

ПЕДИАТРИЯ / PEDIATRICS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.53>

АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ШУМОВ У ДЕТЕЙ С БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ДИСПЛАЗИЕЙ

Научная статья

Евсеева Г.П.^{1,*}, Чайка М.С.², Супрун С.В.³, Абдулина Н.О.⁴, Пичугина С.В.⁵, Козлов В.К.⁶, Лебедько О.А.⁷

¹ ORCID : 0000-0002-7528-7232;

² ORCID : 0000-0002-0118-3713;

³ ORCID : 0000-0001-6724-3654;

⁴ ORCID : 0000-0002-6594-6688;

⁶ ORCID : 0000-0001-9978-1043;

⁷ ORCID : 0000-0002-8855-7422;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Хабаровский филиал Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания – НИИ охраны материнства и детства, Хабаровск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (evseewa[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье представлены данные по оценке дыхательного паттерна у детей с бронхолегочной дисплазией (БЛД) методом компьютерной бронхофонографии (КБФГ). Метод основан на компьютерном анализе различных характеристик дыхательных шумов. Диагностические возможности метода актуальны для объективной оценки вентиляционных нарушений и мониторинга терапии бронхообструктивного синдрома у детей с БЛД. Обследован 81 ребенок в возрасте от 3 месяцев до 3 лет с диагнозом БЛД. Результаты КБФГ показали, что у детей с клиническими симптомами бронхиальной обструкции показатели акустической работы органов дыхания составляли от 4,007 до 8,708 мкДж. Выявленные изменения в высокочастотном спектре позволяют отразить наличие бронхиальной обструкции, оценить ее тяжесть, проводить динамическое наблюдение, оценить эффективность проводимой терапии.

Ключевые слова: дети, бронхолегочная дисплазия, компьютерная бронхофонография.

ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF RESPIRATORY NOISES IN CHILDREN WITH BRONCHOPULMONARY DYSPLASIA

Research article

Evseeva G.P.^{1,*}, Chaika M.S.², Suprun S.V.³, Abdulina N.O.⁴, Pichugina S.V.⁵, Kozlov V.K.⁶, Lebed'ko O.A.⁷

¹ ORCID : 0000-0002-7528-7232;

² ORCID : 0000-0002-0118-3713;

³ ORCID : 0000-0001-6724-3654;

⁴ ORCID : 0000-0002-6594-6688;

⁶ ORCID : 0000-0001-9978-1043;

⁷ ORCID : 0000-0002-8855-7422;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection, Khabarovsk, Russian Federation

* Corresponding author (evseewa[at]yandex.ru)

Abstract

The article presents data on the evaluation of respiratory pattern in children with bronchopulmonary dysplasia (BPD) by computerized bronchophonography (CBP). The method is based on computer analysis of various characteristics of respiratory noises. Diagnostic capabilities of the method are relevant for objective assessment of ventilation disorders and monitoring of therapy of bronchoobstructive syndrome in children with BPD. Eighty-one children aged from 3 months to 3 years with the diagnosis of BPD were examined. The results of CBP showed that in children with clinical symptoms of bronchial obstruction, the acoustic respiratory work parameters ranged from 4.007 to 8.708 μ J. The identified changes in the high-frequency spectrum make it possible to reflect the presence of bronchial obstruction, to estimate its severity, to conduct dynamic monitoring, and to assess the effectiveness of therapy.

Keywords: children, bronchopulmonary dysplasia, computerized bronchophonography.

Введение

Бронхолегочная дисплазия (БЛД) является одним из наиболее частых хронических заболеваний легких у новорожденных детей на первом году жизни [1]. Известно, что БЛД способствует развитию хронических заболеваний легких с синдромом рецидивирующей бронхиальной обструкции и возможным формированием хронической обструктивной болезни легких [2], [3].

Известно, что важную роль в клинической картине периодов обострений БЛД играют бронхоспазм и гиперсекреция слизи, которые лежат в основе бронхообструктивного синдрома (БОС), что требует динамического контроля функции дыхания, как на момент обострения заболевания, так и в период ремиссии. Диагностика рецидивирующих и хронических заболеваний органов дыхания у детей раннего возраста имеет объективные трудности, связанные с невозможностью полноценного исследования вентиляционной функции. В последние годы в

педиатрическую практику внедрен метод компьютерной бронхофонографии (КБФГ). Данная неинвазивная методика не требует дорогостоящего оборудования, кооперации с пациентом и легко интерпретируется [4]. Данное исследование является методом оценки регистрации звуковых феноменов, возникающих при дыхании, с последующим анализом и математической обработкой паттерна дыхания, основанным на анализе амплитудно-частотных характеристик спектра дыхательных шумов (АКРД – акустического компонента работы дыхания). Простота и неинвазивность КБФГ, проведение обследования при спокойном дыхании ребенка позволяют применять данную методику у детей с первых дней жизни [5]. Однако до настоящего времени имеющиеся в литературе сведения по применению данного метода диагностики малочисленны и противоречивы. В связи с этим целью нашего исследования явилось оценить функцию внешнего дыхания у пациентов с бронхолегочной дисплазией.

Методы и принципы исследования

В период 2022-2023 гг. обследован 81 ребенок в возрасте от 3 месяцев до 3 лет с диагнозом БЛД (мальчики составили 55,5%, девочки – 44,5%), наблюдавшиеся в клинике НИИ ОМиД. Контрольную группу составили 16 практически здоровых детей, сопоставимых по гестационному возрасту, массе тела при рождении с детьми основной группы, наблюдавшихся в рамках выполнения темы НИР и у которых отсутствовала бронхолегочная патология. Дизайн исследования одобрен решением Локального этического комитета института (Протокол № 7 от 03.11.2021). Получено информированное согласие родителей всех детей на участие в исследовании.

Так как исследования проводились до 2024 г., верификация диагноза производилась на основании действующих на тот момент клинических рекомендаций [6], [7]. По степени тяжести БЛД дети наблюдаемой группы были распределены следующим образом: легкое течение – 16 детей (20%), среднетяжелое течение – 50 детей (62%), тяжелое течение – 15 детей (18%).

Оценка акустических параметров дыхательной волны на выдохе проводилась с помощью диагностического комплекса КБФГ, в состав которого входит аппаратный комплекс Pattern (Россия), датчик с загубником, персональный компьютер со встроенным аналого-цифровым преобразователем и программным обеспечением PatternМАК. Сканирование респираторного цикла производили в частотном диапазоне от 200 Гц до 12600 Гц. Определяли меры центральной тенденции (показывающие наиболее типичное значение для данной выборки) – Ме (медиана) и рассеяния (отражающие разброс значений признака в выборке) – размах (разность максимального и минимального значений признака, в частности, интерквартильный размах или интервал, т.е. значение 25 и 75 перцентилей). С целью исключения маскирующего влияния низкочастотных кардиальных шумов (до 200 Гц) в наборе предусмотрен специальный отсекающий низкочастотный фильтр. С помощью прибора оценивали интенсивность (спектральная плотность) акустического феномена дыхания по показателю АКРД, связанного с усилением турбулентности воздушных потоков по респираторному тракту (акустический эквивалент работы дыхания) и рассчитывается как площадь под кривой на бронхофонограмме во временной области в микроджоулях (мкДж). АКРД определяется в различных частотных диапазонах: АКРД₁ (0,2–1,2 кГц) – «нулевой» или базовый диапазон, АКРД₂ (1,21–5,0 кГц) – среднечастотный диапазон; АКРД₃ (5,01–12,6 кГц) – высокочастотный диапазон [4]. Для статистической обработки данных использовалась программа Microsoft Excel.

Основные результаты

Анализ КБФГ показал, что у детей с клиническими симптомами бронхиальной обструкции регистрировались значимые амплитуды спектральной мощности в диапазоне свыше 5 кГц. Показатели акустической работы органов дыхания у детей с тяжелым течением заболевания составляли от 4,007 до 8,708 мкДж.

Исследование акустических параметров в режиме спокойного дыхания позволило установить, что при наличии патологии органов дыхания показатели АКРД возрастают в несколько раз по сравнению с группой контроля. Выявлены различия по показателям АКРД₁ ($p < 0,001$), АКРД₂ ($< 0,001$) и АКРД₃ ($< 0,001$), то есть по всему спектру в целом и его среднечастотной части у детей с БЛД в период обострения в сравнении со здоровыми детьми, сопоставимыми по полу и возрасту (таблица 1).

Таблица 1 - Показатели акустического компонента работы дыхания (АКРД) у детей с БЛД в период обострения

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.53.1>

АКРД, мкДж	БЛД ¹ Me [Q1; QU]	Контроль ² Me [Q1; QU]
АКРД ₁ (0,2-1,2 кГц)	1,18 [1,04; 1,21]*	0,23 [0,19; 0,27]
АКРД ₂ (1,2-5,0 кГц)	3,28 [2,97; 4,17]*	0,082 [0,014; 0,179]
АКРД ₃ (5,01-12,6 кГц)	6,07 [5,11; 8,71]*	0,018 [0,09; 0,036]

Примечание: достоверность * - $p < 0,001$ по отношению к группе «контроль»; $M \pm m$; 1 - $n = 81$; 2 - $n = 16$

Из данных таблицы видно, что у детей в периоде обострения БЛД выявляется повышение акустического компонента работы дыхания особенно выраженное в высокочастотном спектре, что характерно для вентиляционных нарушений по обструктивному типу [4]

Для иллюстрации вышеизложенного приводим клинический пример исследования АКРД: Ребенок Б., 2 года. Наблюдается в клинике НИИОМИД с диагнозом: Бронхолегочная дисплазия, средней степени тяжести. Врожденный

стридор. Дискинезия трахеобронхиального дерева. Жалобы при поступлении на ежедневные кашлевые эпизоды, усиливающиеся при ОРВИ, повторные обструкции.

Исследование акустических параметров у данного ребенка показало наличие выраженных колебаний в среднечастотном и в высокочастотном диапазонах по сравнению с показателями ребенка из группы контроля, соответствующего возраста и пола, у которого отсутствовала бронхолегочная патология (рисунок 1, 2).

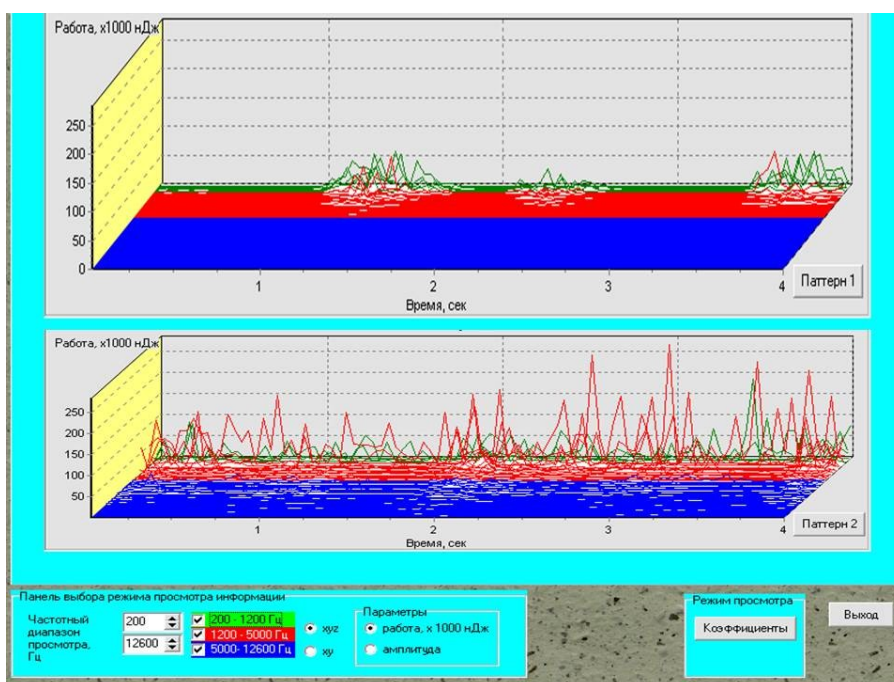


Рисунок 1 - Сравнение паттернов дыхания здорового (паттерн 1) и больного с БЛД в периоде обострения (паттерн 2) в возрасте 2-х лет, среднечастотный диапазон 1,2-5 мкДж.

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.53.2>

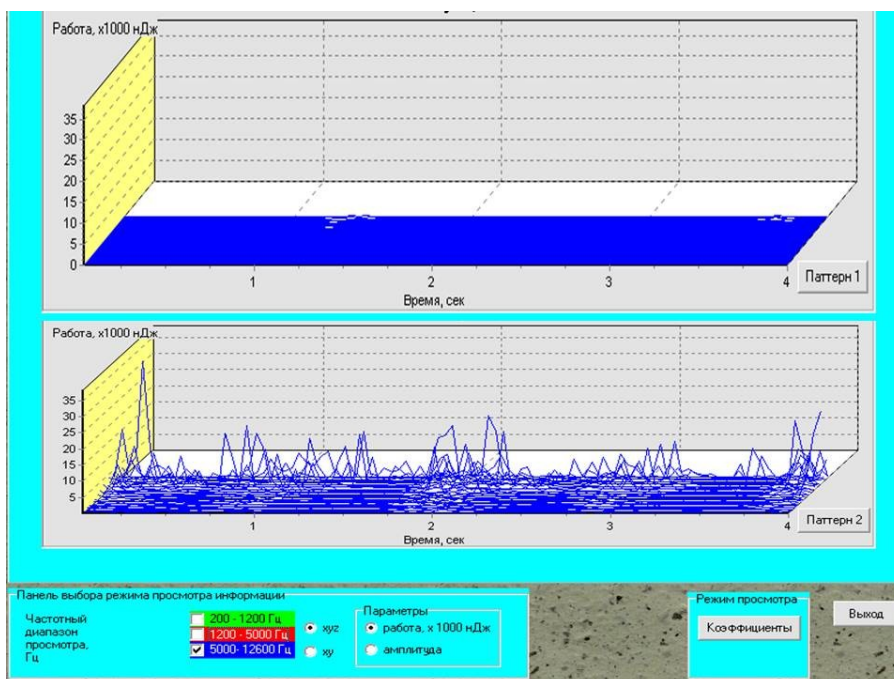


Рисунок 2 - Сравнение паттернов дыхания здорового (паттерн 1) и больного с БЛД в периоде обострения (паттерн 2) в возрасте 2-х лет в высокочастотном диапазоне 5,01–12,6 мкДж

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.53.3>

Полученные результаты указывают на возможность использования КБФГ для выявления обструктивных нарушений функции внешнего дыхания у детей раннего возраста [8].

Обсуждение

В настоящее время в педиатрической практике часто приходится сталкиваться со сложностями диагностики заболеваний бронхолегочной системы. Компьютерная бронхофонография способна выявлять признаки бронхиальной обструкции у детей любого возраста, в том числе у новорожденных, что является одним из основных преимуществ метода [9]. Попытки диагностики медицинских проблем у новорождённых с помощью анализа акустических звуков предпринимаются исследователями разных стран [10]. На сегодня базовыми при исследовании функции дыхания являются спирометрические методы, однако в последние годы в респираторной диагностике начал активно применяться компьютерный анализ дыхательных звуков при бронхиальной астме [11]. Имеются данные по использованию неинвазивного диагностического метода КБФГ для выявления обструктивных нарушений функции внешнего дыхания при БА и ХОБЛ [12], [13]. Павлинова Е.Б. и др. предлагают использование бронхофонографии у недоношенных новорожденных с респираторным дистресс-синдромом для прогнозирования БЛД, что является достаточно перспективным методом [14].

Заключение

Таким образом, метод КБФГ может широко применяться при обследовании детей с первых дней жизни, так как процедура проводится при спокойном дыхании ребенка и не требует активных действий пациента. Выявленные по данным бронхофонографического исследования изменения в высокочастотном спектре позволяют объективно регистрировать наличие бронхиальной обструкции на ранних этапах (до возникновения клинических проявлений), оценить ее тяжесть, эффективность проводимой терапии, а также осуществлять динамическое наблюдение за детьми с БЛД.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Супрун С.В. Бронхолегочная дисплазия у детей Приамурья: структура заболевания / С.В. Супрун, Н.О. Абдулина, С.В. Пичугина [и др.] // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. — 2023. — № 89. — С. 95–101. — DOI: 10.36604/1998-5029-2023-89-95-101.
2. Павлинова Е.Б. Отдаленные респираторные последствия заболеваний органов дыхания, возникших в неонатальном периоде, у недоношенных детей / Е.Б. Павлинова, Е.И. Курмашева, И.А. Киришина [и др.] // Вестник СУРГУ. Медицина. — 2020. — № 2 (44). — С. 13–19. — DOI: 10.34822/2304-9448-2020-2-13-19.
3. Homan T.D. Short- and Long-Term Complications of Bronchopulmonary Dysplasia / T.D. Homan, R.P. Nayak // Respir. Care. — 2021. — № 66 (10). — P. 1618–1629. — DOI: 10.4187/respcare.08401.
4. Геппе Н.А. Компьютерная бронхофонография респираторного цикла / Н.А. Геппе, В.С. Малышева — Москва: Медиа Сфера, 2016. — 108 с.
5. Мизерницкий Ю.Л. Современные методы оценки функционального состояния бронхолегочной системы у детей / Ю.Л. Мизерницкий, С.Э. Цыпленкова, И. М. Мельникова — Москва: Медпрактика-М, 2012. — 176 с.
6. Антонов А.Г. Бронхолегочная дисплазия у детей. Научно-практическая программа / А.Г. Антонов, А.В. Богданова, Е.В. Бойцова [и др.] // Бронхолегочная дисплазия у детей. Научно-практическая программа. — 2012 — URL: https://www.volgmed.ru/uploads/files/2013-4/18298-bronholyogochnaya_displaziya_u_detej_nauchno-prakticheskaya_programma_rto_raspm_2012_www_raspm_ru.pdf (дата обращения: 20.11.2024)
7. Ашерова И.К. Бронхолегочная дисплазия / И.К. Ашерова, О.А. Бабак, А.В. Богданова [и др.]. — Москва: РУДН, 2020. — 176 с.
8. Кожевникова Т.Н. Значение бронхофонографии как метода диагностики нарушений функции внешнего дыхания у детей / Т.Н. Кожевникова, Е.М. Ефремов, О.О. Борисов // Всероссийская интерактивная научно-практическая конференция по педиатрии. — Тула: Тульский государственный университет, 2021. — С. 112–120.
9. Лукина О.Ф. Особенности исследования функции внешнего дыхания у детей и подростков / О.Ф. Лукина // Практическая пульмонология. — 2017. — № 4. — С. 39–44.
10. Manigault A.W. Acoustic Cry Characteristics in Preterm Infants and Developmental and Behavioral Outcomes at 2 Years of Age / A.W. Manigault, S.J. Sheinkopf, B.S. Carter [et al.] // JAMA Netw Open. — 2023. — № 6 (2). — P. e2254151. — DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2022.54151.
11. Гудкова М.А. Изучение возможностей метода бронхофонографии в комплексной оценке эффективности реабилитации с кинезиотерапией при бронхиальной астме у подростков в санатории / М.А. Гудкова, Н.А. Мокина, В.Ф. Пятин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 3. — С. 1–8. — URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17390> (дата обращения: 14.11.2024).

12. Селиверстова Н.А. Применение бронхофонографического исследования легких для оценки эффективности терапии бронхиальной астмы и обструктивного бронхита у детей раннего возраста / Н.А. Селиверстова, Н.А. Геппе, В.С. Мальшев [и др.] // Педиатрия. — 2009. — № 87 (2). — С. 51–55.
13. Гусейнов А.А. Бронхофонография: акустические критерии диагностики обструктивных заболеваний лёгких / А.А. Гусейнов // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 2. — С. 55–59.
14. Павлинова Е.Б. Бронхофонография – новый метод диагностики и прогнозирования бронхолегочной дисплазии / Е.Б. Павлинова, Н.А. Геппе, Л.А. Кривцова [и др.] // Вестник СурГУ. Медицина. — 2012. — № 13. — С. 15–23.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Suprun S.V. Bronholegochnaja displazija u detej Priamur'ja: struktura zabolevanija [Bronchopulmonary dysplasia in children of the Amur region: the structure of the disease] / S.V. Suprun, N.O. Abdulina, S.V. Pichugina [et al.] // Bulletin Physiology and Pathology of Respiration. — 2023. — № 89. — P. 95–101. — DOI: 10.36604/1998-5029-2023-89-95-101. [in Russian]
2. Pavlinova E.B. Otdalennye respiratornye posledstvija zabolevanij organov dyhanija, vznikshih v neonatal'nom periode, u nedonoshennyh detej [Long-term respiratory effects of respiratory diseases that occurred during neonatal period in premature infants] / E.B. Pavlinova, E.I. Kurmasheva, I.A. Kirshina [et al.] // Bulletin of SURGU. Medicine. — 2020. — № 2 (44). — P. 13–19. — DOI: 10.34822/2304-9448-2020-2-13-19. [in Russian]
3. Homan T.D. Short- and Long-Term Complications of Bronchopulmonary Dysplasia / T.D. Homan, R.P. Nayak // Respir. Care. — 2021. — № 66 (10). — P. 1618–1629. — DOI: 10.4187/respcare.08401.
4. Geppe N.A. Komp'juternaja bronhofonografija respiratornogo tsikla [Computer bronchophonography of the respiratory cycle] / N.A. Geppe, V.S. Malysheva — Moskva: Media Sfera, 2016. — 108 p. [in Russian]
5. Mizernitskij Ju.L. Sovremennye metody otsenki funktsional'nogo sostojanija bronholegochnoj sistemy u detej [Modern methods of assessing the functional state of the bronchopulmonary system in children] / Ju.L. Mizernitskij, S.E. Tsyplenkova, I. M. Mel'nikova — Moskva: Medpraktika-M, 2012. — 176 p. [in Russian]
6. Antonov A.G. Bronholegochnaja displazija u detej. Nauchno-prakticheskaja programma [Bronchopulmonary dysplasia in children. Scientific and practical program] / A.G. Antonov, A.V. Bogdanova, E.V. Bojtsova [et al.] // Bronchopulmonary dysplasia in children. Scientific and practical program. — 2012 — URL: https://www.volgmed.ru/uploads/files/2013-4/18298-bronholegochnaja_displazija_u_detej_nauchno-prakticheskaja_programma_rro_raspm_2012_www_raspm_ru.pdf (accessed: 20.11.2024) [in Russian]
7. Asherova I.K. Bronholegochnaja displazija [Bronchopulmonary dysplasia] / I.K. Asherova, O.A. Babak, A.V. Bogdanova [et al.]. — Moskva: RUDN, 2020. — 176 p. [in Russian]
8. Kozhevnikova T.N.. Znachenie bronhofonografii kak metoda diagnostiki narushenij funktsii vneshnego dyhanija u detej [The Importance of Bronchophonography as a Method for Diagnosing Disorders of External Respiratory Function in Children] / T.N. Kozhevnikova, E.M. Efremov, O.O. Borisov // Russian Interactive Scientific and Practical Conference on Pediatrics online. — Tula: Tula State University, 2021. — P. 112–120. [in Russian]
9. Lukina O.F. Osobennosti issledovanija funktsii vneshnego dyhanija u detej i podrostkov [Features of the study of the function of external respiration in children and adolescents] / O.F. Lukina // Practical Pulmonology. — 2017. — № 4. — P. 39–44. [in Russian]
10. Manigault A.W. Acoustic Cry Characteristics in Preterm Infants and Developmental and Behavioral Outcomes at 2 Years of Age / A.W. Manigault, S.J. Sheinkopf, B.S. Carter [et al.] // JAMA Netw Open. — 2023. — № 6 (2). — P. e2254151. — DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2022.54151.
11. Gudkova M.A. Izuchenie vozmozhnostej metoda bronhofonografii v kompleksnoj otsenke effektivnosti reabilitatsii s kinezioterapij pri bronhial'noj astme u podrostkov v sanatorii [Study of the possibilities of the bronchophonography method in a comprehensive assessment of the effectiveness of rehabilitation with kinesiotherapy for bronchial asthma in adolescents in a sanatorium] / M.A. Gudkova, N.A. Mokina, V.F. Pjatin [et al.] // Modern Problems of Science and Education. — 2015. — № 3. — P. 1–8. — URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17390> (accessed: 14.11.2024). [in Russian]
12. Seliverstova N.A. Primenenie bronhofonograficheskogo issledovanija legkih dlja otsenki effektivnosti terapii bronhial'noj astmy i obstruktivnogo bronhita u detej rannego vozrasta [Application of bronchophonographic examination of the lungs to assess the effectiveness of therapy for bronchial asthma and obstructive bronchitis in young children] / N.A. Seliverstova, N.A. Geppe, V.S. Malyshev [et al.] // Paediatrics. — 2009. — № 87 (2). — P. 51–55. [in Russian]
13. Gusejnov A.A. Bronhofonografija: akusticheskie kriterii diagnostiki obstruktivnyh zabolevanij legkih [Bronchophonography: acoustic criteria for the diagnosis of obstructive pulmonary diseases] / A.A. Gusejnov // Fundamental Research. — 2011. — № 2. — P. 55–59. [in Russian]
14. Pavlinova E.B. Bronhofonografija – novyj metod diagnostiki i prognozirovaniya bronholegochnoj displazii [Bronchophonography – a new method for diagnosing and predicting bronchopulmonary dysplasia] / E.B. Pavlinova, N.A. Geppe, L.A. Krivtsova [et al.] // Bulletin of Surgut State University. Medicine. — 2012. — № 13. — P. 15–23. [in Russian]