

# Возможности импульсной осциллометрии в диагностике обструкции дыхательных путей легкой степени выраженности

О.И. Савушкина<sup>1</sup>, А.В. Черняк<sup>2</sup>, М.Ю. Каменева<sup>3</sup>, Е.В. Крюков<sup>1</sup>, А.А. Зайцев<sup>1</sup>

- 1 – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н.Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации: 105229, Москва, Госпитальная пл., 3;  
 2 – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства, 115682, Москва, Ореховый бульвар, 28;  
 3 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П.Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации: 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6–8

## Информация об авторах

**Савушкина Ольга Игоревна** – к. б. н., заведующая отделением исследований функции внешнего дыхания Центра функционально-диагностических исследований Федерального государственного бюджетного учреждения «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н.Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; тел.: (499) 263-38-61; e-mail: olga-savushkina@yandex.ru

**Черняк Александр Владимирович** – к. м. н., заведующий лабораторией функциональных и ультразвуковых методов исследования Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России; тел.: (917) 550-06-34; e-mail: achi2000@mail.ru

**Каменева Марина Юрьевна** – д. м. н., ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского центра Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П.Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.: (921) 753-66-31; e-mail: kmju@mail.ru

**Крюков Евгений Владимирович** – д. м. н., профессор, член-корр. Российской академии наук, начальник Федерального государственного бюджетного учреждения «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н.Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; тел.: (499) 263-03-65; e-mail: evgeniy.md@mail.ru

**Зайцев Андрей Алексеевич** – д. м. н., главный пульмонолог Федерального государственного бюджетного учреждения «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н.Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; тел.: (499) 263-10-47; e-mail: a-zaitcev@yandex.ru

## Резюме

Нередко начальным проявлением заболеваний легких являются функциональные нарушения, а именно – нарушение проходимости бронхов. Выявление обструктивного типа вентиляционных расстройств на ранних стадиях является важной клинической задачей, т. к. позволяет своевременно диагностировать болезнь и начать лечение, улучшив тем самым прогноз заболевания. Одним из самых доступных методов, позволяющих выявлять бронхиальную обструкцию, является спирометрия. Необходимое условие проведения спирометрии – правильное выполнение дыхательных маневров, однако при этом требуется хорошая кооперация пациента с медицинским персоналом, что не всегда выполнимо. Импульсная осциллометрия (ИОМ) отличается тем, что измерения осуществляются при спокойном дыхании, активного участия пациента не требуется. Однако остается много неизученных и спорных вопросов, касающихся интерпретации результатов ИОМ. **Целью** данного исследования явилось изучение возможности ИОМ при диагностике обструкции дыхательных путей легкой степени выраженности. **Материалы и методы.** Обследованы пациенты ( $n = 87$ ) с разнообразной бронхолегочной патологией, при этом выявлены вентиляционные нарушения обструктивного типа легкой степени ( $n = 50$ ). В группе сравнения ( $n = 37$ ) нарушений по данным спирометрии, бодиплетизмографии и диффузионного теста не отмечено. **Результаты.** У больных с легкой степенью бронхиальной обструкции, установленной по данным спирометрии, наблюдалось патологическое увеличение частотной зависимости резистивного компонента дыхательного импеданса ( $Rrs$ ) при частоте осцилляций 5 и 20 Гц (как относительной ( $Rrs5-Rrs20$ ) /  $Rrs20$ , так и абсолютной ( $Rrs5-Rrs20$ )), смещение резонансной частоты ( $f_{res}$ ) в область высоких частот, увеличение площади реактанса ( $AX$ ) и экспираторное ограничение потока при сохранении в пределах нормальных значений  $Rrs5$ ,  $Rrs20$  и реактивного сопротивления ( $Xrs5$ ). **Заключение.** Показано, что при использовании базовых параметров  $Rrs5$  и  $Xrs5$  обструкция легкой степени выраженности, установленная при помощи традиционных функциональных методов, наблюдалась только в 32 % случаев.  $AX$  явился более информативным методом, поскольку изменялся значительно чаще – его увеличение зарегистрировано у 64 % пациентов. Выраженность обструктивных нарушений по данным ИОМ не всегда совпадало с выраженностью нарушений, определяемых при помощи спирометрии.

**Ключевые слова:** импульсная осциллометрия, обструкция дыхательных путей, вентиляционные нарушения, спирометрия, легочные функциональные тесты.

Для цитирования: 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. *Пульмонология*. 2018; 28 (4): 391–398. DOI: 10.18093/0869-0189-2018-28-4-391-398

## A role of impulse oscillometry for diagnosis of mild bronchial obstruction

Ol'ga I. Savushkina<sup>1</sup>, Aleksandr V. Chernyak<sup>2</sup>, Marina Yu. Kameneva<sup>3</sup>, Evgeniy V. Kryukov<sup>1</sup>, Andrey A. Zaytsev<sup>1</sup>

- 1 – Acad. N.N.Burdenko The Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense, Moscow, Russia: Gospital'naya pl. 3, Moscow, 105229, Russia;  
 2 – Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia: Orekhovyy bul'var 28, Moscow, 115682, Russia;  
 3 – Academician I.P.Pavlov First Federal Saint-Petersburg State Medical University, Healthcare Ministry of Russia: ul. L'va Tolstogo 6/8, Saint-Petersburg, 197022, Russia

#### Author information

**Ol'ga I. Savushkina**, Candidate of Biology, Head of Department of Lung Function Testing, Center of Functional Diagnostic Investigations, Acad. N.N. Burdenko The Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense, Moscow, Russia; tel.: (499) 263-38-61; e-mail: olga-savushkina@yandex.ru  
**Aleksandr V. Chernyak**, Candidate of Medicine, Head of Laboratory of Functional and Ultra-sound Investigations; Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; tel.: (917) 550-06-34; e-mail: achi2000@mail.ru  
**Marina Yu. Kameneva**, Doctor of Medicine, Leading Researcher, Research Center, Academician I.P. Pavlov First Federal Saint-Petersburg State Medical University, Healthcare Ministry of Russia; tel.: (921) 753-66-31; e-mail: kmju@mail.ru  
**Evgeniy V. Kryukov**, Doctor of Medicine, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Head of Acad. N.N. Burdenko The Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense, Moscow, Russia; tel.: (499) 263-03-65; e-mail: evgeniy.md@mail.ru  
**Andrey A. Zaytsev**, Doctor of Medicine, Chief Pulmonologist, Acad. N.N. Burdenko The Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense, Moscow, Russia; tel.: (499) 263-10-47; e-mail: a-zaitcev@yandex.ru

#### Abstract

**The aim** of this study was to investigate a role of impulse oscillometry (IO) for detection of mild bronchial obstruction. **Methods.** The study involved 87 patients with different respiratory diseases. Bronchial obstruction according to spirometry results was found in 50 patients (the study group). The control group patients did not demonstrate any abnormalities in spirometry, body plethysmography and lung diffusing test. **Results.** An abnormal increase in frequency-dependent resistive component of respiratory impedance (Rrs) at the oscillation frequency of 5 Hz and 10 Hz [both the relative oscillation frequency (Rrs5–Rrs20)/Rrs20 and the absolute oscillation frequency (Rrs5–Rrs20)] was found in patients with mild bronchial obstruction. The resonance frequency ( $f_{res}$ ) shifted towards higher frequency; reactance area (AX) increase and expiratory airflow (DXrs5) limitation were also found in those patients. Rrs5, Rrs20, and the reactive resistance (Xrs5) were within the normal range. **Conclusion.** Rrs5 and Xrs5 could detect mild bronchial obstruction only in 32 % of the cases. AX is more useful parameter as it increased in 64% of the patients. The severity of bronchial obstruction diagnosed with IO or spirometry was not identical in some cases.

For citation: Savushkina O.I., Chernyak A.V., Kameneva M.Yu., Kryukov E.V., Zaytsev A.A. A role of impulse oscillometry for diagnosis of mild bronchial obstruction. *Russian Pulmonology*. 2018; 28 (4): 391–398 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2018-28-4-391-398

Обструктивный тип вентиляционных нарушений обусловлен затруднением прохождения воздуха по дыхательным путям (ДП) вследствие повышения их аэродинамического сопротивления. Причины нарушения проходимости бронхов могут быть как органическими – рубцовое сужение или опухолевое поражение бронхов, сдавление бронхов извне, развитие перибронхиального фиброза (например, при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), бронхиальной астме (БА)), так и функциональными – спазм гладкой мускулатуры бронхов, воспалительный отек слизистой оболочки бронхов, увеличение количества вязкого секрета в бронхах, экспираторный коллапс мелких (диаметром < 2 мм) бронхов, не имеющих хрящевого скелета и лишенных эластической поддержки окружающей легочной ткани [1, 2].

Обструкция ДП является одним из основных патогенетических механизмов изменения механики дыхания при многих заболеваниях бронхолегочной системы – ХОБЛ, БА, бронхоэктазах и т. п. Обструкция бронхов часто сопровождается изменением других функций легких (газообменных, метаболических, выделительных) и служит причиной неблагоприятного течения, хронизации бронхолегочного процесса и инвалидности [3].

Нередко нарушения проходимости ДП являются самыми первыми функциональными проявлениями заболеваний легких. Выявление обструктивного типа вентиляционных расстройств на ранних стадиях является важной клинической задачей, т. к. позволяет своевременно начать лечение и улучшить прогноз заболевания. Одним из самых распространенных легочных функциональных тестов, позволяющих выявлять бронхиальную обструкцию, в т. ч. на ранних стадиях, является спирометрия. Однако существует ряд методических требований к проведению спирометрии [2, 4], в случае несоблюдения которых значительно снижается информативность

метода. Так, необходимым условием проведения спирометрии является правильное выполнение маневров форсированного выдоха и вдоха, при этом требуется хорошая кооперация пациента с медицинским персоналом.

Наряду с уже существующими методами для диагностики нарушений функции бронхолегочной системы *E. Müller* и *J. Vogel* (1981) предложено использование импульсной осциллометрии (ИОМ), представляющей собой неинвазивный метод определения дыхательного (респираторного) импеданса (общего дыхательного сопротивления) и составляющих его параметров. При использовании данного метода не требуется выполнения форсированных дыхательных маневров, активного участия пациента и его сотрудничества с персоналом, что является большим преимуществом перед спирометрией.

Вместе с тем ИОМ пока еще не является рутинной методикой, применяемой в клинической практике для оценки механики дыхания. Несмотря на всю простоту получения количественных величин параметров дыхательного импеданса, при интерпретации получаемых показателей требуются дальнейшее изучение и обоснование.

Выполнен ряд работ по выяснению возможностей ИОМ в диагностике нарушений механики дыхания при различной легочной патологии – ХОБЛ, БА, саркоидоз органов дыхания [5–8], различные бронхолегочные заболевания, обуславливающие вентиляционные нарушения рестриктивного типа [9, 10], однако остается много неизученных и спорных вопросов, касающихся изменений параметров дыхательного импеданса, в частности при вентиляционных нарушениях обструктивного типа разной степени выраженности. В контексте ранней диагностики заболеваний органов дыхания особый интерес представляют возможности ИОМ в выявлении легких нарушений проходимости ДП.

Целью данной работы явилось изучение возможности ИОМ в диагностике вентиляционных нарушений обструктивного типа легкой степени выраженности.

## Материалы и методы

В исследование включены пациенты ( $n = 87$ ) с различной бронхолегочной патологией, которые были распределены в 2 группы: 1-ю группу ( $n = 50$ : 38 (76 %) мужчин, 12 (24 %) женщин; средний возраст –  $54,0 \pm 16,0$  года (19–82 года)) составили лица с вентиляционными нарушениями обструктивного типа легкой степени; 2-ю группу (сравнения) ( $n = 37$ : 30 (81 %) мужчин, 7 (19 %) женщин; средний возраст –  $39,0 \pm 16,0$  года (18–77 лет)) – больные, у которых показатели спирометрии, бодиплетизмографии и диффузионной способности легких (ДСЛ) сохранялись в пределах нормальных значений.

Распределение обследованных пациентов 1-й и 2-й групп по диагнозам представлено в табл. 1.

В работе использованы современные легочные функциональные тесты – 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 Американского торакального общества (*American Thoracic Society – ATS*) и Европейского респираторного общества (*European Respiratory Society – ERS*) [11–13]. ИОМ проводилась на основании рекомендаций *H.J. Smith et al.* [14]. ДСЛ оценивалась для монооксида углерода (СО) методом однократного вдоха с задержкой дыхания и коррекцией полученных данных по уровню гемоглобина. При исследовании использовалась газовая смесь (СО – 0,25–0,28 %; гелий – 8,9–9,7 %; остальное – синтетический воздух).

В рамках данного исследования проанализированы следующие показатели:

- спирометрические – форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ<sub>1</sub>); ОФВ<sub>1</sub> / ЖЕЛ

**Таблица 1**  
**Распределение пациентов 1-й ( $n = 50$ ) и 2-й ( $n = 37$ ) групп по диагнозам;  $n$  (%)**

**Table 1**  
**Distribution of the study group ( $n = 50$ ) and control group ( $n = 37$ ) patients in relation to diagnoses;  $n$  (%)**

Диагноз	1-я группа	2-я группа
Хронический бронхит	15 (30)	9 (24,3)
БА	15 (30)	4 (11,0)
Саркоидоз органов дыхания, II стадия	7 (14)	13 (35,0)
ХОБЛ	6 (12)	–
Внебольничная пневмония	3 (6)	2 (5,4)
Другие состояния	4 (8)	9 (24,3)

Примечание: БА – бронхиальная астма; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких.

(индекс Тиффно) и ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ (индекс Генслера); средняя объемная скорость на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25 и 75 % ФЖЕЛ (СОС<sub>25–75</sub>);

- статических легочных объемов и емкостей – общая емкость легких (ОЕЛ); ЖЕЛ; остаточный объем легких (ООЛ) и его доля в ОЕЛ (ООЛ / ОЕЛ); внутригрудной объем газа (ВГО);
- бронхиального сопротивления – общее бронхиальное сопротивление ( $R_{aw\text{общ}}$ ); бронхиальное сопротивление на выдохе ( $R_{aw\text{выд}}$ ); бронхиальное сопротивление на входе ( $R_{aw\text{вд}}$ ); бронхиальное сопротивление между потоками 0,5 л / с на входе и выдохе ( $R_{aw0,5}$ ); отражающее прежде всего проходимость центральных ДП [4];
- ДСЛ – трансфер-фактор, скорректированный по уровню гемоглобина ( $DL_{CO\text{корр}}$ ); альвеолярный объем ( $V_A$ ); отношение  $DL_{CO\text{корр}} / V_A$ ;
- ИОМ – дыхательный импеданс при частоте осцилляций 5 Гц ( $Z_{rs5}$ ); резистивный (фрикционный) компонент дыхательного импеданса (резистивное сопротивление, или резистанс) при частоте осцилляций 5 и 20 Гц ( $R_{rs5}$  и  $R_{rs20}$  соответственно); реактивный компонент дыхательного импеданса (реактивное сопротивление, или реактанс) при частоте осцилляций 5 Гц ( $X_{rs5}$ ), величина которого оценивалась по абсолютной разнице (сдвигу) между его должным и измеренным значениями ( $\Delta X_{rs5} = X_{rs5\text{долж}} - X_{rs5}$ ); частотная (относительная) зависимость  $R_{rs}$ , которая рассчитывалась 2 способами:

- $D(R_{rs}\%R_{rs5}) = (R_{rs5} - R_{rs20}) / R_{rs5} \times 100 \%$ ,
- $D(R_{rs}\%R_{rs20}) = (R_{rs5} - R_{rs20}) / R_{rs20} \times 100 \%$ ;

абсолютная зависимость  $R_{rs}$  рассчитывалась как разница  $R_{rs5}$  и  $R_{rs20}$ , т. е.  $D(R_{rs}) = R_{rs5} - R_{rs20}$ ; резонансная частота ( $f_{res}$ ); площадь реактанса ( $AX$ ); экспираторное ограничение потока ( $DX_{rs5}$ ); когерентность при частоте осцилляций 5 Гц ( $Co5$ ). Снижение  $Co5 < 0,6$  рассматривалось как функциональный признак патологической неоднородности механических свойств аппарата вентиляции [4].

Степень выраженности выявленных изменений функциональных показателей внешнего дыхания (спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионного теста) оценивалась с учетом требований ATS и ERS [11–13], а также Руководства по клинической физиологии дыхания (под ред. *Л.Л. Шика, Н.Н. Канаева*) [15], параметров ИОМ – по изменению базовых показателей  $R_{rs5}$  и  $X_{rs5}$  [16].

Вентиляционные нарушения обструктивного типа легкой степени диагностировались при снижении ОФВ<sub>1</sub> / ЖЕЛ  $< 70 \%$  и ОФВ<sub>1</sub>  $> 70 \%$  долж. [11].

Алгоритм интерпретации результатов ИОМ (параметров дыхательного импеданса) в первую очередь базируется на анализе  $R_{rs5}$  и  $X_{rs5}$ . Помимо этого, важно определить частотную зависимость  $R_{rs}$  [4].

При оценке результатов ИОМ обструкция, связанная с патологическим процессом в центральных

отделах ДП, диагностировалась в случае возрастания ( $> 150\%$  долож.) показателей Rrs5, Rrs20 и сохранения относительной частотной зависимости Rrs в пределах нормальных значений ( $< 35\%$ ), независимо от способа ее расчета или абсолютной разницы  $Rrs5-Rrs20 < 0,08$  кПа·с / л.

Периферическая обструкция ДП диагностировалась при повышении Rrs5, которое сопровождается увеличением частотной зависимости Rrs (патологическая частотная зависимость) и / или отклонением Xrs5 от Xrs5<sub>долж.</sub>  $\geq 0,15$  кПа·с / л.

Генерализованная обструкция, когда в патологический процесс вовлечены все отделы ДП, диагностировалась при выявлении признаков обструкции как центральных, так и периферических ДП.

Ранним признаком патологии периферических ДП считалось выявление патологической частотной зависимости Rrs независимо от способа ее расчета при нормальных значениях Rrs5 и Xrs5.

Увеличение площади под кривой Xrs(f) в частотном диапазоне от 5 Гц до  $f_{res}$  (АХ, или «треугольник Гольдмана»)  $> 0,33$  кПа / л рассматривалось в каче-

**Таблица 2**  
**Показатели механики дыхания, диффузионной способности легких и импульсной осциллометрии у больных 1-й (n = 50) и 2-й (n = 37) групп**

**Table 2**  
**Respiratory mechanics, lung diffusing capacity, and impulse oscillometry in the study group (n = 50) and control group (n = 37)**

Показатель	M ± SD		95%-ный ДИ		Min-Max	
	1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа	2-я группа	2-я группа
ЖЕЛ, % <sub>долож.</sub>	109 ± 12	111 ± 10	105–112	107–114	87–135	91–137
ФЖЕЛ, % <sub>долож.</sub>	101 ± 12	112 ± 10	97–104	108–115	77–128	96–136
ОФВ <sub>1</sub> , % <sub>долож.</sub>	87 ± 10	<b>110 ± 8,5</b>	84–90	<b>107–113</b>	72–113	<b>96–124</b>
ОФВ <sub>1</sub> / ЖЕЛ, %	62 ± 5	79 ± 6	61–64	78–81	48–69	72–92
ОФВ <sub>1</sub> / ФЖЕЛ, %	70 ± 5	82 ± 4	68–72	80–83	60–84	76–91
СОС <sub>25–75</sub> , % <sub>долож.</sub>	52 ± 11	95 ± 14	48–55	90–99	33–76	76–130
ОЕЛ, % <sub>долож.</sub>	105 ± 9	106 ± 8	103–107	103–108	85–121	94–126
ВГО, % <sub>долож.</sub>	93 ± 19	104 ± 13	88–98	100–108	62–136	76–128
ООЛ, % <sub>долож.</sub>	106 ± 15	99 ± 10	101–110	95–102	84–142	85–126
ООЛ / ОЕЛ, % <sub>долож.</sub>	96 ± 12	89 ± 9	92–99	86–92	76–123	72–113
R <sub>aw</sub> общ., кПа·с / л	0,43 ± 0,23	0,21 ± 0,04	0,37–0,50	0,20–0,23	0,15–1,4	0,14–0,30
R <sub>aw</sub> выд., кПа·с / л	0,54 ± 0,35	0,24 ± 0,05	0,44–0,64	0,22–0,25	0,16–2,1	0,16–0,30
R <sub>aw</sub> вд., кПа·с / л	0,33 ± 0,15	0,17 ± 0,03	0,28–0,37	0,15–0,18	0,12–0,8	0,11–0,25
R <sub>aw</sub> 0,5, кПа·с / л	0,27 ± 0,12	0,15 ± 0,04	0,23–0,30	0,14–0,16	0,06–0,7	0,10–0,24
DL <sub>СО</sub> корр., мл / мин / мм рт. ст.	89 ± 14	94 ± 10	85–93	91–98	48–118	80–120
DL <sub>СО</sub> корр. / V <sub>A</sub> , мл / мин / мм рт. ст. / л	105 ± 14	106 ± 12	101–109	102–110	65–148	75–135
V <sub>A</sub> , л	86 ± 9	91 ± 8	84–89	88–94	71–108	82–113
Zrs5, % <sub>долож.</sub>	134 ± 44	88 ± 21	122–146	82–95	53–263	52–131
Rrs5, % <sub>долож.</sub>	127 ± 39	84 ± 19	116–138	78–90	53–228	54–125
Rrs20, % <sub>долож.</sub>	109 ± 26	91 ± 21	102–117	84–98	58–181	54–142
(Rrs5–Rrs20) / Rrs5, %	23 ± 15	7 ± 7	19–27	5–10	0–55	0–25
(Rrs5–Rrs20) / Rrs20, %	36 ± 30	8 ± 8	27–44	6–11	0–121	0–33
(Rrs5–Rrs20), кПа·с / л	0,11 ± 0,10	0,02 ± 0,02	0,08–0,14	0,01–0,02	0–0,40	0–0,06
deltaXrs5, кПа·с / л	0,11 ± 0,08	0,07 ± 0,03	0,09–0,13	0,06–0,08	0–0,4	0,01–0,13
АХ, кПа / л	0,91 ± 1,07	0,13 ± 0,07	0,61–1,21	0,11–0,15	0,03–4,4	0,03–0,30
DXrs5, кПа·с / л	0,10 ± 0,18	0,02 ± 0,02	0,04–0,15	0,01–0,03	0–0,9	0–0,07
Со5	0,8 ± 0,09	0,84 ± 0,06	0,78–0,83	0,82–0,86	0,6–0,9	0,7–0,9
f <sub>res</sub> , Гц	16 ± 6	9 ± 1	15–18	8–9	7–36	6–12

Примечание: ДИ – доверительный интервал; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ<sub>1</sub> – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; СОС<sub>25–75</sub> – средняя объемная скорость на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25 и 75 % ФЖЕЛ; ОЕЛ – общая емкость легких; ВГО – внутригрудной объем; ООЛ – остаточный объем легких; R<sub>aw</sub>общ. – общее бронхиальное сопротивление; R<sub>aw</sub>выд. – бронхиальное сопротивление на выдохе; R<sub>aw</sub>вд. – бронхиальное сопротивление на вдохе; R<sub>aw</sub>0,5 – бронхиальное сопротивление при стандартной объемной скорости 0,5 л / с; DL<sub>СО</sub>корр. – скорректированный показатель диффузионной способности легких по монооксиду углерода (трансфер-фактор); V<sub>A</sub> – альвеолярный объем; Rrs5, Rrs20 – резистивный компонент дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц соответственно; Zrs5 – дыхательный импеданс при частоте осцилляций 5 Гц; deltaXrs5 – абсолютная разница (сдвиг) между должным и измеренным значениями реактивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц; АХ – площадь реактанса; DXrs5 – экспираторное ограничение потока; Со5 – когерентность при частоте осцилляций 5 Гц; f<sub>res</sub> – резонансная частота.

стве количественного параметра, характеризующего обструкцию периферических отделов ДП [7].

Экспираторное ограничение потока (DXrs5) определялось как разница средних значений Xrs5 на вдохе и выдохе. У здоровых лиц DXrs5 не превышает 0,07 кПа·с / л [6, 17].

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 (ДИ), минимальным и максимальным значениями (*Min–Max*). Нормальность распределения показателей проверялась с помощью критерия Стьюдента. Для оценки различий между 2 независимыми выборками проводился статистический анализ с помощью U-критерия Манна–Уитни и t-теста. Корреляционный анализ проводился с использованием ранговой корреляции Спирмена. Величина уровня статистической значимости *p* принималась равной 0,05.

## Результаты и обсуждение

Значения показателей механики дыхания, ДСЛ и ИОМ у больных 1-й и 2-й групп представлены в табл. 2.

По результатам анализа данных показано, что у больных с вентиляционными нарушениями обструктивного типа легкой степени в среднем по группе выявлено характерное для данного типа вентиляционных расстройств снижение показателей ОФВ<sub>1</sub> / ЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ и СОС<sub>25–75</sub>. В пределах нормальных значений находились показатели ОФВ<sub>1</sub>, ФЖЕЛ, статических легочных объемов – ЖЕЛ; ОЕЛ; ООЛ; ООЛ / ОЕЛ; ВГО, а также параметры ДСЛ. Показатели бронхиального сопротивления R<sub>awобщ.</sub>, R<sub>awвыд.</sub>, R<sub>awвд.</sub> были умеренно увеличены, тогда как R<sub>aw0,5</sub> оставался в пределах нормальных значений.

По данным ИОМ, у пациентов 1-й группы в среднем по группе показатели Rrs5, Rrs20 и deltaXrs5 не превышали границ нормальных значений, тогда как данные f<sub>res</sub> смещалась в область высоких частот. Однако у 32 % больных выявлены отклонения от нормы базовых показателей Rrs5 и Xrs5 – у 9 (18 %) – I, у 7 (14 %) – II–IV степени тяжести. Следовательно, у 14 % пациентов тяжесть выявленных с помощью ИОМ нарушений механики дыхания была более выражена по сравнению с данными спирометрии. Относительная частотная зависимость Rrs, а именно – (Rrs5–Rrs20) / Rrs5, находилась в пределах нормальных значений, тогда как показатели (Rrs5–Rrs20) / Rrs20, (Rrs5 – Rrs20) и AX превышали верхнюю границу нормы, что являлось ранним признаком патологии периферических ДП. Обращает на себя внимание, что параметр AX был увеличен у 32 (64 %) обследованных, а DXrs5 – незначительно превышал верхнюю границу нормы.

Показатель Co5 находился в пределах нормальных значений, что позволяло судить об отсутствии

**Таблица 3**  
**Статистическая значимость различий показателей спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионного теста и импульсной осциллометрии в 1-й и 2-й группах (U-критерий Манна–Уитни, критическое значение уровня статистической значимости *p* < 0,05); *M* ± *SD***

**Table 3**  
**A statistical significance of between-group difference (*p* < 0.05) in values of spirometry, body plethysmography, lung diffusing test, and impulse oscillometry (Mann–Whitney U-test) in the study group and control group; *M* ± *SD***

Показатель	1-я группа (n = 50)	2-я группа (n = 37)	<i>p</i>
ЖЕЛ, %допж.	109 ± 12	111 ± 10	0,37
ФЖЕЛ, %допж.	101 ± 12	112 ± 10	< 0,001
ОФВ <sub>1</sub> , %допж.	87 ± 10	110 ± 8,5	< 0,001
ОФВ <sub>1</sub> / ЖЕЛ, %	62 ± 5	79 ± 6	< 0,001
ОФВ <sub>1</sub> / ФЖЕЛ, %	70 ± 5	82 ± 4	< 0,001
СОС <sub>25–75</sub> , %допж.	52 ± 11	95 ± 14	< 0,001
ОЕЛ, %допж.	105 ± 9	106 ± 8	0,6
ВГО, %допж.	93 ± 19	104 ± 13	0,002
ООЛ, %допж.	106 ± 15	99 ± 10	0,04
ООЛ / ОЕЛ, %допж.	96 ± 12	89 ± 9	0,02
R <sub>awобщ.</sub> , кПа·с / л	0,43 ± 0,23	0,21 ± 0,04	< 0,001
R <sub>awвыд.</sub> , кПа·с / л	0,54 ± 0,35	0,24 ± 0,05	< 0,001
R <sub>awвд.</sub> , кПа·с / л	0,33 ± 0,15	0,17 ± 0,04	< 0,001
R <sub>aw0,5</sub> , кПа·с / л	0,27 ± 0,12	0,15 ± 0,04	< 0,001
DL <sub>CO</sub> корр., мл / мин / мм рт. ст.	89 ± 14	94 ± 10	0,125
DL <sub>CO</sub> корр. / V <sub>A</sub> , мл / мин / мм рт. ст. / л	105 ± 14	106 ± 12	0,7
V <sub>A</sub> , л	86 ± 9	91 ± 8	0,02
Rrs5, %допж.	127 ± 39	84 ± 19	< 0,001
Rrs20, %допж.	109 ± 26	91 ± 21	< 0,001
(Rrs5–Rrs20) / Rrs5, %	23 ± 15	7 ± 7	< 0,001
(Rrs5–Rrs20) / Rrs20, %	36 ± 30	8 ± 8	< 0,001
(Rrs5–Rrs20), кПа·с / л	0,11 ± 0,10	0,02 ± 0,02	< 0,001
deltaXrs5, кПа·с / л	0,11 ± 0,08	0,07 ± 0,03	0,02
AX, кПа / л	0,91 ± 1,07	0,13 ± 0,07	< 0,001
DXrs5, кПа·с / л	0,10 ± 0,18	0,02 ± 0,02	0,008
Co5	0,8 ± 0,09	0,84 ± 0,06	0,2
f <sub>res</sub> , Гц	16 ± 6	9 ± 1	< 0,001

Примечание: ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ<sub>1</sub> – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; СОС<sub>25–75</sub> – средняя объемная скорость на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25 и 75 % ФЖЕЛ; ОЕЛ – общая емкость легких; ВГО – внутригрудной объем; ООЛ – остаточный объем легких; R<sub>awобщ.</sub> – общее бронхиальное сопротивление; R<sub>awвыд.</sub> – бронхиальное сопротивление на выдохе; R<sub>awвд.</sub> – бронхиальное сопротивление на вдохе; R<sub>aw0,5</sub> – бронхиальное сопротивление при стандартной объемной скорости 0,5 л / с; DL<sub>CO</sub>корр. – скорректированный показатель диффузионной способности легких по монооксиду углерода (трансфер-фактор); V<sub>A</sub> – альвеолярный объем; Rrs5, Rrs20 – резистивный компонент дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц соответственно; Xrs5 – дыхательный импеданс при частоте осцилляций 5 Гц; deltaXrs5 – абсолютная разница (сдвиг) между должным и измеренным значениями реактивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц; AX – площадь реактанса; DXrs5 – экспираторное ограничение потока; Co5 – когерентность при частоте осцилляций 5 Гц; f<sub>res</sub> – резонансная частота.

патологической неоднородности механических свойств аппарата вентиляции у больных 1-й группы.

По результатам анализа параметров механики дыхания, ДСЛ и ИОМ во 2-й группе (сравнения) показано отсутствие каких-либо отклонений от нормальных значений (см. табл. 2).

Наличие статистически значимых различий показателей спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионного теста, а также параметров дыхательного импеданса в 2 группах оценивалось с помощью U-критерия Манна–Уитни (табл. 3).

У больных с вентиляционными нарушениями обструктивного типа легкой степени (1-я группа) и группы сравнения (2-я) выявлены статистически значимые различия всех изученных показателей легочных функциональных тестов, за исключением ЖЕЛ, ОЕЛ,  $DL_{CO_{корр.}}$ ,  $DL_{CO_{корр.}} / V_A$  и  $Co_5$ .

Кроме того, с помощью t-теста проанализирована статистическая значимость различий показателей  $ОФВ_1 / ЖЕЛ$  и  $ОФВ_1 / ФЖЕЛ$  в 1-й и 2-й группах. Выявлены статистически значимые различия индексов Тиффно и Генслера в обеих группах. В 1-й группе больных с вентиляционными нарушениями обструктивного типа легкой степени среднее значение показателя  $ОФВ_1 / ЖЕЛ$  составило 62 %, тогда как  $ОФВ_1 / ФЖЕЛ$  – 70 %. Следовательно, индекс Тиффно более информативен в выявлении обструк-

тивных нарушений на ранних стадиях по сравнению с индексом Генслера. Таким образом, регистрация спокойной ЖЕЛ при выполнении спирометрии повышает информативность данного метода в диагностике нарушений проходимости ДП.

Результаты корреляционного анализа показателей механики дыхания, ДСЛ и ИОМ по Спирмену у больных с обструктивным типом вентиляционных нарушений легкой степени представлены в табл. 4.

При корреляционном анализе показателей механики дыхания и ИОМ у больных с обструктивными нарушениями легкой степени выявлены следующие достоверные взаимосвязи:

- показатели бронхиального сопротивления  $R_{aw_{общ.}}$ ,  $R_{aw_{выд.}}$ ,  $R_{aw_{вд.}}$ ,  $R_{aw_{0,5}}$  находились в сильной прямой корреляционной зависимости с  $Rrs5$  и умеренной прямой корреляционной зависимости – с показателями  $Rrs20$ ,  $\Delta Xrs5$ ,  $DXrs5$  и относительной частотной зависимостью  $Rrs$ , независимо от способа ее расчета;
- абсолютная частотная зависимость  $Rrs$  находилась в сильной прямой корреляционной зависимости с показателями бронхиального сопротивления  $R_{aw_{выд.}}$  и  $R_{aw_{вд.}}$  и в умеренной прямой корреляционной зависимости – с  $R_{aw_{общ.}}$ ,  $R_{aw_{0,5}}$ ;
- выявлена сильная прямая корреляционная связь показателей  $f_{res}$  и  $AX$  с параметрами бронхиально-

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа показателей механики дыхания, диффузионной способности легких и импульсной осциллометрии по Спирмену у больных с обструктивным типом вентиляционных нарушений легкой степени

Table 4

Results of Spearman's correlation analysis of respiratory mechanics, lung diffusing capacity, and impulse oscillometry in patients with mild bronchial obstruction

Показатель	Rrs5, %допж.	Rrs20, %допж.	(Rrs5–Rrs20) / Rrs5, %	(Rrs5–Rrs20) / Rrs20, %	Rrs5–Rrs20, кПа·с / л	deltaXrs5, кПа·с / л	$f_{res}$ , Гц	AX, кПа / л	DXrs5, кПа·с / л
ЖЕЛ, %допж.	–0,39*	–0,39*	–0,16	–0,16	–0,22	–0,54*	–0,28*	–0,28*	–0,33*
ФЖЕЛ, %допж.	–0,35*	–0,28*	–0,19	–0,19	–0,24	–0,47*	–0,33*	–0,31*	–0,42*
ОФВ1, %допж.	–0,3*	–0,22	–0,21	–0,21	–0,24	–0,5*	–0,32*	–0,33*	–0,28*
ОФВ1 / ЖЕЛ, %	0,03	0,14	–0,04	–0,04	–0,008	0,04	–0,06	–0,06	0,001
ОФВ1 / ФЖЕЛ, %	–0,04	0,03	–0,10	–0,09	–0,06	–0,07	–0,12	–0,11	0,21
СОС <sub>25–75</sub> , %допж.	–0,25	–0,16	–0,24	–0,24	–0,28*	–0,25	–0,36*	–0,37*	–0,11
ОЕЛ, %допж.	–0,39*	–0,45*	–0,10	–0,10	–0,21	–0,32*	–0,27	–0,27	–0,45*
ООЛ, %допж.	0,04	–0,17	0,27	0,27	0,22	0,14	0,23	0,19	–0,20
ВГО, %допж.	–0,22	–0,29	0,04	0,04	–0,05	–0,10	–0,01	–0,05	–0,40*
$R_{aw_{общ.}}$ , кПа·с / л	0,77*	0,53*	0,53*	0,53*	0,69*	0,48*	0,71*	0,74*	0,54*
$R_{aw_{выд.}}$ , кПа·с / л	0,77*	0,53*	0,55*	0,55*	0,71*	0,48*	0,72*	0,76*	0,55*
$R_{aw_{вд.}}$ , кПа·с / л	0,75*	0,47*	0,57*	0,57*	0,72*	0,47*	0,71*	0,76*	0,50*
$R_{aw_{0,5}}$ , кПа·с / л	0,73*	0,6*	0,38*	0,38*	0,55*	0,50*	0,55*	0,60*	0,46*
$DL_{CO_{корр.}}$ , мл / мин / мм рт. ст.	0,03	–0,05	0,07	0,07	0,06	0,00	–0,001	–0,04	0,03
$V_A$ , л	–0,22	–0,18	–0,13	–0,13	–0,16	–0,21	–0,20	–0,21	–0,26
$DL_{CO_{корр.}} / V_A$ , мл / мин / мм рт. ст. / л	0,05	–0,004	0,08	0,08	0,07	0,02	0,03	0,001	0,15

Примечание: \* –  $p < 0,05$ ; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; СОС<sub>25–75</sub> – средняя объемная скорость на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25 и 75 % ФЖЕЛ; ОЕЛ – общая емкость легких; ВГО – внутригрудной объем; ООЛ – остаточный объем легких;  $R_{aw_{общ.}}$  – общее бронхиальное сопротивление;  $R_{aw_{выд.}}$  – бронхиальное сопротивление на выдохе;  $R_{aw_{вд.}}$  – бронхиальное сопротивление на вдохе;  $DL_{CO_{корр.}}$  – скорректированный показатель диффузионной способности легких по монооксиду углерода (трансфер-фактор);  $V_A$  – альвеолярный объем.  
Note. \*,  $p < 0,05$ .

го сопротивления  $R_{aw\text{общ.}}$ ,  $R_{aw\text{выд.}}$ ,  $R_{aw\text{вд.}}$  и умеренная обратная корреляционная связь — с  $\text{СОС}_{25-75}$ , ФЖЕЛ и ОФВ<sub>1</sub>.

Л.Д. Кирюхиной и соавт. [5] также выявлена сильная положительная зависимость  $f_{\text{res}}$  от величины  $R_{aw}$  у больных ХОБЛ. Данная зависимость объясняется снижением инерционного сопротивления в суженных ДП, на что указывало наличие слабой отрицательной корреляционной связи с индексом ретракции легких.

Таким образом, у больных с вентиляционными нарушениями обструктивного типа легкой степени показатели бронхиального сопротивления ДП находились в сильной или умеренной прямой корреляционной зависимости со всеми изучаемыми параметрами ИОМ. Кроме того, у больных этой группы выявлены обратные умеренные достоверные корреляционные связи ОЕЛ, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub> с  $\Delta Xrs5$ . Аналогичная обратная умеренная зависимость ранее выявлена при вентиляционных нарушениях рестриктивного типа [10], что позволяет судить о том, что параметр  $\Delta Xrs5$  меняется однонаправлено как при рестрикции, так и при обструкции, если она сопровождается снижением легочных объемов, прежде всего ФЖЕЛ и ЖЕЛ.

Установлены также обратные умеренные достоверные корреляционные связи ОЕЛ, ВГО, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub> с  $\Delta Xrs5$ ; ОЕЛ, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub> — с  $Rrs5$ , а также ОЕЛ и ЖЕЛ — с  $Rrs20$ . Таким образом, чем больше был объем легких, тем меньше становилось резистивное сопротивление и экспираторное ограничение потока ДП.

Достоверных корреляционных связей между параметрами ДСЛ и ИОМ не отмечено.

В дальнейшем планируется выполнить последовательный анализ результатов ИОМ с целью выявления характерных изменений ее параметров в зависимости от степени выраженности вентиляционных нарушений обструктивного типа.

## Заключение

По результатам изложенного сделаны следующие выводы:

- базовые параметры ИОМ, такие как  $Rrs5$  и  $Xrs5$ , обладают низкой информативностью для выявления обструкции ДП легкой степени — отклонения от нормы  $Rrs5$  и / или  $Xrs5$  зарегистрированы только у 32 % пациентов;
- параметр АХ обладает большей информативностью в выявлении обструкции легкой степени по сравнению с  $Rrs5$  и  $Xrs5$ , т. к. его отклонение от нормы зарегистрировано у 64 % больных;
- выраженность обструктивных нарушений по данным ИОМ не всегда совпадает с выраженностью нарушений, определяемых при помощи спирометрии — у 14 % пациентов тяжесть выявленных с помощью ИОМ нарушений механики дыхания была более выражена по сравнению со спирометрией.

## Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует. Исследование выполнено без участия спонсоров.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest. The study was not supported.

## Литература

1. Воробьева З.В. Исследование вентиляционной функции легких. М.: Книга и бизнес; 2008.
2. Стручков П.В., Дроздов Д.В., Лукина О.Ф. Спирометрия. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2017.
3. Федосеев Г.Б., Жихарев С.С., Лаврова Т.Р. и др. Физиологические и патофизиологические механизмы проходимости бронхов. Ленинград: Наука; 1984.
4. Савушкина О.И., Черняк А.В., ред. Легочные функциональные тесты: от теории к практике. Руководство для врачей. М.: Стром; 2017.
5. Кирюхина Л.Д., Аганезова Е.С., Каменева М.Ю., Яковлева Н.Г. Диагностика нарушений механики дыхания у больных с хроническими обструктивными заболеваниями легких с помощью импульсной осциллометрии. *Болезни органов дыхания*. 2005; 1 (2): 9–13.
6. 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; 23 (2): 232–240. DOI: 10.1183/09031936.04.00046804.
7. Brashier B., Salvi S. Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system. *Breathe*. 2015; 11 (1): 57–65. DOI: 10.1183/20734735.020514.
8. Савушкина О.И., Черняк А.В., Зайцев А.А., Кулагина И.Ц. Информативность импульсной осциллометрии в выявлении вентиляционных нарушений у больных со впервые диагностированным саркоидозом органов дыхания. *Пульмонология*. 2017; 27 (4): 439–445. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-4-439-445.
9. 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.
10. Савушкина О.И., Черняк А.В., Каменева М.Ю. и др. Информативность импульсной осциллометрии в выявлении вентиляционных нарушений рестриктивного типа. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2018; 1 (67): 8–16. DOI: 10.12737/article\_5a9f258fe6d932.79474351.
11. Wanger J., Clausen J.L., Coates A. et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (3): 511–522. DOI: 10.1183/09031936.05.00035005.
12. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (5): 948–968. DOI: 10.1183/09031936.05.00035205.
13. MacIntyre N., Crapo R.O., Viegi G. et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (4): 720–735. DOI: 10.1183/09031936.05.00034905.
14. 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.
15. Шик Л.Л., Канаев Н.Н., ред. Руководство по клинической физиологии дыхания. Ленинград: Медицина; 1980.

16. Winkler J., Hagert-Winkler A., Wirtz H., Hoheisel G. [Die moderne Impulsoszillometrie im Spektrum lungenfunktioneller Messmethoden]. *Pneumologie*. 2009; 63 (8): 461–469. DOI: 10.1055/s-0029-1214938 (in German).
17. Aarli B.B., Calverley P.M.A., Jensen R.L. et al. Variability of within-breath reactance in COPD patients and its association with dyspnea. *Eur. Respir. J.* 2015; 45 (3): 625–634. DOI: 10.1183/09031936.00051214.

Поступила 28.03.18

## References

1. Vorob'yeva Z.V. Investigation of Ventilator Function of the Lungs. Moscow: Kniga i biznes; 2008 (in Russian).
2. Struchkov P.V., Drozdov D.V., Lukina O.F. Spirometry. Moscow: GEOTAR-Media; 2017 (in Russian).
3. Fedoseyev G.B., Zhikharev S.S., Lavrova T.R. et al. Physiological and Pathophysiological Mechanisms of Airway Regulation. Leningrad: Nauka; 1984 (in Russian).
4. Savushkina O.I., Chernyak A.V., eds. Pulmonary Functional Test. A Practical Handbook. Moscow: Strom; 2017 (in Russian).
5. Kiryukhina L.D., Aganezova E.S., Kameneva M.Yu., Yakovleva N.G. Detection of respiratory mechanics abnormalities in patients with chronic obstructive lung diseases using impulse oscillometry. *Bolezni organov dykhaniya*. 2005; (2): 9–13 (in Russian).
6. 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; 23 (2): 232–240. DOI: 10.1183/09031936.04.00046804.
7. Brashier B., Salvi S. Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system. *Breathe*. 2015; 11 (1): 57–65. DOI: 10.1183/20734735.020514.
8. Savushkina O.I., Chernyak A.V., Zaytsev A.A., Kulagina I.T. An informative value of impulse oscillometry for diagnosis of ventilation abnormalities in patients with newly diagnosed pulmonary sarcoidosis. *Pul'monologiya*. 2017; 27 (4): 439–445. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-4-439-445 (in Russian).
9. Kiryukhina L.D., Kameneva M.Yu., Novikova L.N. A role of impulse oscillometry for diagnosis of restrictive disorders. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2017; (5): 136–141. DOI: 10.23670/IRJ.2017.59.032 (in Russian).
10. Savushkina O.I., Chernyak A.V., Kameneva M.Yu. et al. An informative value of impulse oscillometry to diagnose restrictive disorders. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya*. 2018; 1 (67): 8–16. DOI: 10.12737/article\_5a9f258fe6d932.79474351 (in Russian).
11. Wanger J., Clausen J.L., Coates A. et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (3): 511–522. DOI: 10.1183/09031936.05.00035005.
12. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (5): 948–968. DOI: 10.1183/09031936.05.00035205.
13. MacIntyre N., Crapo R.O., Viegi G. et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (4): 720–735. DOI: 10.1183/09031936.05.00034905.
14. 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.
15. Shik L.L., Kanaev N.N., eds. A Handbook on Clinical Respiratory Physiology. Leningrad: Meditsina; 1980 (in Russian).
16. Winkler J., Hagert-Winkler A., Wirtz H., Hoheisel G. [Die moderne Impulsoszillometrie im Spektrum lungenfunktioneller Messmethoden]. *Pneumologie*. 2009; 63 (8): 461–469. DOI: 10.1055/s-0029-1214938 (in German).
17. Aarli B.B., Calverley P.M.A., Jensen R.L. et al. Variability of within-breath reactance in COPD patients and its association with dyspnea. *Eur. Respir. J.* 2015; 45 (3): 625–634. DOI: 10.1183/09031936.00051214.

Received March 28, 2018

Уважаемые читатели!

В резюме к статье Савушкиной О.И., Черняка А.В., Каменевой М.Ю., Крюкова Е.В., Зайцева А.А. «Информативность импульсной осциллометрии в выявлении вентиляционных нарушений рестриктивного типа при идиопатическом легочном фиброзе», опубликованной в № 3 / 2018 журнала «Ппульмонология» (стр. 325, 9-я строка сверху, раздел «Результаты»), допущена неточность: вместо фразы «...(у 68 % пациентов с ИЛФ выявлены отклонения от нормы базовых показателей ИОМ, преимущественно по абсолютной разнице (сдвигу) между должным и измеренным значениями частоты осцилляций 5 Гц –  $\Delta X_{rs5}$ )...» следует читать: «...(у 68 % пациентов с ИЛФ выявлены отклонения от нормы базовых показателей ИОМ, преимущественно по абсолютной разнице (сдвигу) между должным и измеренным значениями **реактивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц –  $\Delta X_{rs5}$** )...».

Приносим свои извинения за некорректную формулировку.