ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ОСОБЕННОСТИ МРТ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСМЕРТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПЕЧЕНИ И ЛЁГКИХ УМЕРШИХ НОВОРОЖДЕННЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАВНОСТИ СМЕРТИ

Туманова У.Н.[1], Савва О.В.[1,2], Быченко В.Г.[1], 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 - ГБУ РО «Бюро судебно-медицинской экспертизы им. Д.И. Мастбаума». г. Рязань, Россия.

Цель исследования. Провести сравнительный анализ МРТ характеристик посмертных изменений печени и лёгких в зависимости от давности смерти.

Материалы и методы. Работа основана на комплексном анализе данных посмертной МРТ и результатов патологоанатомических вскрытий 103 новорожденных. Все тела новорожденных после констатации смерти хранились в холодильной камере при температуре + 4°С преимущественно в положении тела лежа на спине. Посмертное МРТ исследование тел умерших новорожденных проводили до патологоанатомического вскрытия на аппарате «3T Siemens Magnetom Verio» с последующим анализом Т1- и Т2-взвешенных изображений (ВИ). На томограммах визуально оценивали интенсивность МР-сигнала в ткани выше- и нижерасположенной области печени и легких по отношению к положению тела после смерти. На аксиальной проекции томограмм количественно определяли значения интенсивностей МР-сигнала в выше- и нижерасположенной области печени и легких по отношению к положению тела после смерти, а также интенсивности МР-сигнала в плевральной жидкости. На основании полученных данных рассчитывали разность и соотношение интенсивностей МР-сигнала (СИС) в выше- и нижерасположенной области органа на Т2-ВИ и Т1-ВИ, а также значения МРТ показателя посмертного состояния печени и легких.

Результаты. При визуальном анализе МР-томограмм в большей части наблюдений установлена различная степень выраженности интенсивности МР-сигнала в выше и ниже расположенной областей печени и соответственно наличие градиента МР-сигнала. При визуальном анализе МР-томограмм легких наличие градиента и, соответственно, границы интенсивностей МРТ сигнала в выше- и нижерасположенной области в положении тела лежа на спине отмечалось несколько реже, чем в печени. При этом выраженность данного градиента и, соответственно, его границы отличались на Т1-ВИ и Т2-ВИ, а также в группах с различной давностью смерти. Рассчитанные отношения средних значений интенсивностей сигнала в вышерасположенной части печени к аналогичным значениям в нижерасположенной части печени в положении тела лежа на спине в большинстве групп были меньше 1 с более низкими уровнями на Т1-ВИ. Средние значения МРТ показателя посмертного состояния печени во всех группах имели бóльшие значения в ниже расположенной области печени по сравнению с выше расположенной. При этом полученные значения снижались в первые 18 ч после смерти, а затем имели волнообразный характер. Аналогичные значения МРТ показателя посмертного состояния легких носили волнообразный характер с тенденцией к снижению по мере увеличения давности смерти.

Заключение. Полученные данные убедительно свидетельствуют, что посмертная МРТ является высокоэффективным и неинвазивным методом исследования тел умерших новорожденных, позволяющим визуализировать развитие неспецифических посмертных изменений во внутренних органах. На основании количественной оценки интенсивностей МР-сигнала в выше- и нижерасположенной области органа относительно положения тела после смерти установлены особенности формирования посмертных изменений в ткани печени и лёгких, что облегчает последующий анализ выявленных на патологоанатомическом вскрытии морфологических изменений и определение звеньев танатогенеза. Полученные знания о посмертных изменениях при лучевых исследованиях позволят повысить качество их оценки и дифференциальной диагностики прижизненных поражений и трупных изменений.

Ключевые слова: новорожденный, посмертные изменения, посмертные гипостазы, по

смертная МРТ, давность смерти.

Контактный автор: Туманова У.Н., e-mail: thanatoradilogy@gmail.com

Для цитирования: Туманова У.Н., Савва О.В., Быченко В.Г., Щеголев А.И. Особенности МРТ характеристик посмертных изменений печени и лёгких умерших новорожденных в зависимости от давности смерти. REJR 2024; 14(2):95-112. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-2-95-112.

Статья получена: 22.02.24 **Статья принята: 10.04.24**

FEATURES OF MRI CHARACTERISTICS OF POSTMORTEM CHANGES IN THE LIVER AND LUNGS OF DECEASED NEWBORNS DEPENDING ON THE TIME OF DEATH

Tumanova U.N.[1], Savva[1] O.V.1,[2], Bychenko V.G.[1], Shchegolev A.I.[1]

1 - V.I .Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology. Moscow, Russia.
2 - State Budgetary Institution of the Ryazan region "D.I. Mastbaum Bureau of Forensic Medicine. Ryazan, Russia.

Purpose. To conduct a comparative analysis of the MRI characteristics of postmortem changes in the liver and lungs, depending on the time of death.

Material and methods. The work is based on a comprehensive analysis of postmortem MRI data and the results of pathological autopsies of 103 newborns. All the bodies of newborns after death were stored in a refrigerator at a temperature of + 4 ° C in the supine position of the body. Postmortem MRI examination of the bodies of deceased newborns was carried out before the pathological autopsy using a 3T Siemens Magnetom Verio device, followed by analysis of T1- and T2-weighted images (WI). The intensity of the MR signal in the tissue upper and lower regions of the liver and lungs in relation to the position of the body after death was visually assessed on tomograms. The values of the MR signal intensities in the upper and lower regions of the liver and lungs in relation to the position of the body after death, as well as the intensity of the MR signal in the pleural fluid on the axial projection of tomograms were determined quantitatively. Based on the data obtained, the difference and ratio of MR signal intensities (SIS) in the upper and lower regions of the organ on T2-WI and T1-WI, as well as MRI values of the index of the postmortem state of the liver and lungs were calculated.

Results. Visual analysis of MR tomograms in most cases revealed varying degrees of intensity of the MR signal in the upper and lower regions of the liver and, accordingly, the presence of a gradient of the MR signal. The presence of a gradient and, accordingly, the boundary of the intensity of the MR signal in the upper and lower regions somewhat less frequently than in the liver was noted in the visual analysis of MR tomograms of the lungs. At the same time, the severity of this gradient and, accordingly, its boundaries differed on T1-WI and T2-WI, as well as in groups with different duration of death. The calculated ratios of the average values of signal intensities in the upstream part of the liver to similar values in the downstream part of the liver were less than 1 in most groups, with lower levels on T1-weighted images. The average values of the MRI index of the postmortem state of the liver in all groups had greater values in the lower area of the liver compared with the upper area. At the same time, the values obtained decreased in the first 18 hours after death, and then had a wave-like character. Similar values of the MRT index of the postmortem state of the lungs were wave-like character with a tendency to decrease as the duration of death increased.

Conclusion. The data obtained convincingly indicate that postmortem MRI is a highly effective and non-invasive method of studying the bodies of deceased newborns, allowing visualizing the development of non-specific postmortem changes in internal organs. Based on a quantitative assessment of the intensity of the MR signal in the upper and lower regions of the organ relative to the position of the body after death, the features of the formation of postmortem changes in liver and lung tissue have been established. This facilitates the subsequent analysis of morphological changes detected at the autopsy and the determination of the links of thanatogenesis. The knowledge gained about postmortem changes during radiology studies will improve the quality of their assessment and differential diagnosis of intravital lesions and cadaveric changes.

Keywords: newborn, postmortem changes, postmortem hypostasis, postmortem MRI, time of death.

Corresponding author: Tumanova U.N., e-mail: thanatoradilogy@gmail.com

For citation: Tumanova U.N., Savva O.V., Bychenko V.G., Shchegolev A.I. Features of MRI characteristics of postmortem changes in the liver and lungs of deceased newborns depending on the time of death. REJR 2024; 14(2):95-112. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-2-95-112.

Received: **22.02.24** **Accepted:** **10.04.24**

Посмертные (трупные) изменения тела человека начинают развиваться после наступления смерти и в зависимости от времени и места своего развития подразделяются на ранние и поздние, внешние и внутренние [1, 2]. Несмотря на отсутствие единого мнения относительно времени их развития, большинство исследователей к ранним изменениям относят те, которые становятся заметными в первые сутки при визуальном осмотре тела. Регистрация и анализ внешних посмертных изменений, в частности трупных пятен, трупного охлаждения, окоченения, являются обязательными при проведении судебно-медицинской экспертизы [3]. Внутренние посмертные изменения регистрируются при проведении вскрытия, как судебно-медицинского, так и патологоанатомического. Такие изменения, с одной стороны, затрудняют диагностику прижизненных поражений и заболеваний, а с другой стороны, используются для определения давности наступления смерти [4, 5].

Цель исследования.

Провести сравнительный анализ МРТ характеристик посмертных изменений печени и лёгких в зависимости от давности смерти.

Материалы и методы.

В основу работы положен комплексный анализ данных посмертной МРТ и результатов патологоанатомических вскрытий 103 новорожденных и младенцев, умерших в возрасте от 2 ч 7 мин до 61 дня. Все тела новорожденных после констатации смерти хранились в холодильной камере при температуре + 4°С преимущественно в положении тела лежа на спине.

Посмертное МРТ исследование тел умерших новорожденных проводили до патологоанатомического вскрытия на аппарате «3T Siemens Magnetom Verio» с последующим анализом Т1- и Т2-взвешенных изображений (ВИ). Для получения Т2-ВИ использовали следующие параметры: 3DT2_Spase_Sag, FoV=320 мм, Sl Thickness=1 мм, TR=3200 мс, TE=490 мс, матрица 384x326, пространств. разреш. среза 1,0x0,8x1,0 мм, а для получения Т1-ВИ: 3DT1_Sag, FoV=320 мм, Sl Thickness=1 мм, TR=1900 мс, TE=2,18 мс, матрица 320x304, простр. разреш. среза 1,0x0,9x0,9 мм. Анализ данных, реконструкции и трехмерную обработку томограмм выполняли с использованием специализированного программного обеспечения «Myrian Expert», Intrasense, Франция. На томограммах визуально оценивали интенсивность МР-сигнала в ткани выше- и нижерасположенной области печени и легких по отношению к положению тела после смерти. На аксиальной проекции томограмм количественно определяли значения интенсивностей МР-сигнала в выше- и нижерасположенной области печени и легких по отношению к положению тела после смерти, а также интенсивности МР-сигнала в плевральной жидкости. На основании полученных данных рассчитывали разность (РИС) и соотношение интенсивностей МР- сигнала (СИС) в выше- и нижерасположенной области органа на Т2-ВИ и Т1-ВИ, а также значения МРТ показателя посмертного состояния печени и легких по формуле: ППС = То х 100 / Тж, где То – значения интенсивности МР-сигнала в выше- и нижерасположенной области печени или легких по отношению к положению тела после смерти, а Тж – в плевральной жидкости на Т2-ВИ и Т1-ВИ соответственно.

В зависимости от длительности посмертного периода, то есть от момента констатации смерти до проведения посмертной МРТ, все наблюдения были разделены на 8 групп: в группе 1 давность смерти не превышала 6 ч (n = 12), в группе 2 длительность посмертного периода составила 6-12 ч (n = 13), в группе 3 – 12-18 ч (n = 20), в группе 4 – 18-24 ч (n = 15), в группе 5 – 24-36 ч (n = 14), в группе 6 – 36-48 ч (n = 10), в группе 7 48–60 ч (n = 10) и в группе 8 – 60-72 ч (n = 9).

Верификацию основного заболевания, его осложнений, непосредственной причины

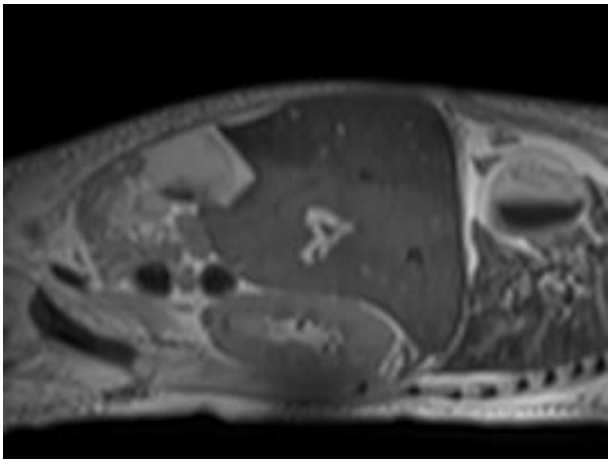

Рис. 1 а (Fig. 1 a)

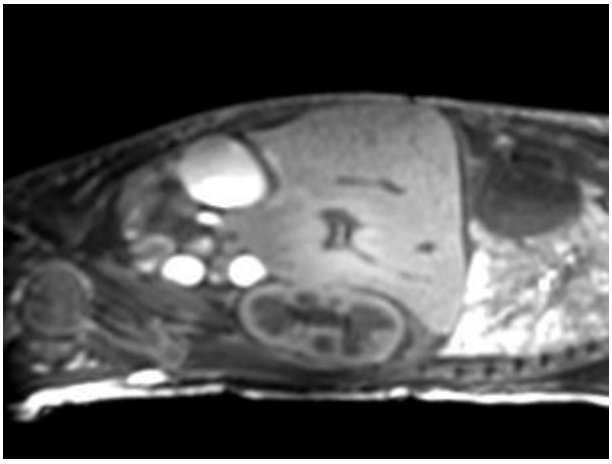

Рис. 1 б (Fig. 1 b)

Рис. 1. Посмертная МРТ новорожденного М., умершего в возрасте 12 суток 10 часов 38 минут: а – Т2-ВИ, б – Т1-ВИ. Сагиттальная проекция.

Длительность посмертного периода – 5 часов 26 минут (группа 1). Посмертные изменения печени.

Fig. 1. Postmortem MRI of a newborn M, who died at the age of 12 days 10 hours 38 minutes: a – T2WI, b – T1WI. Sagittal projection.

The duration of the postmortem period is 5 hours and 26 minutes (group 1). Postmortem liver changes.

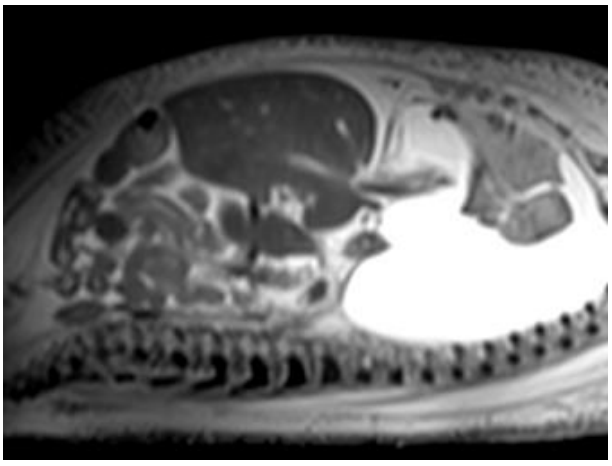

Рис. 2 а (Fig. 2 a)

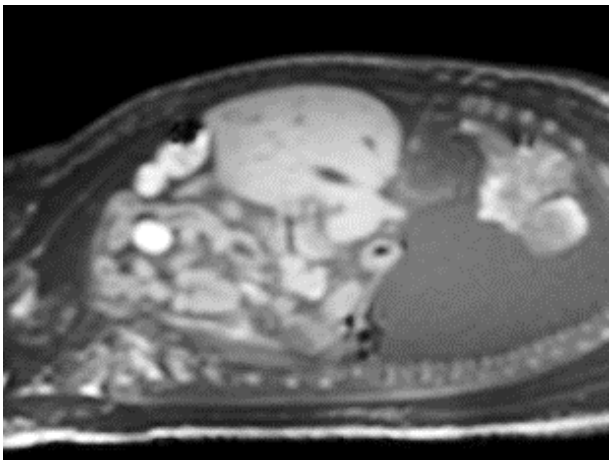

Рис. 2 б (Fig. 2 b)

Рис. 2. Посмертная МРТ новорожденного Ш., умершего в возрасте 24 суток: а – Т2-ВИ, б – Т1-ВИ. Сагиттальная проекция.

Д Длительность посмертного периода – 12 часов 56 минут (группа 3). Посмертные изменения печени.

Fig. 2. Postmortem MRI of a newborn Sh, who died at the age of 24 days: a – T2WI, b – T1WI. Sagittal projection.

The duration of the postmortem period is 12 hours and 56 minutes (group 3). Postmortem liver changes.

Таблица №1. МРТ характеристики печени умерших новорожденных в зависимости от длительности посмертного периода.

Группа	1	2	3	4	5	6	7	8
Визуальный градиент на Т2, %	58,3%	91,7%	40,0%	73,3%	64,3%	70,0%	80,0%	87,5%
Визуальный градиент на Т1, %	66,7%	83,3%	60,0%	73,3%	85,7%	100%	80%	100%
РИС Т2	73,4±15,1*	60,0±20,1*	39,6±9,8	53,2±11,6*	53,6±12,1	59,4±11,2*	43,9±9,4*	64,0±22,8*
РИС Т1	217,6±20,0*	244,7±26,1*	185,8±33,7*	210,3±11,5*	193,8±40,1*	329,6±32,4*	259,0±47,8*	266,7±32,6*
СИС Т2	0,71±0,03	0,75±0,09	0,80±0,04	0,74±0,05	0,79±0,05	0,73±0,04	0,80±0,04	0,74±0,08
СИС Т1	0,63±0,03	0,66±0,03	0,79±0,03	0,79±0,03	0,80±0,04	0,70±0,02	0,76±0,09	0,75±0,03

Примечания: РИС – разность значений интенсивностей сигнала в ниже- и вышерасположенной области; СИС – соотношение интенсивностей сигнала в выше- и нижерасположенной области; * - значимость различий ИС в выше- нижерасположенной области печени ($p<0,05$).

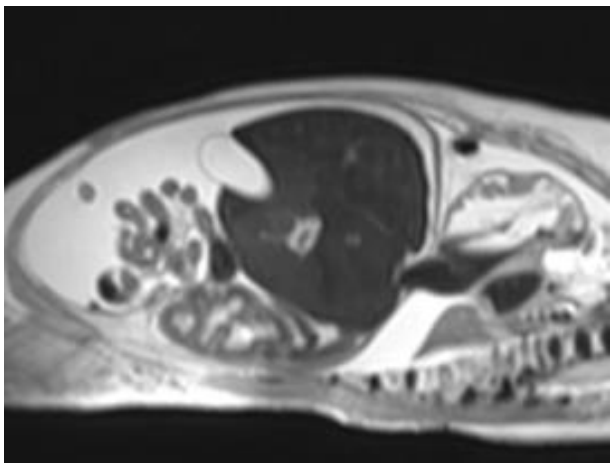

Рис. 3 а (Fig. 3 a)

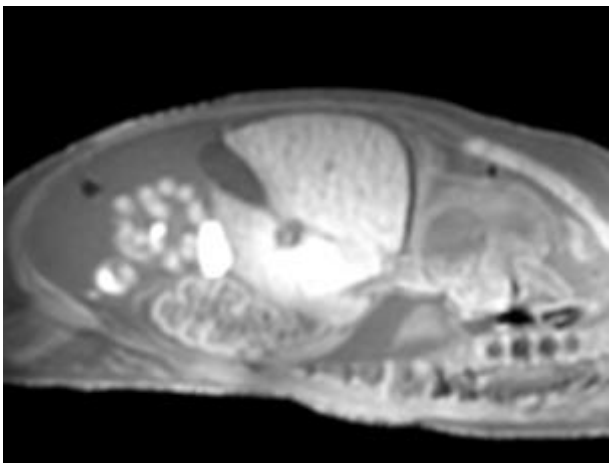

Рис. 3 б (Fig. 3 b)

Рис. 3. Посмертная МРТ новорожденного Б., умершего в возрасте 1 сутки 34 минуты: а – Т2-ВИ, б – Т1-ВИ. Сагиттальная проекция.

Длительность посмертного периода – 62 часа 18 минут (группа 8). Посмертные изменения печени.

Fig. 3. Postmortem MRI of a newborn B, who died at the age of 1 day 34 minutes: a – T2WI, b – T1WI. Sagittal projection.

The duration of the postmortem period is 62 hours and 18 minutes (group 8). Postmortem liver changes.

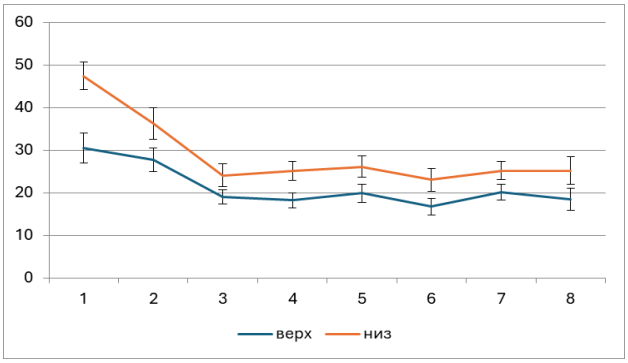

Рис. 4 а (Fig. 4 a)

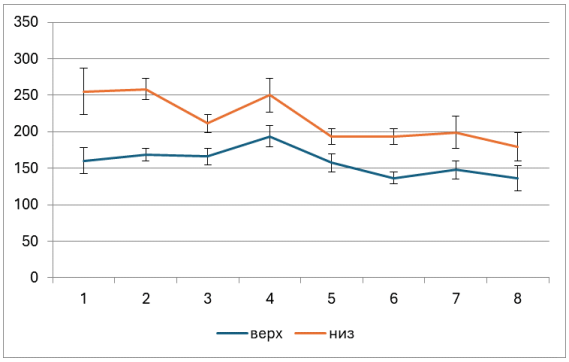

Рис. 4 б (Fig. 4 b)

Рис. 4. Диаграммы.

Значения МРТ показателей состояния в выше- (верх) и нижерасположенной (низ) области печени на Т2-ВИ (а) и Т1-ВИ (б).

Ось абсцисс – группы в зависимости от длительности посмертного периода. Ось ординат – значения МРТ показателей состояния (у.е.).

Fig. 4. Diagrams.

MRI values of the index of the postmortem state of the upper and lower regions of the liver at T2-WI (a) and T1-WI (б).

The axis of the abscissa - the groups, depending on the duration of the postmortem period. The ordinate axis - the values of MRI index of the postmortem state (conventional units).

смерти и основных структурных изменений проводили при последующем патолого-анатомическом вскрытии с микроскопическим изучением гистологических препаратов, окрашенных гематоксилином и эозином.

Статистическую обработку полученных данных проводили в программе Statistica 10.0 (StatSoft, Inc.) с определением среднего значения, стандартного отклонения, ошибки среднего. За статистически значимое принималось значение при $p<0.05$.

Результаты.

При визуальном анализе МР-томограмм в большей части наблюдений обращала на себя внимание различная степень выраженности интенсивности МР-сигнала с наличием его градиента в выше и ниже расположенной области печени в положении тела лежа на спине, что в большинстве наблюдений соответствовало вентральной и дорзальной части органа, умерших новорожденных. При этом выраженность данного градиента и, соответственно, его границы отличалась при различных режимах сканирования и в группах с различной давностью смерти (рис. 1 - 3). Наличие градиента отмечалось чаще на Т1-ВИ по сравнению с Т2-ВИ (табл. №1).

Наблюдаемые на томограммах визуальные отличия нашли свое отражение и при количественной оценке интенсивностей МР-сигнала в выше- и нижерасположенной области печени в положении тела лежа на спине (табл. №1). Так, отношения средних значений интенсивностей сигнала в вышерасположенной части печени к аналогичным значениям в нижерасположенной части печени в положении тела лежа на спине во всех группах были меньше 1 с более низкими уровнями на Т1-ВИ.

При этом внутрипеченочная разница средних значений интенсивностей сигнала на Т1-ВИ варьировала от 185,8 до 329,6, а на Т2-ВИ – от 39,6 до 73,4. Наибольшие значения разницы количественных показателей зарегистрированы в группах с давностью посмертного периода более 36 часов. Важно, что в большинстве выделенных групп внутрипеченочная разница была статистически значимой ($p<0,05$).

Рассчитанные средние значения МРТ показателя посмертного состояния печени во всех группах имели бóльшие значения в ниже расположенной области печени по сравнению с выше расположенной (рис. 4). Наибольшие значения разницы установлены в группе 1 (с давностью смерти до 6 ч): 59,2% на Т1-ВИ и 55,6% Т2-ВИ ($p<0,05$). В группе 2 (с давностью смерти 6-12 ч) по

сравнению с группой 1 отмечалось снижение средних значений МРТ показателя посмертного состояния на Т2-ВИ (на 9,1% и 23,7% соответственно в выше- и нижерасположенной области печени) и, наоборот, небольшое повышение – на Т1-ВИ (на 5,0% и 1,4% соответственно в выше- и нижерасположенной области печени). В группе 3 (с давностью смерти 12-18 ч) на Т2-ВИ наблюдалось дальнейшее снижение средних значений МРТ показателя посмертного состояния по сравнению с показателями группы 2 на 31,6% и 33,3% соответственно в выше- и нижерасположенной области печени). На Т1-ВИ в группе 3 также отмечалось снижение средних значений МРТ показателя, но выраженное в различной степени: на 18,3% в нижераспо

(рис. 4 б).

При визуальном анализе МР-томограмм легких наличие градиента и, соответственно, границы интенсивностей МРТ сигнала в выше- и нижерасположенной области в положении тела лежа на спине отмечалось несколько реже, чем в печени (рис. 5 - 7): соответственно 62,1% против 78,2% случаев на Т2-ВИ и 63,1% против 67,3% случаев на Т1-ВИ (табл. №2). При этом более выраженный градиент наблюдался так же, как и в печени, через 36 ч с момента констатации смерти.

В результате количественной оценки интенсивностей сигнала установлено, что соотношение интенсивностей сигнала в выше- и нижерасположенной области легких были меньше 1 во всех группах на Т1-ВИ и

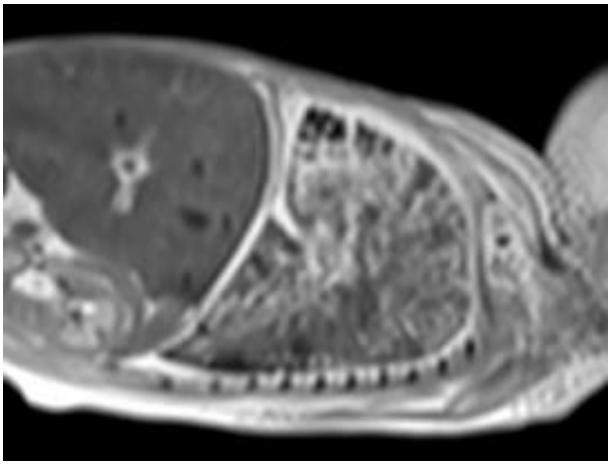

Рис. 5 а (Fig. 5 a)

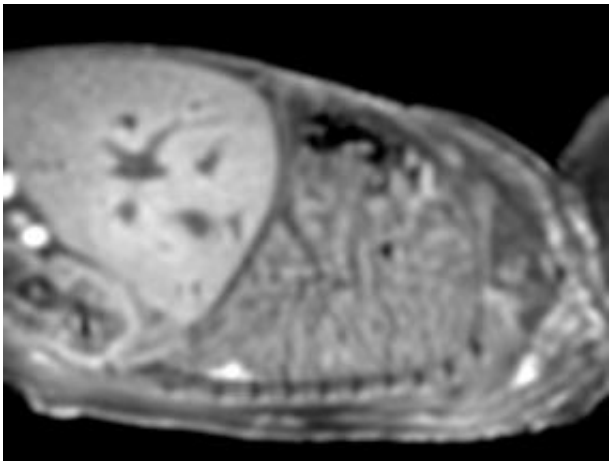

Рис. 5 б (Fig. 5 b)

Рис. 5. Посмертная МРТ новорожденного М., умершего в возрасте 5 суток 15 часов 45 минут: а – Т2-ВИ, б – Т1-ВИ. Сагиттальная проекция.

Длительность посмертного периода – 5 часов 31 минут (группа 1). Посмертные изменения легких.

Fig. 5. Postmortem MRI of a newborn M, who died at the age of 5 days 15 hours 45 minutes: a – T2WI, b – T1WI. Sagittal projection.

The duration of the postmortem period is 5 hours and 31 minutes (group 1). Postmortem lung changes.

ложенной области и лишь на 1,1% в вышерасположенной области по сравнению с показателями группы 2. Дальнейшее увеличение длительности посмертного периода характеризовалось волнообразными изменениями средних значений МРТ показателя посмертного состояния. На Т2-ВИ значения МРТ показателя отклонялись от показателей предыдущей группы в пределах от 0,1% (в группе 8) до 20,5% (в группе 7). При этом минимальные значения МРТ показателя посмертного состояния печени на Т2-ВИ установлены в группе 6, то есть в наблюдениях с давностью смерти 36-48 ч (рис. 4 а), а на Т1-ВИ – в группе 8 с давностью смерти 60-72 ч только в группах 1 (с давностью смерти до 6 ч) и 8 (с давностью смерти более 60 ч) на Т2-ВИ (табл. №2).

В свою очередь, внутрилегочная разница (разность) средних значений интенсивностей сигнала в ниже- и вышерасположенной области на Т1-ВИ варьировала от 33,4 до 153,6. На Т2-ВИ разность значений была меньше (от 0,1 до 62,8), но как мы выше указали, в 6 группах более высокие значения регистрировались в вышерасположенной области по сравнению с нижерасположенной областью легких. Наибольшие значения разницы количественных показателей зарегистрированы на Т1-ВИ в группах с давностью

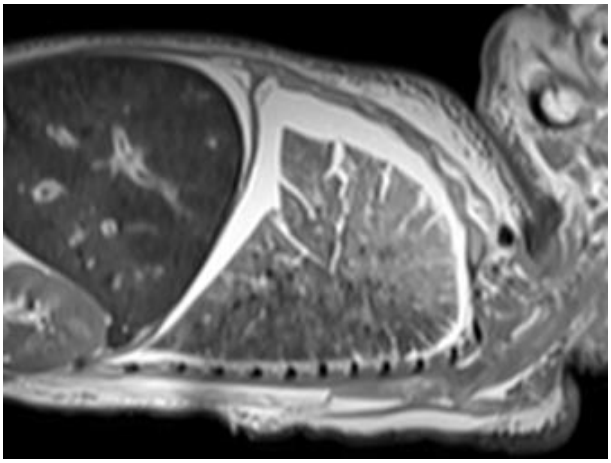

Рис. 6 а (Fig. 6 a)

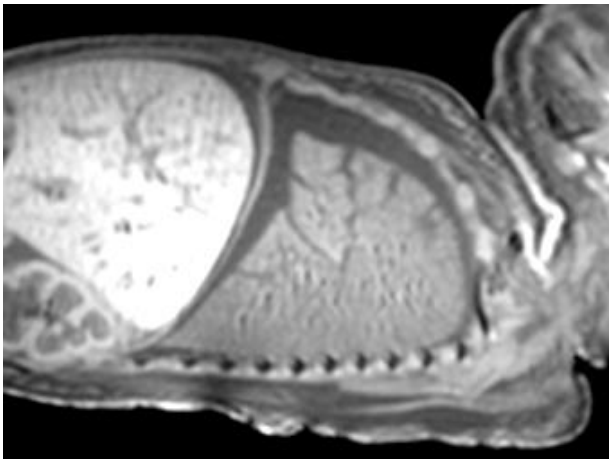

Рис. 6 б (Fig. 6 b)

Рис. 6. Посмертная МРТ новорожденного М., умершего в возрасте 5 суток 7 часов 40 минут: а – Т2-ВИ, б – Т1-ВИ. Сагиттальная проекция.

Длительность посмертного периода – 17 часов 43 минут (группа 3). Посмертные изменения легких.

Fig. 6. Postmortem MRI of a newborn M, who died at the age of 5 days 7 hours 40 minutes: a – T2WI, b – T1WI. Sagittal projection.

The duration of the postmortem period is 17 hours and 43 minutes (group 3). Postmortem lung changes.

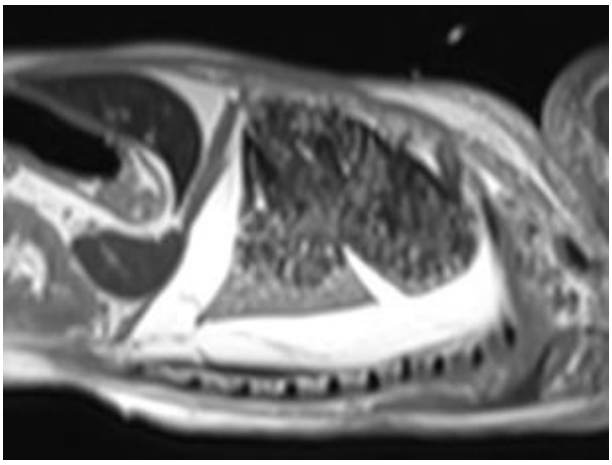

Рис. 7 а (Fig. 7 a)

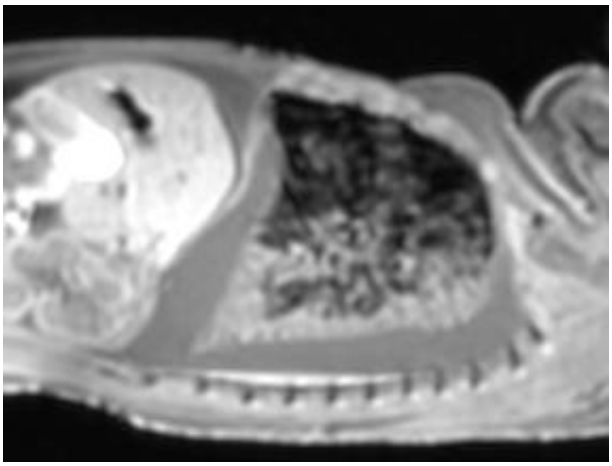

Рис. 7 б (Fig. 7 b)

Рис. 7. Посмертная МРТ новорожденного К., умершего в возрасте 5 суток 23 часа 36 минут: а – Т2-ВИ, б – Т1-ВИ. Сагиттальная проекция.

Длительность посмертного периода – 61 час 38 минут (группа 8). Посмертные изменения легких.

Fig. 7. Postmortem MRI of a newborn K, who died at the age of 5 days 23 hours 36 minutes: a – T2WI, b – T1WI. Sagittal projection.

The duration of the postmortem period is 61 hours and 38 minutes (group 8). Postmortem lung changes.

посмертного периода более 18 часов. Однако в отличие от печени внутрилегочная разница интенсивностей МР-сигнала во всех группах была статистически не значимой (p>0,05).

Рассчитанные значения МРТ показателя посмертного состояния легких отличались менее выраженным по сравнению с показателями печени характером выявленных изменений, как в различных областях легких, так и в исследованных группах в зависимости от длительности посмертного периода (рис. 8). Так, наибольшие значения внутриорганной разницы МРТ показателей наблюдались на Т1-ВИ (30,3%) в группе 4 (с давностью смерти 18-24 ч), а на Т2-ВИ (16,3%) – в группе 6 (с давностью смерти 36-48 ч). Изменения средних значений МРТ показателя посмертного состояния легких в зависимости от длительности посмертного периода на Т2-ВИ и Т1-ВИ носили волнообразный характер с тенденцией к снижению по мере увеличения давности смерти. На Т2-ВИ значения МРТ показателя посмертного состояния отклонялись от показателей предыдущей группы в пределах от 0,6% (в группе 6) до 44,5% (в группе 8), на Т1-ВИ – от 0,7 (в группе 8) до 21,6 (в группе 7). При этом минимальные значения МРТ показателя установлены в группе 6 (с давностью смерти 36-48 ч): на Т2-ВИ на 26,9% и 43,2% меньше показателей группы 1 в выше- и нижерасположенной области легких соответственно (p<0,05) (рис. 8а), на Т1-ВИ на 28,6% и 25,8% соответственно (p<0,05) (рис. 8 б).

Следует отметить, что существующие организационные и технические процедуры, предшествующие патологоанатомическому вскрытию, занимают определенный интервал времени между МРТ и аутопсией, что не позволяет провести четкое сопоставление выявляемых при посмертной МРТ изменений с результатами патологоанатомического вскрытия в каждом конкретном наблюдении. Тем не менее, на основании микроскопического изучения препаратов образцов ткани выше- и ниже расположенной области печени и легких нами были выявлены изменения, выраженность которых зависела от длительности посмертного периода.

Наиболее заметным гистологическим признаком посмертных изменений печени явилось прогрессирующее увеличение площади синусоидов с одновременным уменьшением размеров печеночных пластинок (балок) при увеличении длительности посмертного периода (рис. 9). В результате ранее проведенного морфометрического анализа ацинусов печени нами было установлено более выраженное расширение синусоидов и соответственно уменьшение площади печеночных пластинок в нижерасположенных областях печени [6].

Кроме того, на гистологических препаратах ткани печени, окрашенных гематоксилином и эозином, установлено снижение степени окрашивания ядер и цитоплазмы гепатоцитов, развитие вакуолизации цитоплазмы гепатоцитов с разрушением сначала отдельных клеток, а в итоге дискомплексацией печеночных пластинок, отхождение холангиоцитов от базальной мембраны внутрипеченочных желчных протоков, скопление эритроцитов в сосудах портальных трактов и синусоидах с последующим их гемолизом. Более выраженные признаки кариолизиса, вакуолизации цитоплазмы и распада гепатоцитов зарегистрированы в нижерасположенных областях печени (рис. 9).

На гистологических препаратах ткани легких посмертные изменения были представлены признаками гемолиза эритроцитов в просвете сосудов, десквамацией эпителия бронхов, разрушением межальвеолярных перегородок, которые практически не отличались в выше- и нижерасположенных областях органа (рис. 10).

Таблица №2. МРТ характеристики легких умерших новорожденных в зависимости от длительности посмертного периода.

Группа	1	2	3	4	5	6	7	8
Визуальный градиент на Т2, %	66,7	53,8	55,0	86,7	57,1	90,0	30,0	66,7
Визуальный градиент на Т1, %	75,0	69,2	50,0	73,3	57,1	80,0	30,0	66,7
РИС Т2	11,1±29,3	-44,1±22,2	-20,1±19,9	-0,1±50,7	-26,0±44,6	-62,8±52,1	-33,8±34,5	29,7±49,6
РИС Т1	33,4±34,8	58,1±34,7	47,9±21,0	130,8±52,2	132,3±50,7	107,7±52,4	78,4±30,1	153,6±95,0
СИС Т2	0,96±0,10	1,19±0,11	1,06±0,06	1,00±0,015	1,06±0,13	1,22±0,17	1,12±0,15	0,93±-,11
СИС Т1	0,91±0,10	0,86±0,15	0,92±0,05	0,78±0,16	0,81±0,07	0,84±0,12	0,89±0,08	0,80±0,11

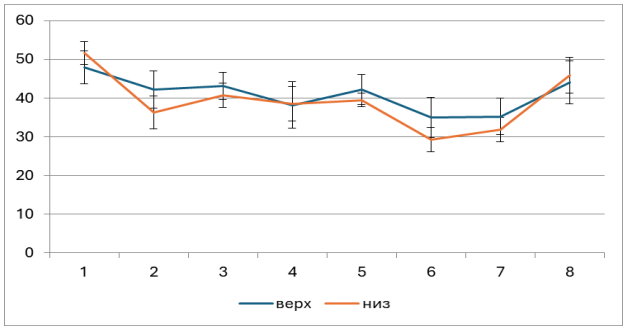

Рис. 8 а (Fig. 8 a)

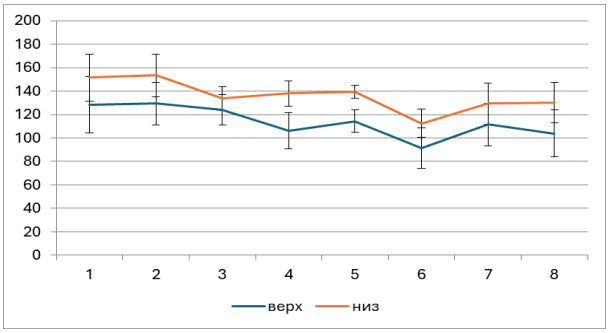

Рис. 8 б (Fig. 8 b)

Рис. 8. Диграммы.

Значения МРТ показателей состояния в выше- (верх) и нижерасположенной (низ) области легких на Т2-ВИ (а) и Т1-ВИ (б) умерших новорожденных в зависимости от длительности посмертного периода.

Ось абсцисс – группы в зависимости от длительности посмертного периода. Ось ординат – значения МРТ показателей состояния (у.е.).

Fig. 8. Diagrams.

MRI values of the index of the postmortem state of the upper and lower regions of the lungs at T2-WI (a) and T1-WI (б).

The axis of the abscissa - the groups, depending on the duration of the postmortem period. The ordinate axis - the values of MRI index of the postmortem state (conventional units).

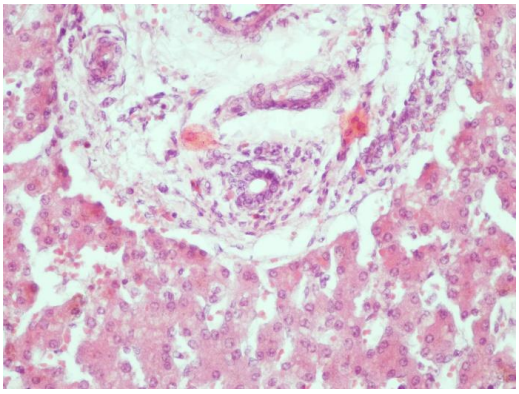

Рис. 9 а (Fig. 9 a)

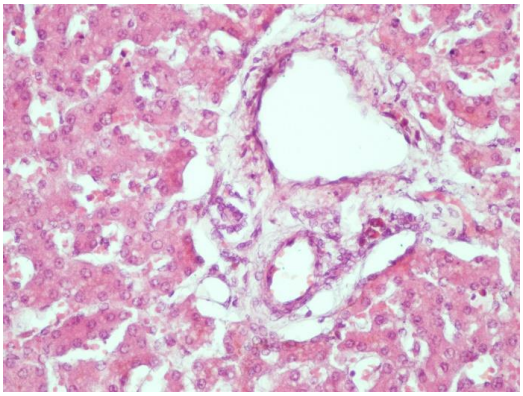

Рис. 9 б (Fig. 9 b)

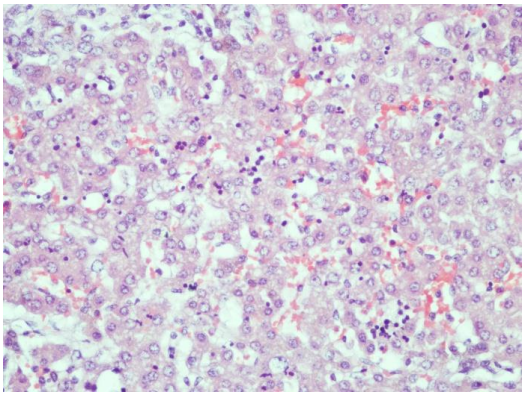

Рис. 9 в (Fig. 9 c)

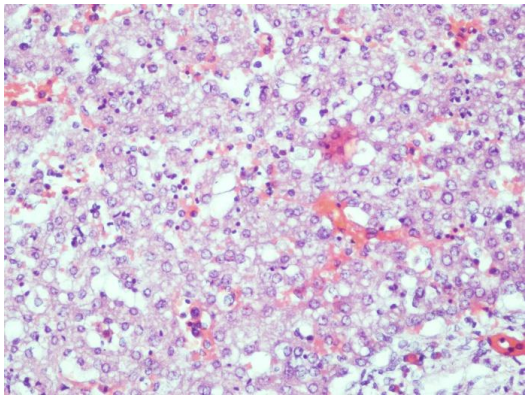

Рис. 9 г (Fig. 9 d)

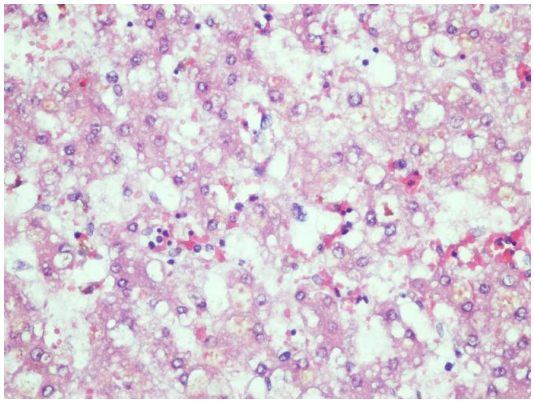

Рис. 9 д (Fig. 9 e)

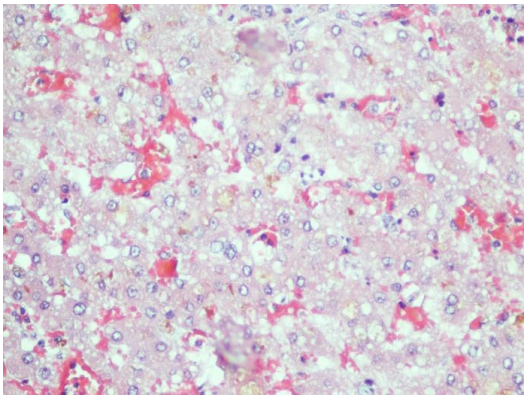

Рис. 9 е (Fig. 9 f)

Рис. 9. Микроскопические изменения выше- (а, в, д) и нижерасположенной (б, г, е) области печени умерших новорожденных. Окраска гематоксилином и эозином; а, б – х 100, в - е – х 200.

а, б – микропрепараты печени новорожденного А., умершего в возрасте 4 суток 10 часов 19 минут, длительность посмертного периода – 16 часов: а – очаговая десквамация холангиоцитов в протоке портального тракта вышерасположенной области печени, б – тотальная десквамация холангиоцитов в протоке портального тракта нижерасположенной области печени;

в, г – микропрепараты печени новорожденной Р., умершей в возрасте 5 суток 10 часов 30 минут, длительность посмертного периода – 27 часов: в – расширение синусоидов с небольшими скоплениями эритроцитов, признаки кариолизиса в отдельных гепатоцитах вышерасположенной области печени, г – расширение синусоидов с наличием гемолизированных эритроцитов, признаки кариолизиса в отдельных гепатоцитах нижерасположенной области печени;

д, е – микропрепараты печени новорожденной Ш., умершей в возрасте 14 суток 21 часов 20 минут, длительность посмертного периода – 68 часов: д – расширение синусоидов, вакуолизация гепатоцитов вышерасположенной области печени, е – расширение синусоидов с наличием гемолизированных эритроцитов, снижение интенсивности окраски и вакуолизация гепатоцитов нижерасположенной области печени.

Fig. 9. Microscopic changes in the upper (a, c, e) and lower (b, d, f) regions of the liver of deceased newborns. Staining with hematoxylin and eosin; a, b - x 100, в-е – x 200.

a, b - micropreparations of the liver of newborn A., who died at the age of 4 days 10 hours and 19 minutes, the duration of the postmortem period - 16 hours: a - focal desquamation of cholangiocytes in the duct of the portal tract of the upstream liver region, b – total desquamation of cholangiocytes in the duct of the portal tract of the downstream liver region;

c, d – micropreparations of the liver of a newborn R., who died at the age of 5 days 10 hours and 30 minutes, the duration of the postmortem period - 27 hours: c – expansion of sinusoids with small clusters of erythrocytes, signs of karyolysis in individual hepatocytes of the upper liver region, d - expansion of sinusoids with the presence of hemolysed erythrocytes, signs of karyolysis in individual hepatocytes of the lower liver region;

e, f – micropreparations of the liver of a newborn Sh., who died at the age of 14 days 21 hours and 20 minutes, the duration of the postmortem period - 68 hours: e – expansion of sinusoids, vacuolization of hepatocytes in the upstream area of the liver, f - expansion of sinusoids with the presence of hemolysed erythrocytes, decreased color intensity and vacuolization of hepatocytes in the downstream area of the liver.

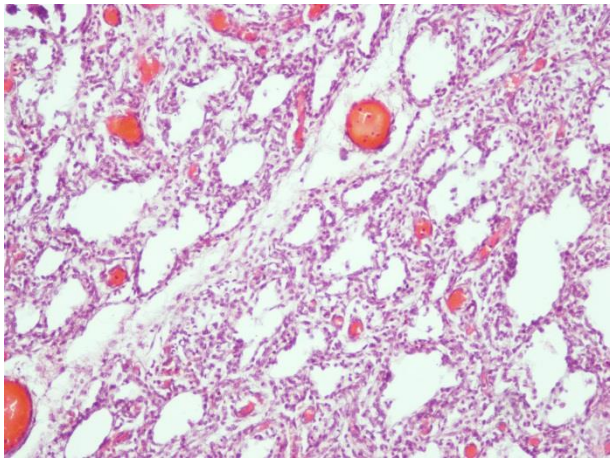

Рис. 10 а (Fig. 10 a)

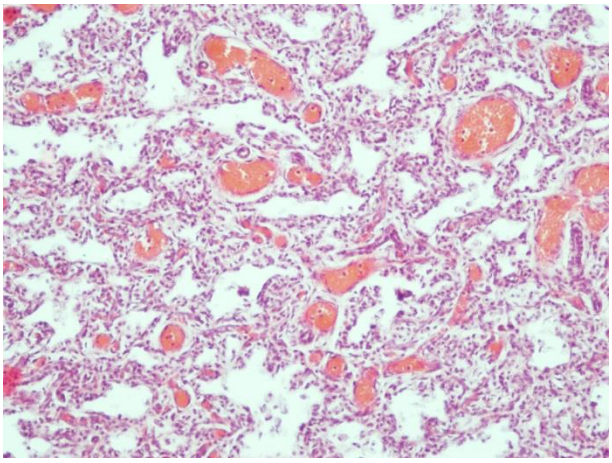

Рис. 10 б (Fig. 10 b)

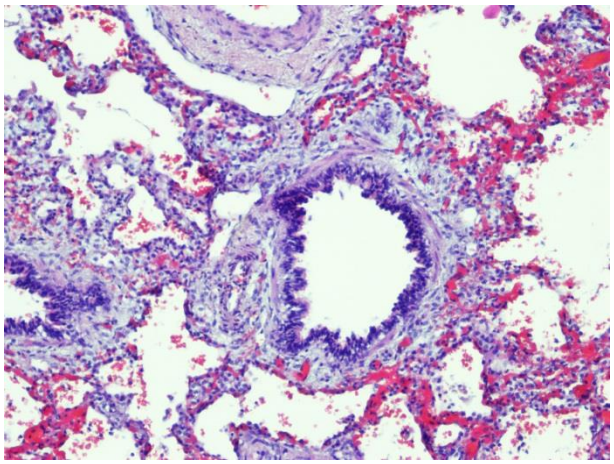

Рис. 10 в (Fig. 10 c)

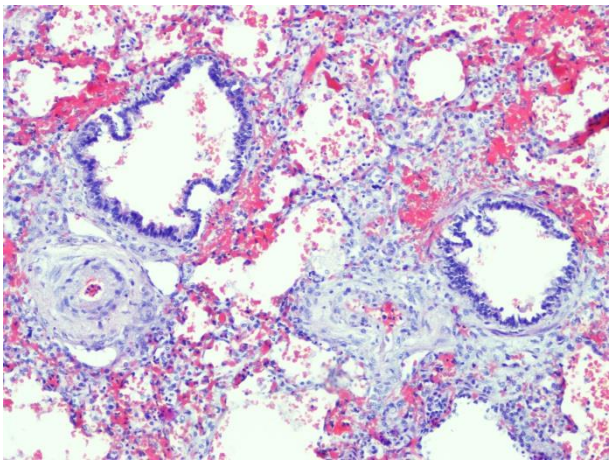

Рис. 10 г (Fig. 10 d)

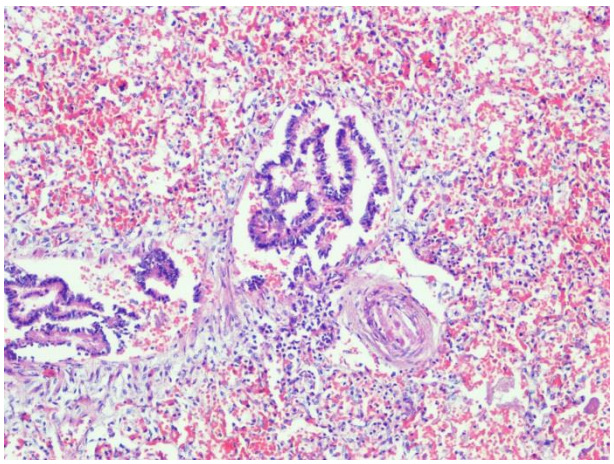

Рис. 10 д (Fig. 10 e)

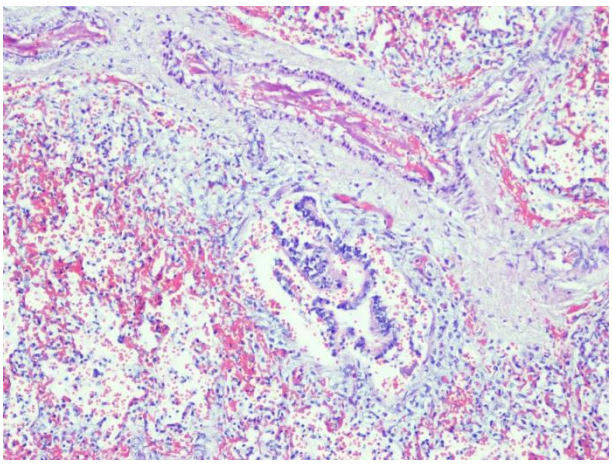

Рис. 10 е (Fig. 10 f)

Рис. 10. Микроскопические изменения выше- (а, в, д) и нижерасположенной (б, г, е) области легких умерших новорожденных. Окраска гематоксилином и эозином, х. 100.

а, б – микропрепараты легких новорожденного А., умершего в возрасте 4 суток 10 часов 19 минут, длительность посмертного периода – 16 часов: полнокровие сосудов с гемолизом эритроцитов в выше – (а) и нижерасположенной области (б) легкого;

в, г – микропрепараты легких новорожденного С., умершего в возрасте 8 суток 16 часов 29 минут, длительность посмертного периода – 28,5 часов: в – полнокровие сосудов межальвеолярных перегородок с гемолизом эритроцитов, сохранность эпителия бронхов в вышерасположенной области легкого, г – выраженное полнокровие сосудов с имбибицией межальвеолярных перегородок, очаговая десквамация бронхов в нижерасположенной области легкого;

д, е – микропрепараты легких новорожденной К., умершей в возрасте 1 суток 4 часов 30 минут, длительность посмертного периода – 71 часов: д – наличие эритроцитов в межальвеолярных перегородках и просвете альвеол, выраженная десквамация эпителия бронхов в вышерасположенной области легкого, е – полнокровие сосудов с гемолизом эритроцитов, наличие эритроцитов в межальвеолярных перегородках и просвете альвеол, выраженная десквамация эпителия бронхов в нижерасположенной области легкого.

Fig. 10. Microscopic changes in the upper (а, в, д) and lower (б, г, е) regions of the lung area of deceased newborns. Staining with hematoxylin and eosin; H. 100.

а, б – micropreparations of the lungs of newborn A., who died at the age of 4 days 10 hours and 19 minutes, the duration of the postmortem period - 16 hours: vascular fullness with hemolysis of erythrocytes in the upper (a) and lower regions (б) of the lung;

в, г – micropreparations of the lungs of newborn S., who died at the age of 8 days 16 hours and 29 minutes, the duration of the postmortem period - 28.5 hours: в – fullness of the vessels of the interalveolar septa with hemolysis of erythrocytes, preservation of the bronchial epithelium in the upstream region of the lung, г – pronounced fullness of the vessels with imbibition of the interalveolar septa, focal desquamation of the bronchi in the downstream region of the lung;

д, е – micropreparations of the lungs of newborn K., who died at the age of 1 day 4 hours and 30 minutes, the duration of the postmortem period - 71 hours: д – the presence of erythrocytes in the interalveolar septa and lumen of the alveoli, pronounced desquamation of the bronchial epithelium in the upper lung region, е – fullness of blood vessels with hemolysis of erythrocytes, the presence of erythrocytes in the interalveolar septa and lumen of the alveoli, pronounced desquamation of the bronchial epithelium in the underlying lung area.

Таким образом, выявленные нами МРТ изменения ткани печени и легких, несомненно, отражают развитие неспецифических посмертных (трупных) изменений, что подтверждается результатами морфологического изучения аутопсийного материала.

Обсуждение.

В основе развития посмертных изменений, особенно ранних, лежит активация процессов аутолиза и посмертное перемещение крови. Посмертный аутолиз представляет собой разрушение (расплавление) клеток и тканей под действием собственных ферментов. Наиболее ранние и четкие проявления посмертного аутолиза органов и тканей выявляются при электронной микроскопии. Так, Nunley с соавт. [7] отметили расширение цистерн гранулярной эндоплазматической сети и митохондрий клеток печени крыс че рез 4 ч после гибели животных. Гистологические изменения в виде снижения базофилии и появления вакуолизации гепатоцитов были описаны у морских свинок через 3 - 9 ч их гибели [8].

Трупные (посмертные) гипостазы развиваются в результате посмертного пассивного перемещения клеток и жидкой части крови по сосудам под действием силы тяжести в нижерасположенные участки тела, а затем проникновения их через сосудистую стенку в окружающие ткани. В зависимости от локализации подразделяют на внешние гипостазы (так называемые, трупные пятна на коже) и внутренние посмертные гипостазы.

Анализ локализации, характера и вида трупных пятен позволяет получить ориентировочную оценку давности наступления

смерти и сделать заключение о возможном перемещении тела после смерти. Согласно данным литературы [2, 9], свидетельствующим о влиянии ряда внешних и внутренних факторов на время и интенсивность окраски трупных пятен на коже, считается, что последние появляются обычно через 20-30 минут. В течение первых 6 ч локализация трупных пятен может измениться, а спустя 12 ч не меняется при изменении положения тела, то есть они становятся фиксированными.

Закономерно, что все посмертные изменения затрудняют диагностику прижизненных процессов и заболеваний. Видимо, именно поэтому согласно ныне действующему приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 6 июня 2013 г № 354н патологоанатомическое вскрытие проводится в срок до трех суток после констатации смерти человека [10]. При этом судебно-медицинское вскрытие может проводиться в любые сроки после гибели, в том числе после эксгумации.

В этой связи следует отметить, что перспективным методом исследования и анализа выявленных изменений у умерших и погибших является посмертное лучевое исследование. Установлено, что посмертная КТ позволяет визуализировать травматические, особенно механические, повреждения и ход раневого канала, кровоизлияния и скопления жидкостей, скопления воздуха и поражения легких у взрослых, инородные тела [11 - 13]. В этой связи во многих странах мира возрастает частота использования методов лучевой диагностики для посмертного исследования тел [14, 15]. Так, в Институте судебной медицины в Копенгагене (Дания) и в Викторианском институте судебной медицины (Victorian Institute of Forensic Medicine) в Мельбурне (Австралия) с 2002 г и с 2005 г соответственно все поступающие трупы до вскрытия подвергаются посмертной КТ [16, 17].

Посмертная МРТ более эффективна при анализе повреждений и заболеваний мягких тканей и паренхиматозных органов, а также головного и спинного мозга, ушибов костей, кровоизлияний [18 - 20]. При этом для полноценного анализа тел мертворождённых и умерших новорождённых, по нашему мнению, следует проводить комплексное посмертное лучевое исследование, включающее КТ для выявления аномалий костной системы и скоплений газов, МРТ для оценки тканей и внутренних органов, а также КТ-ангиографию для определения состояния сосудов и сердца [21 - 23].

Поскольку все посмертные лучевые исследования проводятся на фоне неспецифических посмертных изменений, то, естественно, специалисты, проводящие такие исследования, должны обладать знаниями об особенностях развития и семиотике таких изменений [24, 25]. Однако имеющиеся в литературе сведения о времени, динамике и особенностях развития посмертных (трупных) изменений в различных органах и тканях представлены единичными исследованиями, особенно в отношении тел умерших новорожденных.

Так, при анализе тел взрослых посмертные гипостазы с седиментацией крови визуализируются на томограммах в виде жидко-жидкостных уровней в полостях сердца и крупных сосудах [26]. При посмертной КТ ниже расположенный слой содержимого полостей сердца и сосудов относительно положения тела после смерти характеризуется более высокими значениями КТ плотности за счет бóльшего количества клеток крови [27]. На основании посмертной КТ, выполненной в течение двух часов после смерти, Shiotani с соавт. [28] выявили гипостазы в виде уровня жидкости высокой плотности в ниже расположенной части полости сердца и/или просвета магистральных сосудов в 52% (66 из 126) случаев смерти пациентов от нетравматической сердечно-легочной недостаточности. Достаточно четким признаком развития внутренних трупных гипостазов считается скопление крови в задней части сагиттальных синусов головного мозга при положении тела лежа на спине после смерти, проявляющееся более высокими значениями КТ плотности по сравнению с показателями содержимого передней части синусов.

В свою очередь, при посмертной МРТ жидкая часть крови, занимающая верхний слой, характеризовалась гиперинтенсивным МР-сигналом, а скопления клеточных элементов (преимущественно эритроцитов), составляющих нижний слой, имели более слабый сигнал на Т2-ВИ [29].

Примечательно, что по данным Jackowski с соавт. [29] признаки внутренних посмертных гипостазов при КТ в легких выявлялись в 79,5%, а в печени и селезенке – примерно в 23% случаев. Нижерасположенные, более полнокровные, области легких имели более высокие уровни КТ-плотности по сравнению с вышерасположенными, воздух содержащими, областями.

На посмертных МР-томограммах гипостазы в паренхиматозных органах, в частности, в печени и селезенке, регистрировались в виде темного гипоинтенсивного слоя на Т2-

ВИ в ниже расположенных областях [30]. При этом посмертные гипостазы в ткани легких характеризовались гипертинтенсивным сигналом на Т2-ВИ по отношению к областям, содержащим большее количество воздуха и, соответственно, имеющим более низкую интенсивность МР-сигнала [29].

В настоящем исследовании, основанном на анализе тел умерших новорожденных и младенцев, посмертные гипостазы более четко визуализировались и имели бóльшие значения разницы интенсивностей МР-сигнала в ткани печени по сравнению с легкими. Аналогичные отличия в степени прогрессирования МРТ изменений в различных внутренних органах были описаны нами ранее при двукратном комплексном посмертном КТ и МРТ-исследовании тела умершей новорожденной девочки через 13 ч 14 мин и 82 ч 34 мин после констатации смерти [31].

Говоря об особенностях развития посмертных гипостазов, следует также указать, что формирование внутренних гипостазов, включая стадию имбибиции, происходит в более ранние сроки после смерти по сравнению с внешними трупными пятнами. Именно выявление при посмертной КТ так называемых фиксированных посмертных гипостазов в ткани легких на фоне изменивших свою первичную локализацию трупных пятен позволило Brenčičová с соавт. [32] установить обстоятельства убийства 74-летнего мужчины.

Таким образом, выявленные нами при посмертной МРТ и патологоанатомическом вскрытии изменения печени и лёгких свидетельствуют, что выраженность и скорость развития посмертных внутренних гипостазов зависит не только от имевшихся заболеваний и причины смерти, но и органа и возраста пациента, особенно если речь идет о новорожденном. Следовательно, для получения результатов, в наибольшей степени соответствующих прижизненным процессам, посмертные лучевые и морфологические исследования необходимо проводить в максимально короткие сроки после констатации смерти [33]. Получение же образцов тканей и органов для морфологического, включающего ультраструктурное и иммуногистохимическое исследования возможно при проведении так называемого малоинвазивного (минимально инвазивного) вскрытия [34, 35] или раннего патологоанатомического вскрытия [36, 37].

Заключение.

Полученные нами данные убедительно свидетельствуют, что посмертная МРТ является высокоэффективным и неинвазивным методом исследования тел умерших новорожденных, позволяющим визуализировать развитие неспецифических посмертных изменений во внутренних органах. На основании количественной оценки интенсивностей МР-сигнала в выше- и нижерасположенной области органа относительно положения тела после смерти установлены особенности формирования посмертных изменений в ткани печени и лёгких, что облегчает последующий анализ выявленных на патологоанатомическом вскрытии морфологических изменений и определение звеньев танатогенеза. Полученные знания о посмертных изменениях при лучевых исследованиях позволят повысить качество их оценки и дифференциальной диагностики прижизненных поражений и трупных изменений.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Исследование одобрено комитетом по этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова» Минздрава России (протокол № 4 от 07.04.2022).

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

Список литературы:

1. 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.

2. Madea B., Henssge C., Reibe S., Tsokos M., Kernbach-Wighton G. Postmortem changes and time since death. Madea B. ed. Handbook of forensic medicine. Wiley Blackwell, Hoboken, 2014; 77-98.

3. Туманов Э.В., Кильдюшов Е.М., Соколова З.Ю. Судебно-медицинская танатология. М.: ЮрИнфоЗдрав, 2012. 171 с.

4. Henssge C., Madea B. Estimation of the time since death in the early post-mortem period. Forensic Sci Int. 2004; 144 (2-3): 167-175. DOI: 10.1016/j.forsciint.2004.04.051

5. Индиаминов С.И., Жуманов З.Э., Блинова С.А. Проблемы установления давности наступления смерти. Судебно-медицинская экспертиза. 2020; 6: 45-50. DOI: 10.17116/sudmed20206306145

6. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Савва О.В., Сухих Г.Т. Морфометрические показатели ацинусов печени умерших новорождённых в зависимости от давности смерти. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.

2024; 177 (1): 126-132. DOI: 10.47056/0365-9615-2024-177-1-126-132

7. Nunley W.C., Schuit K.E., Dickie M.W., Kinlaw J.B. Delayed, in vivo hepatic post-mortem autolysis. Virchows Arch B Cell Pathol. 1972; 11 (4): 289-302. DOI: 10.1007/BF02889410

8. Splitter G.A., McGavin M.D. Sequence and rate of postmortem autolysis in guinea pig liver. Am J Vet Res. 1974; 35 (12): 1591-1596.

9. Romanelli M.C., Marrone M., Veneziani A., Gianciotta R., Leonardi S., Beltempo P. et al. Hypostasis and time since death: state of the art in Italy and a novel approach for an operative instrumental protocol. Am J Forensic Med Pathol. 2015; 36 (2): 99-103. DOI: 10.1097/PAF.0000000000000145

10. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 06.06.2013 № 354н «О порядке проведения патологоанатомических вскрытий». Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70443162/

11. Ковалев А.В., Кинле А.Ф., Коков Л.С., Синицын В.А., Фетисов В.А., Филимонов Б.А. Реальные возможности посмертной лучевой диагностики в практике судебно-медицинского эксперта. Consilium Medicum. 2016; 18 (13): 9-25.

12. 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.

13. Wijetunga C., O'Donnell C., So T.Y., Varmaa D., Camerond P., Burkeb M. et al. Injury detection in traumatic death: postmortem computed tomography vs. open autopsy. Forensic Imaging. 2020; 20: 100349. DOI: 10.1016/j.jofri.2019.100349

14. Туманова У.Н. Становление и развитие посмертных лучевых исследований в мире и России. REJR 2020; 10 (4): 250-263. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-4-250-263

15. Doyle E., Brookes A.-L., Buxton A., Ejlskov C.C., Dominguez A., Grabherr S. et al. A limited overview of forensic radiography in six countries as presented at the ISFRI 2021 congress. Forensic Imaging. 2023; 33: 200540. DOI: 10.1016/j.fri.2023.200540

16. Poulsen K., Simonsen J. Computed tomography as routine in connection with medico-legal autopsies. Forensic Sci. Int. 2007; 171 (2-3): 190-197. DOI: 10.1016/j.forsciint.2006.05.041

17. O'Donnell C., Rotman A., Collett S., Woodford N. Current status of routine post-mortem CT in Melbourne, Australia. Forensic Sci. Med. Pathol. 2007; 3 (3): 226-232. DOI: 10.1007/s12024-007-9006-8

18. Thayyil S., Sebire N.J., Chitty L.S., Wade A, Chong W, Olsen O. et al. Post-mortem MRI versus conventional autopsy in fetuses and children: a prospective validation study. Lancet. 2013; 382 (9888): 223-233. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60134-8

19. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Burov A.A., Shchegolev A.I., Sukhikh G.T. The possibility of postmortem magnetic resonance imaging for the diagnostics of lung hypoplasia. Bull Exp Biol Med. 2018; 165 (2): 288-291. DOI: 10.1007/s10517-018-4150-6

20. 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

21. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Буров А.А., Подуровская Ю.Л., Зарецкая Н.В., Быченко В.Г. и др. VACTERL ассоциация у новорожденного: посмертная КТ и МРТ визуализация при патологоанатомическом исследовании. REJR 2017; 7 (2): 191-208. DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-2-191-208

22. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Щеголев А.И., Быченко В.Г., Козлова А.В., Ходжаева З.С. Эпигнатус у новорожденного: посмертная КТ и МРТ визуализация при патологоанатомическом исследовании. REJR. 2017.Т. 7, № 4. С. 90-107. DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-4-90-107

23. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Козлова А.В., Быченко В.Г., Щеголев А.И. Аневризма вены Галена у новорожденного: посмертная КТ с контрастным усилением сосудов при патологоанатомическом исследовании. REJR. 2019. Т. 9, № 2. С. 260-274. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-260-274

24. Дуброва С.Э., Филимонов Б.А. Что должен знать клинический рентгенолог об особенностях компьютерной томографии трупа? Consilium Medicum. 2016; 18 (13): 38–47. DOI: 10.26442/2075-1753_2016.13.38-47

25. Туманова У.Н., Щеголев А.И., Ковалев А.В. Техническое и методическое обеспечение проведения посмертных лучевых исследований в патологоанатомических отделениях и бюро судебно-медицинской экспертизы. Судебно-медицинская экспертиза. 2021; 2: 51-57. DOI: 10.17116/sudmed20216402151

26. 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

27. Ishida M., Gonoi W., Hagiwara K., Takazawa Y., Akahane M., Fukayama M. et al. Hypostasis in the heart and great vessels of non-traumatic in-hospital death cases on postmortem computed tomography: relationship to antemortem blood tests. Leg Med (Tokyo). 2011; 13 (6): 280-285. DOI: 10.1016/j.legalmed.2011.09.004.

28. 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

29. 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

30. Thali M.J., Yen K., Schweitzer W., Vock P., Boesch C., Ozdoba C. et al. Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) - a feasibility study, J. Forensic Sci. 2003; 48: 386-403. DOI:10.1520/JFS20

31. 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
32. Brenčičová E., Baglivo M., Schwendener N., Schyma C., Jackowski C. The truth lies within: the reconstructive value of inner livores in a homicide case. Int J Legal Med. 2016; 130 (6): 1599-1601. DOI: 10.1007/s00414-016-1386-4
33. 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; 64 (1): 57-63.
34. Ben-Sasi K., Chitty L.S., Franck L.S., Thayyil S., Judge-Kronis L., Taylor A.M. et al. Acceptability of a minimally invasive perinatal/paediatric autopsy: healthcare professionals' views and implications for practice. Prenat. Diagn. 2013; 33 (4): 307-312. DOI: 10.1002/pd.4077
35. Suwalowska H., Kingori P., Parker M. Navigating uncertainties of death: Minimally Invasive Autopsy Technology in global health. Glob Public Health. 2023; 18 (1): 2180065. DOI: 10.1080/17441692.2023.21800
36. Mishnev O.D., Shchegolev A.I., Salakhov I.M. Comparative morphofunctional study of liver acini in peritonitis of different origin. Bull Exp Biol Med. 1998; 126 (4): 1056-1058. DOI: 10.1007/BF02447320
37. Lysova N.L., Gurevich L.E., Trusov O.A., Shchegolev A.I., Mishnev OD. Immunohistochemical characteristics of the liver in patients with peritonitis (early autopsy). Bull Exp Biol Med. 2001; 132 (5): 1125-1129. DOI: 10.1023/a:1017993214196.

References:

1. Buromskii IV, Sidorenko ES, Ermakova YuV. The current state of the establishment of prescription of death coming and the ways to its further. Sudebno-meditsinskaya ekspertiza. 2018; 4: 59-62. DOI: 10.17116/sudmed201861459 (In Russian).
2. Madea B., Henssge C., Reibe S., Tsokos M., Kernbach-Wighton G. Postmortem changes and time since death. Madea B. ed. Handbook of forensic medicine. Wiley Blackwell, Hoboken, 2014; 77-98.
3. Туманов Э.В., Кильдюшов Е.М., Соколова З.Ю. Судебно-медицинская танатология. М.: ЮрИнфоЗдрав, 2012. 171 с. Tumanov E.V., Kildyushov E.M., Sokolova Z.Y. Forensic thanatology. M.: Yurinfozdrav, 2012. 171 p. (in Russian)
4. Henssge C., Madea B. Estimation of the time since death in the early post-mortem period. Forensic Sci Int. 2004; 144 (2-3): 167-175. DOI: 10.1016/j.forsciint.2004.04.051
5. Indiaminov S.I., Zhumanov Z.E., Blinova S.A. Problems of establishing the prescription of death. Sudebno-meditsinskaya ekspertiza. 2020; 6: 45-50. (in Russian). DOI:10.17116/sudmed20206306145
6. Shchegolev A.I., Tumanova U.N., Savva O.V., Sukhikh G.T. Morphometric indicators of liver acinuses of deceased newborns depending on the time of death. Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny. 2024; 177 (1): 126-132. (in Russian) DOI: 10.47056/0365-9615-2024-177-1-126-132
7. Nunley W.C., Schuit K.E., Dickie M.W., Kinlaw J.B. Delayed, in vivo hepatic post-mortem autolysis. Virchows Arch B Cell Pathol. 1972; 11 (4): 289-302. DOI: 10.1007/BF02889410
8. Splitter G.A., McGavin M.D. Sequence and rate of postmortem autolysis in guinea pig liver. Am J Vet Res. 1974; 35 (12): 1591-1596.
9. Romanelli M.C., Marrone M., Veneziani A., Gianciotta R., Leonardi S., Beltempo P. et al. Hypostasis and time since death: state of the art in Italy and a novel approach for an operative instrumental protocol. Am J Forensic Med Pathol. 2015; 36 (2): 99-103. DOI: 10.1097/PAF.0000000000000145
10. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06.06.2013 No. 354n "On the procedure for conducting pathoanatomical autopsies". Access mode: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70443162/ (in Russian)
11. Kovalev A.V., Kinle A.F., Kokov L.S., Sinitsyn V.A., Fetisov V.A., Filimonov B.A. Actual possibilities of postmortem imaging in forensic medicine practice. Consilium Medicum. 2016: 18 (13): 9-25. (in Russian).
12. 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)
13. Wijetunga C., O'Donnell C., So T.Y., Varmaa D., Camerond P., Burkeb M. et al. Injury detection in traumatic death: postmortem computed tomography vs. open autopsy. Forensic Imaging. 2020; 20: 100349. DOI: 10.1016/j.jofri.2019.100349
14. Tumanova U.N. Formation and development of postmortem radiological research in the world and in Russia. REJR 2020; 10 (4): 250-263. DOI:10.21569/2222-7415-2020-10-4-250-263 (in Russian).
15. Doyle E., Brookes A.-L., Buxton A., Ejlskov C.C., Dominguez A., Grabherr S. et al. A limited overview of forensic radiography in six countries as presented at the ISFRI 2021 congress. Forensic Imaging. 2023; 33: 200540. DOI: 10.1016/j.fri.2023.200540
16. Poulsen K., Simonsen J. Computed tomography as routine in connection with medico-legal autopsies. Forensic Sci. Int. 2007; 171 (2-3): 190-197. DOI: 10.1016/j.forsciint.2006.05.041
17. O'Donnell C., Rotman A., Collett S., Woodford N. Current status of routine post-mortem CT in Melbourne, Australia. Forensic Sci. Med. Pathol. 2007; 3 (3): 226-232. DOI: 10.1007/s12024-007-9006-8
18. Thayyil S., Sebire N.J., Chitty L.S., Wade A, Chong W, Olsen O. et al. Post-mortem MRI versus conventional autopsy in fetuses and children: a prospective validation study. Lancet. 2013; 382 (9888): 223-233. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60134-8
19. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Burov A.A., Shchegolev A.I., Sukhikh G.T. The possibility of postmortem magnetic resonance imaging for the diagnostics of lung hypoplasia. Bull Exp Biol Med. 2018; 165 (2): 288-291. DOI: 10.1007/s10517-018-4150-6
20. 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. (in Russian) DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-3-8-22]
21. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Burov A.A., Podurovskaya

Yu. L., Zaretskaya N.V., Bychenko V.G. et al. VACTERL association of newborn: postmortem ct and mri imaging for autopsy. REJR 2017; 7 (2): 191-208. (in Russian) DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-2-191-208.

22. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Shchegolev A.I., Bychenko V.G., Kozlova A.V., Khodzhaeva Z.S. Epignatus of a newborn: postmortem CT and MRI imaging for autopsy. REJR. 2017; 7 (4): 90-107. (in Russian) DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-4-90-107

23. Tumanova U.N., Lyapin V.M., Kozlova A.V., Bychenko V.G., Shchegolev A.I. Galen vein aneurysm in a newborn: postmortem MSCT with contrast enhancement of vessels within the autopsy. REJR. 2019;9(2):260-274. (in Russian) DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-260-274

24. Dubrova S.E., Filimonov B.A. Postmortem computed tomography and its features: what should clinical radiologists know? Consilium Medicum. 2016; 18 (13): 38-47. (in Russian) DOI: 10.26442/2075-1753_2016.13.38-47

25. Tumanova U.N., Shchegolev A.I., Kovalev A.V. Technical and methodological support for postmortem radiation examinations in the pathological departments and the forensic bureau. Sudebno-meditsinskaya ekspertiza. 2021; 2: 51-57. (in Russian) DOI: 10.17116/sudmed20216402151

26. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Radio-visualization of non-specific postmortem changes in the cardiovascular system. Sudebno-meditsinskaya ekspertiza. 2016; 5: 59-63. (in Russian) DOI: 10.17116/sudmed2016595559-63

27. Ishida M., Gonoi W., Hagiwara K., Takazawa Y., Akahane M., Fukayama M. et al. Hypostasis in the heart and great vessels of non-traumatic in-hospital death cases on postmortem computed tomography: relationship to antemortem blood tests. Leg Med (Tokyo). 2011; 13 (6): 280-285. DOI: 10.1016/j.legalmed.2011.09.004.

28. 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

29. 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

30. Thali M.J., Yen K., Schweitzer W., Vock P., Boesch C., Ozdoba C. et al. Virtopsy, a new imaging horizon in forensic pathology: virtual autopsy by postmortem multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) - a feasibility study, J. Forensic Sci. 2003; 48: 386-403. DOI:10.1520/JFS20

31. 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. (in Russian) DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-35-54

32. Brenčičová E., Baglivo M., Schwendener N., Schyma C., Jackowski C. The truth lies within: the reconstructive value of inner livores in a homicide case. Int J Legal Med. 2016; 130 (6): 1599-1601. DOI: 10.1007/s00414-016-1386-4

33. Tumanova UN, Shchegolev AI, Kovalev AV. Organization of postmortem radiological examination in the structure of pathological departments and forensic bureaus. Sudebno-Meditsinskaya Ekspertisa. 2021; 64 (1): 57-63. (in Russian) DOI: 10.17116/sudmed20216401157

34. Ben-Sasi K., Chitty L.S., Franck L.S., Thayyil S., Judge-Kronis L., Taylor A.M. et al. Acceptability of a minimally invasive perinatal/paediatric autopsy: healthcare professionals' views and implications for practice. Prenat. Diagn. 2013; 33 (4): 307-312. DOI: 10.1002/pd.4077

35. Suwalowska H., Kingori P., Parker M. Navigating uncertainties of death: Minimally Invasive Autopsy Technology in global health. Glob Public Health. 2023; 18 (1): 2180065. DOI: 10.1080/17441692.2023.21800

36. Mishnev O.D., Shchegolev A.I., Salakhov I.M. Comparative morphofunctional study of liver acini in peritonitis of different origin. Bull Exp Biol Med. 1998; 126 (4): 1056-1058. DOI: 10.1007/BF02447320

37. Lysova N.L., Gurevich L.E., Trusov O.A., Shchegolev A.I., Mishnev OD. Immunohistochemical characteristics of the liver in patients with peritonitis (early autopsy). Bull Exp Biol Med. 2001; 132 (5): 1125-1129. DOI: 10.1023/a:1017993214196.

.