



Метод форсированных осцилляций в диагностике обструктивных вентиляционных нарушений у больных туберкулезом легких

Е. М. ЖУКОВА, Л. Г. ВОХМИНОВА

ФГБУ «Новосибирский НИИ туберкулеза» МЗ РФ, г. Новосибирск, РФ

РЕЗЮМЕ

Клиническая апробация метода форсированных осцилляций позволила выявить критерии бронхиальной обструкции: повышение дыхательного импеданса (ДИ) (Rfo, Rin, Rex), частотную зависимость ДИ. Исследование ДИ способствовало выявлению нарушения бронхиальной проходимости дополнительно у 20% пациентов с туберкулезом легких, у которых, по данным спирометрии, отсутствовали нарушения вентиляционной способности легких.

Ключевые слова: метод форсированных осцилляций, дыхательный импеданс, вентиляционные нарушения

Для цитирования: Жукова Е. М., Вохминова Л. Г. Метод форсированных осцилляций в диагностике обструктивных вентиляционных нарушений у больных туберкулезом легких // Туберкулез и болезни лёгких. – 2021. – Т. 99, № 11. – С. 43-46. <http://doi.org/10.21292/2075-1230-2021-99-11-43-46>

The Forced Oscillation Test in the Diagnosis of Obstructive Ventilation Disorders in Pulmonary Tuberculosis Patients

Е. М. ZHUKOVA, L. G. VOKHMINOVA

Novosibirsk Tuberculosis Research Institute, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

Clinical testing of the forced oscillation test (FOT) yielded criteria for bronchial obstruction: an increase in viscous respiratory resistance (VRR) (Rfo, Rin, Rex); the frequency dependence of VRR. The study of VRR promoted detection of bronchial malpatency in additional 20% of pulmonary tuberculosis patients who had no lung ventilation disorders, as evidenced by spirometry.

Key words: forced oscillation test, viscous respiratory resistance, ventilation disorders

For citations: Zhukova E.M., Vokhminova L.G. The forced oscillation test in the diagnosis of obstructive ventilation disorders in pulmonary tuberculosis patients. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2021, Vol. 99, no. 11, P. 43-46. (In Russ.) <http://doi.org/10.21292/2075-1230-2021-99-11-43-46>

Для корреспонденции:
Жукова Елена Михайловна
E-mail: zhukovaem@ngs.ru

Correspondence:
Elena M. Zhukova
Email: zhukovaem@ngs.ru

Во фтизиатрической практике функциональные методы исследования остаются на втором плане, уступая иммунологическим, бактериологическим и рентгенологическим методам. Между тем своевременно не распознанные обструктивные расстройства вентиляции, способствуя сохранению «резервуара» инфекции, оказывают отрицательное влияние на репаративные процессы.

Основным методом диагностики и оценки степени тяжести вентиляционных нарушений является спирометрия (СМ) [1, 3]. Этот метод хорошо стандартизирован по должным значениям и технологии выполнения, но требует проведения максимальных и форсированных дыхательных маневров, адекватное выполнение которых возможно лишь при высокой степени сотрудничества пациента с медицинским персоналом и при отсутствии физиологических препятствий для активных экскурсий грудной клетки. Качество выполнения СМ может отражаться на истинности получаемых результатов [4].

В отличие от СМ, исследование методом форсированных осцилляций (ФО) проводится при спокойном дыхании без активного участия обследуемого,

что обуславливает высокую объективность получаемых результатов. С помощью метода ФО определяется общее сопротивление потоку воздуха, которое оказывает весь аппарат вентиляции – дыхательный импеданс (ДИ) и его компоненты. В структуре ДИ примерно 2/3 его величины обусловлено аэродинамическим, т. е. бронхиальным компонентом, являющимся интегральной функцией просвета дыхательных путей. Наряду с бронхиальным сопротивлением, ДИ включает также неэластическое сопротивление тканей грудной клетки и легочной ткани (тканевый компонент). Принцип метода заключается в анализе частотного поведения аппарата вентиляции в ответ на внешние колебания воздуха, значительно превышающие обычную частоту дыхания.

Исследования [5, 6, 7], выполненные у больных с хроническими неспецифическими заболеваниями легких, продемонстрировали высокую значимость показателей осцилляторной механики дыхания для диагностики обструктивных заболеваний легких. Данные Л. Д. Кирюхиной и др. свидетельствуют об информативности модификации метода ФО – импульсной осциллометрии в выявлении нарушений

проходимости дыхательных путей у пациентов с туберкулезом легких (ТЛ) [2, 4]. Диагностические возможности модификации метода ФО у больных туберкулезом до настоящего времени не уточнены.

Цель исследования: определить диагностическую значимость метода ФО в изучении вентиляционных нарушений у больных ТЛ.

Материалы и методы

Исследование функции внешнего дыхания проводилось на спироанализаторе Custo Vit фирмы Custo Med (Германия) методами СМ и ФО. Измерения ДИ выполнялись последовательно при частоте осцилляций 8, 12, 16 Гц: Rfo – ДИ при дыхательном объеме, Rin – ДИ на уровне вдоха при спокойном дыхании, Rex – ДИ на уровне выдоха при спокойном дыхании. До настоящего времени система интерпретации результатов, нормативы метода ФО отсутствуют, поэтому результаты измерения ДИ (Rfo, Rin, Rex в кПа/л/с) оценивали по разработанным нами критериям.

Обследована группа условно здоровых лиц (1-я группа, $n = 22$). Выявлена зависимость ДИ от пола (у женщин ДИ выше, чем у мужчин) и от фазы дыхания (при вдохе показатели ниже, чем при выдохе). По мере нарастания частоты осцилляции ДИ практически не менялся, то есть частотной зависимости (ЧЗ) ДИ в группе здоровых лиц не было, вентиляция была равномерной. Установлены воспроизводимость (табл. 1), нормальные значения показателей ДИ (табл. 2), которыми мы руководствовались при оценке индивидуальных значений ДИ обследованных пациентов. Индексы ЧЗ ДИ рассчитывали по формуле: ЧЗ ДИ (%) = (ДИ 8 Гц – ДИ 16 Гц) / ДИ 8 Гц · 100%. Индексы

ЧЗ ДИ у здоровых лиц в целом по группе составили: ЧЗ Rfo,% – $4,06 \pm 2,08$; ЧЗ Rin,% – $3,04 \pm 2,64$; ЧЗ Rex,% – $4,59 \pm 2,57$. Разработаны диагностические критерии бронхиальной обструкции при использовании метода ФО: повышение параметров ДИ (Rfo, Rin, Rex) и/или ЧЗ ДИ. Бронхиальную обструкцию диагностировали при значениях Rfo, Rin, Rex, превышающих верхние границы нормальных значений (табл. 2), и/или при значениях индексов ЧЗ ДИ, превышающих индексы ЧЗ ДИ здоровых лиц.

Обследовано 310 больных ТЛ (2-я + 3-я группа) в возрасте от 18 до 62 лет. В большинстве случаев (у 189/310 (61%) пациентов) процесс в легких был распространенным (более 3 сегментов), сопровождался распадом (у 217/310 (70%) пациентов) и бактериовыделением (у 174/310 (56,1%) человек). По клиническим формам ТЛ состав больных был однородным, в подавляющем большинстве случаев [217/310 (70%)] диагностировали инфильтративный туберкулез. Наблюдаемые пациенты с ТЛ разделены на две группы: 2-ю группу составили 229 пациентов с нарушениями бронхиальной проходимости, диагностированными СМ, ФО, 3-ю группу – 81 пациент без функциональных признаков бронхиальной обструкции.

Для оценки степени сопряженности ДИ и показателей СМ, отражающих состояние бронхиальной проходимости, проведен корреляционный анализ (табл. 3). Для большинства показателей выявлена достоверная связь. Для показателей ДИ установленная связь носила отрицательный характер, то есть повышение значений ДИ сопровождается снижением ОФВ₁, ОФВ₁/ЖЕЛ, ПСВ, МСВ₇₅, МСВ₅₀, МСВ₂₅. Поскольку при бронхиальной обструкции показатели СМ снижаются, а значения ДИ возрас-

Таблица 1. Значения воспроизводимости показателей дыхательного импеданса здоровых лиц

Table 1. Reproducibility of viscous respiratory resistance rates of healthy individuals

Показатели ДИ	Воспроизводимость показателей					
	мужчины			женщины		
	частота осцилляций, Гц					
	8	12	16	8	12	16
Rfo, кПа/л/с	0,08	0,06	0,05	0,08	0,05	0,03
Rin, кПа/л/с	0,07	0,06	0,05	0,07	0,03	0,03
Rex, кПа/л/с	0,1	0,07	0,06	0,08	0,07	0,04

Таблица 2. Верхние границы нормальных значений показателей дыхательного импеданса

Table 2. Upper limits of normal values of viscous respiratory resistance rates

Показатели ДИ	Верхние границы нормальных значений показателей					
	мужчины			женщины		
	частота осцилляций, Гц					
	8	12	16	8	12	16
Rfo, кПа/л/с	0,32	0,28	0,27	0,36	0,31	0,29
Rin, кПа/л/с	0,28	0,25	0,24	0,32	0,26	0,26
Rex, кПа/л/с	0,37	0,32	0,30	0,38	0,35	0,32

Таблица 3. Коэффициенты корреляции параметров дыхательного импеданса и показателей СМ у больных туберкулезом легких

Table 3. Correlation coefficients of viscous respiratory resistance parameters and SM parameters in patients with pulmonary tuberculosis

Параметры	ОФВ ₁	ОФВ ₁ /ЖЕЛ	ПСВ	МСВ ₇₅	МСВ ₅₀	МСВ ₂₅
Rfo 8 Гц	-0,456	-0,428	-0,442	-0,475	-0,495	-0,427
Rin 8 Гц	-0,371	-0,398	-0,383	-0,398	-0,433	-0,396
Rex 8 Гц	-0,407	-0,388	-0,389	-0,430	-0,443	-0,380
Rfo 12 Гц	-0,394	-0,360	-0,399	-0,413	-0,456	-0,389
Rin 12 Гц	-0,334	-0,360	-0,319	-0,357	-0,411	-0,352
Rex 12 Гц	-0,367	-0,320	-0,378	-0,400	-0,440	-0,351
Rfo 16 Гц	-0,262	-0,239	-0,318	-0,314	-0,339	-0,265
Rin 16 Гц	-0,258	-0,267	-0,308	-0,320	-0,357	-0,255
Rex 16 Гц	-0,214	-0,159	-0,263	-0,244	-0,274	-0,220

Примечание: значения коэффициентов корреляций, выделенные жирным шрифтом, статистически значимы на уровне $p < 0,05$ или $p < 0,01$

тают, выявленная статистически значимая взаимосвязь этих показателей свидетельствует о том, что они отражают один и тот же процесс, а именно обструкцию бронхов.

Средние значения показателей ДИ здоровых лиц и больных ТЛ представлены на рис. 1. У больных с нарушениями бронхиальной проходимости (2-я группа) значения ДИ при всех частотах исследования превышали таковые здоровых и больных без функциональных признаков обструкции. У пациентов 2-й группы зарегистрирована ЧЗ ДИ (ДИ при 8 Гц значимо превышал ДИ при 12, 16 Гц). Индексы ЧЗ ВДС у лиц с обструктивными нарушениями были следующими: ЧЗ Rfo – 17,9%; ЧЗ Rin – 21,9%; ЧЗ Rex – 18,1%, существенно превышали таковые у лиц 1-й и 3-й групп ($p < 0,001$). У больных без вентиляционных нарушений (3-я группа) средние значения показателей ДИ не превышали значений здоровых лиц, ЧЗ ДИ не установлена.

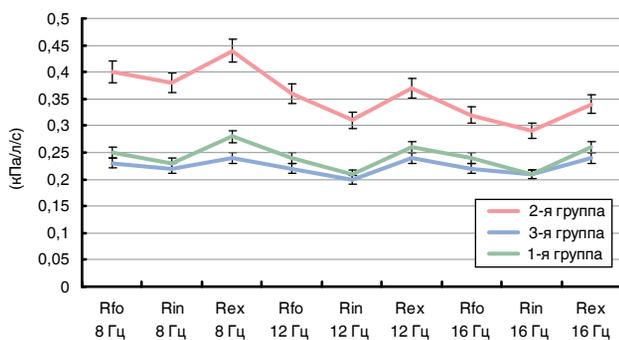


Рис. 1. Показатели дыхательного импеданса у здоровых лиц (1-я группа) и больных ТЛ (2-я, 3-я группа)

Fig. 1. Viscous respiratory resistance rates in healthy individuals (Group 1) and pulmonary tuberculosis patients (Groups 2, 3)

Результаты изучения состояния бронхиальной проходимости комплексом методов (СМ и ФО) у исследуемых пациентов (2-я + 3-я группа) представлены на рис. 2. Обструктивные нарушения

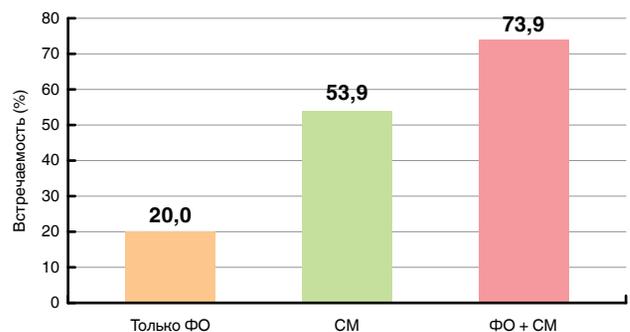


Рис. 2. Частота выявления вентиляционных нарушений у больных ТЛ (2-я + 3-я группа) методами форсированных осцилляций, спирометрии
Fig. 2. The frequency of detection of ventilation disorders in pulmonary tuberculosis patients (Groups 2 and 3) by the forced oscillation test, spirometry

вентиляционной способности легких, выявленные методом СМ, зарегистрированы у 167/310 (53,9%) больных. Измерение ДИ методом ФО позволило выявить нарушения проходимости бронхов допол-

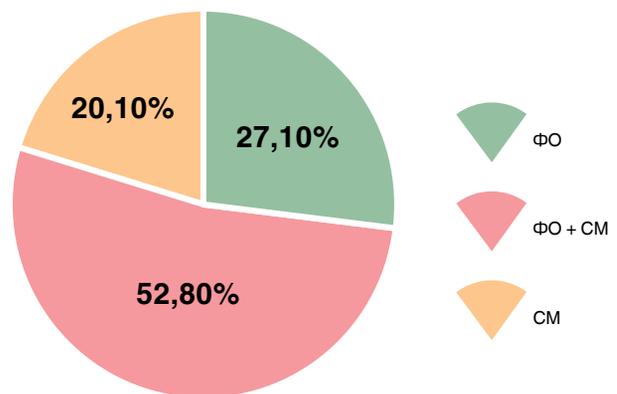


Рис. 3. Частота изменений параметров методов форсированных осцилляций и спирометрии у больных 2-й группы

Fig. 3. Frequency of changes in parameters of forced oscillation and spirometry methods in patients from Group 2

нительно у 62/310 (20%) человек, у которых по данным метода СМ, отсутствовала бронхообструкция. Исследование комплексом методов (СМ и методом ФО) выявило обструкцию бронхов у 223/310 (73,9%) больных.

У большинства [121/229 (52,8%)] лиц с вентиляционными нарушениями (2-я группа) отмечалось одновременное изменение параметров ДИ и СМ, только повышение ДИ – у 62/229 (27,1%) пациентов и только снижение показателей СМ – у 46/229 (20,1%) (рис. 3). В целом у больных этой группы изменения параметров ДИ выявлены в 79,9% (183/229) наблюдений.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о возможности улучшения выявления вентиляционных нарушений у больных ТЛ путем исследования ДИ методом ФО.

Заключение

Метод ФО является информативным методом диагностики вентиляционных нарушений и повышает частоту ее выявления у больных ТЛ на 20%. Для оптимизации диагностики обструктивных вентиляционных нарушений, наряду со стандартным методом СМ, целесообразно исследование ДИ методом ФО.

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. Айсанов З. Р., Авдеев С. Н., Архипов В. В., Белевский А. С., Лещенко И. В., Овчаренко С. Н., Шмелев Е. И., Чучалин А. Г. Национальные клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической обструктивной болезни легких: алгоритм принятия клинических решений // Пульмонология. – 2017. – Т. 27, № 1. – С. 13-20.
2. 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 // Туб. и болезни легких. – 2019. – Т. 97, № 11. – С. 34-40.
3. Чучалин А. Г., Айсанов З. Р., Чикина С. Ю., Черняк А. В., Калманова Е. Н. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии // Пульмонология. – 2014. – № 6. – С. 11-23.
4. Чушкин М. И., Попова Л. А., Отс О. Н., Стручков П. В. Стандартизация спирометрии: как улучшить результат // Туб. и болезни легких. – 2019. – Т. 97, № 2. – С. 26-32.
5. Nakagava M., Nattori N., Haruta Y. et al. Effect of increasing respiratory rate on airway resistance and reactance in COPD patients // *Respirology*. – 2018. – Vol. 20. – P. 87-94.
6. Piorunek T., Kostrzewska M., Cofta S. et al. Impulse oscillometry in the diagnosis of airway resistance in chronic obstructive pulmonary disease // *Adv. Exp. Med. Biol.* – Neuroscience and Respiration. – 2015. – Vol. 838. – P. 47-52.
7. Pisi R., Aiello M., Zanini A. et al. Small airway dysfunction by impulse oscillometry in asthmatic patients with normal forced expiratory volume in the 1st second values // *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* – 2015. – Vol. 10. – P. 1191-1197.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБУ «ННИИТ» МЗ РФ,
630040, г. Новосибирск, ул. Охотская, д. 81а.
Тел./факс: (383) 203-83-57, (383) 203-78-25, 203-83-65.

Жукова Елена Михайловна
доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник.
E-mail: zhukovaem@ngs.ru

Вохминова Людмила Геннадьевна
кандидат медицинских наук, заведующая отделением
функциональной диагностики.
E-mail: nniit@sibnet.ru

REFERENCES

1. Aysanov Z.R., Avdeev S.N., Arkhipov V.V., Belevskiy A.S., Leschenko I.V., Ovcharenko S.N., Shmelev E.I., Chuchalin A.G. Federal clinical recommendations on diagnostics and treatment of chronic obstructive pulmonary disease: the procedure for making clinical decisions. *Pulmonologiya*, 2017, vol. 27, no. 1, pp. 13-20. (In Russ.)
2. 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, pp. 34-40. (In Russ.)
3. Chuchalin A.G., Aysanov Z.R., Chikina S.Yu., Chernyak A.V., Kalmanova E.N. Federal clinical recommendations of the Russian Respiratory Society on spirometry. *Pulmonologiya*, 2014, no. 6, pp. 11-23. (In Russ.)
4. Chushkin M.I., Popova L.A., Ots O.N., Struchkov P.V. Standardization of spirometry: how to improve the result. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2019, vol. 97, no. 2, pp. 26-32. (In Russ.)
5. Nakagava M., Nattori N., Haruta Y. et al. Effect of increasing respiratory rate on airway resistance and reactance in COPD patients. *Respirology*, 2018, vol. 20, pp. 87-94.
6. Piorunek T., Kostrzewska M., Cofta S. et al. Impulse oscillometry in the diagnosis of airway resistance in chronic obstructive pulmonary disease. *Adv. Exp. Med. Biol. Neuroscience and Respiration*, 2015, vol. 838, pp. 47-52.
7. Pisi R., Aiello M., Zanini A. et al. Small airway dysfunction by impulse oscillometry in asthmatic patients with normal forced expiratory volume in the 1st second values. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.*, 2015, vol. 10, pp. 1191-1197.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Novosibirsk Tuberculosis Research Institute,
81a, Okhotskaya St., Novosibirsk, 630040.
Phone/Fax: (383) 203-83-57, (383) 203-78-25, 203-83-65.

Elena M. Zhukova
Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher.
Email: zhukovaem@ngs.ru

Ljudmila G. Vokhminova
Candidate of Medical Sciences,
Head of Functional Diagnostics Department.
Email: nniit@sibnet.ru