



Инновационный подход к диагностике бронхообструктивного синдрома у детей с муковисцидозом

Е.Б. Павлинова¹, Н.А. Геппе², В.С. Малышев³, И.А. Киришина¹, Т.И. Сафонова⁴, А.Г. Мингаирова¹

¹ ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России

² ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет)

³ ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

⁴ БУЗ ОО «Областная детская клиническая больница», г. Омск

Цель исследования: установить диагностическую информативность компьютерной бронхофонографии для выявления вентиляционных нарушений при муковисцидозе у детей.

Дизайн: выборочное когортное одномоментное исследование.

Материалы и методы. Обследовано 25 детей, больных муковисцидозом, в возрасте от 6 до 17 лет. Пациентам проведены спирометрия, компьютерная бронхофонография, компьютерная томография; тяжесть течения заболевания оценена по шкале Швахмана — Брасфильда.

Результаты. Чувствительность компьютерной бронхофонографии в выявлении бронхиальной обструкции составила 69% при 100%-ной специфичности. Повышение акустического компонента работы дыхания в диапазоне высоких частот (АРД₂) более 0,2 мкДж было связано с неполной obturацией просвета дыхательных путей густой мокротой. При тяжелом течении заболевания на фоне выраженного мукостаза, перекрытия просвета дыхательных путей мокротой и «гашения» звуковых сигналов АРД₂ соответствовал норме.

На основании наличия отрицательной корреляции между АРД₂ и итоговым баллом по шкале Швахмана — Брасфильда разработана компьютерная программа Prognosis, позволяющая оценивать степень тяжести бронхиальной обструкции у лиц с невозможностью проведения спирометрии. При применении этой программы чувствительность компьютерной бронхофонографии повысилась до 80%.

Заключение. Компьютерная бронхофонография может быть использована для диагностики вентиляционных нарушений при муковисцидозе.

Ключевые слова: компьютерная бронхофонография, муковисцидоз.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Павлинова Е.Б., Геппе Н.А., Малышев В.С., Киришина И.А., Сафонова Т.И., Мингаирова А.Г. Инновационный подход к диагностике бронхообструктивного синдрома у детей с муковисцидозом // Доктор.Ру. 2019. № 5 (160). С. 6–10. DOI: 10.31550/1727-2378-2019-160-5-6-10



An Innovative Approach to the Diagnosis of Bronchial Obstruction Syndrome in Children with Cystic Fibrosis

E.B. Pavlinova¹, N.A. Geppe², V.S. Malyshev³, I.A. Kirshina¹, T.I. Safonova⁴, A.G. Mingairova¹

¹ Omsk State Medical University of the Ministry of Health of Russia; 12 Lenin Str., Omsk, Russian Federation 644099

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia; 2/4 Bolshaya Pirogovskaya Str., Moscow, Russian Federation 119435

³ National Research University "Moscow Power Engineering Institute"; 17-L-502, Krasnokazarmennaya Str., Moscow, Russian Federation 111250

⁴ Omsk Regional Paediatric Hospital; 77 Kuybyshev Str., Omsk, Russian Federation 644001

Study Objective: To identify the diagnostic information capacity of computer-aided bronchophonography in diagnostics of ventilative disorders in cystic fibrosis.

Study Design: Cohort cross-sectional sampling study.

Materials and Methods: 25 children with cystic fibrosis at the age of 6 to 17 years old were examined. Patients underwent spirometry, computer-aided bronchophonography, computer-aided tomography; their condition severity was assessed using Schwachman – Brasfield scale.

Study Results: Computer-aided bronchophonography sensitivity in bronchial obstruction diagnosing was 69% with 100% specificity. Increase in the acoustic component of high-frequency breathing of over 0.2 μJ was associated with partial obstruction of air passages with

Геппе Наталья Анатольевна — д. м. н., профессор, заведующая кафедрой детских болезней лечебного факультета ФГАУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет). 119435, г. Москва, ул. Б. Пироговская, д. 19. eLIBRARY.RU SPIN: 9916-0204. E-mail: geppe@mail.ru

Киришина Ирина Алексеевна — ассистент кафедры госпитальной педиатрии педиатрического факультета ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России. 644099, г. Омск, ул. Ленина, д. 12. eLIBRARY.RU SPIN: 1020-1148. E-mail: kirshina-irina@mail.ru

Малышев Владимир Серафимович — к. т. н., д. б. н., профессор кафедры инженерной экологии и охраны труда ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ». 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 17, корп. Л, Л-502. E-mail: MalyshevVS@mpei.ru

Мингаирова Александра Геннадьевна — к. м. н., доцент кафедры госпитальной педиатрии педиатрического факультета ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России. 644099, г. Омск, ул. Ленина, д. 12. eLIBRARY.RU SPIN: 2712-9566. E-mail: mingairova1@yandex.ru

Павлинова Елена Борисовна — д. м. н., профессор, заведующая кафедрой госпитальной педиатрии педиатрического факультета ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России. 644099, г. Омск, ул. Ленина, д. 12. eLIBRARY.RU SPIN: 3129-9420. E-mail: 123elena@mail.ru

Сафонова Татьяна Ивановна — заведующая пульмонологическим отделением БУЗ ОО ОДКБ. 644001, г. Омск, ул. Куйбышева, д. 77. eLIBRARY.RU SPIN: 3917-6615. E-mail: tatyanasafonova66@mail.ru

thick sputum. In severe cases with marked mucostasis, air passages obstruction with sputum and acoustical signal damping, high-frequency breathing was normal.

As a result of negative correlation between the high-frequency breathing and final score according to Schwachman – Brasfield scale, Prognosis application was developed which allows assessing severity of bronchial obstruction in patients who cannot tolerate spirometry. The application resulted in increase in bronchophonography sensitivity to 80%.

Conclusion: Computer-aided bronchophonography may be used in diagnosing ventilative disorders in cystic fibrosis.

Keywords: computer-aided bronchophonography, cystic fibrosis.

The authors declare that they do not have any conflict of interests.

For reference: Pavlinova E.B., Geppe N.A., Malyshev V.S., Kirshina I.A., Safonova T.I., Mingairova A.G. An Innovative Approach to the Diagnosis of Bronchial Obstruction Syndrome in Children with Cystic Fibrosis. Doctor.Ru. 2019; 5(160): 6–10. DOI: 10.31550/1727-2378-2019-160-5-6-10

В настоящее время муковисцидоз остается актуальной проблемой педиатрии. Тяжесть заболевания определяется преимущественно степенью поражения органов дыхания [1], поэтому у данной категории больных первоочередное значение приобретает мониторинг респираторной функции. Компьютерная бронхофонография способна выявлять признаки бронхиальной обструкции у детей любого возраста, в том числе у новорожденных, что является одним из основных преимуществ метода [2–4].

С помощью компьютерной бронхофонографии установлено, что акустические характеристики дыхания при муковисцидозе имеют свои особенности. Акустический компонент работы дыхания в высокочастотном диапазоне (АРД₂) у больных муковисцидозом при наличии бронхиальной обструкции повышается существенно меньше, чем у детей в приступном периоде бронхиальной астмы или у пациентов с обструктивным бронхитом, что обусловлено различными механизмами развития заболеваний [4, 5]. Исходя из вышеизложенного, необходимо установить, с какими структурными изменениями органов дыхания ассоциировано повышение АРД₂ сверх нормальных значений. Легкое и среднетяжелое течение муковисцидоза характеризуется постепенным нарастанием АРД₂, тогда как у тяжелых больных его величины не превышают нормы [3].

В настоящий момент остается нерешенной проблема идентификации и адекватной интерпретации ложноотрицательных результатов компьютерной бронхофонографии у тяжелых больных. С другой стороны, с помощью компьютерной бронхофонографии можно провести только качественную диагностику обструктивных нарушений при муковисцидозе — оценить степень их тяжести не представляется возможным. Однако установлено наличие отрицательной корреляции между АРД₂ и ОФВ₁ — основным маркером нарушения бронхиальной проходимости по данным спирографии [6]. Вероятно, продолжение исследований в этой области позволит решить данный вопрос.

Цель исследования: установить диагностическую информативность компьютерной бронхофонографии для выявления вентиляционных нарушений при муковисцидозе у детей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено выборочное когортное одномоментное исследование. Работа выполнена на базе центра муковисцидоза пульмонологического отделения Омской областной детской клинической больницы.

Критерии включения: дети с муковисцидозом обоего пола, наблюдавшиеся в центре муковисцидоза г. Омска; возраст 6–17 лет; стадия ремиссии легочного процесса; получение информированного согласия пациентов, их родителей или иных законных представителей на исследование. С учетом критериев включения, были обследованы все больные муковисцидозом данного возраста (n = 25).

У всех участников исследования оценивалось клинико-функциональное состояние органов дыхания с проведением спирографии, компьютерной бронхофонографии, компьютерной томографии, а также с подсчетом суммарного балла по шкале Швахмана — Брасфильда. Наличие и степень тяжести бронхиальной обструкции определяли с помощью спирографии согласно клиническим рекомендациям [7]. При качественной оценке функции легких методом компьютерной бронхофонографии обструкцию констатировали в случае повышения АРД₂ более 0,2 мкДж [2]. Клиническое состояние больных характеризовала шкала Швахмана — Брасфильда, результаты интерпретировали в соответствии с известным подходом [8]. При анализе снимков и протоколов компьютерной томографии учитывали наиболее характерные для муковисцидоза изменения: наличие бронхоэктазов, мукоидных пробок, «воздушных ловушек», фиброателектазов, а также косвенных признаков бронхиолита — симптома «дерево в почках» либо Y-образных структур.

Для статистической обработки данных применялись пакеты прикладных программ Statistica (версия 6.1), NCSS 2004 и Microsoft Office Excel 2007. Количественные признаки были представлены в виде Me [Q₁; Q₃], где Me — медиана, Q₁ и Q₃ — нижний и верхний квартили соответственно. Сравнение двух независимых переменных осуществляли с помощью критерия Манна — Уитни, при сравнении трех и более переменных использовали критерий Краскела — Уоллиса. Направление и силу связи между явлениями определяли с применением коэффициента корреляции Спирмена (r). При всех статистических расчетах критический уровень значимости (p) принимали равным 0,05. Диагностическую ценность прогностической модели устанавливали посредством построения ROC-кривой с последующим определением площади под ней.

Работа одобрена этическим комитетом Омского государственного медицинского университета (протокол № 58 от 14.11.2013).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Клиническое состояние у большинства детей (n = 13; 52,0%) было расценено как среднетяжелое, в то же время практически каждый четвертый ребенок старше 6 лет (n = 6; 24,0%) набрал 40 баллов и менее, что говорило о тяжелом течении заболевания. Хорошее либо удовлетворительное состояние в возрастной группе 6–17 лет регистрировалось реже: у 4 (16,0%) и 2 (8,0%) детей соответственно.

Медиана ОФВ₁ в исследуемой выборке составила 72,0% [56,0; 90,0]. При оценке степени выраженности вентиляционных нарушений у каждого третьего больного (n = 9; 36,0%) отмечено соответствие функционального состояния органов дыхания нормальным значениям. Бронхиальная обструкция легкой степени была выявлена у 4 (16,0%)

детей, по 4 человека имели комбинированную вентиляционную недостаточность с преобладанием обструкции умеренной, среднетяжелой и тяжелой степени соответственно. Снижение величины $ОФВ_1$ было наиболее ранним маркером нарушений вентиляции.

При проведении компьютерной бронхофонографии медиана $АРД_2$ составила 0,169 [0,073; 0,294] мкДж, что соответствовало норме. Была отмечена средняя чувствительность метода — 69%, в то же время он характеризовался 100%-ной специфичностью. Ложноотрицательные результаты исследования были получены в 5 случаях: у 2 пациентов с легкими и 3 детей с тяжелыми вентиляционными нарушениями.

Вследствие хронического прогрессирующего течения заболевания, по данным компьютерной томографии у больных определялись множественные признаки поражения органов дыхания. Наиболее частой находкой были бронхоэктазы, часть из них с заполненным содержимым просветом. Более чем у половины пациентов выявлялись неравномерность пневматизации как отражение бронхиальной обструкции и косвенные признаки бронхолита. Несмотря на полиморфность рентгенологической картины, статистически значимое повышение $АРД_2$ ассоциировалось только с регистрацией мукостаза: при сравнении с отсутствием мукостаза $p < 0,01$ (табл.). В то же время мукоидные пробки, скопление мокроты в просвете бронхоэктаза определялись более чем у половины пациентов с бронхоэктазами ($n = 10$; 55,6%) и практически в каждом третьем случае «воздушных ловушек» ($n = 9$; 64,3%).

Таблица

Изменения акустического компонента работы дыхания в диапазоне высоких частот ($АРД_2$) в зависимости от структурного поражения легких

Состояние легких	Число наблюдений	$АРД_2$, мкДж, Me [Q _L ; Q _U]	P
Пневматизация: • не изменена • повышена • неравномерная	6 5 14	0,057 [0,016; 0,101] 0,168 [0,119; 0,169] 0,282 [0,119; 0,309]	0,053*
Бронхоэктазы: • наличие • отсутствие	18 7	0,220 [0,119; 0,297] 0,073 [0,034; 0,265]	0,074**
Признаки мукостаза: • наличие • отсутствие	10 15	0,283 [0,177; 0,316] 0,088 [0,041; 0,265]	0,006**
Признаки бронхолита: • наличие • отсутствие	15 10	0,169 [0,101; 0,294] 0,177 [0,066; 0,297]	0,677**
Фиброателектазы: • наличие • отсутствие	4 21	0,295 [0,191; 0,337] 0,168 [0,066; 0,292]	0,103**

* Критерий Краскела — Уоллиса.

** Критерий Манна — Уитни.

Для установления взаимосвязи между основными показателями компьютерной бронхофонографии и спирографии при муковисцидозе был проведен сравнительный анализ паттернов дыхания и спирограмм в зависимости от степени тяжести вентиляционных нарушений. Отмечено, что по мере усугубления бронхиальной обструкции от легкой к средней степени тяжести происходит прогрессирующее повышение медианы интенсивности $АРД_2$, однако при тяжелой вентиляционной недостаточности регистрировались сигналы $АРД_2$, близкие к норме (рис. 1). Выявлена сильная отрицательная корреляция между значениями $ОФВ_1$ и $АРД_2$ ($r = -0,70$; $p = 0,0001$).

При анализе дополнительных параметров, способных влиять на величину $ОФВ_1$, особо отмечена сильная прямая связь между $ОФВ_1$ и итоговым баллом по шкале Швахмана — Брасфильда ($r = 0,81$; $p = 0,000001$). У больных муковисцидозом наблюдалось прогрессивное снижение суммы баллов по данной шкале по мере ухудшения функциональных возможностей органов дыхания (рис. 2), и итоговая оценка у больных с тяжелой бронхообструкцией была статистически значимо ниже, чем в других группах (критерий Краскела — Уоллиса; $p = 0,002$), ее медиана составила 37,5 балла. Обращало на себя внимание, что именно у этих больных отмечался феномен «гашения» звуковых сигналов $АРД_2$. Помимо этого, между суммой баллов по шкале Швахмана — Брасфильда и величиной $АРД_2$ выявлена отрицательная корреляция средней силы ($r = -0,50$; $p = 0,011$).

С учетом полученных данных была установлена нелинейная зависимость, которая позволяла оценить степень тяжести бронхиальной обструкции, выраженную в величине $ОФВ_1$, на основании клинической оценки состояния больного по шкале Швахмана — Брасфильда и значения $АРД_2$ по данным компьютерной бронхофонографии. Разработанная зависимость легла в основу компьютерной программы Prognosis (рис. 3), с помощью которой можно прогнозировать значение $ОФВ_1$, исходя из вели-

Рис. 1. Динамика акустического компонента работы дыхания в диапазоне высоких частот ($АРД_2$) в зависимости от степени тяжести вентиляционной недостаточности, мкДж

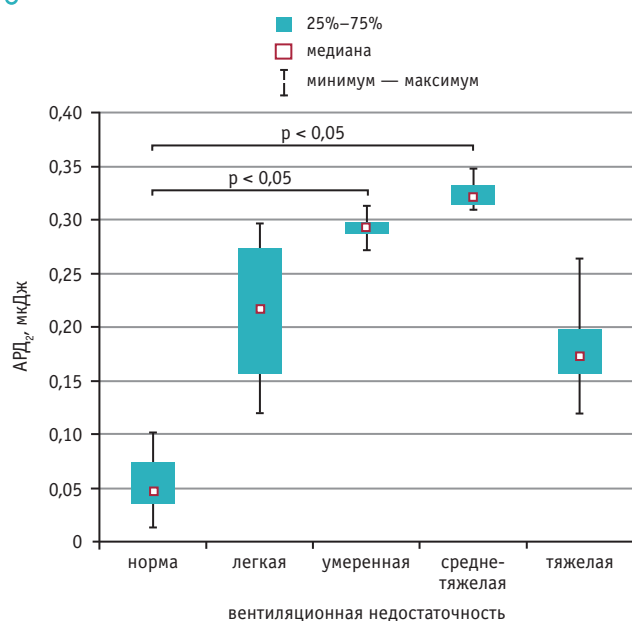


Рис. 2. Динамика итогового балла по шкале Швахмана — Брасфильда в зависимости от степени тяжести вентиляционной недостаточности

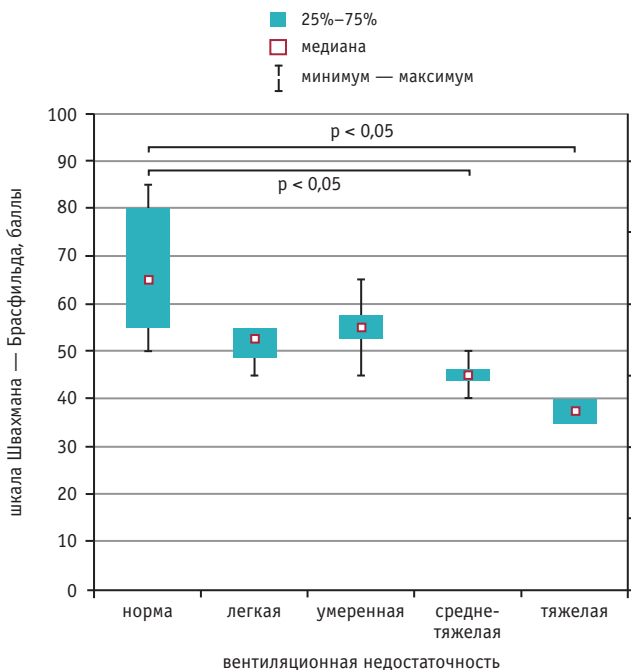
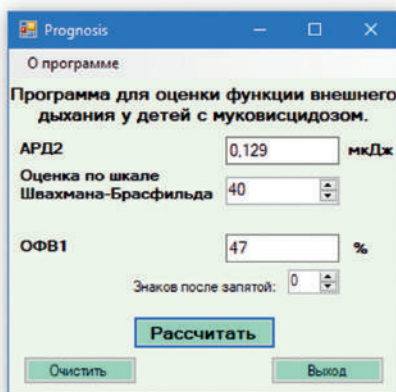


Рис. 3. Диалоговое окно программы Prognosis



чины ARD_2 и итогового балла по шкале Швахмана — Брасфильда. Операционные показатели программы: коэффициент детерминации — 0,88; средняя относительная ошибка аппроксимации — 7,3%. Это характеризует модель как хорошую.

По результатам апробации программы, проведенной на обучающей выборке из 23 больных муковисцидозом, при дополнительной обработке данных с помощью Prognosis достигнуто повышение чувствительности компьютерной бронхофонографии до 80%. Специфичности теста осталась на уровне 100%. Не зарегистрировано ни одного случая ошибочной интерпретации полученных данных у тяжелых пациентов, а основные ошибки диагностики были связаны с наличием у больных легких вентиляционных нарушений. Предсказанные значения OFV_1 позволили более точно оценивать выраженность бронхиальной обструкции с помощью компьютерной бронхофонографии. Площадь под ROC-кривой составила 0,91753, что отразило отличное качество разработанной модели.

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование функции внешнего дыхания у детей раннего возраста, больных муковисцидозом, является актуальной задачей в педиатрии. В настоящий момент количество методов оценки функционального состояния респираторной системы у данной категории больных ограничено.

В нашем исследовании диагностическая чувствительность компьютерной бронхофонографии в выявлении бронхиальной обструкции при муковисцидозе составила 69%. Нами выделены две основные категории пациентов, у которых встречались диагностические ошибки: во-первых, это дети с легкими нарушениями вентиляции, у которых следовало предполагать незначительное ограничение экспираторного воздушного потока, не приводящее к повышению ARD_2 ; во-вторых, больные с тяжелыми вентиляционными нарушениями, у большинства из них уровень ARD_2 не превышал 0,2 мкДж.

Как известно, в патогенезе бронхиальной обструкции при муковисцидозе ведущую роль играет обтурация просвета бронхов густой мокротой [9]. Уменьшение диаметра воздухоносных путей способствует формированию турбулентных потоков воздуха, что по данным компьютерной бронхофонографии регистрируется в виде нарастания ARD_2 [2]. В настоящем исследовании при сопоставлении результатов компьютерной бронхофонографии и компьютерной томографии легких отмечено, что повышение ARD_2 более 0,2 мкДж в первую очередь связано с наличием большого количества вязкой мокроты и развитием мукостаза. С другой стороны, исходя из положений респираторной акустики, необходимым условием для распространения звуковой волны является наличие сохранного просвета дыхательных путей, в противном случае все звуковые феномены могут исчезнуть либо существенно ослабиться [10]. Вероятнее всего, тяжелая обструкция бронхов сопровождалась выраженным мукостазом, что создавало крайне высокую вероятность полной обтурации просвета густой вязкой мокротой и блокады распространения звуковых волн. Это приводило к получению ложноотрицательных результатов компьютерной бронхофонографии у данной группы больных, несмотря на наличие выраженных нарушений вентиляции.

Как косвенное отражение тяжелого поражения органов дыхания можно было рассматривать и низкую оценку клинического состояния больных по шкале Швахмана — Брасфильда. Наше исследование продемонстрировало наличие сильной прямой корреляции между состоянием ребенка и величиной OFV_1 , что согласуется с данными литературы [8], при этом у половины детей, набравших 40 баллов и менее по шкале Швахмана — Брасфильда, ARD_2 не превышал нормальных значений. Таким образом, именно у клинически тяжелых пациентов следовало предполагать наличие выраженных вентиляционных нарушений, особенно при получении результатов компьютерной бронхофонографии, близких к нормальным.

Применение программного обеспечения Prognosis, учитывающего результаты клинического и функционального обследования больных, позволило избежать ошибочной интерпретации результатов компьютерной бронхофонографии у тяжелых пациентов. Помимо этого, расчетная величина OFV_1 дала возможность проводить количественную оценку выраженности бронхообструктивного синдрома у тех детей, у которых применение спирографии затруднено в силу возраста. Принимая во внимание простоту выполнения компьютерной бронхофонографии и легкость подсчета итогового балла по шкале Швахмана — Брасфильда, данный диагностический подход перспективен для оценки состоя-

ния функции внешнего дыхания у детей раннего возраста, больных муковисцидозом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе результатов компьютерной бронхофонографии в зависимости от характера структурного поражения легких установлено, что повышение акустического компонента работы дыхания в диапазоне высоких частот (АРД₂) более 0,2 мкДж в первую очередь ассоциировано с явлениями мукостаза — одного из ключевых звеньев в патогенезе муковисцидоза.

Выявлена сильная отрицательная корреляция между значениями ОФВ₁ и АРД₂, которая носит нелинейный характер.

При интерпретации результатов компьютерной бронхофонографии у детей, набравших 40 баллов и менее по шкале Швахмана — Брасфильда, следовало предполагать наличие тяжелой бронхиальной обструкции.

Разработана прогностическая модель, позволяющая оценивать степень тяжести вентиляционных нарушений при муковисцидозе с помощью компьютерной бронхофонографии и итогового балла по шкале Швахмана — Брасфильда. Данная модель была реализована в программном обеспечении Prognosis, применение которого при интерпретации результатов компьютерной бронхофонографии способствовало повышению чувствительности метода до 80%.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Duncan J.A., Aurora P. Monitoring early lung disease in cystic fibrosis: where are we now? *Breathe*. 2014; 10: 34–47. DOI: 10.1183/20734735.010813
2. Герпе Н.А., Малышев В.С., ред. Компьютерная бронхофонография респираторного цикла. М.: Медиа Сфера; 2016. 108 с. [Gerpe N.A., Malyshev V.S., red. *Kompyuternaya bronkhofonografiya respiratornogo tsikla*. M.: Media Sfera; 2016. 108 s. (in Russian)]
3. Смирнов И.Е., Тарасова О.В., Лукина О.Ф., Кустова О.В., Сорокина Т.Е., Симонова О.И. Структурно-функциональное состояние легких при муковисцидозе у детей. *Рос. педиатр. журн.* 2015; 18(2): 11–7. [Smirnov I.E., Tarasova O.V., Lukina O.F., Kustova O.V., Sorokina T.E., Simonova O.I. *Strukturno-funktsional'noe sostoyaniye legkikh pri mukovistsidoze u detei*. *Ros. pediatri. zhurn.* 2015; 18(2): 11–7. (in Russian)]
4. Павлинова Е.Б., Худенко Н.Г., Сафонова Т.И. Бронхофонография как новый метод диагностики бронхообструктивного синдрома у детей. *Мать и дитя в Кузбассе*. 2006; 27(4): 29–32. [Pavlinova E.B., Khudenko N.G., Safonova T.I. *Bronkhofonografiya kak novyi metod diagnostiki bronkhooobstruktivnogo sindroma u detei*. *Mat' i ditya v Kuzbasse*. 2006; 27(4): 29–32. (in Russian)]
5. Чепурная М.М., Ягубянц Е.Т., Леликова Е.Н., Афонина Т.А., Белан Г.П. Значение бронхофонографии в контроле динамики и эффективности терапии муковисцидоза у детей. *Инновационные достижения в диагностике и терапии муковисцидоза: Тезисы докладов XIII Нац. конгресса с междунар. участием. Сергиев Посад, 2017: 89–90.* [Chepurnaya M.M., Yagubyants E.T., Lelikova E.N., Afonina T.A., Belan G.P. *Znachenie bronkhofonografii v kontrole dinamiki i effektivnosti terapii mukovistsidoza u detei*. *Innovatsionnye dostizheniya v diagnostike i terapii mukovistsidoza: Tezisy dokladov XIII Nats. kongressa s mezhdunar. uchastiem. Sergiev Posad, 2017: 89–90.* (in Russian)]
6. Павлинова Е.Б., Мингаирова А.Г., Сафонова Т.И., Куршина И.А., Корнеева Т.Ю., Шевлякова А.А. Возможности компьютерной бронхографии как метода оценки состояния функции внешнего дыхания детей с муковисцидозом. *Избранные вопросы педиатрии, детской хирургии, анестезиологии и реанимации: Сб. науч. трудов, посвящ. 80-летию БУЗ Омской обл. «Областная детская клиническая больница».* Омск, 2016: 68–70. [Pavlinova E.B., Mingairova A.G., Safonova T.I., Kirshina I.A., Korneeva T.Yu., Shevlyakova A.A. *Vozmozhnosti kompyuternoi bronkhografii kak metoda otsenki sostoyaniya funktsii vneshnego dykhaniya detei s mukovistsidozom*. *Izbrannyye voprosy pediatrii, detskoï khirurgii, anesteziologii i reanimatsii: Sb. nauch. trudov, posvyashch. 80-letiyu BUZ Omskoï obl. "Oblastnaya detskaya klinicheskaya bol'nitsa"*. Omsk, 2016: 68–70. (in Russian)]
7. Чучалин А.Г., Айсанов З.Р., Чикина С.Ю., Черняк А.В., Калманова Е.Н. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии. *Пульмонология*. 2014; 6: 11–24. [Chuchalin A.G., Aisanov Z.R., Chikina S.Yu., Chernyak A.V., Kalmanova E.N. *Federal'nye klinicheskie rekomendatsii Rossiiskogo respiratornogo obshchestva po ispol'zovaniyu metoda spirometrii*. *Pul'monologiya*. 2014; 6: 11–24. (in Russian)]
8. Stollar F., Adde F.V., Cunha M.T., Leone C., Rodrigues J.C. Shwachman-Kulczycki score still useful to monitor cystic fibrosis severity. *Clinics (Sao Paulo)*. 2011; 66(6): 979–83. DOI: 10.1590/S1807-59322011000600010
9. Капранов Н.И., Каширская Н.Ю., ред. *Муковисцидоз*. М.: Медпрактика-М; 2014. 672 с. [Kapranov N.I., Kashirskaya N.Yu., red. *Mukoviscidoz*. M.: Medpraktika-M; 2014. 672 s. (in Russian)]
10. Кайно Г. *Акустические волны: устройства, визуализация и аналоговая обработка сигналов*. М.: Мир; 1990. 656 с. [Kaino G. *Akusticheskie volny: ustroystva, vizualizatsiya i analogovaya obrabotka signalov*. M.: Mir; 1990. 656 s. (in Russian)]