

Регистратор респираторных звуков – продолжение инноваций

Н.А. Геппе^{✉1}, Л.С. Старостина¹, В.С. Малышев², И.Л. Гинесина¹, А.Б. Малахов¹, Д.Г. Бухаров², В.А. Михайленко³, С.И. Шаталина¹

¹ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия;

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет “МЭИ”», Москва, Россия

³ООО «Персей»

Аннотация

Исследование функции внешнего дыхания (ФВД) имеет важное значение в диагностике нарушений респираторного тракта при различных заболеваниях. У детей, особенно в раннем возрасте, существует много сложностей при проведении исследований. В последние десятилетия в связи с развитием компьютерных технологий большой интерес вызывают изучение респираторных звуков, способы их регистрации, обработки и использования в оценке состояния респираторной системы у детей и взрослых. Российскими учеными разработан метод исследования ФВД, который на практике доказал свою эффективность, достоверность и необходимость применения. В основе компьютерной бронхофонографии лежит анализ временных и частотных характеристик спектра дыхательных шумов, возникающих при изменении диаметра бронхов вследствие увеличения ригидности их стенок или уменьшения внутреннего диаметра. Компьютерная бронхофонография может быть использована для диагностики нарушений ФВД у пациентов всех возрастных групп, как при стационарном, так и амбулаторном лечении.

Ключевые слова: компьютерная бронхофонография, регистратор респираторных звуков, исследование функции внешнего дыхания, паттерн дыхательных шумов, компьютерная система «Паттерн»

Для цитирования: Геппе Н.А., Старостина Л.С., Малышев В.С., Гинесина И.Л., Малахов А.Б., Бухаров Д.Г., Михайленко В.А., Шаталина С.И. Регистратор респираторных звуков – продолжение инноваций. Педиатрия. Consilium Medicum. 2021; 2: DOI: 10.26442/26586630.2021.2.201217

REVIEW

Respiratory sound recorder – continued Innovation

Natalia A. Geppe^{✉1}, Lada S. Starostina¹, Vladimir S. Malyshev², Irina L. Ginesina¹, Aleksandr B. Malakhov¹, Dmitrii G. Bukharov², Valerii A. Mikhailenko², Svetlana I. Shatalina¹

¹Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;

²National Research University “MPEI”, Moscow, Russia

³LLC “Perseus”

Abstract

The study of external respiratory function (ERF) is important in the diagnosis of respiratory tract abnormalities in various diseases. In children, especially at an early age, there are many difficulties in conducting studies. In recent decades, due to the development of computer technology, there is great interest in the study of respiratory sounds, methods of their registration, processing and use in the assessment of the respiratory system in children and adults. Russian scientists have developed the method of respiratory airway sound investigation, which has proved its effectiveness, reliability and necessity of use in practice. Computer bronchophonography is based on the analysis of time and frequency characteristics of the spectrum of respiratory noises, arising from changes in the bronchial diameter due to increase in the stiffness of their walls or decrease in the inner diameter. Computed bronchophonography may be used for diagnostics of EFD disorders in patients of all age groups both in the in-patient and out-patient treatment.

Keywords: computer bronchophonography, respiratory sound recorder, study of external respiratory function, breathing noises pattern, computer system “Pattern”

For citation: Geppe NA, Starostina LS, Malyshev VS, Ginesina IL, Malakhov AB, Bukharov DG, Mikhailenko VA, Shatalina SI. Respiratory sound recorder – continued Innovation. Pediatrics. Consilium Medicum. 2021; 2: DOI: 10.26442/26586630.2021.2.201217

Информация об авторах / Information about the authors

✉ *Геппе Наталья Анатольевна* – д-р мед. наук, проф., зав. каф. детских болезней Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). E-mail: geppe@mail.ru; ORCID: 0000-0003-0547-3686

Старостина Лада Сергеевна – канд. мед. наук, доц., кафедра детских болезней Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). E-mail: starostina-ls@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-4320-0454

Малышев Владимир Серафимович – д-р биол. наук, канд. техн. наук, проф. каф. инженерной экологии и охраны труда ФГБОУ ВО НИУ МЭИ

Гинесина Ирина Леонидовна – зав. отд.-нием функциональной диагностики университетской детской клинической больницы Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

Малахов Александр Борисович – д-р мед. наук, проф., гл. внештатный детский специалист-пульмонолог каф. детских болезней Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

Бухаров Дмитрий Гермагенович – канд. техн. наук, вед. инженер каф. инженерной экологии и охраны труда ФГБОУ ВО НИУ МЭИ

Михайленко Валерий Алексеевич – учредитель ООО «Персей»

Шаталина Светлана Игоревна – канд. мед. наук, каф. детских болезней Клинического института детского здоровья им. Н.Ф. Филатова ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет)

✉ *Natalia A. Geppe* – D. Sci. (Med.), Prof., Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). E-mail: geppe@mail.ru; ORCID: 0000-0003-0547-3686

Lada S. Starostina – Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). E-mail: starostina-ls@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-4320-0454

Vladimir S. Malyshev – D. Sci. (Biol.), Cand. Sci. (Tech.), Prof., National Research University “MPEI”

Irina L. Ginesina – Head Department of Functional Diagnostics, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Aleksandr B. Malakhov – D. Sci. (Med.), Prof., Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Dmitrii G. Bukharov – Cand. Sci. (Tech.), National Research University “MPEI”

Valerii A. Mikhailenko – founder, LLC “Perseus”

Svetlana I. Shatalina – Cand. Sci. (Med.), Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Введение

Исследование функции внешнего дыхания (ФВД) имеет важное значение в диагностике нарушений респираторного тракта при различных заболеваниях. У детей, особенно в раннем возрасте, существует много сложностей при проведении исследований. В последние десятилетия в связи с развитием компьютерных технологий большой интерес вызывают изучение респираторных звуков, способы их регистрации, обработки и использования в оценке состояния респираторной системы у детей и взрослых. С 1981 г. в России существует метод исследования ФВД, разработанный российскими учеными, который на практике доказал свою эффективность, достоверность и необходимость применения. В статье описываются этапы возникновения метода, физические и аускультативные характеристики, позволяющие использовать его при различных патологиях и состояниях пациента.

История

В 1981 г. в России зарегистрирован метод, основанный на регистрации звуковых феноменов, возникающих при дыхании, с последующим анализом и математической обработкой частотных и временных характеристик спектра этих шумов [1]. Акустический шумовой сигнал, возникающий при дыхании, регистрируется при этом методе напрямую с помощью микрофона и через дополнительный электронный блок транслируется непосредственно в компьютер с целью последующей цифровой обработки. Дополнительный блок служит основой компьютерного диагностического комплекса (КДК), реализующего процедуру компьютерной бронхофонографии (КБФГ). Получаемый в результате акустический портрет респираторного цикла получил название паттерна дыхательных шумов (ДШ). Первый образец КДК «Паттерн» создан на кафедре инженерной экологии и охраны труда МЭИ в 1982 г. в тесном сотрудничестве со специалистами ведущих медицинских научных и лечебных учреждений – ФГБУ «Московский НИИ педиатрии и детской хирургии», ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», Института медицины труда [1].

В 1995 г. В.С. Малышев и соавт. предложили компьютерную систему «Паттерн», позволяющую регистрировать ДШ. КДК «Паттерн» одобрен Комитетом по новой медицинской технике Минздрава России (протокол №4 заседания комиссии по аппаратам, приборам и инструментам от 28.04.2000) и рекомендован к производству и применению в медицинской практике¹ [2].

Описание метода

В основе КБФГ лежит анализ временных и частотных характеристик спектра ДШ, возникающих при изменении диаметра бронхов вследствие увеличения ригидности их стенок или уменьшения внутреннего диаметра. В сочетании с бифуркацией указанные изменения воздухопроводных путей приводят к образованию турбулентных воздушных потоков и, как следствие, к образованию низко- и высокочастотных акустических феноменов, регистрируемых при сканировании акта дыхания [3].

Регистрация специфических акустических феноменов, возникающих при дыхании, – ДШ, осуществляется

с помощью датчика, обладающего высокой чувствительностью в широком диапазоне частот. Следует обратить внимание, что этот диапазон включает частоты, которые не выявляются при аускультации, но имеют важное диагностическое значение (выше 2,2 кГц) [4]. Набор специальных фильтров предназначен для формирования частотного спектра, содержащего полезную информацию о специфических акустических феноменах. С целью исключения кардиальных шумов, их маскирующего влияния в наборе специальных фильтров предусмотрены особые ограничительные меры в виде отсекающего низкочастотного фильтра [5].

Использование. Положительные отличия

Использование высокочастотного диапазона за пределами 5 кГц является отличительной чертой метода бронхофонографии. Большинство исследователей ограничиваются областью частот примерно до 2 кГц (доступный диапазон частот при аускультации с помощью стетофонендоскопа). В расширенном диапазоне частот установлены изменения спектральных характеристик ДШ при бронхиальной астме, хронической обструктивной болезни легких, бронхитах и других заболеваниях легких. Показано, что частотное распределение ДШ является информативным показателем бронхореактивности¹ [6].

КДК «Паттерн» позволяет исследовать на бронхофонограмме диагностические зоны различных нозологических форм заболеваний бронхолегочной системы и получать количественную оценку характеристик ДШ как в целом по спектру, так и дифференцированно.

С помощью первых исследований спектра акустического сигнала дыхания установлены значимые диагностические зоны: первая включает частотный диапазон 1,2–5 кГц, преимущественно отображает изменения в респираторном цикле рестриктивного характера; вторая охватывает частотный диапазон 5–12,6 кГц и отображает преимущественно обструктивные изменения (рис. 1) [7].

В дальнейшем КБФГ получила распространение при исследовании дыхания у взрослых. Такие методики крайне необходимы не только для пациентов раннего возраста, но и детей старше 5 лет и взрослых с легочными заболеваниями, которые в силу своего тяжелого физического или психического состояния не способны выполнять специальные форсированные маневры дыхания [2].

Технология КБФГ позволяет регистрировать звуки дыхания начиная с периода новорожденности [8]. Отечественные исследования с использованием КБФГ позволили определить опорные характеристики ДШ у детей разного возраста. Метод КБФГ позволяет фиксировать особенности дыхания при нарушении бронхиальной проходимости, что улучшает диагностику и позволяет своевременно корректировать терапию¹. Доступность, воспроизводимость, неинвазивность, быстрота получения результата и простота метода открывают большие перспективы дальнейшего развития и использования его у детей с заболеваниями органов дыхания [1].

С начала применения метода в диагностике различных заболеваний бронхолегочной системы проведено огромное количество исследований, раскрыты определенные возможности КБФГ. Отмечено, что метод удобен для при-

¹Малышев В.С., Ардашникова С.Н., Каганов С.Ю., и др. Способ регистрации высокочастотных дыхательных шумов. Патент РФ №5062396. Бюл. №18. 1995.

Рис. 1. Пример графического представления получаемого акустического портрета респираторного цикла – паттерна. Зафиксированы ДШ в частотном диапазоне 5–12,6 кГц, 1995 г.

Fig. 1. Example of graphic representation of the received acoustic portrait of the respiratory cycle – pattern. Recorded RS in the frequency range 5-12.6 kHz, 1995.

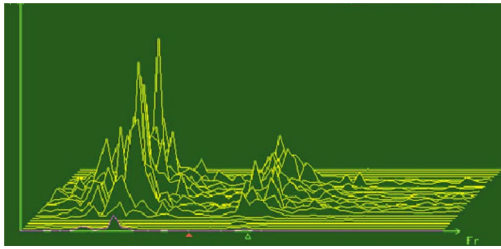


Рис. 2. Иллюстрация процедуры регистрации акустического портрета респираторного цикла (паттерна): а – общий вид рабочего места; б – процедура регистрации.

Fig. 2. Illustration of the registration procedure of the acoustic portrait of the respiratory cycle (pattern): a – general view of the workplace; b – registration procedure.

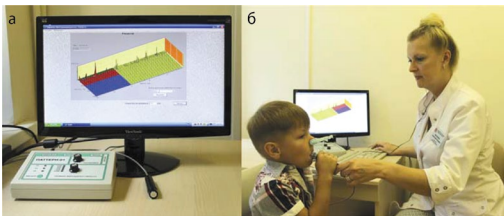


Рис. 3. Блок фильтров и управления прибора представляет собой отдельное настольное переносное изделие, связанное с ноутбуком через разъем USB и разъем микрофона. Блок фильтров и управления позволяет устанавливать желаемые частотные диапазоны регистрации нозологических форм (с помощью переключателя частотных диапазонов на 3 положения (F1 – 0,2–12,6 кГц, F2 – 0,2–5 кГц, F3 – 5–12,6 кГц).

Fig. 3. The filter and control unit of the device is a separate desktop portable product, connected to a laptop via a USB connector and a microphone connector. The filter and control unit allows setting desired frequency ranges of the nosological forms registration (with the frequency ranges switch on 3 positions (F1 – 0,2–12,6 kHz, F2 – 0,2–5 kHz, F3 – 5–12,6 kHz).



Рис. 4. Фрагмент отображения регистрационного журнала.

Fig. 4. Fragment of the registration log display.

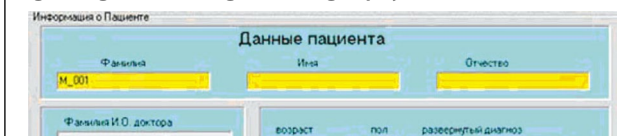


Рис. 5. Фрагмент отображения результатов цифровой обработки:

a – временной интервал регистрации паттерна респираторного цикла (возможно переключение 4–10 с); б – регистрируемые частотные диапазоны (0,2–1,2 кГц – низкочастотный, 1,2–5 кГц – среднечастотный, 5–12,6 кГц – высокочастотный); в – численные оценки результатов обработки (оценки АКРД по соответствующим частотным диапазонам); г – численные оценки результатов обработки (оценки АКРД в относительных единицах по соответствующим частотным диапазонам; Ки – отношение оценок АКРД по диапазонам к оценке АКРД по всему частотному диапазону в целом).

Fig. 5. Fragment of the digital processing results display: a – time interval of the respiratory cycle pattern recording (switching 4–10 s is possible); b – registered frequency ranges (0.2–1.2 kHz – low-frequency, 1.2–5 kHz – medium-frequency, 5-12.6 kHz - high-frequency); c – numerical assessments of processing results (ACRD scores in relative units for the appropriate frequency ranges); d – numerical assessment of processing results (ACRD scores in relative units for the appropriate frequency ranges: Ki – ratio of the ACRD estimates by bands to the ACRD estimates for the whole frequency range).



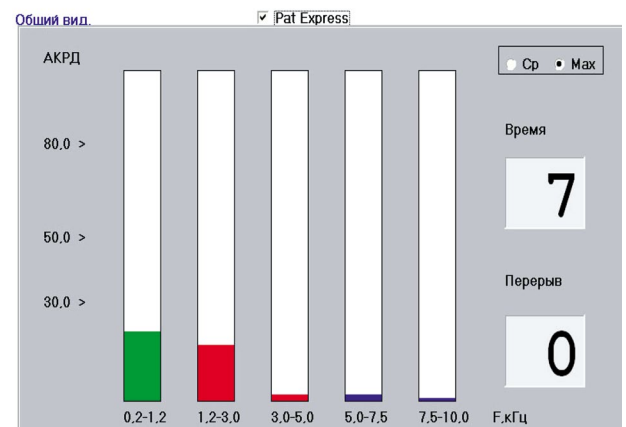
Рис. 6. Модификация РРЗ-Ц.

Fig. 6. Modification of RRZ-C.



Рис. 7. Экспресс- (скрининговое) обследование для контроля прерывистости дыхания (апноэ).

Fig. 7. Express (screening) examination to control intermittent breathing (apnea).



менения у детей младшей возрастной группы (с 1-го месяца жизни) [2, 9–11]. Кроме того, оценена эффективность метода в диагностике обструктивных нарушений. Во взрослой пульмонологической практике подобная методика необходима для тяжелых больных, которые не способны выполнять форсированные дыхательные маневры [9].

Учитывая, что использование ряда функциональных диагностических систем имеет ограничения из-за возраста пациента, возможность использования КБФГ у детей раннего возраста позволила значительно улучшить диагностику многих заболеваний легких, мониторировать эффективность терапии как в период обострений, так и при ремиссии. Метод дает возможность детскому пульмонологу объективизировать оценку вентиляционных нарушений и эффекты проводимой терапии. Исследование с помощью КБФГ проводится при спокойном дыхании, не требует обучения больного каким-либо специальным дыхательным маневрам, поэтому может использоваться с периода новорожденности [11–15].

При регистрации ДШ у детей раннего возраста используется чувствительный датчик, помещаемый в специальную лицевую маску или в загубник, который ребенок берет в рот (рис. 2). У детей до 1 года регистрация ДШ производится в положении лежа, детей старше 1 года и взрослых – в положении сидя при спокойном дыхании в отличие от многих других методов, основанных на оценке форсированного выдоха. Дети первых лет жизни при невозможности спокойно сидеть могут во время обследования находиться на коленях у родителей [4].

На рис. 2, а представлена одна из версий приборного обеспечения процедуры КБФГ (рис. 3).

В исследованиях, проводимых с помощью комплекса в области медицинской науки, широко принимают участие аспиранты, ординаторы и дипломники различных университетов по всей России [1]. Зарождаются территориальные школы и научные сообщества, которые обмениваются получаемыми результатами. В частности, появились результаты применения КБФГ с целью исследования влияния окружающей и производственной среды на дыхательный цикл человека независимо от его возраста. Таким образом, применение методик исследования состояния бронхолегочной системы человека с помощью КДК «Паттерн-01» приобретает аспекты, связанные с социологией, биологией, охраной труда и безопасностью жизнедеятельности человека [16–19].

Регистрация паттерна проводится в течение короткого промежутка времени (10 с). Начало регистрации рекомендуется совмещать с началом выдоха. Как и при большинстве функциональных методов, процедура исследования проводится несколько раз до получения 3 адекватных одинаковых результатов.

Обследование включает следующие этапы:

1. Внесение основных данных по больному: ФИО, возраст, пол, адрес, дата обследования, жалобы, диагноз, получаемое лечение, ФИО врача. Эти же данные вносятся в регистрационный журнал (рис. 4).

2. Регистрация у больного ДШ.

3. Цифровая обработка и соответствующий анализ полученных результатов (показателей), проведенные с помощью компьютерной программы (рис. 5).

Структура и форма отображения результатов позволяют получать определенные интегральные оценки, например по отдельным нозологическим формам.

Перед началом обследования проводится сбор анамнеза, жалоб, проводится аускультация пациента, объясняется принцип проведения исследования. В общем случае результаты сканирования показывают, что из акустического портрета (паттерна) может быть извлечено значительно больше информации для клинического использования, чем только при аускультации [20].

Создание метода КБФГ вносит большой вклад в развитие медицинской и биологической науки. КБФГ – это способ представления диагностической информации при заболеваниях респираторной системы и оценки бронхиальной проходимости. Оценка акустического компонента работы дыхания (АКРД) в 3 частотных диапазонах позволяет провести анализ нарушений в респираторном тракте от верхних дыхательных путей (при рините, риносинусите, аденоидах [12, 14, 15, 20, 21]), гортани и до бронхов (бронхиты) и паренхимы легких (пневмония, альвеолит, бронхолегочная дисплазия, муковисцидоз [22–24]). При помощи КБФГ возможна визуализация изменений спектральной плотности воздушного потока, обусловленных факторами турбулентности в респираторном тракте [1].

Такая реализация стимулирует исследование акустических свойств респираторной системы для улучшения диагностики, скрининга и мониторирования респираторных заболеваний.

В следующей версии приборов введен «Паттерн-02», работа над которыми началась в 2013 г.; изменения коснулись многих составляющих комплекса. В связи с этими изменениями 06.04.2021 Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения зарегистрировано медицинское изделие «Регистратор респираторных звуков РРЗ» (ТУ 26.60.12-001-56880266-2019). Изменение названия – результат проведенного ребрендинга, не повлиявшего на функциональные свойства приборов.

РРЗ предназначен для применения в амбулаторно-поликлинических условиях, стационаре, санаториях, реабилитационных центрах и на дому. Так как РРЗ выполнен в виде переносного изделия массой до 1 кг, его можно использовать непосредственно у постели больного.

В отличие от предыдущих версий врач может выбрать как 4-, так и 10-секундные временные диапазоны. В качестве микрофона применена новая измерительная головка, которая используется в профессиональных шумомерах. Повышено качество звукозаписи с 8 до 16 бит. Прибор общается с компьютером, направляя к нему поток аудиоданных через разъем USB 2.0. Модификация регистратора респираторных звуков РРЗ-Ц (рис. 6) также позволяет проводить регистрацию и расчет временных параметров респираторного цикла (длительность вдоха, длительность выдоха, усреднение по длительности вдоха и выдоха). Таким образом, врач может оценить длительность как всего респираторного цикла, так и его составляющих – вдоха/выдоха, соотношение вдоха и выдоха, что при некоторых заболеваниях имеет важное диагностическое значение.

Реализована возможность получать и визуализировать спектральные характеристики в реальном времени для проведения экспресс- (скрининговых) обследований (рис. 7), что позволяет в некоторых случаях контролировать прерывистость дыхания (апноэ) [1].

В этом случае частотный диапазон регистрации представлен в более мелком масштабе. Тем самым значительно кор-

ректней отображается участок частотного диапазона, в котором наиболее ярко проявляется анализируемый симптом.

Отличительным моментом версии РРЗ-Ц является возможность аудиозаписи дыхания. При этом оценивается как субъективная «шумность» респираторного цикла, так и объективные показатели (абсолютные и относительные данные). Учитывая чувствительность микрофонов, врач может выслушать аускультативные феномены – ДШ, хрипы, крепитацию – в тех частотных диапазонах, которые невозможно услышать с помощью фонендоскопа. Благодаря аудиозаписи результаты регистрации паттерна дыхания пациента сохраняются в архиве с возможностью последующего воспроизведения в усиленном формате. У врача появилась возможность не только оценивать аускультативные характеристики в момент регистрации, но и в дальнейшем сравнить записи данного пациента до и после проведенной терапии.

Заключение

РРЗ всех упомянутых модификаций могут быть использованы для диагностики нарушений ФВД у пациентов всех возрастных групп, как при стационарном, так и амбулаторном лечении.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Литература/References

- Компьютерная бронхофонография респираторного цикла. Под ред. Н.А. Геппе, В.С. Малышева. М.: Медиа Сфера, 2016 [Computer bronchophonography of the respiratory cycle. Ed. NA Geppе, VS Malyshev. Moscow: Media Sfera, 2016 (in Russian)].
- Науменко Ж.К., Неклюдова Г.В., Чикина С.Ю., Черняк А.В. Новые функциональные методы исследования: импульсная осциллометрия и бронхофонография. *Атмосфера. Пульмонология и аллергология*. 2007;2:14-7 [Naumenko ZhK, Nekliudova GV, Chikina Slu, Cherniak AV. Novye funktsional'nye metody issledovaniia: impul'snaia ostsillometriia i bronkhofonografiia. *Atmosfera. Pul'monologiya i allergologiya*. 2007;2:14-7 (in Russian)].
- Малышев В.С., Чебышева О.В. Моделирование частотного спектра дыхательных шумов при анализе условий труда персонала. *Вестник МЭИ*. 2007;3:139-45 [Malyshev VS, Chebysheva OV. Modelirovaniie chastotnogo spektra dykhatel'nykh shumov pri analize uslovii truda personala. *Vestnik MEI*. 2007;3:139-45 (in Russian)].
- Старостина Л.С. Функция внешнего дыхания у детей раннего возраста с различными заболеваниями бронхолегочной системы. Дис. ... канд. мед. наук. М., 2009 [Starostina LS. Funktsiia vneshnego dykhaniiia u detei rannego vozrasta s razlichnymi zabolevaniiami bronkholegochnoi sistemy. Dis. ... kand. med. nauk. Moscow, 2009 (in Russian)].
- Овсянников Д.Ю. Бронхолегочная дисплазия у детей первых трех лет жизни. Дис. ... д-ра мед. наук. М., 2010 [Ovsiannikov DYu. Bronkholegochnaia displaziia u detei pervykh trekh let zhizni. Dis. ... d-ra med. nauk. Moscow, 2010 (in Russian)].
- Дьяченко А.И., Михайловская А.Н. Респираторная акустика (обзор). Труды ИОФАН. 2012. Т. 68. С. 136-81 [D'iachenko AI, Mikhailovskaia AN. Respiratory acoustics (review). Proceedings of IOFAN. Vol. 68. P. 136-81 (in Russian)].
- Малышев В.С. Научный метод обработки информации при акустической диагностике влияния производственной среды на здоровье человека. Дис. ... д-ра биол. наук. Тула, 2002 [Malyshev VS. Nauchnyi metod obrabotki informatsii pri akusticheskoi diagnostike vliianiia proizvodstvennoi sredy na zdorov'e cheloveka. Dis. ... d-ra biol. nauk. Tula, 2002 (in Russian)].
- Павлинова Е.Б., Оксенчук Т.В., Кривцова Л.А., Синевич О.Ю. Сравнительная характеристика дыхательных паттернов недоношенных детей по результатам бронхофонографии. *Педиатрия*. 2010;89(4):40-5 [Pavlinova EB, Oksen'chuk TV, Krivtsova LA, Sinevich OYu. Sravnitel'naiia kharakteristika dykhatel'nykh patternov nedonoshennykh detei po rezul'tatam bronkhofonografii. *Pediatriia*. 2010;89(4):40-5 (in Russian)].
- Геппе Н.А., Малышев В.С., Лисицын М.Н., и др. Бронхофонография в комплексной диагностике бронхиальной астмы у детей. *Пульмонология*. 2002;5:33-9 [Geppе NA, Malyshev VS, Lisitsyn MN, et al. Bronkhofonografiia v kompleksnoi diagnostike bronkhial'noi astmy u detei. *Pul'monologiya*. 2002;5:33-9 (in Russian)].
- Горлова Н.В., Узунова А.Н., Зайцева М.Л. Диагностические возможности компьютерного комплекса «Паттерн» в оценке функции внешнего дыхания у детей. *Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура*. 2006;7-1:215-7 [Gorlova NV, Uzunova AN, Zaitseva ML. Diagnosticheskie vozmozhnosti komp'iuternogo kompleksa "Pattern" v otsenke funktsii vneshnego dykhaniiia u detei. *Vestnik Iuzhno-Ural'skogo gos. un-ta. Seria: Obrazovanie, zdoravoohranenie, fizicheskaia kul'tura*. 2006;7-1:215-7 (in Russian)].
- Геппе Н.А., Селиверстова Н.А., Малышев В.С., и др. Бронхофонографическое исследование легких у больных бронхиальной астмой раннего возраста. *Пульмонология*. 2008;3:38-41 [Geppе NA, Seliverstova NA, Malyshev VS, et al. Bronkhofonograficheskoe issledovanie legkikh u bol'nykh bronkhial'noi astmoi rannego vozrasta. *Pul'monologiya*. 2008;3:38-41 (in Russian)].
- ТресорукOVA О.В. Использование бронхофонографии в диагностике бронхолегочных заболеваний у недоношенных детей. *Вопросы современной педиатрии*. 2007;5(6):133-4 [Tresorukova OV. Ispol'zovanie bronkhofonografii v diagnostike bronkholegochnykh zabolevaniu u nedonoshennykh detei. *Voprosy sovremennoi pediatrii*. 2007;5(6):133-4 (in Russian)].
- Егорова В.Б., Ханды М.В., Геппе Н.А. Функциональная диагностика заболеваний органов дыхания у новорожденных. Материалы XI конгресса педиатров России. Актуальные проблемы педиатрии. М., 2007. С. 224 [Egorova VB, Khandy MV, Geppе NA. Functional diagnostics of respiratory diseases in newborns. Materials of the XI Congress of Russian Pediatricians. Actual problems of pediatrics. Moscow, 2007. P. 224 (in Russian)].
- ТресорукOVA О.В. Оценка функционального состояния дыхательной системы новорожденных детей по результатам бронхофонографии. *Вопросы современной педиатрии*. 2007;6(5):115-7 [Tresorukova OV. Otsenka funktsional'nogo sostoiianiia dykhatel'noi sistemy novorozhdennykh detei po rezul'tatam bronkhofonografii. *Voprosy sovremennoi pediatrii*. 2007;6(5):115-7 (in Russian)].
- Ханды М.В., Егорова В.Б. Диагностические критерии компьютерной бронхофонографии при заболеваниях органов дыхания у новорожденных. *Якутский медицинский журнал*. 2007;3(19):19-20 [Khandy MV, Egorova VB. Diagnosticheskie kriterii komp'iuternoi bronkhofonografii pri zabolevaniiaikh organov dykhaniiia u novorozhdennykh. *Iakutskii meditsinskii zhurnal*. 2007;3(19):19-20 (in Russian)].
- Артамонова С.Ю., Егорова В.Б., Саввина Н.В., и др. Характеристика акустической работы дыхания у табакокурящих подростков. *Якутский медицинский журнал*. 2013;3(43):61-3 [Artamonova Slu, Egorova VB, Savvina NV, et al. Kharakteristika akusticheskoi raboty dykhaniiia u tabakokuriashchikh podrostkov. *Iakutskii meditsinskii zhurnal*. 2013;3(43):61-3 (in Russian)].
- Кожевникова Т.Н., Гривас И.С., Помогаев И.В., Малышев В.С. Влияние табакокурения на респираторную функцию у подростков. *Доктор.Ру*. 2017;4:8 [Kozhevnikova TN, Grivas IS, Pomogaev IV, Malyshev VS. Vliianie tabakokureniia na respiratornuiu funktsiiu u podrostkov. *Doktor.Ru*. 2017;4:8 (in Russian)].
- Боровкова А.М., Малышев В.С. Ранняя диагностика заболеваний легких с помощью компьютерного комплекса Паттерн. Материалы VIII Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье» (Москва, 25–27 ноября 2009 г.). М., 2009. С. 311-2 [Borovkova AM, Malyshev VS. Early diagnosis of lung diseases using the Pattern computer complex. Materials of the VIII All-Russian Congress "Profession and Health" (Moscow, November 25–27, 2009). Moscow, 2009. P. 311-2 (in Russian)].
- Боровкова А.М., Малышев В.С., Федорова Е.В., Мангасарова М.Р. Использование искусственных нейронных сетей в процессе обучения специалистов по охране труда и инженерной экологии. Информно-2018. Материалы IV Международной науч.-практ. конф. 2018. С. 67-71 [Borovkova AM, Malyshev VS, Fedorova EV, Mangasarova MR. The use of artificial neural networks in the process of training specialists in labor protection and engineering ecology. Inforino-2018. Materials of the IV Int. scientific-practical conf. 2018. P. 67-71 (in Russian)].
- Геппе Н.А., Шаталова С.И., Малышев В.С. Значение респираторных звуков в педиатрии (обзор). *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2017;16(3):169-72 [Geppе NA, Shatalina SI, Malyshev VS. Znachenie respiratornykh zvukov v pediatrii (obzor). *Vestnik Smolenskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii*. 2017;16(3):169-72 (in Russian)].
- Геппе Н.А., Батырева О.В., Малявина У.С., и др. Аллергический ринит: новое в терапии острых инфекционных и персистирующих аллергических ринитов легкой и средней степени тяжести у детей с использованием метода компьютерной бронхофонографии. *Современная педиатрия*. 2013;4:48 [Geppе NA, Batiyeva OV, Maliavina US, et al. Allergicheskii rinit: novoe v terapii. *Doktor.Ru*. 2010;5:11-6 (in Russian)].
- Геппе Н.А., Старостина Л.С., Фарбер И.М., и др. Подбор рациональных методов терапии острых инфекционных и персистирующих аллергических ринитов легкой и средней степени тяжести у детей с использованием метода компьютерной бронхофонографии. *Современная педиатрия*. 2013;4:48 [Geppе NA, Starostina LS, Farber IM, et al. Podbor ratsional'nykh metodov terapii ostrykh infektsionnykh i persistiruiushchikh allergicheskikh rinitov legkoi i srednei stepeni tiazhesti u detei s ispol'zovaniem metoda komp'iuternoi bronkhofonografii. *Sovremennaia pediatriia*. 2013;4:48 (in Russian)].
- Павлинова Е.Б., Сафонова Т.И., Киришина И.А. Роль бронхофонографии в диагностике бронхообструктивного синдрома у детей с муковисцидозом. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2015;60(4):236-7 [Pavlinova EB, Safonova TI, Kirshina IA. Rol' bronkhofonografii v diagnostike bronkhoobstruktivnogo sindroma u detei s mukovistsidozom. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii*. 2015;60(4):236-7 (in Russian)].
- Малышев В.С., Мельникова И.М., Мизерничий Ю.Л., и др. Опыт использования компьютерной бронхофонографии в педиатрической практике. *Медицинский совет*. 2019;2:188-93 [Malyshev VS, Mel'nikova IM, Mizernitskii YuL, et al. Opyt ispol'zovaniia komp'iuternoi bronkhofonografii v pediatricheskoi praktike. *Meditsinskii sovet*. 2019;2:188-93 (in Russian)].

Статья поступила в редакцию / The article received:

Статья принята к печати / The article approved for publication:



OMNIDOCTOR.RU