

**Н.М. Леонтьева^{*1,2}, И.В. Демко^{1,2}, Е.А. Собко^{1,2},
О.П. Ищенко^{1,2}, Соловьева И.А.^{1,2}**

¹ — ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, Красноярск, Россия

² — Краевое государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Краевая клиническая больница», Красноярск, Россия

МЕТОД ИМПУЛЬСНОЙ ОСЦИЛЛОМЕТРИИ В ДИАГНОСТИКЕ РАННИХ ИЗМЕНЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ ЛЕГКОГО ТЕЧЕНИЯ

**N.M. Leontieva^{*1,2}, I.V. Demko^{1,2}, E.A. Sobko^{1,2},
O.P. Ishchenko^{1,2}, I.A. Solov'yova^{1,2}**

¹ — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Krasnoyarsk State Medical University n.a. Prof. V. F. Voino-Yasenetsky» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Krasnoyarsk, Russia

² — Regional State Budgetary Healthcare Institution «Regional Clinical Hospital», Krasnoyarsk, Russia

IMPULSE OSCILLOMETRY FOR DIAGNOSIS OF EARLY CHANGES IN THE RESPIRATORY SYSTEM FUNCTIONAL STATE IN PATIENTS WITH MILD ASTHMA

Резюме

На сегодняшний день исследование функции дыхательной системы при подозрении на обструктивные заболевания принято начинать со спирометрии, как наиболее чувствительного метода в выявлении бронхиальной обструкции. Однако данные об информативности и специфичности метода противоречивы. Известно, что для получения достоверных результатов необходимо хорошее сотрудничество пациента с медицинским персоналом. Метод импульсной осциллометрии является неинвазивным методом оценки общего респираторного сопротивления, не требующим принудительных выдохов. На сегодняшний день интерпретация получаемых при обследовании показателей, а так же чувствительность и специфичность метода требуют дальнейшего изучения. **Целью** данной работы явилось изучение возможностей импульсной осциллометрии в диагностике ранних нарушений функции бронхолегочной системы и выявление наиболее информативных показателей импульсной осциллометрии, коррелирующих с параметрами спирометрии, бодиплетизмографии. **Материалы и методы.** Обследованы пациенты с установленным диагнозом бронхиальной астмы легкого течения (n=68), при этом выявлены вентиляционные нарушения обструктивного типа у 71% пациентов. В группе контроля (n=41) нарушений по результатам легочных функциональных тестов не выявлено. **Результаты.** У большинства пациентов с выявленными обструктивными нарушениями по результатам спирометрии и бодиплетизмографии наблюдалось также увеличение показателей абсолютной частотной зависимости резистивного компонента дыхательного

*Контакты/Contacts. E-mail: nigora-razzakova@rambler.ru

импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц Rrs5-Rrs20 и площади реактанса (AX). Повышение параметра Rrs5-Rrs20 выявлено у 48 (71%) человек, увеличение AX наблюдалось у 44 (65%) обследуемых, из них у 42 (61%) пациентов показатели реактивного сопротивления Xrs5 и резистивного сопротивления Rrs5 не превышали нормальных значений. **Заключение.** Абсолютная частотная зависимость Rrs5-Rrs20 и AX являются наиболее информативными параметрами импульсной осциллометрии. У некоторых обследуемых по данным ИОМ изменения были более выражены в сравнении с показателями спирометрии.

Ключевые слова: бронхиальная астма, обструкция дыхательных путей, диагностика, импульсная осциллометрия, бодиплетизмография, спирометрия

Для цитирования: Леонтьева Н.М., Демко И.В., Собко Е.А., и др. МЕТОД ИМПУЛЬСНОЙ ОСЦИЛЛОМЕТРИИ В ДИАГНОСТИКЕ РАННИХ ИЗМЕНЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ ЛЕГКОГО ТЕЧЕНИЯ. Архив внутренней медицины. 2019; 9(3): 213-221. DOI: 10.20514/2226-6704-2019-9-3-213-221

Abstract

Currently, the analysis of respiratory function of lungs at suspicion of obstructive pulmonary diseases is recommended to start with spirometry as the most sensitive method of obstruction detection. However, data on informative value and specificity of a method are contradictory. To obtain reliable results good cooperation of the patient and health professionals is necessary. Impulse oscillometry is a noninvasive method of general respiratory resistance assessment, which does not require forced exhalations. The sensitivity and specificity of this method remain undecided as well as the obtained parameter interpretation. The **objective** of this work was to study opportunities of impulse oscillometry in diagnostics of early respiratory dysfunctions of ist most informative indicators correlating with parameters of spirometry and body plethysmography. **Materials and methods.** Patients with the established diagnosis of mild asthma (n=68) were examined. In 71% of patients, obstructive respiratory dysfunction was revealed. In the control group (n=41) there were no abnormalities. **Results.** In most of patients with revealed via spirometry and body plethysmography obstructive disturbances the increase in indicators of absolute frequency dependence of the resistive component of the respiratory impedance at the oscillation frequency of 5 and 20 Hz (Rrs5-Rrs20) and the reactance area (AX). Increase in Rrs5-Rrs20 was revealed in 48 (71%) patients and the increase in AX was observed in 44 (65%) of the surveyed, patients with 42 (61%) patients without the increase of reactance (Xrs5) and resistance (Rrs5). **Conclusion.** The absolute frequency dependence of Rrs5-Rrs20 and AX are the most informative parameters of impulse oscillometry. In some patients the IOM findings were more significant in comparison with spirometry ones.

Key words: asthma, airway obstruction, impulse oscillometry, diagnosis, body plethysmography, spirometry

For citation: Leontieva N.M., Demko I.V., Sobko E.A., et al. IMPULSE OSCILLOMETRY FOR DIAGNOSIS OF EARLY CHANGES IN THE RESPIRATORY SYSTEM FUNCTIONAL STATE IN PATIENTS WITH MILD ASTHMA. The Russian Archives of Internal Medicine. 2019; 9(3): 213-221. [In Russian]. DOI: 10.20514/2226-6704-2019-9-3-213-221

DOI: 10.20514/2226-6704-2019-9-3-213-221

AX — площадь реактанса, Co5 — когерентность при частоте осцилляций 5 Гц, DXrs5 — экспираторное ограничение потока, fres — резонансная частота, Rrs — резистивная составляющая дыхательного импеданса, Raw — сопротивление дыхательных путей, Xrs — реактивная составляющая дыхательного импеданса, БА — бронхиальная астма, ВГО — внутригрудной объем, ЖЕЛ — жизненная емкость легких, ИОМ — импульсная осциллометрия, ОЕЛ — общая емкость легких, ООЛ — остаточный объем легких, ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за первую секунду маневра форсированного выдоха, СОС₂₅₋₇₅ — средняя объемная скорость форсированного выдоха, ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких

Введение

На сегодняшний день бронхиальная астма (БА) во всем мире является одной из наиболее актуальных проблем здравоохранения. По официальным данным, ежегодный прирост больных с дебютом заболевания увеличивается в последнее десятилетие [1], среди населения Российской Федерации заболеваемость БА за 2017г. составила 84,2 человека на 100 000 населения [2].

В структуре заболеваемости легкое течение БА занимает лидирующие позиции и встречается в 50-75% случаев [3].

Исходя из прогнозов, число больных БА в Российской Федерации (как взрослых, так и детей) в следующие десятилетия будет расти, преимущественно в связи с ранней диагностикой заболевания [4, 5]. Таким образом, изучение клинических особенностей легкого течения заболевания и ранних изменений функционального состояния респираторной системы становится особенно актуальным.

В настоящее время диагноз БА устанавливается на основании клинической картины и анамнестических данных.

Функциональная диагностика респираторной системы позволяет подтвердить наличие заболевания, уточнить степень тяжести бронхиальной обструкции, а так же ее обратимость [6, 12, 26]. На сегодняшний день исследование функции дыхательной системы при подозрении на обструктивные заболевания принято начинать со спирометрии, как наиболее чувствительного метода в выявлении бронхиальной обструкции [28-30]. Однако данные об информативности и специфичности метода противоречивы. Результаты некоторых исследований указывают на слабую взаимосвязь между параметрами спирометрии и проявлениями БА [7-9, 23, 24]. Важно помнить, что в ситуациях, когда речь идет об обследовании детей и пациентов пожилого возраста, сотрудничество с которыми затруднено, диагностическая значимость спирометрии снижается. Необходимо также отметить, что

классическая спирометрия дает возможность произвести оценку дистальных и проксимальных отделов респираторного тракта, которые принимают участие в форсированном выдохе. Функциональные изменения на ранних стадиях бронхиальной обструкции имеют скрытый характер в связи с тем, что возникают в периферических бронхах, не вовлекаяющихся в процесс форсированного выдоха [23]. Таким образом, на сегодняшний день является актуальной проблема ранней диагностики начальных проявлений периферической бронхиальной обструкции. В последние годы с целью выявления ранних изменений функционального состояния респираторной системы всё чаще применяются тесты осцилляторной механики, основанные на технике форсированных осцилляций. Более широкое применение получила последняя модификация метода — импульсная осциллометрия (ИОМ). Данная методика позволяет преодолеть недостатки классической спирометрии [25].

ИОМ является неинвазивным методом оценки общего респираторного сопротивления при спокойном дыхании, не требующим принудительных выдохов. Параметры, рассчитываемые при ИОМ, отражают проявления обструкции, как в центральных, так и в периферических бронхах. Данные, свидетельствующие о нарушениях проходимости в мелких бронхах, могут быть использованы как для ранней диагностики БА легкого течения, так и для оценки эффективности проводимой терапии [10]. Базовыми показателями ИОМ являются суммарная величина эластического и инерционного сопротивлений (реактивный компонент дыхательного импеданса или реактанс (X_{rs})) при частоте осцилляций от 5 до 35 Гц и резистивный компонент дыхательного импеданса (R_{rs}) [41].

На сегодняшний день выполнен ряд исследований, направленных на оценку возможностей ИОМ, однако интерпретация получаемых при обследовании показателей, а также чувствительность и специфичность метода требуют дальнейшего изучения [10, 17, 18, 20, 21].

Целью данной работы явилось изучение возможностей ИОМ в диагностике ранних нарушений функции бронхолегочной системы и выявление наиболее информативных показателей импульсной осциллометрии, коррелирующих с параметрами спирометрии, бодиплетизмографии.

Материалы и методы

В основную группу исследования включены пациенты с установленным диагнозом БА легкого течения ($n=68$), среди них 27 (40%) мужчин и 41 (60%) женщина. Медиана возраста составила 26[22;33] лет. Верификация диагноза, степени тяжести БА устанавливалась в соответствии с рекомендациями,

изложенными в документе «Глобальная стратегия лечения и профилактики бронхиальной астмы», 2017 г. [12].

В контрольную группу включены здоровые пациенты без клинических проявлений заболеваний легких и тяжелой сопутствующей патологии ($n=41$), среди них 15 (37%) мужчин и 26 (63%) женщин. Медиана возраста составила 25[21;32] лет.

В ходе исследования были использованы современные методы функциональной диагностики: спирометрия, бодиплетизмография, ИОМ. Исследования были проведены на установке Master Screen Body (Jaeger, Германия). Бодиплетизмография и спирометрия выполнены в рамках стандартов качества исследований Европейского респираторного общества (European Respiratory Society — ERS) и Американского торакального общества (American Thoracic Society — ATS) [13,14]. ИОМ проводилась согласно рекомендациям H.J. Smith, P. Reinhold et al. [15].

В ходе исследования проведен анализ следующих показателей легочных функциональных тестов:

1. Спирометрические показатели — форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за первую секунду ($ОФВ_1$), индекс Генслера ($ОФВ_1/ФЖЕЛ$), индекс Тиффно ($ОФВ_1/ЖЕЛ$), объемная скорость на среднем участке кривой «поток-объем» форсированного выдоха между 25-75% выдохнутой ФЖЕЛ ($СОС_{25-75}$).
2. Показатели бодиплетизмографии — общая емкость легких (ОЕЛ), жизненная емкость легких (ЖЕЛ), остаточный объем легких (ООЛ), отношение остаточного объема легких к общей емкости легких ($ООЛ/ОЕЛ$), внутригрудной объем газа (ВГО), показатели бронхиального сопротивления общего, а так же на вдохе и выдохе ($Raw_{общ}$, $Raw_{вд}$, $Raw_{выд}$).
3. Показатели ИОМ — общее дыхательное сопротивление или дыхательный импеданс при частоте осцилляций 5 Гц (Z_{rs5}), резистивный компонент дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц и 20 Гц (R_{rs5} , R_{rs20}). Поскольку реактанс при частоте 5 Гц (X_{rs5}) может принимать отрицательные значения, его соотношение к должной величине рассчитывалась по разнице между его должным и полученным значением (ΔX_{rs5}) [16]. Частотная зависимость была рассчитана, как абсолютная разница между значениями резистивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц и 20 Гц ($R_{rs5}-R_{rs20}$), а так же как относительная величина. При определении (относительной) частотной зависимости R_{rs} были применены два способа расчета, рекомендуемые различными источниками:
 $D(R_{rs}\%R_{rs5}) = (R_{rs5} - R_{rs20})/R_{rs5} \cdot 100\%$ [17]
 $D(R_{rs}\%R_{rs20}) = (R_{rs5} - R_{rs20})/R_{rs20} \cdot 100\%$ [18]
 В анализ включен показатель DX_{rs5} , который определяется, как разница средних значений

Xrs5 на вдохе и выдохе, увеличение его является функциональным признаком экспираторного ограничения потока. В ходе работы так же были оценены следующие параметры ИОМ: резонансная частота (f_{res}), площадь над кривой Xrs в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (AX), которую иногда называют «треугольником Гольдмана» и когерентность при частоте осцилляций 5 Гц (Co5).

Результаты спирометрии и бодиплетизмографии были проанализированы с учетом требований ERS, ATS [13, 14] и Федеральных клинических рекомендаций Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии [19].

Легкая степень тяжести вентиляционных нарушений диагностировалась при снижении индекса Тиффно < 70%_{долж.}, ОФВ₁ > 70, умеренная степень тяжести в случае, если показатель ОФВ₁ находился в пределах 60-69% и индекс Тиффно < 70%_{долж.}, среднетяжелая (значительная) степень тяжести выставлялась при значениях ОФВ₁ в пределах 50-59%_{долж.} [13, 19].

Степень выраженности обструктивных нарушений по результатам ИОМ оценивалась по изменению основных показателей Rrs5 и deltaXrs5. Для резистивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц и 20 Гц (Rrs5, Rrs20) нормальными считались значения < 150%_{долж.}, для относительной частотной зависимости < 35%, для абсолютной частотной зависимости (Rrs5-Rrs20) < 0,08 кПа. Так же в пределах нормальных значений учитывались deltaXrs5 ≤ 0,15 кПа·с/л, площадь над кривой Xrs в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (AX) < 0,33 кПа/л, DXrs5 < 0,07 кПа·с/л, и значения резонансной частоты f_{res} в диапазоне от 6 до 12 Гц. [16, 20].

С учетом того, какие показатели превышали нормальные значения, было сделано заключение об уровне поражения дыхательных путей (ДП). В случае, если увеличивались показатели и Rrs5 и Rrs20, а частотная зависимость Rrs5-Rrs20 не изменялась, диагностировалась обструкция, связанная с патологическим процессом в центральных ДП. Повышение же только Rrs5, приводящее к увеличению частотной зависимости, характеризовалось изменениями периферических ДП. Данные изменения, сопровождающиеся повышением deltaXrs5, указывали на значительную и более тяжелую степень выраженности обструкции. При выявлении нарушений, характерных для обструктивных нарушений периферических и центральных ДП, диагностировалась генерализованная обструкция.

Превышение пределов нормальных значений показателя площади над кривой Xrs в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (AX), который иногда называют «треугольником Гольдмана» характеризовало так же обструкцию периферических отделов ДП. Снижение когерентности при частоте осцилляций 5 Гц менее 0,6 рассматривалось, как признак патологи-

ческой неоднородности механических свойств аппарата вентиляции [21].

Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью пакета прикладных программ Statistica-6.1 for Windows. Количественные значения представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного интервала [Q_1 ; Q_3], где Q_1 — 25 процентиль, Q_3 — 75 процентиль. В случае отклонения от нормального распределения выборок, определяемого по методу Колмогорова-Смирнова и критерию Шапиро-Уилка, в сравнительном анализе групп по количественным признакам использован непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Для оценки связи признаков применен корреляционный анализ с использованием ранговой корреляции Спирмена. Высокая значимая корреляция отмечалась при r , соответствующем уровню статистической значимости $p < 0,01$, значимая корреляция при r , соответствующем уровню статистической значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

По данным спирометрии, в группе больных БА легкого течения вентиляционные нарушения по обструктивному типу выявлены только у 11 пациентов (16%) (табл. 4). При количественном анализе показателя ОФВ₁ были зарегистрированы легкие нарушения проходимости дыхательных путей (НПДП) у 3 (4%) человек, умеренные НПДП у 6 (9%) пациентов, значительные у 2 (3%) человек, при этом параметры ЖЕЛ и ФЖЕЛ у всех обследованных находились в пределах нормальных значений. Нами установлено снижение показателя СОС₂₅₋₇₅ у 13 человек (19%). Аналогичные результаты продемонстрировали в ранее проведенном исследовании Pellegrino R. et al., (2005), что позволяет судить о том, что в диагностике ранних стадий бронхиальной обструкции показатель СОС₂₅₋₇₅ может быть более чувствителен, чем ОФВ₁ [22].

По результатам бодиплетизмографии наиболее выраженные изменения зарегистрированы по показателю бронхиального сопротивления выдоха ($Raw_{\text{выд.}}$), данный параметр был увеличен у 32 (47%) исследуемых, так же выявлено повышение общего бронхиального сопротивления ($Raw_{\text{общ.}}$) у 15 (22%) человек и бронхиального сопротивления вдоха ($Raw_{\text{вд.}}$) у 9 (13%) человек.

В группе контроля показатели бронхиального сопротивления были в пределах нормальных значений у всех исследуемых.

По результатам ИОМ в группе больных БА легкого течения наблюдалось увеличение резистивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц Rrs5 у 9 (13%) обследуемых, deltaXrs5 у 10 (15%) пациентов и увеличение Rrs20 у 4 (6%) обследуемых. Сопоставление результатов по данным показателям в группе позволило

диагностировать вентиляционные нарушения по обструктивному типу у 14 (21%) человек, из них у 9(13%) пациентов выявлены умеренные нарушения, у 3 (4%) значительные и у 2 (3%) резкие нарушения. Таким образом, у 5(7%) обследованных по данным ИОМ изменения были более выражены в сравнении с показателями спирометрии. При анализе показателей ИОМ в группе легкой БА наиболее подвержен изменениям, оказался показатель абсолютной частотной зависимости Rrs5-Rrs20, его повышение было выявлено у 48(71%) человек, из них у 42(61%) пациентов показатели deltaXrs5 и Rrs5 не превышали нормальных значений. Данные изменения рассматривались, как ранний признак патологии периферических дыхатель-

ных путей. Заслуживает внимания, что у 44(65%) человек был повышен показатель площади над кривой Xrs в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (AX) и резонансная частота f_{res} смещалась в область высоких частот. Количественная оценка показателей резистивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 ГЦ, абсолютная частотная зависимость Rrs5-Rrs20 и deltaXrs5 у больных легкой БА показала наличие обструктивных нарушений на уровне центральных дыхательных путей у 3 пациентов (4%), и у 1(2%) больного была диагностирована генерализованная обструкция. В контрольной группе значения данных показателей не изменялись. В результате анализа взаимосвязи показателей спирометрии, бодиплетизмографии и ИОМ в группе

Таблица 1. Характеристика показателей бодиплетизмографии, спирографии и ИОМ в группе больных бронхиальной астмой легкого течения и контрольной группе
Table 1. Characteristic of parameters of a body pletizmografy, spirometry and impulse oscillometry in group of patients with bronchial asthma of an easy current and control group

Показатель (Parameters)	Легкая БА (Slight stage of bronchial asthma), n=68		Контроль (Control), n=41		Значимость различий (Significance of differences)
	Me[Q4;Q3]		Me[Q4;Q3]		
	n	1	n	2	
ЖЕЛ/VC, % долж.	68	100,9[91,15;109,55]	41	99,1[91,9;107,7]	$\rho_{1,2} = 0,72$
ФЖЕЛ/FVC, % долж.	68	99,55[90,2;109]	41	102,8[95;110]	$\rho_{1,2} = 0,43$
ОФВ ₁ /FEV ₁ , % долж.	68	90,75[82,5;98,45]	41	101,5[92,6;109]	$\rho_{1,2} = 0,001$
ОФВ ₁ /ЖЕЛ / FEV ₁ /VC, %	68	77,55[72,25;80,6]	41	88[83;89,6]	$\rho_{1,2} < 0,001$
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ / FEV ₁ /FVC %	68	77,9[72,17;81,8]	41	86,44[82,08;88,37]	$\rho_{1,2} < 0,001$
СОС ₂₅₋₇₅ /ММЕФ ₇₅₋₂₅ , % долж.	68	80,1[75,2;89,35]	41	89,4[82,2;96,8]	$\rho_{1,2} = 0,003$
ОЕЛ/TLC, % долж.	68	104,6[99,25;110,75]	41	101[95;107,7]	$\rho_{1,2} = 0,057$
ООЛ/RV, % долж.	68	112,05[97,45;137,2]	41	98,1[87,8;110,4]	$\rho_{1,2} = 0,003$
ООЛ/ОЕЛ / RV/TLC, % долж.	68	106,55[92,05;126,35]	41	94,1[87,4;105,6]	$\rho_{1,2} = 0,013$
ВГО/FRCpleth, % долж.	68	106,9[88,7;117,2]	41	89,4[83;103,6]	$\rho_{1,2} = 0,001$
Raw _{общ.} /Raw _{tot} , кПа•с/л	68	0,21[0,15;0,29]	41	0,16[0,12;0,2]	$\rho_{1,2} < 0,001$
Raw _{выд.} /Raw _{ex} , кПа•с/л	68	0,23[0,18;0,35]	41	0,2[0,15;0,24]	$\rho_{1,2} = 0,002$
Raw _{ва.} /Raw _{in} , кПа•с/л	68	0,18[0,14;0,26]	41	0,19[0,14;0,22]	$\rho_{1,2} = 0,438$
Zrs5, % долж.	68	127,2[108;138,7]	41	106,4[97,2;122,3]	$\rho_{1,2} < 0,001$
Rrs5, % долж.	68	128,7[95,2;145,2]	41	102[87,1;112]	$\rho_{1,2} < 0,001$
Rrs20, % долж.	68	92,2[73,05;117,55]	41	94,5[73,3;99]	$\rho_{1,2} = 0,247$
(Rrs5-Rrs20)/Rrs5, %	68	20,3[11,4;28,1]	41	12,2[8,6;15,9]	$\rho_{1,2} < 0,001$
(Rrs5-Rrs20)/Rrs20, %	68	25,4[13,0;39,1]	41	13,9[9,4;19,0]	$\rho_{1,2} < 0,001$
Rrs5-Rrs20, кПа•с/л	68	0,09[0,07;0,14]	41	0,04[0,03;0,06]	$\rho_{1,2} < 0,001$
deltaXrs5, кПа•с/л	68	0,1[0,08;0,14]	41	0,09[0,07;0,12]	$\rho_{1,2} = 0,038$
AX, кПа/лм	68	0,37[0,2;0,56]	41	0,18[0,15;0,21]	$\rho_{1,2} < 0,001$
DXrs5, кПа•с/л	68	0,07[0,035;0,125]	41	0,04[0,02;0,05]	$\rho_{1,2} < 0,001$
Co5	68	0,78[0,67;0,88]	41	0,72[0,67;0,79]	$\rho_{1,2} = 0,046$
fres, Гц	68	16,5[12,5;19]	41	9[7;11]	$\rho_{1,2} < 0,001$

Примечание: значимость различий между группами рассчитана с помощью критерия Манн-Уитни; различия статистически значимы при $p < 0,05$; n — число наблюдений
Note: The significance of differences between groups is calculated using the Mann-Whitney test; differences are statistically significant at $p < 0,05$; n is the number of observations

больных легкой БА выявлены прямые и обратные высоко значимые ($p<0,001$) корреляционные взаимосвязи:

Так, выявлена сильная прямая корреляционная связь между параметром бронхиального сопротивления $Raw_{\text{выд.}}$ и показателем площади над кривой Xrs в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (AX) ($r=0,73$, $p<0,001$). Так же установлена средняя прямая, корреляционная связь показателей $Raw_{\text{вд.}}$, $Raw_{\text{общ.}}$ и AX ($r=0,67$, $p<0,001$, $r=0,68$, $p<0,001$ соответственно), средняя прямая, высоко значимая корреляционная связь данных параметров с резонансной частотой f_{res} ($r=0,53$, $p<0,001$, $r=0,54$, $p<0,001$ соответствен-

но). (рис. 1). Таким образом, у большинства пациентов с клиническими проявлениями бронхиальной обструкции и увеличением бронхиального сопротивления наблюдалось повышение показателя площади над кривой Xrs в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (AX). Также нами установлена средняя, прямая корреляционная связь показателя Rrs5 с параметрами бронхиального сопротивления $Raw_{\text{выд.}}$ ($r=0,67$, $p<0,001$), $Raw_{\text{вд.}}$ ($r=0,66$, $p<0,001$), $Raw_{\text{общ.}}$ ($r=0,67$, $p<0,001$) и показателя Rrs20 с $Raw_{\text{выд.}}$ ($r=0,54$, $p<0,001$), $Raw_{\text{вд.}}$ ($r=0,53$, $p<0,001$), $Raw_{\text{общ.}}$ ($r=0,52$, $p<0,001$) (рис. 2).

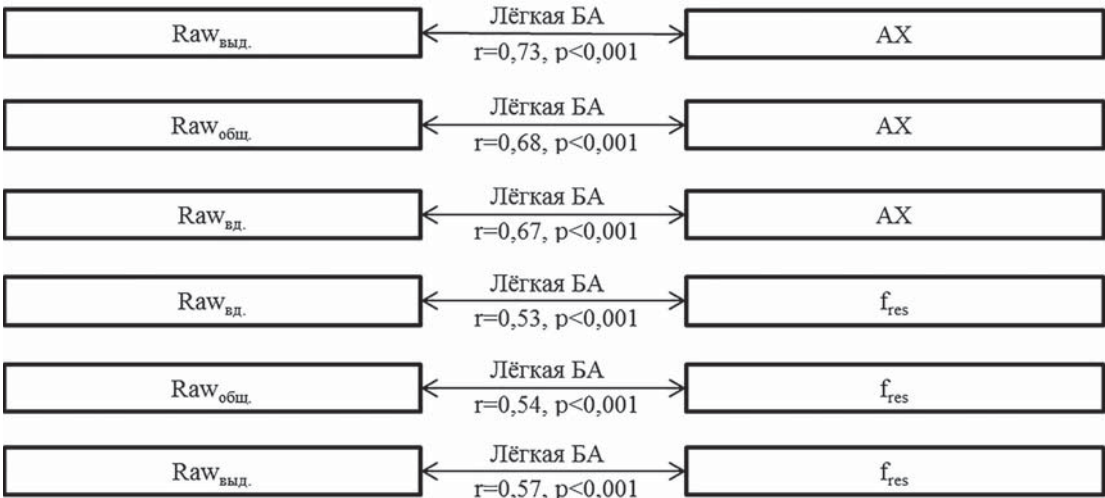


Рисунок 1. Корреляционные взаимосвязи параметров бронхиального сопротивления и показателей ИОМ в группе больных легкой БА

Figure 1. Correlation relationships of bronchial resistance parameters and IOM indicators in the group of patients with slight stage of bronchial asthma

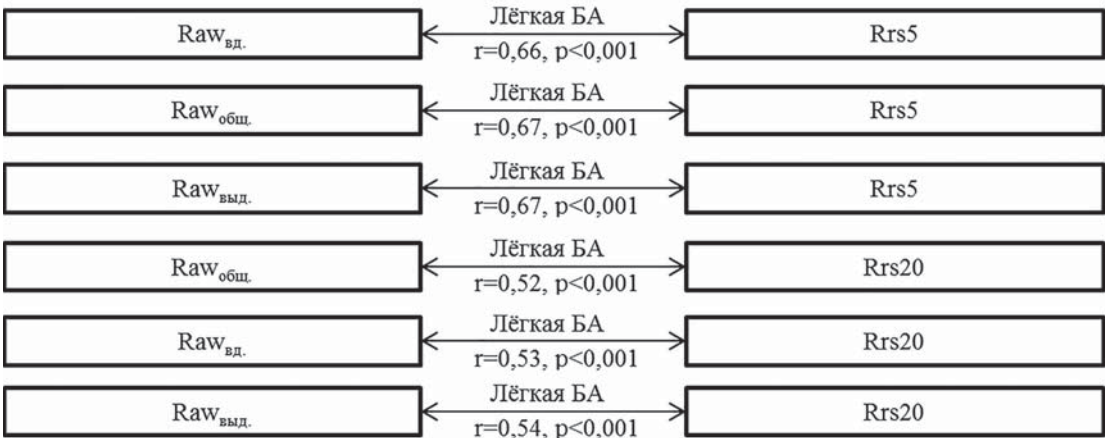


Рисунок 2. Корреляционные взаимосвязи показателей бронхиального сопротивления и резистивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц в группе больных легкой БА

Figure 2. Correlation relationships of bronchial resistance parameters and the respiratory impedance resistive component at the frequency of oscillations 5 and 20 Hz in the group of patients with slight stage of bronchial asthma

Корреляционный анализ показателей спирографии и ИОМ позволил выявить среднюю обратную корреляционную связь между COC_{25-75} и следующими показателями: Rrs5 ($r=-0,56$, $p<0,001$), AX ($r=-0,59$, $p<0,001$), абсолютной частотной зависимостью Rrs5-Rrs20 ($r=-0,50$, $p<0,001$) и резонансной частотой f_{res} ($r=-0,66$, $p<0,001$). Обнаружены умеренные обратные корреляционные связи между показателем Rrs20 и индексом Тиффно ($r=-0,50$, $p<0,001$), индексом Генслера ($r=-0,54$, $p<0,001$), умеренные обратные корреляционные связи между абсолютной частотной зависимостью Rrs5-Rrs20 и ОФВ_1 ($r=-0,46$, $p<0,001$) индексом Тиффно ($r=-0,49$, $p<0,001$), индексом Генслера ($r=-0,45$, $p<0,001$) (рис. 3).

Полученные результаты позволяют судить о том, что показатели ИОМ, такие как площадь над кривой Xrs в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (AX), абсолютная частотная зависимость Rrs5-Rrs20 и резистивный компонент дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 наряду с параметрами спирометрии COC_{25-75} , ОФВ_1 , $\text{ОФВ}_1/\text{ЖЕЛ}$, $\text{ОФВ}_1/\text{ФЖЕЛ}$ могут свидетельствовать о наличии нарушений проходимости дыхательных путей.

Кроме того, в группе больных БА легкого течения установлены умеренные обратные корреляционные связи между показателями ЖЕЛ и ФЖЕЛ

и Rrs5 ($r=-0,34$, $p=0,005$, $r=-0,35$, $p=0,003$ соответственно), абсолютной частотной зависимостью Rrs5-Rrs20 ($r=-0,31$, $p=0,011$, $r=-0,36$, $p=0,002$ соответственно), AX ($r=-0,32$, $p=0,009$, $r=-0,34$, $p=0,005$ соответственно) и резонансной частотой f_{res} ($r=-0,38$, $p=0,002$, $r=-0,43$, $p<0,001$ соответственно) (рис. 4).

Таким образом, результаты проведенного анализа показали, что у больных с вентиляционными нарушениями по обструктивному типу показатели бронхиального сопротивления статистически значимо коррелируют со всеми основными параметрами ИОМ. Наиболее информативными показателями ИОМ оказались абсолютная частотная зависимость Rrs5-Rrs20 и площадь над кривой Xrs в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (AX), эти показатели находились в тесной взаимосвязи с величиной бронхиального сопротивления и в обратной зависимости со скоростными показателями, такими как ОФВ_1 , COC_{25-75} , $\text{ОФВ}_1/\text{ЖЕЛ}$, $\text{ОФВ}_1/\text{ФЖЕЛ}$. Аналогичные корреляционные связи отмечены между ЖЕЛ, ФЖЕЛ и резистивным компонентом дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5, 20 Гц Rrs5, Rrs20. Таким образом, чем меньше скоростные показатели и больше объем легких, тем больше становится абсолютная частотная зависимость Rrs5-Rrs20, AX и Rrs5, Rrs20.

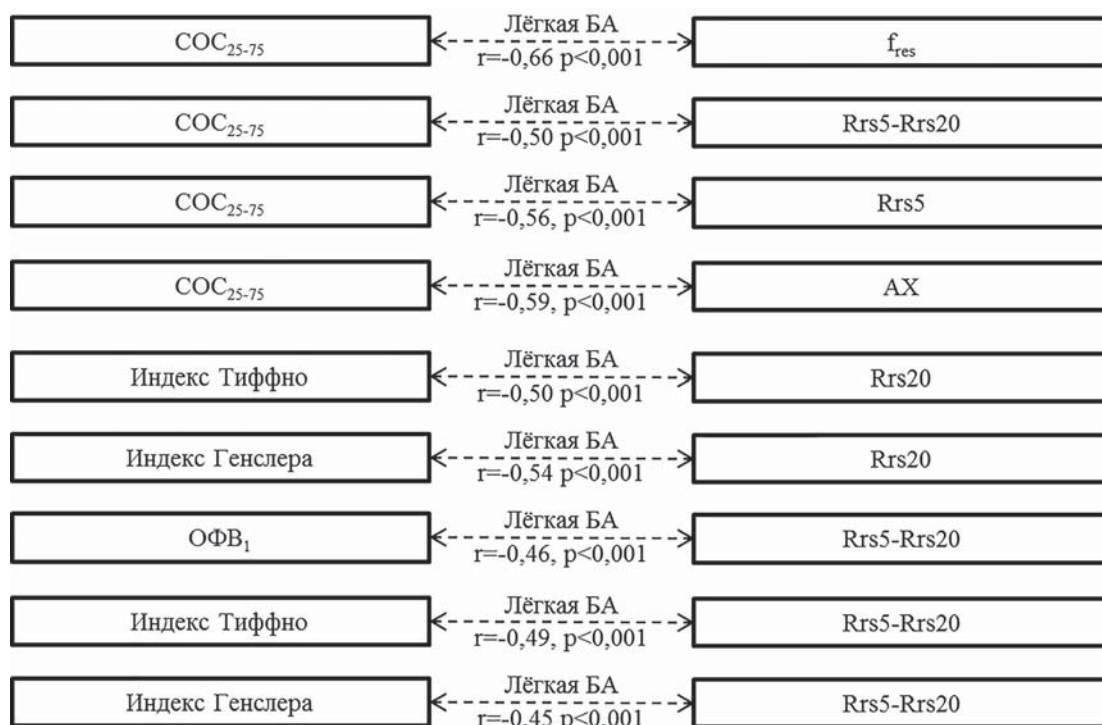


Рисунок 3. Корреляционные взаимосвязи показателей механики дыхания COC_{25-75} , индекс Тиффно, индекс Генслера, ОФВ_1 с данными ИОМ, резистивным компонентом дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц, абсолютной частотной зависимостью, резонансной частотой f_{res} и AX в группе больных легкой БА

Figure 3. Correlation relationships of respiration mechanics parameters MMEF 75/25, Tiffno index, Gensler index, FEV1 with IOM parameters, respiratory impedance resistive component at an oscillation frequency 5 and 20 Hz, absolute frequency dependence, resonance frequency f_{res} and AX in the group of patients with slight stage of bronchial asthma

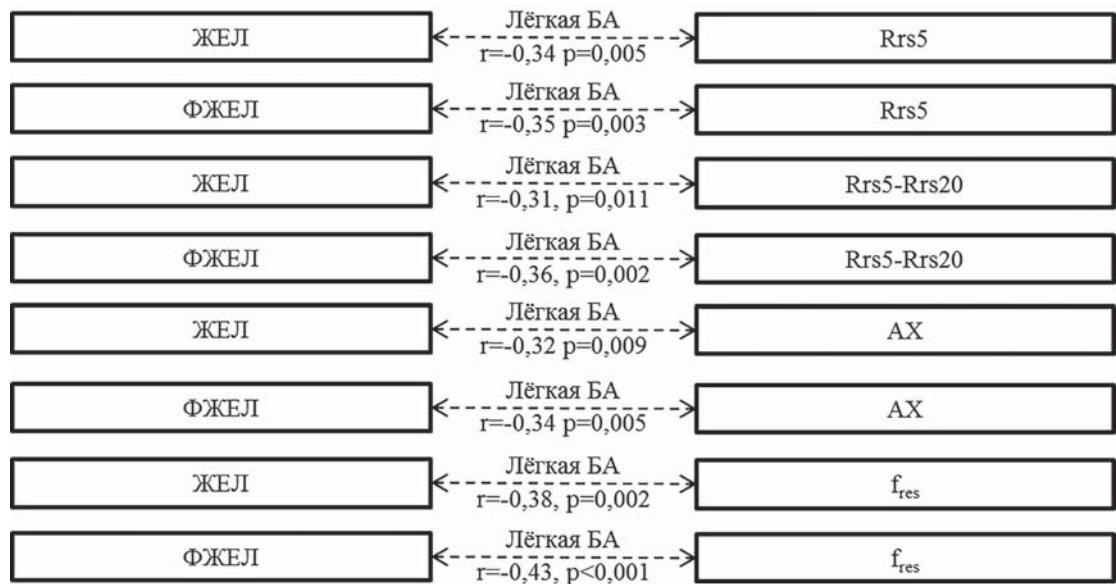


Рисунок 4. Корреляционные взаимосвязи между показателями легочных объемов ЖЕЛ, ФЖЕЛ и резистивным компонентом дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц, абсолютной частотной зависимостью Rrs, резонансной частотой f_{res} и AX в группе больных легкой БА

Figure 4. Correlation relationships between lung volumes parameters VC, FVC and the respiratory impedance resistive component at an oscillation frequency 5 and 20 Hz, absolute frequency dependence Rrs, resonance frequency f_{res} and AX in the group of patients with slight stage of bronchial asthma

В дальнейшем планируется проведение исследования с расширением групп обследуемых и более углубленный анализ взаимосвязей показателей функциональных тестов, в том числе ИОМ со степенью тяжести обструктивных нарушений у больных бронхиальной астмой.

Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- 1. Параметры ИОМ статистически значимо взаимосвязаны с показателями бодиплетизмографии и спирографии, в большей степени с показателями бронхиального сопротивления
- 2. Абсолютная частотная зависимость Rrs5-Rrs20 и площадь над кривой Xrs в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (AX) являются наиболее информативными параметрами ИОМ и находятся в более тесной корреляционной связи с показателями механики дыхания
- 3. Показатели резистивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц, 20 Гц, Rrs5, Rrs20 и deltaXrs5 позволяют дифференцировать локализацию патологического процесса в центральных и периферических ДП и, возможно, в некоторых случаях могут быть более информативны базовых параметров спирографии, у 5 обследуемых (7%) по данным ИОМ изменения были более выражены в сравнении с показателями спирометрии.

Конфликт интересов/Conflict of interests
Авторы заявляют, что данная работа, её тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов/The authors state that this work, its theme, subject and content do not affect competing interests

Список литературы/References:

1. Nunes C., Pereira A.M., Morais-Almeida M. Asthma costs and social impact. Asthma Research and Practice. 2017; 3: 1. DOI: 10.1186/s40733-016-0029-3.

2. Заболеваемость всего населения России в 2017 году: Статистические материалы. Ч.I. М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России. 2018; 97-99. Morbidity of the whole population of Russia in 2017: Statistical materials. P.I. M.: The Russian Federation Ministry of Health, Department of Monitoring, Analysis and Strategic Health Development, Federal State Budgetary Institution «Central Research Institute for Health Organization and Informatization» of the Russia Health Ministry. 2018; 97-99 [In Russian].

3. Dusser D., Montani D., Chanez P., et al. Mild asthma: an expert review on epidemiology, clinical characteristics and treatment recommendations. Allergy. 2007; 6 (62): 591–604. DOI:10.1111/j.1398-9995.2007.01394.x.

4. Прибылова Н.Н., Прибылов С.А., Махова О.Ю. Распространенность, особенности клинического течения и лечения, фенотипы бронхиальной астмы в Курской области по данным регистра. Современные проблемы науки и образования. 2016; 5: 120.

- Pribylova N.N., Pribylov S.A., Mahova O.Ju. Prevalence, features of the clinical course and treatment, phenotypes of bronchial asthma in the Kursk region according to the register. *Modern Problems of Science and Education*. 2016; 5: 120 [In Russian].
5. Архипов В.В., Белоусов Д.Ю., Лазарева Н.Б., и др. Бронхиальная астма — исследование проблемы. *Качественная клиническая практика*. 2006; 3:31. Arhipov V.V., Belousov D.Ju., Lazareva N.B., et al. Bronchial asthma — problem study. *Good Clinical Practice*. 2006; 3:31 [In Russian].
 6. Минеев В.Н. Сорокина Л.Н., Нёма М.А. Полиморфизм гена белка STAT6 и бронхиальная астма. *Казанский медицинский журнал*. 2009; 9 (3): 102-103. Mineev V.N. Sorokina L.N., Njoma M.A. Polymorphism of a protein gene STAT6 and bronchial asthma. *Kazan medical journal*. 2009; 9 (3): 102-103 [In Russian].
 7. Намазова Л.С., Огородова Л.М., Геппе Н.А., и др. Бронхиальная астма. *Педиатрическая фармакология*. 2006; 3 (2):12-25. Namazova L.S., Ogorodova L.M., Geppe N.A., et al. Bronchial asthma. *Pediatric Pharmacology*. 2006; 3 (2):12-25 [In Russian].
 8. Beilby J. Asthma monitoring in primary care: time to gather more robust evidence. *Primary Care Respiratory Journal*. 2012; 21:1-7. DOI: 10.4104/pcrj.2012.00005.
 9. Boulay M.E., Boulet L.P. Discordance between asthma control clinical, physiological and inflammatory parameters in mild asthma. *Respiratory Medicine*. 2013; 107(4): 511–518. DOI:10.1016/j.rmed.2012.12.015.
 10. Shi Y., Aledia A.S., Galant S.P., et al. Peripheral airway impairment measured by oscillometry predicts loss of asthma control in children. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2013; 131(3): 718-723. DOI: 10.1016/j.jaci.2012.09.022.
 11. Santos K. dos, Kwiecinski M.R., Silva J. da. Diagnosis of asthma: the challenge goes on. *The Journal of Asthma: Official Journal of the Association for the Care of Asthma*. 2016; 53(2): 113. DOI:10.3109/02770903.2015.1060610.
 12. Global Strategy for Asthma Management and Prevention, Global Initiative for Asthma (GINA) 2017.
 13. Wanger J., Clausen J.L., Coates A. et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *European Respiratory Journal*. 2005; 26 (3): 511-522. DOI: 10.1183/09031936.05.00035005.
 14. MacIntyre N., Crapo R.O., Viegi G. et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *European Respiratory Journal*. 2005; 26 (4): 720-735. DOI: 10.1183/09031936.05.00034905.
 15. Smith H.J., Reinhold P., Goldman M.D. Forced oscillation technique and impulse oscillometry. In: Gosselink R., Stam H., eds. *Lung function testing*. Sheffield, UK: European Respiratory Society. 2005; 72—105.
 16. Савушкина О.И., Черняк А.В. Легочные функциональные тесты: от теории к практике. М.: СТРОМ. 2017; 192 с. Savushkina O.I., Chernjak A.V. Pulmonary function tests: from theory to practice. М.: STROM. 2017; 192 p. [In Russian].
 17. Неклюдова Г.В., Черняк А.В. Импульсная осциллометрия в оценке провокационного теста. Сборник тезисов 15-го Национального конгресса по болезням органов дыхания. Москва, 29 ноября — 2 декабря 2005 г. *Пульмонология*. 2005. Приложение: 213 (785).
 - Nekljudova G.V., Chernjak A.V. Impulse oscillometry in the evaluation of the provocative test. Collection of abstracts of the 15th Respiratory diseases National Congress. Moscow, November 29 — December 2, 2005. *Pulmonology*. 2005, application: 213 (785) [In Russian].
 18. Черняк А.В., Амелина Е.Л. Применение импульсной осциллометрии у больных муковисцидозом. *Пульмонология*. 2005; 2: 84-88. Chernjak A.V., Amelina E.L. Use of a impulse oscillometry for patients with a mucoviscidosis. *Pulmonology*. 2005; 2: 84-88 [In Russian].
 19. Чучалин А.Г., Айсанов З.Р., Чикина С.Ю., и др. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии. *Пульмонология*. 2014; 6 :11-24. Chuchalin A.G., Aisanov Z.R., Chikina S.Ju., et al. Federal clinical guidelines of the Russian respiratory society on the use of the spirometry method. *Pulmonology*. 2014; 6:11-24 [In Russian].
 20. Winkler J., Hagert-Winkler A., Wirtz H., et al. [Die moderne impulsoszillometrie im Spektrum lungenfunktioneller Messmethoden]. *Pneumologie*. 2009; 63 (8): 461- 469. DOI: 10.1055/S-0029-1214938 [In German].
 21. Черняк А.В., Каменева М.Ю., Крюков Е.В., и др. Возможности импульсной осциллометрии в диагностике обструкции дыхательных путей легкой степени выраженности. *Пульмонология*. 2018; 28 (4): 391-398. Chernjak A.V., Kameneva M.Ju., Krjukov E.V., et al. Possibilities of impulse oscillometry in the diagnosis of airway obstruction of mild severity. *Pulmonology*. 2018; 28 (4): 391-398 [In Russian].
 22. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *European Respiratory Journal*. 2005; 26: 948-968.
 23. Чучалин А.Г. Бронхиальная астма и астмаподобные состояния. Регулярные выпуски «РМЖ». 2002; 5: 232. Chuchalin A.G. Bronchial asthma and asthma-like states. *Russian Medical Journal*. 2002; 5: 232 [In Russian].
 24. Cowie R.L., Underwood M.F., FieldCan S.K. Asthma symptoms do not predict spirometry. *Canadian Respiratory Journal*. 2007; 6 (4): 339-342 DOI: 10.1155/2007/816132.
 25. Кирюхина Л.Д., Каменева М.Ю., Новикова Л.Н. Возможности импульсной осциллометрии в диагностике рестриктивного варианта вентиляционных нарушений. *Медицинские науки*. 2017; 59 (5): 136-141. Kirjuhina L.D., Kameneva M.Ju., Novikova L.N. Opportunities of impulse oscillometry in the diagnosis of a restrictive variant of ventilation disorders. *Medical sciences*. 2017; 59 (5): 136-141 [In Russian].
 26. Собко Е.А., Ищенко О.П., Демко И.В., и др. Оценка клинико-функционального статуса у больных бронхиальной астмой. *Сибирское медицинское обозрение*. 2010; 3: 75-79. Sobko E.A., Ishchenko O.P., Demko I.V., et al. Evaluation of the clinical and functional status in patients with bronchial asthma. *Siberian Medical Review*. 2010; 3: 75-79 [In Russian].

A

Статья получена/Article received 06.03.2019 г.
Принята к публикации/Adopted for publication
13.03.2019 г.