картина посмертных изменений.

Другим важным моментом посмертного лучевого исследования является знание особенностей выявления патологии легких при посмертной КТ и МРТ. В судебно-медицинской практике наиболее часто используется КТ, позволяющая выявлять различные повреждения, в частности переломы костей, кровоизлияния. КТ более эффективна и для выявления степени воздушности ткани легких, в том числе путем сравнительного анализа количественных показателей КТ-плотности в анализируемых областях. Немаловажным моментом является дешевизна и быстрота проведения КТ по сравнению с МРТ [4].

Однако, как мы уже указывали, отличительной особенностью посмертной КТ в перинатологии является низкое по сравнению с томограммами взрослых пациентов качество получаемых томограмм [9, 62]. Именно из-за малых размеров тел погибших плодов и новорожденных, а также из-за отсутствия выраженной межорганной жировой клетчатки затруднена не только визуализация самих внутренних органов, включая легкие, но и выявление в них поражений.

МРТ обеспечивает большую выявляемость топографии внутренних органов и их поражений, что, видимо, и объясняет превалирование проведения посмертных МРТ-исследований в неонатологии. В качестве подтверждения можно привести результаты исследования S. Thauyil с соавт., показавшими возможность проведения полуавтоматической 3D-реконструкции внутренних органов погибших плодов и умерших новорожденных на МР-томограммах [58]. Изображения на компьютерных томограммах не имели достаточной контрастности органов для проведения такой реконструкции.

Таким образом, на основании данных литературы и результатов ряда собственных ис-

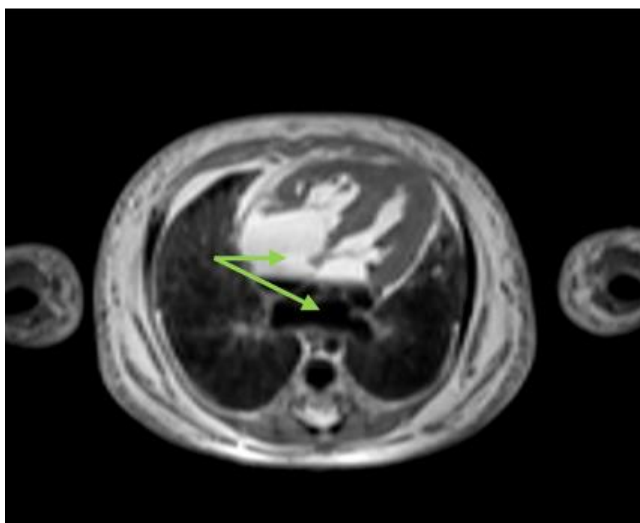


Рис. 8 (Fig. 8)

**Рис. 8.** МРТ органов грудной полости погибшего новорожденного, родившегося на гестационном сроке 30 недель и прожившего 5 суток и 5 минут.

Аксиальная проекция, срез на уровне сосудистого пучка сердца. T2-ВИ. Посмертное исследование проведено спустя 4 суток после констатации гибели новорожденного, хранение тела в холодильной камере в положении лежа на спине.

Стрелки – посмертная внутрисосудистая седиментация элементов крови.

**Fig. 8.** Postmortem MR image of the deceased newborn, which born at 30 week of gestational age and died at the age of 5 days 5 minutes.

Axial section at the level of the vascular bundle of the heart. T2-WI. Postmortem MRI re-search was carried out 4 days after the death of the newborn, safekeeping of the body - in the refrigerator at the supine position.

arrows - postmortem intravascular sedimentation of blood elements.



Рис. 9 а (Fig. 9 а)



Рис. 9 б (Fig. 9 в)

**Рис. 9.** Посмертная МРТ тел новорожденных. Комбинированное МР-изображение. Объемная реконструкция легких с автоматическим расчетом объемных параметров правого (красный цвет) и левого (оранжевый цвет) легкого.

а – тело новорожденного, родившегося на гестационном сроке 37 недель и прожившего 19 часов 38 минут с врожденной двусторонней диафрагмальной грыжей и наличием гипоплазии обоих легких. Объем правого легкого – 7,5 см<sup>3</sup>, объем левого легкого – 1,9 см<sup>3</sup>.

б – тело новорожденного, родившегося на гестационном сроке 40 недель и прожившего 7 суток без патологии легких. Объем правого легкого – 59,7 см<sup>3</sup>, объем левого легкого – 44,3 см<sup>3</sup>.

**Fig. 9.** Postmortem MR study of the deceased newborns bodies. Combined MR image. Volume reconstruction of the lungs with automatic calculation of the volume parameters of the right lung (red color) and left lung (orange color).

a - the body of the deceased newborn with congenital bilateral diaphragmatic hernia and the presence of hypoplasia of both lungs, which born at 37 week of gestational age and died at the age of 19 hours 38 minutes. The volume of the right lung - 7,5 cm<sup>3</sup>, the volume of the left lung - 1,9 cm<sup>3</sup>.

b - the body of the deceased newborn without pathology of the lungs, which born at 40 week of gestational age and died at the age of 7 days. The volume of the right lung - 59,7 cm<sup>3</sup>, the volume of the left lung - 44,3 cm<sup>3</sup>.

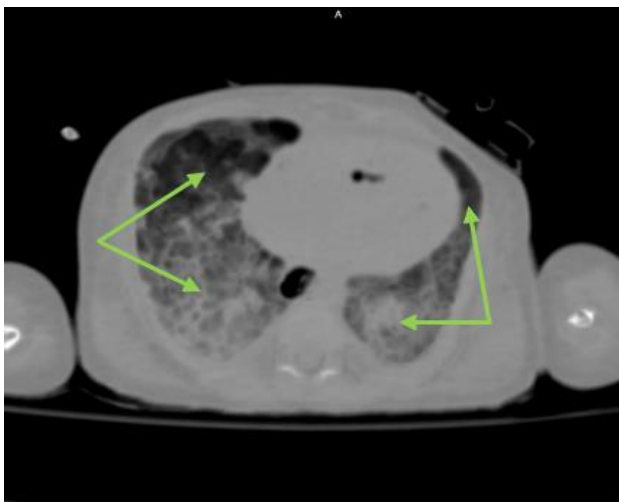


Рис. 10 а (Fig. 10 а)

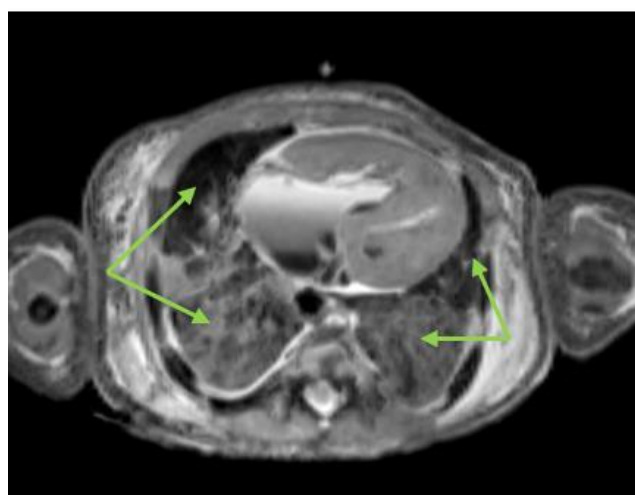


Рис. 10 б (Fig. 10 в)

**Рис. 10.** Посмертное лучевое исследование тела новорожденного, родившегося на гестационном сроке 38 недель и прожившего 37 дней 1 час 36 минут.

а – КТ; б – МРТ, T2-ВИ. Аксиальная проекция, срез на уровне наилучшей визуализации легочных полей справа и слева. Посмертное исследование проведено спустя 19 часов после констатации гибели новорожденного, хранение тела в холодильной камере в положении лежа на спине.

Стрелки – неспецифические посмертные изменения легочной ткани.

**Fig. 10.** Postmortem radiological study of the deceased newborn, which born at 38 week of gestational age and died at the age of 37 days 1 hour 36 minutes.

а - CT image; б - MR image, T2-WI. Axial section at the level of the best visualization of the right and left pulmonary fields. Postmortem MRI research was carried out 19 hours after the death of the newborn, safekeeping of the body - in the refrigerator at the supine position.

arrows - nonspecific postmortem changes in pulmonary tissue

следований можно заключить, что посмертное лучевое исследование тел умерших пациентов является высокоинформативным в отношении выявления поражений легких. Достоинствами посмертных КТ и МРТ являются проведение исследований без нарушения целостности тела, возможность немедленного анализа полученных томограмм и долгосрочного их хранения в цифровом формате, а также доступность полученных результатов для повторного просмотра после захоронения или кремации трупа. Учитывая преимущества и ограничения посмертных КТ и МРТ, считаем целесообразным проведение обоих методов исследования, особенно при исследовании тел плодов и новорожденных или одного, но наиболее информативного для выявления интересующей патологии и решения поставленной задачи. Однако даже выполнение обоих методов посмертной визуализации не может в полной мере заменить традиционное патологоанатомическое вскрытие. При этом результаты,

полученные при посмертных КТ и МРТ-исследованиях, несомненно, существенным образом облегчают проведение аутопсии, а также уточняют и дополняют ее результаты в отношении патологии и танатогенеза.

**Источник финансирования и конфликт интересов.**

Исследование одобрено комитетом по этике ФГБУ «Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова» Минздрава России (протокол № 25 от 22.06.2012).

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (Соглашение о предоставлении субсидии от 03.10.2016 г. №14.607.21.0162, идентификатор соглашения RFMEFI60716X0162).

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

**Список литературы:**

1. Демографический ежегодник России. 2017: Стат. сб. Росстат. М., 2017. 263 с.

2. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Фролова О.Г. Региональные особенности мертворождаемости в Российской Федерации.

- Актуальные вопросы судебно-медицинской экспертизы и экспертной практики в региональных бюро судебно-медицинской экспертизы на современном этапе. Рязань, 2013; 163-169.
3. 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.
  4. Roberts I.S.D, Benamore R.E., Benbow E.W., Lee S.H., Harris J.N., Jackson A. Et al. 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
  5. 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; : 4-26.
  6. Arthurs O.J., Hutchinson J.C., Sebire N.J. Current issues in postmortem imaging of perinatal and forensic childhood deaths. *Forensic Sci Med Pathol.* 2017; 13: 58-66. DOI 10.1007/s12024-016-9821-x
  7. Тюрин И.Е. Компьютерная томография органов грудной полости. СПб: Элби-СПБ, 2003.
  8. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Лучевая визуализация неспецифических посмертных изменений сердечно-сосудистой системы. *Судебно-медицинская экспертиза.* 2016; 5: 59-63.
  9. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Возможности и ограничения виртуальной аутопсии в неонатологии. *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2017; 7 (1): 20-33.
  10. 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.
  11. Ковалев А.В., Плетянова И.В., Фетисов В.А. Правовые и судебно-медицинские проблемы установления жизнеспособности плодов и новорожденных в современных условиях. *Судебно-медицинская экспертиза.* 2014; 4: 4-7.
  12. Burke M.P. *Forensic pathology of fractures and mechanisms of injury: postmortem CT scanning.* CRC Press, 2011.
  13. Туманова У.Н., Федосеева В.К., Ляпин В.М., Щеголев А.И., Сухих Г.Т. Выявление скоплений газа в телах плодов, мертворожденных и умерших новорожденных при посмертном компьютерно-томографическом исследовании. *Consilium Medicum.* 2016; 18 (13): 26-33.
  14. Федосеева В.К., Туманова У.Н., Ляпин В.М., Быченко В.Г., Воеводин С.М., Щеголев А.И. Посмертная лучевая диагностика мертворожденных и умерших новорожденных. *Невский радиологический форум - 2014.* А.Ю. Васильев (ред). 2014; 304-305.
  15. Westphal S.E., Aritzsch J., Penzkofer T., Mahnken A.H., Knüchel R. Virtual CT autopsy in clinical pathology: feasibility in clinical autopsies. *Virchows Arch.* 2012; 461: 211-219. DOI 10.1007/s00428-012-1257-4
  16. Matoba K., Hyodoh H., Murakami M., Saito A., Matoba T., Ishida L. et al. Estimating normal lung weight measurement using postmortem CT in forensic cases. *Legal Medicine.* 2017; 29: 77-81. DOI 10.1016/j.legalmed.2017.10.014
  17. Michiue T., Sakurai T., Ishikawa T., Oritani S., Maeda H. Quantitative analysis of pulmonary pathophysiology using postmortem computed tomography with regard to the cause of death. *Forensic Sci. Int.* 2012; 220: 232-238. DOI:10.1016/j.forsciint.2012.03.007
  18. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., Yamazaki K., Nakayama H., Watanabe K. et al. Non-traumatic postmortem computed tomographic (PMCT) findings of the lung. *Forensic Sci. Int.* 2004; 139: 39-48. DOI:10.1016/j.forsciint.2003.09.016
  19. Rosenblum L.J., Mauzeri R.A., Wallenstein D.E., Thomas F.D., Bassano D.A., Raasch B.N et al., Density patterns in the normal lung as determined by computed tomography. *Radiology.* 1980; 137: 409-416. DOI: 10.1148/radiology.137.2.7433674
  20. Millar A.B., Denison D.M. Vertical gradients of lung density in healthy supine men. *Thorax.* 1989; 44: 485-490.
  21. Hedlund L.W., Vock P., Effmann E.L., Lischiko M.M., Putman C.E. Hydrostatic pulmonary edema an analysis of lung density changes by computed tomography. *Invest. Radiol.* 1984; 19: 254-262
  22. Fraser R.S., Muller N.L., Colman N., Pare P.D. Terms for CT of the lungs. R.S. Fraser, N.L. Muller, N. Colman, P.D. Pare (Eds.), *Diagnosis of Diseases of the Chest*, vol. 1, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1999; xxxiii-xxxvi.
  23. Sonnemans L.J.P., Kubat B., Prokop M., Klein W.M. Can virtual autopsy with postmortem CT improve clinical diagnosis of cause of death? A retrospective observational cohort study in a Dutch tertiary referral centre. *BMJ Open.* 2018; 8: e018834. DOI:10.1136/bmjopen-2017-018834
  24. Michiue T., Ishikawa T., Oritani S., Kamikodai Y., Tsuda K., Okazaki S. et al. Forensic pathological evaluation of postmortem pulmonary CT high-density areas in serial autopsy cases of sudden cardiac death. *Forensic Science International.* 2013; 232: 199-205. DOI: 10.1016/j.forsciint.2013.07.025
  25. Inai K., Noriki S., Kinoshita K., Sakai T., Kimura H., Nishijima A. et al. Postmortem CT is more accurate than clinical diagnosis for identifying the immediate cause of death in hospitalized patients: a prospective autopsy-based study. *Virchows Arch.* 2016; 469: 101-109. DOI 10.1007/s00428-016-1937-6
  26. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Неспецифические посмертные изменения, выявляемые при компьютерно-томографическом исследовании. *Криминалистическое сопровождение расследования преступлений: проблемы и пути их решения.* М.: Академия Следственного комитета Российской Федерации, 2016; 525-529.
  27. Мишинёв О.Д., Щеголев А.И. Патологическая анатомия ОРДС. Б.Р. Гельфанд, В.А. Кассиль (ред). *Острый респираторный дистресс-синдром.* М., Литтерра, 2007; 48-67.
  28. Гельфанд Б.Р., Руднов В.А., Проценко Д.Н. и др. *Сепсис в начале XXI века. Классификация, клиничко-диагностическая концепция и лечение.* Патолого-анатомическая диагностика. М.: Издательство НЦССХ им А.Н. Бакулева РАМН. 2004. 130 с.
  29. Федосеева В.К., Туманова У.Н., Ляпин В.М., Воеводин С.М., Щеголев А.И. Возможности использования мультиспиральной компьютерной томографии в посмертной диагностике патологии плодов и новорожденных. *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2013; 3 (S2): 448.
  30. Arthurs O.J., Thayyil S., Olsen O.E., Addison S., Wade A., Jones R. et al. Diagnostic accuracy of post-mortem MRI for thoracic abnormalities in fetuses and children. *Eur Radiol.* 2014; 24: 2876-2884. DOI 10.1007/s00330-014-3313-8
  31. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Быченко В.Г., Щеголев А.И.,

- Сухих Г.Т. Посмертная МРТ для диагностики врожденной пневмонии. Вестник Российского государственного медицинского университета. 2016; 4: 48-55.
32. Breeze A.C.G., Cross J.J., Hackett G.A., Jessop F.A., Joubert I., Lomas D.J. et al. Use of a confidence scale in reporting post-mortem fetal magnetic resonance imaging // *Ultra-sound Obstet Gynecol* 2006; 28: 918–924. DOI: 10.1002/uog.3886
33. Veljkovic B., Franckenberg S., Hatch G.M., Bucher M., Schwendener N., Ampanozi G. et al. Quantification of pleural effusion from single area measurements on CT. *Emerg Radiol*. 2013; 20: 285-289. DOI 10.1007/s10140-013-1115-y
34. Siebert J.R. Perinatal, fetal and embryonic autopsy. Gilbert-Barness E. (ed). *Potters's pathology of the fetus and infant*. 2nd edition. Philadelphia: Mosby Elsevier, 2007; 695-740.
35. Cohen M.C., Whitby E. The use of magnetic resonance in the hospital and coronial pediatric postmortem examination. *Forensic Sci Med Pathol*. 2007; 3: 289-296. DOI 10.1007/s12024-007-9017-5
36. Guddat S.S., Gapert R., Tsokos M., Oesterhelweg L. Proof of live birth using postmortem multislice computed tomography (pmMSCT) in cases of suspected neonaticide: advantages of diagnostic imaging compared to conventional autopsy. *Forensic Sci Med Pathol*. 2013; 9: 3-12. DOI 10.1007/s12024-012-9361-y
37. Barber J.L., Sebire N.J., Chitty L.S., Taylor A.M., Arthurs O.J. Lung aeration on post-mortem magnetic resonance imaging is a useful marker of live birth versus stillbirth. *Int J Legal Med*. 2015; 129: 531-536. DOI 10.1007/s00414-014-1125-7
38. Туманова У.Н., Быченко В.Г., Ляпин В.М., Воеводин С.М., Щеголев А.И., Сухих Г.Т. Способ дифференциальной диагностики мертворожденного и смерти новорожденно-го после рождения. Патент на изобретение RUS 2577454 18.06.2015 (in Russian)
39. Ross S.G., Thali M.J., Bolliger S., Germerott T., Ruder T.D., Flach P.M. Sudden death after chest pain: feasibility of virtual autopsy with postmortem CT angiography and biopsy. *Radiology* 264 (1) (2012) 250–259. DOI: 10.1148/radiol.12092415
40. Pichereau C., Maury E., Monnier-Cholley L., Bourcier S., Lejour G., Alves M. et al. Post-mortem CT scan with contrast injection and chest compression to diagnose pulmonary embolism. *Intens. Care Med*. 2014; 41 (1): 167-168. DOI: 10.1007/s00134-014-3520-4
41. Jackowski C, Grabherr S, Schwendener N. Pulmonary thrombembolism as cause of death on unenhanced postmortem 3T MRI. *Eur Radiol*. 2013; 23: 1266-1270. DOI: 10.1007/s00330-012-2728-3
42. Jackowski C., Thali M., Aghayev E., Yen K., Sonnenschein M., Zwuygart K. et al. Postmortem imaging of blood and its characteristics using MSCT and MRI. *Int. J. Legal. Med*. 2006; 120(4): 233-240. DOI: 10.1007/s00414-005-0023-4
43. Tan M., Mol G.C., van Rooden C.J., Klok F.A., Westerbeek R.E., Iglesias Del Sol A. et al. Magnetic resonance direct thrombus imaging differentiates acute recurrent ipsilateral deep vein thrombosis from residual thrombosis. *Blood*. 2014; 124: 623-627. DOI: 10.1182/blood-2014-04-566380
44. von Both I., Bruni S.G., Herath J.C. Differentiation of ante-mortem pulmonary thromboembolism and postmortem clot with unenhanced MRI: a case report. *Forensic Sci Med Pathol*. 2018; 14 (1): 95-101. doi: 10.1007/s12024-017-9940-z
45. Hayman L.A., Taber K.H., Ford J.J., Saleem A., Gurgun M., Mohamed S. et al. Effect of clot formation and retraction on spin-echo MR images of blood: an in vitro study. *AJNR Am J Neuro-radiol*. 1989; 10: 1155-1158.
46. Puranik R., Gray B., Lackey H., Yeates L., Parker G., Duflou 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
47. Ampanozi G., Held U., Ruder T.D., Ross S.G., Schweitzer W., Fornaro J. et al. Pulmonary thromboembolism on unenhanced postmortem computed tomography: Feasibility and findings. *Legal Medicine*. 2016; 20: 68-74. DOI: 10.1016/j.legalmed.2016.04.005
48. Sogawa N., Michiue T., Kawamoto O., Oritani S., Ishikawa T., Maeda H. Postmortem virtual volumetry of the heart and lung in situ using CT data for investigating terminal cardiovascular pathophysiology in forensic autopsy. *Leg Med (Tokyo)*. 2014; 16 (4): 187-192. DOI: 10.1016/j.legalmed.2014.03.002.
49. de Paepe M.E., Carr S.R., Cassese J.A. Postmortem validation of imaging-derived formulas for prediction of fetal lung volume. *Fetal Diagn Ther*. 2003; 18: 353-359. DOI: 10.1159/000071980
50. Laudy J.A., Wladimiroff J.W. The fetal lung. 2: Pulmonary hypoplasia. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2000; 16: 482-494. DOI: 10.1046/j.1469-0705.2000.00252.x
51. Szpinda M., Siedlaczek W., Szpinda A., Wozniak A., Mila-Kierzenkowska C., Wisniewski M. Volumetric growth of the lungs in human fetuses: an anatomical, hydrostatic and statistical study. *Surg Radiol Anat*. 2014; 36: 813-820. DOI 10.1007/s00276-014-1269-7
52. Туманова У.Н., Быченко В.Г., Ляпин В.М., Воеводин С.М., Щеголев А.И. Врожденная диафрагмальная грыжа у новорожденного: МРТ - патоморфологические сопоставления Медицинская визуализация. 2014; 4: 72-83.
53. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Буров А.А., Щеголев А.И., Дегтярёв Д.Н. Посмертная характеристика гипоплазии легких при диафрагмальной грыже: МРТ - патоморфологические сопоставления. Медицинская визуализация. 2017; 21 (4): 132-142. DOI: <http://dx.doi.org/10.24835/1607-0763-2017-4-132-142>
54. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Буров А.А., Щеголев А.И., Сухих Г.Т. Возможности посмертной магнитно-резонансной томографии для диагностики гипоплазии легких. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2018; 165 (2): 257-261.
55. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Ляпин В.М. Гипоплазия легких: причины развития и патолого-анатомическая характеристика. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017; 4 (часть 3): 530-534.
56. Breeze A.C.G., Gallagher F.A., Lomas D.J., Smith G.C.S., Lees C.C. for the Cambridge Post-mortem MRI Study Group. Postmortem fetal organ volumetry using magnetic resonance imaging and comparison to organ weights at conventional autopsy. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2008; 31: 187-193. DOI: 10.1002/uog.5199
57. Duck F.A. *Physical properties of tissue*. Academic Press: London, 1990.
58. Thayyil S., Schievano S., Robertson N.J., Jones R., Chitty L.S., Sebire N.J. et al. A semi-automated method for non-invasive internal organ weight estimation by post-mortem mag-

netic resonance imaging in fetuses, newborns and children. *Europ. J. Radiology.* 2009; 72: 321-326. DOI:10.1016/j.ejrad.2008.07.013

59. Matoba K., Hyodoh H., Murakami M., Saito A., Matoba T., Ishida L. et al. Estimating normal lung weight measurement using postmortem CT in forensic cases. *Legal Medicine.* 2017; 29: 77-81. DOI: 10.1016/j.legalmed.2017.10.014.

60. Hyodoh H., Watanabe S., Katada R., Hyodoh K., Matsumoto H. Postmortem computed tomography lung findings in fatal of

hypothermia. *Forensic Sci. Int.* 2013; 231 (1-3): 190-194.

61. Shiotani S., Kobayashi T., Hayakawa H., Kikuchi K., Kohno M. Postmortem pulmonary edema: A comparison between immediate and delayed postmortem computed tomography. *Legal Medicine.* 2011; 13: 151-155. DOI:10.1016/j.legalmed.2010.12.008

62. Туманова У.Н., Щёголев А.И. Посмертная магнитно-резонансная томография плодов и новорожденных. *Медицинская визуализация.* 2015; 5: 128-136.

## References:

1. Demographic Yearbook of Russia. 2017: Stat. proceedings of the Rosstat. M., 2017. 263 c. (in Russian)

2. Shchegolev A.I., Tumanova U.N., Frolova O.G. Regional features of stillbirths in the Russian Federation. *Aktual'nye voprosy sudebno-medicinskoj ekspertizy i ekspertnoj praktiki v regional'nyh byuro sudebno-medicinskoj ekspertizy na sovremennom etape.* Ryazan', 2013; 163-169. (in Russian)

3. 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).

4. Roberts I.S.D., Benamore R.E., Benbow E.W., Lee S.H., Harris J.N., Jackson A. Et al. 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

5. 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)

6. Arthurs O.J., Hutchinson J.C., Sebire N.J. Current issues in postmortem imaging of perinatal and forensic childhood deaths. *Forensic Sci Med Pathol.* 2017; 13: 58-66. DOI 10.1007/s12024-016-9821-x

7. Tyurin I.E. *Computed tomography of the chest cavity.* SPb: Elbi-SPB, 2003. (in Russian)

8. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Radiation diagnosis of non-specific postmortem changes in the cardiovascular system. *Sudebno-medicinskaja jekspertiza.* 2016; 5: 59-63. DOI: 10.17116/sudmed2016595559-63 (in Russian)

9. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Possibilities and limitations of virtual autopsy in neonatology. *REJR.* 2017; 7 (1): 20-33. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-1-20-33 (in Russian)

10. Tumanova U.N., Fedoseeva V.K., Liapin V.M., Stepanov A.V., Voevodin S.M., Shchyogolev A.I. Computed Tomography of stillborn with bone pathology. *Medicinskaja vizualizaci-ja.* 2013; 5: 110-120 (in Russian)

11. Kovalev A.V., Pletianova I.V., Fetisov V.A. The legal and forensic medical problems related to the determination of viability of the fetuses and newborn infants under the present-day conditions. *Sudebno-medicinskaja ekspertiza.* 2014; 4: 4-7. (in Russian)

12. Burke M.P. *Forensic pathology of fractures and mechanisms of injury: postmortem CT scanning.* CRC Press, 2011.

13. Tumanova U.N., Fedoseeva V.K., Lyapin V.M., Shchegolev A.I., Sukhikh G.T. Identification of gas accumulations in the bodies of fetuses, stillborns and dead newborns at postmortem computed tomography study. *Consilium Medicum.* 2016; 18 (13): 26-33. (in Russian)

14. Fedoseeva V.K., Tumanova U.N., Lyapin V.M., Bychenko V.G., Voevodin S.M., Shchegolev A.I. Postmortem radiological diagnosis stillbirths and deaths of newborns. *Nevskij radiologicheskij forum – 2014.* SPb: JeLBI-SPb, 2014; 304-305. (in Russian)

15. Westphal S.E., Apitzsch J., Penzkofer T., Mahnken A.H., Knüchel R. Virtual CT autopsy in clinical pathology: feasibility in clinical autopsies. *Virchows Arch.* 2012; 461: 211-219. DOI 10.1007/s00428-012-1257-4

16. Matoba K., Hyodoh H., Murakami M., Saito A., Matoba T., Ishida L. et al. Estimating normal lung weight measurement using postmortem CT in forensic cases. *Legal Medicine.* 2017; 29: 77-81. DOI 10.1016/j.legalmed.2017.10.014

17. Michiue T., Sakurai T., Ishikawa T., Oritani S., Maeda H. Quantitative analysis of pulmonary pathophysiology using postmortem computed tomography with regard to the cause of death. *Forensic Sci. Int.* 2012; 220: 232-238. DOI:10.1016/j.forsciint.2012.03.007

18. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., Yamazaki K., Nakayama H., Watanabe K. et al. Non-traumatic postmortem computed tomographic (PMCT) findings of the lung. *Forensic Sci. Int.* 2004; 139: 39-48. DOI:10.1016/j.forsciint.2003.09.016

19. Rosenblum L.J., Mauerci R.A., Wallenstein D.E., Thomas F.D., Bassano D.A., Raasch B.N et al., Density patterns in the normal lung as determined by computed tomography. *Radiology.* 1980; 137: 409-416. DOI: 10.1148/radiology.137.2.7433674

20. Millar A.B., Denison D.M. Vertical gradients of lung density in healthy supine men. *Thor-ax.* 1989; 44: 485-490.

21. Hedlund L.W., Vock P., Effmann E.L., Lischiko M.M., Putman C.E. Hydrostatic pulmonary edema an analysis of lung density changes by computed tomography. *Invest. Radiol.* 1984; 19: 254-262

22. Fraser R.S., Muller N.L., Colman N., Pare P.D. Terms for CT of the lungs. R.S. Fraser, N.L. Muller, N. Colman, P.D. Pare (Eds.), *Diagnosis of Diseases of the Chest*, vol. 1, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1999; xxxiii-xxxvi.

23. Sonnemans L.J.P., Kubat B., Prokop M., Klein W.M. Can virtual autopsy with postmortem CT improve clinical diagnosis of cause of death? A retrospective observational cohort study in a Dutch tertiary referral centre. *BMJ Open.* 2018; 8: e018834. DOI:10.1136/bmjopen-2017-018834

24. Michiue T., Ishikawa T., Oritani S., Kamikodai Y., Tsuda K., Okazaki S. et al. Forensic pathological evaluation of postmortem pulmonary CT high-density areas in serial autopsy cases of sudden cardiac death. *Forensic Science International.* 2013; 232: 199-205. DOI: 10.1016/j.forsciint.2013.07.025

25. Inai K., Noriki S., Kinoshita K., Sakai T., Kimura H., Nishiji-

- ma A. et al. Postmortem CT is more accurate than clinical diagnosis for identifying the immediate cause of death in hospitalized patients: a prospective autopsy-based study. *Virchows Arch.* 2016; 469: 101-109. DOI 10.1007/s00428-016-1937-6
26. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Nespecificheskie posmertnye izmenenija, vyjavljaemye pri kompjuternotomograficheskom issledovanii. *Kriminalisticheskoe so-provovzhdenie rassledovanija prestuplenij: problemy i puti ih reshenija.* M.: Akademija Sledstvennogo komiteta Rossijskoj Federacii, 2016; 525-529 (in Russian)
27. Mishnev O.D., Shchegolev A.I. Pathological anatomy of ARDS. B.R. Gelfand, V.L. Kassil (eds.). *Acute respiratory distress syndrome.* M., Litterra, 2007; 48-67. (in Russian)
28. Gelfand B.R., Rudnov V.A., Procenko D.N. et al. Sepsis in the early twenty-first century. Classification, clinical-diagnostic concept and treatment. *Pathoanatomic diagnosis.* M.: Iz-datel'stvo NCSSH im A.N. Bakuleva RAMN. 2004. 130 c. (in Russian)
29. Fedoseeva V.K., Tumanova U.N., Lyapin V.M., Voevodin S.M., Shchegolev A.I. Possibilities of use of multislice computed tomography in the diagnosis of pathological death fetus-es and newborns. *Rossijskij jelektronnyj zhurnal lučevoj diagnostiki.* 2013; 3 (S2): 448. (in Russian)
30. Arthurs O.J., Thayyil S., Olsen O.E., Addison S., Wade A., Jones R. et al. Diagnostic accuracy of post-mortem MRI for thoracic abnormalities in fetuses and children. *Eur Radiol.* 2014; 24: 2876-2884. DOI 10.1007/s00330-014-3313-8
31. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Bychenko V.G., Schegolev A.I., Sukhikh G.T. Postmortem magnetic resonance imaging in the diagnosis of congenital pneumonia. *Bulletin of Russian State Medical University.* 2016. № 4. C. 44-50. (in Russian)
32. Breeze A.C.G., Cross J.J., Hackett G.A., Jessop F.A., Joubert I., Lomas D.J. et al. Use of a confidence scale in reporting post-mortem fetal magnetic resonance imaging // *Ultra-sound Obstet Gynecol* 2006; 28: 918-924. DOI: 10.1002/uog.3886
33. Veljkovic B., Franckenberg S., Hatch G.M., Bucher M., Schwendener N., Ampanozi G. et al. Quantification of pleural effusion from single area measurements on CT. *Emerg Radiol.* 2013; 20: 285-289. DOI 10.1007/s10140-013-1115-y
34. Siebert J.R. Perinatal, fetal and embryonic autopsy. Gilbert-Barness E. (ed). *Potters's pathology of the fetus and infant.* 2nd edition. Philadelphia: Mosby Elsevier, 2007; 695-740.
35. Cohen M.C., Whitby E. The use of magnetic resonance in the hospital and coronial pediatric postmortem examination. *Forensic Sci Med Pathol.* 2007; 3: 289-296. DOI 10.1007/s 12024-007-9017-5
36. Guddat S.S., Gapert R., Tsokos M., Oesterhelweg L. Proof of live birth using postmortem multislice computed tomography (pmMSCT) in cases of suspected neonaticide: advantages of diagnostic imaging compared to conventional autopsy. *Forensic Sci Med Pathol.* 2013; 9: 3-12. DOI 10.1007/s12024-012-9361-y
37. Barber J.L., Sebire N.J., Chitty L.S., Taylor A.M., Arthurs O.J. Lung aeration on post-mortem magnetic resonance imaging is a useful marker of live birth versus stillbirth. *Int J Legal Med.* 2015; 129: 531-536. DOI 10.1007/s00414-014-1125-7
38. Tumanova U.N., Bychenko V.G., Lyapin V.M., Voevodin S.M., Shchegolev A., Sukhikh G. The method of differential diagnosis of stillbirth and death of newborn after birth. Patent RUS 2577454 18.06.2015 (in Russian)
39. Ross S.G., Thali M.J., Bolliger S., Germerott T., Ruder T.D., Flach P.M. Sudden death after chest pain: feasibility of virtual autopsy with postmortem CT angiography and biopsy. *Radiology* 264 (1) (2012) 250-259. DOI: 10.1148/radiol.12092415
40. Pichereau C., Maury E., Monnier-Cholley L., Bourcier S., Lejour G., Alves M. et al. Post-mortem CT scan with contrast injection and chest compression to diagnose pulmonary embolism. *Intens. Care Med.* 2014; 41 (1): 167-168. DOI: 10.1007/s00134-014-3520-4
41. Jackowski C, Grabherr S, Schwendener N. Pulmonary thrombembolism as cause of death on unenhanced postmortem 3T MRI. *Eur Radiol.* 2013; 23: 1266-1270. DOI: 10.1007/s00330-012-2728-3
42. Jackowski C., Thali M., Aghayev E., Yen K., Sonnenschein M., Zwygart K. et al. Postmortem imaging of blood and its characteristics using MSCT and MRI. *Int. J. Legal. Med.* 2006; 120(4): 233-240. DOI: 10.1007/s00414-005-0023-4
43. Tan M., Mol G.C., van Rooden C.J., Klok F.A., Westerbeek R.E., Iglesias Del Sol A. et al. Magnetic resonance direct thrombus imaging differentiates acute recurrent ipsilateral deep vein thrombosis from residual thrombosis. *Blood.* 2014; 124: 623-627. DOI: 10.1182/blood-2014-04-566380
44. von Both I, Bruni S.G., Herath J.C. Differentiation of antemortem pulmonary thromboembolism and postmortem clot with unenhanced MRI: a case report. *Forensic Sci Med Pathol.* 2018; 14 (1): 95-101. doi: 10.1007/s12024-017-9940-z
45. Hayman L.A., Taber K.H., Ford J.J., Saleem A., Gurgun M., Mohamed S. et al. Effect of clot formation and retraction on spin-echo MR images of blood: an in vitro study. *AJNR Am J Neuro-radiol.* 1989; 10: 1155-1158.
46. Puranik R., Gray B., Lackey H., Yeates L., Parker G., Duflou 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
47. Ampanozi G., Held U., Ruder T.D., Ross S.G., Schweitzer W., Fornaro J. et al. Pulmonary thromboembolism on unenhanced postmortem computed tomography: Feasibility and findings. *Legal Medicine.* 2016; 20: 68-74. DOI: 10.1016/j.legalmed.2016.04.005
48. Sogawa N., Michiue T., Kawamoto O., Oritani S., Ishikawa T., Maeda H. Postmortem virtual volumetry of the heart and lung in situ using CT data for investigating terminal cardiopulmonary pathophysiology in forensic autopsy. *Leg Med (Tokyo).* 2014; 16 (4): 187-192. DOI: 10.1016/j.legalmed.2014.03.002.
49. de Paepe M.E., Carr S.R., Cassese J.A. Postmortem validation of imaging-derived formulas for prediction of fetal lung volume. *Fetal Diagn Ther.* 2003; 18: 353-359. DOI: 10.1159/000071980
50. Laudy J.A., Wladimiroff J.W. The fetal lung. 2: Pulmonary hypoplasia. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2000; 16: 482-494. DOI: 10.1046/j.1469-0705.2000.00252.x
51. Szpinda M., Siedlaczek W., Szpinda A., Wozniak A., Mila-Kierzenkowska C., Wisniewski M. Volumetric growth of the lungs in human fetuses: an anatomical, hydrostatic and statistical study. *Surg Radiol Anat.* 2014; 36: 813-820. DOI 10.1007/s00276-014-1269-7
52. Tumanova U.N., Bychenko V.G., Liapin V.M., Voevodin S.M., Shchegolev A.I. Congenital Diaphragmatic Hernia in a Newborn: MRI - Pathomorphological Comparisons. *Medicin-skaja vizualizacija.* 2014; 4: 72-83. (in Russian)
53. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Burov A.A., Shchegolev A.I.,

- Degtyarev D.N. Postmortem characteristics of lung hypoplasia at diaphragmatic hernia: MRI - pathomorphological comparisons Medicinskaja vizualizacija. 2017; 21 (4): 132-142. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-4-132-142 (in Russian)
54. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Burov A.A., Shchegolev A.I., Sukhikh G.T. Possibilities of postmortem magnetic resonance imaging for the diagnosis of pulmonary hypoplasia. Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny. 2018; 165 (2): 257-261. (in Russian)
55. Shchegolev A.I., Tumanova U.N., Lyapin V.M. Pulmonary hypoplasia: causes and pathological finding. mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2017; 4 (3): 530-534. (in Russian)
56. Breeze A.C.G., Gallagher F.A., Lomas D.J., Smith G.C.S., Lees C.C. for the Cambridge Post-mortem MRI Study Group. Postmortem fetal organ volumetry using magnetic resonance imaging and comparison to organ weights at conventional autopsy. Ultrasound Obstet Gynecol. 2008; 31: 187-193. DOI: 10.1002/uog.5199
57. Duck F.A. Physical properties of tissue. Academic Press: London, 1990.
58. Thayyil S., Schievano S., Robertson N.J., Jones R., Chitty L.S., Sebire N.J. et al. A semi-automated method for non-invasive internal organ weight estimation by postmortem magnetic resonance imaging in fetuses, newborns and children. Europ. J. Radiology. 2009; 72: 321-326. DOI:10.1016/j.ejrad.2008.07.013
59. Matoba K., Hyodoh H., Murakami M., Saito A., Matoba T., Ishida L. et al. Estimating normal lung weight measurement using postmortem CT in forensic cases. Legal Medicine. 2017; 29: 77-81. DOI: 10.1016/j.legalmed.2017.10.014.
60. Hyodoh H., Watanabe S., Katada R., Hyodoh K., Matsumoto H. Postmortem computed tomography lung findings in fatal of hypothermia. Forensic Sci. Int. 2013; 231 (1-3): 190-194.
61. Shiotani S., Kobayashi T., Hayakawa H., Kikuchi K., Kohno M. Postmortem pulmonary edema: A comparison between immediate and delayed postmortem computed tomography. Legal Medicine. 2011; 13: 151-155. DOI:10.1016/j.legalmed.2010.12.008
62. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Щёголев А. И. Postmortem Magnetic Resonance Tomography of Fetuses and Newborns. Medicinskaja vizualizacija 2015; 5: 128-136. (in Russian) 26. Petrovich Z., McDonnel J.M., Palmer D., et al. Histopathologic changes following irradiation for uveal tract melanoma. American Journal of Clinical Oncology. 1994;17:298-306.