

Диагностика обструкции дыхательных путей умеренной степени выраженности методом импульсной осциллометрии

О. И. Савушкина, к.б.н., зав. отделением исследований функции внешнего дыхания Центра функционально-диагностических исследований¹

А. В. Черняк, к.м.н., зав. лабораторией функциональных и ультразвуковых методов исследования²

М. Ю. Каменева, д.м.н., ведущий научный сотрудник научно-исследовательского центра³

Е. В. Крюков, д.м.н., проф., член-корреспондент РАН, начальник¹

А. А. Зайцев, д.м.н., главный пульмонолог¹

¹ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации, г. Москва

²ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России, г. Москва

³ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург

Diagnosis of airway obstruction of moderate severity by the method of pulsed oscillometry

O.I. Savushkina, A.V. Cherniak, M. Yu. Kameneva, E.V. Kryukov, A.A. Zaytsev

The main military clinical hospital n.a. academician N.N. Burdenko, Moscow; Research Institute of Pulmonology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow; First St. Petersburg State Medical University n.a. academician I.P. Pavlov, St. Petersburg; Russia

Резюме

Импульсная осциллометрия (ИОМ) представляет собой неинвазивный метод изучения механических свойств легких, основанный на анализе характеристик звуковых колебаний (осцилляций), отраженных дыхательными путями (ДП) человека. ИОМ позволяет измерить респираторный импеданс и его составляющие: резистанс (Rrs) и реактанс (Xrs). Главное отличие ИОМ заключается в том, что все измерения осуществляются при спокойном дыхании в течение 30–60 с и не требуют больших усилий и активного участия пациента. Целью работы стало изучение возможностей ИОМ в диагностике вентиляционных нарушений обструктивного типа умеренной степени выраженности. Нами были проанализированы параметры ИОМ и легочных функциональных методов (спирометрии, бодиплетизмографии и диффузионного теста) у 80 пациентов, которые были разделены на две группы: 30 пациентов с обструкцией ДП умеренной степени выраженности (ОФВ₁ от 60 до 70% долж.), из них 27 (90%) мужчины и 3 (10%) женщины в возрасте от 21 до 78 лет (средний возраст 57 ± 15 лет), 50 пациентов с обструкцией ДП легкой степени выраженности (ОФВ₁ более 70% долж.), из них 38 (76%) мужчин и 12 (24%) женщин в возрасте от 19 до 82 лет (средний возраст 54 ± 16 лет). **Выводы:** 1) При использовании классического алгоритма интерпретации показателей ИОМ умеренная обструкция ДП, диагностированная с помощью спирометрии, была выявлена у 57% пациентов. 2) У пациентов с умеренно выраженной обструкцией ДП чаще, чем при обструкции ДП легкой степени выраженности, определялось изменение параметра AX (площади под кривой $Xrs(f)$ в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res}) — в 80% и 64% случаев соответственно и абсолютной частотной зависимости ($Rrs5-Rrs20$) — в 76% и 54% случаев соответственно, что указывает на возможность включения данных параметров в алгоритм интерпретации показателей ИОМ. 3) Выраженность обструкции ДП по данным ИОМ не всегда совпадает с выраженностью нарушений, определяемых при помощи спирометрии: у 37% пациентов с умеренной обструкцией ДП, диагностированной с помощью спирометрии, тяжесть выявленных при помощи ИОМ нарушений была более выражена.

Ключевые слова: импульсная осциллометрия, умеренная обструкция дыхательных путей, легочные функциональные тесты.

Summary

The impulse oscillometry (IOS) is noninvasive method of studying of lung mechanical properties based on analysis of sound oscillations reflected by airways of the patients. IOS allows to measure respiratory impedance (Zrs) and its components: resistance (Rrs) and reactance (Xrs). The IOS parameters are measured at quiet breath during 30–60 s and do not require an active cooperation of the patient. The aim of our study was to research the opportunities of IOS for diagnostics of moderate obstructive ventilatory disorders. We analyzed the IOS and PFTs (spirometry, body plethysmography, diffusion test) data of 80 patients which were divided to two groups: 30 patients with moderate obstruction (FEV₁ in the range 60–70%pred, 27 (90%) males and 3 (10%) females, mean age 57 ± 15 years (21–78 years)), 50 patients with mild obstruction (FEV₁ more than 70%pred, 38 (76%) males and 12 (24%) females, mean age 54 ± 16 years (19–82 years)). **Conclusions:** 1) 57% of patients with moderate obstruction diagnosed with spirometry had obstructive disorders in accordance with the traditional IOS interpretation algorithm. 2) The change in AX (areas under the Xrs -curve in the frequency range from 5 Hz to f_{res}) was more often detected in patients with moderate obstruction than with mild obstruction (80% and 64%, respectively), as well as changes in the absolute frequency dependence ($Rrs5-Rrs20$) (76% and 54%, respectively). This indicates the possibility of including these parameters to the algorithm of the IOS interpretation. 3) The severity of airway obstruction IOS-diagnosed does not always coincide with the severity of the disorders determined by spirometry: 37% of patients with moderate obstruction, spirometry-diagnosed, had more severe obstruction determined by IOS.

Key words: the impulse oscillometry, moderate airways obstruction, pulmonary function tests.

Импульсная осциллометрия представляет собой неинвазивный метод изучения механических свойств легких, основанный на анализе ха-

рактеристик звуковых колебаний (осцилляций), отраженных дыхательными путями (ДП) человека. Идея использования анализа частотного

поведения аппарата вентиляции для диагностики вентиляционных нарушений принадлежит группе авторов во главе с А. В. Dubois, предложив-

шим в 1956 году метод форсированных осцилляций (МФО). С тех пор методика проведения исследования претерпела существенные изменения, в основном связанные с формой подачи навязанных колебаний и новыми возможностями вычислительной техники. В 1981 г. E. Müller и J. Vogel предложили импульсную форму подачи сигнала, совмещающую весь спектр анализируемых частот, что дало название современной модификации метода форсированных осцилляций — импульсная осциллометрия (ИОМ) (в англоязычной литературе — impulse oscillometry (IOS)) [1].

От других методов исследования вентиляционной функции легких ИОМ выгодно отличается тем, что все измерения осуществляются при спокойном дыхании в течение 30–60 с и не требуют активного участия пациента. Отсутствие необходимости выполнения принудительных, в том числе и форсированных, дыхательных маневров позволяет использовать ИОМ для обследования маленьких детей, пожилых пациентов, больных с когнитивными и двигательными расстройствами, тяжелыми нарушениями вентиляции [2].

Принцип измерения при ИОМ заключается в анализе отраженных дыхательным аппаратом человека навязанных извне колебаний (осцилляций), подающихся специальным устройством — звуковым генератором в диапазоне от 5 до 35 Гц. Таким образом, принципиальным отличием осцилляционной механики дыхания от классической является изучение механических свойств аппарата вентиляции как функции частоты.

При проведении ИОМ в выдыхаемом воздухе измеряются давление и скорость воздушного потока и рассчитывается общее сопротивление дыхательной системы — дыхательный импеданс (Z). Дыхательный импеданс состоит из 2 основных компонентов — резистивного сопротивления или резистанса (Rrs , которое включает сопротивление тканей ДП, тканей легких и грудной клетки) и реактивного сопротивления или реактанса (Xrs , которое включает эластическое сопротивление легких и грудной клетки и инерционное сопротивление смеща-

ющихся при дыхании тканей легких, грудной клетки, ДП и воздуха)[1].

Современное программное обеспечение дает возможность быстрой и понятной интерпретации данных ИОМ. Результаты исследования представляются не только в числовом выражении, но и в виде графиков частотной зависимости Rrs и Xrs .

Однако остается много неизученных и спорных вопросов, касающихся изменений параметров ИОМ при обструкции ДП. Так, по одним данным $Xrs5$ снижается у больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) независимо от наличия и степени выраженности изменений параметров спирометрии, которая является золотым стандартом обследования больных с хроническими обструктивными заболеваниями легких [3]. По другим данным снижение $Xrs5$ характерно для рестриктивного типа нарушений механики дыхания [4, 5].

Результаты ранее проведенных нами исследований показали, что использование базовых параметров ИОМ $Rrs5$ и $Xrs5$ позволяет диагностировать вентиляционные нарушения легкой степени выраженности, установленные с помощью спирометрии, только у 32% пациентов [6]. В исследовании M. Vukoja et al. (2014) также выявлена низкая частота изменения параметров $Rrs5$ и $Xrs5$ у больных ХОБЛ с легкой степенью вентиляционных нарушений [7].

Поскольку публикаций, отражающих изменение параметров ИОМ при обструкции ДП разной степени выраженности, установленной «традиционными» функциональными методами, недостаточно, нами было проведено собственное исследование.

Целью работы стало изучение возможностей ИОМ в диагностике вентиляционных нарушений обструктивного типа умеренной степени выраженности.

Материалы и методы

В исследование включены 80 пациентов с разнообразной бронхолегочной патологией, которые в зависимости выраженности обструктивных нарушений, определявшихся по данным «традиционных» функ-

циональных методов исследования внешнего дыхания (спирометрии, бодиплетизмографии и диффузионной способности легких (ДСЛ)), были разделены на две группы. Заключение о наличии обструктивных нарушений делали при снижении индекса Тиффно (отношения объема форсированного выдоха за 1 секунду ($ОФВ_1$) к жизненной емкости легких (ЖЕЛ) — $ОФВ_1/ЖЕЛ$) без снижения ЖЕЛ и общей емкости легких (ОЕЛ). Степень обструктивных нарушений определяли по исходному $ОФВ_1$: при $ОФВ_1$ более 70% долж. — нарушения легкой степени выраженности, при $ОФВ_1$ от 60 до 70% долж. — умеренной степени выраженности [9].

Первую группу составили 30 пациентов с вентиляционными нарушениями обструктивного типа умеренной степени выраженности: 27 (90%) мужчин и 3 (10%) женщины в возрасте от 21 до 78 лет (средний возраст 57 ± 15 лет). *Во вторую группу* были включены 50 пациентов с вентиляционными нарушениями обструктивного типа легкой степени выраженности: 38 (76%) мужчин и 12 (24%) женщин в возрасте от 19 до 82 лет (средний возраст 54 ± 16 лет).

Распределения обследованных пациентов первой и второй групп по клиническим диагнозам представлены в таблицах 1 и 2.

В работе использованы современные легочные функциональные методы: спирометрия, бодиплетизмография, диффузионный тест, ИОМ, которые проводились на установках Master Screen Body, Master Screen PFT PRO и Master Screen IOS (Viasys Healthcare, Германия). Спирометрия, бодиплетизмография и диффузионный тест выполнены с соблюдением стандартов качества исследований АТО и ЕРО [8, 9, 10]. Импульсная осциллометрия проводилась на основании рекомендаций Smith H.J. и соавт. [11]. Диффузионная способность легких оценивалась по монооксиду углерода (CO) методом однократного вдоха с задержкой дыхания и коррекцией полученных данных по уровню гемоглобина. При исследовании использовалась газовая смесь: CO — 0,25–0,28%, гелий — 8,9–9,7%, остальное — синтетический воздух.

Таблица 1
Распределение пациентов первой группы по диагнозам

Диагноз	Всего по группе (n = 30)	% от числа обследованных
ХОБЛ	12	40,0
Бронхиальная астма	9	30,0
Хронический бронхит	7	23,4
Внебольничная пневмония	1	3,3
Диссеминация в легких неясного генеза	1	3,3

Таблица 2
Распределение пациентов второй группы по диагнозам

Диагноз	Всего по группе (n = 50)	% от числа обследованных
Хронический бронхит	15	30
Бронхиальная астма	15	30
Саркоидоз, 2 стадия	7	14
ХОБЛ	6	12
Внебольничная пневмония	3	6
Другие состояния	4	8

По результатам проведенных исследований выполнен анализ: 1) спирометрических показателей: форсированной ЖЕЛ (ФЖЕЛ), $ОФВ_1$, индекса Тиффно ($ОФВ_1/ЖЕЛ$) и индекса Генслера ($ОФВ_1/ФЖЕЛ$), средней объемной скорости на участке кривой поток-объем форсированного выдоха между 25 и 75% ФЖЕЛ ($СОС_{25-75}$); 2) статических лёгочных объёмов и ёмкостей: ОЕЛ, ЖЕЛ, остаточного объема легких (ООЛ), его доли в общей емкости легких (ООЛ/ОЕЛ), внутригрудного объема газа (ВГО); 3) показателей бронхиального сопротивления: общего бронхиального сопротивления ($R_{aw\text{общ}}$), бронхиального сопротивления на выдохе ($R_{aw\text{вд}}$), бронхиального сопротивления на вдохе ($R_{aw\text{вд}}$), бронхиального сопротивления между потоками 0,5 л/с на вдохе и выдохе ($R_{aw\text{0,5}}$), которое отражает прежде всего проходимость центральных ДП); 4) показателей ДСЛ: трансфер-фактора, скорректированного по уровню гемоглобина ($DLco_{\text{корр}}$), альвеолярного объема (V_A), отношения $DLco_{\text{корр}}/V_A$; 5) показателей ИОМ: дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц ($Zrs5$); резистивного (фрикционного) компонента дыхательного импеданса (резистивного сопротивления или резистанса) при частоте осцилляций 5 и 20 Гц ($Rrs5$ и $Rrs20$ соответственно); реактивного компонента дыхательного импеданса

(реактивного сопротивления или реактанса) при частоте осцилляций 5 Гц ($Xrs5$), величина которого оценивалась по абсолютной разнице между его должным и измеренным значениями ($\Delta Xrs5 = Xrs5_{\text{долж}} - Xrs5$); частотной зависимости Rrs : относительной, которая рассчитывалась двумя способами: $D(Rrs\%Rrs5) = (Rrs5 - Rrs20) / Rrs5 \times 100\%$ и $D(Rrs\%Rrs20) = (Rrs5 - Rrs20) / Rrs20 \times 100\%$, и абсолютной, которая рассчитывалась как разница $Rrs5$ и $Rrs20$, т.е. $D(Rrs) = Rrs5 - Rrs20$; резонансной частоты (f_{res}); площади под кривой $Xrs(f)$ в частотном диапазоне от 5 Гц до f_{res} (АХ или «треугольник Гольдмана»); экспираторного ограничения потока ($DXrs5$); когерентности при частоте осцилляций 5 Гц ($Co5$). Снижение $Co5$ менее 0,6 рассматривалось в качестве функционального признака патологической неоднородности механических свойств аппарата вентиляции [1].

Степень выраженности выявленных изменений функциональных показателей внешнего дыхания (спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионного теста) оценивалась с учетом требований АТО и ЕРО [8, 9, 10], а также Руководства по клинической физиологии дыхания (под редакцией Л. Л. Шика, Н. Н. Канаева) [12].

При оценке результатов ИОМ обструкцию, связанную с патологическим процессом в центральных

отделах ДП, диагностировали в случае возрастания показателей (более 150% долж.) $Rrs5$, $Rrs20$ и сохранения абсолютной или относительной частотной зависимости Rrs в пределах нормальных значений (менее 0,08 кПа·с/л и 35% соответственно), независимо от способа ее расчета, или разницы менее.

Периферическую обструкцию ДП диагностировали при

- повышении $Rrs5$, которое сопровождается увеличением частотной зависимости (патологической частотной зависимостью) Rrs и/или отклонением $Xrs5$ от $Xrs5_{\text{долж}}$ на 0,15 кПа·с/л и более;
- выявлении патологической частотной зависимости Rrs , независимо от способа ее расчета, при нормальных значениях $Rrs5$ и $Xrs5$;
- увеличении АХ свыше 0,33 кПа/л [3].

Генерализованную обструкцию, когда в патологический процесс вовлечены все отделы ДП, диагностировали при выявлении признаков обструкции как центральных, так и периферических ДП.

Экспираторное ограничение потока ($DXrs5$) определяли как разницу средних значений $Xrs5$ на вдохе и выдохе. У здоровых лиц $DXrs5$ не превышает 0,07 кПа·с/л [13, 14]. Для интерпретации результатов ИОМ (параметров дыхательного импеданса) использовали алгоритм, базирующийся на анализе $Rrs5$ и $Xrs5$ [15]. Тяжесть выявленных нарушений оценивали по степени увеличения $Rrs5$ и снижения $Xrs5$ [1].

Статистическая обработка результатов выполнена методами описательной статистики с применением прикладного пакета программ STATISTICA 10.0. Описательная статистика для числового показателя представлена размером выборки (n), средним значением (M), стандартным отклонением (SD), 95%-ным доверительным интервалом (95% ДИ), минимальным и максимальным значениями (Min-Max). Нормальность распределения показателей проверяли с помощью критерия Стьюдента. Для оценки различий между двумя

Таблица 3
Показатели механики дыхания и диффузионной способности легких у больных с обструкцией умеренной (группа 1) и легкой (группа 2) степени выраженности

Показатель	группа 1 (n = 30) M ± SD (95% ДИ)	группа 2 (n = 50) M ± SD (95% ДИ)	P
ЖЕЛ, %ДОЛЖ.	94 ± 12 (90–99)	109 ± 12 (105–112)	< 0,001
ФЖЕЛ, %ДОЛЖ.	86 ± 8 (83–89)	101 ± 12 (97–104)	< 0,001
ОФВ ₁ , %ДОЛЖ.	66 ± 3 (65–67)	87 ± 10 (84–90)	< 0,001
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, %	54 ± 7 (52–57)	62 ± 5 (61–64)	< 0,001
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %	62 ± 6 (59–64)	70 ± 5 (68–72)	< 0,001
СОС _{25–75} , %ДОЛЖ.	32 ± 7 (29–34)	52 ± 11 (48–55)	< 0,001
ОЕЛ, %ДОЛЖ.	102 ± 12 (98–107)	105 ± 9 (103–107)	0,35
ВГО, %ДОЛЖ.	107 ± 19 (100–114)	93 ± 19 (88–98)	0,002
ООЛ, %ДОЛЖ.	125 ± 28 (115–136)	106 ± 15 (101–110)	< 0,001
ООЛ/ОЕЛ, %ДОЛЖ.	114 ± 17 (107–120)	96 ± 12 (92–99)	< 0,001
Raw _{общ} , кПа·с/л	0,50 ± 0,18 (0,43–0,57)	0,43 ± 0,23 (0,37–0,50)	0,03
Raw _{выд} , кПа·с/л	0,65 ± 0,29 (0,54–0,76)	0,54 ± 0,35 (0,44–0,64)	0,02
Raw _{вд} , кПа·с/л	0,37 ± 0,12 (0,32–0,41)	0,33 ± 0,15 (0,28–0,37)	0,03
Raw _{0,5} , кПа·с/л	0,26 ± 0,08 (0,23–0,29)	0,27 ± 0,12 (0,23–0,30)	0,8
DLCO _{корр} , мл/мин/мм рт.ст.	79 ± 18 (72–86)	89 ± 14 (85–93)	0,006
DLCO _{корр} /VA, мл/мин/мм рт.ст./л	102 ± 21 (94–110)	105 ± 14 (101–109)	0,6
VA, л	78 ± 10 (74–82)	86 ± 9 (84–89)	0,02

Таблица 4
Показатели импульсной осциллометрии у больных с обструкцией умеренной (группа 1) и легкой (группа 2) степени выраженности

Показатель	группа 1 (n=30) M ± SD (95% ДИ)	группа 2 (n=50) M ± SD (95% ДИ)	P
Zrs5, %ДОЛЖ.	161 ± 62 (138–185)	134 ± 44 (122–146)	0,09
Rrs5, %ДОЛЖ.	150 ± 57 (129–171)	127 ± 39 (116–138)	0,07
Rrs20, %ДОЛЖ.	117 ± 33 (104–129)	109 ± 26 (102–117)	0,4
(Rrs5–Rrs20)/Rrs5, %	30 ± 13 (25–35)	23 ± 15 (19–27)	0,046
(Rrs5–Rrs20)/Rrs20, %	48 ± 31 (36–60)	36 ± 30 (27–44)	0,046
(Rrs5–Rrs20), кПа·с/л	0,15 ± 0,11 (0,11–0,19)	0,11 ± 0,10 (0,08–0,14)	0,043
deltaXrs5, кПа·с/л	0,16 ± 0,09 (0,12–0,19)	0,11 ± 0,08 (0,09–0,13)	0,006
AX, кПа/л	1,36 ± 1,11 (0,95–1,78)	0,91 ± 1,07 (0,61–1,21)	0,008
DXrs5, кПа·с/л	0,14 ± 0,16 (0,08–0,20)	0,10 ± 0,18 (0,04–0,15)	0,14
Co5	0,7 ± 0,1 (0,7–0,8)	0,8 ± 0,09 (0,78–0,83)	0,01
fres, Гц	19 ± 5 (17–21)	16 ± 6 (15–18)	0,01

независимыми выборками проводился статистический анализ с помощью U-критерия Манна-Уитни.

Величина критического значения уровня статистической значимости p принята равной 0,05.

Результаты и обсуждение.

Значения показателей механики дыхания, ДСЛ и ИОМ у больных с обструкцией легкой и умеренной степени представлены в таблицах 3 и 4.

Анализ данных показал, что у больных с вентиляционными нарушениями обструктивного типа умеренной степени (группа 1) в среднем по группе выявлено характерное для данного типа

вентиляционных расстройств снижение показателей ОФВ₁, ОФВ₁/ЖЕЛ, ОФВ₁/ФЖЕЛ и СОС_{25–75}. В пределах нормальных значений находились ФЖЕЛ, а также статические легочные объемы: ЖЕЛ, ОЕЛ, ООЛ, ООЛ/ОЕЛ и ВГО. Показатели бронхиального сопротивления Raw_{общ} и Raw_{вд} были умеренно увеличены, Raw_{выд} — значительно увеличен, тогда как Raw_{0,5} оставался в пределах нормальных значений. Умеренно сниженными были параметры DL_{со_{корр}} и V_А, тогда как отношение DL_{со_{корр}}/V_А оставалось в пределах нормальных значений.

По данным ИОМ у пациентов с умеренной обструкцией в среднем

по группе были увеличены Rrs5, (Rrs5–Rrs20)/Rrs20, %, (Rrs5–Rrs20), AX, DXrs5, f_{res} и снижен показатель Xrs5.

Отклонения от нормы базовых показателей Rrs5 и Xrs5 были выявлены у 57% пациентов группы 1, что позволило диагностировать обструкцию ДП умеренной степени у 6 (20%), значительной — у 6 (20%), резкой — у 1 (3,5%) и крайне резкой степени — у 4 (13,5%) пациентов. Таким образом, у 37% пациентов тяжесть выявленных с помощью ИОМ нарушений механики дыхания была более выражена по сравнению со спирометрией. Относительная частотная зависимость Rrs, а именно (Rrs5–Rrs20)/Rrs5, %

среднее значение которой по группе оставалось в границах нормы (см табл 4), была увеличена у 43 % пациентов. Показатель Co_5 в среднем по группе находился в пределах нормальных значений.

У больных с вентиляционными нарушениями обструктивного типа легкой степени выраженности (группа 2) в среднем по группе выявлено характерное для данного типа вентиляционных расстройств снижение показателей ОФВ₁/ЖЕЛ, ОФВ₁/ФЖЕЛ и $СОС_{25-75}$. В пределах нормальных значений находились ОФВ₁, ФЖЕЛ, статические легочные объемы: ЖЕЛ, ОЕЛ, ООЛ, ООЛ/ОЕЛ и ВГО, а также параметры ДСЛ. Показатели бронхиального сопротивления $Raw_{общ}$, $Raw_{выд}$, $Raw_{вл}$ были умеренно увеличены, тогда как $Raw_{0,5}$ оставался в пределах нормальных значений.

По данным ИОМ у пациентов с легкой обструкцией в среднем по группе Rrs5 и Rrs20, а также Xrs5 не превышали границ нормальных значений, тогда как f_{res} смещалась в область высоких частот. Однако у 32 % пациентов были выявлены отклонения от нормы базовых показателей Rrs5 и Xrs5. Относительная частотная зависимость Rrs, а именно $(Rrs5-Rrs20)/Rrs5, \%$, находилась в пределах нормальных значений, тогда как $(Rrs5-Rrs20)/Rrs20, \%$, $(Rrs5 - Rrs20)$ и АХ превышали верхнюю границу нормы, что являлось ранним признаком патологии периферических ДП. Показатель DXrs5 незначительно превышал верхнюю границу нормы.

Показатель Co_5 находился в пределах нормальных значений, что позволяло судить об отсутствии патологической неоднородности механических свойств аппарата вентиляции у больных второй группы.

Полученные нами данные свидетельствовали о том, что базовые показатели Rrs5 и Xrs5 были изменены только у 32 % пациентов с легкой обструкцией и у 57 % пациентов с умеренной обструкцией. Средние по группам значения показателей $(Rrs5-Rrs20)/Rrs20, \%$, $(Rrs5-Rrs20)$, АХ, DXrs5 и f_{res} были изменены и в группе 1, и в группе 2, однако, их отклонение чаще и более выражено определялось при умеренно выраженной обструкции. Так,

у пациентов с легкой обструкцией показатель $(Rrs5-Rrs20)/Rrs20, \%$ был увеличен в 40 %, $(Rrs5-Rrs20)$ — в 54 %, АХ — в 64 %, DXrs5—22 % случаев, тогда как у пациентов с умеренной обструкцией $(Rrs5-Rrs20)/Rrs20, \%$ был увеличен в 60 %, $(Rrs5-Rrs20)$ — в 76 %, АХ — в 80 %, DXrs5—47 % случаев. Показатель Rrs5 был увеличен в среднем по группе только у пациентов с умеренной обструкцией.

Между первой группой больных с умеренной обструкцией и второй группой с легкой обструкцией выявлены статистически значимые различия большинства изученных функциональных показателей, за исключением ОЕЛ, $Raw_{0,5}$, $DL_{CO_{корр}}/V_A$, V_A , Rrs5, Rrs20 и DXrs5. Обращает на себя внимание то, что повышенное среднее по группе значение показателя Rrs5 статистически значимо не различалось с его нормальным значением у пациентов второй группы.

Таким образом, при умеренной обструкции ДП показатели ИОМ изменялись чаще и более выражено по сравнению с обструкцией ДП легкой степени.

Выводы

1. При использовании классического алгоритма интерпретации показателей ИОМ умеренная обструкция ДП, диагностированная с помощью спирометрии, была выявлена у 57 % пациентов.
2. У пациентов с умеренно выраженной обструкцией ДП чаще, чем при обструкции ДП легкой степени выраженности, определялось изменение параметров АХ (80 % и 64 % случаев соответственно) и $(Rrs5-Rrs20)$ (76 % и 54 % случаев соответственно), что указывает на возможность включения данных параметров в алгоритм интерпретации показателей ИОМ.
3. Выраженность обструкции ДП по данным ИОМ не всегда совпадает с выраженностью нарушений, определяемых при помощи спирометрии: у 37 % пациентов с умеренной обструкцией ДП, диагностированной с помощью спирометрии, тяжесть выявленных при помощи ИОМ нарушений была более выражена.

Список литературы

1. Каменева М. Ю., Савушкина О. И., Черняк А. В. Импульсная осциллометрия // Легочные функциональные тесты: от теории к практике. Руководство для врачей / под ред. О. И. Савушкиной, А. В. Черняка. М.: Фирма Стром; 2017. — С. 121–148.
2. Черняк А. В., Амелина Е. Л. Применение импульсной осциллометрии у больных муковисцидозом. // Пульмонология. — 2005. — № 2. — С. 84–88.
3. Brashier B., Salvi S. Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system. // *Breathe*. — 2015. — Vol. 11, № 1. — P. 57–65. DOI: 10.1183/20734735.020514
4. Кирюхина Л. Д., Каменева М. Ю., Новикова Л. Н. Возможности импульсной осциллометрии в диагностике рестриктивного варианта вентиляционных нарушений. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017;(5):136–141. DOI: 10.23670/IRJ.2017.59.032
5. Савушкина О. И., Черняк А. В., Каменева М. Ю., Крюков Е. В., Зайцев А. А. Информативность импульсной осциллометрии в выявлении вентиляционных нарушений рестриктивного типа. // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. — 2018. — Вып. 67. — С. 8–16. DOI: 10.12737/article_5a9f258fe6d932.79474351
6. Савушкина О. И., Черняк А. В., Каменева М. Ю., Крюков Е. В., Зайцев А. А. Возможности импульсной осциллометрии в диагностике обструкции дыхательных путей легкой степени выраженности (в печати).
7. Vukoja M., Milicic D., Kopitovic I. Impulse oscillometry in COPD: Correlation to spirometry and whole-body plethysmography. // *Eur. Respir. J.* — 2014. — Vol. 44. — P. 3973
8. Wanger J., Clausen J.L., Coates A et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. // *Eur. Respir. J.* — 2005. — Vol. 26, № 3. — P. 511–522.
9. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function tests. // *Eur. Respir. J.* — 2005. — Vol. 26, № 5. — P. 948–968.
10. MacIntyre N, Crapo RO, Viegi G, et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. // *Eur. Respir. J.* — 2005. — Vol. 26, № 4. — P. 720–735.
11. Smith HJ, Reinhold P, Goldman MD. Forced oscillation technique and impulse oscillometry. Lung function testing: European Respiratory Society Monograph. Sheffield, England: European Respiratory Society. 2005. — С. 72–105.
12. Шик Л. Л., Канаев Н. Н., ред. Руководство по клинической физиологии дыхания. Ленинград: Медицина. — 1980.
13. Dellacà R. L., Santus P., Aliverti A. et al. Detection of expiratory flow limitation in COPD using the forced oscillation technique. *Eur. Respir. J.* — 2004. — Vol. 23. — P. 232–240. DOI: 10.1183/09031936.04.00046804
14. Aarli B. B., Calverley P. M. A., Jensen R. L., Eagan T. M. L., Bakke P. S., Hardie J. A. Variability of within-breath reactance in COPD patients and its association with dyspnea. // *Eur. Respir. J.* — 2015. — Vol. 45. — P. 625–634. DOI: 10.1183/09031936.00051214
15. Winkler J., Hagerl-Winkler A., Wirtz H., Hoheisel G. Die moderne Impulsoszillometrie im Spektrum lungenfunktioneller Messmethoden. // *Pneumologie*. — 2009. — № 8. — P. 461–469. DOI: 10.1055/s-0029-1214938

