

## ПОСМЕРТНАЯ МРТ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВРОЖДЕННОЙ ПНЕВМОНИИ

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

<sup>1</sup> Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В. И. Кулакова, Москва

<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва

Врожденная пневмония — одна из основных причин гибели детей в неонатальном периоде. В работе оценена возможность применения посмертной магнитно-резонансной томографии для диагностики врожденной пневмонии на аутопсийном материале. Исследовали тела 21 умершего новорожденного. До аутопсии проводили МРТ-исследование на аппарате 3T Magnetom Verio (Siemens, Германия) в стандартных T1 и T2 режимах. На томограммах анализировали интенсивность сигнала от ткани легких, плевральной жидкости и воздуха и рассчитывали показатель воздушности — отношение интенсивности сигнала от жидкости в плевральной полости к интенсивности сигнала от ткани легких. Затем проводили патологоанатомическое вскрытие и по результатам изучения гистологических препаратов все наблюдения разделили на две группы: в основную группу включили тела 9 новорожденных, умерших от врожденной пневмонии, в группу сравнения — тела 12 умерших новорожденных без признаков пневмонии. Интенсивность сигнала от ткани легких новорожденных с врожденной пневмонией была выше аналогичного показателя в группе сравнения: на 26,5 и 12,9 % в левом и правом легком соответственно на T1-взвешенных изображениях ( $p > 0,05$ ) и на 23,7 и 31,2 % — на T2-взвешенных изображениях ( $p > 0,05$ ). Чувствительность описанного метода составила 77,8 %, специфичность — 75,0 %, диагностическая эффективность — 76,2 %.

**Ключевые слова:** врожденная пневмония, легкое, посмертная магнитно-резонансная томография, аутопсия, показатель воздушности

✉ Для корреспонденции: Туманова Ульяна Николаевна  
117997, г. Москва, ул. Академика Опарина, д. 4; u.n.tumanova@gmail.com

Статья поступила: 17.08.2016 Статья принята к печати: 23.08.2016

## POSTMORTEM MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN THE DIAGNOSIS OF CONGENITAL PNEUMONIA

Tumanova UN<sup>1</sup>, Lyapin VM<sup>1</sup>, Bychenko VG<sup>1</sup>, Schegolev AI<sup>1,2</sup>, Sukhikh GT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kulakov Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Congenital pneumonia is one of the leading causes of neonatal deaths. In this work we assess the possibility of using postmortem magnetic resonance imaging for the diagnosis of congenital pneumonia. The study was conducted on 21 neonate bodies. Before the autopsy, MRI scanning was performed on the Magnetom Verio 3T system (Siemens, Germany) in T1 and T2 standard modes. The resulting images were used to analyze signal intensities of lung tissue, pleural fluid and air. Airiness index was computed as the ratio of pleural fluid signal intensity to lung tissue signal intensity. Then, the autopsy was performed. Based on the histological analysis results, the main and the control groups were formed. The bodies of 9 neonates who had died from congenital pneumonia were included into the main group; the control group consisted of 12 dead neonates with no signs of pneumonia. On T1-weighted images, the signal intensity from the lungs of the infants with congenital pneumonia was higher by 26.5 % in the left lung and 12.9 % in the right lung, compared to the controls ( $p > 0.05$ ). On T2-weighted images, the corresponding figures were 23.7 and 31.2 % ( $p > 0.05$ ). The sensitivity of the method is 77.8 %, specificity is 75.0 % and diagnostic efficacy is 76.2 %.

**Keywords:** congenital pneumonia, lung, postmortem magnetic resonance imaging, autopsy, airiness index

✉ Correspondence should be addressed: Uliana Tumanova  
ul. Akademika Oparina, d. 4, Moscow, Russia, 117997; u.n.tumanova@gmail.com

Received: 17.08.2016 Accepted: 23.08.2016

Врожденная пневмония — острое инфекционно-воспалительное заболевание респираторных отделов легких, развивающееся в результате антенатального и/или интранатального инфицирования и имеющее клинико-рентгенологические проявления в первые 72 ч жизни новорожденного [1]. Совершенствование методов диагностики и лечения способствует успешному выхаживанию младенцев с этой патологией, однако частота неблагоприятных исходов остается достаточно высокой. По данным мировой литературы [2], врожденная пневмония диагностируется у 10–38 % мертворожденных и у 20–63 % умерших

новорожденных. В России в 2010 г., по данным Росстата, заболевание стало причиной внутриутробной гибели плода в 0,43 % случаев и первоначальной причиной смерти новорожденных в возрасте 0–6 сут — в 8,7 % случаев [3]. В 2014 г. эти показатели составили 0,35 и 8,34 % соответственно [4].

Основным методом посмертной диагностики врожденной пневмонии является патологоанатомическое вскрытие. Однако и морфологический анализ часто затруднителен в связи с ложноположительными результатами плавательной пробы во время аутопсии, а также слабой

выраженностью воспалительных реакций у недоношенных новорожденных и в случае антибиотикотерапии [5, 6]. Альтернативой является лучевая диагностика.

Считается, что основной метод лучевой диагностики патологий легких — компьютерная томография (КТ) [7–9]. Посмертная КТ также достаточно эффективна для оценки состояния легких и определения причины смерти у взрослых [10]. Однако легкие погибших плодов и умерших новорожденных практически не визуализируются при бесконтрастной КТ [11]. В то же время для диагностики легочных патологий, в том числе пневмонии, все чаще используют магнитно-резонансную томографию (МРТ) [12]. Так, при помощи МРТ была диагностирована очаговая пневмония у 21 из 22 взрослых больных, у которых она была выявлена ранее при КТ-исследовании, и эффективность метода оказалась достаточно высокой: чувствительность — 95 %, специфичность — 88 %, положительная прогностическая значимость — 95 % [13]. МРТ была эффективна при обследовании 30 детей в возрасте 3–19 лет, у которых наличие пневмонии было установлено при рентгенологическом исследовании [14]. В результате исследователи заключили, что МРТ можно использовать в качестве альтернативы рентгенологическому или компьютерно-томографическому выявлению фокусов пневмонии размером не менее 1 см при отсутствии участков обызвествления [13, 14]. В связи с возможностью получения изображений в любой проекции и отсутствием радиологического воздействия МРТ рекомендуется для динамической оценки течения пневмонии. Leutner и соавт. [15] показали, что МРТ превосходит КТ с контрастным усилением в клинической диагностике некротической пневмонии. МРТ также продемонстрировала высокую эффективность при дифференциальной диагностике причин мертворождения и смерти новорожденных после рождения [16, 17], а также при определении давности внутриутробной гибели плода путем оценки состояния легких [18, 19].

Целью настоящей работы являлось изучение возможности использования посмертной магнитно-резонансной томографии для диагностики врожденной пневмонии на аутопсийном материале.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе исследовали тела 21 умершего новорожденного. Через 6–15 ч после констатации смерти до аутопсии проводили МРТ-исследование тела в стандартных режимах T1 и T2 на аппарате 3T Magnetom Verio (Siemens, Германия). Использовали следующие настройки томографа: область сканирования (field of view) — 300 мм, угол отклонения (flip angle) — 180°. Настройки T1-режима: толщина среза (slice thickness) — 0,9 мм, время повторения интервала (time repetition) — 1 900 мс, время эхо (time echo) — 2,2 мс. Настройки тех же параметров в T2-режиме: 1 мм, 3 200 мс и 410 мс соответственно. На T1- и T2-взвешенных изображениях в сагиттальной проекции определяли интенсивность сигнала (ИС) в выбранных областях интереса (region of interest, ROI) — правом и левом легких в плоскости максимального среза с исключением крупных элементов бронхо-сосудистого пучка и в области плевральной жидкости и воздуха в непосредственной близости от передней брюшной стенки. Затем рассчитывали оригинальный показатель воздушности (ПВ) для правого и левого легких как отношение ИС в области жидкости к ИС в ткани легкого. Поскольку интенсивность МР-сигнала в отдельной точке тела изменяется нелинейно и зависит от ряда

факторов (удаленности от изоцентра аппарата, однородности магнитного поля, физических характеристик соседних тканей и т. д.), то исследовать только его абсолютное значение не совсем корректно. Показатель воздушности, на наш взгляд, позволяет нивелировать или даже исключить погрешности, связанные с особенностями работы томографа.

После МРТ-исследования провели патологоанатомическое вскрытие и анализ гистологических препаратов, окрашенных гематоксилином и эозином. По результатам вскрытия все наблюдения разделили на две группы: в основную группу (группу I) включили тела 9 новорожденных, умерших от врожденной пневмонии в возрасте от 2 ч 12 мин до 36,5 сут., в группу сравнения (группу II) — тела 12 новорожденных, умерших в возрасте от 2 ч 7 мин до 24 сут., без признаков пневмонии. Взвешивали тела, правое и левое легкие, определяли отношение массы обоих легких к массе тела.

Статистическую обработку полученных данных провели при помощи программного пакета Statistica 8.0 (StatSoft, США). Рассчитали среднее значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации для каждого измеренного параметра. Достоверными считали различия при  $p < 0,05$ . На основании полученных результатов рассчитали чувствительность, специфичность и диагностическую эффективность посмертной МРТ для диагностики врожденной пневмонии.

Исследование было одобрено Комитетом по этике биомедицинских исследований Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В. И. Кулакова (протокол № 25 от 22.06.2012).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При морфологическом исследовании аутопсийного материала в группе сравнения было установлено, что масса левого легкого колебалась в пределах от 2,1 до 36,5 г (коэффициент вариации — 95,4 %), правого — от 0,3 до 24,2 г (коэффициент вариации — 50,9 %) (табл. 1). Средние значения масс левого, правого и обоих легких составили  $10,8 \pm 10,8$ ,  $11,5 \pm 6,1$  и  $22,3 \pm 14,6$  г соответственно. На гистологических препаратах ткани легких отмечались признаки гипоплазии (при наличии врожденной диафрагмальной грыжи) (рис. 1А), а также ателектазов и дистелектазов.

У новорожденных, умерших от пневмонии, масса левого и правого легкого находилась в пределах от 4,1 до 42,7 г (коэффициенты вариации — 44,9 и 40,1 %) (табл. 1). Средние значения масс составили  $19,6 \pm 9,3$  и  $24,1 \pm 10,2$  г соответственно, а среднее значение массы обоих легких —  $45,9 \pm 17,7$  г, т. е. все значения были в 1,8–2,1 раза больше, чем в группе сравнения ( $p < 0,05$ ). Отношение массы обоих легких к массе тела также было больше в основной группе, чем в группе сравнения — в 2,4 раза ( $p < 0,05$ ). На гистологических препаратах в группе I отмечались признаки пневмонии в виде слабо выраженной моноцитарно-макрофагальной инфильтрации (рис. 1Б).

При визуальном анализе МР-томограмм на T1- и T2-взвешенных изображениях внутри групп отмечалась практически одинаковая интенсивность сигнала от обоих легких, но на T2ВИ структура органа была видна несколько отчетливее в сравнении с T1ВИ (рис. 2, 3). Сигнал от легких новорожденных, умерших от пневмонии, был более интенсивным в обоих режимах сканирования, чем сигнал от легких новорожденных, умерших от других патологий:

Таблица 1. Клинико-морфологические характеристики умерших новорожденных

Группа	Наблюдение	Пол	Срок гестации при рождении, нед.	Возраст	Масса тела, г	Масса обоих легких, г	Масса правого легкого, г	Масса левого легкого, г	Отношение массы легких к массе тела
I	1	ж	38	5 сут. 11 ч	2080,0	43,2	22,1	21,1	0,021
	2	м	33	28 сут.	2800,0	58,6	25,2	33,4	0,021
	3	м	24	5 сут. 15 ч	800,0	16,3	12,2	14,1	0,020
	4	ж	33	7 сут. 14 ч	2674,0	52,6	29,3	23,3	0,020
	5	м	35	36 сут. 10 ч	3206,0	43,9	23,3	20,6	0,014
	6	м	39	3 сут. 4 ч	3980,0	65,3	42,7	22,6	0,016
	7	м	30	5 сут.	1942,0	62,7	33,7	29,0	0,032
	8	ж	33	1 сут. 1 ч	2636,0	21,3	17,2	4,1	0,008
	9	ж	27	2 ч	980,0	19,3	10,8	8,5	0,020
	M ± SD			32,4 ± 4,8	10 сут. 7 ч	2344,2 ± 1018,4	45,9 ± 17,7	24,1 ± 10,2	19,6 ± 9,3
II	10	м	40	2 ч	2747,0	15,7	9,6	6,1	0,006
	11	ж	36	23 сут. 15 ч	1820,0	46,5	24,2	22,3	0,026
	12	м	39	23 ч	3538,0	13,2	6,2	7,0	0,004
	13	м	35	3 сут. 2 ч	1391,0	12,6	9,4	3,2	0,009
	14	ж	39	2 сут.	3740,0	17,0	14,5	2,5	0,005
	15	ж	39	21 ч	4450,0	21,3	11,4	9,9	0,005
	16	ж	37	16 ч	2310,0	10,1	7,8	2,3	0,004
	17	м	40	6 ч	4550,0	13,6	11,3	2,3	0,003
	18	ж	37	19 ч	2853,0	11,5	9,4	2,1	0,004
	19	м	37	4 сут.	3182,0	36,0	17,5	18,5	0,011
	20	ж	39	24 сут.	5164,0	53,1	16,6	36,5	0,010
	21	ж	37	1 сут. 11 ч	3770,0	17,1	0,3	16,8	0,005
M ± SD			37,9 ± 1,6	5 сут. 10 ч	3292,9 ± 1134,7	22,3 ± 14,6	11,5 ± 6,1	10,8 ± 10,8	0,008 ± 0,006

на 26,5 и 12,9 % — для левого и правого легкого на T1ВИ и на 23,7 и 31,2 % — на T2ВИ ( $p > 0,05$ ) (табл. 2). В ряде случаев в группе сравнения наблюдали неравномерную интенсивность сигнала в пределах одного легкого, что было обусловлено наличием кровоизлияний (рис. 4), и различную яркость отображения ткани правого и левого легкого из-за компрессии органа при врожденной диафрагмальной грыже (рис. 5).

Среднее значение показателя воздушности, рассчитанное при анализе T1-взвешенных изображений, полученных при сканировании тел новорожденных, умерших

от пневмонии, в левом легком было на 44 % меньше, чем в группе сравнения, в правом — на 1,1 % больше (табл. 2). Аналогичный показатель, рассчитанный при анализе T2-взвешенных изображений, в основной группе был меньше, чем в группе сравнения, в обоих легких: на 14,3 % — в левом и на 5,7 % — в правом. Однако все различия были статистически незначимыми ( $p > 0,05$ ).

Чувствительность описанного метода составила 77,8 %, специфичность — 75,0 %, диагностическая эффективность — 76,2 %, что свидетельствует о достаточно высокой эффективности использованной методики.

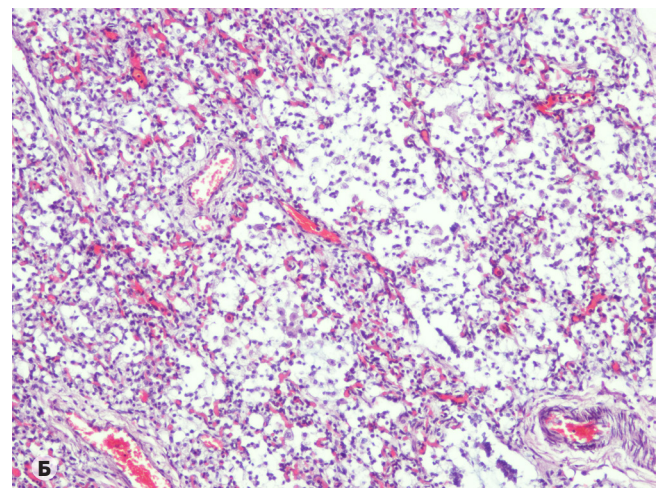
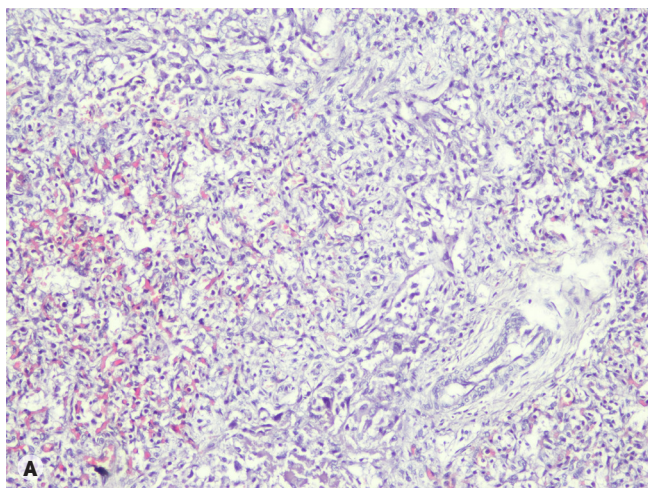
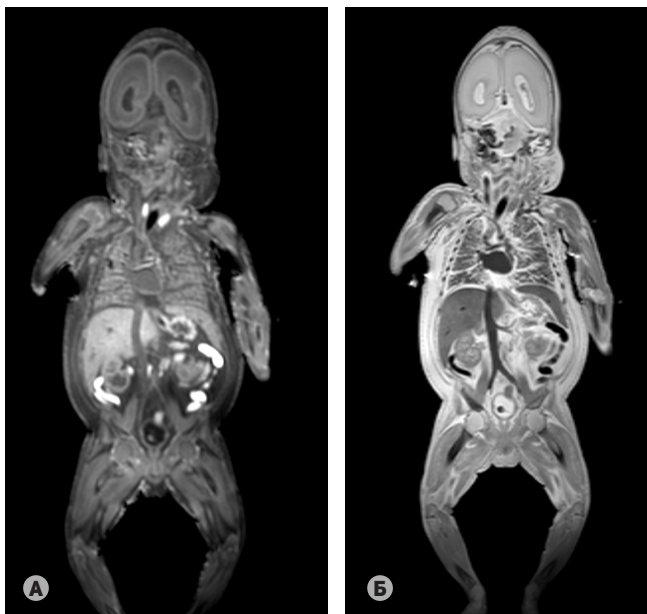
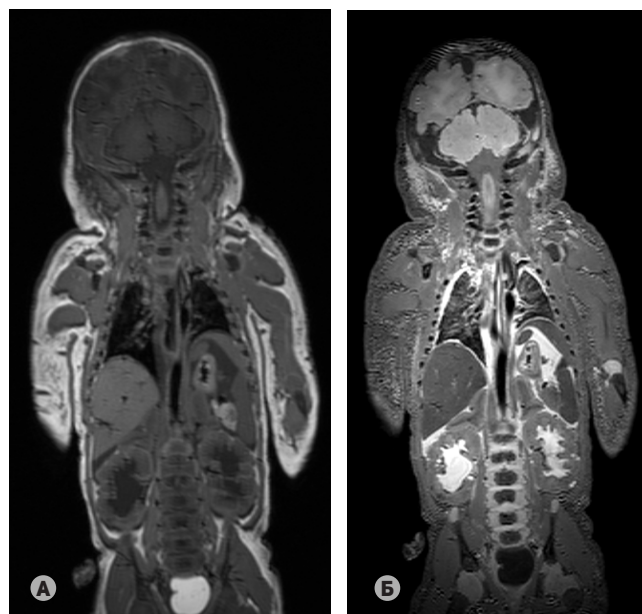


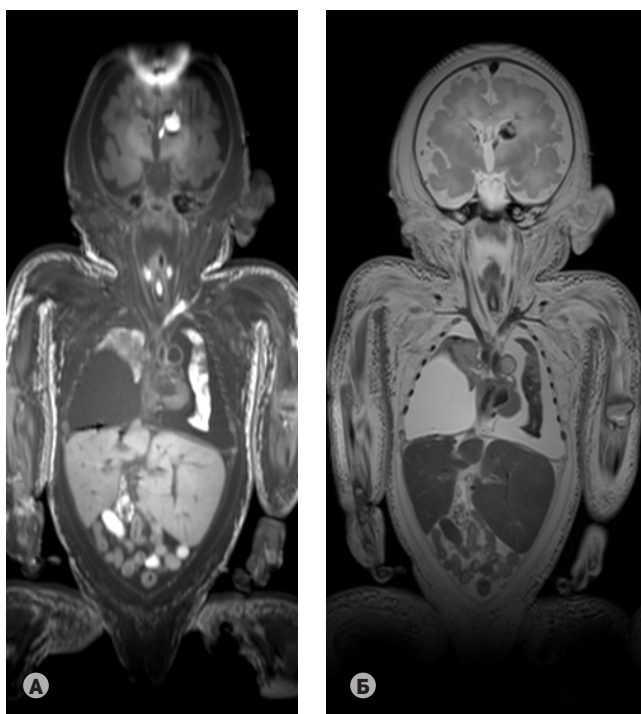
Рис. 1. Гистологические изменения ткани легких: (А) гипоплазия легкого, (Б) моноцитарно-макрофагальная пневмония. Окраска гематоксилином и эозином,  $\times 100$



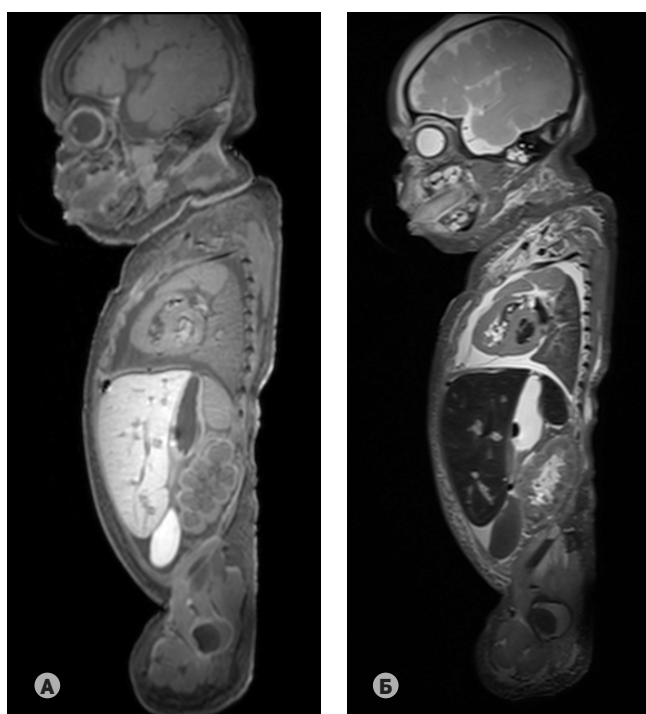
**Рис. 2.** МР-томограммы во фронтальной проекции умершего новорожденного с врожденной пневмонией из основной группы: (А) T1-взвешенное изображение, (Б) T2-взвешенное изображение



**Рис. 3.** МР-томограммы во фронтальной проекции умершего новорожденного без патологии легких из группы сравнения: (А) T1-взвешенное изображение, (Б) T2-взвешенное изображение



**Рис. 4.** МР-томограммы во фронтальной проекции умершего новорожденного из группы сравнения с наличием кровоизлияний в обоих легких при отсутствии пневмонии: (А) T1-взвешенное изображение, (Б) T2-взвешенное изображение



**Рис. 5.** МР-томограммы в сагиттальной проекции умершего новорожденного из группы сравнения с интактным левым и поджатым диафрагмальной грыжей правым легким: (А) T1-взвешенное изображение, (Б) T2-взвешенное изображение

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Значения интенсивности сигнала варьировали в области плевральной жидкости и воздуха, выбранных нами в качестве наиболее статичных по физическим параметрам участков структуры. Поскольку во всех наблюдениях при вскрытии отсутствовали признаки плеврита, подобная вариабельность, видимо, была связана с отличиями в настройках томографа при проведении исследований разными специалистами. Наличие же жидкости невос-

палительного происхождения (аналогичной транссудату) в плевральной полости отражает развитие ранних неспецифических посмертных изменений [20] и выявляется во всех случаях смерти, что было подтверждено и нами при вскрытии.

Различия между группами по показателю воздушности были статистически недостоверными, что, видимо, связано с относительно малым количеством наблюдений и необходимостью анализировать патологию легких в каждом наблюдении, а не в группе в целом. Тем

Таблица 2. Значения интенсивности сигнала и показателя воздушности (ПВ) легких умерших новорожденных

Группа	Наблюдение	T1-взвешенные изображения						T2-взвешенные изображения					
		Интенсивность сигнала				ПВ ПЛ	ПВ ЛЛ	Интенсивность сигнала				ПВ ПЛ	ПВ ЛЛ
		Правое легкое (ПЛ)	Левое легкое (ЛЛ)	Воздух	Жидкость			Правое легкое (ПЛ)	Левое легкое (ЛЛ)	Воздух	Жидкость		
I	1	128	664	6,0	515	4,0	0,8	120	330	3,0	880	7,3	2,7
	2	488	750	7,0	409	0,8	0,5	330	200	6,0	300	0,9	1,5
	3	538	517	9,0	379	0,7	0,7	416	345	4,5	735	1,8	2,1
	4	769	530	9,0	588	0,8	1,1	330	300	3,0	720	2,2	2,4
	5	566	492	6,0	293	0,5	0,6	380	290	1,0	523	1,4	1,8
	6	688	741	11	557	0,8	0,8	521	450	4,5	1122	2,2	2,5
	7	719	693	7,0	393	0,5	0,6	239	208	5,0	639	2,7	3,1
	8	479	595	12	444	0,9	0,7	446	453	6,0	920	2,1	2,0
	9	873	887	12	516	0,6	0,6	870	837	8,0	1120	1,3	1,3
	M ± SD	583,1 ± 217,2	652,1 ± 130,6	8,8 ± 2,4	454,9 ± 95,8	1,1 ± 1,1	0,7 ± 0,2	405,8 ± 209,8	379,2 ± 193,4	4,6 ± 2,1	773,2 ± 270,1	2,4 ± 1,9	2,2 ± 0,5
II	10	144	72	6,0	277	1,9	3,8	195	176	3,0	590	3,0	3,4
	11	938	871	9,6	736	0,8	0,8	552	465	4,0	996	2,1	2,1
	12	605	564	9,0	420	0,7	0,7	119	133	3,0	500	4,2	3,8
	13	624	585	7,0	430	0,7	0,7	363	365	3,0	672	1,9	1,8
	14	251	569	9,0	349	1,4	0,6	251	312	3,0	690	2,7	2,2
	15	477	384	10	340	0,7	0,9	265	237	3,0	598	2,3	2,5
	16	829	866	10	573	0,7	0,7	436	456	7,0	1140	2,6	2,5
	17	581	541	5,0	435	0,7	0,8	287	278	3,0	742	2,6	2,7
	18	524	388	7,0	261	0,5	0,7	279	396	4,0	583	2,1	1,5
	19	359	250	3,0	930	2,6	3,7	359	363	3,0	930	2,6	2,6
	20	504	678	3,0	341	0,7	0,5	446	323	2,0	926	2,1	2,9
	21	362	419	5,0	514	1,4	1,2	160	176	1,0	412	2,6	2,3
M ± SD	516,5 ± 225,3	515,6 ± 232,8	7,0 ± 2,6	467,2 ± 197,5	1,1 ± 0,6	1,3 ± 1,1	309,3 ± 127,0	306,7 ± 109,6	3,3 ± 1,4	731,6 ± 220,5	2,6 ± 0,6	2,5 ± 0,6	

не менее, мы полагаем, что значение ПВ менее 2,5, регистрируемое одновременно в обоих легких на T2ВИ, свидетельствует о наличии пневмонии. Эта закономерность была отмечена в 7 из 9 случаев в основной группе. В двух оставшихся наблюдениях более высокое значение ПВ было обусловлено сопутствующими патологиями: пневмотораксом в наблюдении № 1 и отечной формой гемолитической болезни в наблюдении № 7. В группе сравнения значения ПВ превышали 2,5 в обоих легких в 9 из 12 случаев. В трех наблюдениях, где показатель воздушности был менее 2,5 в обоих легких и тем самым указывал на наличие пневмонии, диагностировали множественные врожденные пороки развития (наблюдение № 11) и врожденную ложную левостороннюю диафрагмальную грыжу (наблюдения № 13 и 18).

Предложенный коэффициент позволяет, на наш взгляд, нивелировать или даже исключить погрешности, связанные с особенностями работы аппарата и индивидуальными настройками сканирования.

Полученные нами результаты диагностической эффективности метода превосходят данные Arthurs и соавт. [21], показавших, что чувствительность посмертной МРТ пневмонии у плодов, новорожденных и детей составила 12,5 %, специфичность — 92,6 %, а прогностическая ценность положительного результата — 25 %. Возможно, это объясняется тем, что в этом исследовании заключение о наличии или отсутствии пневмонии делали на основании визуальной оценки воздушности–уплотнения ткани легко-

го. В этой же работе было показано, что эффективность МРТ-диагностики повышается с возрастом умершего пациента: худшие результаты (69,7 % расхождений с результатами морфологического исследования) были получены для плодов, погибших до 24 недели гестации.

С одной стороны, выявление при помощи МРТ поражений легких, в том числе пневмонии, в клинической практике является достаточно трудной задачей: МРТ-изображения легких характеризуются низким качеством из-за малой плотности протонов и большого количества градиентов воздух–ткань [22, 23]. С другой стороны, еще в 1990-х гг. Herold и соавт. [24] и Blum и соавт. [25] указали на умеренную интенсивность сигнала на T1-взвешенных изображениях и высокую — на T2-взвешенных изображениях при диагностике аспергиллезной пневмонии у иммунокомпрометированных пациентов. В качестве несомненного достоинства МРТ следует указать на возможность достаточно четкого определения как абсолютных, так и относительных размеров легких, отражающих в определенной мере развитие легочной недостаточности [26, 27].

Причинами артефактов на томограммах являются движения легких во время дыхания и пульсация крови в сердечно-сосудистой системе, особенно у новорожденных [28]. Для посмертной МРТ это неактуально, хотя следует отметить, что возникает проблема корректной оценки неспецифических посмертных изменений, связанных с перераспределением крови и аутолизом [20, 29, 30]. Для повышения точности диагностики и возможности прове-

дения дифференциальной диагностики некоторые авторы предлагают дополнить посмертную МРТ гистологическим анализом образцов ткани легкого, получаемых чрескожно или эндоскопически [31].

Поскольку эффективность посмертной МРТ-диагностики в значительной степени зависит от типа томографа и используемых настроек, необходима разработка специальных протоколов исследования, учитывающих не только тип оборудования, но также режимы и программы сканирования. Taylor и соавт. [32] пришли к выводу о необходимости использования отдельных протоколов при анализе тел погибших плодов и умерших детей.

## Выводы

Посмертная магнитно-резонансная томография эффективна для выявления врожденной пневмонии у мертво-

рожденных и умерших новорожденных. При этом для верификации патологии более важны не конкретные характеристики легочной ткани на томограммах, а соотношение значений интенсивности сигнала от ткани легких и жидкости (в данном случае — плевральной) на T2-взвешенных изображениях. Это соотношение, показатель воздушности, позволяет нивелировать влияние индивидуальных настроек томографа на результаты диагностики. Различия по показателю воздушности, выявленные нами в исследовании между группой детей, умерших от врожденной пневмонии, и группой детей, умерших по другим причинам, были статистически недостоверны из-за малой выборки. Возможно, исследование с большим числом наблюдений подтвердит наше предположение о том, что при значении показателя воздушности менее 2,5 в обоих легких на T2-взвешенных изображениях можно диагностировать врожденную пневмонию.

## Литература

1. Гребенников В. А., Ионов О. М., Мостовой А. В., Овсянников Д. Ю., Дегтярев Д. Н. Дыхательные расстройства. В кн.: Володин Н. Н., редактор. Неонатология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. с. 246–92.
2. Duke T. Neonatal pneumonia in developing countries. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2005; 90 (3): F211–9.
3. Щеголев А. И., Туманова У. Н., Фролова О. Г. Региональные особенности мертворождаемости в Российской Федерации. В сб.: Межрегиональная научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные вопросы судебно-медицинской экспертизы и экспертной практики в региональных бюро судебно-медицинской экспертизы на современном этапе»; 21–22 ноября 2013 г.; Рязань, Россия. Рязань; 2013. с. 163–9.
4. Щеголев А. И., Туманова У. Н., Шувалова М. П., Фролова О. Г. Врожденная пневмония как причина перинатальной смерти в Российской Федерации. Неонатология: новости, мнения, обучение. 2016; 2: 61–6.
5. Хрущевски Э., Шперль-Зейфридова Г., Черваков В. Ф., редакторы. Секция трупов плодов и новорожденных. М.: Медгиз; 1962. с. 224.
6. Сорокин А. Ф. Пневмонии новорожденных. В книге: Ивановская Т. Е., Леонова Л. В., редакторы. Патологическая анатомия болезней плода и ребенка. М.: Медицина; 1989. с. 208–10.
7. Вишневецкий А. А., Кармазановский Г. Г., Коков Л. С., Быков Г. А., Борисов В. В., Щеголев А. И. Современные возможности диагностики в торакальной хирургии. Хирургия. Журнал имени Н. И. Пирогова. 2003; 3: 92–5.
8. Verschakelen JA, De Wever W. Computed tomography of the lung. A pattern approach. Berlin: Springer-Verlag; 2007.
9. Тюрин И. Е. Новые горизонты торакальной хирургии. Поликлиника. 2013; 5 (1): 12–7.
10. Michiue T, Sakurai T, Ishikawa T, Oritani S, Maeda H. Quantitative analysis of pulmonary pathophysiology using postmortem computed tomography with regard to the cause of death. Forensic Sci Int. 2012; 220 (1–3): 232–8.
11. Федосеева В. К., Туманова У. Н., Ляпин В. М., Воеводин С. М., Щеголев А. И. Возможности использования мультиспиральной компьютерной томографии в посмертной диагностике патологии плодов и новорожденных. Российский электронный журнал лучевой диагностики. 2013; 3 (S2): 448.
12. Puderbach M, Kauczor HU. Can lung MR replace lung CT? Pediatr Radiol. 2008; 38 Suppl 3: S439–51.
13. Eibel RP, Herzog O, Dietrich C, Rieger H, Ostermann M, Reiser S, et al. Nachweis von pneumonischen Infiltraten mit der MRT. Radiologe. 2006; 46: 267–74. German.
14. Rupprecht T, Böwing B, Kuth R, Deimling M, Rascher W, Wagner M. Steady-state free precession projection MRI as a potential alternative to the conventional chest X-ray in pediatric patients with suspected pneumonia. Eur Radiol. 2002; 12 (11): 2752–6.
15. Leutner CC, Gieseke J, Lutterbey G, Kuhl C K, Glasmacher A, Wardelmann E, et al. MR-imaging of pneumonia in immunocompromised patients: comparison with helical CT. AJR Am J Roentgenol. 2000; 175 (2): 391–7.
16. Barber JL, Sebire NJ, Chitty LS, Taylor AM, Arthurs OJ. Lung aeration on post-mortem magnetic resonance imaging is a useful marker of live birth versus stillbirth. Int J Legal Med. 2015; 129 (3): 531–6.
17. Туманова У. Н., Быченко В. Г., Ляпин В. М., Воеводин С. М., Щеголев А. И., Сухих Г. Т., авторы. Научный центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени В. И. Кулакова, патентообладатель. Способ дифференциальной диагностики мертворожденного и смерти новорожденного после рождения. Патент РФ №2577454 от 18.06.2015.
18. Lally PJ, Arthurs O, Addison S, Alavi A, Sebire NJ, Taylor A, et al. Estimating maceration severity using whole body magnetic resonance T2 relaxometry. Arch Dis Child Fetal Neonatal. 2014; (S1): A92–3.
19. Tumanova UN, Lyapin VM, Voevodin SM, Shchegolev AI, Sukhikh GT. Postmortem MRI to determine the time of intrauterine fetal death. Vichows Archiv. 2015; 467 (S1): 27.
20. Туманова У. Н., Щеголев А. И. Неспецифические посмертные изменения, выявляемые при компьютерно-томографическом исследовании. В сборнике: Международная конференция «Криминалистическое сопровождение расследования преступлений: проблемы и пути их решения»; 19 февраля 2016 г.; Москва, Россия. М.; 2016. с. 525–9.
21. Arthurs OJ, Thayyil S, Olsen OE, Addison S, Wade A, Jones R, et al. Diagnostic accuracy of post-mortem MRI for thoracic abnormalities in fetuses and children. Eur Radiol. 2014; 24: 2876–84.
22. Bankier AA, O'Donnell CR, Mai VM, Storey P, De Maertelaer V, Edelman RR, et al. Impact of lung volume on MR signal intensity changes of the lung parenchyma. J Magn Reson Imaging. 2004; 20 (6): 961–6.
23. Ciet P, Tiddens HAWM, Wielopolski PA, Wild JM, Lee EY, et al. Magnetic resonance imaging in children: common problems and possible solutions for lung and airways imaging. Pediatr Radiol. 2015; 45 (13): 1901–5.
24. Herold CJ, Mostbeck G, Kramer J, Schwarzingler I, Wrba F, Haller J, et al. Invasive pulmonary aspergillosis: radiologic and magnetic resonance tomographic characteristics. Rofo. 1990; 153 (5): 569–74.
25. Blum U, Windfuhr M, Buitrago-Tellez C, Sigmund G, Herbst EW, Langer M. Invasive pulmonary aspergillosis. MRI, CT and plain radiographic findings and their contribution for early diagnosis. Chest. 1994; 106 (4): 1156–61.
26. Thayyil S, Schievano S, Robertson NJ, Jones R, Chitty LS,

- Sebire NJ, et al. A semi-automated method for non-invasive internal organ weight estimation by post-mortem magnetic resonance imaging in fetuses, newborns and children. *Eur J Radiol.* 2009; 72: 321–6.
27. Туманова У. Н., Быченко В. Г., Ляпин В.М., Воеводин С. М., Щеголев А. И. Врожденная диафрагмальная грыжа у новорожденного: МРТ – патоморфологические сопоставления. *Медицинская визуализация.* 2014; 4: 72–83.
28. Liszewski MC, Hersman FW, Altes TA, Ohno Y, Ciet P, Warfield SK, et al. Magnetic resonance imaging of pediatric lung parenchyma, airways, vasculature, ventilation, and perfusion: state of the art. *Radiol Clin N Am.* 2013; 51 (4): 555–82.
29. Дуброва С. Э., Вишнякова М. В., Кинле А. Ф., Филимонов Б. А. Особенности компьютерной томографии трупа: проблема интерпретации специфических и неспецифических артефактов. *Лучевая диагностика и терапия.* 2016; 1: 25–40.
30. Туманова У. Н., Щеголев А. И. Посмертная магнитно-резонансная томография плодов и новорожденных. *Медицинская визуализация.* 2015; 5: 128–36.
31. Sebire NJ, Weber MA, Thayyil S, Mushtaq I, Taylor A, Chitty LS. Minimally invasive perinatal autopsies using magnetic resonance imaging and endoscopic postmortem examination (“keyhole autopsy”): feasibility and initial experience. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2012; 25 (5): 513–8.
32. Taylor AM, Sebire NJ, Ashworth MT, Schievano S, Scott RJ, Wade A, et al. Postmortem Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging in Fetuses and Children: A Masked Comparison Study With Conventional Autopsy. *Circulation.* 2014; 129 (19): 1937–44.
1. Grebennikov VA, Ionov OM, Mostovoy AV, Ovsyannikov DYU, Degtyarev DN. Dykhatel'nye rasstroystva. In: Volodin NN, editor. *Neonatologiya: natsional'noe rukovodstvo.* Moscow: GEOTAR-Media; 2009. p. 246–92. Russian.
2. Duke T. Neonatal pneumonia in developing countries. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2005; 90 (3): F211–9.
3. Shchegolev AI, Tumanova UN, Frolova OG. [Regional features of stillbirth in the Russian Federation]. In: *Mezhregional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem “Aktual'nye voprosy sudebno-meditsinskoj ekspertizy i ekspertnoy praktiki v regional'nykh byuro sudebno-meditsinskoj ekspertizy na sovremennom etape”;* 2013 Nov 21–22; Ryazan, Russia. Ryazan; 2013. p. 163–9. Russian
4. Shchegolev AI, Tumanova UN, Shuvalova MP, Frolova OG. Vrozhden'naya pnevmoniya kak prichina perinatal'noy smerti v Rossiyskoj Federatsii. *Neonatologiya: novosti, mneniya, obucheniye* 2016; 2: 61–6. Russian.
5. Khrushchevskiy E, Shperl'-Zeyfridova G, Chervakov VF, editors. *Sektsiya trupov plodov i novorozhdennykh.* Moscow: Medgiz; 1962. p. 224. Russian.
6. Sorokin AF. Pnevmonii novorozhdennykh. In: Ivanovskaya TE, Leonova LV, editors. *Patologicheskaya anatomiya bolezney ploda i rebenka.* Moscow: Meditsina; 1989. p. 208–10. Russian.
7. Vishnevskiy AA, Karmazanovskiy GG, Kokov LS, Bykov GA, Borisov VV, Shchegolev AI. *Sovremennye vozmozhnosti diagnostiki v torakal'noy khirurgii.* *Khirurgiya. Zhurnal imeni N. I. Pirogova.* 2003; 3: 92–5. Russian.
8. Verschakelen JA, De Wever W. *Computed tomography of the lung. A pattern approach.* Berlin: Springer-Verlag; 2007.
9. Tyurin IE. *Novye gorizonty torakal'noy khirurgii.* *Poliklinika.* 2013; 5 (1): 12–7. Russian.
10. Michiue T, Sakurai T, Ishikawa T, Oritani S, Maeda H. Quantitative analysis of pulmonary pathophysiology using postmortem computed tomography with regard to the cause of death. *Forensic Sci Int.* 2012; 220 (1–3): 232–8.
11. Fedoseeva VK, Tumanova UN, Lyapin VM, Voevodin SM, Shchegolev AI. *Vozmozhnosti ispol'zovaniya mul'tispiral'noy komp'yuternoy tomografii v posmertnoy diagnostike patologii plodov i novorozhdennykh.* *Rossiyskiy elektronnyy zhurnal luchevoy diagnostiki.* 2013; 3 (S2): 448. Russian.
12. Puderbach M, Kauczor HU. Can lung MR replace lung CT? *Pediatr Radiol.* 2008; 38 Suppl 3: S439-51.
13. Eibel RP, Herzog O, Dietrich C, Rieger H, Ostermann M, Reiser S, et al. Nachweis von pneumonischen Infiltraten mit der MRT. *Radiologe.* 2006; 46: 267–74. German.
14. Rupprecht T, Böwing B, Kuth R, Deimling M, Rascher W, Wagner M. Steady-state free precession projection MRI as a potential alternative to the conventional chest X-ray in pediatric patients with suspected pneumonia. *Eur Radiol.* 2002; 12 (11): 2752–6.
15. Loutner CC, Gieseke J, Lutterbey G, Kuhl C K, Glasmacher A, Wardelmann E, et al. MR-imaging of pneumonia in immunocompromised patients: comparison with helical CT. *AJR Am J Roentgenol.* 2000; 175 (2): 391–7.
16. Barber JL, Sebire NJ, Chitty LS, Taylor AM, Arthurs OJ. Lung aeration on post-mortem magnetic resonance imaging is a useful marker of live birth versus stillbirth. *Int J Legal Med.* 2015; 129 (3): 531–6.
17. Tumanova UN, Bychenko VG, Lyapin VM, Voevodin SM, Shchegolev AI, Sukhikh GT, inventors. Kulakov Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology, assignee. *Sposob differentsial'noy diagnostiki mertvorozhdenogo i smerti novorozhdenного после rozhdeniya.* Patent. RU 2577454 2015 Jun 18. Russian.
18. Lally PJ, Arthurs O, Addison S, Alavi A, Sebire NJ, Taylor A, et al. Estimating maceration severity using whole body magnetic resonance T2 relaxometry. *Arch Dis Child Fetal Neonatal.* 2014; (S1): A92–3.
19. Tumanova UN, Lyapin VM, Voevodin SM, Shchegolev AI, Sukhikh GT. Postmortem MRI to determine the time of intrauterine fetal death. *Vichows Archiv.* 2015; 467 (S1): 27.
20. Tumanova UN, Shchegolev AI. *Nespetsificheskie posmertnye izmeneniya, vyavlyaemye pri komp'yuterno-tomograficheskom issledovanii.* In: *Mezhdunarodnaya konferentsiya “Kriminalisticheskoe soprovozhdenie rassledovaniya prestupleniy: problemy i puti ikh resheniya”;* 2016 Feb 19; Moscow, Russia. Moscow; 2016. p. 525–9. Russian.
21. Arthurs OJ, Thayyil S, Olsen OE, Addison S, Wade A, Jones R, et al. Diagnostic accuracy of post-mortem MRI for thoracic abnormalities in fetuses and children. *Eur Radiol.* 2014; 24: 2876–84.
22. Bankier AA, O'Donnell CR, Mai VM, Storey P, De Maertelaer V, Edelman RR, et al. Impact of lung volume on MR signal intensity changes of the lung parenchyma. *J Magn Reson Imaging.* 2004; 20 (6): 961–6.
23. Ciet P, Tiddens HAWM, Wielopolski PA, Wild JM, Lee EY, et al. Magnetic resonance imaging in children: common problems and possible solutions for lung and airways imaging. *Pediatr Radiol.* 2015; 45 (13): 1901–5.
24. Herold CJ, Mostbeck G, Kramer J, Schwarzingler I, Wrba F, Haller J, et al. Invasive pulmonary aspergillosis: radiologic and magnetic resonance tomographic characteristics. *Rofo.* 1990; 153 (5): 569–74.
25. Blum U, Windfuhr M, Buitrago-Tellez C, Sigmund G, Herbst EW, Langer M. Invasive pulmonary aspergillosis. MRI, CT and plain radiographic findings and their contribution for early diagnosis. *Chest.* 1994; 106 (4): 1156–61.
26. Thayyil S, Schievano S, Robertson NJ, Jones R, Chitty LS, Sebire NJ, et al. A semi-automated method for non-invasive internal organ weight estimation by post-mortem magnetic resonance imaging in fetuses, newborns and children. *Eur J Radiol.* 2009; 72: 321–6.
27. Tumanova UN, Bychenko VG, Liapin VM, Voevodin SM, Shchegolev AI. [Congenital Diaphragmatic Hernia in a Newborn: MRI – Pathomorphological Comparisons]. *Medical Visualization.* 2014; 4: 72–83. Russian.
28. Liszewski MC, Hersman FW, Altes TA, Ohno Y, Ciet P, Warfield SK, et al. Magnetic resonance imaging of pediatric lung parenchyma, airways, vasculature, ventilation, and perfusion: state of the art. *Radiol Clin N Am.* 2013; 51 (4): 555–82.

References

29. Dubrova SE, Vishnyakova MV, Kinle AF, Filimonov BA. [Features of computed tomography autopsy: the problem of interpretation of specific and nonspecific artifacts]. *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2016; 1: 25–40. Russian.
30. Tumanova UN, Shchyogolev AI. [Postmortem Magnetic Resonance Tomography of Fetuses and Newborns]. *Medical Visualization*. 2015; 5: 128–36. Russian.
31. Sebire NJ, Weber MA, Thayyil S, Mushtaq I, Taylor A, Chitty LS. Minimally invasive perinatal autopsies using magnetic resonance imaging and endoscopic postmortem examination (“keyhole autopsy”): feasibility and initial experience. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2012; 25 (5): 513–8.
32. Taylor AM, Sebire NJ, Ashworth MT, Schievano S, Scott RJ, Wade A, et al. Postmortem Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging in Fetuses and Children: A Masked Comparison Study With Conventional Autopsy. *Circulation*. 2014; 129 (19): 1937–44.