

# ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 616.24-008.4-073.173:612.216.2

DOI: 10.12737/article\_5a9f258fe6d932.79474351

## ИНФОРМАТИВНОСТЬ ИМПУЛЬСНОЙ ОСЦИЛЛОМЕТРИИ В ВЫЯВЛЕНИИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ НАРУШЕНИЙ РЕСТРИКТИВНОГО ТИПА

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

### РЕЗЮМЕ

В настоящее время существует ряд проблем, связанных с диагностикой вентиляционных нарушений рестриктивного типа. Во-первых, для идентификации рестрикции необходимо проведение бодиплетизмографии, которая является трудоемкой методикой и требует обязательного активного сотрудничества пациента с медицинским персоналом. Во-вторых, до конца не решены методологические вопросы, касающиеся критериев диагностики рестрикции. Импульсная осциллометрия (ИОМ) является неинвазивным и необременительным для пациента методом выявления вентиляционных расстройств, прежде всего обструктивных. С целью оценки информативности ИОМ в диагностике вентиляционных нарушений рестриктивного типа был измерен дыхательный импеданс и составляющие его параметры у 82 больных с различной бронхолегочной патологией, при этом рестрикция у пациентов была установлена на основании спирометрического и бодиплетизмографического исследований. Результаты работы показали, что ИОМ является малочувствительным методом для выявления вентиляционных нарушений рестриктивного типа при снижении общей емкости легких (ОЕЛ) легкой степени ( $ОЕЛ \geq 70\%$  долж.), так как в этом случае основные параметры ИОМ, а именно резистивный компонент дыхательного импеданса (Rrs) при частоте осцилляций 5 и 20 Гц (Rrs5 и Rrs20, соответственно), а также реактивный компонент

дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц (Xrs5) остаются в пределах нормальных значений. Для выраженного снижения ОЕЛ (менее 70% долж.) было характерно уменьшение Xrs5 с увеличением резонансной частоты и сохранением нормальных значений Rrs5 и Rrs20. Патологическая абсолютная частотная зависимость Rrs определялась при любой степени изменения ОЕЛ, повышаясь по мере ее снижения.

*Ключевые слова:* импульсная осциллометрия, дыхательный импеданс, рестриктивный тип вентиляционных нарушений.

### SUMMARY

#### INFORMATIVENESS OF IMPULSE OSCILLOMETRY IN THE DETECTION OF RESTRICTIVE TYPE VENTILATION DISORDERS

O.I.Savushkina<sup>1</sup>, A.V.Cherniak<sup>2</sup>, M.Yu.Kameneva<sup>3</sup>, E.V.Kryukov<sup>1</sup>, A.A.Zaytsev<sup>1</sup><sup>1</sup>Main Military Clinical Hospital n.a. acad. N.N.Burdenko of Russian Federation Ministry of Defence, 3 Hospital'naya Sq., Moscow, 105229, Russian Federation<sup>2</sup>Pulmonology Research Institute of Federal Medical and Biological Agency, 28 Orekhovuy Boulevard, Moscow, 115682, Russian Federation<sup>3</sup>Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6/8 L'va Tolstogo Str., Saint Petersburg, 197022, Russian Federation

At present, there are a number of problems associated with the diagnosis of restrictive type of ventilation disorders: first, to identify restriction, it is necessary to perform body plethysmography, which is a laborious technique and requires the active cooperation of the patient with medical personnel; secondly, methodological issues that concern the criteria for the diagnosis of restriction are still under development. Impulse oscillometry (IOS) is a non-invasive and effortless technique for the patient to identify ventilation disorders, especially obstructive ones. In order to assess the informative value of IOS in the diagnosis of the restrictive ventilation disorders, respiratory impedance and its parameters were measured in 82 patients with various bronchopulmonary pathologies. The restriction was established on the basis of spirometric and bodyplethysmography studies. The results showed that IOS is a low-sensitivity method for detecting the restrictive type of ventilation disorders with mild reduced total lung capacity ( $TLC \geq 70\%pred.$ ), since in this case, the basic parameters of the IOS, such as the resistive component of the respiratory impedance (Rrs) at 5 and 20 Hz (Rrs5 and Rrs20, respectively), as well as the reactive component of the respiratory impedance at 5 Hz (Xrs5) remain within the normal values. When TLC was less than  $70\%pred.$ , there was a decrease of Xrs5 with an increase in the resonance frequency and the preservation of the normal values of Rrs5 and Rrs20. The abnormal absolute frequency dependence of Rrs was determined at any degree of change in the TLC, increasing as it decreased.

*Key words: impulse oscillometry, respiratory impedance, restrictive ventilation disorders.*

Рестриктивный тип нарушений вентиляционной функции легких, как правило, связан с процессами, протекающими с уменьшением функционирующей паренхимы или снижением растяжимости легочной ткани. Кроме того, рестрикция может быть обусловлена внелегочными причинами, приводящими к ограничению экскурсии легких. Основные причины рестриктивных нарушений вентиляции [1]: диссеминированные заболевания легких, фиброзы различной этиологии, пневмоторакс, резекция легкого и т.д.; нервно-мышечные нарушения (ботулизм, полиомиелит, паралич диафрагмального нерва, миозит и т.д.); торакодиафрагмальные нарушения (выраженный кифосколиоз, травматические деформации ребер, окостенение реберных хрящей, плевральные сращения, обширный плевральный выпот, ограничение подвижности диафрагмы вследствие асцита, крайняя степень ожирения и т.д.); гемодинамические нарушения (левожелудочковая недостаточность).

Согласно рекомендациям Американского торакального и Европейского респираторного обществ (АТО и ЕРО) [12] рестриктивный тип вентиляционных нарушений определяется как снижение общей емкости легких (ОЕЛ) при нормальных или повышенных значениях индекса Тиффно (отношения показателя объема форсированного выдоха за первую секунду

(ОФВ<sub>1</sub>) к жизненной емкости легких (ЖЕЛ)) – классический паттерн рестриктивного синдрома. Величины ЖЕЛ и индекса Тиффно определяются с помощью спокойной и форсированной спирометрии. Для определения ОЕЛ в настоящее время наиболее распространен метод бодиплетизмографии.

Однако существует ряд проблем, связанных с диагностикой рестриктивного типа вентиляционных расстройств. Прежде всего, это необходимость использования сложного дорогостоящего оборудования для проведения бодиплетизмографии, которая является трудоемкой методикой и требует обязательного активного сотрудничества пациента с медицинским персоналом.

Кроме того, остаются нерешенными методологические вопросы. Во-первых, не является бесспорным преимущество предлагаемого АТО и ЕРО алгоритма определения патологических значений функциональных показателей с использованием индивидуальных значений верхней и нижней границ нормы, которые определяются как должное среднее значение  $\pm 1,64\sigma$  ( $\sigma$  – стандартное отклонение от среднего) [4]. Высокая информативность данного подхода в сравнении с методом оценки границ нормы по фиксированным значениям должных величин показана только при диагностике обструктивного синдрома у больных хронической обструктивной болезнью легких или бронхиальной астмой [11]. Во-вторых, был выделен неклассический рестриктивный паттерн, воспроизводимый при длительном динамическом наблюдении больных интерстициальными заболеваниями легких, при котором сохраняются нормальные значения ОЕЛ (более 80%долж.) и индекса Тиффно при снижении ЖЕЛ и/или остаточного объема легких (ООЛ) с повышенными значениями индекса ретракции легких [3].

Наряду с уже существующими спирометрией и бодиплетизмографией для диагностики нарушений функции бронхолегочной системы E. Müller и J. Vogel в 1981 г. предложили использовать метод импульсной осциллометрии (ИОМ) – неинвазивный метод определения дыхательного импеданса (общего дыхательного сопротивления) и составляющих его параметров. Данный метод является необременительным для пациента, так как не требует его активного участия.

В настоящее время возможности ИОМ ограничиваются диагностикой обструкции дыхательных путей (ДП), определением ее локализации, выраженности и обратимости при проведении фармакологических проб. Использование ИОМ в качестве дополнения к спирометрии и бодиплетизмографии позволяет повысить эффективность функционального контроля при лечении заболеваний, проявляющихся бронхообструктивным синдромом. ИОМ является методом выбора при проведении скрининговых и эпидемиологических исследований, обследовании детей, ослабленных больных, больных с пневмотораксом, пациентов старших возрастных групп.

Однако в отношении диагностики вентиляционных нарушений рестриктивного типа роль ИОМ остается

неясной. Противоречивость данных, неспецифичность выявляемых отклонений указывают на необходимость дальнейшего изучения возможности применения ИОМ для диагностики рестрикции.

Учитывая вышесказанное, целью данной работы было измерение дыхательного импеданса и составляющих его параметров для выявления информативности ИОМ в диагностике вентиляционных нарушений рестриктивного типа, установленных по результатам спи-

рометрии и бодиплетизмографии.

**Материалы и методы исследования**

Проведено многоцентровое ретроспективное исследование, в которое были включены 82 пациента: 47 (57%) мужчин и 35 (43%) женщин, средний возраст которых составил  $43,7 \pm 16$  лет (95% ДИ 40–47). Распределение обследованных пациентов по диагнозам представлено в таблице 1.

**Таблица 1**

**Распределение обследованных лиц по диагнозам**

Диагноз	Всего по группе (n=82)	% от числа обследованных
Идиопатический легочный фиброз	34	41,5
Внебольничная пневмония	9	10,9
Саркоидоз 2 стадия	8	9,8
Поствоспалительный пневмофиброз	5	6,1
Системная склеродермия	3	3,7
Диссеминированный процесс в легких неясного генеза	5	6,2
Неспецифическая интерстициальная пневмония	2	2,5
Экзогенно-аллергический альвеолит	2	2,5
Альвеолярный протеиноз	2	2,5
Периферический рак легких	2	2,5
Другие состояния	10	12,0

У всех пациентов был выявлен рестриктивный тип вентиляционных нарушений при отсутствии функциональных признаков обструкции ДП.

В работе использованы современные легочные функциональные тесты: спирометрия, бодиплетизмография, диффузионный тест, ИОМ, 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 АТО и ЕРО [10, 12, 15]. ИОМ проводилась на основании рекомендаций Н. J. Smith et al. [14]. Диффузионная способность лёгких (ДСЛ) оценивалась по оксиду углерода методом однократного вдоха с задержкой дыхания и коррекцией полученных данных по уровню гемоглобина.

По результатам проведенных исследований выполнен анализ: 1) спирометрических показателей: форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ),  $ОФВ_1$ ,  $ОФВ_1/ЖЕЛ$  и  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ , средней объемной скорости на участке кривой поток-объем форсированного выдоха между 25 и 75% ФЖЕЛ ( $СОС_{25-75}$ ); 2) статических лёгочных объёмов и ёмкостей: ОЕЛ, ЖЕЛ, ООЛ, его доли в общей емкости легких (ООЛ/ОЕЛ), внутригрудного объема газа (ВГО); 3) показателей бронхиаль-

ного сопротивления: показателей общего бронхиального сопротивления ( $Raw_{общ}$ ), бронхиального сопротивления на выдохе ( $Raw_{вд}$ ), бронхиального сопротивления на вдохе ( $Raw_{вд}$ ), бронхиального сопротивления между потоками 0,5 л/с на вдохе и выдохе ( $Raw_{0,5}$ , которое отражает, прежде всего, проходимость центральных ДП); 4) показателей ДСЛ: трансфер-фактора, скорректированного по уровню гемоглобина ( $DLco_{корр}$ ), альвеолярного объема ( $V_A$ ), отношения  $DLco_{корр}/V_A$ ; 5) показателей ИОМ: дыхательного импеданса при частоте осцилляций 5 Гц ( $Zrs5$ ); резистивного (фрикционного) компонента дыхательного импеданса (резистивного сопротивления) при частоте осцилляций 5 и 20 Гц ( $Rrs5$  и  $Rrs20$ , соответственно); реактивного компонента дыхательного импеданса (реактивного сопротивления) при частоте осцилляций 5 Гц ( $Xrs5$ ), величина которого оценивалась по абсолютной разнице (сдвигу) между его должным и измеренным значениями ( $\Delta Xrs5 = Xrs5_{долж} - Xrs5$ ); относительной частотной зависимости  $Rrs$  ( $D(Rrs5-Rrs20)$ ), которая рассчитывалась как  $D(Rrs5-Rrs20) = (Rrs5-Rrs20)/Rrs5 \times 100\%$ ; абсолютной частотной зависимости, которая рассчитывалась как разность  $Rrs5$  и  $Rrs20$ ; резонансной частоты ( $f_{res}$ ); когерентности при частоте осцилляций 5 Гц ( $Co5$ ). Сниже-

ние  $Co_5$  менее 0,6 рассматривалось в качестве функционального признака патологической неоднородности механических свойств аппарата вентиляции [5].

Степень выраженности выявленных изменений функциональных показателей внешнего дыхания (спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионного теста) оценивалась с учетом требований АТО и ЕРО [10, 12, 15], а также Руководства по клинической физиологии дыхания (под ред. Л.Л.Шика, Н.Н.Канаева) [7], показателей ИОМ – по изменению  $Rrs_5$  и  $Xrs_5$  [16].

При интерпретации результатов спирометрии базовыми диагностическими параметрами были ЖЕЛ,  $O_{FV_1}$ ,  $O_{FV_1}/ЖЕЛ$ . Обструктивные нарушения вентиляционной функции легких диагностировались при снижении индекса Тиффно ниже нижней границы нормы для данного возраста. Пациенты с функциональными признаками обструкции ДП в исследуемую группу включены не были.

Степень тяжести вентиляционных нарушений оценивалась по  $O_{FV_1}$  следующим образом:  $O_{FV_1}$  больше 70%долж. – легкие нарушения, 60-69%долж. – умеренные, 50-59%долж. – средней тяжести, 35-49%долж. – тяжелые, менее 35%долж. – крайне тяжелые [12].

При интерпретации результатов бодиплетизмографии рестриктивные нарушения вентиляционной функции легких диагностировались при нормальных значениях индекса Тиффно и снижении ОЕЛ. По данным разных авторов за нижнюю границу нормы ОЕЛ принимается либо 85%долж. [7, 8], либо 80%долж. [2]. Рестриктивный тип вентиляционных нарушений диагностировался нами либо при снижении ОЕЛ менее 80%долж., либо если фактическое значение ОЕЛ оказывалось ниже нижней границы нормы при условии одновременного снижения ЖЕЛ (менее 80%долж.) и/или ООЛ (менее 85%долж.) [7].

Степень тяжести снижения ОЕЛ оценивалась следующим образом: 70%долж. и более – снижение легкой степени, 69-60%долж. – умеренной степени, менее 60%долж. – тяжелой степени [9].

При интерпретации результатов исследования ДСЛ показатель  $DLco_{корр}$  считался сниженным, если его значение оказывалось менее 80%долж. При величине  $DLco_{корр} > 60\%$ долж. снижение расценивалось как легкое, при снижении от 60 до 40%долж. – как умеренное, менее 40%долж. – как тяжелое [12].

При оценке результатов ИОМ обструкцию, связанную с патологическим процессом в центральных отделах ДП, диагностировали в случае возрастания показателей  $Rrs_5$  (более 150%долж.),  $Rrs_{20}$  и сохранения относительной частотной зависимости  $Rrs$  в пределах нормальных значений (менее 35%) или абсолютной разницы  $Rrs_5 - Rrs_{20}$  менее 0,08 кПа•с/л. Периферическую обструкцию ДП диагностировали при повышении  $Rrs_5$ , которое сопровождается увеличением частотной зависимости  $Rrs$  (патологическая частотная зависимость) и/или отклонением  $Xrs_5$  от  $Xrs_{5\text{долж}}$  на 0,15 кПа•с/л и более. Генерализованная обструкция, когда в патологический процесс вовлечены все отделы ДП, диагностировали при выявлении при-

знаков обструкции как центральных, так и периферических ДП.

Статистическая обработка результатов выполнена методами описательной статистики с применением прикладного пакета программ STATISTICA 10.0. Описательная статистика для числового показателя представлена размером выборки ( $n$ ), средним значением ( $M$ ), стандартным отклонением ( $SD$ ), 95%-ным доверительным интервалом (95% ДИ), минимальным и максимальным значениями ( $Min-Max$ ). Нормальность распределения показателей проверяли с помощью критерия Стьюдента. Статистический анализ проводился с помощью U-критерия Манна-Уитни (для оценки различий между двумя независимыми выборками). Корреляционный анализ проводили с использованием ранговой корреляции Спирмена. Величина уровня статистической значимости ( $p$ ) принята равной 0,05.

### Результаты исследования и их обсуждение

Анализ параметров механики дыхания и ДСЛ у обследованных больных в среднем по группе показал типичное для рестриктивного типа вентиляционных расстройств снижение легочных объемов: ОЕЛ, ЖЕЛ, ООЛ, ВГО (табл. 2). Кроме того, были снижены ФЖЕЛ и  $O_{FV_1}$ , тогда как показатель  $CO_{25-75}$  находился в пределах нормальных значений, что согласуется с данными Л.Д.Кирюхиной и соавт. [6]. В пределах нормальных значений находились  $Raw_{обш}$ ,  $Raw_{вд}$ ,  $Raw_{0,5}$ , тогда как зарегистрировано умеренное увеличение бронхиального сопротивления на выдохе. Выявлено умеренное снижение показателя  $DLco_{корр}$  и снижение  $V_A$ , отношение  $DLco_{корр}/V_A$  находилось в пределах нормальных значений.

Данные импульсной осциллометрии представлены в таблице 3.

Анализ данных ИОМ у больных с рестриктивным типом вентиляционных расстройств в среднем по группе показал, что:

- $Rrs_5$  и  $Rrs_{20}$  не превышали границ нормальных значений, тогда как у 42 (51,3%) обследованных пациентов  $f_{res}$  смещалась в область более высоких частот, что сопровождалось увеличением  $\Delta Xrs_5$ , что согласуется с данными Л.Д.Кирюхиной и соавт. [6];
- относительная частотная зависимость  $Rrs$  находилась в пределах нормальных значений, тогда как абсолютная частотная зависимость  $Rrs$  превышала верхнюю границу нормы;
- показатель когерентности при частоте осцилляций 5 Гц находился в пределах нормальных значений, что позволяло судить об отсутствии патологической неоднородности механических свойств аппарата вентиляции у обследованных больных с рестриктивным типом вентиляционных нарушений.

С целью оценки взаимосвязи параметров ИОМ с показателями, традиционно используемыми для оценки вентиляционной функции легких, были рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (табл. 4).

Таблица 2

Показатели механики дыхания и диффузионной способности легких у больных с рестриктивным типом вентиляционных нарушений (n=82)

Показатель	M±SD	95% ДИ	Min-Max
ЖЕЛ, %долж.	68±14	64–71	32–95
ФЖЕЛ, %долж.	67±16	63–70	29–95
ОФВ <sub>1</sub> , %долж.	68±16	64–71	29,5–97
ОФВ <sub>1</sub> /ЖЕЛ, %	82±5	80–83	73–97
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ, %	84±5	83–86	71–97
СОС <sub>25-75</sub> , %долж.	67±23	61–72	19–142
ОЕЛ, %долж.	67±11	65–70	32–84
ВГО, %долж.	65±17	61–69	30–112
ООЛ, %долж.	71±23	66–76	26–135
ООЛ/ОЕЛ, %долж.	102±31	96–109	45–204
Raw <sub>общ</sub> , кПа·с/л	0,31±0,16	0,27–0,34	0,09–1,08
Raw <sub>выд</sub> , кПа·с/л	0,35±0,16	0,31–0,38	0,09–0,99
Raw <sub>вд</sub> , кПа·с/л	0,27±0,14	0,24–0,30	0,08–1,11
Raw0,5, кПа·с/л	0,21±0,13	0,18–0,25	0,01–0,60
DLco <sub>корр</sub> , мл/мин/мм рт.ст.	51±18	47–55	8–87
DLco <sub>корр</sub> /V <sub>A</sub> , мл/мин/мм рт.ст./л	85±26	80–92	19–137
V <sub>A</sub> , л	57±9	55–59	25–73

Таблица 3

Показатели дыхательного импеданса у больных с рестриктивным типом вентиляционных нарушений (n=82)

Показатель	M±SD	95% ДИ	Min-Max
Rrs5, %долж.	115±34	107–22	56–237
Rrs20, %долж.	101±28	95–107	48–180
D(Rrs5-Rrs20)/Rrs5, %	24±12	21–27	0–55
Rrs-Rrs20	0,10±0,07	0,08–0,11	0–0,29
deltaXrs5, кПа·с/л	0,17±0,09	0,15–0,19	0,03–0,48
Co5	0,8±0,08	0,75–0,79	0,60–0,90
f <sub>res</sub> , Гц	17±5	15–17	8–29

При корреляционном анализе были выявлены **умеренные** взаимосвязи между параметрами ИОМ и показателями спирометрии и бодиплетизмографии, а именно:

- Rrs5 и Rrs20 находились в прямой зависимости от показателей бронхиального сопротивления ДП (Raw<sub>общ</sub>, Raw<sub>выд</sub>, Raw<sub>вд</sub>);

- параметр Rrs5 находился в обратной зависимости от скоростных показателей форсированного выдоха;

- deltaXrs5 и f<sub>res</sub> находились в прямой зависимости от бронхиального сопротивления на вдохе и в обратной зависимости от показателя СОС<sub>25-75</sub>;

- Rrs5 и абсолютная частотная зависимость Rrs находились в обратной корреляционной зависимости от

ВГО;

- показатель  $DLco_{корр}$  и  $V_A$  находились в обратной корреляционной зависимости от относительной и абсолютной частотной зависимости  $Rrs$ ,  $\Delta Xrs5$  и  $f_{res}$ ;

- отношение  $DLco_{корр}/V_A$  находилось в прямой корреляционной зависимости от  $Rrs20$  и в обратной корреляционной зависимости от относительной и абсолютной частотной зависимости  $Rrs$ ;

- абсолютная частотная зависимость  $Rrs$  находилась в прямой корреляционной зависимости от бронхиального сопротивления общего и на выдохе и обратной корреляционной зависимости от показателя  $SOC_{25-75}$ .

Кроме того, выявлена умеренная обратная корреляционная связь относительной и абсолютной частотной зависимости резистивного сопротивления,  $\Delta Xrs5$  и  $f_{res}$  с показателями ОЕЛ, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub>, МОС<sub>75</sub>, тогда как по данным Л.Д.Кирюхиной и соавт. [6] ОЕЛ и ЖЕЛ находились в сильной обратной корреляционной зависимости от  $\Delta Xrs5$ . Между  $Rrs5$  и статическими легочными объемами, такими как ОЕЛ, ЖЕЛ, ООЛ, были обнаружены слабые обратные корреляционные связи, тогда как Л.Д.Кирюхиной и соавт. [6] выявлены умеренные обратные корреляционные связи

между данными параметрами.

Некоторое отличие степени выраженности корреляционных связей, полученных в нашем исследовании и в исследовании Л.Д.Кирюхиной и соавт., вероятнее всего, обусловлено тем, что авторы анализировали больных только с идиопатическими интерстициальными пневмониями, большую часть которых составили пациенты с идиопатическим легочным фиброзом, обуславливающим снижение растяжимости легочной ткани, что подтверждалось резким увеличением индекса ретракции у обследованных больных в среднем по группе. В наше исследование включены пациенты с разнообразной бронхолегочной патологией. Следовательно, можно предположить, что ИОМ более чувствительна в выявлении рестриктивных нарушений при диффузных фиброзных изменениях легочной ткани.

Последующий анализ результатов исследований заключался в оценке показателей механики дыхания, ДСЛ и параметров дыхательного импеданса в зависимости от степени снижения ОЕЛ. Пациенты были разделены на 3 группы: 1-я – ОЕЛ 70%долж. и более, 2-я – ОЕЛ менее 70, но более 60%долж., 3-я – ОЕЛ менее 60%долж. (табл. 5 и 6).

Таблица 4

**Результаты корреляционного анализа показателей механики дыхания, диффузионной способности легких и дыхательного импеданса по Спирмену у больных с рестриктивным типом вентиляционных нарушений**

Показатель	Rrs5, %долж	Rrs20, %долж	(Rrs5-Rrs20)/Rrs5×100%	Rrs5-Rrs20	deltaXrs5, кПа·с/л	f <sub>res</sub> , Гц
ЖЕЛ, %долж.	-0,04	0,20	-0,36*	-0,34*	-0,51*	-0,38*
ФЖЕЛ, %долж.	-0,07	0,18	-0,38*	-0,38*	-0,51*	-0,40*
ОФВ <sub>1</sub> , %долж.	-0,18	0,08	-0,40*	-0,44*	-0,55*	-0,47*
ОФВ <sub>1</sub> /ЖЕЛ, %	-0,32*	-0,27	-0,11	-0,22	0,08	-0,20
SOC <sub>25-75</sub> , %долж.	-0,39*	-0,25	-0,21	-0,35*	-0,40*	-0,37*
МОС <sub>75</sub> , %долж.	-0,33*	-0,10	-0,36*	-0,44*	-0,33*	-0,44*
ОЕЛ, %долж.	-0,12	0,14	-0,36*	-0,37*	-0,43*	-0,31
ООЛ, %долж.	-0,23	-0,18	0,02	-0,05	0,03	0,10
ВГО, %долж.	-0,42*	-0,25	-0,20	-0,32*	-0,25	-0,20
Raw <sub>общ</sub> , кПа·с/л	0,58*	0,50*	0,09	0,31*	0,23	0,20
Raw <sub>выд</sub> , кПа·с/л	0,51*	0,47*	0,02	0,23	0,20	0,12
Raw <sub>вд</sub> , кПа·с/л	0,64*	0,46*	0,24	0,46*	0,39*	0,35*
DLco <sub>корр</sub> , мл/мин/мм рт.ст.	-0,08	0,22	-0,41*	-0,41*	-0,39*	-0,31*
V <sub>A</sub> , л	-0,18	0,08	-0,37*	-0,43*	-0,37*	-0,37*
DLco <sub>корр</sub> /V <sub>A</sub> , мл/мин/мм рт.ст./л	0,05	0,32*	-0,37*	-0,33*	-0,25	-0,24

Примечание: \* – p<0,05.

Таблица 5

Показатели механики дыхания и диффузионной способности легких у больных с рестриктивным типом вентиляционных нарушений в зависимости от величины общей емкости легких (M±SD)

Показатель	ОЕЛ, %долж.		
	≥70 (n=42)	69-60 (n=22)	<60 (n=18)
ОЕЛ, %долж.	76±3	65±3	51±7
ЖЕЛ, %долж.	76±10	66±9	49±10
ФЖЕЛ, %долж.	76±11	65±10	47±11
ОФВ <sub>1</sub> , %долж.	77±10	68±12	48±10
ОФВ <sub>1</sub> /ЖЕЛ, %	81±4	81±5	82±7
СОС <sub>25-75</sub> , %долж.	71±15	71±29	51±26
МОС <sub>75</sub> , %долж.	58±18	52±25	35±19
ООЛ, %долж.	76±23	68±19	60±22
ВГО, %долж.	72±18	62±11	50±12
Raw <sub>общ</sub> , кПа·с/л	0,29±0,12	0,28±0,13	0,38±0,23
Raw <sub>выд</sub> , кПа·с/л	0,33±0,13	0,33±0,15	0,41±0,22
Raw <sub>вд</sub> , кПа·с/л	0,25±0,10	0,23±0,11	0,35±0,22
DLco <sub>корр</sub> , мл/мин/мм рт.ст.	61±13	47±15	32±13
V <sub>A</sub> , л	62±6	56±5	46±8
DLco <sub>корр</sub> /V <sub>A</sub> , мл/мин/мм рт.ст./л	95±21	84±28	66±23

При анализе данных, приведенных в таблице 5, отмечалось нарастание снижения ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ВГО, ООЛ, ОФВ<sub>1</sub>, МОС<sub>75</sub>, DLco<sub>корр</sub>, V<sub>A</sub>, DLco<sub>корр</sub>/V<sub>A</sub> по мере увеличения выраженности рестриктивных нарушений вентиляции. У пациентов 1-й и 2-й групп показатели Raw<sub>общ</sub>, Raw<sub>вд</sub>, СОС<sub>25-75</sub> сохранялись в пределах нормальных значений, тогда как показатель Raw<sub>выд</sub> был в

равной степени умеренно увеличен. У пациентов 3-й группы отмечалось умеренное увеличение показателей Raw<sub>общ</sub>, Raw<sub>вд</sub>, Raw<sub>выд</sub> и снижение СОС<sub>25-75</sub>. Отношение ОФВ<sub>1</sub>/ЖЕЛ оставалось практически без изменений и не зависело от степени выраженности рестриктивных нарушений, что подтверждает снижение ОФВ<sub>1</sub>, соответствующее степени тяжести снижения ОЕЛ и ЖЕЛ.

Таблица 6

Показатели дыхательного импеданса у больных с рестриктивным типом вентиляционных нарушений в зависимости от величины общей емкости легких (M±SD)

Показатель	ОЕЛ, %долж		
	≥70	69-60	<60
Rrs5, %долж.	112±37	110±31	127±24
Rrs20, %долж.	104±30	96±30	101±17
D(Rrs5-Rrs20)/Rrs5, %	20±12	25±11	32±10
Rrs5-Rrs20	0,08±0,064	0,09±0,06	0,15±0,06
deltaXrs5, кПа·с/л	0,13±0,06	0,15±0,09	0,27±0,09
f <sub>res</sub> , Гц	14±4	16±5	19±4

При анализе данных, приведенных в таблице 6, отмечалось:

- сохранение в пределах нормальных значений Rrs5, Rrs20 и относительной частотной зависимости Rrs не зависимо от степени тяжести рестриктивных расстройств;
- сохранение в пределах нормальных значений deltaXrs5 в 1-й группе и постепенное его увеличение

во 2-й и 3-й группах;

- увеличение f<sub>res</sub> и абсолютной частотной зависимости Rrs у пациентов всех трех групп с возрастанием по мере увеличения степени тяжести снижения ОЕЛ.

Ранее патологическая частотная зависимость Rrs была выявлена у больных идиопатическим легочным фиброзом с выраженными рестриктивными изменениями, что в равной степени присуще и перифериче-

ской обструкции ДП [13].

Достоверность различий ( $p < 0,05$ ) параметров дыхательного импеданса в трех группах оценивалась с помощью U-критерия Манна-Уитни. Так, между показателями Rrs5 (%долж.), Rrs20 (%долж.),  $\Delta Xrs5$ ,  $f_{res}$ , а также относительной и абсолютной частотной зависимостью Rrs в 1-й и 2-й группах достоверных различий выявлено не было. В 1-й и 3-й группах были установлены достоверные различия между параметрами Rrs5 (%долж.),  $\Delta Xrs5$ ,  $f_{res}$ , а также относительной и абсолютной частотной зависимостью Rrs. Во 2-й и 3-й группах достоверность различий была выявлена между параметром  $\Delta Xrs5$  и абсолютной частотной зависимостью Rrs.

Известно, что величина Xrs5 характеризует состояние эластических структур легких, их периферических отделов, но ее изменение неспецифично – снижение данного показателя наблюдается как при эмфиземе легких, сопровождающей ХОБЛ, так и при легочном фиброзе, характерном для интерстициальных процессов [5]. В данное исследование пациенты с эмфиземой легких включены не были. Снижение Xrs5 по мере увеличения степени рестрикции, вероятнее всего, обусловлено формированием интерстициального фиброза. Следовательно, для дальнейшего изучения возможностей ИОМ в выявлении рестриктивных расстройств, обусловленных увеличением эластического сопротивления легочной ткани, целесообразно проанализировать различия показателей у пациентов с интерстициальным фиброзом и больных другими заболеваниями легких, не связанными с диффузными фиброзными изменениям легочной ткани.

### Выводы

1. Для снижения ОЕЛ до 69%долж. и менее характерно уменьшение Xrs5, сопровождающееся увеличением  $f_{res}$ , при сохранении в пределах нормальных значений параметров Rrs5 и Rrs20.
2. Импульсная осциллометрия является малочувствительным методом для выявления вентиляционных нарушений рестриктивного типа при снижении ОЕЛ легкой степени (ОЕЛ  $\geq 70\%$ долж.), т.к. в этом случае основные параметры, такие как Rrs5, Rrs20 и  $\Delta Xrs5$ , остаются в пределах нормальных значений.
3. Патологическая абсолютная частотная зависимость Rrs характерна для любой степени изменения ОЕЛ, повышаясь по мере ее снижения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева З.В. Исследование вентиляционной функции легких. М.: Книга и бизнес, 2008. 191 с.
2. Каменева М.Ю. Оценка эффективности различных способов определения нормальных значений параметров механики дыхания при диагностике рестриктивного типа вентиляционных нарушений // Российский семейный врач. 2014. Т.18, №2. С.24–28.
3. Каменева М.Ю., Тишков А.В., Трофимов В.И. Нерешенные вопросы диагностики рестриктивного типа вентиляционных нарушений // Пульмонология. 2015. Т.25, №3. С.363–367. doi: 10.18093/0869-0189-2015-25-

3-363-367

4. Каменева М.Ю., Тишков А.В., Трофимов В.И. Новые подходы к дифференциальной диагностике синдромов вентиляционных нарушений // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2017. Вып.65. С.8–15. doi: 10/12737/article\_59aca3bd1aa8e8.39408462
5. Каменева М.Ю., Савушкина О.И., Черняк А.В. Импульсная осциллометрия // Легочные функциональные тесты: от теории к практике. Руководство для врачей / под ред. О.И.Савушкиной, А.В.Черняка. М.: Фирма Стром, 2017. С.121–148.
6. Кирюхина Л.Д., Каменева М.Ю., Новикова Л.Н. Возможности импульсной осциллометрии в диагностике рестриктивного варианта вентиляционных нарушений // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №5. С.136-141. doi: 10.23670/IRJ.2017.59.032
7. Руководство по клинической физиологии дыхания / под ред. Л.Л.Шика, Н.Н.Канаева. Л.: Медицина, 1980. 376 с.
8. Современные проблемы клинической физиологии дыхания: сборник научных трудов / под ред. Р.Ф.Клементя, В.К.Кузнецовой. Л.: ВНИИ пульмонологии МЗ СССР, 1987. 145 с.
9. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. American Thoracic Society // Am. Rev. Respir. Dis. 1991. Vol.144, №5. P.1202–1218.
10. MacIntyre N., Crapo R.O., Viegi G., Johnson D.C., van der Grinten C.P.M., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Coates A., Enright P., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pedersen O.F., Pellegrino R., Wanger J. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung // Eur. Respir. J. 2005. Vol.26, №4. P.720–735. doi: 10.1183/09031936.05.00034905
11. Miller M. R., Quanjer P. H., Swanney M. P., Ruppel G., Enright P.L. Interpreting lung function data using 80% predicted and fixed thresholds misclassifies more than 20% of patients // Chest. 2011. Vol.139, №1. P.52–59. doi: 10.1378/chest.10-0189
12. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V., Crapo R.O., Burgos F., Casaburi R., Coates A., van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., Johnson D.C., MacIntyre N., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pedersen O.F., Wanger J. Interpretative strategies for lung function tests // Eur. Respir. J. 2005. Vol.26, №5. P.948–968. doi: 10.1183/09031936.05.00035205
13. Semenova E., Kameneva M., Tishkov A., Trofimov V., Novikova L. Relationship between the impulse oscillometry parameters and the lung damage in idiopathic pulmonary fibrosis patients // Eur. Respir. J. 2013. Vol.42(Suppl.57). P.1284.
14. 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. P.72–105.
15. Wanger J., Clausen J.L., Coates A., Pedersen O.F., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Crapo R., Enright P., van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Hankinson J.,

Jensen R., Johnson D., MacIntyre N., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pellegrino R., Viegi G. Standardisation of the measurement of lung volumes // *Eur. Respir. J.* 2005. Vol.26. №3. P.511–522. doi: 10.1183/09031936.05.00035005

16. Winkler J., Hagert-Winkler A., Wirtz H., Hoheisel G. Die moderne Impulsoszillometrie im Spektrum lungenfunktioneller Messmethoden // *Pneumologie*. 2009. Vol.63, №8. P.461–469. doi: 10.1055/s-0029-1214938

#### REFERENCES

1. Vorob'eva Z.V. Lung function research. Moscow: *Kniga i biznes*; 2008 (in Russian).

2. Kameneva M.Yu. Evaluation of effectiveness of various methods of determining the normal values of lung mechanics parameters in the diagnostics of restrictive ventilation disorders. *Rossiiskii semeinyi vrach* 2014; 18(2):24–28 (in Russian).

3. Kameneva M.Y., Tishkov A.V., Trofimov V.I. Unresolved issues of diagnosis of restrictive ventilation disorders. *Russian Pulmonology* 2015; 25(3):363–367 (in Russian). doi: 10.18093/0869-0189-2015-25-3-363-367

4. Kameneva M.Yu., Tishkov A.V., Trofimov V.I. New approaches to differential diagnostics of syndromes of ventilation disorders. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* 2017; 65:8–15 (in Russian). doi: 10.12737/article\_59aca3bd1aa8e8.39408462

5. Kameneva M.Yu., Savushkina O.I., Chernyak A.V. Pulsed oscillometry. In: Savushkina O.I., Chernyak A.V., editors. Lung function tests: from theory to practice. Guide for physicians. Moscow: Firma Strom; 2017:121–148 (in Russian).

6. Kiryukhina L.D., Kameneva M.Yu., Novikova L.N. Possibilities of pulsed oscillometry in diagnostics of a restrictive version of ventilation. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* 2017; 5(59):136–141 (in Russian). doi: 10.23670/IRJ.2017.59.032

7. Shik L.L., Kanaev N.N. Guidelines for Clinical Respiratory Physiology. Leningrad: Meditsina; 1980 (in Russian).

8. Klement R.F., Kuznetsova V.K., editors. Modern problems of clinical physiology of respiration. Leningrad; 1987 (in Russian).

9. Lung function testing: selection of reference values

and interpretative strategies. American Thoracic Society. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1991; 144(5):1202–1218.

10. MacIntyre N., Crapo R.O., Viegi G., Johnson D.C., van der Grinten C.P.M., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Coates A., Enright P., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pedersen O.F., Pellegrino R., Wanger J. 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

11. Miller M.R., Quanjer P.H., Swanney M.P., Ruppel G., Enright P.L. Interpreting lung function data using 80% predicted and fixed thresholds misclassifies more than 20% of patients. *Chest* 2011; 139(1):52–59. doi: 10.1378/chest.10-0189

12. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V., Crapo R.O., Burgos F., Casaburi R., Coates A., van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., Johnson D.C., MacIntyre N., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pedersen O.F., Wanger J. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 26(5):948–968. doi: 10.1183/09031936.05.00035205

13. Semenova E., Kameneva M., Tishkov A., Trofimov V., Novikova L. Relationship between the impulse oscillometry parameters and the lung damage in idiopathic pulmonary fibrosis patients. *Eur. Respir. J.* 2013; 42(Suppl.57):1284.

14. 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.

15. Wanger J., Clausen J.L., Coates A., Pedersen O.F., Brusasco V., Burgos F., Casaburi R., Crapo R., Enright P., van der Grinten C.P.M., Gustafsson P., Hankinson J., Jensen R., Johnson D., MacIntyre N., McKay R., Miller M.R., Navajas D., Pellegrino R., Viegi G. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur. Respir. J.* 2005; 26(3):511–522. doi: 10.1183/09031936.05.00035005

16. Winkler J., Hagert-Winkler A., Wirtz H., Hoheisel G. Modern Impulse Oscillometry in the spectrum of pulmonary function testing methods. *Pneumologie* 2009; 63(8):461–469 (in German). doi: 10.1055/s-0029-1214938

Поступила 10.01.2018

Контактная информация

Ольга Игоревна Савушкина,

кандидат биологических наук,

заведующая отделением исследования функции внешнего дыхания

Центра функционально-диагностических исследований,

Главный военный клинический госпиталь им. Н.Н.Бурденко,

105229, г. Москва, пл. Госпитальная, 3.

E-mail: olga-savushkina@yandex.ru

Correspondence should be addressed to

Ol'ga I. Savushkina,

PhD, Head of Department of Lung Function of Center of Functional and Diagnostic Research,

Main Military Clinical Hospital n.a. acad. N.N.Burdenko,

3 Gospital'naya Sq., Moscow, 105229, Russian Federation.

E-mail: olga-savushkina@yandex.ru