



# ИМПУЛЬСНАЯ ОСЦИЛЛОМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ОБСТРУКТИВНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ НАРУШЕНИЙ У БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ ЛЕГКИХ

Л. Д. КИРЮХИНА<sup>1</sup>, О. С. ВОЛОДИЧ<sup>1</sup>, Н. В. ДЕНИСОВА<sup>1</sup>, Н. Г. НЕФЕДОВА<sup>1</sup>, С. А. КОВАЛЕВА<sup>1</sup>, Л. И. АРЧАКОВА<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» МЗ РФ, Санкт-Петербург, РФ

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, РФ

Импульсная осциллометрия (ИО) имеет ряд преимуществ (неинвазивная, не требующая специальных дыхательных маневров методика), но принципиальные отличия от известных методов исследования функции внешнего дыхания затрудняют ее внедрение в клиническую практику.

**Цель исследования:** оценить особенности изменения параметров ИО у пациентов с туберкулезом легких и обструктивным вариантом нарушений вентиляции. Проведено расширенное исследование функции внешнего дыхания у пациентов с туберкулезом легких с применением ИО, спирометрии и бодиплетизмографии. С использованием классического алгоритма интерпретации выделены 2 группы: 218 пациентов с обструктивным вариантом, 90 пациентов без вентиляционных нарушений. У пациентов с обструктивными нарушениями наиболее значимым было отклонение общего дыхательного импеданса, резистанса на частоте 5 Гц, площади реактанса, резонансной частоты. Использование ИО позволило дополнительно выявить нарушения механических свойств у 11% пациентов в группе без вентиляционных нарушений по данным спирометрии и бодиплетизмографии. Корреляционный анализ в группе пациентов с обструкцией показал разную силу связи изменений резистанса и реактанса с характеристиками проходимости дыхательных путей, полученных традиционными методами исследования вентиляционной способности легких и изменения статических легочных объемов, отражающих обструктивную перестройку общей емкости легких. ИО может быть использована в комплексе методов оценки вентиляционных нарушений у больных туберкулезом легких.

**Ключевые слова:** туберкулез легких, функция внешнего дыхания, импульсная осциллометрия

**Для цитирования:** Кирюхина Л. Д., Володич О. С., Денисова Н. В., Нефедова Н. Г., Ковалева С. А., Арчакова Л. И. Импульсная осциллометрия в диагностике обструктивных вентиляционных нарушений у больных туберкулезом легких // Туберкулёз и болезни лёгких. – 2019. – Т. 97, № 11. – С. 34-40. <http://doi.org/10.21292/2075-1230-2019-97-11-34-40>

## IMPULSE OSCILLOMETRY IN THE DIAGNOSIS OF OBSTRUCTIVE VENTILATION DISORDERS IN PULMONARY TUBERCULOSIS PATIENTS

L. D. KIRYUKHINA<sup>1</sup>, O. S. VOLODICH<sup>1</sup>, N. V. DENISOVA<sup>1</sup>, N. G. NEFEDOVA<sup>1</sup>, S. A. KOVALEVA<sup>1</sup>, L. I. ARCHAKOVA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>St. Petersburg University, St. Petersburg, Russia

Impulse oscillometry (IO) possesses certain advantages (being non-invasive and requiring no special breathing maneuvers) but fundamental differences from the well-known methods of external respiration function assessment make it difficult to introduce it into clinical practice.

**The objective:** to evaluate specific changes in the parameters of IO in pulmonary tuberculosis patients and those with obstructive ventilation disorders. External respiration function was extensively assessed in pulmonary tuberculosis patients using IO, spirometry and body plethysmography. The classical interpretation algorithm was used and 2 groups were distinguished: 218 patients with obstructive disorders, and 90 patients without ventilation disorders. In patients with obstructive disorders, deviations of the total respiratory impedance, resistance at a frequency of 5 Hz, reactance area, and resonant frequency were the most significant. IO made it possible to identify additional disorders of mechanical properties in 11% of patients in the group without ventilation disorders according to the results of spirometry and body plethysmography. Correlation analysis in the group of patients with obstruction showed correlations of various strength between the changes in resistance and reactance with characteristics of airway obstruction assessed by traditional methods of ventilation capacity examination, and changes in static pulmonary volumes, which reflected obstructive reconstruction of the total lung capacity. IO can be used as a part of the assessment of ventilation disorders in pulmonary tuberculosis patients.

**Key words:** pulmonary tuberculosis, external respiration function, impulse oscillometry

**For citations:** Kiryukhina L.D., Volodich O.S., Denisova N.V., Nefedova N.G., Kovaleva S.A., Archakova L.I. Impulse oscillometry in the diagnosis of obstructive ventilation disorders in pulmonary tuberculosis patients. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2019, Vol. 97, no. 11, P. 34-40. (In Russ.) <http://doi.org/10.21292/2075-1230-2019-97-11-34-40>

Несвоевременная диагностика обструктивных нарушений и отсутствие адекватной бронхолитической терапии приводят к снижению эффективности лечения туберкулеза легких и хронизации процесса [5, 6]. Для диагностики вентиляционных нарушений традиционно используется спирометрия. Однако выполнение исследования в соответствии с критериями качества требует повторных максимальных форсированных дыхательных маневров [11]. Проведение подобных упражнений трудоемко и имеет ряд ограничений (наличие болевого синдро-

ма в грудной клетке и брюшной полости, дренажей, легочного кровотечения и др.) [7]. Несоблюдение методических требований, отсутствие кооперации пациента с медицинским работником, проводящим тестирование, приводят к неадекватной трактовке и недооценке нарушений вентиляции.

В настоящее время существуют методические возможности получения объективных характеристик состояния проходимости дыхательных путей при обычном дыхании пациента. Эти возможности связаны с развитием метода форсированных

осцилляций (МФО), разработанным в 1956 г. А. В. Dubois et al. Метод основан на изучении параметров осцилляционного потока, подаваемого внешним генератором в дыхательные пути испытуемого. Анализируется поведение аппарата вентиляции в ответ на внешние колебания воздуха, во много раз превышающие обычную частоту дыхания. Современные модификации МФО позволяют измерять общее дыхательное сопротивление (дыхательный импеданс,  $Zrs$ ) и/или его компоненты резистанс ( $Rrs$ ) и реактанс ( $Xrs$ ) при разных частотах и способах подачи потока форсированных осцилляций. Резистанс представляет собой вязкостное (фрикционное) сопротивление аппарата вентиляции, которое обусловлено трением молекул газа внутри самой воздушной струи и о стенки трахеобронхиального дерева (аэродинамический компонент), а также трением и деформацией перемещающихся тканей легких и грудной клетки (тканевой компонент). Функционально наиболее значимым является аэродинамический компонент, так как наибольшее препятствие воздушному потоку создается трением молекул воздуха как о стенки дыхательных путей, так и внутри воздушной струи. У здоровых взрослых людей частотная зависимость резистанса не выражена. Реактанс представляет собой сумму эластического и инерционного сопротивлений аппарата вентиляции и имеет характерную частотную зависимость. В классическом МФО в модификации F. Landsèg в качестве осциллирующего потока используют комплекс периодических волн: “pseudorandom noise” – сумму колебаний, частота которых в целое число раз больше наименьшей частоты колебаний 2 Гц. Е. М. Жукова и др. [2] впервые применили классический МФО для диагностики вентиляционных нарушений у больных туберкулезом путем измерения резистанса при частотах форсированных осцилляций 8, 12 и 16 Гц за весь дыхательный цикл, а также отдельно на вдохе и выдохе, что повысило выявление обструктивных нарушений.

Импульсная осциллометрия (ИО) – это усовершенствованная модификация МФО. В ИО используется прямоугольный электрический импульс, который преобразуется в поток осцилляций, содержащий большое количество частот. Каждый импульс содержит «пучок» осцилляций разной частоты. Это техническое предложение обеспечивает точность сигналов по частоте и амплитуде в изучаемом диапазоне частот. С помощью ИО возможно изучать дыхательный импеданс и его компоненты одновременно при 6 наиболее интересных с точки зрения механики дыхания частотах осцилляций (5, 10, 15, 20, 25 и 35 Гц), что повышает диагностические возможности этого метода. Таким образом, ИО имеет ряд отличий от классической модификации с “pseudorandom noise”, хотя сущность метода у них одинакова. Важным отличием ИО от других методов исследования механики дыхания является

то, что с ее помощью можно определить общее сопротивление потоку воздуха, который оказывает весь аппарат вентиляции, оценить относительный вклад в нарушения механических свойств аппарата вентиляции фрикционного, эластического и инерционного компонентов общего дыхательного сопротивления и определить уровень поражения дыхательных путей. Использование ИО давно изучается при болезнях органов дыхания, но изучению осцилляционной механики при туберкулезе легких посвящены единичные исследования [1, 8]. Однако морфологические изменения при наличии туберкулезного процесса многообразны, могут затрагивать как легкие, так и дыхательные пути, что приводит к формированию разных паттернов изменений механических свойств легких и усложняет задачу их диагностики.

Цель исследования: оценить особенности изменения параметров ИО у пациентов с туберкулезом легких и обструктивным вариантом нарушений вентиляции.

### Материалы и методы

Проведено исследование с проспективным набором материала на базе Центра торакальной хирургии ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» МЗ РФ. В исследование включали пациентов старше 18 лет, находившихся на лечении с диагнозом «туберкулез легких» в 2015-2018 гг. Диагноз туберкулеза верифицирован микробиологическими и/или гистологическими методами. Не включались пациенты с признаками рестриктивного и смешанного вариантов вентиляционных нарушений, с сопутствующими заболеваниями, ограничивающими подвижность грудной клетки, с хирургическими вмешательствами на легких в анамнезе. По данным спирометрии и бодиплетизмографии обструктивный вариант нарушений (1-я группа) выявлен у 218 обследованных, без вентиляционных нарушений (2-я группа) оказалось 90 человек. Большинство пациентов в обеих группах были мужчинами и курильщиками, преобладали люди молодого возраста, хотя в группе с обструктивными нарушениями пациенты были старше (табл. 1). Индекс массы тела был ниже у пациентов 1-й группы, самая частая форма заболевания у них – фиброзно-кавернозный туберкулез, так же как у пациентов 2-й группы. Большинство пациентов 1-й и 2-й групп были бактериовыделителями. У больных 1-й группы превалировала широкая лекарственная устойчивость микобактерий (41,5%). Во 2-й группе преобладали пациенты без множественной/широкой лекарственной устойчивости возбудителя.

Кроме стандартного клинико-лабораторного обследования, всем пациентам выполнены спирометрия и бодиплетизмография на комплексной установке экспертной диагностики функции внешнего

**Таблица 1.** Клинико-лабораторная характеристика обследованных пациентов (*n* = 308)**Table 1.** Clinical and laboratory characteristics of the examined patients (*n* = 308)

Параметры	1-я группа, <i>n</i> = 218	2-я группа, <i>n</i> = 90
Возраст, годы, $M \pm SD$ (95%-ный ДИ)	43,5 $\pm$ 11,9 (41,9-45,1)	33,2 $\pm$ 10,0 (33,4-37,6)
Мужчины / женщины, <i>n</i> (%)	148 (68) / 70 (32)	55 (61) / 35 (39)
Индекс массы тела, $M \pm SD$ (95%-ный ДИ)	22,0 $\pm$ 3,7 (21,5-22,5)	24,2 $\pm$ 3,8 (23,4-25,0)
Никогда не курившие / курящие, <i>n</i> (%)	25 (11) / 193 (89)	18 (20) / 72 (80)
Индекс курящего человека, пачка/лет, $M \pm SD$ (95%-ный ДИ)	23,0 $\pm$ 16,7 (20,6-25,4)	12,5 $\pm$ 9,9 (10,2-14,8)
Форма туберкулеза легких, <i>n</i> (%)		
Фиброзно-кавернозная	150 (69)	30 (33)
Инфильтративная	13 (6)	18 (20)
Кавернозная	21 (10)	13 (14)
Туберкулема	20 (9)	24 (27)
Диссеминированная	14 (6)	5 (6)
Бактериовыделение, <i>n</i>		
МБТ-	25 (11,5)	11 (12,2)
МБТ+	193 (88,5)	79 (87,8)
МЛУ	45 (23,3)	25 (31,6)
ШЛУ	80 (41,5)	14 (17,7)
Лекарственно-чувствительные и прочие варианты лекарственной устойчивости МБТ	68 (35,2)	40 (50,6)

дыхания «MasterScreen Body Diffusion» (VIASYS Healthcare, Германия) согласно рекомендациям совместной рабочей группы Американского торакального общества (ATS) и Европейского респираторного общества (ERS) по стандартизации легочных функциональных тестов [11, 12]. Определяли статические легочные объемы – общую емкость легких (ОЕЛ), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), остаточный объем легких (ООЛ), отношение ООЛ/ОЕЛ; а также параметры, характеризующие проходимость дыхательных путей, – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ<sub>1</sub>), форсированную ЖЕЛ выдоха (ФЖЕЛ), мгновенную объемную скорость выдоха 50% ФЖЕЛ (МОС<sub>50</sub>) и среднюю объемную скорость выдоха между 25 и 75% ФЖЕЛ (СОС<sub>25-75</sub>), аэродинамическое сопротивление дыхательных путей на вдохе (R<sub>in</sub>), выдохе (R<sub>ex</sub>) и общее (R<sub>tot</sub>). Для исключения влияния антропометрических характеристик показатели, имеющие должные величины (ДВ), выражали в процентном отношении от ДВ для соответствующих пола, роста, массы, возраста. В качестве референсных значений выбраны ДВ, предложенные Европейским сообществом угля и стали (European Coal and Steel Community, 1993).

ИО выполняли на приборе "MasterScreen IOS" (VIASYS Healthcare, Германия) согласно рекомендациям рабочей группы ERS [9]. Для обеспечения надежности результатов проводилось не менее трех повторных маневров. Для дальнейшего анализа рассчитывались усредненные данные из трех маневров с коэффициентом вариации менее 10%. Анализируемые параметры: дыхательный импеданс при частоте осцилляций 5 Гц (Z<sub>5</sub>), резистанс (R) на частоте 5 (R<sub>5</sub>) и 20 (R<sub>20</sub>) Гц, частотная зависимость резистанса (ЧЗ R<sub>5</sub>-R<sub>20</sub>), реактанс (X) на частоте

5 Гц (X<sub>5</sub>), резонансная частота (RF), центральное сопротивление (R<sub>c</sub>), периферическое сопротивление (R<sub>p</sub>). Параметры ИО соотносили с нормативами, предложенными фирмой-разработчиком. Поскольку ДВ X<sub>5</sub> может иметь как положительное, так и отрицательное значение, отклонение X<sub>5</sub> от норматива выражали не в % ДВ, а как разность ДВ и актуальной:  $\Delta X_5 = X_{5, ДВ} - X_5$ .

При интерпретации результатов спирометрии в качестве границ нормальных значений параметров и отклонений от нормы использовали систему, разработанную Р. Ф. Клементом и др. [4]. Оценку легочных объемов проводили согласно рекомендациям по интерпретации легочных функциональных тестов совместной рабочей группы ATS/ERS [10]. При интерпретации результатов ИО опирались на критерии отклонения параметров от нормы, изложенные ранее [3]. Заключение о наличии обструктивного варианта вентиляционных нарушений делали при сочетании признаков обструкции по данным спирометрии и отсутствии снижения ОЕЛ по данным бодиплетизмографии. К признакам обструкции относили снижение отношения ОФВ<sub>1</sub>/ЖЕЛ меньше нижней границы нормы, снижение отношения ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ менее 70%, а также снижение МОС<sub>50</sub> и СОС<sub>25-75</sub> на две и более градации по Р. Клементу при нормальных значениях ОФВ<sub>1</sub> [4, 10].

Статистическая обработка проводилась с применением пакета программ Statistica (Statistica v. 10, statSoft Inc., USA). Описательная статистика для числовых показателей представлена размером выборки (*n*), средним значением (M), стандартным отклонением (SD), 95%-ным доверительным интервалом. Нормальность распределения проверялась по критерию Колмогорова – Смирнова. Для оценки

различий между двумя независимыми группами применяли U-критерий Манна – Уитни. Для оценки взаимосвязи изменений параметров проведен корреляционный анализ Спирмена. Достоверными считались результаты при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования

Анализ результатов общепринятых для оценки вентиляционных нарушений методов спирометрии и бодиплетизмографии представлен в табл. 2. По средним показателям в 1-й группе были умеренные нарушения проходимости дыхательных путей со значимой неравномерностью вентиляции за счет увеличения бронхиального сопротивления в экспираторной фазе дыхательного цикла, формированием воздушных ловушек и обструктивной перестройкой структуры ОЕЛ.

Показатели ИО у больных обеих групп представлены в табл. 3. Обе группы достоверно отличались по всем представленным параметрам, однако наиболее выраженным было изменение общего дыхательного сопротивления Z5, резонансной частоты RF и площади реактанса. Отклонения этих параметров отразили сочетанные изменения механики дыхания – нарушения проходимости периферических дыхательных

путей и повышение эластического сопротивления легочной ткани. Остальные представленные параметры, несмотря на достоверное отличие от группы без вентиляционных нарушений, оставались в пределах нормальных значений. Во 2-й группе показатели ИО в среднем оставались в пределах нормы. Однако индивидуальный анализ данных выявил у 10 (11%) пациентов изменения механических свойств легких: у 7 пациентов – умеренные нарушения проходимости центральных дыхательных путей, у 2 – умеренную генерализованную обструкцию, у 1 – признаки повышения эластического сопротивления. Предложенные разработчиками параметры Rс и Rр в среднем в обеих группах не превышали границы нормальных значений, но были полезны при интерпретации индивидуальных измерений для выявления дополнительных данных за наличие периферической или центральной обструкции.

Корреляционный анализ показал взаимосвязь параметров спирометрии и бодиплетизмографии с показателями ИО в 1-й группе (табл. 4). Общее дыхательное сопротивление Z5 и резистанс R5 имели прямую сильную зависимость от общего аэродинамического сопротивления Rtot, умеренной силы обратную связь с ОФВ<sub>1</sub>, ЖЕЛ и прямую умеренную связь с повышением доли ООЛ в структуре ОЕЛ. Из-

**Таблица 2. Параметры спирометрии и бодиплетизмографии у больных обеих групп [M ± SD (95%-ный ДИ)]**

**Table 2. Spirometry and body plethysmography parameters in the patients of both groups [M ± SD (95% CI)]**

Параметры ФВД	1-я группа, n = 218	2-я группа, n = 90	p
ОФВ <sub>1</sub> , % ДВ	70,7 ± 21,0 (68,8-72,7)	104,3 ± 11,2 (102,9-105,7)	< 0,001
ОФВ <sub>1</sub> /ЖЕЛ, %	60,9 ± 12,1 (59,8-62,0)	81,1 ± 6,3 (80,3-81,9)	< 0,001
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ, %	65,5 ± 11,2 (64,4-66,5)	82,8 ± 5,4 (82,1-83,5)	< 0,001
МОС <sub>50</sub> , % ДВ	37,3 ± 17,5 (35,6-38,9)	88,2 ± 17,6 (86,0-90,4)	< 0,001
СОС <sub>25-75</sub> , % ДВ	34,2 ± 17,0 (32,6-35,8)	85,0 ± 17,9 (82,8-87,2)	< 0,001
Rin, кПа/л/с	0,32 ± 0,20 (0,30-0,34)	0,18 ± 0,06 (0,17-0,19)	< 0,001
Rex, кПа/л/с	0,52 ± 0,33 (0,49-0,55)	0,31 ± 0,09 (0,29-0,32)	< 0,001
Rtot, % ДВ	134,1 ± 80,8 (126,5-141,6)	77,7 ± 21,1 (75,0-80,3)	< 0,001
ОЕЛ, % ДВ	110,1 ± 14,3 (108,7-111,4)	109,0 ± 10,3 (107,7-110,3)	0,06
ЖЕЛ, % ДВ	92,1 ± 18,9 (90,3-93,8)	106,3 ± 12,4 (104,7-107,8)	< 0,001
ООЛ, % ДВ	157,8 ± 41,2 (154,0-161,6)	118,4 ± 15,0 (116,6-120,3)	< 0,001
ООЛ/ОЕЛ, % ДВ	137,3 ± 29,6 (134,5-140,1)	105,8 ± 12,5 (104,3-107,4)	< 0,001

**Таблица 3. Параметры импульсной осцилометрии у больных обеих групп [M ± SD, (95%-ный ДИ)]**

**Table 3. Parameters of impulse oscillometry in patients of both groups [M ± SD, (95% CI)]**

Параметры ФВД	1-я группа, n = 218	2-я группа, n = 90	p
Z5, % ДВ	140,2 ± 58,0 (132,4-147,9)	103,9 ± 18,8 (100,0-107,9)	< 0,001
R5, % ДВ	130,6 ± 46,7 (124,4-136,8)	100,2 ± 17,8 (96,5-104,0)	< 0,001
R20, % ДВ	127,7 ± 31,2 (123,6-131,9)	116,3 ± 19,9 (112,2-120,5)	0,003
ЧЗ R5-R20, кПа/л/с	0,07 ± 0,11 (0,05-0,08)	0,01 ± 0,02 (0,00-0,01)	< 0,001
AX, кПа/л	0,91 ± 1,65 (0,69-1,13)	0,17 ± 0,12 (0,14-0,19)	< 0,001
ΔX5, кПа/л/с	0,14 ± 0,13 (0,12-0,15)	0,08 ± 0,03 (0,07-0,09)	< 0,001
RF, Гц	15,1 ± 7,5 (14,1-16,1)	9,45 ± 2,07 (9,01-9,88)	< 0,001
Rс, % ДВ	0,21 ± 0,09 (0,20-0,22)	0,16 ± 0,07 (0,15-0,18)	< 0,001
Rр, % ДВ	0,29 ± 0,12 (0,26-0,32)	0,18 ± 0,10 (0,16-0,20)	< 0,001

**Таблица 4.** Коэффициенты корреляции Спирмена параметров спирометрии, бодиплетизмографии и импульсной осциллометрии в 1-й группе**Table 4.** Spearman correlation coefficients for spirometry, body plethysmography, and impulse oscillometry parameters in Group 1

Параметры ИО	ОФВ <sub>1</sub> , % ДВ	Rtot, % ДВ	ОЕЛ, % ДВ	ЖЕЛ, % ДВ	ООЛ, % ДВ	ООЛ/ОЕЛ, % ДВ
Z5, % ДВ	-0,61	0,73	-0,17	-0,50	0,28	0,50
R5, % ДВ	-0,57	0,70	-0,14	-0,45	0,27	0,46
R20, % ДВ	-0,21	0,38	-0,11	-0,20	0,06	0,22
АХ, кПа/л	-0,73	0,80	-0,23	-0,61	0,31	0,56
ΔХ5, кПа/л/с	-0,73	0,70	-0,34	-0,68	0,28	0,62
RF, Гц	-0,73	0,75	-0,21	-0,59	0,32	0,54

**Таблица 5.** Коэффициенты корреляции Спирмена параметров спирометрии, бодиплетизмографии и импульсной осциллометрии во 2-й группе**Table 5.** Spearman correlation coefficients for spirometry, body plethysmography, and impulse oscillometry parameters in Group 2

Параметры ИО	ОФВ <sub>1</sub> , % ДВ	Rtot, % ДВ	ОЕЛ, % ДВ	ЖЕЛ, % ДВ	ООЛ, % ДВ	ООЛ/ОЕЛ, % ДВ
Z5, % ДВ	0,007	0,34	-0,03	-0,02	-0,11	-0,03
R5, % ДВ	-0,007	0,32	-0,03	-0,02	-0,11	-0,04
R20, % ДВ	-0,09	0,37	0,02	-0,05	-0,03	0,04
АХ, кПа/л	-0,14	0,31	-0,06	-0,12	0,02	0,10
ΔХ5, кПа/л/с	-0,12	0,03	-0,1	-0,21	0,05	0,21
RF, Гц	-0,07	0,25	-0,06	-0,07	-0,005	0,07

менения параметров реактанса (АХ, ΔХ5, RF) имели сильную зависимость от параметров, характеризующих проходимость дыхательных путей: обратную зависимость от ОФВ<sub>1</sub>, прямую – от Rtot. Эти параметры имели умеренной силы связь с изменением легочных объемов: обратную зависимость от ОЕЛ и ЖЕЛ и прямую – от ООЛ и отношения ООЛ/ОЕЛ.

Во 2-й группе пациентов выявлена взаимосвязь параметров ИО только с аэродинамическим сопротивлением Rtot – умеренной силы прямая связь общего дыхательного сопротивления Z5, резистанса R5 и R20, а также площади реактанса АХ (табл. 5).

### Выводы

1. У пациентов с туберкулезом легких и наличием обструктивного варианта нарушений, установленного по данным спирометрии и бодиплетизмо-

графии, среди параметров ИО наиболее значимым было отклонение общего дыхательного сопротивления, резистанса на частоте 5 Гц, площади реактанса, резонансной частоты.

2. В группе без вентиляционных нарушений по данным спирометрии и бодиплетизмографии у 11% пациентов выявлены нарушения механических свойств легких с помощью ИО.

3. Корреляционный анализ в группе пациентов с обструкцией показал связь изменений резистанса и реактанса с характеристиками проходимости дыхательных путей, полученных традиционными методами исследования вентиляционной способности легких, снижения ЖЕЛ, повышения доли остаточного объема в структуре ОЕЛ.

4. ИО может быть использована в комплексе методов оценки вентиляционных нарушений у больных туберкулезом легких.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

**Conflict of Interests.** The authors state that they have no conflict of interests.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Володич О. С., Кирюхина Л. Д., Гаврилов П. В., Журавлев В. Ю., Арчакова Л. И. Диагностика вентиляционных нарушений у больных туберкулезом легких методом импульсной осциллометрии: клинико-функциональные параллели // Туб. и социально значимые заболевания. – 2017. – № 3. – С. 16-20.
2. Жукова Е. М., Краснов В. А., Вохминова Л. Г. Сопряженность изменения показателей бронхиальной проходимости, вязкостного дыхательного сопротивления с темпами клинико-рентгенологической динамики туберкулезного процесса // Туб. и болезни легких. – 2015. – № 5. – С. 74-75.

### REFERENCES

1. Volodich O.S., Kiryukhina L.D., Gavrillov P.V., Zhuravlev V.Yu., Archakova L.I. Diagnosis of ventilation disorders in pulmonary tuberculosis patients using pulsed oscillometry: clinical and functional parallels. *Tub. i Sots. Znach. Zabolevaniya*, 2017, no. 3, pp. 16-20. (In Russ.)
2. Zhukova E.M., Krasnov V.A., Vokhminova L.G. Correlation of changes in indicators of bronchial patency, viscous respiratory impedance with the rate of clinical and X-ray changes of tuberculosis disease. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2015, no. 5, pp. 74-75. (In Russ.)

3. Кирюхина Л. Д., Лаврушин А. А., Аганезова Е. С. Критерии отклонения от нормы некоторых параметров импульсной осциллометрии // Пульмонология. – 2004. – № 5. – С. 41-44.
4. Клемент Р. Ф., Аганезова Е. С., Котегов Ю. М. Критерии отклонения от нормы некоторых параметров кривой форсированного выдоха // Современные проблемы клинической физиологии дыхания. – Л., 1987. – С. 20-27.
5. Шмелев Е. И., Куклина Г. М. Коррекция бронхообструктивного синдрома у больных туберкулезом легких // Медицинский совет. – 2013. – № 3. – С. 20-24.
6. Шпрыков А. С. Клинические особенности туберкулеза легких у курящих больных // Туб. и болезни легких. – 2011. – № 9. – С. 24-28.
7. General considerations for lung function testing. Series "ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing" // *Eur. Respir. J.* – 2005. – Vol. 26. – P. 153-161.
8. Kiryukhina L. D., Volodich O. S., Gavrilov P. V., Mikhailov L. A., Archakova L. I., Zilber E. K., Yablonskii P. K. Total respiratory impedance by impulse oscillometry (IO) in patients with pulmonary tuberculosis (PT) // *Eur. Respir. J.* – 2016. – Vol. 48. Suppl. 60. – PA2263. [https://erj.ersjournals.com/content/48/suppl\\_60/PA2263](https://erj.ersjournals.com/content/48/suppl_60/PA2263).
9. Oostveen E., MacLeod D., Lorino H. et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments // *Eur. Respir. J.* – 2003. – Vol. 22. – P. 1026-1041.
10. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. Series "ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing" // *Eur. Respir. J.* – 2005. – Vol. 26. – P. 948-968.
11. Standardisation of spirometry. Series "ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing" // *Eur. Respir. J.* – 2005. – Vol. 26. – P. 319-338.
12. Standardisation of the measurement of lung volumes. Series "ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing" // *Eur. Respir. J.* – 2005. – Vol. 26. – P. 511-522.
3. Kiryukhina L.D., Lavrushin A.A., Aganezova E.S. Criteria for deviations from the norm of some parameters of impulse oscillometry. *Pulmonologiya*, 2004, no. 5, pp. 41-44. (In Russ.)
4. Klement R.F., Aganezova E.S., Kotegov Yu.M. *Kriterii otkloneniya ot normy nekotorykh parametrov krivoy forsirovannogo vyдохa. Sovremennye problemy klinicheskoy fiziologii dykhaniya.* [Criteria of deviation from the norm of some parameters of forced expiration curve. Current problems of clinical respiratory physiology]. Leningrad, 1987, pp. 20-27.
5. Shmelev E.I., Kuklina G.M. Correction of bronchial obstructive syndrome in pulmonary tuberculosis patients. *Meditsinsky Soviet*, 2013, no. 3, pp. 20-24. (In Russ.)
6. Shprykov A.S. Clinical specifics of pulmonary tuberculosis in smoking patients. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2011, no. 9, pp. 24-28. (In Russ.)
7. General considerations for lung function testing. Series "ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing". *Eur. Respir. J.*, 2005, vol. 26, pp. 153-161.
8. Kiryukhina L.D., Volodich O.S., Gavrilov P.V., Mikhailov L.A., Archakova L.I., Zilber E.K., Yablonskii P.K. Total respiratory impedance by impulse oscillometry (IO) in patients with pulmonary tuberculosis (PT). *Eur. Respir. J.*, 2016, vol. 48, suppl. 60, – PA2263. [https://erj.ersjournals.com/content/48/suppl\\_60/PA2263](https://erj.ersjournals.com/content/48/suppl_60/PA2263).
9. Oostveen E., MacLeod D., Lorino H. et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. *Eur. Respir. J.*, 2003, vol. 22, pp. 1026-1041.
10. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. Series "ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing". *Eur. Respir. J.*, 2005, vol. 26, pp. 948-968.
11. Standardisation of spirometry. Series "ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing". *Eur. Respir. J.*, 2005, vol. 26, pp. 319-338.
12. Standardisation of the measurement of lung volumes. Series "ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing". *Eur. Respir. J.*, 2005, vol. 26, pp. 511-522.

**ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:**

ФГБУ «Санкт-Петербургский НИИ  
фтизиопульмонологии» МЗ РФ,  
191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2-4.  
Тел./факс: 8 (812) 775-75-55, 8 (812) 579-25-73.

**Кирюхина Лариса Дмитриевна**

кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник,  
заведующая отделением функциональной диагностики.  
E-mail: kiryuhina\_larisa@mail.ru

**Володич Ольга Святославовна**

научный сотрудник, врач отделения функциональной  
диагностики.  
E-mail: ovolodich@mail.ru

**Денисова Нина Владимировна**

младший научный сотрудник, врач отделения  
функциональной диагностики.  
E-mail: dr.nvdenisova@gmail.com

**Нефедова Наталия Григорьевна**

старший научный сотрудник, врач отделения  
функциональной диагностики.  
E-mail: kulakovang@mail.ru

**FOR CORRESPONDENCE:**

ФSt. Petersburg Research Institute of Phthiopulmonology,  
2-4, Ligovsky Ave.,  
St. Petersburg, 191036  
Phone/Fax: +7 (812) 775-75-55; +7 (812) 579-25-73.

**Larisa D. Kiryukhina**

Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher,  
Head of Functional Diagnosis Department.  
Email: kiryuhina\_larisa@mail.ru

**Olga S. Volodich**

Researcher, Physician  
of Functional Diagnosis Department.  
Email: ovolodich@mail.ru

**Nina V. Denisova**

Junior Researcher, Physician of Functional Diagnosis  
Department.  
Email: dr.nvdenisova@gmail.com

**Natalia G. Nefedova**

Senior Researcher, Physician of Functional Diagnosis  
Department.  
Email: kulakovang@mail.ru

**Ковалева София Анатольевна**

аспирантка.

E-mail: kovalevasofja@yandex.ru

**Арчакова Людмила Ивановна**

доктор медицинских наук,

заместитель главного врача по медицинской части.

E-mail: spbniiif\_a@mail.ru

**Sofia A. Kovaleva**

Post-Graduate Student.

Email: kovalevasofja@yandex.ru

**Ljudmila I. Archakova**

Doctor of Medical Sciences,

Deputy Chief Doctor for Medical Activities.

Email: spbniiif\_a@mail.ru

Поступила 14.02.2019

Submitted as of 14.02.2019