

**ПОСМЕРТНАЯ ЛУЧЕВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ
НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ ПОСМЕРТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕЛА НОВОРОЖДЕННОГО**

Туманова У.Н.¹, Савва О.В.^{1,3}, Быченко В.Г.¹, Намлылар И.Х.¹,
Серова Н.С.², Щеголев А.И.¹

1 - ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова» МЗ РФ. г. Москва, Россия.

2 - ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) МЗ РФ. г. Москва, Россия.

3 - ГБУ РО «Бюро судебно-медицинской экспертизы им. Д.И. Мастваума». г. Рязань, Россия.

Представлены данные литературы и результаты собственных повторных (двукратных) танаториологических (КТ и МРТ) исследований для оценки динамики развития посмертных изменений в наблюдении новорожденной девочки, умершей через 26 минут после рождения вследствие врожденного порока сердца – аномалии Эбштейна типа С. Первая КТ тела умершей новорожденной была выполнена через 13 часов 14 минут, вторая – через 82 часа 34 минуты после констатации смерти. Первое МРТ-исследование выполнено через 8 часов 34 минуты, второе – через 79 часов 56 минут после смерти. В промежутках между исследованиями тело хранилось в холодильной камере при 4°C.

В результате проведенных КТ-исследований тела установлено, что увеличение длительности посмертного периода при хранении тела в холодильной камере при температуре 4°C приводит к снижению объема содержания внутрисосудистого газа.

При повторных МРТ-исследованиях головного мозга выявлено снижение выраженности борозд и извилин вплоть до их полного нивелирования, а также снижение четкости границ внутримозговых структур и исчезновение градиента сигнала между серым и белым веществом по типу лучевой картины отека ткани головного мозга при увеличении посмертного периода. В ткани печени в обеих сериях МР-томограмм отмечена четкая линия градиента интенсивности сигнала, более выраженная на T1-ВИ. При более поздней МРТ установлено увеличение значений интенсивностей сигнала на T1-ВИ и T2-ВИ с уменьшением вертикального градиента на T1-ВИ и увеличением – на T2-ВИ. Ткань легкого также характеризовалась изменениями интенсивностей МР-сигнала в выше- и нижерасположенных отделах органа. При первой МРТ в полостях сердца наблюдалось однородное содержимое, при второй – визуализировались два уровня содержимого сердца с четкой ровной линией градиента интенсивности сигнала, отражающие процессы седиментации крови. Динамика посмертного изменения объема содержания свободной жидкости в серозных полостях зависит от ее прижизненного наличия и количества.

Сделано заключение, что танаториологические исследования являются высокоэффективными методами выявления неспецифических посмертных изменений и их дифференциальной диагностики с прижизненно развившимися патологическими процессами.

Ключевые слова: новорожденный, аутопсия, посмертные изменения, трупные гипостазы, танаториология, посмертная МРТ, посмертная КТ, виртопсия.

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

Для цитирования: Туманова У.Н., Савва О.В., Быченко В.Г., Намлылар И.Х., Серова Н.С., Щеголев А.И. Посмертная лучевая характеристика динамики развития неспецифических посмертных изменений тела новорожденного. REJR 2022; 12(2):35-54. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-35-54.

Статья получена: 11.03.22

Статья принята: 15.06.22

**POSTMORTEM RADIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE DEVELOPMENT OF
NONSPECIFIC POSTMORTEM CHANGES IN THE BODY OF A NEWBORN**

Tumanova U.N.¹, Savva O.V.^{1 3}, Bychenko V.G.¹, Namlylar I.H.¹, Serova N.S.², Shchegolev A.I.¹

1 - V.I. Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology. Moscow, Russia.

2 - I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). Moscow, Russia.

3 - D.I. Mastbaum Bureau of Forensic Medicine. Ryazan, Russia.

The literature data and the results of our own repeated (double) thanatoradiological (CT and MRI) studies are presented to assess the dynamics of the development of postmortem changes in the observation of a newborn girl who died 26 minutes after birth due to a congenital heart defect – Ebstein anomaly type C.

The first CT of the body of the deceased newborn was performed 13 hours and 14 minutes after the death, the second – after 82 hours and 34 minutes. The first MRI was performed after 8 hours 34 minutes after death, the second – after 79 hours 56 minutes. In between studies, the body was stored in a refrigerator at 4°C.

As a result of CT studies of the body, it was found that an increase in the duration of the postmortem period leads to a decrease in the volume of intravascular gas when the body is stored in a refrigerator at a temperature of 4°C.

Repeated MRI of the brain revealed a decrease in the severity of furrows and convolutions up to their complete leveling, as well as a decrease in the clarity of the boundaries of intracerebral structures and the disappearance of the signal gradient between gray and white matter by the type of radiation pattern of brain tissue edema.

In liver tissue in both series of MR-tomograms, a clear signal intensity gradient line was noted, which is more pronounced at T1-WI. At a later MRI, a change in the values of tissue signal intensities with a change in the degree of gradient at T1-WI and T2-WI was found.

Lung tissue was also characterized by changes in the MR signal intensities in the higher and lower parts of the organ.

At the first MRI, homogeneous contents were observed in the cavities of the heart. In the second case, two levels of the heart contents were visualized with a clear even line of the signal intensity gradient reflecting the processes of blood sedimentation.

The dynamics of postmortem changes in the volume of free fluid in the serous cavities depends on its lifetime presence and quantity.

It is concluded that thanatoradiological studies are highly effective methods of detecting nonspecific postmortem changes and their differential diagnosis with lifetime-developed pathological processes.

Keywords: newborn, autopsy, postmortem changes, cadaveric hypostasis, thanatoradiology, postmortem MRI, postmortem CT, virtopsy.

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

For citation: Tumanova U.N., Savva O.V., Bychenko V.G., Namlylar I.H., Serova N.S., Shchegolev A.I. Postmortem radiological characteristics of the development of nonspecific postmortem changes in the body of a newborn. REJR 2022; 12(2):35-54. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-35-54.

Received: 11.03.22

Accepted: 15.06.22

Исторически сложилось, что единственным способом определения причины смерти считается проведение патологоанатомического или судебно-медицинского вскрытия (в случае насильственной смерти). В настоящее время целью патологоанатомического вскрытия, по крайней мере в Российской Федерации, согласно статьи 67 Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [1], является получение данных о причине смерти и диагнозе заболевания, т.е. основного заболевания, его осложнений и коморбидных состояний. Для объективизации и повышения эффективности патологоанатомического вскрытия используются гистологические, биохимические, микробиологические и другие необходимые для объективной и полноценной диагностики методы исследования.

Однако следует отметить, что наступление смерти закономерно приводит к развитию трупных или посмертных изменений, в частности охлаждения, гипостазов, аутолиза органов и тканей [2, 3]. Развитие подобных посмертных изменений, несомненно, накладывает на картину прижизненно имевшихся патологических процессов и заболеваний, затрудняя тем самым морфологическую диагностику и определение звеньев танатогенеза. Наиболее актуально данная проблема стоит при перинатальных патологоанатомических вскрытиях, характеризующихся в ряде случаев дополнительными признаками незрелости органов и тканей умерших новорожденных [4, 5].

Наряду с этим, эффективным методом визуализации органов и тканей тел умерших больных является посмертное лучевое (КТ и МРТ) исследование [6, 7]. Действительно, проведение посмертной КТ позволяет неинвазивно, без разрезов, установить аномалии развития и повреждения костных структур, определить локализацию и объем скоплений газа (воздуха) в полостях тела, в просвете сосудов, в тканях и органах, визуализировать локализацию и объем скоплений свободной жидкости [8, 9]. Преимуществами посмертной МРТ по сравнению с КТ является более четкая визуализация мягких тканей и внутренних органов, включая легкие погибших новорожденных, позволяющая выявить широкий ряд патологических процессов [10, 11].

В этой связи актуальной проблемой является выяснение лучевой (КТ и МРТ) семиотики признаков и динамики развития внешних и внутренних посмертных изменений.

Более того, выявленные при танаторадиологических исследованиях особенности посмертных изменений могут быть использованы для определения давности наступления смерти, что особенно важно при проведении судебно-медицинской экспертизы [12, 13].

Одним из путей решения данной задачи является проведение повторных лучевых исследований тел умерших в различные сроки посмертного периода.

Представляем собственное наблюдение умершей новорожденной девочки, которой было проведено двукратное комплексное посмертное КТ и МРТ-исследование. При описании сделан акцент на характеристики посмертных изменений, а не на имеющуюся патологию, которая была диагностирована пренатально при УЗИ плода и подтверждена после смерти новорожденной при посмертных лучевых и патологоанатомических исследованиях.

Новорожденная девочка П. родилась путем операции экстренного кесарева сечения на сроке гестации 37,6 недель. Масса тела – 2763 г, длина тела – 46 см, оценка по шкале Апгар 1-1 балл.

По данным истории родов: беременная П., 19 лет, поступила в экстренном порядке в поликлинического приема в связи с ухудшением состояния плода по данным тестов функциональной диагностики. Данная беременность самопроизвольная. I триместр: в 12 недель стационарное лечение по поводу угрожающего выкидыша. Скрининг 1 триместра: низкий риск хромосомной патологии плода. II триместр: в 26 недель стационарное лечение по поводу угрожающих преждевременных родов. Скрининг 2 триместра: норма. III триместр: в 30-31 неделю при УЗИ плода выявлены признаки врожденного порока сердца (аномалия Эбштейна), укорочение конечностей, тенденция к маловодию, нарушение фето-плацентарного кровотока 1 ст. В 33-34 недели стационарное лечение по поводу угрожающих преждевременных родов. В 36-37 недель при УЗИ плода диагностированы аномалия Эбштейна 3 степени, смещение септальной и передней створок трехстворчатого клапана, голосистолическая регургитация на трехстворчатом клапане, дилатация правого предсердия за счет атриализации правого желудочка, функциональная атрезия клапана легочной артерии с регургитацией на клапане легочного ствола, кардиомегалия, асцит, гепатомегалия.

При рождении у новорожденной девочки определялись единичные сердцебиения, связи с чем начаты реанимационные мероприятия: искусственная вентиляция

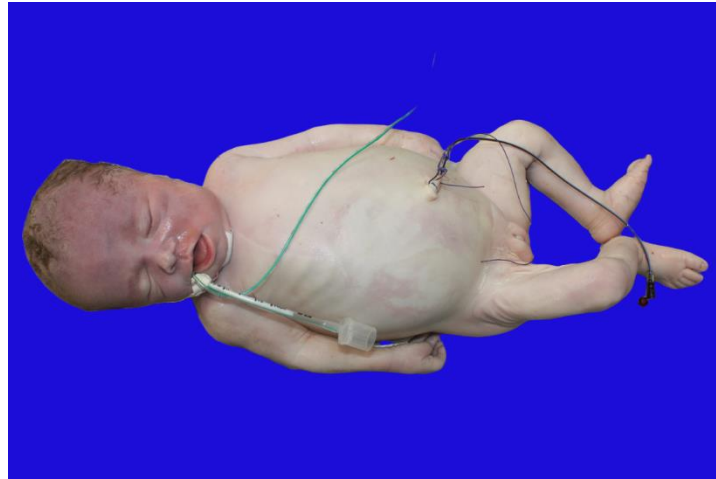


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Фотография.

Тело умершей новорожденной. Внешний вид.

Fig. 1. Photo.

The body of a deceased newborn. Outward appearance.

легких (ИВЛ) маской, интубация трахеи, ИВЛ через интубационную трубку, непрямой массаж сердца. С 6 минут жизни отмечена стойкая брадикардия (ЧСС менее 60 уд/минуту), в связи с чем продолжена ИВЛ со 100% дотацией O₂, непрямой массаж сердца. Однако реанимационные мероприятия оказались не эффективны, и в возрасте 0 суток 0 часов 26 минут констатирована смерть.

Через 2 ч после констатации смерти тело умершей новорожденной доставлено на комплексное патологоанатомическое исследование с использованием посмертных лучевых исследований (танаторадиологическое исследование) и помещено в специализированную холодильную камеру в соответствии с нормативными положениями о хранении тел в патологоанатомическом отделении.

Проведен совместный осмотр тела врачом-патологоанатомом и врачом-рентгенологом. Тело умершего новорожденного женского пола правильного телосложения (рис. 1). Масса тела – 2700 г, длина тела – 51 см, теменно-копчиковый размер – 28 см, длина правой и левой стопы – 7,3 см, окружность головы – 33 см, окружность груди – 31 см. Имеются пупочный венозный катетер, в ротовой полости визуализируются интубационная трубка и орогастральный зонд.

В связи с тем, что основной задачей представленного наблюдения явилось выявление и комплексная оценка особенностей

развития неспецифических посмертных изменений в динамике раннего посмертного периода, то для ее выполнения и оценки изменений в зависимости от давности посмертного периода нами было выполнено несколько КТ и МРТ-исследований с определенным временным промежутком. Между исследованиями все тела хранились в специализированной холодильной камере при температуре +4°C в положении тела лежа на спине.

Посмертная компьютерная томография (КТ) тел проводилась на аппарате Toshiba Aquilion ONE 640: программный пакет Pediatric 0,5 по протоколу исследования Abdomen Baby. Используются параметры: collimation 0,5x80 mm, Increment 0,5 mm, Rotation time 0,5 sec, FOV 300 mm, ST 0,5 mm, 80 kv.

Посмертная магнитно-резонансная томография (МРТ) проводилась на аппарате «3T Siemens Magnetom Verio». Оценка результатов выполнена на T1- и T2-взвешенных изображениях (ВИ). Для получения T2-ВИ использованы следующие параметры: 3DT2_Spase_Sag, FoV=320 мм, Sl Thickness=1 мм, TR=3200 мс, TE=490 мс, к-во усреднений-1, матрица 384x326, пространств. разреш. среза 1,0x0,8x1,0 мм, а для получения T1-ВИ: 3DT1_Sag, FoV=320 мм, Sl Thickness=1 мм, TR=1900 мс, TE=2,18 мс, к-во усреднений-1, матрица 320x304, пространств. разреш. среза 1,0x0,9x0,9 мм. Анализ дан-



Рис. 2 а (Fig. 2 a)

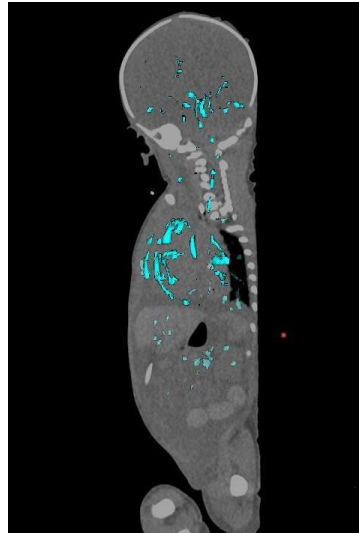


Рис. 2 б (Fig. 2 b)

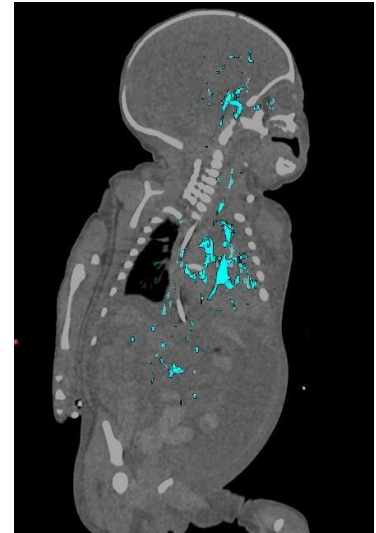


Рис. 2 в (Fig. 2 c)



Рис. 2 г (Fig. 2 d)

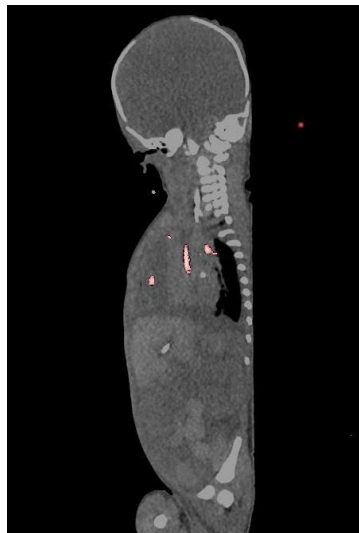


Рис. 2 д (Fig. 2 e)



Рис. 2 е (Fig. 2 f)

Рис. 2. Посмертная КТ (а, г) с трехмерной реконструкцией области интереса (б, в, д, е) тела умершего новорожденного. Оценка скоплений свободного газа в сосудах и полостях сердца.

а-в – Длительность посмертного периода 13 часов 14 минут. Наличие скоплений газа в сосудах головного мозга, печени, мезентериальных сосудах и сосудах сердца (голубой цвет). V газа – 2,926 см³.

г-е – Тело новорожденного спустя 69 часов 20 минут хранения в холодильной камере (длительность посмертного периода 82 часа 34 минут). Наличие скоплений газа только в сосудах сердца (розовый цвет). V газа – 0,410 см³.

Fig. 2. Postmortem CT (a, d) with a three-dimensional reconstruction of the area of interest (b, c, e, f) of the body of a deceased newborn. Assessment of gas accumulations in the vessels and cavities of the heart.

a-c – the duration of the postmortem period is 13 hours and 14 minutes. The presence of gas accumulations in the vessels of the brain, liver, mesenteric vessels and heart vessels (blue color). V of gas – 2,926 cm³.

d-f – the body of a newborn after 69 hours and 20 minutes of storage in a refrigerator (the duration of the postmortem period is 82 hours and 34 minutes). The presence of gas accumulations only in the vessels of the heart (pink). V of gas – 0,410 cm³.

ных, выполнение реконструкций и трехмерная обработка томограмм выполнены с использованием специализированного программного обеспечения «Myrian Expert», Intrasure, Франция.

Первая КТ тела умершей новорожденной девочки была выполнена через 13 часов 14 минут, вторая – через 82 часа 34 минуты (плюс 69 часов 20 минут в холодильной камере при 4°C) после констатации смерти. Первое МРТ-исследование выполнено через 8 часов 34 минуты, а второе – через 79 часов 56 минут (плюс 71 час 22 минуты в холодильной камере при 4°C) после смерти.

Стоит отметить, что заключение по результатам выполненного танаториологического исследования полностью соответствовало данным, указанным в клиническом диагнозе, а именно: врожденный порок сердца – аномалия Эбштейна тип С, кардиомегалия, признаки сердечно-сосудистой недостаточности.

Особенностью КТ в перинатологии является недостаточная эффективность визуализации и соответственно оценки внутренних органов и мягких тканей плодов, мертворожденных и умерших новорожденных. Однако посмертная КТ является высокоэффективным методом оценки костного скелета, а также локализации и объемных параметров скоплений свободного газа, превосходя возможности классической аутопсии.

При первом КТ-исследовании, выполненном спустя 13 часов 14 минут после наступления смерти (рис. 2 а – в) установлено отсутствие патологии костной системы у умершего новорожденного. Отмечено наличие пневматизации ткани обоих легких, газового пузыря в желудке, а также небольшого количества свободного газа по ходу эндотрахеальной трубки и желудочного зонда. Природа выявленного свободного газа указанных локализаций однозначно указывает на живорождение. В теле умершей новорожденной наличие скоплений свободного газа выявлено также и в сердечно-сосудистой системе, а именно: в сосудах головного мозга, печени, брыжеечных сосудах и сосудах сердца, при этом скопления имели диаметр, соответствующий сосуду, где он был обнаружен – от 1 до 5 мм. При использовании методики трехмерного реконструирования и автоматического расчета объемных параметров при обработке томограмм, общий объем выявленного газа во всех сосудах составил – 2,926 см³.

При втором КТ-исследовании, выполненном спустя 82 часа 34 минут после наступления смерти (рис. 2 г – е) при нали-

чии прежнего объема свободного газа, обусловленного живорождением, отмечено отсутствие его визуализации в сосудах головного мозга, печени и мезентеральных сосудах, где он определялся при исследовании ранее, и значительное его снижение в сосудах сердца. При этом общий объем выявленного газа составил – 0,410 см³.

Известно, что преимуществом МРТ являются высокие диагностические возможности для визуализации внутренних органов и мягких тканей с возможностью оценки их локализации, структурных особенностей и патологических изменений (рис. 3 а – в).

В представленном наблюдении сравнительному анализу подверглись наиболее показательные для оценки неспецифических посмертных изменений органы, анатомические области и структуры. Анализируя общую визуальную картину на полученных томограммах, отмечено общее снижение четкости и контрастности границ и контуров мягких тканей и внутренних органов, а также их структурных элементов.

При МР-оценке ткани головного мозга и его структур отмечена структурная сформированность и симметричность больших полушарий головного мозга, структурной и органической патологии не выявлено. Однако четкость границ структурных элементов головного мозга на второй, выполненной позднее, МРТ была снижена (рис. 4). На ранней серии МРТ толщина кортикального слоя составляет 2 мм, кортикальные борозды определяются четко, извилины сформированы соответственно гестационному сроку. Боковые желудочки расположены симметрично, размерами 3x4x7,5 мм правый и 2,7x5,9x7,6 мм левый, имеют четкие очертания, содержат сосудистые сплетения и жидкость, по интенсивности сигнала соответствующую ликвору. Индекс боковых желудочков составил 16,2%. Синусы заполнены жидкой кровью.

На второй серии МР-томограмм, полученной в более позднем периоде, борозды и извилины головного мозга резко сглажены, кортикальный слой достоверно не визуализируется, отсутствует дифференцировка белого и серого вещества. Боковые желудочки расположены симметрично, размерами 4x3,5x7,5 мм правый и 4,3x4,4x6 мм левый, очертания их границ не четкие по сравнению с предыдущей МРТ, однако все структурные элементы сохранены. Боковые желудочки содержат сосудистые сплетения и жидкость, по интенсивности сигнала соответствующую ликвору. Индекс боковых желудочков – 14,1%.

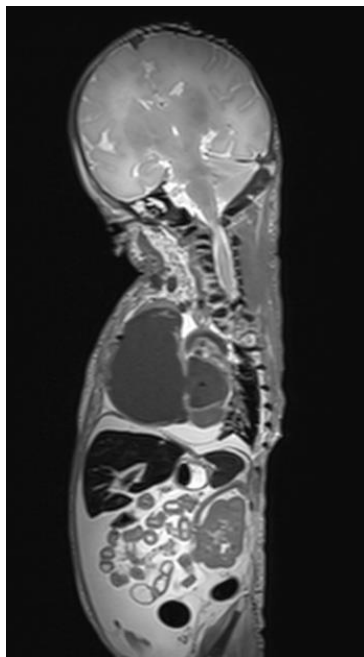


Рис. 3 а (Fig. 3 a)

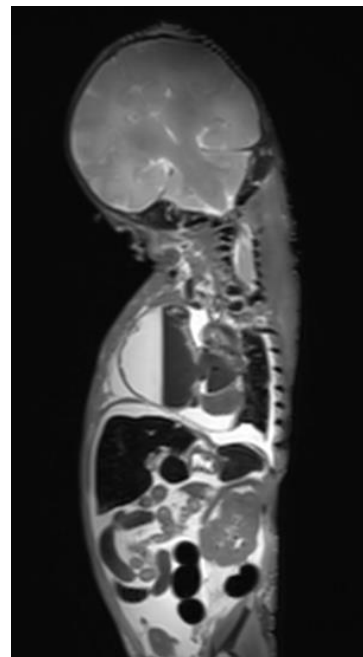


Рис. 3 б (Fig. 3 b)

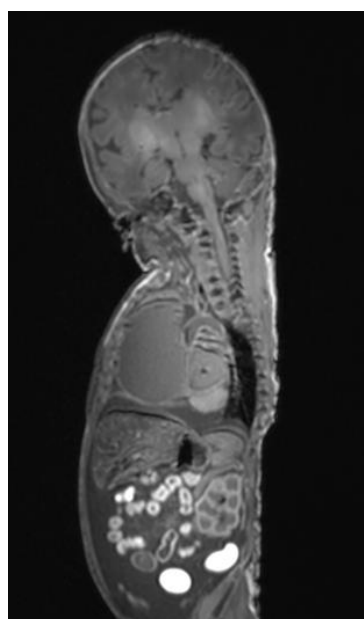


Рис. 3 в (Fig. 3 c)

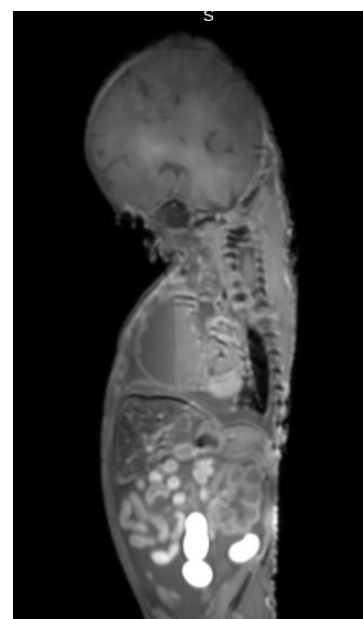


Рис. 2 г (Fig. 2 d)

Рис. 3. Посмертная МРТ тела умершего новорожденного. Сагиттальная проекция, а, б – T2-ВИ; в, г – T1-ВИ.

а, в – Длительность посмертного периода 13 часов 14 минут.

б, г – Длительность посмертного периода 82 часа 34 минут.

Fig. 3. Postmortem MRI of a deceased newborn. Sagittal projection. а, б – T2-WI; с, д – T1-WI.

а,с – the time of the postmortem period is 13 hours and 14 minutes.

б,д – the time of the postmortem period is 82 hours and 34 minutes..

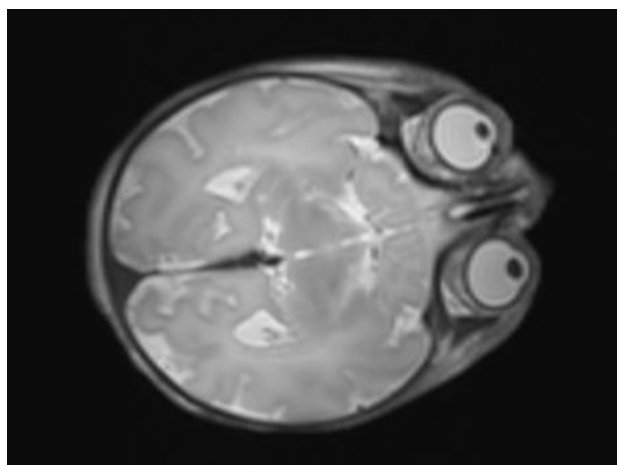


Рис. 4 а (Fig. 4 а)

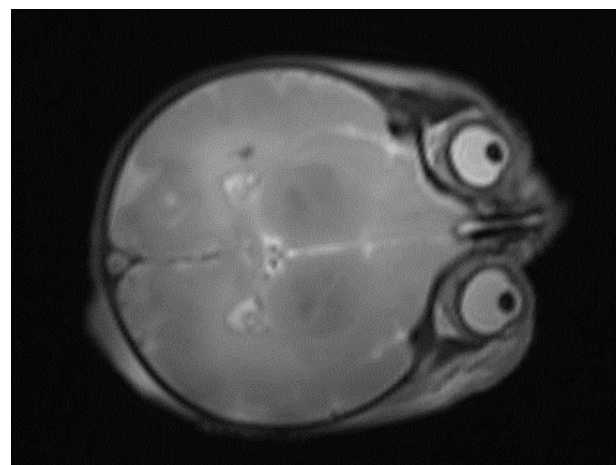


Рис. 4 б (Fig. 4 б)

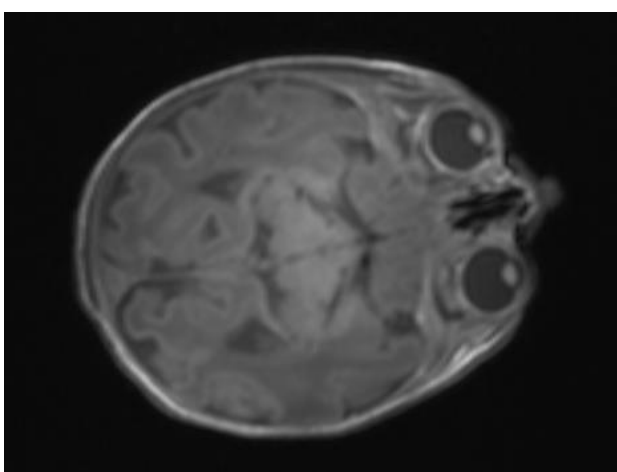


Рис. 4 в (Fig. 4 с)

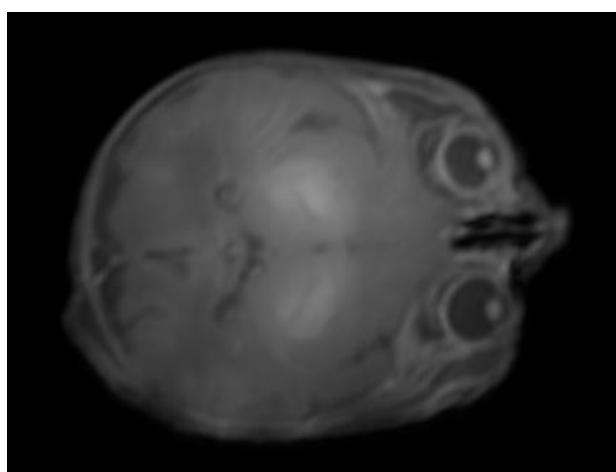


Рис. 4 г (Fig. 4 d)

Рис. 4. Посмертная МРТ тела умершего новорожденного, исследование головного мозга. Аксиальная проекция, а, б – T2-ВИ; в, г – T1-ВИ.

а, в – Длительность посмертного периода 13 часов 14 минут.

б, г – Длительность посмертного периода 82 часа 34 минут.

Fig. 4. Postmortem MRI of a deceased newborn, examination of the brain of a deceased newborn. Axial projection. а, б – T2-WI; с, d – T1-WI.

а, с – the time of the postmortem period is 13 hours and 14 minutes.

б, d – the time of the postmortem period is 82 hours and 34 minutes.

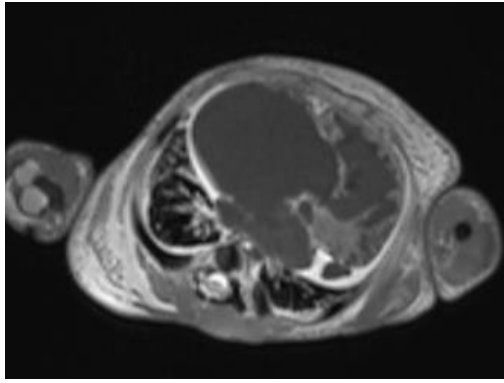


Рис. 5 а (Fig. 5 a)

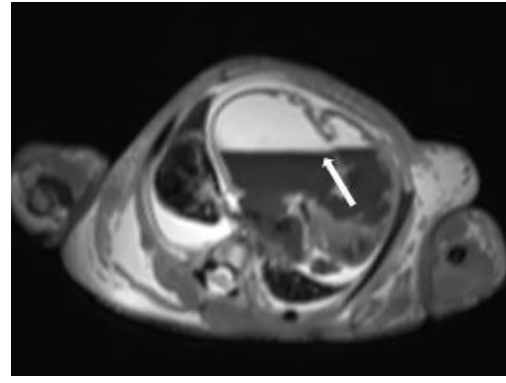


Рис. 5 б (Fig. 5 b)

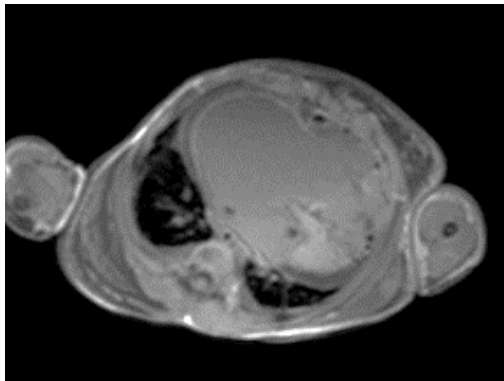


Рис. 5 в (Fig. 5 c)

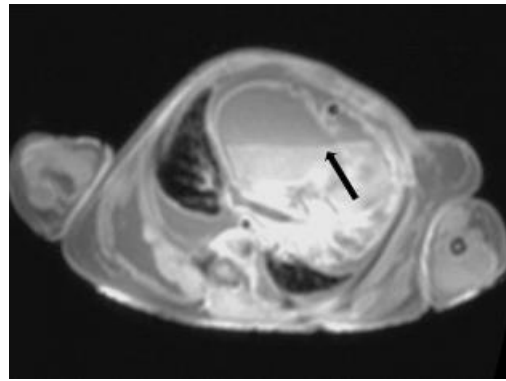


Рис. 5 г (Fig. 5 d)

Рис. 5. Посмертная МРТ тела умершего новорожденного, исследование органов грудной полости. Аксиальная проекция, а,б – Т2-ВИ; в,г – Т1-ВИ.

Стрелки – уровень седиментации крови в полости сердца.

а, в – Длительность посмертного периода 13 часов 14 минут.

б, г – Длительность посмертного периода 82 часа 34 минут.

Fig. 5. Postmortem MRI of a deceased newborn, examination of the organs of the thoracic cavity. Axial projection. Arrows – the level of blood sedimentation in the heart cavity. а, б – T2-WI; в, г – T1-WI.

а, в – the time of the postmortem period is 13 hours and 14 minutes.

б, г – the time of the postmortem period is 82 hours and 34 minutes.

По абсолютным размерным показателям желудочков головного мозга не выявлено их изменений в период исследования (отличия в размерах соответствуют интервалу погрешности измерений). Однако снижение значения индекса боковых желудочков на 2% косвенно свидетельствует о возможном некотором их уменьшении относительно размеров головного мозга при повторной МРТ.

В связи с тем, что при хранении тела голова новорожденного была повернута на левую сторону, то измерения градиента интенсивности сигнала головного мозга были

выполнены исходя из того, что правое полушарие головного мозга было выше, а левого – ниже расположено относительно плоскости положения тела. Стоит отметить, что визуальная граница градиента сигнала вещества головного мозга не визуализировалась как при первой, так и при второй МРТ.

При первой МРТ значение интенсивности сигнала вещества головного мозга на Т1-ВИ правого составило 412, а слева – 354, тогда как на Т2-ВИ – 514 и 645 соответственно. А при второй – 540, 516 и 557, 577 соответственно.

Коэффициент М, отражающий по-

смертные изменения ткани головного мозга, при первой более ранней МРТ составил 153,5, а при последующей – 107,5. Признаков прижизненного наличия отека головного мозга не установлено.

При исследовании грудной полости отмечается нарушение топографии органов грудной полости и смещение их дорзально за счет увеличенного в размерах сердца. Структурная патология сердца и магистральных сосудов соответствует установленному врожденному пороку сердца – аномалия Эбштейна тип С, кардиомиопатия, гипертрофия миокарда левого желудочка (до 8 мм). При первой МРТ в полости сердца визуализируется наличие однородного содержимого, соответствующего по характеристикам жидкой крови (рис. 5). Сгустки и свертки крови в аорте и в сагиттальном синусе не визуализировались. При второй МРТ – четко визуализируется наличие четкой ровной линии градиента интенсивности сигнала однородного содержимого сердца, соответствующего седиментации крови в полостях сердца. Линия градиента параллельна плоскости хранения и положения тела при МРТ. Определяется два уровня седиментированной крови, на T1-ВИ интенсивность сигнала верхнего слоя составила 563, а нижнего – 839, тогда как на T2-ВИ – 943 и 197 соответственно.

Легкие структурно сформированы, без особенностей, с участками мелких кровоизлияний. На более ранней МРТ визуальные признаки наличия градиента интенсивности сигнала ткани легких не выявлены. Однако стоит отметить, что положение тела при хранении и на МРТ имело некоторый наклон влево, при этом значения интенсивности сигнала вышележащих отделов легких на T1-ВИ составила 82 справа и 62 слева, а нижележащих – 37 и 48 соответственно. Интенсивность сигнала вышележащих отделов на T2-ВИ справа и слева составила 152 и 193, а нижележащих – 47 и 63 соответственно. Градиент сигнала составил 2,2 и 1,3 на T1-ВИ и 3,2 и 3 на T2-ВИ, что при учете положения хранения тела с небольшим разворотом его влево свидетельствует о наличии посмертных гипостазов легких. На последующей МРТ визуальные признаки наличия градиента интенсивности сигнала легких также не выявлены, однако интенсивность значения вышележащих отделов легких на T1-ВИ составила 64 справа и 44 слева, а нижележащих – 90 и 62 соответственно. Интенсивность сигнала вышележащих отделов на T2-ВИ справа и слева составила 147 и 135, а нижележащих – 77 и 108 соответственно. При этом градиент сигнала в ткани легких

при втором МРТ снизился по отношению к данным, полученным при МРТ ранее и составил 1,4 с обеих сторон на T1-ВИ и 1,9 и 1,3 на T2-ВИ.

Органы брюшной полости имеют типичное расположение, патологии не выявлено. При анализе органов брюшной полости особое внимание уделено печени. Органической и структурной патологии печени ни на первой, ни на второй серии МР-томограмм не выявлено (рис. 6). На первой серии томограмм отмечается визуальное наличие четкой линии градиента интенсивности сигнала печени, особенно выраженной на T1-ВИ, что также является проявлением развития посмертных гипостазов внутренних органов. Значения интенсивности сигнала на T1-ВИ составили 265 вверху и 878 внизу, а на T2-ВИ – 53 и 132 соответственно. Градиент сигнала составил 3,3 на T1-ВИ и 2,5 на T2-ВИ. При второй МРТ уровень градиента сигнала ткани печени имел также четкую границу и прежнее положение, однако значения интенсивности сигнала на T1-ВИ уже составляли 392 и 1168, а на T2-ВИ – 29 и 162 соответственно, а градиент сигнала – 2,9 на T1-ВИ и 5,6 на T2-ВИ.

При расчете оригинального коэффициента печени П, отражающего посмертные изменения ее ткани [12], значения его при первом МРТ составили 17,5, а при втором – 10,6.

Нами также были оценены наличие и объемные параметры скопления свободной жидкости в полостях тела (рис. 7). Так, на первой МРТ нами выявлено симметричное скопление плевральной жидкости справа и слева общим объемом 21,1 см³, а на повторной – 23,4 см³. При этом общий удельный объем выявленной жидкости при рассчитанном объеме грудной полости, равном 227,8 см³, составил 9,2% при первой МРТ и 10,3% при второй. Рассчитанный удельный объем плевральной жидкости в целом соответствует значениям посмертного гидроторакса, однако при учете того, что уже спустя 13 часов после наступления смерти (первое МРТ) наблюдалось значение более 6%, стоит сделать заключение о прижизненном его возникновении.

При обоих МРТ-исследованиях установлено наличие жидкости в перикарде в объеме 12,7 см³, что свидетельствует о прижизненном его появлении.

Также в при обеих МРТ установлено наличие скопления свободной жидкости негеморрагического характера в брюшной полости объемом 210 и 134 см³ при первой и второй МРТ соответственно. При этом удель-

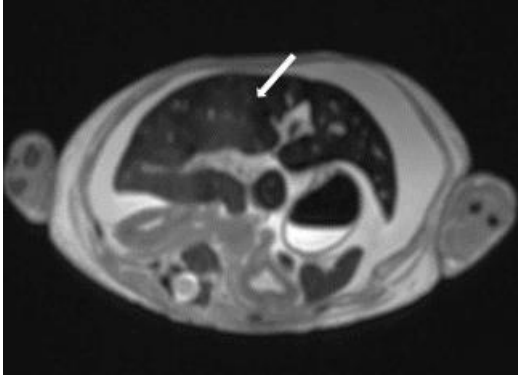


Рис. 6 а (Fig. 6 a)

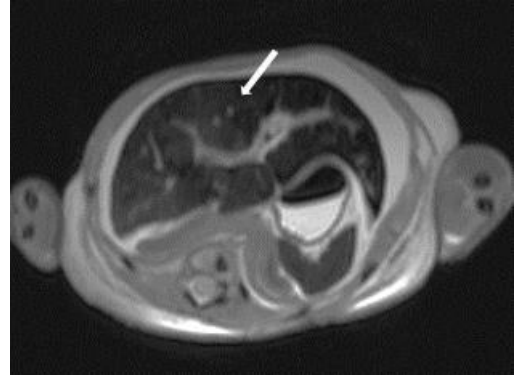


Рис. 6 б (Fig. 6 b)

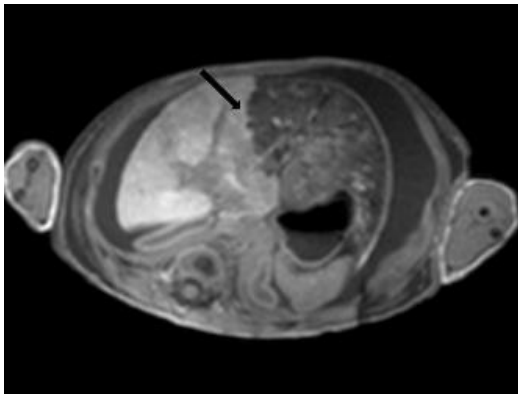


Рис. 6 в (Fig. 6 c)

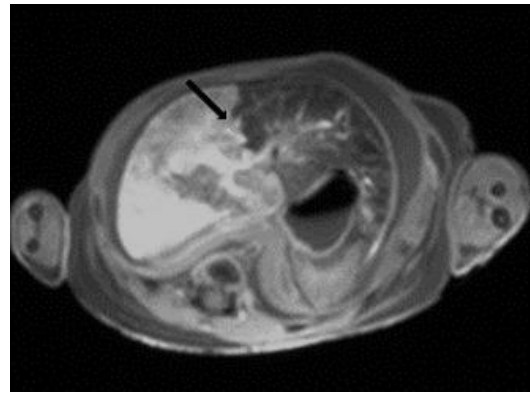


Рис. 6 г (Fig. 6 d)

Рис. 6. Посмертная МРТ тела умершего новорожденного, исследование печени. Аксиальная проекция. а, б – Т2-ВИ; в, г – Т1-ВИ.

Стрелки – уровень градиента интенсивности сигнала при посмертном гипостазе печени.

а, в – Длительность посмертного периода 13 часов 14 минут.

б, г – Длительность посмертного периода 82 часа 34 минут.

Fig. 6. Postmortem MRI of a deceased newborn, liver examination. Axial projection. Arrows – the level of the signal intensity gradient in postmortem liver hypostasis. а, б – T2-WI; с, д – T1-WI.

а, с – the time of the postmortem period is 13 hours and 14 minutes.

б, д – the time of the postmortem period is 82 hours and 34 minutes.

ный объем полученной жидкости составил 42% и 27%, что объективно свидетельствует о прижизненном ее возникновении.

Для оценки состояния подкожно-жировой клетчатки мы использовали формулу расчета показателя ее гидратации [14] в передней брюшной и грудной стенке. Так, на первой МРТ он составил 20 и 26 соответственно, а на второй – 24 в обеих областях. Что свидетельствует об отсутствии в рассматриваемом наблюдении как прижизненного отека подкожно-жировой клетчатки, так и посмертного его возникновения.

После завершения комплексного посмертного лучевого (КТ и МРТ) исследования

проведено патологоанатомическое вскрытие. Кожные покровы бледные, толщина подкожно-жировой клетчатки на груди 0,2 см, на животе – 0,2 см.

Полученные данные патологоанатомического исследования областей интереса проанализированы и сопоставлены с данными посмертного лучевого исследования. При аутопсии полушария головного мозга сформированы симметрично, извилины уплощены, борозды сглажены. Желудочки мозга обычных размеров, эпендима их розоватого цвета. Полушария мозжечка симметричные. В левой плевральной полости содержится 10 мл, в правой плевральной полости – 14 мл

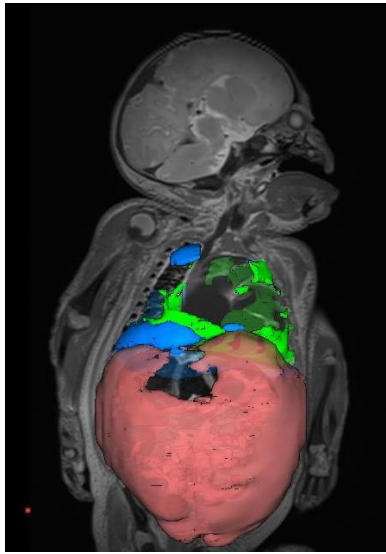


Рис. 7 а (Fig. 7 a)

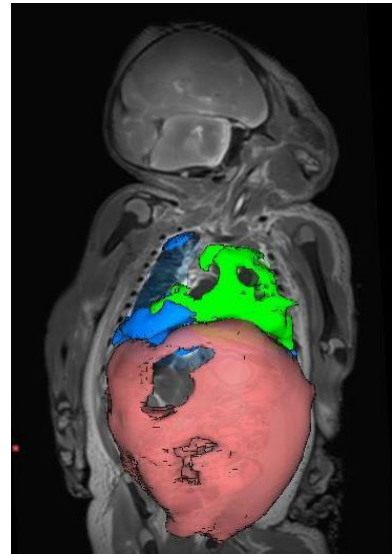


Рис. 7 б (Fig. 7 b)

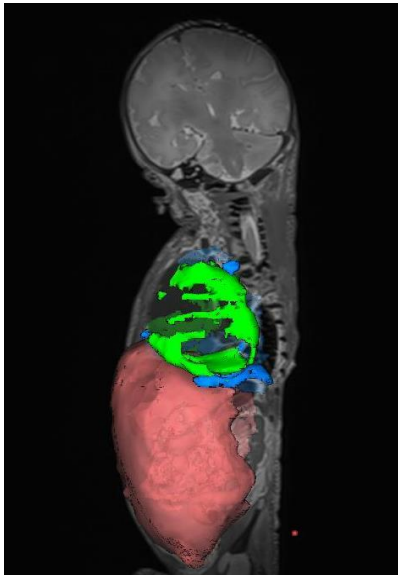


Рис. 7 в (Fig. 7 c)

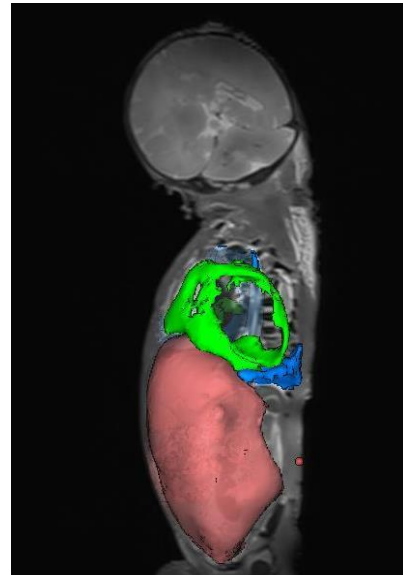


Рис. 7 г (Fig. 7 d)

Рис. 7. Посмертная МРТ с трехмерной реконструкцией областей интереса тела умершего новорожденного: голубой цвет – жидкость в плевральных полостях, зеленый – жидкость в полости перикарда, розовый – абдоминальная жидкость.

а, в – Длительность посмертного периода 13 часов 14 минут. V плевральной жидкости – 21,1 см³, V жидкости в перикарде – 12,7 см³, V абдоминальной жидкости – 210 см³.

б, г – Длительность посмертного периода 82 часа 34 минут. V плевральной жидкости – 23,4 см³, V жидкости в перикарде – 12,7 см³, V абдоминальной жидкости – 134 см³.

Fig. 7. Postmortem MRI with three-dimensional reconstruction of the interest areas of the deceased newborn body: blue – fluid in the pleural cavities, green – fluid in the pericardial cavity, pink – abdominal fluid.

a, c – the time of the postmortem period is 13 hours and 14 minutes. V of pleural fluid – 21.1 cm³, V of fluid in the pericardium – 12.7 cm³, V of abdominal fluid – 210 cm³.

b, d – the time of the postmortem period is 82 hours and 34 minutes. V of pleural fluid – 23.4 cm³, V of fluid in the pericardium – 12.7 cm³, V of abdominal fluid – 134 cm³.

прозрачной светло-желтой жидкости. В левом легком две, в правом легком – три доли. Ткань легких мягкой консистенции, на разрезе розоватого цвета, при надавливании с поверхности разреза выделяется небольшое количество пенистой жидкости. Кусочки ткани правого и левого легкого плавают в воде. В полости перикарда порядка 12 мл прозрачной светло-желтоватой жидкости. Сердце неправильной формы, размерами 8,5x4,5x3,5 см, строение соответствует врожденной аномалии Эбштейна типа С, в полости правого и левого желудочков жидкая кровь. Брюшина гладкая блестящая, в полости ее около 100 мл прозрачной светло-желтоватой жидкости. Капсула печени гладкая блестящая, на разрезе относительно однородного красновато-коричневого цвета.

Таким образом, по результатам комплексного танаторадиологического исследования и патологоанатомического вскрытия установлено, что смерть новорожденной девочки наступила вследствие врожденного порока сердца – аномалии Эбштейна типа С, осложнившейся развитием ДВС синдрома и сердечно-сосудистой недостаточности.

Важной особенностью представленного наблюдения является проведение двукратного комплексного посмертного лучевого (КТ и МРТ) исследования и последующего патологоанатомического вскрытия с микроскопическим изучением гистологических препаратов. Целью проведения повторного КТ и МРТ-исследования явилось выяснение лучевой семиотики в динамике развития ранних посмертных изменений.

Поскольку патологоанатомическое вскрытие может и должно проводиться сразу после констатации смерти и оформления необходимой документации, то при таком вскрытии в теле умершего больного успевают развиться только ранние посмертные изменения.

Согласно данным литературы, к ранним посмертным изменениям относят охлаждение, образование трупных пятен и гипостазов, трупное окоченение и начальный период трупного высыхания, аутолиз.

Соответственно, специалисты по лучевой диагностике, в частности, врачирентгенологи, должны быть готовы к интерпретации ряда неспецифических посмертных изменений в органах и тканях, которые являются как бы «естественными» и их следует дифференцировать с прижизненно развившимися патологическими процессами и заболеваниями [15, 16]. При этом всем исследователям должно быть известно положение тела, в котором оно находилось после

смерти, во избежание диагностических затруднений и ошибок.

Наряду с трупными пятнами (внешними гипостазами) на коже нижележащих участков тела, оцениваемыми прозекторами, во внутренних органах аналогичным образом развиваются внутриорганные трупные гипостазы. Следует отметить, что в представленном нами наблюдении трупные пятна практически отсутствовали, что не является редкостью в случае смерти недоношенных новорожденных.

Образование посмертных гипостазов обусловлено прекращением кровообращения и перемещением крови, в первую очередь клеточных элементов, по сосудам в нижележащие участки тела [17, 18]. Вследствие оседания клеток крови усиливается седиментация и повышается гематокрит до 80% в нижерасположенных и находящихся под давлением областях трупа [19]. Последующий гемолиз и пропитывание гемоглобином тканей вокруг сосудов свидетельствуют о процессах трупной имбибиции.

При анализе внутренних трупных гипостазов наибольшее практическое значение имеет определение их наличия и выраженности в легких, которые при лучевых и морфологических исследованиях могут быть приняты за прижизненные процессы, в частности: отек, ателектаз, пневмонию, кровоизлияния. При КТ взрослых гипостазы легких выглядят как области «матового стекла» и более высокой плотности в полнокровных нижележащих отделах легких, верхние воздухосодержащие области имеют более низкую плотность, вследствие чего может визуализироваться демаркационная линия, симулирующая наличие уровня воздух-жидкость [20].

К сожалению, при исследовании тел умерших новорожденных лучевая картина легких с внутренними гипостазами иногда может быть схожей с проявлениями очаговой пневмонии. В подобных случаях дополнительным дифференциально-диагностическим признаком в пользу трупных гипостазов является выявление их в других органах и частях тела, в частности, в печени.

Другим способом дифференциальной диагностики является, по нашему мнению, количественная оценка показателей интенсивности МР-сигнала и их соотношений, а также определение так называемого показателя воздушности ткани легких [21]. На основании проведенных повторных МРТ-исследований в динамике посмертного периода нами были установлены изменения интенсивностей МР-сигнала и его градиента в

выше- и нижележащих отделах легких.

При этом следует отметить, что в паренхиме печени и селезенки внутренние гипостазы визуализируются несколько хуже, чем в ткани легких. Они выявляются примерно в 23% наблюдений в виде областей низкой интенсивности МР-сигнала на T2-ВИ в нижних отделах печени и селезенки [22]. Аналогичные изменения отмечаются и в нижерасположенных областях миокарда. При КТ-исследовании внутренние гипостазы проявляются увеличением КТ-плотности нижележащих областей исследуемых органов (в зависимости от положения хранения тела).

Согласно ранее проведенным посмертным МРТ-исследованиям тел 62 умерших новорожденных, хранившихся в холодильной камере при 4°C в положении лежа на спине, нами была установлена более высокая частота выявления вертикального градиента (выше- и нижерасположенных областей) интенсивности сигнала в печени на T1-ВИ по сравнению с T2-ВИ. При этом выраженность подобного градиента возрастала с увеличением длительности посмертного периода [23], а количественные данные о соотношении интенсивностей сигнала на T1- и T2-взвешенных изображениях легли в основу разработанного нами способа определения давности смерти [12].

В ткани печени умершей новорожденной представленного наблюдения в обеих сериях МР-томограмм отмечалась четкая линия градиента интенсивности сигнала, более выраженная на T1-ВИ. При более поздней МРТ установлено увеличение значений интенсивностей сигнала на T1-ВИ и T2-ВИ с уменьшением вертикального градиента на T1-ВИ и увеличением на T2-ВИ. При этом рассчитанные значения оригинального коэффициента Π ткани печени, отражающего посмертные изменения ее ткани, снизились с 17,5 до 10,6 при первой и второй МРТ соответственно.

В отношении головного мозга наиболее характерным проявлением трупных гипостазов является скопление крови преимущественно в задней части сагиттальных синусов головного мозга при условии хранения тела после смерти в положении лежа на спине. Соответственно при посмертной КТ будет отмечаться увеличение КТ-плотности содержимого сагиттальных синусов. При этом в исследованиях Takahashi N. с соавт. [24] значения их КТ-плотности после смерти превышали прижизненные показатели на 16,2%.

Необходимо помнить, что степень КТ и МРТ выявления внутриорганных гипостазов

зависит также от количества (объема) остаточной внутрисосудистой крови в ткани органов. Именно поэтому внутренние гипостазы, равно как и гипостазы кожных покровов, слабо различимы или вовсе не видны при морфологических и лучевых исследованиях после массивного кровотечения [25].

Кроме того, развитие процессов седиментации и посмертных гипостазов характеризуется на томограммах формированием горизонтальных уровней с различной плотностью и интенсивностью сигнала в полостях сердца и просвете крупных сосудов. Содержимое нижней части просвета сосуда отличается более высокими значениями КТ-плотности, что может быть использовано и для определения положения тела после смерти [26]. Содержимое полостей сердца и просвета крупных сосудов при посмертной МРТ так же имеет горизонтальные уровни с разной интенсивностью сигнала. На T2-взвешенных изображениях жидкая часть крови, занимающая верхний слой, характеризуется гиперинтенсивным сигналом, а клетки крови, преимущественно эритроциты, составляющие нижний слой, имеют более слабый сигнал. В ряде случаев между вышеописанными слоями определяется незначительная прослойка с промежуточной интенсивностью сигнала, представленная тромбоцитами и лейкоцитами.

Действительно, при первой МРТ в полостях сердца наблюдалось однородное содержимое, соответствующее по характеристикам жидкой крови. При второй же МРТ четко визуализировались два уровня с четкой ровной линией градиента интенсивности сигнала содержимого сердца, соответствующего седиментации крови. На T1-ВИ интенсивность сигнала верхнего слоя составила 563, нижнего – 839, тогда как на T2-ВИ – 943 и 197 соответственно.

Еще одним проявлением посмертного перераспределения крови является, согласно данным литературы [26], некоторое расширение правых отделов сердца (за исключением случаев смерти вследствие массивной кровопотери). Такая дилатация правых отделов сердца, выявляемая при посмертной КТ и МРТ, относится к неспецифическим посмертным изменениям и обусловлена посмертным скоплением крови. К сожалению, подобные изменения закономерно усложняют диагностику правожелудочковой недостаточности как причины смерти.

Другим неспецифическим посмертным КТ-признаком, по данным литературы [27], является увеличение толщины стенки аорты относительно всей аорты по сравнению с

прижизненными ее характеристиками. В основе данного эффекта лежит уменьшение просвета аорты вследствие исчезновения внутрисосудистого давления и соответственно увеличение соотношения толщины стенки аорты к ее просвету. При этом нисходящая часть грудного отдела аорты и брюшная часть аорты приобретают эллипсоидную или яйцевидную форму [28].

Характерным признаком посмертных изменений головного мозга при МРТ является снижение контрастности его структур на T1-ВИ и T2-ВИ, в том числе границы между белым и серым веществом и увеличение интенсивности сигнала белого вещества на T2-ВИ. Соответственно, соотношение интенсивности сигнала на T1-ВИ и T2-ВИ к «шуму» при посмертном исследовании различных областей головного мозга у погибших новорожденных характеризуется более низкими значениями по сравнению с аналогичными соотношениями, полученными у живых новорожденных [29]. Кроме того, было установлено, что значения времени релаксации структур головного мозга при посмертных МРТ-исследованиях в T1- и T2-режимах были выше прижизненных значений. Важным моментом является снижение значений времени релаксации по мере увеличения гестационного возраста при посмертной МРТ в T1-режиме [30].

На основании результатов проведенных нами повторных лучевых исследований также установлено снижение четкости границ структур, в том числе дифференцировка белого и серого вещества, головного мозга на второй серии МР-томограмм. При этом в обеих сериях МР-томограмм граница градиента сигнала вещества головного мозга не визуализировалась. В то же время значения интенсивности МР-сигнала вещества головного мозга несколько повысились при более поздней МРТ. А значения рассчитанного коэффициента М, отражающего посмертные изменения ткани головного мозга, понизились (153,5 против 107,5). Значения абсолютных размеров желудочков головного мозга не имели значимых различий в период исследования. Однако снижение индекса боковых желудочков на 2% при повторной МРТ косвенно свидетельствует о тенденции к уменьшению их размеров относительно объема головного мозга.

Одним из проявлений поздних трупных изменений является гниение, сопровождающееся образованием газа в тканях, органах, полости желудка, просвете сосудов. Согласно данным М. Sakata с соавт. [31], газ, образовавшийся в результате посмертного разло-

жения тканей, может быть обнаружен уже через 24-48 часов после смерти. При этом наличие сепсиса может сопровождаться более быстрым посмертным разложением и гниением органов и тканей тела [32].

Для верификации наличия газа (воздуха) во время аутопсии необходимо проведение специальных воздушных проб, которые, к сожалению, не позволяют определить наличие газа в просвете относительно мелких (внутриорганных) сосудов. Вместе с тем, высокоэффективным методом выявления газа в органах и тканях трупа, превышающим возможности традиционной аутопсии, является КТ. При этом наличие газа в просвете сосудов и в полости сердца отмечается в очень большом числе КТ- исследований тел умерших пациентов, а также мертворожденных и погибших плодов без признаков гниения [33]. Исследователями рассматривается большой ряд причин подобной локализации свободного газа, и в качестве одной из вероятных причин появления газа в отсутствие трупного разложения рассматривается проведение сердечно-легочной реанимации, вызывающей своеобразную баротравму, потенциально провоцирующую альвеолярный разрыв и попадание воздуха в капилляры [34].

В представленном нами наблюдении при первом КТ-исследовании, выполненном через 13 часов 14 минут после констатации смерти, установлено наличие пневматизации ткани обоих легких, газового пузыря в желудке, а также свободного газа по ходу эндотрахеальной трубки и желудочного зонда, свидетельствующих о живорождении. Кроме того, скопления свободного газа наблюдались в просвете сосудов головного мозга, печени, сердца, брыжеечных сосудов. При втором КТ-исследовании, выполненном через 82 часа 34 минуты после смерти, отмечено отсутствие его визуализации в сосудах головного мозга, печени и мезентеральных сосудах, где он определялся ранее при исследовании, и значительное его снижение в сосудах сердца. При этом общий объем внутрисосудистого газа уменьшился с 2,926 см³ до 0,410 см³.

Аналогичное снижение объема внутрисосудистого газа вплоть до полного его исчезновения было продемонстрировано Т. Kobayashi с соавт [35], выявившим пузырьки газа в полости правого желудочка сердца в теле годовалой девочки при посмертной КТ, выполненной сразу после констатации смерти. При повторной КТ, выполненной через 35 часов после хранения тела в холодильнике при 4°C, газ не определялся. То есть, условия содержания и хранения трупа существенным образом определяют скорость возникновения

и развития посмертных изменений, в том числе газообразования [36]. Хранение мертвого тела в холодильнике сопровождается уменьшением или даже полным исчезновением внутрисосудистого газа.

Еще одним проявлением посмертных изменений считается накопление свободной жидкости в серозных (грудной и брюшной) полостях тела. Более того, на основании рассчитанных значений относительного объема свободной жидкости в плевральной полости авторы J.L. Varber с соавт. [37] даже вывели формулы для определения длительности посмертного периода в случаях мертворождения ($y = 0,12 \times Ж + 2,14$; $r=0,32$) и в случаях смерти живших детей ($y = 0,87 + 1,15 \times Ж$; $r = 0,77$), где y – длительность посмертного периода в днях и $Ж$ – относительный объема свободной жидкости в плевральной полости. К сожалению, значения относительного объема свободной жидкости в плевральной полости существенным образом зависели от наличия водянки и задержки роста плода, а также врожденных пороков сердца и легких [37].

Увеличение объема свободной жидкости в плевральных полостях 12 умерших больных было показано и при двух повторных их посмертных КТ-исследованиях [38]. Интервал времени между КТ-исследованиями варьировал от 4 часов до 164 часов (средний интервал составлял 30 часов, минимальный – 18 часов), что не позволило авторам провести четкий анализ зависимости объема плевральной жидкости от давности наступления смерти.

В представленном наблюдении свободная жидкость в серозных полостях визуализировалась как при первой, так и второй МРТ. Удельный ее объем в плевральных полостях составил 9,2% и 10,3% при первом и втором МРТ-исследовании соответственно, в брюшной полости – 42% и 27% соответственно. Согласно данным литературы [39, 40], подобные абсолютные значения объемов и их посмертная динамика указывают на прижизненный характер развития гидроторакса и асцита.

Следовательно, проведенные посмертные лучевые исследования указывают на развитие неспецифических посмертных изменений в тканях и органах умершей новорожденной девочки, вид и выраженность которых зависят от давности наступления смерти. Посмертная КТ в отличие от аутопсийного исследования позволяет четко визуализировать локализацию и определить объем скоплений внутрисосудистого газа. На посмертных МР-томограммах с гораздо

большей эффективностью по сравнению с патологоанатомическим вскрытием определяются внутренние трупные гипостазы, в частности, в печени и легких, а также процессы седиментации крови в полостях сердца и просвете крупных сосудов.

При этом практически все исследователи приходят к заключению о высокой эффективности посмертных лучевых исследований, как в отношении выявления, так и определения точной локализации размеров патологических процессов и поражений, что существенным образом облегчает и повышает точность посмертной диагностики, способствуя тем самым все более широкому и активному использованию танаториологических исследований в патологоанатомической практике и при проведении судебно-медицинской экспертизы [41, 42].

Более того, уже в 1994 году на основании исследования пациентов, погибших от смертельных травм – ранений, израильские исследователи сочли возможным даже замену традиционной аутопсии посмертной КТ [43]. Аналогичные выводы были сделаны и в отношении посмертной МРТ тел погибших плодов и умерших новорожденных [44, 45].

Таким образом, представленное наблюдение демонстрирует особенности динамики развития посмертных изменений. Именно в результате проведенных посмертных повторных КТ и МРТ-исследований в различные сроки после наступления смерти были выявлены особенности лучевой семиотики внутренних гипостазов в печени и легких, белого и серого вещества головного мозга, объема скоплений внутрисосудистого газа и свободной жидкости в серозных полостях. Полученные данные расширяют имеющиеся представления о сроках и особенностях развития ранних посмертных изменений, что, несомненно, способствует улучшению посмертной диагностики патологических процессов и заболеваний, а в результате – более четкой их дифференциальной диагностики с неспецифическими посмертными изменениями. Вместе с тем, танаториологические исследования должны рассматриваться как объективный и высокоэффективный, но этап патологоанатомического вскрытия, а не его альтернатива.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Работа представлена в рамках реализации Гранта Президента РФ по поддержке Ведущей научной школы НШ-599.2022.3 «Неинвазивные функциональные технологии лучевой медицины в скрининге, ранней диагностике, мониторинге лечения и контроле

реабилитации социально значимых заболеваний» (Руководитель Н.С. Серова).

Funding source. The work is presented as part of the implementation grant of the President of Russian Federation for supporting the leading scientific school НШ-599.2022.3 “Non-invasive functional radiological technologies in screening, early diagnostics and treatment and

rehabilitation follow-up of socially significant diseases” (the leader – N.S. Serova).

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).

Список литературы:

1. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».
2. Madea B, Henssge C, Reibe S, Tsokos M, Kernbach-Wighton G. Postmortem changes and time since death. In: *Handbook of forensic medicine*. Ed. B. Madea. UK: Wiley-Blackwell, 2014: 75-133.
3. Буромский И.В., Сидоренко Е.С., Ермакова Ю.В. Современное состояние и пути дальнейшего совершенствования установления давности наступления смерти. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2018; 4: 59-62. DOI: 10.17116/sudmed201861459
4. Grenache DG, Gronowski AM. Fetal lung maturity. *Clin Biochem*. 2006; 39 (1): 1-10. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2005.10.008.
5. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Ляпин В.М. Гипоплазия легких: причины развития и патологоанатомическая характеристика. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017; 4-3: 530-534. DOI: 10.17513/mjpf.11508
6. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Возможности и ограничения виртуальной аутопсии в неонатологии. *REJR*. 2017; 7 (1):20-33. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-1-20-33.
7. Kasahara S., Makino Y., Hayakawa M., Yajima D., Ito H., Iwase H. Diagnosable and non-diagnosable causes of death by postmortem computed tomography: a review of 339 forensic cases. *Leg. Med*. 2012; 14: 239-245.
8. Туманова У.Н., Федосеева В.К., Ляпин В.М., Степанов А.В., Воеводин С.М., Щеголев А.И. Посмертная компьютерная томография мертворожденных с костной патологией. *Медицинская визуализация*. 2013; 5: 110-120.
9. Filograna L, Pugliese L, Muto M, Tatulli D, Guglielmi G, Thali MJ, Floris R. A Practical guide to virtual autopsy: Why, when and how. *Semin Ultrasound CT MR*. 2019; 40 (1): 56-66. DOI: 10.1053/j.sult.2018.10.011.
10. Щеголев А.И., Туманова У.Н. Роль магнитно-резонансной томографии в определении танатогенеза. *Криминалистика - прошлое, настоящее, будущее: достижения и перспективы развития*. Под ред. А.И. Бастрыкина. М., 2014: 369-372.
11. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Посмертная магнитно-резонансная томография плодов и новорожденных. *Медицинская визуализация*. 2015. № 5. С. 128-136.
12. Крупнов Н.М., Туманова У.Н., Щеголев А.И., Быченко В.Г., Ванюков В.Н., Услонцев Д.Н., Савва О.В. Способ определения давности наступления смерти. Патент на изобретение 2746665 С1, 19.04.2021. Заявка от 22.10.2020.
13. Крупнов Н.М., Туманова У.Н., Щеголев А.И., Быченко В.Г., Ванюков В.Н., Услонцев Д.Н., Савва О.В. Способ
- определения давности наступления смерти новорожденного. Патент на изобретение 2761010 С1, 02.12.2021. Заявка № 2021105488 от 03.03.2021.
14. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Bychenko V.G., Shchegolev A.I., Sukhikh G.T. Possibilities of postmortem magnetic resonance imaging for evaluation of anasarca in newborns. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2019; 166 (5): 671-675. DOI: 10.1007/s10517-019-04415-1
15. Christe A., Flach P., Ross S., Spendlove D., Bolliger S., Vock P., Thali M. J. Clinical radiology and postmortem imaging (Virtopsy) are not the same: Specific and unspecific post-mortem signs. *Leg. Med (Tokyo)*. 2010; 12 (5): 215-222.
16. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Лучевая визуализация неспецифических посмертных изменений сердечно-сосудистой системы. *Судебно-медицинская экспертиза*. 2016; 5: 59-63. DOI: 10.17116/sudmed2016595559-63
17. Туманов Э.В., Кильдюшов Е.М., Соколова З.Ю. Судебно-медицинская танатология. *Судебная медицина и судебно-медицинская экспертиза: национальное руководство*. Под ред. Ю. И. Пиголкина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014: 449-472.
18. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., Ymazaki K., Itai Y. Postmortem intravascular high-density fluid level (hypostasis): CT findings. *J. Comput. Assist. Tomogr*. 2002; 26(6): 892-893. DOI: 10.1097/00004728-200211000-00006
19. Thomsen H., Kaatsch H.J., Krisch B. How and why does the platelet count in postmortem blood change during the early postmortem interval? *Forensic Sci. Int*. 1999; 101(3): 185-194. doi: 10.1016/s0379-0738(99)00023-7
20. Jackowski C., Thali M., Aghayev E., Yen K., Sonnenschein M., Zwuygart K., Dirnhofner R., Vock P. 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
21. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Быченко В.Г., Воеводин С.М., Щеголев А.И. Способ посмертной диагностики врожденной пневмонии у новорожденного. Патент на изобретение 2609462 С, 01.02.2017. Заявка от 16.02.2016. for the invention 2609462 С, 01.02.2017. Application dated 02/16/2016. (in Russian).
22. Jackowski C, Schweitzer W, Thali M., Yen K., Adhayeve E., Sonnenschein M., Vock P., Dirnhofner R. Virtopsy: postmortem imaging of the human heart in situ using MSCT and MRI. *Forensic Sci. Int*. 2005; 149(1): 11-23. DOI: 10.1016/j.forsciint.2004.05.019
23. Tumanova UN, Bychenko VG, Serova NS, Shchegolev AI. Postmortem MRI characterization of cadaveric hypostases in deceased newborns. *Bull Exp Biol Med*. 2021; 170(3): 371-377. DOI: 10.1007/s10517-021-05070-1

24. Takahashi N., Satou C., Higuchi T., Shiotani M., Maeda H., Hirose Y. Quantitative analysis of intracranial hypostasis: comparison of early postmortem and antemortem CT findings. *AJR. Am. J. Roentgenol.* 2010; 195 (6): W388-W393. DOI: 10.2214/ajr.10.4442
25. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., Yamazaki K., Nakayama H., Watanabe K., Oyake Y., Itai Y. Non-traumatic post-mortem computed tomographic (PMCT) findings of the lung. *Forensic Sci. Int.* 2004; 139(1): 39-48. DOI: 10.1016/j.forsciint.2003.09.016
26. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., Yamazaki K., Nakayama H., Watanabe K., Itai Y. Dilatation of the heart on post-mortem computed tomography (PMCT): comparison with live CT. *Radiat. Med.* 2003; 21(1): 29-35.
27. Okuma H., Gonoji W., Ishida M., Shintani Y., Takazawa Y., Fukayama M., Ohtomo K. Greater thickness of the aortic wall on postmortem computed tomography compared with antemortem computed tomography: the first longitudinal study. *Int J Legal Med* 2013; 128(6): 987-993. DOI: 10.1007/s00414-013-0955-z
28. Takahashi N., Higuchi T., Hirose Y., Yamanouchi H., Takatsuka H., Funayama K. Changes in aortic shape and diameters after death: comparison of early postmortem computed tomography with antemortem computed tomography. *Forensic Sci. Int.* 2013; 225 (1-3): 27-31. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.04.037
29. Lequin M.H., Huisman T.A. Postmortem MR imaging in the fetal and neonatal period. *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 2012; 20 (1): 129-143. DOI: 10.1016/j.mric.2011.08.008
30. Туманова У.Н., Серова Н.С., Щеголев А.И. Применение посмертной МРТ для диагностики поражений головного мозга у плодов и новорожденных. *REJR* 2017; 7(3): 8-22. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-3-8-22
31. Sakata M., Miki A., Kazama H., Morita M., Yasoshima S. Studies on the composition of gases in the post-mortem body: animal experiments and two autopsy cases. *Forensic Sci. Int.* 1980; 15(1): 19-29. DOI: 10.1016/0379-0738(80)90191-7
32. Гельфанд Б.Р., Руднов В.А., Проценко Д.Н., Гельфанд Е.Б., Звягин А.А., Ярошецкий А.И. и др. Сепсис в начале XXI ВЕКА. Классификация, клинко-диагностическая концепция и лечение. патолого-анатомическая диагностика. М., 2004. 130 с.
33. 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.
34. Shiotani S., Ueno Y., Atake S., Kohno M., Suzuki M., Kikuchi K., Hayakawa H. Non-traumatic postmortem computed tomographic demonstration of cerebral gas embolism following cardiopulmonary resuscitation. *Jpn. J. Radiol.* 2010; 28(1): 1-7. DOI: 10.1007/s11604-009-0372-x
35. Kobayashia T., Shiotani S., Yamamori M., Hayakaw H. Small amounts of intravascular gas on early postmortem CT may disappear on delayed postmortem CT after cold storage. *Forensic Imaging.* 2020; 20: 200391.
36. Kaur M., Singh M.K., O'Donnell C., Wood-ford N.W. Progressive gas formation in a deceased person during mortuary storage demonstrated on computed tomography. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2009; 5(3): 236-242. DOI:10.1007/s12024-009-9103-y
37. Barber J.L., Hutchinson J.C., Sebire N.J., Arthurs O.J. Pleural fluid accumulation detectable on paediatric post-mortem imaging: a possible marker of interval since death? *Int. J. Legal. Med.* 2016; 130: 1003-1010.
38. Hyodoh H., Shimizu J., Watanabe S. et al. Time-related course of pleural space fluid collection and pulmonary aeration on postmortem computed tomography (PMCT). *Leg. Med. (Tokyo).* 2015; 17 (4): 221-225.
39. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Быченко В.Г., Серова Н.С., Щеголев А.И. Посмертная МРТ характеристика неиммунной водянки плода. *REJR* 2018; 8(4): 172-183. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-2-172-183.
40. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Козлова А.В., Быченко В.Г., Щеголев А.И. Кистозная лимфангиома грудной полости у новорожденного: посмертная КТ и МРТ визуализация при патологоанатомическом исследовании. *REJR* 2019; 9(3): 215-228. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-3-215-228.
41. Фетисов В.А., Куприна Т.А., Сеницын В.Е., Дуброва С.Э., Филимонов Б.А. Зарубежный опыт использования современных методов лучевой диагностики в решении вопросов давности наступления смерти и причинения повреждений. *Судебно-медицинская экспертиза.* 2016; 2: 47-54.
42. Туманова У.Н., Щеголев А.И., Ковалев А.В. Организация проведения посмертных лучевых исследований в структуре патолого-анатомических отделений и бюро судебно-медицинской экспертизы. *Судебно-медицинская экспертиза.* 2021; 1: 57-63. DOI: 10.17116/sudmed20216401157
43. Donchin Y, Rivkind AI, Bar-Ziv J, Hiss J, Almog J, Drescher M. Utility of postmortem computed tomography in trauma victims. *J Trauma.* 1994; 37(4): 552-556. (in Russian).i: 10.1097/00005373-199410000-00006.
44. Huisman TA, Wisser J, Stallmach T, Krestin GP, Huch R, Kubik-Huch RA. MR autopsy in fetuses. *Fetal Diagn Ther.* 2002; 17(1): 58-64.
45. Addison S, Arthurs OJ, Thayyil S. Post-mortem MRI as an alternative to non-forensic autopsy in fetuses and children: from research into clinical practice. *Br J Radiol.* 2014; 87(1036): 20130621.

References:

1. Federal Law No. 323-FZ of 21.11.2011 "On the Basics of public health protection in the Russian Federation" (in Russian).
2. Madea B, Henssge C, Reibe S, Tsokos M, Kernbach-Wighton G. Postmortem changes and time since death. In. *Handbook of forensic medicine.* Ed. B. Madea. UK: Wiley-Blackwell, 2014: 75-133.
3. Buromsky I.V., Sidorenko E.S., Ermakova Yu.V. The current state of the establishment of prescription of death coming and the ways to its further. *Sudebno-medicinskaya ekspertiza.* 2018; 4: 59-62. DOI: 10.17116/sudmed201861459 (in Russian).

4. Grenache DG, Gronowski AM. Fetal lung maturity. *Clin Biochem.* 2006; 39 (1): 1-10. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2005.10.008.
5. 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. DOI: 10.17513/mjpf.11508 (in Russian).
6. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Possibilities and limitations of virtual autopsy in neonatology. *REJR.* 2017; 7 (1):20-33. (in Russian). DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-1-20-33
7. Kasahara S., Makino Y., Hayakawa M., Yajima D., Ito H., Iwase H. Diagnosable and non-diagnosable causes of death by postmortem computed tomography: a review of 339 forensic cases. *Leg. Med.* 2012; 14: 239-245.
8. Tumanova U.N., Fedoseeva V. K., Liapin V.M., Stepanov A.V., Voevodin S.M., Shchegolev A.I. Postmortem computed tomography of stillborn with bone pathology. *Medicinskaya vizualizaciya.* 2013; 5: 110-120. (in Russian).
9. Filograna L, Pugliese L, Muto M, Tatulli D, Guglielmi G, Thali MJ, Floris R. A Practical guide to virtual autopsy: Why, when and how. *Semin Ultrasound CT MR.* 2019; 40 (1): 56-66. DOI: 10.1053/j.sult.2018.10.011.
10. Shchegolev A.I., Tumanova U.N. The role of magnetic resonance imaging in determining thanatogenesis. *Criminalistics - past, present, future: achievements and development prospects.* Ed. A.I. Bastrykin. M., 2014: 369-372. (in Russian).
11. Tumanova U.N., Shchyogolev A.I. Postmortem magnetic resonance tomography of fetus and newborn. *Meditsinskaya vizualizatsiya.* 2015; 5: 128-136 (in Russian).
12. Krupnov N.M., Tumanova U.N., Shchegolev A.I., Bychenko V.G., Vanyukov V.N., Solntsev D.N., Savva O.V. Method of determining the prescription of death. Patent for invention 2746665 C1, 04/19/2021. Application from 10.22.2020. (in Russian).
13. Krupnov N.M., Tumanova U.N., Shchegolev A.I., Bychenko V.G., Vanyukov V.N., Usontsev D.N., Savva O.V. Method of determining the prescription of the onset of death of a newborn. Patent for invention 2761010 C1, 02.12.2021. Application No. 2021105488 dated 03.03.2021. (in Russian).
14. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Bychenko V.G., Shchegolev A.I., Sukhikh G.T. Possibilities of postmortem magnetic resonance imaging for evaluation of anasarca in newborns. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine.* 2019; 166 (5): 671-675. DOI: 10.1007/s10517-019-04415-1
15. Christe A., Flach P., Ross S., Spendlove D., Bolliger S., Vock P., Thali M. J. Clinical radiology and postmortem imaging (Virtopsy) are not the same: Specific and unspecific postmortem signs. *Leg. Med (Tokyo).* 2010; 12 (5): 215-222.
16. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Radio-visualization of non-specific postmortem changes in the cardiovascular system. *Sudebno-medicinskaya ekspertiza.* 2016; 5: 59-63. DOI: 10.17116/sudmed2016595559-63 (in Russian).
17. Tumanov Je.V., Kildjushov E.M., Sokolova Z.Ju. Medico-legal thanatology. *Sudebnaja medicina i sudebno-medicinskaja jekspertiza: nacional'noe rukovodstvo.* Pod red. Ju. I. Pigolkina. M.: GJeOTAR-Media, 2014: 449-472. (in Russian).
18. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., Yamazaki K., Itai Y. Postmortem intravascular high-density fluid level (hypostasis): CT findings. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2002; 26(6): 892-893. DOI: 10.1097/00004728-200211000-00006
19. Thomsen H., Kaatsch H.J., Krisch B. How and why does the platelet count in postmortem blood change during the early postmortem interval? *Forensic Sci. Int.* 1999; 101(3): 185-194. doi: 10.1016/s0379-0738(99)00023-7
20. Jackowski C., Thali M., Aghayev E., Yen K., Sonnenschein M., Zwygart K., Dirnhofer R., Vock P. 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
21. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Bychenko V.G., Voevodin S.M., Shchegolev A.I. Method of postmortem diagnosis of congenital pneumonia in a newborn. Patent for the invention 2609462 C, 01.02.2017. Application dated 02/16/2016. (in Russian).
22. Jackowski C, Schweitzer W, Thali M., Yen K., Adhaye E., Sonnenschein M., Vock P., Dirnhofer R. Virtopsy: postmortem imaging of the human heart in situ using MSCT and MRI. *Forensic Sci. Int.* 2005; 149(1): 11-23. DOI: 10.1016/j.forsciint.2004.05.019
23. Tumanova UN, Bychenko VG, Serova NS, Shchegolev AI. Postmortem MRI characterization of cadaveric hypostases in deceased newborns. *Bull Exp Biol Med.* 2021; 170(3): 371-377. DOI: 10.1007/s10517-021-05070-1
24. Takahashi N., Satou C., Higuchi T., Shiotani M., Maeda H., Hirose Y. Quantitative analysis of intracranial hypostasis: comparison of early postmortem and antemortem CT findings. *AJR. Am. J. Roentgenol.* 2010; 195 (6): W388-W393. DOI: 10.2214/ajr.10.4442
25. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., Yamazaki K., Nakayama H., Watanabe K., Oyake Y., Itai Y. Non-traumatic postmortem computed tomographic (PMCT) findings of the lung. *Forensic Sci. Int.* 2004; 139(1): 39-48. DOI: 10.1016/j.forsciint.2003.09.016
26. Shiotani S., Kohno M., Ohashi N., Yamazaki K., Nakayama H., Watanabe K., Itai Y. Dilatation of the heart on postmortem computed tomography (PMCT): comparison with live CT. *Radiat. Med.* 2003; 21(1): 29-35.
27. Okuma H., Gono W., Ishida M., Shintani Y., Takazawa Y., Fukayama M., Ohtomo K. Greater thickness of the aortic wall on postmortem computed tomography compared with antemortem computed tomography: the first longitudinal study. *Int J Legal Med* 2013; 128(6): 987-993. DOI: 10.1007/s00414-013-0955-z
28. Takahashi N., Higuchi T., Hirose Y., Yamanouchi H., Takatsuka H., Funayama K. Changes in aortic shape and diameters after death: comparison of early postmortem computed tomography with antemortem computed tomography. *Forensic Sci. Int.* 2013; 225 (1-3): 27-31. DOI: 10.1016/j.forsciint.2012.04.037
29. Lequin M.H., Huisman T.A. Postmortem MR imaging in the fetal and neonatal period. *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 2012; 20 (1): 129-143. DOI: 10.1016/j.mric.2011.08.008
30. Tumanova U.N., Serova N.S., Shchegolev A.I. Use of the postmortem MRI for the cerebral lesions diagnosis in the fetuses and newborns. *REJR.* 2017; 7 (3): 8-22. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-3-8-22 (in Russian).
31. Sakata M., Miki A., Kazama H., Morita M., Yasoshima S.

- Studies on the composition of gases in the post-mortem body: animal experiments and two autopsy cases. Forensic Sci. Int.* 1980; 15(1): 19-29. DOI: 10.1016/0379-0738(80)90191-7
32. Gelfand B.R., Rudnov V.A., Protsenko D.N., Gelfand E.B., Zvyagin A.A., Yaroshetsky A.I., etc. Sepsis at the beginning of the XXI CENTURY. Classification, clinical and diagnostic concept and treatment. pathologo-anatomical diagnostics. M., 2004. 130 p. (in Russian).
33. 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).
34. Shiotani S., Ueno Y., Atake S., Kohno M., Suzuki M., Kikuchi K., Hayakawa H. Non-traumatic postmortem computed tomographic demonstration of cerebral gas embolism following cardiopulmonary resuscitation. *Jpn. J. Radiol.* 2010; 28(1): 1-7. DOI: 10.1007/s11604-009-0372-x
35. Kobayashia T., Shiotani S., Yamamori M., Hayakaw H. Small amounts of intravascular gas on early postmortem CT may disappear on delayed postmortem CT after cold storage. *Forensic Imaging.* 2020; 20: 200391.
36. Kaur M., Singh M.K., O'Donnell C., Wood-ford N.W. Progressive gas formation in a deceased person during mortuary storage demonstrated on computed tomography. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2009; 5(3): 236-242. DOI:10.1007/s12024-009-9103-y
37. Barber J.L., Hutchinson J.C., Sebire N.J., Arthurs O.J. Pleural fluid accumulation detectable on paediatric post-mortem imaging: a possible marker of interval since death? *Int. J. Legal. Med.* 2016; 130: 1003-1010.
38. Hyodoh H., Shimizu J., Watanabe S. et al. Time-related course of pleural space fluid collection and pulmonary aeration on postmortem computed tomography (PMCT). *Leg. Med. (Tokyo).* 2015; 17 (4): 221-225.
39. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Bychenko V.G., Serova N.S., Shchegolev A.I. Postmortem MRI characteristics of nonimmune fetal hydrops. *REJR* 2018; 8(4): 172-183. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-2-172-183.
40. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Kozlova A.V., Bychenko V.G., Shchegolev A.I. Cystic lymphangioma in a newborn thoracic cavity: postmortem CT and MRI imaging during pathological examination. *REJR* 2019; 9(3): 215-228. DOI: 10.21569/2222-7415-2019-9-3-215-228 (in Russian).
41. Fetisov VA, Kuprina TA, Sinitsyn VE, Dubrova SE, Filimonov BA. The foreign experience with the application of the modern radiodiagnostic methods for the estimation of prescription of death coming and time of infliction of injury. *Sudebno-medicinskaja jekspertiza.* 2016; 2: 47-54. (in Russian).
42. Tumanova UN, Shchegolev AI, Kovalev AV. Organization of postmortem radiological examination in the structure of pathological departments and forensic bureaus. *Sudebno-medicinskaja jekspertiza.* 2021; 1: 57-63. DOI: 10.17116/sudmed20216401157 (in Russian).
43. Donchin Y, Rivkind AI, Bar-Ziv J, Hiss J, Almog J, Drescher M. Utility of postmortem computed tomography in trauma victims. *J Trauma.* 1994; 37(4): 552-556. (in Russian).i: 10.1097/00005373-199410000-00006.
44. Huisman TA, Wisser J, Stallmach T, Krestin GP, Huch R, Kubik-Huch RA. MR autopsy in fetuses. *Fetal Diagn Ther.* 2002; 17(1): 58-64.
45. Addison S, Arthurs OJ, Thayyil S. Post-mortem MRI as an alternative to non-forensic autopsy in foetuses and children: from research into clinical practice. *Br J Radiol.* 2014; 87(1036): 20130621.