

## ПОСМЕРТНАЯ МРТ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕИММУННОЙ ВОДЯНКИ ПЛОДА

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

**Цель исследования.** Посмертная МРТ характеристика распределения и степени выраженности неиммунной водянки плода (НВП).

**Материалы и методы.** Проведен анализ аутопсийного материала 2 мертворожденных и 22 новорожденных, разделенных на три группы. Группу I составили тела, умерших вследствие НВП, группу II - тела новорожденных, умерших при явлениях общего отечно-го синдрома в отсутствие НВП, группу III (контрольную) - тела умерших новорожденных при отсутствии НВП и общего отека. До аутопсии проводили МРТ исследование. На T1 и T2 взвешенных изображениях определяли толщину и интенсивность сигнала кожи с подкожной клетчаткой и последующим расчетом показателя гидратации ткани. При использовании трехмерной обработки полученных томограмм определяли объемы жидкости в полости перикарда, в плевральной и брюшной полостях, а также рассчитывали их удельный объем в соответствующих полостях.

**Результаты.** При исследовании тел умерших новорожденных в первые сутки после смерти значения удельного объема свободной жидкости в плевральных полостях и брюшной полости менее 8% следует считать закономерным посмертным признаком, а не прижизненным накоплением транссудата. Средние значения абсолютного и удельного объемов плевральной жидкости имели максимальные значения в наблюдениях НВП, превышающие значения контрольной группы в 6,3 и 5,1 раза соответственно. Наибольшие значения абсолютного количества асцита отмечались в группе с общим отечным синдромом. В группе НВП во всех наблюдениях имелся гидроторакс, в 85,7% наблюдений - асцит и в 42,9% - гидроперикард. В группе новорожденных с общим отечным синдромом гидроторакс определялся в 57,1%, асцит - в 85,7% и гидроперикард - в 42,9% наблюдений. Толщина кожи с подкожной клетчаткой зависела от локализации и группы исследования. Наиболее выраженные отклонения от контрольного уровня зафиксированы для средних значений толщины кожи передней грудной стенки в группе I и скальпа лобно-теменной области в группе II. Рассчитанные средние значения показателя гидратации кожи с подкожной клетчаткой были более высокими в группе с НВП, а наиболее низкими в контрольной группе.

**Вывод.** Выполнение посмертного МРТ исследования позволяет провести объективную оценку характера и степени выраженности анасарки и патологических скоплений жидкости в серозных полостях погибших плодов и новорожденных. В этой связи посмертная МРТ рекомендуется в качестве обязательного компонента патологоанатомического вскрытия тел плодов и новорожденных, погибших вследствие неиммунной водянки плода.

Ключевые слова: анасарка, асцит, аутопсия, гидроторакс, неиммунная водянка плода, новорожденный, посмертная МРТ, отечный синдром.

Контактный автор: Туманова У.Н., e-mail: [patan777@gmail.com](mailto:patan777@gmail.com)

Для цитирования: 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.

Статья получена: 20.10.18

Статья принята: 21.11.18

## POSTMORTEM MRI CHARACTERISTICS OF NONIMMUNE FETAL HYDROPS

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

1 - ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.  
2 - ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Москва, Россия.

**Purpose.** Post-mortem MRI characteristics of the distribution and severity of nonimmune fetal hydrops (NFH).

**Materials and methods.** The analysis of autopsy material of 2 stillborn and 22 newborns, divided into three groups was carried out. Group I consisted of the bodies of the dead due to NFH, group II - the bodies of newborns who died with the presence of general edema syndrome in the absence of NFH, group III (control) - the bodies of deceased newborns in the absence of NFH and general edema syndrome. Before autopsy, MRI was performed. On T1- and T2-weighted images was determined by the thickness and signal intensity of the skin with subcutaneous tissue and the subsequent calculation of the tissue hydration index. The volume of fluid in the pericardial cavity, pleural and abdominal cavities determined when using three-dimensional processing of the obtained tomograms and calculated their specific volume in the corresponding cavities.

**Results.** The values of the specific volume of free fluid in the pleural cavities and abdominal cavity less than 8% should be considered a natural postmortem sign, rather than the life-time accumulation of transudate, when examining the bodies of deceased newborns on the first day after death. The mean values of absolute and specific volumes of pleural fluid had the maximum values in the NFH observations, exceeding the values of the control group by 6.3 and 5.1 times, respectively. The highest values of the absolute amount of ascites were observed in the group with general edema syndrome. In the NFH group, all cases had hydrothorax, 85.7% of cases had ascites, and 42.9% had hydropericardium. In the group of newborns with general edema syndrome, hydrothorax was detected in 57.1%, ascites - in 85.7%, and hydropericardium - in 42.9% of cases. The thickness of the skin with subcutaneous tissue depended on the localization and group of research. The most pronounced deviations from the control level were recorded for the average values of the skin thickness of the anterior chest wall in group I and the scalp of the fronto-parietal region in group II. The mean values of the tissue hydration index were higher in the group with NFH, and the lowest in the control group.

**Conclusion.** Postmortem MRI performing, allows an objective assessment of the nature and severity of anasarca and pathological fluid accumulations in the serous cavities of dead fetuses and newborns. In this regard, postmortem MRI is recommended as a mandatory component of the autopsy of the bodies of fetuses and newborns that died as a result of nonimmune fetal hydrops.

Keywords: anasarca, ascites, autopsy, hydrothorax, nonimmune fetal hydrops, newborn, postmortem MRI, edema syndrome.

Corresponding author: Tumanova U.N., e-mail: patan777@gmail.com

For citation: 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.

Received: 20.10.18

Accepted: 21.11.18

**Н**еиммунная водянка плода (НВП), являясь грозным осложнением ряда заболеваний плода, отражает выраженные нарушения обмена жидкости в различные сроки гестации при отсутствии иммунной сенсibilизации [1]. В настоящее время на долю НВП приходится порядка 85-90% от всех наблюдений водянки плода, остальные 10-15% связаны с антиген-антитело опосредованным гемолизом и соответственно развитием иммунной водянки [2, 3].

Согласно современным международным рекомендациям [4], заключение о водянке делают на основании внутриутробного УЗ выявления двух и более патологических скоплений жидкости в теле плода. В классическом варианте при УЗ исследовании плода отмечаются при-

знаки генерализованного внеклеточного скопления жидкости в тканях (анасарки) и серозных полостях: отек подкожной клетчатки, гидроперикард, гидроторакс, асцит [5, 6].

Средняя частота развития НВП составляет 1 на 2 000-3 000 беременностей [7, 8], при этом ее наличие характеризуется крайне неблагоприятным прогнозом. По мнению П.В. Козлова с соавт. [9], НВП знаменует собой финальный этап развития болезней, после которого наступает летальный исход. Действительно, половина наблюдений внутриутробно диагностированной НВП заканчивается мертворождением, а половина живорожденных с признаками НВП погибает в неонатальном периоде [7, 10].

В этой связи важным моментом при вы-

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

яснении звеньев патогенеза и танатогенеза НВП является изучение характера и степени выраженности как отека подкожной клетчатки, так и скоплений жидкости в серозных полостях в телах погибших. К сожалению, во время патологоанатомического вскрытия тела плода и новорожденного определение отека подкожной клетчатки проводят путем субъективного пальпаторного исследования, в свою очередь, точная оценка количества свободной жидкости в серозных полостях осложняется ее перемещением при рассечении тканей.

Перспективным методом такого анализа может явиться проведение посмертной магнитно-резонансной томографии (МРТ), позволяющей проводить исследование органов и тканей без нарушения их целостности и перемещения жидкостей и крови [11, 12]. Дополнительным преимуществом такого исследования является возможность последующего 3D моделирования областей интереса с количественной оценкой абсолютных и относительных объемов [13, 14].

Цель работы: посмертная МРТ характеристика распределения и степени выраженности неиммунной водянки плода.

#### **Материалы и методы.**

В основу работы положен анализ аутопсийного материала 2 мертворожденных и 22 новорожденных (12 мужского пола и 12 женского пола). Возраст погибших новорожденных составлял от 2 ч 7 мин до 54 дней. Все наблюдения были разделены на три группы. Группу I составили тела 2 мертворожденных и 5 новорожденных, погибших вследствие НВП. Группу II составили тела 7 новорожденных, погибших при явлениях общего отечного синдрома в отсутствие НВП. В группу III (контрольную) вошли исследования 10 умерших новорожденных при отсутствии НВП и общего отечного синдрома.

На первом этапе, через 6-15 ч после констатации смерти до аутопсии, проводили МРТ исследование тел в T1 и T2 стандартном режиме на аппарате "3T Siemens Magnetom Verio". Использованы следующие настройки аппарата: FoV (mm)=300, FA(o)180. Для режима T1: Sl. Thickness (mm)=0.9, TR (msec)=1900, TE (msec)=2.2, AT (min)=06.11; для T2 — 1, 3200, 410, 05, 06 соответственно. Анализ данных и трехмерная обработка МРТ-изображений выполнены с использованием специализированного программного обеспечения "Mugian Expert", Intrasure, Франция (официальный представитель в России компания ООО "Мед-Рей").

Оценку скоплений свободной жидкости в серозных полостях проводили путем выполнения 3D моделирования и расчета в каждом наблюдении объемов жидкости в полости перикарде, в правой и левой плевральных полостях, в брюшной полости, а также рассчитаны их

удельные объемы в исследуемых серозных полостях.

Оценку степени отека подкожной клетчатки проводили на полученных томограммах в сагиттальной проекции путем измерения толщины и интенсивности сигнала кожи с подкожной клетчаткой в области передней брюшной стенки по правой среднеключичной линии в проекции визуализации правой доли печени, в области передней грудной стенки по срединной линии тела над нижней третью части грудины, передней и задней поверхности плеча, а также скальпа в лобно-теменной области. Затем проводили измерение интенсивности сигнала (ИС) на T1-ВИ и T2-ВИ в вышеуказанных областях, а также жидкости в плевральной полости. Показатель гидратации ткани рассчитывали по формуле:  $ПГ = (ИСТ2к / ИСТ1к) / (ИСТ2ж / ИСТ1ж)$ , где ИСТ2к и ИСТ1к – интенсивности МР сигнала в области подкожной клетчатки на T2 и T1 взвешенных изображениях соответственно, ИСТ2в и ИСТ1в – интенсивности МР сигнала в области гидроторакса на T2 и T1 взвешенных изображениях соответственно.

Вторым этапом явилось проведение патологоанатомического вскрытия с последующим микроскопическим изучением гистологических препаратов, окрашенных гематоксилином и эозином, и установление первоначальной и непосредственной причины смерти.

Статистическую обработку полученных данных проводили в программе «Statistica 8.0» с определением средних значений, стандартного отклонения, ошибки среднего. За статистически значимое принималось значение  $p < 0.05$ .

#### **Результаты исследования и их обсуждение.**

В результате проведенного посмертного МРТ исследования с 3D моделированием установлено, что в большинстве изученных наблюдений отмечалось наличие свободной жидкости в серозных полостях. Однако характер ее распределения по полостям и средние значения количества отличались в различных группах (табл. 1).

Наименьшие значения средних объемов свободной жидкости установлены в контрольной группе (рис. 1). При этом абсолютный объем жидкости в брюшной полости превышал аналогичный объем плевральной жидкости в 1,9 раза. Однако средние значения удельного объема свободной жидкости в брюшной полости и плевральных полостях составили  $7,5 \pm 2,3\%$ . Наличие такой свободной жидкости в серозных полостях отражает как нормальное прижизненное состояние [15], так и начальные этапы развития посмертных изменений [16, 17].

В этой связи, на основании проведенного нами математического анализа, значения удельного объема свободной жидкости в плев-

ральных полостях и брюшной полости менее 8% следует считать закономерным посмертным признаком, а не прижизненным накоплением транссудата, при исследовании тел погибших новорожденных в первые сутки после смерти. Аналогичным признаком является выявление до 2 мл свободной жидкости в полости перикарда. Соответственно, выявление больших удельных объемов (более 8%) свободной жидкости в серозных полостях умерших новорожденных будет отражать наличие патологической жидкости (транссудата): асцита, гидроторакса и гидроперикарда.

Действительно, установленные нами средние значения количества свободной жидкости в серозных полостях в группах I и II существенно превышали показатели контрольной группы (рис. 2, 3). Средние значения абсолютного и удельного объемов плевральной жидкости имели максимальные значения в наблюдениях НВП (группе I), превышающие значения контрольной группы в 6,3 и 5,1 раза соответственно ( $p < 0,05$ ) (табл. 1). Наибольшие значения абсолютного количества асцитической жидкости отмечались в группе II, превышая показатели контрольной группы в 5,5 раза ( $p < 0,05$ ). Значения же удельного объема асцита преобладали в группе I и превышали контрольный показатель в 4,1 раза ( $p < 0,05$ ). Максимальное значение объема гидроперикарда также отмечалось в группе НВП.

Результаты по характеру распределения патологических скоплений жидкости в серозных полостях представлены в табл. 2. В результате проведенного посмертного МРТ исследования установлено, что в группе НВП во всех наблюдениях имелся гидроторакс, в 85,7% наблюдений – асцит и в 42,9% – гидроперикард (табл. 2). В группе новорожденных с общим отечным синдромом гидроторакс определялся в 57,1%, асцит – в 85,7% и гидроперикард – в 42,9% случаев. В контрольной группе в 30% наблюдений отмечались признаки асцита и в 20% – гидроторакса.

При анализе количества полостей с патологическими скоплениями жидкости в группе I патологические скопления свободной жидкости установлены в 28,6% наблюдений в трех и в 71,4% в двух серозных полостях (табл. 2). В группе II патологические скопления жидкости в трех серозных полостях отмечались в 14,3% наблюдений, в двух полостях – в 57,1% и в одной полости – в 28,6% наблюдений. Наблюдения контрольной группы характеризовались наличием свободной жидкости только в одной полости (в брюшной или плевральной).

Для оценки степени выраженности отека подкожной клетчатки нами также было проведено посмертное МРТ определение толщины и интенсивности МР сигнала кожи с подкожной

клетчаткой (табл. 3). Из анализа таблицы 3 видно, что толщина кожи с подкожной клетчаткой зависела от локализации и группы исследования. Наиболее высокие средние значения ее толщины как в контрольной группе, так и в основных группах отмечались в области задней и передней поверхности плеча. При этом в наблюдениях группы I и II установлены более высокие значения толщины кожи с подкожной клетчаткой по сравнению с показателями контрольной группы. Наиболее выраженные отклонения от контрольного уровня зафиксированы для средних значений толщины кожи передней грудной стенки в группе I (превышение на 70,7%,  $p < 0,05$ ) и скальпа лобно-теменной области в группе II (превышение на 77,6%,  $p < 0,05$ ) (рис. 4, 5).

Одновременно с увеличением толщины кожи и подкожной клетчатки в группах I и II нами были зарегистрированы и отклонения от контрольного уровня интенсивности МР сигнала (табл. 3). Наиболее высокие (на 60,0% превышающие контрольные значения) показатели интенсивности МР-сигнала на T2 взвешенных изображениях, отражающие степень содержания жидкости, отмечались в подкожной клетчатке задней поверхности плеча новорожденных группы I. На T1 взвешенных изображениях наибольшая интенсивность МР-сигнала наблюдалась также в области задней поверхности плеча, но в наблюдениях группы II (на 15,4% больше контрольных значений) (табл. 3).

Рассчитанные средние значения показателя гидратации (ПГ) кожи с подкожной клетчаткой были более высокими в группе с НВП, а наиболее низкими в контрольной группе (рис. 6). При этом максимальное значение показателя гидратации установлено в области передней грудной стенки, превышающее в 3,4 и в 1,7 раза показатели контрольной группы и группы II ( $p < 0,05$ ). Средние значения показателя гидратации кожи с подкожной клетчаткой в области передней брюшной стенки при НВП превышали показатели контрольной группы и группы II соответственно в 3,01 ( $p < 0,05$ ) и в 1,84 раза ( $p > 0,05$ ).

Таким образом, в результате проведенного посмертного МРТ исследования нами выявлены особенности скоплений жидкости в серозных полостях и выраженности отека подкожной клетчатки у погибших новорожденных различных групп.

Как мы уже указывали, согласно международным клиническим рекомендациям [4, 18], НВП диагностируется на основании пренатального УЗ выявления двух и более патологических скоплений жидкости в теле плода, включая свободную жидкость в серозных полостях и отек подкожной клетчатки. Необходимо отметить, что диагноз НВП правомерен лишь при нали-

**Таблица №1. МРТ характеристики объемов свободной жидкости в серозных полостях (M±m)**

Показатель	Локализация	Группа I	Группа II	Группа III
Абсолютный объем (мл)	Плевральные полости	78,9±22,3*	43,1±9,1*	12,5±3,7
	Брюшная полость	75,3±21,2	131,4±55,4*	23,8±10,3
	Полость перикарда	2,0±0,7	1,6±0,6	0,7±0,3
Удельный объем (%)	Плевральные полости	38,5±4,2*	17,5±6,4§	7,5±2,3
	Брюшная полость	31,0±9,2*	20,8±4,7*	7,5±3,1

Примечание: \* - p<0,05 по сравнению с показателями контрольной группы, § - p<0,05 по сравнению с показателями неиммунной водянки.

чии вышеуказанных признаков у плода или же у новорожденного сразу после рождения в случае отсутствия пренатального УЗ обследования беременной [19].

Следовательно, полученные и представленные в таблице 2 данные посмертной МРТ о наличии патологических скоплений свободной жидкости в серозных полостях свидетельствуют в пользу НВП во всех наблюдениях группы I и в 71,4% наблюдений группы II. Действительно, согласно данным амбулаторных карт и историй родов, во всех наблюдениях группы I при ультразвуковом исследовании беременных были выявлены признаки водянки плода и выставлен диагноз НВП. В свою очередь, во всех изученных наблюдениях группы II отсутствовали ультразвуковые признаки водянки плода. Появление и прогрессирование признаков общего отека, согласно данным историй болезни, отмечалось уже после рождения.

Диагноз НВП был подтвержден и при патолого-анатомическом вскрытии тел погибших плодов и новорожденных. Однако во время проведения аутопсии не удалось четко определить объемы свободной жидкостей в серозных полостях из-за ее вытекания и перемещения при рассечении тканей.

Вместе с тем, выявленные нами при посмертной МРТ отличия в характере распределения и степени выраженности патологических скоплений жидкости в серозных областях обусловлены, главным образом, различными причинами развития НВП. Действительно, НВП – это осложнение большого ряда заболеваний. Согласно данным литературы [20, 21], выделяют порядка 150 причин развития НВП.

На основании систематического обзора статей, описывающих 6775 наблюдений НВП, С. Bellini с соавт. [22], все причины НВП развития разделили на 14 групп: сердечно-сосудистые (составившие 21,4% наблюдений), гематологические (10,1%), хромосомные (12,5%), синдромные поражения (4,6%), аномалии лимфатической системы (7,5%), врожденные нарушения обмена веществ (1,1%), инфекции (6,8%), патология грудной полости (5,3%), пороки развития мочевыводящих путей (2,0%),

экстра-торакальные опухоли (0,7%), фето-фетальный синдром и патология плаценты (5,3%), желудочно-кишечные нарушения (0,7%), смешанные причины (3,7%) и идиопатические формы (18,2%).

Существенно, что прогноз течения и исход НВП также в основном зависят от этиологии НВП [4, 23]. Так, НВП, развившаяся вследствие врожденных аномалий лимфатической системы или аритмии плода, имеет гораздо лучший прогноз. Наилучшие показатели прогноза по выживаемости (смертность 37%) показаны для новорожденных с НВП, обусловленной инфекциями [24]. По данным М.Е. Abrams с соавт. [25] самые высокие показатели смертности при НВП наблюдались среди новорожденных с врожденными аномалиями (57,7%), а самые низкие – у новорожденных с врожденным хилотораксом (5,9%). Именно этиология НВП, по мнению А.Л. Randenberg [24], является основным фактором развития летального исхода. В результате ретроспективного анализа исходов 2453 наблюдений НВП, опубликованных с 1979 года, авторы установили, что общий уровень гибели плодов и новорожденных с НВП достигает 80%, а показатель смертности живорожденных с НВП – 49% [24].

В этой связи главным моментом при диагностике НВП плода считается установление конкретной ее этиологии, в том числе при патолого-анатомическом исследовании в случаях летального исхода [4]. Однако, как мы уже указывали, определение точного объема патологических скоплений жидкости во время аутопсии затруднено вследствие ее вытекания и перемещения при рассечении тканей. В то же время четкая оценка абсолютных и удельных объемов скоплений жидкости в серозных полостях возможна в результате проведения посмертной МРТ с последующей 3D реконструкцией областей интереса.

Аналогичные выводы характерны и для оценки отека подкожной клетчатки. Анасарка также считается одним из проявлений патологического скопления жидкости в организме и соответственно критерием для диагностики НВП [18, 26]. Для наблюдений НВП характерно

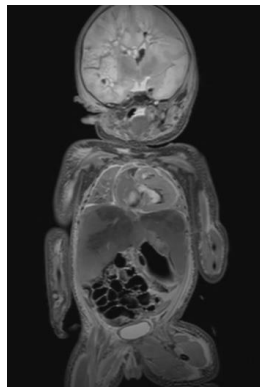


Рис. 1 а (Fig. 1 а)

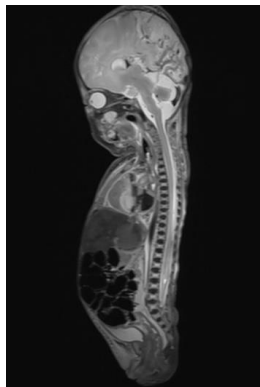


Рис. 1 б (Fig. 1 в)

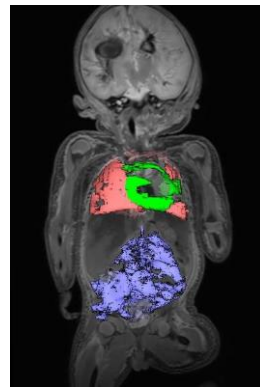


Рис. 1 в (Fig. 1 с)

**Рис. 1. МРТ.**

Посмертные МР томограммы тела новорожденного, родившегося на 32 неделе гестации и умершего в возрасте 9 ч 35 мин, из группы III (при отсутствии НВП и общего отечного синдрома). а - T2 ВИ, фронтальная проекция, б - T2 ВИ, сагиттальная проекция, в - комбинированное изображение T2 ВИ и трехмерной реконструкции областей интереса с автоматическим расчетом их объема. Обозначение областей: красный цвет - жидкость в плевральных полостях (3,9см<sup>3</sup>), зеленый - жидкость в перикарде (0,2 см<sup>3</sup>), синий - жидкость в брюшной полости (10,1см<sup>3</sup>). Удельный объем плевральной жидкости - 4,3%, удельный объем абдоминальной жидкости - 3,2%.

**Fig. 1. MRI.**

Postmortem MR images of the newborn from group III, which born at 32 week of gestational age and died at the age of 9 hours 35 minutes (non-immune fetal hydrops and general edema syndrome are absent). а - T2-WI, frontal section, в - T2-WI, sagittal section, с - combined image of T2-WI and three-dimensional reconstruction of areas of interest with automatic calculation of their volume. Designation of areas: red - fluid in pleural cavities ( 3,9 cm<sup>3</sup>), green - fluid in the pericardium (0,2 cm<sup>3</sup>), blue - fluid in the abdominal cavity (10,1 cm<sup>3</sup>). Specific volume of pleural fluid - 4,3%, specific volume of abdominal fluid - 3,2%.

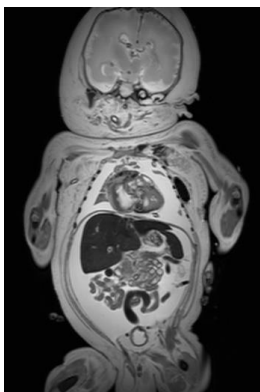


Рис. 2 а (Fig. 2 а)

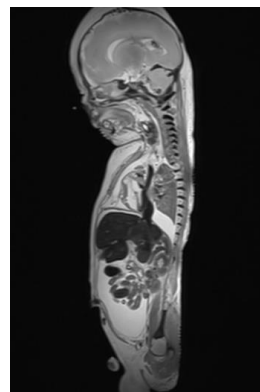


Рис. 2 б (Fig. 2 в)

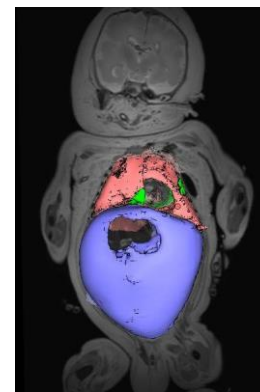


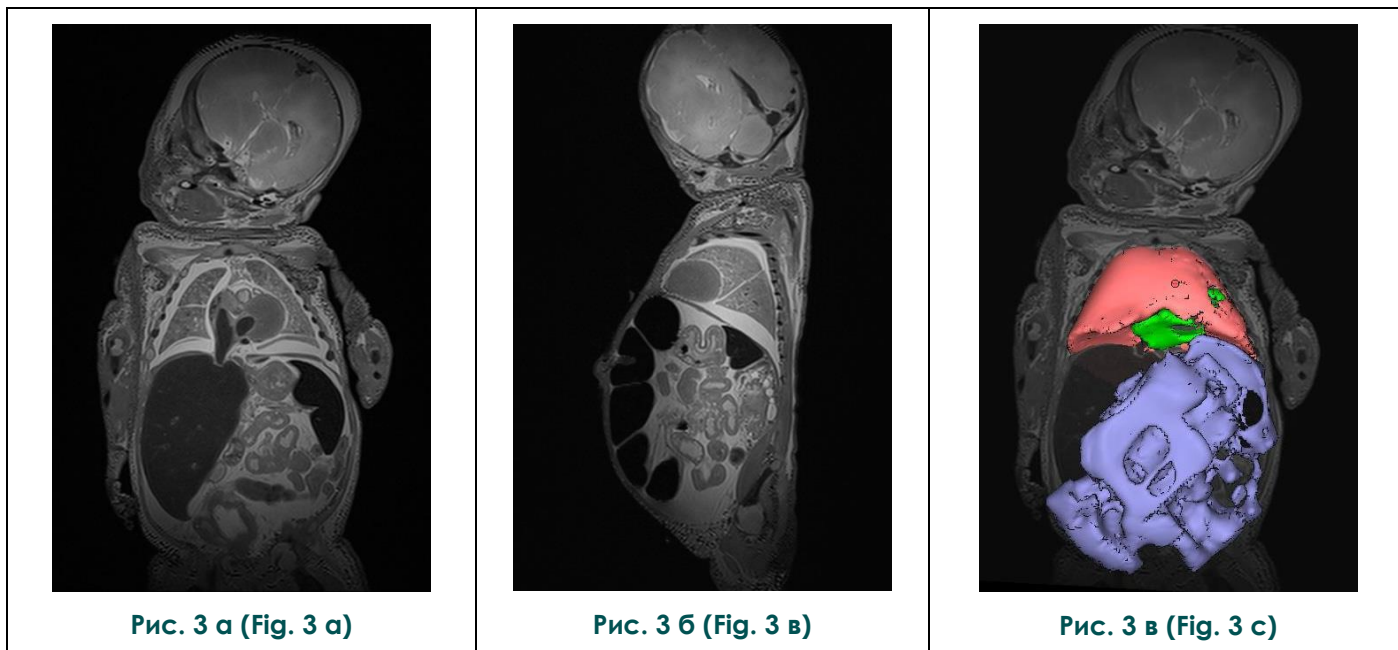
Рис. 2 в (Fig. 2 с)

**Рис. 2. МРТ.**

Посмертная МР томограмма тела новорожденного, родившегося на 31 неделе гестации и умершего в возрасте 1 суток из группы I (при наличии НВП). Выраженный генерализованный отек кожи и подкожной клетчатки. Наличие большого объема патологического скопления жидкости в брюшной и плевральных полостях. а - T2 ВИ, фронтальная проекция, б - T2 ВИ, сагиттальная проекция, в - комбинированное изображение T2 ВИ и трехмерной реконструкции областей интереса с автоматическим расчетом их объема. Обозначение областей: красный цвет - жидкость в плевральных полостях (47,7 см<sup>3</sup>), зеленый - жидкость в перикарде (5,3 см<sup>3</sup>), синий - жидкость в брюшной полости (130 см<sup>3</sup>). Удельный объем плевральной жидкости - 38,5%, удельный объем абдоминальной жидкости - 55,1%.

**Fig. 2. MRI.**

Postmortem MR images of the newborn from group I, which born at 31 week of gestational age and died at the age of 1 day 34 minutes (with non-immune fetal hydrops). а - T2-WI, frontal section, в - T2-WI, sagittal section, с - combined image of T2-WI and three-dimensional reconstruction of areas of interest with automatic calculation of their volume. Designation of areas: red - fluid in pleural cavities (47,7 cm<sup>3</sup>), green - fluid in the pericardium (5,3 cm<sup>3</sup>), blue - fluid in the abdominal cavity (130 cm<sup>3</sup>). Specific volume of pleural fluid - 38,5%, specific volume of abdominal fluid - 55,1%.



**Рис. 3. МРТ.**

Посмертные МР томограммы тела новорожденного, родившегося на 35 неделе гестации и умершего в возрасте 36 суток из группы II (при наличии общего отеочного синдрома). Генерализованный отек кожи и подкожной клетчатки. Наличие патологического скопления жидкости в брюшной и плевральных полостях. а - T2 ВИ, фронтальная проекция, б - T2 ВИ, сагиттальная проекция, в - комбинированное изображение T2 ВИ и трехмерной реконструкции областей интереса с автоматическим расчетом их объема. Обозначение областей: красный цвет - жидкость в плевральных полостях (75,6 см<sup>3</sup>), зеленый - жидкость в перикарде (1,5 см<sup>3</sup>), синий - жидкость в брюшной полости (271 см<sup>3</sup>). Удельный объем плевральной жидкости - 32,4%, удельный объем абдоминальной жидкости - 19,4%.

**Fig. 3. MRI.**

Postmortem MR images of the newborn from group II, which born at 35 week of gestational age and died at the age of 36 days 10 hours 40 minutes (with general edema syndrome). а - T2-WI, frontal section, в - T2-WI, sagittal section, с - combined image of T2-WI and three-dimensional reconstruction of areas of interest with automatic calculation of their volume. Designation of areas: red - fluid in pleural cavities (75,6 cm<sup>3</sup>), green - fluid in the pericardium (1,5 cm<sup>3</sup>), blue - fluid in the abdominal cavity (271 cm<sup>3</sup>). Specific volume of pleural fluid - 32,4%, specific volume of abdominal fluid - 19,4%.

**Таблица №2. Количество наблюдений (в %) с патологическими скоплениями жидкости в серозных полостях**

Локализация	Группа I	Группа II	Группа III
Плевральные полости	100%	57,1%	30%
Брюшная полость	85,7%	85,7%	30%
Полость перикарда	42,9%	42,9%	0
1 полость	0	28,6%	60%
2 полости	71,4%	57,1%	0
3 полости	28,6%	14,3%	0



Рис. 4 (Fig. 4)

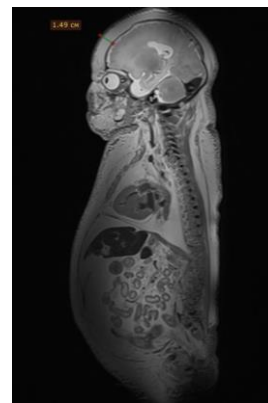


Рис. 5 (Fig. 5)

**Рис. 4. МРТ.**

Посмертная МР томограмма тела новорожденного, родившегося на 33 неделе гестации и умершего в возрасте 21 час из группы I. T2 взвешенное изображение, сагиттальная проекция. Толщина кожи и подкожной клетчатки в грудной области – 1,44 см.

**Fig. 4. MRI.**

Postmortem MR image of the newborn from group I, which born at 33 week of gestational age and died at the age of 21 hours 47 minutes (with non-immune fetal hydrops). T2-WI, sagittal section. The thickness of the skin with subcutaneous tissue at the chest area - 1,44 cm.

**Рис. 5. МРТ.**

Посмертная МР томограмма тела новорожденного, родившегося на 37 неделе гестации и умершего в возрасте 22 суток из группы II (при наличии общего отеочного синдрома). T2 взвешенное изображение, сагиттальная проекция. Толщина кожи и подкожной клетчатки в области скальпа в левой лобно-теменной области – 1,49 см.

**Fig. 5. MRI.**

Postmortem MR image of the newborn from group II, which born at 37 week of gestational age and died at the age of 22 days (with general edema syndrome). T2-WI, sagittal section. The thickness of the skin with subcutaneous tissue at the left frontoparietal area - 1,44 cm.

**Таблица №3. МРТ характеристики отека подкожной клетчатки умерших новорожденных (M±m)**

Показатель	Локализация	Группа I	Группа II	Группа III
Толщина (мм)	Передняя брюшная стенка	8,0±1,4*	6,6±1,0	5,0±0,3
	Передняя грудная стенка	9,9±1,9*	9,1±1,9	5,8±0,3
	Передняя поверхность плеча	8,3±1,0	9,7±1,1	7,4±0,6
	Задняя поверхность плеча	10,2±1,0	8,8±1,8	9,9±1,1
	Лобно-теменная область	7,7±1,2*	8,7±1,6*	4,9±0,3
ИС T2 (y.e.)	Передняя брюшная стенка	399,8±65,9*	209,5±38,0§	250,9±26,6
	Передняя грудная стенка	531,3±76,9*	295,8±37,3§	259,7±29,8
	Передняя поверхность плеча	455,4±42,9*	383,9±46,3*	273,7±26,7
	Задняя поверхность плеча	584,9±69,7*	325,9±47,6§	365,6±51,8
	Лобно-теменная область	423,1±58,9*	324,0±49,4	251,5±37,5
ИС T1 (y.e.)	Передняя брюшная стенка	330,1±52,4*	414,5±71,0	562,3±33,1
	Передняя грудная стенка	362,1±49,1*	467,5±77,9	609,7±71,5
	Передняя поверхность плеча	395,4±24,0*	643,3±93,2§	618,9±96,0
	Задняя поверхность плеча	461,7±51,1*	806,3±83,8§	699,0±104,7
	Лобно-теменная область	367,3±24,0	549,9±51,0§	490,0±68,2

Примечание: \* - p<0,05 по сравнению с показателями контрольной группы, § - p<0,05 по сравнению с показателями неиммунной водянки.



наличие генерализованного отека подкожной клетчатки, включая конечности, грудную и брюшную стенки. Критерием развития отека считается УЗ увеличение толщины кожи с подкожной клетчаткой более 5 мм [19]. При пренатальном УЗИ легче всего, по данным D.C. Jones [15], визуализируется отек кожи и подкожной клетчатки в области черепа, имея характерный вид отделения кожи от костей черепа. Выполнение разрезов кожи с подкожной клетчаткой во время аутопсийного исследования сопровождается достаточно быстрым выходом отечной жидкости из тканей, что затрудняет объективную макроскопическую оценку выраженности анасарки, а также верификацию ее на гистологических препаратах.

В свою очередь, проведение посмертных лучевых исследований позволяет достаточно четко оценить степень анасарки. Так, R.L. Gullo с соавт. [27] приводят результаты посмертного КТ исследования 41 тела умерших взрослых больных. В качестве количественного показателя степени анасарки авторы предложили использовать полуавтоматическое определение площадей подкожной клетчатки и поверхностных мышц, имеющих КТ плотность от -20 ед.Н. до +50 ед.Н.

К сожалению, проведение посмертной КТ для анализа тел новорожденных и плодов затруднено из-за малых размеров органов и тканей, а также недостаточно развитой жировой ткани [12, 28]. В этой связи для анализа тел по-

гибших новорожденных более эффективным считается применение посмертной МРТ [29, 30]. Нами в настоящем исследовании была использована посмертная МРТ в T1 и T2 режимах с последующим расчетом показателя гидратации тканей.

Именно рассчитанные средние значения показателя гидратации кожи с подкожной клетчаткой оказались наиболее информативными для оценки степени выраженности анасарки. Максимальные значения показателя гидратации установлены нами в области передней грудной и брюшной стенок в наблюдениях НВП, превышающие показатели контрольной группы в 3,40 и 3,01 раза (p<0,05).

Следовательно, посмертная МРТ позволяет провести объективную оценку характера и степень выраженности неиммунной водянки плода. Для диагностики НВП необходимо выявление патологических скоплений жидкости у плода при пренатальном УЗИ беременной или у новорожденного сразу после рождения. Патолого-анатомическая оценка выраженности трансудатов и отека подкожной клетчатки затруднена из-за перемещения и вытекания жидкости во время разрезов. Более эффективным методом определения объемов свободной жидкости в серозных полостях и степени выраженности анасарки является проведение посмертной МРТ с 3D моделированием. В этой связи посмертную МРТ следует рекомендовать в качестве обязательного компонента патолого-анатомического

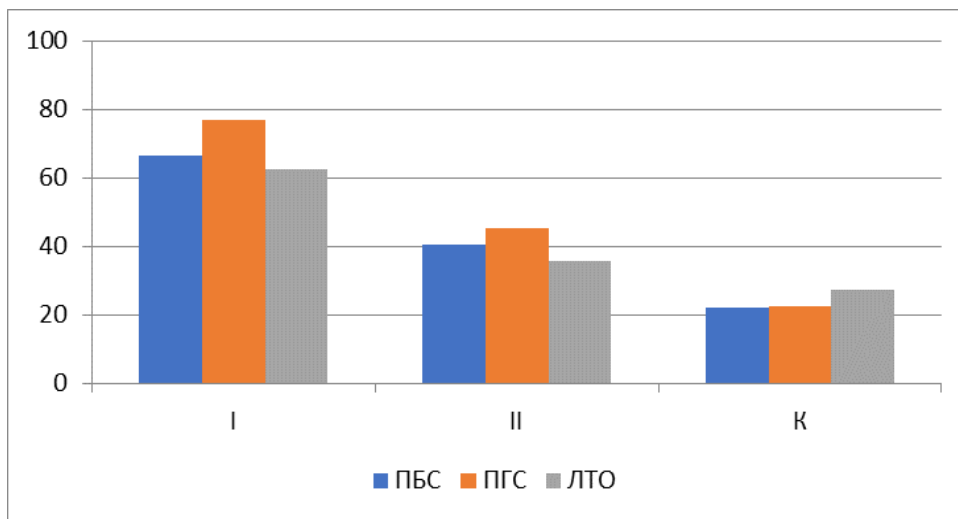


Рис. 6 (Fig. 6)

**Рис. 6. Диаграмма.**

Средние значения показателя гидратации кожи с подкожной клетчаткой (у.е.). ПБС – передняя брюшная стенка, ПГС – передняя грудная стенка, ЛТО - лобно-теменная область.

**Fig. 6. Diagram.**

Average values of the hydration of the skin with subcutaneous tissue (cu). ПБС - anterior abdominal wall, ПГС - anterior chest wall, ЛТО - fronto-parietal region.

вскрытия тел плодов и новорожденных, погибших вследствие неиммунной водянки плода.

**Источник финансирования и конфликт интересов.**

Исследование одобрено комитетом по этике ФГБУ “Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Ку-

лакова” Минздрава России (протокол № 25 от 22.06.2012).

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

**Список литературы:**

1. de Hann T. R., Oepkes D., Beersma M. F., Walther F. J. Aetiology, diagnosis and treatment of hydrops foetalis. *Current Pediatric Reviews*. 2005; 1, 63-72.
2. Suwanrath-Kengpol C., Koranantakul O., Suntharasaj T., Leetanaporn R. Etiology and out-come of non-immune hydrops fetalis in southern Thailand. *Gynecol. Obstet. Invest.* 2005; 59: 134-137. DOI: 10.1159/000082997
3. Huang H., Tsay P., Chiang M., Lien R., Chou Y. Prognostic factors and clinical features in liveborn neonates with hydrops fetalis. *Am. J. Perinatol.* 2007; 24: 33-38. DOI: 10.1055/s-2006-958158
4. Désilets V., De Bie I., Audibert F. No. 363 - Investigation and management of non-immune fetal hydrops. *J. Obstet. Gynaecol. Can.* 2018; 40: 1077-1090. DOI: 10.1016/j.jogc.2017.12.011.
5. Machin G.A. Hydrops revisited: literature review of 1,414 cases published in the 1980s. *Am. J. Med. Genet.* 1989; 34: 366-390. DOI: 10.1002/ajmg.1320340313
6. Machin G.A. Hydrops, cystic hygroma, hydrothorax, pericardial effusion and fetal ascites. In: Gilbert-Barnes E, editor. *Potter's pathology of the fetus and infant*. St-Louis: Mosby. 1997.
7. Sohan K., Carroll S. G., De La Fuente S., Soothill P., Kyle P. Analysis of outcome in hydrops fetalis in relation to gestational age at diagnosis, cause and treatment. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 2001; 80, 726-730.
8. Prasad C., Rupal C. A. Non-immune hydrops: Genetic and metabolic causes. *Perinatology*. 2006; 8: 164-174.
9. Козлов П.В., Кузнецов П.А., Леонова Е.И., Константинова К.И. Неиммунная водянка плода. Современный взгляд на проблемы этиологии, патогенеза и перинатального исхода. *Проблемы репродукции*. 2014; 6: 83-87. DOI: 10.17116/repro201420683-87]
10. Mascaretti R. S., Falcão M. C., Silva A. M., Vaz F. A., Leone C. R. Characterization of newborns with nonimmune hydrops fetalis admitted to a neonatal intensive care unit. *Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. Sao Paulo*. 2003; 58: 125-132.
11. 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
12. Туманова У.Н., Щеголев А.И. Возможности и ограничения виртуальной аутопсии в неонатологии. *REJR*. 2017; 1: 20-33. DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-1-20-33
13. Taylor A.M., Arthurs O.J., Sebire N.J. Postmortem cardiac imaging in fetuses and children. *Pediatr. Radiol.* 2015; 45: 549-555. DOI 10.1007/s00247-014-3164-0
14. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Буров А.А., Щеголев А.И., Дегтярёв Д.Н. Посмертная характеристика гипоплазии легких при диафрагмальной грыже: МРТ - патоморфологические сопоставления. *Медицинская визуализация*. 2017; 3: 132-142. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-3-132-142.
15. Jones D.C. Nonimmune fetal hydrops: diagnosis and obstetrical management. *Semin. Peri-natol.* 1995; 19: 447-461.
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/sudmed201659559-63
17. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Ляпин В.М. Патологоанатомическая оценка давности внутриутробной гибели плода. *Архив патологии*. 2017; 6: 60-65. DOI: 10.17116/patol201779660-65
18. Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM), Norton M.E., Chauhan S.P., Dashe J.S. So-ciety for maternal-fetal medicine (SMFM) clinical guideline №7: nonimmune hydrops fe-talis. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2015; 212: 127-139. DOI: 10.1016/j.ajog.2014.12.018.
19. Skoll M.A., Sharland G.K., Allan L.D. Is the ultrasound definition of fluid collections in nonimmune hydrops fetalis helpful in defining the underlying cause or predicting outcome? *Ultrasound. Obstet. Gynecol.* 1991; 1: 309-312. DOI: 10.1046/j.1469-0705.1991.01050309.x
20. Randenberg A.L. Nonimmune hydrops fetalis part I: etiology and pathophysiology. *Neona-tal Netw.* 2010; 29: 281-295. DOI: 10.1891/0730-0832.29.5.281
21. Santo S., Mansour S., Thilaganathan B., Homfray T., Pappageorghiou A., Calvert S. et al. Prenatal diagnosis of non-immune hydrops fetalis: what do we tell the parents? *Prenat. Diagn.* 2011; 31: 186-195. DOI: 10.1002/pd.2677
22. Bellini C., Donarini G., Paladini D., Calevo M.G., Bellini T., Ramenghi L.A. et al. Etiology of non-immune hydrops fetalis: An update. *Am. J. Med. Genet. A.* 2015; 167A: 1082-1088. DOI: 10.1002/ajmg.a.36988
23. Kurtser M. A., Gnetetskaya V. A., Malmberg O. L., Belkovskaya M. E., Lucas E. N., Shipu-lin G. A. etc. Non-immune hydrops fetalis: diagnosis and tactics. *Акушерство и гинекология*. 2009; 2: 37-40. *Akusherstvo i ginekologiya*. 2009; 2: 37-40. [in russian]
24. Randenberg A.L. Nonimmune hydrops fetalis Part II: does etiology influence mortality? *Neonatal Netw.* 2010; 29: 367-380. DOI: 10.1891/0730-0832.29.6.367
25. Abrams M.E., Meredith K.S., Kinnard P., Clark R.H. Hydrops fetalis: a retrospective re-view of cases reported to a large national database and identification of risk factors associat-ed with death. *Pediatrics*. 2007; 120: 84-89. DOI: 10.1542/peds.2006-3680
26. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Быченко В.Г., Щеголев А.И., Сухих Г.Т. Возможности посмертной магнитно-резонансной томографии для оценки анасарки у новорожденных. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2018; 11: 423-428.
27. Lo Gullo R., Mishra S., Lira D.A., Padole A., Otrakji A., Khawaja R.D. et al. Quantification of interstitial fluid on whole body

CT: comparison with whole body autopsy. *Forensic Sci. Med. Pathol.* 2015; 11: P.488-496. DOI: 10.1007/s12024-015-9728-y

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

29. Туманова У.Н., Ляпин В.М., Буров А.А., Щеголев А.И., Сухих Г.Т. Возможности посмертной магнитно-

резонансной томографии для оценки анасарки у новорожденных. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* 2018; 166 (11): 621-626.

30. Туманова У.Н., Серова Н.С., Быченко В.Г., Щеголев А.И. Возможности посмертных лучевых исследований для оценки поражений легких. *REJR.* 2018; 2: 198-221. DOI: 10.21569/2222-7415-2018-8-2-198-221

### References:

- de Hann T. R., Oepkes D., Beersma M. F., Walther F. J. Aetiology, diagnosis and treatment of hydrops foetalis. *Current Pediatric Reviews.* 2005; 1, 63-72.
- Suwanrath-Kengpol C., Koranantakul O., Suntharasaj T., Leetanaporn R. Etiology and out-come of non-immune hydrops fetalis in southern Thailand. *Gynecol. Obstet. Invest.* 2005; 59: 134-137. DOI: 10.1159/000082997
- Huang H., Tsay P., Chiang M., Lien R., Chou Y. Prognostic factors and clinical features in liveborn neonates with hydrops fetalis. *Am. J. Perinatol.* 2007; 24: 33-38. DOI: 10.1055/s-2006-958158
- Désilets V., De Bie I., Audibert F. No. 363 - Investigation and management of non-immune fetal hydrops. *J. Obstet. Gynaecol. Can.* 2018; 40: 1077-1090. DOI: 10.1016/j.jogc.2017.12.011.
- Machin G.A. Hydrops revisited: literature review of 1,414 cases published in the 1980s. *Am. J. Med. Genet.* 1989; 34: 366-390. DOI: 10.1002/ajmg.1320340313
- Machin G.A. Hydrops, cystic hygroma, hydrothorax, pericardial effusion and fetal ascites. In: Gilbert-Barnes E, editor. *Potter's pathology of the fetus and infant.* St-Louis: Mosby; 1997.
- Sohan K., Carroll S. G., De La Fuente S., Soothill P., Kyle P. Analysis of outcome in hydrops fetalis in relation to gestational age at diagnosis, cause and treatment. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 2001; 80, 726-730.
- Prasad C., Rupar C. A. Non-immune hydrops: Genetic and metabolic causes. *Perinatology.* 2006; 8: 164-174.
- Kozlov P.V., Kuznetsov P.A., Leonova E.I., Konstantinova K.I. Nonimmune fetal hydrops. Current approach to the etiology, pathogenesis and perinatal outcomes. *Problemy reprodukci.* 2014; 6: 83-87. DOI: 10.17116/repro201420683-87 (in Russian).
- Mascaretti R. S., Falcão M. C., Silva A. M., Vaz F. A., Leone C. R. Characterization of newborns with nonimmune hydrops fetalis admitted to a neonatal intensive care unit. *Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. Sao Paulo.* 2003; 58: 125-132.
- 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
- Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Possibilities and limitations of virtual autopsy in neonatology. *REJR.* 2017; 1: 20-33. DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-1-20-33 (in Russian).
- Taylor A.M., Arthurs O.J., Sebire N.J. Postmortem cardiac imaging in fetuses and children. *Pediatr. Radiol.* 2015; 45: 549-555. DOI 10.1007/s00247-014-3164-0
- Tumanova U.N., Lyapin V.M., Burov A.A., Shchego-lev A.I., Degtyarev D.N. Postmortem characteristics of lung hypoplasia at diaphragmatic hernia: MRI - pathomorphological comparisons. *Medical visualization.* 2017; 3: 132-142. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-3-132-142 (in Russian).
- Jones D.C. Nonimmune fetal hydrops: diagnosis and obstetrical management. *Semin. Peri-natol.* 1995; 19: 447-461.
- 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/sudmed201659559-63 (in Russian).
- Shchegolev A.I., Tumanova U.N., Lyapin V.M. Pathological estimation of the time of fetal death. *Arhiv patologii.* 2017; 6: 60-65. DOI: 10.17116/patol201779660-65 (in Russian).
- Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM), Norton M.E., Chauhan S.P., Dashe J.S. Soci-ety for maternal-fetal medicine (SMFM) clinical guideline №7: nonimmune hydrops fetalis. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2015; 212: 127-139. DOI: 10.1016/j.ajog.2014.12.018.
- Skoll M.A., Sharland G.K., Allan L.D. Is the ultrasound definition of fluid collections in nonimmune hydrops fetalis helpful in defining the underlying cause or predicting outcome? *Ultrasound. Obstet. Gynecol.* 1991; 1: 309-312. DOI: 10.1046/j.1469-0705.1991.01050309.x
- Randenberg A.L. Nonimmune hydrops fetalis part I: etiology and pathophysiology. *Neona-tal Netw.* 2010; 29: 281-295. DOI: 10.1891/0730-0832.29.5.281
- Santo S., Mansour S., Thilaganathan B., Homfray T., Pappageorghiou A., Calvert S. et al. Prenatal diagnosis of non-immune hydrops fetalis: what do we tell the parents? *Prenat. Diagn.* 2011; 31: 186-195. DOI: 10.1002/pd.2677
- Bellini C., Donarini G., Paladini D., Calevo M.G., Bellini T., Ramenghi L.A. et al. Etiology of non-immune hydrops fetalis: An update. *Am. J. Med. Genet. A.* 2015; 167A: 1082-1088. DOI: 10.1002/ajmg.a.36988
- Kurtser M. A., Gnetetskaya V. A., Malmberg O. L., Belkovskaya M. E., Lucas E. N., Shipulin G. A. etc. Non-immune hydrops fetalis: diagnosis and tactics. *Акушерство и гинекология.* 2009; 2: 37-40. *Akusherstvo i ginekologiya.* 2009; 2: 37-40 (in Russian).
- Randenberg A.L. Nonimmune hydrops fetalis Part II: does etiology influence mortality? *Neonatal Netw.* 2010; 29: 367-380. DOI: 10.1891/0730-0832.29.6.367
- Abrams M.E., Meredith K.S., Kinnard P., Clark R.H. Hydrops fetalis: a retrospective review of cases reported to a large national database and identification of risk factors associated with death. *Pediatrics.* 2007; 120: 84-89. DOI: 10.1542/peds.2006-3680
- 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 newborn. *Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny.* 2018; 11: 423-428 (in Russian).
- Lo Gullo R., Mishra S., Lira D.A., Padole A., Otrakji A., Khawaja R.D. et al. Quantification of interstitial fluid on whole body CT: comparison with whole body autopsy. *Forensic Sci. Med.*

*Pathol.* 2015; 11: P.488-496. DOI: 10.1007/s12024-015-9728-y

28. Tumanova U.N., Shchegolev A.I. Postmortem magnetic resonance tomography of fetuses and newborns. *Medical visualization.* 2015; 5: 128-136 (in Russian).

29. 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 Ex-perim. Biol. Med.* 2018; 166 (11): 621-626.

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