УДК 616.24-053.3-073.432.1+616.006-07+616-052+331.451(2)+614.253.8

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛЕГКИХ У НОВОРОЖДЕННЫХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

© Александр Александрович Мязин

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Калужской области «Детская городская больница». 248002, г. Калуга, ул. Салтыкова-Щедрина, д. 11

Контактная информация: Александр Александрович Мязин – заведующий отделением ультразвуковой диагностики. E-mail: almyaz@yandex.ru

Резюме. В статье рассматривается возможность физического воздействия диагностического ультразвука на легочную ткань, безопасность использования ультразвуковой диагностики заболеваний легких и плевры у новорожденных. Предлагаются рекомендации по настройке аппаратуры и методике безопасного проведения ультразвукового сканирования легких у новорожденных.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, новорожденные, безопасность пациентов

TO THE QUESTION OF SAFETY OF ULTRASONIC DIAGNOSTICS OF LUNGS IN NEWBORNS (LITERATURE REVIEW)

© Alexander A. Myazin

State Budgetary Healthcare Institution of the Kaluga Region “Children's City Hospital”. 248002, Kaluga, st. Saltykova-Shchedrina, 11

Contact information: Alexander A. Myazin – Head of the Department of Ultrasound Diagnostics. E-mail: almyaz@yandex.ru

Summary. In this paper, we observe the possibility of physical damage of diagnostic ultrasound on lung tissue, the safety of performing ultrasound diagnostic of newborns’ lungs and pleura. We propose recommendations on adjusting equipment as well as methods of safe ultrasound scanning of newborns’ lungs.

Key words: ultrasound, newborn, patient safety.

ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковая диагностика (УЗД) все шире применяется в областях, в которых ранее она не использовалась, дополняя или заменяя традиционные методы лучевой диагностики. Расширяется ее применение и в диагностике заболеваний легких у детей и взрослых. Речь идет не только о пионерских работах, выпускаются международные методические рекомендации по проведению УЗД легких, выполняются исследования возможностей метода в России [4, 5, 6, 13, 16]. Однако до последнего времени широкого распространения в России метод УЗД легких не получил, и одним из первых документов, определяющих проведение ультразвукового исследования легких, является приказ Министерства здравоохранения РФ от 13 октября 2017 г. №804н «Об утверждении номенклатуры медицинских услуг» (с изменениями и дополнениями от 16 апреля 2019 г.) [15] в котором представлены медицинские услуги: ультразвуковое исследование плевральной полости (А04.09.001) и ультразвуковое исследование легких (А04.09.002).

Не являясь полным заменителем рентгеновских методик, особое распространение УЗИ легких получило в отделениях реанимации и интенсивной терапии новорожденных, где оно быстро и многократно может применяться для диагностики критических состояний респираторной системы, таких, как респираторный дистресс-синдром новорожденных, транзиторное тахипноэ новорожден-

ных, пневмония, ателектаз, пневмоторакс, гидроторакс, отек легких при сердечной недостаточности, а также быть полезной при мекониальной аспирации, легочных геморрагиях. В силу простоты применения методики, использовать ее могут не только врачи ультразвуковой диагностики, но и неонатологи, и реаниматологи. Для использования этой методики подходит ультразвуковая аппаратура любых классов, от экспертных сканеров до недорогих портативных. Могут применяться разнообразные датчики: микроконвексные, конвексные, даже секторные, но наиболее удобно и эффективно использовать у новорожденных высокочастотные линейные датчики.

Методика ультразвукового исследования легких несложна — последовательное перемещение датчика по передним, боковым и задним поверхностям грудной клетки от верхушек до нижних отделов легких с визуализацией хорошо видимой в норме тонкой эхогенной «линии плевры» и, по-возможности, визуализация диафрагмальной поверхности легких из субкостального доступа спереди, если не будет мешать метеоризм. Передние и боковые поверхности сканируются в положении лежа на спине, задние в положении лежа на животе или на боку. Предлагаемое рядом авторов деление поверхности сканирования на 6, 12 или более зон с каждой стороны и сканирование по зонам, на наш взгляд, необязательно из-за малой поверхности грудной клетки новорожденных, особенно недоношенных детей. В норме будет видна лишь тонкая горизонтальная «плевральная линия» с единичными вертикальными узкими В-линиями, движущимися в такт дыхания. При использовании высокочастотных линейных датчиков видно скольжение листков плевры в такт дыхания.

Для облегчения и унификации применения ультразвуковой методики был разработан формализованный BLUE протокол (bedside lung ultrasound in emergency), который, несмотря на некоторые его спорные моменты [1, 2], довольно прост и полезен в освоении методики УЗД легких и плевры врачами других специальностей. Для новорожденных международным экспертным сообществом недавно был разработан особый протокол исследования легких [1]. Кроме того, УЗД легких используется и в составе других «прикроватных» POCUS (Point-of-Care Ultrasound) протоколов, таких как FALLS (fluid administration limited by lung sonography) и др. [3].

Одним из основных преимуществ УЗД считается радиационная безопасность для пациента [7]. Представление о полном отсутствии какого-либо значимого физического воздействия диагностического ультразвука на организм ребенка может провоцировать неоправданно частое или долгое по времени его применение. Тем не менее и этот метод может сопровождаться осложнениями.

В плане безопасности проведения ультразвуковых исследований нередко рассматривают инфекционную безопасность, поскольку датчик

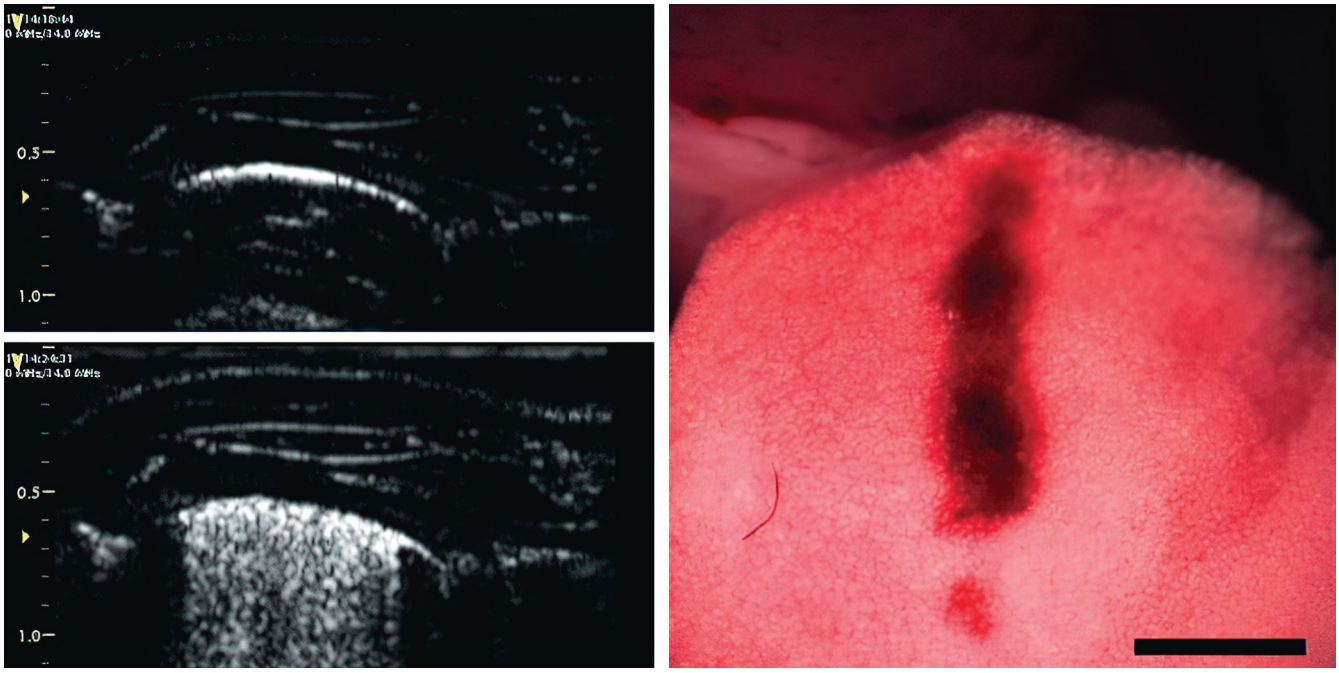


Рис. 1. Поверхность легкого крысы после сканирования при частоте 12 МГц, на левом верхнем рисунке до сканирования, на левом нижнем после, визуализируются сливающиеся В-линии (по Douglas L. Miller)

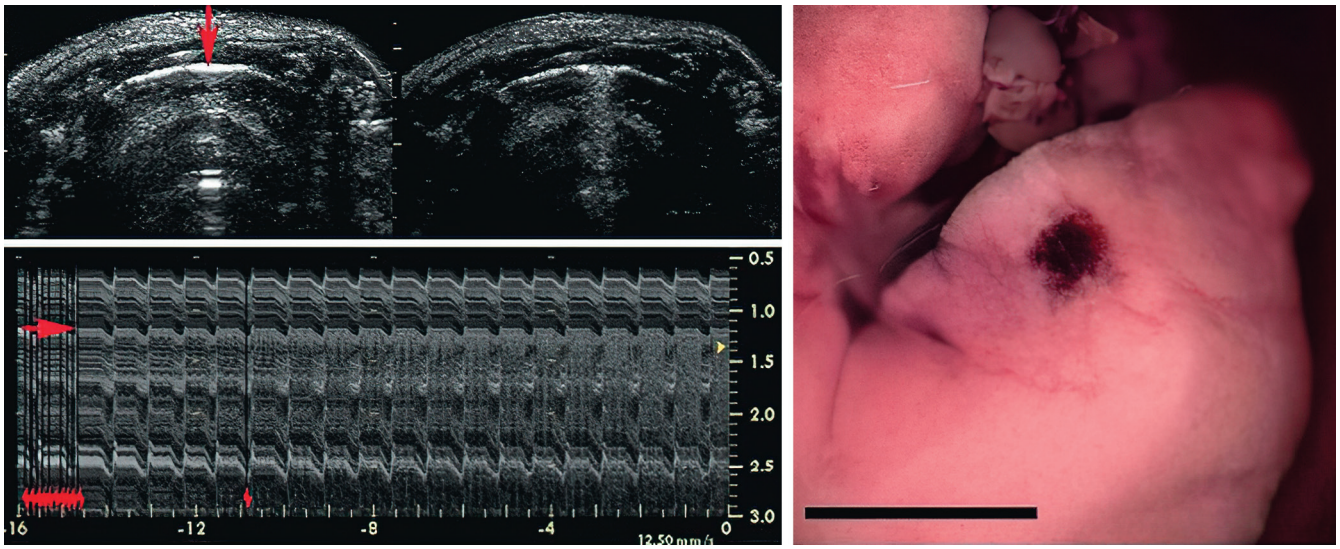


Рис. 2. 15-секундная экспозиция М-режима. Появление через 5 минут после воздействия В-линий в точке приложения (по Douglas L. Miller)

ультразвукового сканера и контактный гель непосредственно соприкасаются с поверхностью кожи во время исследования. Это очень важно для новорожденных и особенно для недоношенных детей в плане профилактики инфекций [8]. Мы же постараемся осветить другой аспект — потенциальную опасность физического воздействия диагностического ультразвука на ткани легких новорожденных.

Еще в исследованиях, выполненных в 1990-е годы, было обнаружено, что диагностический ультразвук может вызывать легочное капиллярное кровоизлияние у крыс и других млекопитающих [9]. Исследования проводились на ультразвуковых сканерах, применяемых в клинике (рис. 1).

Ранее риск возникновения геморрагий не считался высоким, поскольку не было широко распространена УЗД легких и акустическое воздействие на них могло быть лишь случайным при сканировании смежных зон. В настоящее время ультразвуковое сканирование легких в ряде больниц применяется на регулярной основе, нередко ежедневно для наблюдения за динамикой состояния пациента.

Степень повреждения легких зависела от физических факторов, в частности от мощности сигнала, продолжительности воздействия, длительности импульса и частоты повторения импульса, причем частота ультразвукового сканирования лишь незначительно влияла на размеры геморрагических очагов, которые могли достигать 1,0 см. Величина повреждения зависела и от физиологических факторов, например, от размеров млекопитающих, у обезьян она была меньше, чем у крыс. Хотя легочное капиллярное кровообращение приспособлено к колебаниям кровотока путем расширения и сужения капилляров, аккомодация может занять некоторое время и для капилляров, уже находящихся в условиях стресса, дополнительное воздействие ультразвуковой волной может привести к разрыву. Состояния, приводящие к повышенному давлению в системе легочного кровообращения, часты у детей, которым предлагается проводить УЗД легких. Более восприимчивыми к повреждению могут оказаться новорожденные и особенно недоношенные [10]. Кроме того, разные методы анестезии и даже использование седативных средств по-разному снижали порог чувствительности тканей легких к повреждению [11].

Однако физический механизм, ответственный за возникновение геморрагий под действием ультразвука остается до конца не ясным. Экспериментальные исследования показали, что ни нагревание, ни акустическая кавитация — преобладающие механизмы биоэффектов ультразвука, по-видимому, не отвечают за их развитие.

В официальном документе Американской ассоциации ультразвука в медицине (AIUM) от 25.03.2015 [12] «Заявление о биологических эффектах млекопитающих в тканях с естественными газовыми телами» говорится, что биологически значимые неблагоприятные нетермические эффекты были выявлены в тканях, содержащих стабильные газовые тела. Современные диагностические ультразвуковые устройства могут генерировать уровни воздействия, которые вызывают капиллярные кровоизлияния в легкие и кишечник лабораторных животных. Для оценки вероятности механических (нетермических) неблагоприятных биологических эффектов воздействия был раз-

работан в помощь пользователям механический индекс (MI), его значение отображается на экране сканера. Минимальное пороговое значение MI для возникновения легочного капиллярного кровоизлияния у лабораторных млекопитающих составляет примерно 0,4. Кровоизлияний при MI ниже 0,4 в исследованиях отмечено не было. Соответствующий порог для кишечника равен MI 1,4. Значимость этих наблюдений для воздействия на человека во время ультразвукового исследования грудной клетки или брюшной полости еще предстоит определить.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следовательно, ультразвуковое сканирование легких, особенно у новорожденных, надо проводить, соблюдая ряд мер предосторожности. Необходимо придерживаться принципа ALARA (As Low As Reasonably Achievable — как можно меньше в разумных пределах). Для минимизации экспозиции следует использовать самую низкую выходную мощность акустического сигнала, которая обеспечивает хорошее изображение. Надо контролировать величину MI, выводимую на экран сканера. РАСУДМ в консенсусном заявлении об ультразвуковом исследовании легких [13] рекомендует устанавливать начальное значение MI 0,7, затем снижать его еще более до приемлемого для хорошей визуализации уровня. Регулировка MI осуществляется в первую очередь изменением выходной мощности (регулятор POWER на сканерах). Достигнуть приемлемого изображения можно регулятором усиления приемника (GAIN), который не оказывает влияния на амплитуду акустического сигнала. Также для улучшения качества изображения следует правильно установить фокусировку (на уровне плевральной линии), не использовать режим фокусировки по нескольким точкам. Некоторые режимы и настройки косвенно влияют на силу воздействия ультразвука — это доплеровские методики, М-режим, режимы гармоник (рис. 2).

Следует ограничивать или избегать их применения, потому что использование М-режима и импульсного доплеровского режима вызывало большие повреждения легких у лабораторных животных, чем В-режим [14]. Не надо долго проводить сканирование в одном месте, разглядывая что-то, лучше записать кинопетлю и изучить интересующий объект детально при ее воспроизведении и покадровом просмотре, минимизируя время акустического воздействия.

Соблюдая эти правила мы будем действительно уверены в безопасности проведения ультразвукового сканирования легких у новорожденных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lung Ultrasound in the Critically Ill: The BLUE Protocol. Daniel A. Lichtenstein. Springer; 2015.
2. Сафонов Д.В. Доступен по: https://www.usclub.ru/blogs/item/kritika-blue-protokola (дата обращения 23.06.2020).
3. Daniel A. Lichtenstein. BLUE-Protocol and FALLS-Protocol. Two Applications of Lung Ultrasound in the Critically Ill. 2015; 147(6): 1659–70.
4. Liu J., Copetti R., Sorantin E., Lovrenski J., Rodriguez-Fanjul J., Kurepa D., Feng X., Cattaross L., Zhang H., Hwang M., Yeh T.F., Lipener Y., Lodha A., Wang J.Q., Cao H.Y., Hu C.B., Lyu G.R., Qiu X.R., Jia L.Q., Wang X.M., Ren X.L., Guo J.Y., Gao Y.Q., Li J.J., Liu Y., Fu W., Wang Y., Lu Z.L., Wang H.W., Shang L.L. Protocol and Guidelines for Point-of-Care Lung Ultrasound in Diagnosing Neonatal Pulmonary Diseases Based on International Expert Consensus. J. Vis. Exp. (145), e58990, DOI:10.3791/58990 (2019).
5. Kurepa D., Zaghloul N., Watkins L., Liu J. Neonatal lung ultrasound exam guidelines. Journal of Perinatology. 2018; 38: 11–22. DOI:10.1038/jp.2017.140
6. Matthew Hiles, Anne-Marie Culpan, Catriona Watts, Theresa Munyombwe, Stephen Wolstenhulme. Neonatal respiratory distress syndrome: Chest X-ray or lung ultrasound? A systematic review. Ultrasound. 2017; 25(2): 80–91. DOI: 10.1177/1742271X16689374ою
7. Cattarossi L., Copetti R., Poskurica B., et al. Radiation Exposure Early in Life Can Be Reduced by Lung Ultrasound. 2011; 139(3): 730–1.
8. Гренкова Т.А., Оганесян А.С. О безопасности проведения ультразвуковых исследований. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2020; 1: 103–12. DOI: 10.24835/1607-0771-2020-1-103-112.
9. Alice F. Tarantal and don R. Canfield Ultrasound-induced lung hemorrhage in the monkey. Ultrasound in Med.& Biol. 1994; 20(1): 65–72.
10. Fu Z., Heldt G.P., West J.B. Increased fragility of pulmonary capillaries in newborn rabbit. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol. 2003; 284: L703–9.
11. Douglas L. Miller Mechanisms for Induction of Pulmonary Capillary Hemorrhage by Diagnostic Ultrasound: Review and Consideration of Acoustical Radiation Surface Pressure. Ultrasound Med Biol. 2016; 42(12): 2743–57.
12. Statement on Mammalian Biological Effects in Tissues with Naturally Occurring Gas Bodies 2015. https://www.aium.org/officialStatements/6ю
13. Митьков В.В., Сафонов Д.В., Митькова М.Д., Алехин М.Н., Катрич А.Н., Кабин Ю.В., Ветшева Н.Н., Худорожкова Е.Д., Лахин Р.Е., Кадрев А.В., Дорошенко Д.А., Гренкова Т.А. Консенсусное заявление РАСУДМ об ультразвуковом исследовании легких в условиях пандемии COVID-19 (версия 2). Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2020; 1: 46–77. DOI: 10.24835/1607-0771-2020-1-46-77.
14. Douglas L. Miller, Zhihong Dong, Chunyan Dou, and Krishnan Raghavendran Pulmonary Capillary Hemorrhage Indu-

ced by Different Imaging Modes of Diagnostic Ultrasound Ultrasound Med Biol. 2018; 44(5): 1012–21. DOI:10.1016/j.ultrasmedbio.2017.11.006.

15. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 13 октября 2017 г. №804н “Об утверждении номенклатуры медицинских услуг” (с изменениями и дополнениями от 16 апреля 2019 г.). Режим доступа: // https://base.garant.ru/71805302/, свободный. Загл. с экрана. 31.03.2020.
16. Мохаммад А.А., Акиншин И.И., Синельникова Е.В., Ротарь А.Ю., Часнык В.Г., Солодкова И.В., Барышек Е.В. Интерстициальный синдром и альвеолярная консолидация как сонографические маркеры гемодинамического отека легких у детей раннего возраста. Педиатр. 2017; 8(3): 32–40.

REFERENCES

1. Lung Ultrasound in the Critically Ill: The BLUE Protocol. Daniel A. Lichtenstein. Springer; 2015.
2. Safonov D.V. Dostupen po: https://www.usclub.ru/blogs/item/kritika-blue-protokola (data obrashcheniya 23.06.2020). (in Russian).
3. Daniel A. Lichtenstein. BLUE-Protocol and FALLS-Protocol. Two Applications of Lung Ultrasound in the Critically Ill. 2015; 147(6): 1659–70.
4. Liu J., Copetti R., Sorantin E., Lovrenski J., Rodriguez-Fanjul J., Kurepa D., Feng X., Cattaross L., Zhang H., Hwang M., Yeh T.F., Lipener Y., Lodha A., Wang J.Q., Cao H.Y., HuC.B., Lyu G.R., Qiu X.R., Jia L.Q., Wang X.M., Ren X.L., Guo J.Y., Gao Y.Q., Li J.J., Liu Y., Fu W., Wang Y., Lu Z.L., Wang H.W., Shang L.L. Protocol and Guidelines for Point-of-Care Lung Ultrasound in Diagnosing Neonatal Pulmonary Diseases Based on International Expert Consensus. J. Vis. Exp. (145), e58990, DOI:10.3791/58990 (2019).
5. Kurepa D., Zaghloul N., Watkins L., Liu J. Neonatal lung ultrasound exam guidelines. Journal of Perinatology. 2018; 38: 11–22. DOI:10.1038/jp.2017.140
6. Matthew Hiles, Anne-Marie Culpan, Catriona Watts, Theresa Munyombwe, Stephen Wolstenhulme. Neonatal respiratory distress syndrome: Chest X-ray or lung ultrasound? A systematic review. Ultrasound. 2017; 25(2): 80–91. DOI: 10.1177/1742271X16689374.
7. Cattarossi L., Copetti R., Poskurica B., et al. Radiation Exposure Early in Life Can Be Reduced by Lung Ultrasound. 2011; 139(3): 730–1.
8. Grenkova T.A., Oganesyan A.S. O bezopasnosti provedeniya ul'trazvukovykh issledovaniy. [On the safety of ultrasound]. Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika. 2020; 1: 103–12. DOI: 10.24835/1607-0771-2020-1-103-112 (in Russian).
9. Alice F. Tarantal and don R. Canfield Ultrasound-induced lung hemorrhage in the monkey. Ultrasound in Med.& Biol. 1994; 20(1): 65–72.
10. Fu Z., Heldt G.P., West J.B. Increased fragility of pulmonary capillaries in newborn rabbit. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol. 2003; 284: L703–9.
11. Douglas L. Miller Mechanisms for Induction of Pulmonary Capillary Hemorrhage by Diagnostic Ultrasound: Review and Consideration of Acoustical Radiation Surface Pressure. Ultrasound Med Biol. 2016; 42(12): 2743–57.
12. Statement on Mammalian Biological Effects in Tissues with Naturally Occurring Gas Bodies 2015. https://www.aium.org/officialStatements/6ю
13. Mit'kov V.V., Safonov D.V., Mit'kova M.D., Alekhin M.N., Katrich A.N., Kabin Yu.V., Vetsheva N.N., Khudorozhkova Ye.D., Lakhin R.Ye., Kadrev A.V., Doroshenko D.A., Grenkova T.A. Konsensusnoye zayavleniye RASUDM ob ul'trazvukovom issledovanii legkikh v usloviyakh pandemii COVID-19 (versiya 2). [RASUDM consensus statement on ultrasound examination of the lungs in a COVID-19 pandemic (version 2)]. Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika. 2020; 1: 46–77. DOI: 10.24835/1607-0771-2020-1-46-77. (in Russian)ю
14. Douglas L. Miller, Zhihong Dong, Chunyan Dou, and Krishnan Raghavendran Pulmonary Capillary Hemorrhage Induced by Different Imaging Modes of Diagnostic Ultrasound Ultrasound Med Biol. 2018; 44(5): 1012–21. DOI:10.1016/j.ultrasmedbio.2017.11.006.
15. Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya RF ot 13 oktyabrya 2017 g. №804n «Ob utverzhdenii nomenklatury meditsinskikh uslug» (s izmeneniyami i dopolneniyami ot 16 aprelya 2019 g.). Rezhim dostupa: // https://base.garant.ru/71805302/, svobodnyy. Zagl. s ekrana. 31.03.2020. (in Russian)ю
16. Mokhammad A.A., Akinshin I.I., Sinel'nikova Ye.V., Rotar' A.Yu., Chasnyk V.G., Solodkova I.V., Baryshek Ye.V. Interstitsial'nyy sindrom i al'veolyarnaya konsolidatsiya kak sonograficheskiye markery gemodinamicheskogo oteka legkikh u detey rannego vozrasta. [Interstitial syndrome and alveolar consolidation as sonographic markers of hemodynamic pulmonary edema in young children]. Pediatr. 2017; 8(3): 32–40 (in Russian).