

Информативность импульсной осциллометрии в выявлении вентиляционных нарушений у пациентов со впервые диагностированным саркоидозом органов дыхания

О.И. Савушкина¹, А.В. Черняк², А.А. Зайцев¹, И.Ц. Кулагина¹

1 – Федеральное государственное казенное 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 России»; 105077, Россия, Москва, ул. 11-я Парковая, 32, корп. 4

Информация об авторах

Савушкина Ольга Игоревна – к. б. н., заведующая отделением исследований функции внешнего дыхания Центра функционально-диагностических исследований Федерального государственного казенного учреждения «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н.Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; тел.: (499) 263-55-61; 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: fchi2000@mail.ru

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

Кулагина Ирина Цаликовна – к. м. н., заведующая пульмонологическим кабинетом Федерального государственного казенного учреждения «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н.Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; тел.: (499) 263-56-20; e-mail: irina-kulagina@mail.ru

Резюме

Для пациентов с заболеваниями легких большое значение имеет функциональное исследование внешнего дыхания. **Целью** исследования явилось измерение общего респираторного сопротивления (импеданса) и составляющих его параметров для наибольшей информативности при выполнении импульсной осциллометрии – неинвазивного метода определения импеданса и составляющих его параметров по сравнению с традиционно используемыми методами оценки механики дыхания и диффузионной способности легких (ДСЛ). **Материалы и методы.** Приводится анализ показателей наиболее распространенных легочных функциональных тестов – спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионного теста по угарному газу методом однократного вдоха с задержкой дыхания у пациентов ($n = 50$) со впервые диагностированным саркоидозом органов дыхания. У всех пациентов диагноз подтвержден морфологически, заболевание на основании клинико-лабораторных и рентгенологических данных протекало в активной фазе. В дополнение к перечисленным тестам всем пациентам выполнялась импульсная осциллометрия. **Результаты.** По результатам спирометрии и бодиплетизмографии нарушения механики дыхания, преимущественно легкой степени, выявлены у 34 % пациентов, легкое снижение ДСЛ – в 34 % случаев. Отклонения параметров импульсной осциллометрии зарегистрированы у 10 % больных. Показано, что при использовании данного метода не требуется выполнения обременительных для пациента при обследовании форсированных маневров. **Заключение.** Показана малая чувствительность импульсной осциллометрии для выявления нарушений вентиляционной функции легких легкой степени у больных со впервые выявленным саркоидозом органов дыхания.

Ключевые слова: саркоидоз, военнослужащие, спирометрия, бодиплетизмография, диффузионный тест, импульсная осциллометрия.

Для цитирования: Савушкина О.И., Черняк А.В., Зайцев А.А., Кулагина И.Ц. Информативность импульсной осциллометрии в выявлении вентиляционных нарушений у пациентов со впервые диагностированным саркоидозом органов дыхания. *Пульмонология*. 2017; 27 (4): 439–445. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-4-439-445

An informative value of impulse oscillometry for diagnosis of ventilation abnormalities in patients with newly diagnosed pulmonary sarcoidosis

Ol'ga I. Savushkina¹, Aleksandr V. Chernyak², Andrey A. Zaytsev¹, Irina Ts. Kulagina¹

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: ul. Odinnadtsataya Parkovaya 32, build. 4, Moscow, 105077, 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) 263-55-61, (926) 231-84-12; e-mail: olga-savushkina@yandex.ru

Aleksandr V. Chernyak, Candidate of Medicine, Head of Laboratory of Functional and Ultrasound Investigations; Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; tel.: (917) 550-06-34; e-mail: fchi2000@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; (916) 5883212; e-mail: a-zaitsev@yandex.ru

Irina Ts. Kulagina, Candidate of Medicine, Head of Pulmonology Office, Acad. N.N.Burdenko The Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense, Moscow, Russia; tel.: (499) 263-56-20; (926) 347-91-03 e-mail: e-mail: irina-kulagina@mail.ru

Abstract

The aim of this study was to analysis the total respiratory impedance and its components and to evaluate the informative value of impulse oscillometry in comparison with conventional methods of lung function testing in patients with pulmonary sarcoidosis. **Methods.** The study involved

50 patients (88% of males; mean age, 31 ± 9 years) with newly diagnosed pulmonary sarcoidosis. The diagnosis of sarcoidosis was confirmed by lung biopsy. Spirometry, body plethysmography, and impulse oscillometry were used in all patients; the lung diffusing capacity was measured. **Results.** Abnormalities of the respiratory mechanics were found using the conventional diagnostic methods in 34% of the patients, including obstructive disorders in 18% and restrictive disorders in 16%; all were mild to moderate. Parameters of impulse oscillometry were abnormal only in 10% of the patients. **Conclusion.** The impulse oscillometry has a low sensitivity to detect mild functional respiratory abnormalities in patients with newly diagnosed pulmonary sarcoidosis.

Key words: sarcoidosis, militaries, spirometry, body plethysmography, lung diffusing capacity, impulse oscillometry.

For citation: Savushkina O.I., Chernyak A.V., Zaytsev A.A., Kulagina I.Ts. An informative value of impulse oscillometry for diagnosis of ventilation abnormalities in patients with newly diagnosed pulmonary sarcoidosis. *Russian Pulmonology*. 2017; 27 (4): 439–445 (in Russia). DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-4-439-445

В последние годы отмечается рост числа случаев саркоидоза органов дыхания (СОД), в т. ч. у военнослужащих [1, 2].

Саркоидоз – это системное воспалительное заболевание неизвестной природы. Морфологическим субстратом саркоидоза является эпителиоидноклеточная гранулема. Чаще других органов саркоидоз поражает легкие и внутригрудные лимфатические узлы (до 90 % наблюдений). Гранулемы локализуются преимущественно в межальвеолярных перегородках. Формированию гранул при саркоидозе предшествует альвеолит, обусловленный воспалительной инфильтрацией интерстициальной ткани легкого [2]. Гранулематозное поражение бронхов и бронхиол при саркоидозе встречается в 15–54 % случаев [2]. По данным¹ наиболее частой причиной обструктивных расстройств вентиляции при СОД является нарушение проходимости мелких бронхов, обусловленное характерными для СОД изменениями слизистой и других слоев их стенок, что подтверждалось результатами морфологических исследований.

Описанные морфологические изменения при СОД могут являться причиной вентиляционных расстройств, для выявления которых существуют разные методы. Наиболее часто применяется спирометрия и бодиплетизмография.

Спирометрия является обязательным и достаточным информативным методом выявления обструктивного нарушения вентиляции. Обструктивный синдром на ранних стадиях может проявляться только снижением максимальной объемной скорости на уровне 75 % выдоха ФЖЕЛ (МОС₇₅) [2]. Нарушение вентиляционной функции легких по обструктивному типу выявлено в 18–23 % случаев² [3].

Бодиплетизмография необходима для исключения рестриктивного и смешанного нарушений легочной вентиляции, т. к. позволяет исследовать структуру общей емкости легких (ОЕЛ). Отмечено, что рестриктивный характер нарушений механики дыхания относительно редко выступает как основной механизм расстройств функции вентиляционного аппарата у больных СОД и является следствием неблагоприятного течения заболевания¹, прежде всего – нарастающего фиброза легочной ткани и формирования «сотового легкого» [2]. Нарушение

вентиляционной функции легких по рестриктивному типу выявлено в 13–26 % случаев² [3], по смешанному – у 2–14 %² [3].

Исследование диффузионной способности легких (ДСЛ) входит в стандарт обязательного обследования при интерстициальных заболеваниях легких. При саркоидозе ДСЛ является высокоинформативным и динамичным параметром. Снижение ДСЛ при СОД может быть следствием как клеточной инфильтрации в межальвеолярных перегородках, так и в стенках капилляров, что обуславливает обратимые нарушения газообмена [2]. Снижение ДСЛ выявлено у 44–58 % больных СОД² [3].

Кроме перечисленных методов диагностики нарушений функции бронхолегочной системы, *E. Muller* и *J. Vogel* (1981) предложен метод импульсной осциллометрии (ИО). ИО представляет собой неинвазивный метод определения общего респираторного сопротивления (импеданса) и составляющих его параметров. Данный метод является необременительным для пациента, т. к. при этом не требуется выполнения форсированных маневров при обследовании. Метод ИО позволяет определить уровень поражения трахеобронхиального дерева (проксимальный или дистальный), уточнить степень выраженности обструкции дыхательных путей (ДП), изучить изменения параметров осцилляторного сопротивления при динамическом наблюдении и проведении бронходилатационных тестов, где использование рутинных методов невозможно или затруднено ввиду тяжелого состояния пациента [4].

Целью данной работы явилось измерение общего респираторного импеданса и составляющих его параметров для выявления информативности ИО по сравнению с традиционно используемыми методами оценки механики дыхания и ДСЛ у больных СОД.

Материалы и методы

В исследование включены пациенты из числа военнослужащих ($n = 50$: 44 (88 %) мужчины и 6 (12 %) женщины; средний возраст – 31 ± 9 лет) с впервые диагностированным СОД. У всех больных диагноз подтвержден морфологически на основании клинико-лабораторных и рентгенологических данных;

¹ Евфимьевский В.П. Механика дыхания при туберкулезе легких: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. М.; 1987.

² Каменева М.Ю. Нарушение механики дыхания и легочного газообмена у больных интерстициальными заболеваниями легких: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. СПб; 2016.

заболевание протекало в активной фазе. У 5 (10 %) обследованных установлена I стадия заболевания, у 44 (88 %) – II, у 1 (2 %) – IV.

В работе использованы современные легочные функциональные тесты: спирометрия, бодиплетизмография, диффузионный тест, ИО, которые проводились на установке *Master Screen Body, Master Screen PFT PRO* и *Master Screen IOS (Viasys Healthcare, Германия)*. Спирометрия, бодиплетизмография, диффузионный тест выполнены с соблюдением стандартов качества исследований, рекомендованных Американским торакальным (*American Thoracic Society – ATS*) и Европейским респираторным (*European Respiratory Society – ERS, 2005*) [5–7] обществами. ИО проводилась на основании рекомендаций *H.J.Smith et al.* [8]. ДСЛ оценивалась по оксиду углерода методом однократного вдоха с задержкой дыхания и коррекцией полученных данных по уровню гемоглобина.

По результатам проведенных исследований выполнены анализы следующих показателей:

- спирометрические (форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ₁), соотношение ОФВ₁ / жизненной емкости легких (ЖЕЛ) после регистрации ЖЕЛ (индекс Тиффно) и ОФВ₁ / ФЖЕЛ, средняя объемная скорость на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25 % и 75 % ФЖЕЛ (СОС_{25–75}); максимальная объемная скорость на уровне 75 % выдоха ФЖЕЛ (МОС₇₅);
- статические легочные объемы и емкости (общая емкость легких (ОЕЛ), ЖЕЛ, остаточный объем легких (ООЛ), его доля в общей емкости легких (ООЛ / ОЕЛ), внутригрудной объем газа (ВГО));
- показатели аэродинамического бронхиального сопротивления (общее бронхиальное сопротивление ($R_{aw_{общ.}}$), бронхиальное сопротивление на выдохе ($R_{aw_{выд.}}$), бронхиальное сопротивление на вдохе ($R_{aw_{вл.}}$));
- ДСЛ (трансфер-фактор – $DL_{СО_{корр.}}$) и отношение $DL_{СО_{корр.}}$ / альвеолярного объема (VA);
- ИО (резистивный компонент дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц (Rrs5 и Rrs20 соответственно); реактивный компонент дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц (Xrs5), величина которого оценивалась по абсолютной разнице между его должным и измеренным значением ($Xrs5_{долж.} - Xrs5$); частотная зависимость Rrs ($D(Rrs5 - Rrs20)$), которая рассчитывалась по формуле $D(Rrs5 - Rrs20) = (Rrs5 - Rrs20) / Rrs5 \times 100 \%$; резонансная частота (f_{res})).

Степень выраженности выявленных изменений функциональных показателей внешнего дыхания (спирометрия, бодиплетизмография, диффузионный тест) оценивалась с учетом требований ATS и ERS (2005) [5–7], а также Руководства по клинической физиологии дыхания [9], показателей ИО – по изменению Rrs5 и Xrs5 [10].

При интерпретации результатов спирометрии базовыми диагностическими параметрами явились ЖЕЛ, ОФВ₁, (ОФВ₁ / ЖЕЛ), СОС_{25–75} и МОС₇₅.

Обструктивные нарушения вентиляционной функции легких диагностировались при нормальных значениях ЖЕЛ и снижении индекса Тиффно менее нижней границы нормы (НГН) для данного возраста. Степень тяжести вентиляционных нарушений оценивалась по ОФВ₁ следующим образом: ОФВ₁ > 70 %_{долж.} – легкие нарушения, 60–69 %_{долж.} – умеренные, 50–59 %_{долж.} – средней тяжести, 35–49 %_{долж.} – тяжелые, < 35 %_{долж.} – крайне тяжелые [6].

При интерпретации результатов бодиплетизмографии рестриктивные нарушения вентиляционной функции легких диагностировались при нормальных значениях индекса Тиффно и снижении ОЕЛ < НГН, которая определялась как разница должного значения и $1,64s$ (s – стандартное отклонение среднего). При величине ОЕЛ ≥ 75 %_{долж.} снижение расценивалось как легкое, при снижении на 74–60 %_{долж.} – как умеренное, < 60 %_{долж.} – тяжелое [9]. «Воздушные ловушки» диагностировались на основании увеличения ООЛ и / или ООЛ / ОЕЛ, гиперинфляция легких – при увеличении ВГО при наличии функциональных признаков бронхиальной обструкции [11].

При интерпретации результатов исследования ДСЛ показатель $DL_{СО}$ считался сниженным, если его значение оказывалось < НГН. При величине $DL_{СО}$ > 60 %_{долж.} снижение расценивалось как легкое, на 60–40 %_{долж.} – как умеренное, < 40 %_{долж.} – тяжелое [6].

При интерпретации показателей ИО обструкция, связанная с патологическим процессом в центральных отделах ДП, диагностировалась в случае возрастания показателей Rrs5 (> 150 %_{долж.}) и Rrs20, а также сохранения частотной зависимости Rrs в пределах нормальных значений ($D(Rrs5 - Rrs20) < 35 \%$). Периферическая обструкция ДП диагностировалась в случае повышения только Rrs5, что приводит к увеличению $D(Rrs5 - Rrs20)$. При генерализованной обструкции, когда в патологический процесс вовлечены все ДП, изменялись все основные параметры: Rrs5 и $D(Rrs5 - Rrs20)$ увеличивались, а Xrs5 снижался и ($Xrs5_{долж.} - Xrs5$) становилась $\geq 0,15$ кПа · с / л.

Статистическая обработка результатов выполнена методами описательной статистики с применением прикладного пакета программ *Statistica 6.0*. После проверки нормальности распределения показателей по критерию Стьюдента рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена с целью оценки взаимосвязи параметров ИО с традиционно используемыми для оценки вентиляционной функции и ДСЛ. Величина уровня статистической значимости принята равной 0,05.

Результаты и обсуждение

Показатели механики дыхания и ДСЛ у обследованных с впервые выявленным СОД представлены в табл. 1.

При анализе параметров механики дыхания и ДСЛ у лиц с впервые диагностированным СОД по-

Таблица 1
Показатели механики дыхания и диффузионной способности легких у больных впервые выявленным саркоидозом органов дыхания (n = 50)
Table 1
Parameters of respiratory mechanics and diffusing capacity of the lungs in patients with newly diagnosed pulmonary sarcoidosis (n = 50)

Показатель	M ± SD	95 %-ный ДИ	Min-max
ЖЕЛ, % _{долж.}	103,0 ± 13,8	99–106	71–94
ФЖЕЛ, % _{долж.}	103,0 ± 13,6	99–107	69–138
ОФВ ₁ , % _{долж.}	100,0 ± 13,2	96–103	67–132
ОФВ ₁ / ЖЕЛ, %	78,0 ± 6,2	76–80	63–95
СОС _{25–75} , % _{долж.}	85,0 ± 19,9	80–91	52–124
МОС ₇₅ , % _{долж.}	75,0 ± 22,7	69–82	41–139
ОЕЛ, % _{долж.}	95,2 ± 11,6	92–98	65–118
ВГО, % _{долж.}	83,7 ± 20,6	78–89	33–136
ООЛ, % _{долж.}	76,0 ± 16,8	71–81	40–142
ООЛ / ОЕЛ, % _{долж.}	76,0 ± 13,0	73–81	51–116
Raw _{общ.} , кПа · с / л	0,23 ± 0,08	0,20–0,25	0,1–0,44
Raw _{выд.} , кПа · с / л	0,26 ± 0,09	0,23–0,29	0,12–0,53
Raw _{вд.} , кПа · с / л	0,19 ± 0,07	0,17–0,21	0,08–0,36
DL _{сокр.} , мл / мин / мм рт. ст.	86,4 ± 15,0	82–90	59–118
DL _{сокр.} / VA, мл / мин / мм рт. ст. / л	108,5 ± 13,0	105–112	79–136

Примечание: ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; СОС_{25–75} – средняя объемная скорость на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25 и 75 % ФЖЕЛ; МОС₇₅ – максимальная объемная скорость на уровне 75 % выдоха ФЖЕЛ; ОЕЛ – общая емкость легких; ВГО – внутригрудной объем газа; ООЛ – остаточный объем легких; Raw_{общ.} – общее бронхиальное сопротивление; Raw_{выд.} – бронхиальное сопротивление на выдохе; Raw_{вд.} – бронхиальное сопротивление на вдохе; DL_{сокр.} – показатель диффузионной способности легких (трансфер-фактор); VA – альвеолярный объем.

казано, что в среднем по группе изучаемые параметры сохранялись в пределах нормальных значений, за исключением снижения ООЛ и ВГО.

По результатам спирометрии и бодиплетизмографии у 17 (34 %) пациентов из всех обследованных выявлены нарушения механики дыхания: у 9 (18 %) – по обструктивному типу, у 8 (16 %) – по рестриктивному типу с классическим паттерном, при котором регистрируется снижение ОЕЛ. Все выявленные обструктивные нарушения вентиляции были легкой степени, рестриктивные нарушения у большинства пациентов – легкой степени, у 1 пациента – умеренной степени. Смешанный тип вентиляционных нарушений не установлен.

По данным О.И.Савушкиной и соавт. [3], нарушения механики дыхания у больных впервые диагностированным СОД выявлены у 33 % всех обследованных (средний возраст – 39 лет). По данным М.Ю.Каменовой², нарушения механики дыхания у больных СОД в процессе динамического наблюдения выявлены у 63 % всех обследованных (средний возраст: 38,9 года у мужчин и 49,8 года – у женщин). Следовательно, более низкая выявляемость нарушений механики дыхания у больных СОД в данном

и в ранее проведенном исследованиях, вероятнее всего, обусловлена меньшим сроком продолжительности заболевания.

По результатам оценки ДСЛ снижение показателя DL_{со} в настоящем исследовании выявлено у 17 (34 %) пациентов, что согласуется с данными, полученными в работе [3]. Снижение ДСЛ у больных СОД выявлено в 58 % случаев, что, как и в случае нарушения механики дыхания, можно объяснить более продолжительным периодом заболевания².

Снижение ДСЛ зарегистрировано у большинства пациентов с рестриктивным типом нарушения вентиляционной функции легких (у 7 из 8 лиц со сниженной ОЕЛ), у 1 пациента – с обструктивным нарушением вентиляционной функции легких. У большинства пациентов снижение ДСЛ было легкой, у 2 – умеренной степени. У 9 пациентов со сниженной ДСЛ нарушений механики дыхания не выявлено. Следовательно, снижение показателя DL_{со} может оказаться единственным функциональным нарушением у пациентов со впервые диагностированным СОД.

Таким образом, при настоящем исследовании нарушения механики дыхания выявлены в 34 % случаев, ДСЛ – в 34 %.

Показатели респираторного импеданса и составляющих его параметров у обследованных впервые выявленным СОД представлены в табл. 2.

При анализе данных ИО у 8 (16 %) пациентов зарегистрировано изолированное увеличение f_{res}. Считается, что увеличение f_{res}, как правило, связано с изменением X_{rs}, поэтому самостоятельного диагностического значения не имеет. У 5 (10 %) пациентов, помимо увеличения f_{res}, зарегистрированы отклонения других показателей респираторного импеданса.

В 2 случаях выявлена патологическая частотная зависимость R_{rs}. У 1 пациента данное отклонение сопровождалось бронхиальной обструкцией легкой

Таблица 2
Показатели респираторного импеданса и составляющих его параметров у больных впервые выявленным саркоидозом органов дыхания (n = 50)
Table 2
Parameters of respiratory impedance and its components in patients with newly diagnosed pulmonary sarcoidosis (n = 50)

Показатель	M ± SD	95 %-ный ДИ	Min-max
Rrs5, % _{долж.}	97,0 ± 26,0	89–104	53–177
Rrs20, % _{долж.}	102,0 ± 24,0	96–109	61–163
D(Rrs5–Rrs20), %	10,0 ± 10,0	7–13	0–40
Xrs5 _{долж.} –Xrs5, кПа · с / л	0,09 ± 0,04	0,08–0,10	0,03–0,21
f _{res} , Гц	11,07 ± 3,60	10–13	7–21

Примечание: Rrs5, Rrs20 – резистивный компонент дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц соответственно; Xrs5 – реактивный компонент дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц; D(Rrs5–Rrs20) – частотная зависимость R_{rs}, рассчитываемая по формуле D(Rrs5–Rrs20) = (Rrs5–Rrs20) / Rrs5 × 100 %; Xrs5_{долж.} – Xrs5 – абсолютная разница между должным и измеренным значением реактивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц; f_{res} – резонансная частота.

степени (индекс Тиффно – 71 %, ОФВ₁ – 106 %_{долж.}, МОС_{75–53} %_{долж.}). У 2-го пациента по результатам исследования механики дыхания obstructивных нарушений вентиляционной функции легких не выявлено. Можно предположить, что в данном случае выявленное ложное повышение частотной зависимости Rrs обусловлено эффектом верхнего шунта, колебанием податливых структур глотки, гортани или щек (необходимо следить за тем, чтобы щеки были плотно прижаты руками).

У 3 пациентов выявлено увеличение Rrs5, которое у 2 пациентов сопровождалось снижением ОЕЛ легкой степени за счет снижения ООЛ, у 2 – снижением ОЕЛ умеренной степени за счет снижения ООЛ и ЖЕЛ (70 %_{долж.}). Кроме того, у 2 пациентов отмечено снижение ДСЛ легкой и умеренной степени. У 1 пациента со сниженной ОЕЛ умеренной степени отмечено также незначительное снижение Xrs5 (Xrs5_{долж.} – Xrs5 = 0,15 кПа·с / л).

По данным литературы известно, что при рестриктивном типе нарушения вентиляционной функции легких Rrs5 остается в пределах нормальных значений, отсутствует частотная зависимость Rrs, f_{res} смещается в спектр высоких частот и снижается Xrs5 [12, 13]. В то же время *Е. Семенов и соавт.* [14] наряду с описанными изменениями выявлена патологическая частотная зависимость Rrs у больных идиопатическим легочным фиброзом с выраженными рестриктивными изменениями, что в равной степени присуще и obstructии ДП. Противоречивость данных, неспецифичность выявляемых отклонений указывают на необходимость дальнейшего изучения возможности применения ИО для диагностики вентиляционных нарушений рестриктивного типа.

Результаты корреляционного анализа показателей спирометрии, бодиплетизмографии и ИО по Спирмену представлены в табл. 3.

При анализе корреляционных зависимостей основных параметров спирометрии, бодиплетизмографии и ИО выявлено следующее:

- умеренные, ближе к сильным, прямые корреляционные связи между показателями резистивного компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 и 20 Гц (Rrs5 и Rrs20 соответственно) и основными показателями аэродинамического сопротивления (Raw_{общ.}, Raw_{выд.}, Raw_{вл.});
- умеренная обратная корреляционная связь Rrs5 с показателями ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОЕЛ, ООЛ, ВГО, а также ОФВ₁, что позволяет полагать, что увеличение Rrs5 связано не только с нарушением бронхиальной проходимости, но и со снижением основных статических легочных объемов и ОФВ₁;
- умеренная обратная корреляционная связь Rrs20 с показателями ЖЕЛ, ФЖЕЛ и ОФВ₁. Достоверно значимых корреляционных связей Rrs20 с показателями ОЕЛ, ООЛ, ВГО не выявлено, что позволяет полагать, что параметр Rrs20, в отличие от Rrs5, не чувствителен к изменению большинства статических легочных объемов;
- умеренная обратная корреляционная связь между параметрами f_{res} и ФЖЕЛ, ЖЕЛ, ОЕЛ и ООЛ. По данным *М.Ю. Каменевой и соавт.* [15], снижение ООЛ обусловлено повышением эластической отдачи легких. Следовательно, есть основания полагать, что изолированное увеличение резонансной частоты может быть обусловлено изменением эластических свойств легочной ткани, т. е. снижением их статической растяжимос-

Таблица 3
Результаты корреляционного анализа показателей спирометрии, бодиплетизмографии и импульсной осциллометрии по Спирмену
Table 3
Spearmen's correlation analysis of lung function parameters measured with different methods

Показатель	Rrs5, % _{долж.}		Rrs20, % _{долж.}		D(Rrs5–Rrs20), %		(Xrs5 _{долж.} – Xrs5), кПа·с / л		f_{res} , Гц	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
ЖЕЛ, % _{долж.}	-0,46	< 0,001	-0,38	0,006	-0,25	0,07	-0,45	0,001	-0,27	0,05
ФЖЕЛ, % _{долж.}	-0,40	0,003	-0,32	0,02	-0,30	0,03	-0,40	0,003	-0,30	0,03
ОФВ ₁ , % _{долж.}	-0,34	0,01	-0,36	0,01	-0,10	0,46	-0,39	0,004	-0,10	0,47
ОЕЛ, % _{долж.}	-0,39	0,005	-0,28	0,05	-0,37	0,007	-0,33	0,02	-0,36	0,01
ООЛ, % _{долж.}	-0,34	0,01	-0,07	0,6	-0,31	0,03	-0,11	0,45	-0,32	0,02
ВГО, % _{долж.}	-0,50	< 0,001	-0,22	< 0,11	-0,30	0,03	-0,04	0,79	-0,31	0,03
Raw _{общ.} , кПа·с / л	0,65	0	0,62	< 0,001	0,07	0,65	0,12	0,40	0,20	0,15
Raw _{выд.} , кПа·с / л	0,52	< 0,001	0,56	< 0,001	-0,06	0,66	0,05	0,74	0,11	0,44
Raw _{вл.} , кПа·с / л	0,60	< 0,001	0,60	< 0,001	0,04	0,76	0,12	0,40	0,21	0,14
Индекс Тиффно, %	0,09	0,55	0,09	0,53	-0,07	0,61	0,02	0,9	-0,06	0,65
СОС _{25–75} , л / с	-0,21	0,14	-0,24	0,08	-0,006	0,961	-0,18	0,20	-0,004	0,97
МОС ₇₅ , л / с	-0,14	0,31	-0,16	0,25	-0,03	0,85	-0,06	0,68	-0,02	0,87

Примечание: r – коэффициент корреляции; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; ОЕЛ – общая емкость легких; ООЛ – остаточный объем легких; ВГО – внутригрудной объем газа; Raw_{общ.} – общее бронхиальное сопротивление; Raw_{выд.} – бронхиальное сопротивление на выдохе; Raw_{вл.} – бронхиальное сопротивление на вдохе; СОС_{25–75} – средняя объемная скорость на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25 и 75 % ФЖЕЛ; МОС₇₅ – максимальная объемная скорость на уровне 75 % выдоха ФЖЕЛ.

ти. Уменьшение статической растяжимости легких, в свою очередь, обуславливает снижение легочных объемов и может являться причиной рестриктивных нарушений вентиляционной функции легких;

- умеренные обратные корреляционные связи частотной зависимости Rrs и ФЖЕЛ, ОЕЛ, ООЛ, ВГО позволяют предположить, что увеличение частотной зависимости Rrs обусловлено не только нарушением проходимости периферических ДП, но может быть связано со снижением легочных объемов, т. е. являться одним из признаков рестриктивных нарушений вентиляционной функции легких, что согласуется с данными, полученными Е.Семеновй и соавт. [14];
- умеренные обратные корреляционные связи реактивного (мнимого) компонента дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц (Xrs_5), величина которого оценивалась по абсолютной разнице между его должным и измеренным значением ($Xrs_{5\text{долж.}} - Xrs_5$), ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ₁ и ОЕЛ. Это позволяет предположить, что снижение Xrs_5 , т. е. увеличение разности ($Xrs_{5\text{долж.}} - Xrs_5$), обусловлено не только нарушением проходимости периферических ДП, но и может быть связано со снижением легочных объемов, т. е. являться одним из признаков рестриктивных нарушений вентиляционной функции легких, что согласуется с данными, полученными Л.Д.Кирюхиной и соавт. [12] и Ж.В.Науменко и соавт. [13]. Достоверно значимых корреляционных связей основных параметров ИО с индексом Тиффно, СОС₂₅₋₇₅ и МОС₇₅ не выявлено.

Заключение

По результатам изложенного сделаны следующие выводы:

- ИО обладает малой чувствительностью для выявления нарушений вентиляционной функции легких легкой степени у больных со впервые выявленным СОД: отклонения от нормы параметров спирометрии и бодиплетизмографии составили 34 %, параметров ИО – 10 % обследованных;
- по результатам анализа корреляционных зависимостей параметров спирометрии, бодиплетизмографии и ИО выявлено однонаправленное изменение ряда параметров ИО как при обструктивных, так и рестриктивных нарушениях вентиляции, установленных при помощи спирометрии и бодиплетизмографии;
- установленная умеренная обратная корреляционная связь между резонансной частотой и ООЛ, уменьшение которого обусловлено повышением эластической отдачи легких, позволит использовать параметр f_{res} для динамического наблюдения больных СОД с целью раннего выявления прогрессирования фиброза легочной ткани.

Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует. Исследование проводилось без участия спонсоров.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest. This study was not sponsored.

Литература

1. Зайцев А.А., Антипушина Д.Н., Сивокотов И.В., Чернов С.А. Диагностика и лечение пациентов с саркоидозом в многопрофильном военном стационаре. *Военно-медицинский журнал*. 2012; (9): 35–40.
2. Саркоидоз. Федеральные клинические рекомендации. М.: Российское респираторное общество; 2016. Доступно на: <http://spulmo.ru/obrazovatelnye-resursy/federalnye-klinicheskie-rekomendatsii/>
3. Савушкина О.И., Антипушина Д.Н., Зайцев А.А. Роль комплексного исследования респираторной функции в выявлении вентиляционно-диффузионных нарушений у больных саркоидозом органов дыхания в многопрофильном военном стационаре. *Пульмонология*. 2015; 25 (1): 82–85. DOI: 10.18093/0869-0189-2015-25-1-82-85.
4. Савушкина О.И., Черняк А.В. Применение импульсной осциллометрии в клинической практике. *Практическая пульмонология*. 2015; (1): 38–42.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Smith H.J., Reinhold P., Goldman M.D. Forced Oscillation Technique and Impulse Oscillometry. Lung Function Testing: European Respiratory Society Monograph. Sheffield, England: European Respiratory Society; 2005: 72–105.
9. Шик Л.Л., Канаев Н.Н., ред. Руководство по клинической физиологии дыхания. Ленинград: Медицина; 1980: 21–36.
10. Winkler J., Hagert-Winkler A., Wirtz H. et al. Die moderne Impulsoszillometrie im Spektrum lungenfunktioneller Messmethoden. *Pneumologie*. 2009; (8): 461–469.
11. Айсанов З.Р., Черняк А.В., ред. Функциональная диагностика в пульмонологии. М.: ООО «АТМО»; 2016: 40–67.
12. Кирюхина Л.Д., Кузнецова В.К., Аганезова Е.С. и др. Метод импульсной осциллометрии в диагностике нарушений механики дыхания. *Пульмонология*. 2000; (2): 31–36.
13. Науменко Ж.К., Неклюдова Г.В., Чикина С.Ю. Новые функциональные методы исследования: импульсная осциллометрия и бронхофонография. *Атмосфера. Пульмонология и аллергология*. 2007; (2): 14–17.
14. Semenova E., Kameneva M., Tishkov A. et al. Relationship between the impulse oscillometry parameters and the lung damage in idiopathic pulmonary fibrosis patients. *Eur. Respir. J.* 2013; 42 (Suppl. 57): 1284.
15. Каменева М.Ю., Тишков А.В., Трофимов В.И. Нерешенные вопросы диагностики рестриктивного типа вентиляционных нарушений. *Пульмонология*. 2015; 25 (3): 363–367. DOI: 10.18093/0869-0189-2015-25-3-363-367.

Поступила 10.04.17

References

1. Zaytsev A.A., Antipushina D.N., Sivokozov I.V., Chernov S.A. Diagnosis and treatment of sarcoidosis in a multidisciplinary military hospital. *Voenno-meditsinskiy zhurnal*. 2012; (9): 35–40 (in Russian).
2. Sarcoidosis. Federal Clinical Guidelines. Moscow, Russian Respiratory Society; 2016. Available at: <http://spulmo.ru/obrazovatelnye-resursy/federalnye-klinicheskie-rekomendatsii> (in Russian).
3. Savushkina O.I., Antipushina D.N., Zaytsev A.A. A role of lung function testing for diagnosis of ventilation and diffusion abnormalities in patients with pulmonary sarcoidosis in a multidisciplinary military hospital. *Pul'monologiya*. 2015; 25 (1): 82–85. DOI: 10.18093/0869-0189-2015-25-1-82-85 (in Russian).
4. Savushkina O.I., Chernyak A.V. Use of impulse oscillometry in clinical practice. *Prakticheskaya pul'monologiya*. 2015; (1): 38–42 (in Russian).
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Smith H.J., Reinhold P., Goldman M.D. Forced Oscillation Technique and Impulse Oscillometry. Lung Function Testing: European Respiratory Society Monograph. Sheffield, England: European Respiratory Society; 2005: 72–105.
9. Shik L.L., Kanaev N.N., eds. A Handbook on Clinical Respiratory Physiology. Leningrad: Meditsina; 1980: 21–36 (in Russian).
10. Winkler J., Hagert-Winkler A., Wirtz H. et al. Die moderne Impulsoszillometrie im Spektrum lungenfunktioneller Messmethoden. *Pneumologie*. 2009; (8): 461–469.
11. Aisanov Z.R., Chernyak A.V., eds. Functional Diagnosis in Pulmonology. Moscow: OOO «ATMO»; 2016: 40–67 (in Russian).
12. Kiryukhina L.D., Kuznetsova V.K., Aganezova E.S. et al. Impulse oscillometry in diagnosis of the respiratory mechanics abnormalities. *Pul'monologiya*. 2000; (2): 31–36 (in Russian).
13. Naumenko Zh.K., Neklyudova G.V., Chikina S.Yu. Novel functional methods: impulse oscillometry and bronchophography. *Atmosfera. Pul'monologiya i allergologiya*. 2007; (2): 14–17 (in Russian).
14. Semenova E., Kameneva M., Tishkov A. et al. Relationship between the impulse oscillometry parameters and the lung damage in idiopathic pulmonary fibrosis patients. *Eur. Respir. J.* 2013; 42 (Suppl. 57): 1284.
15. Kameneva M.Yu., Tishkov A.V., Trofimov V.I. Unresolved issues of functional diagnosis of restrictive disorders. *Pul'monologiya*. 2015; 25 (3): 363–367. DOI: 10.18093/0869-0189-2015-25-3-363–367 (in Russian).

Received April 10, 2017