

ИНТЕРСТИЦИАЛЬНЫЙ СИНДРОМ И АЛЬВЕОЛЯРНАЯ КОНСОЛИДАЦИЯ КАК СОНОГРАФИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ГЕМОДИНАМИЧЕСКОГО ОТЕКА ЛЕГКИХ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА

© А.А. Мохаммад, И.И. Акиншин, Е.В. Синельникова, А.Ю. Ротарь, В.Г. Часнык, И.В. Солодкова, Е.В. Барышек

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России
Для цитирования: Педиатр. – 2017. – Т. 8. – № 3. – С. 32–40. doi: 10.17816/PED8332-40
Поступила в редакцию: 06.04.2017
Принята к печати: 05.04.2017

С целью оценки возможности использования предложенных ранее для взрослых пациентов ультразвуковых сонографических феноменов «альвеолярная консолидация» и «интерстициальный синдром» в выявлении гемодинамического отека легких при врожденных пороках сердца у детей раннего возраста был обследован 131 ребенок в возрасте 1–246 дней. Из них 47 детей имели врожденные пороки сердца, 51 ребенок – хроническую соматическую патологию в сочетании с открытым овальным окном, а 33 ребенка – соматическую патологию, не ассоциированную ни с врожденными пороками, ни с малыми аномалиями сердца. Длительность наблюдения и количество сеансов УЗ-сканирования определялись тяжестью и динамикой состояния ребенка. Формализованная карта включала в себя 179 признаков, зарегистрированных в ходе физикального, инструментального и лабораторного исследований, проведенных в соответствии с действующими клиническими рекомендациями. Ультразвуковое исследование сердца и легких проводили при помощи ультразвуковых сканеров LOGIQ E (General Electric) и HD11 (Philips) с использованием линейного, конвексного и секторного датчиков с частотами 7–12, 3–5 и 1,7–4,0 МГц соответственно. Дополнительно к стандартным характеристикам описания сердца и легких регистрировали суммарную по всем сегментам площадь консолидированных участков легких, суммарное по всем сегментам легких количество В-линий, амплитуду движения диафрагмы, амплитуду движения легких, а также рассчитывали отношение амплитуд движения диафрагмы и легких. Попытка описания гемодинамики в малом круге кровообращения в терминах ультразвуковой сонографии легких для случаев дефектов, достоверно влияющих на наполнение малого круга кровообращения и достоверно не влияющих, оказалась успешной. Наиболее информативными характеристиками были ультразвуковая суммарная площадь безвоздушных субплевральных участков легочной ткани и выраженность интерстициального синдрома в легких. Сделан вывод о том, что ультразвуковые показатели интерстициального отека и альвеолярной консолидации целесообразно использовать в качестве маркеров гемодинамических нарушений в малом круге кровообращения при врожденных пороках сердца у детей раннего возраста.

Ключевые слова: новорожденные дети; ультразвуковая диагностика; интерстициальный синдром; консолидация; гемодинамический отек легких.

INTERSTITIAL SYNDROME AND ALVEOLAR CONSOLIDATION: SONOGRAPHIC MARKERS OF HEMODYNAMIC PULMONARY EDEMA IN INFANTS

© А.А. Mohammad, I.I. Akinshin, E.V. Sinelnikova, A.Yu. Rotar, V.G. Chasnyk, I.V. Solodkova E.V. Baryshek
St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Russia

For citation: *Pediatrician (St Petersburg)*, 2017;8(3):32-40

Received: 06.04.2017

Accepted: 05.04.2017

With the purpose to evaluate the possibility to describe haemodynamic pulmonary oedema in babies with congenital heart disease using the suggested previously for adults sonographic phenomena “alveolar consolidation” and “interstitial syndrome” 131 children of both genders were examined at the age of 1-246 days. Of these, 47 babies had congenital heart anomalies, 51 had chronic somatic pathology and patent foramen ovale and 33 patients had a somatic pathology associated neither with congenital heart disease, nor with small heart abnormalities. The duration of observation and the number of sessions of ultrasound scanning were determined by the dynamics of health status of a baby. All babies were described in terms of 179 characteristics of physical examination, laboratory and instrumental findings, obtained during standard procedures. Echocardiography and ultrasound lung scans were performed with LOGIQ E (General Electric) and HD11 (Philips)

using linear, convex and sector transducers (7-12 MHz, 3-5 MHz and 1.7-4.0 MHz correspondingly). In addition to standard protocols of heart and lungs description we registered also the square of consolidated parcels summarized for all lung segments, the number of B-lines summarized for all lung segments, the swing of diaphragm and lungs movement and calculated the diaphragm and lungs swing ratio. An attempt to describe the differences between pulmonary circulation in terms of pulmonary ultrasound sonography for heart defects for certain associated and not associated with lung filling with blood was successful. The total area of air-free/consolidated subpleural parcels of lungs and the extent of interstitial lung syndrome were the most informative sonographic characteristics. It was concluded that the interstitial oedema and alveolar consolidation, described in terms of transthoracic ultrasound sonography are advisable to use as markers of the disorders of pulmonary circulation, associated with heart congenital malformations in babies and infants.

Keywords: newborn; ultrasound sonography; interstitial lung disease; consolidation; hemodynamic pulmonary oedema.

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Последнее десятилетие ознаменовалось успехами в области диагностики заболеваний легких с использованием ультразвуковой визуализации. Активно идет накопление опыта использования трансторакальной сонографии при диагностике достаточно широкого спектра патологии, относимой к компетенции интернистов, хирургов [10] и педиатров [5, 19]. При этом особое внимание уделяется исследованию возможностей использования сонографии в отделениях реанимации и отделениях новорожденных, то есть там, где диагностика необходима прямо у постели больного, однако до сих пор эти исследования остаются на уровне пилотных проектов [18, 23, 24].

Ультразвуковое трансторакальное исследование легких возможно благодаря наличию в легочной ткани внеклеточной жидкости, сначала делающей стенки альвеол толще (первая фаза), а затем заполняющей альвеолы (вторая фаза) вследствие воспалительного либо гемодинамического отека. В первую фазу нарушение нормального соотношения воздуха и жидкости визуализируется в виде артефакта (реверберации), представляющего собой линейные гиперэхогенные сигналы, поддающиеся счету и называемые кометами [3, 4, 6, 9, 14, 15, 17] или В-линиями [13, 21]. Появление таких линий принято считать свидетельством так называемого интерстициального синдрома [12, 16, 22, 23]. Во время второй фазы происходит заполнение альвеол жидкостью, визуализируются участки уплотнения легких, площадь которых можно подсчитать. Эти участки стали обозначать термином «альвеолярная консолидация» [11, 23].

Попытки использовать ультразвуковую сонографию для определения состояния легких при кардиологической патологии у взрослых использовались неоднократно [7, 8, 20], в отличие от детей. Это в значительной мере обусловлено особенностями формирования сердечной недостаточности в раннем детском возрасте, в абсолютном большинстве случаев не позволяющими уверенно ее классифицировать.

Цель исследования — оценить возможности использования ультразвуковых сонографических феноменов «альвеолярная консолидация» и «интерстициальный синдром» в выявлении гемодинамического отека легких при врожденных пороках сердца у детей раннего возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в отделении реанимации новорожденных, в неонатальных отделениях и в педиатрическом отделении № 3 Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета.

Формализованная карта включала в себя 179 признаков, зарегистрированных в ходе физикального, инструментального и лабораторного исследований, осуществленных в соответствии с действующими клиническими рекомендациями [1, 2].

Ультразвуковое исследование сердца и легких проводили с использованием ультразвуковых сканеров LOGIQ E фирмы GE и HD11 фирмы Philips с использованием линейного, конвексного и секторного датчиков с частотами 7–12, 3–5 и 1,7–4,0 МГц соответственно. Пациент во время исследования находился в положении лежа на спине, затем на животе, в некоторых случаях — на боку. Диагностические программы были расширены в части углубленного описания состояния легких в терминах ультразвуковой сонографии. Регистрировали следующие сонографические характеристики легких [10, 19, 24]:

- 1) суммарную по всем сегментам площадь консолидированных участков легких в мм² (AirLessTotal);
- 2) суммарное по всем сегментам легких количество В-линий в единицах (SDtot);
- 3) амплитуду движения диафрагмы в мм (DiafMove);
- 4) амплитуду движения легких в мм (LungMove);
- 5) отношение амплитуд движения диафрагмы и легких в единицах, расчетная величина (DiafLung).

Обследован 131 ребенок обоего пола (53 % — мальчики) в возрасте 1–246 дней. Поскольку в настоящем исследовании учитывали наличие любой анатомической возможности обмена кровью между

Таблица 1

Общее количество обследованных детей и их распределение по группам диагнозов

Основной диагноз	Кол-во детей	Возраст (дней)	Количество исследований
Общее количество обследованных	131	1–246	240
Количество детей с врожденными пороками сердца	47	2–246	74
Количество детей с прочей патологией, из них:	84	1–130	91
• прочая патология + открытое овальное окно	51	5–97	76

Таблица 2

Краткая общая характеристика обследованных

Характеристика	Среднее значение (M)	Средняя ошибка от M	Диапазон значений
Срок гестации при рождении (недель)	33,4	0,3	24–42
Длина тела при рождении (см)	43,6	0,5	28–59
Масса тела при рождении (г)	2054	64	640–4650
Апгар 1 (баллы)	7 (медиана)	–	1–9
Апгар 5 (баллы)	7 (медиана)	–	1–9
Масса тела в день обследования	2656	76	650–5790

Таблица 3

Распределение детей с патологией сердца по основным диагнозам

Дефект	Возраст (дней) на момент обследования	Количество детей	Количество исследований	Размеры (мм)	
				Max	Min
ООО только	1–166	57	79	3,7	1,0
ООО в комплексе	5–246	30	49	4,2	1,0
ОАП только	8–39	5	8	3,0	1,0
ОАП в комплексе, из них: • закрывшихся в периоде наблюдения	2–104	20	36	4,5	1,0
	25–97	2	7	2,0 => 0,0	
ДМПП только	9–73	7	8	8,0	2,0
ДМПП в комплексе	9–159	9	14	8,0	3,0
ДМЖП только	20–124	8	9	10,0	2,0
ДМЖП в комплексе	2–246	25	38	10,0	1,0
Стеноз легочной артерии в комплексе	10–86	3	7	–	–
Аномальный дренаж легочных вен в комплексе	2–125	2	3	–	–

Примечание: ООО — открытое овальное окно; ОАП — открытый артериальный проток; ДМПП — дефект межпредсердной перегородки; ДМЖП — дефект межжелудочковой перегородки

малым и большим кругом кровообращения, функционирующие открытое овальное окно и открытый артериальный проток считали дефектом в любом возрасте. Распределение обследованных детей по группам представлено в табл. 1.

Длительность наблюдения и количество сеансов УЗ-сканирования определялись тяжестью и динамикой состояния ребенка. Наиболее общие характеристики обследованных представлены в табл. 2.

В целом доля детей, состояние которых на момент начала исследования оценивалось как тяжелое, составила около 30 %.

Распределение детей с патологией сердца по основным диагнозам представлено в табл. 3. Критерием исключения для детей данной группы было наличие у ребенка пневмонии, аспирации мекония, бронхолегочной дисплазии, синдрома дыхательных расстройств.

Таблица 4

Варианты комбинаций пороков и открытого овального окна

Дефект	Возраст (дней)	Количество детей	Количество исследований	Размеры (мм)	
				Max	Min
ООО + ОАП	5–104	13	26	4,2	1,0
				4,0	1,0
ООО + ДМЖП	2–246	11	15	4,0	1,0
				10,0	1,0
ДМПП + ДМЖП	9–159	6	10	8,0	3,5
				10,0	3,0
ООО + ДМЖП + ОАП	17–61	3	7	4,0	1,0
				8,0	3,0
				4,5	1,5
ДМПП + ОАП	77–97	1	2	8 2 => 0,0	
ДМЖП + ОАП	46–73	1	3	3,2	3,0
ООО + ДМЖП + ОАП + аномальный дренаж легочных вен	2	1	1	2,5	2,5
				2,5	3,0
				3,0	
ДМПП + ДМЖП + аномальный дренаж легочных вен	118–125	1	2	3	7 => 4
ООО + ОАП + СЛА	10–67	1	4	1,0	2,0
					–
ДМПП + ДМЖП + СЛА	45	1	1	5,0	3,0
					–
ООО + ДМЖП + СЛА	58–86	1	2	3,0	8,0
					–

Примечание: ООО — открытое овальное окно; ОАП — открытый артериальный проток; ДМПП — дефект межпредсердной перегородки; ДМЖП — дефект межжелудочковой перегородки; СЛА — стеноз легочной артерии

Таблица 5

Распределение детей без поражения сердца и легких по диагнозам

Диагноз	Количество обследованных	Возраст (дней) на момент обследования	Количество исследований
Внутриамниотическая инфекция плода	31	2–97	40
Гипоксическое поражение ЦНС	32	1–130	51
Заболевания ЖКТ, умеренная гипотрофия	21	1–166	23

Примечание: ЦНС — центральная нервная система; ЖКТ — желудочно-кишечный тракт

Функционирующее открытое овальное окно, в некоторых случаях достигающее в диаметре 4,2 мм, определялось устойчиво со сбросом крови слева направо у большинства детей. Только в двух случаях при наблюдении в динамике было зарегистрировано прекращение через него тока крови.

Как видно из представленных данных, из всех обследованных только 3 ребенка имели порок с обеднением малого круга кровообращения.

Открытый артериальный проток регистрировали у 53 % детей кардиологической группы на сроках от 2 до 104 дней, причем его закрытие зарегистрировали всего у двух детей и на достаточно поздних сроках. Это связано с тем, что в абсолютном большинстве случаев открытый артериальный проток входил в комплекс дефектов, а не являлся единственным (см. табл. 4).

Распределение детей без поражения сердца и легких представлено в табл. 5. Критерием вклю-

Таблица 6

Значение характеристик, описывающих интерстициальный синдром и альвеолярную консолидацию, а также характеристика правых отделов сердца в терминах ультразвуковой сонографии у детей с открытым овальным окном и неполным дренажом легочных вен

Вид дефекта	Характеристика	Среднее значение		T	p
		0*	1*		
Открытое овальное окно без прочих дефектов	AirlessTotal	96,88000	64,97468	1,15164	0,250829
	SDtot	10,70400	9,94937	0,77272	0,440593
	LA	10,53660	10,57568	-0,10054	0,920032
	RV	9,71099	10,10000	-0,64921	0,517238
	PA	7,90408	8,55541	-1,02932	0,304793
	PAV _{max}	1,30029	1,13615	1,06965	0,286201
	PAP	25,77027	23,11087	1,18104	0,239960
Неполный дренаж легочных вен в комплексе прочих дефектов	AirlessTotal	78,44000	299,00000	-2,02040	0,044669
	SDtot	10,40000	13,00000	-0,65700	0,511934
	LA	10,53472	12,15000	-0,88738	0,376072
	RV	9,84056	10,6667	-0,40327	0,687348
	PA	8,18343	8,2333	-0,02079	0,983440
	PAV _{max}	1,22556	1,5167	-0,48593	0,627602
	PAP	24,90254	15,8000	1,06322	0,289851

Примечание: 0* — нет дефекта, 1* — есть дефект, выделено существенное различие; LA — диаметр левого предсердия (мм); RV — диаметр правого желудочка (мм); PA — диаметр легочной артерии (мм); PAV_{max} — максимальная скорость кровотока в легочной артерии (м/с); PAP — среднее давление в легочной артерии (мм Hg)

чения детей в группу сравнения было отсутствие в анамнезе и на момент исследования патологии сердца и легких по клиническим, инструментальным и лабораторным признакам.

В связи с многофакторностью исследуемых явлений при анализе полученных результатов наряду с рутинными параметрическими методами оценивания (*t*-критерий Фишера–Стьюдента) использовали множественный регрессионный анализ. Статистическая обработка материала проведена штатными средствами пакета Statistica for Windows ver. 6 (StatSoft Inc., No AX204B521115F60).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Попытка описания гемодинамики малого круга кровообращения в терминах ультразвуковой сонографии для случаев дефектов, априорно известных как влияющие на наполнение малого круга кровообращения (неполный дренаж легочных вен) и не влияющие (открытое овальное окно), оказалась успешной (см. табл. 6). В случае функционирующего овального окна различий между группами детей, имеющих его и не имеющих его, не выявлено ни по одной из зарегистрированных характеристик, несмотря на то что размер окна у значительной части детей был достаточно большим (см. табл. 3). При полном дренаже легочных вен зарегистрировано до-

стоверное увеличение площади альвеолярной консолидации (AirLessTotal) в 3,8 раза ($p = 0,045$) при отсутствии различий размеров левого предсердия, правого желудочка, диаметра легочной артерии, максимальной скорости кровотока и среднего давления в легочной артерии вследствие наличия компенсирующих дефектов.

С учетом наличия в выборке большого количества сложных пороков было проведено линейное множественное регрессионное моделирование (пошаговое включение) с предварительным выбором факторов на уровне взаимосвязанности не выше 0,4. Всего было построено 19 моделей с достигнутым уровнем объясненной дисперсии 35–82 % с включением характеристик AirLessTotal, SDtot, LungMove и DiafMove вместе и порознь. Некоторые результаты моделирования с использованием характеристик SDtot и RV в качестве управляющих, физикальных и лабораторных характеристик, а также характеристик состояния правых отделов сердца и легких в терминах ультразвуковой сонографии, представлены в табл. 7, 8. Уравнение регрессии с коэффициентами, представленными в табл. 7, при незначительной взаимосвязи признаков (коэффициент корреляции 0.26 Durbin-Watson) обеспечивают 78 % объясненной дисперсии значения характеристики SDtot, отражающей выраженность интерстициального синдрома.

Таблица 7

Результаты регрессионного моделирования значения характеристики SDtot. Regression Summary for Dependent Variable: SDtot (ivan_data_w9), $R = .93244324$ $R^2 = .86945039$ Adjusted $R^2 = .76263707$ $F(9,11) = 8.1399$ $p < .00099$ Std. Error of estimate: 2.4241 Durbin-Watson $d = 1.472474$, Serial Corr. 0.263094

Исследуемые характеристики	BETA	Std. Err. of BETA	B	Std. Err. of BETA	p-level
Intercept			100,0492	19,64767	0,000348
<i>m</i>	-0,856598	0,259351	-0,0041	0,00125	0,007042
CardRate	-0,992885	0,167861	-0,6257	0,10579	0,000101
AirLessTotal	0,316251	0,130543	0,0523	0,02160	0,033851
PAV _{max}	-0,237113	0,130261	-7,3759	4,05203	0,096003
pO ₂	-0,107595	0,141044	-0,0469	0,06149	0,461603
PA	-0,659042	0,233702	-2,9361	1,04117	0,016667
RespRate	0,405810	0,161775	0,6498	0,25902	0,029065
DiafLung	0,280194	0,133050	2,0494	0,97313	0,058991
mass	0,425926	0,321814	0,0022	0,00163	0,212513

Примечание: *m* — масса тела при рождении (г); CardRate — частота сердечных сокращений в момент исследования (1/мин); pO₂ — напряжение кислорода в плазме крови в момент исследования (мм Hg); RespRate — частота дыханий в момент исследования (1/мин); mass — масса тела в момент исследования (г); прочие обозначения — см. пояснения к табл. 6 и в тексте, выделены существенные значения

Таблица 8

Результаты регрессионного моделирования значения характеристики RV. Regression Summary for Dependent Variable: RV (ivan_data_w9) $R = .69223739$ $R^2 = .47919260$ Adjusted $R^2 = .41932968$ $F(10,87) = 8.0048$ $p < .00000$ Std. Error of estimate: 2.1761 Durbin-Watson $d = 1.263156$, Serial Corr. 0.3680869

Исследуемые характеристики	BETA	Std. Err. of BETA	B	Std. Err. of BETA	p-level
Intercept			1,230303	1,595912	0,442850
M	0,238464	0,099291	0,000708	0,000295	0,018449
PAP	0,312879	0,085093	0,093431	0,025410	0,000408
LA	0,272323	0,094498	0,300839	0,104394	0,004980
SDtot	0,316294	0,105903	0,146247	0,048967	0,003664
OAD	-0,200700	0,084468	-0,618692	0,260388	0,019695
OOO	0,245074	0,086941	0,572891	0,203234	0,005966
DMPP	0,189365	0,089900	0,430067	0,204173	0,038051
PA	-0,158417	0,080136	-0,087918	0,044474	0,050225
AirLessTotal	-0,202964	0,099895	-0,003599	0,001771	0,045227
Days	0,167797	0,092230	0,013347	0,007337	0,072302

Примечание: OAD — диаметр функционирующего артериального протока (мм); OOO — диаметр функционирующего овального окна в комплексе дефектов (мм); DMPP — диаметр дефекта межпредсердной перегородки (мм); Days — день жизни на момент обследования; прочие обозначения — см. пояснения к табл. 6, 7 и в тексте, выделены существенные значения

Интерес представляют, в частности, отрицательные коэффициенты при статистически значимых характеристиках *m*, CardRate и PA, свидетельствующий о том, что значение SDtot больше у детей, рожденных с малой массой тела, имеющих брадикардию при малом диаметре легочной артерии в момент осмотра. В совокупности с положительными коэффициентами при характеристиках AirLessTotal и RespRate модель

достаточно корректно описывает известные фундаментальные закономерности, причем значения коэффициентов указывают на закономерно больший вклад в формирование интерстициального синдрома диаметра легочной артерии по сравнению с вкладом массы тела при рождении.

В таблице 8 представлены коэффициенты при характеристиках регрессионного уравнения, опреде-

ляющего размер правого желудочка. В соответствие с классическими представлениями физиологии предполагалось, что интерстициальный синдром и альвеолярная консолидация при их достаточной выраженности и длительности будут влиять на размер правого желудочка наравне, например, с влиянием размера перегородочных дефектов. Представленные в таблице 8 коэффициенты уравнения регрессии при умеренной взаимосвязи признаков (коэффициент корреляции 0.37 Durbin-Watson) обеспечивают 42 % объясненной дисперсии значения характеристики RV.

Как видно, сонографические характеристики, отражающие интерстициальный синдром и альвеолярную консолидацию достоверно определяют размер правого желудочка.

Отрицательный коэффициент при характеристике OAD объясняется тем, что значительное количество открытых артериальных протоков — 7 из 12 без учета комплекса с открытым овальным окном (см. табл. 4) входили в сложные пороки, для которых уменьшение сброса по протоку приводит к увеличению кровотока по другому дефекту. Этим же объясняется и влияние диаметра овального окна. Отрицательный коэффициент при характеристике PA закономерен, а отрицательный коэффициент при характеристике AirLessTotal не имеет объяснения и нуждается в дополнительном исследовании с привлечением детального измерения давлений в камере сердца.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные нами результаты подтверждают целесообразность использования описаний интерстициального синдрома и альвеолярной консолидации в терминах ультразвуковой сонографии для оценки выраженности гемодинамического отека легких у детей раннего возраста.

Частота включения характеристик SDtot и AirLessTotal в регрессионные модели, описывающие по косвенным признакам состояние легких детей при врожденных пороках сердца, исключительно велика.

Характеристики SDtot (чаще) и AirLessTotal (реже) включались практически во все модели, причем практически всегда результаты моделирования соответствовали классическим представлениям клинической физиологии в части описания гемодинамики малого круга кровообращения. Несколько неожиданным оказалось редкое включение в модели характеристик DiafMove, LungMove и DiafLung, что отчасти может быть объяснено низкой растяжимостью легких в этом возрасте и тем, что вследствие раннего возраста ребенка диафрагма имеет меньшее значение при организации внешнего дыхания.

Более редкое включение характеристики AirLessTotal может быть объяснено техническими сложностями вычисления площади консолидации, приводящими к большей ошибке, а также малой численностью детей с консолидацией, поскольку количество детей с первой фазой отека в столь раннем возрасте значительно преобладает над количеством детей со второй фазой отека.

Недостатком модели, уравнение которой представлено в табл. 7, является то, что все управляющие характеристики, включенные в нее, за исключением массы тела и — в меньшей степени — диаметра легочной артерии, эпоха вариабельности во времени составляет минуты/часы. В то же время эпоха изменения выраженности управляемой переменной — интерстициального синдрома существенно больше (дни). Это предполагает высокую долю случайности в получении значений коэффициентов в такой комбинации. Модель, характеристики и коэффициенты уравнения которой представлены в таблице 8, отчасти устраняет этот недостаток, поскольку эпохи вариабельности управляемой и управляющих переменных приближены в ней до сравнимых величин.

ВЫВОДЫ

1. Интерстициальный отек и альвеолярная консолидация, описываемые в терминах трансторакальной ультразвуковой сонографии, целесообразно использовать в качестве маркеров гемодинамических нарушений в малом круге кровообращения при врожденных пороках у детей в раннем возрасте.
2. Характеристики интерстициального отека и альвеолярной консолидации достоверно связаны с клиническими, лабораторными и инструментальными признаками обогащением малого круга кровообращения.
3. Для разработки решающих правил дифференциальной диагностики различных видов и стадий нарушения гемодинамики в малом круге кровообращения, определения ошибок диагностики при использовании трансторакальной ультразвуковой сонографии нужны дополнительные исследования с измерением давления в полостях сердца и в крупных сосудах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Володин Н.Н., Байбарина Е., Буслаева Г., Дегтярев Д. Неонатология. Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2009. 848 с. [Volodin NN, Bajbarina E, Buslaeva G, Degtiarev D. Neonatology. National guide. Moscow: GEOTAR-Media; 2009. (In Russ.)]

2. Шабалов Н.П. Неонатология. Учебное пособие: в 2 т. Т. 1: 3-е изд., испр. и доп. М.: МЕДпресс-информ; 2004. 608 с. [Shabalov NP. Neonatology. Tutorial: Vol. 1. Moscow: MEDpress-inform; 2004. (In Russ.)]
3. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, et al. "Ultrasound comet-tail images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest*. 2005;127:1690-1695. doi: 10.1378/chest.127.5.1690.
4. Bedetti G, Gargani L, Corbisiero A, et al. Evaluation of ultrasound lung comets by hand-held echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound*. 2006;4:34. doi: 10.1186/1476-7120-4-34.
5. Cattarossi L. Lung ultrasound: its role in neonatology and pediatrics. *Early Human Development*. 2013;6:17-19. doi: 10.1016/S0378-3782(13)70006-9.
6. Frassi F, Gargani L, Gligorova S, et al. Clinical and echocardiographic determinants of ultrasound lung comets. *Eur J Echocardiogr*. 2007;8:474-479. doi: 10.1016/j.euje.2006.09.004.
7. Gargani L. Lung ultrasound: a new tool for the cardiologist. *Cardiovascular Ultrasound*. 2011;9:6. doi: 10.1186/1476-7120-9-6.
8. Gargani L, Frassi F, Soldati G, et al. Ultrasound lung comets for the differential diagnosis of acute cardiogenic dyspnoea: a comparison with natriuretic peptides. *Eur J Heart Fail*. 2008;10:70-77. doi: 10.1016/j.ejheart.2007.10.009.
9. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol*. 2004;93:1265-70. doi: 10.1016/j.amjcard.2004.02.012.
10. Koh DM, Burke S, Davies N, et al. Transthoracic US of the chest: clinical uses and applications. *Radiographics*. 2002;22:31. doi: 10.1148/radiographics.22.1.g02jae1e1.
11. Lichtenstein DA, Lascols N, Meziere GA, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med*. 2004;30:276-281. doi: 10.1007/s00134-003-2075-6.
12. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, et al. The comet-tail artifact: an ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156:1640-1646. doi: 10.1164/ajrcm.156.5.96-07096.
13. Martelius L, Henna H, Kirsi L. "B-Lines on Pediatric Lung Sonography". *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2016;35(1):153-157. doi: 10.7863/ultra.15.01092.
14. Picano E, Frassi F, Agricola E, et al. Ultrasound lung comets: a clinically useful sign of extravascular lung water. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006;19:356-363. doi: 10.1016/j.echo.2005.05.019.
15. Reissig A, Kroegel C. Transthoracic sonography of diffuse parenchymal lung disease: the role of comet-tail artifacts. *Ultrasound Med*. 2003;22:173-180. doi: 10.7863/jum.2003.22.2.173.
16. Soldati G, Copetti R, Sher S. Sonographic interstitial syndrome: the sound of lung water. *Ultrasound Med*. 2009;28:163-174. doi: 10.7863/jum.2009.28.2.163.
17. Soldati G, Giunta V, Sher S, Melosi F, Dini C. "Synthetic" comets: a new look at lung sonography. *Ultrasound Med Biol*. 2011;37:1762-1770. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2011.05.024.
18. Soldati G, Giunta V, Sher S, et al. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care: a pilot study. *Intensive Care Med*. 2013;39:74-84. doi: 10.1007/s00134-012-2694-x.
19. Volpicelli G. Lung Sonography. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2013;32:165-171. doi: 10.7863/jum.2013.32.1.165.
20. Volpicelli G, Caramello V, Cardinale L, et al. Bedside ultrasound of the lung for the monitoring of acute decompensated heart failure. *Am J Emerg Med*. 2008;26:585-591. doi: 10.1016/j.ajem.2007.09.014.
21. Volpicelli G, Caramello V, Cardinale L, et al. Detection of sonographic B-lines in patients with normal lung or radiographic alveolar consolidation. *Med Sci Monit*. 2008;14:122-128.
22. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med*. 2006;24:689-696. doi: 10.1016/j.ajem.2006.02.013.
23. Volpicelli G, Silva F, Radeos M. Real-time lung ultrasound for the diagnosis of alveolar consolidation and interstitial syndrome in the emergency department. *Eur J Emerg Med*. 2010;17:63-72. doi: 10.1097/MEJ.0b013e3283101685.
24. Yousef N. Lung ultrasound in the newborn. *Archives de Pédiatrie*. 2016;23:317-321. doi: 10.1016/j.arcped.2015.12.001.

◆ Информация об авторах

Ахлам Ахмад Мохаммад — аспирант, кафедра госпитальной педиатрии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: d.ahlam@mail.ru.

◆ Information about the authors

Ahlam A. Mohammad — Postgraduate Student, Department of Hospital Pediatrics. St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: d.ahlam@mail.ru.

◆ Информация об авторах

Иван Иванович Акиншин — аспирант, кафедра лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: akinshinivan87@gmail.com.

Елена Владимировна Синельникова — д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: sinelnikavae@gmail.com.

Алла Юрьевна Ротарь — ординатор, кафедра лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: a_lepenchuk@mail.ru.

Вячеслав Григорьевич Часнык — д-р мед. наук, профессор, заведующий, кафедра госпитальной педиатрии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: chasnyk@gmail.com.

Ирина Владимировна Солодкова — канд. мед. наук, доцент кафедры госпитальной педиатрии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: isolodkova@mail.ru.

Елена Валентиновна Барышек — канд. мед. наук, профессор кафедры госпитальной педиатрии. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: barishek@yandex.ru.

◆ Information about the authors

Ivan I. Akinshin — Postgraduate Student, Department of Radiology and Biomedical Imaging Faculty of Postgraduate Education. St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St Petersburg, Russia. E-mail: akinshinivan87@gmail.com.

Elena V. Sinelnikova — MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Head, Department of Radiology and Biomedical Imaging Faculty of Postgraduate Education. St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: sinelnikavae@gmail.com.

Alla Jur'evna Rotar — Student, Department of Radiology and Biomedical Imaging Faculty of Postgraduate Education. St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, St Petersburg, Russia. E-mail: a_lepenchuk@mail.ru.

Vyacheslav G. Chasnyk — MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Head, Department of Hospital Pediatrics. St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: chasnyk@gmail.com.

Irina V. Solodkova — MD, Associate professor, Chair of Hospital Pediatrics. St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: isolodkova@mail.ru.

Elena V. Baryshek — MD, Professor, Chair of Hospital Pediatrics. St Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: barishek@yandex.ru.