

УДК 616.24-073.173:(.003.12):(.002.6)

DOI: 10.36604/1998-5029-2022-83-91-99

СПИРОМЕТРИЯ: КАК ОЦЕНИТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ?

М.Ю.Каменева

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. Введение. В настоящее время Европейским респираторным обществом, Американским торакальным обществом и Российским респираторным обществом ведется работа по обновлению стандартов проведения и интерпретации легочных функциональных тестов. Идет поиск оптимальных должных величин, критериев оценки границ нормы и градаций выраженности выявляемых нарушений. Важным этапом этой работы является унификация оценки результатов исследований, в том числе и спирографии. **Цель.** Обзор существующих концепций описания результатов спирографии с учетом новых подходов к их количественной и качественной оценке. **Материалы и методы.** При написании статьи анализировались научные публикации в PubMed и eLIBRARY.RU, а также данные, размещенные на официальных сайтах Европейского респираторного общества, Российского респираторного общества, Американского торакального общества и Европейского респираторного общества по стандартизации легочных функциональных тестов. **Результаты.** Представлен краткий обзор основных систем должных величин для показателей спирографии: Европейского сообщества стали и угля (European Coal and Steel Community) 1993 года; рабочей группы Европейского респираторного общества по стандартизации легочных функциональных тестов (Global Lung Function Initiative) 2012 и 2021 годов; Р.Ф.Клемента и соавт. 1986 и 1991 годов. Рассмотрены вопросы определения нижней границы нормы, диагностики вентиляционных нарушений и оценки их выраженности с использованием z-критерия и процента от должной величины при анализе результатов спирографии. **Заключение.** В заключении спирографии должна быть представлена оценка наличия и выраженности вентиляционных нарушений и оценка жизненной емкости легких. Обструктивный тип нарушений диагностируется по результатам спирографии, при наличии признаков рестриктивного или смешанного паттернов рекомендуется определение величины и структуры общей емкости легких методом бодиплетизмографии. Оценку границ нормы и градаций отклонений от нее для любого показателя спирографии следует проводить с использованием z-критерия.

Ключевые слова: спирография, вентиляционные нарушения, обструктивный тип вентиляционных нарушений, рестриктивный тип вентиляционных нарушений, должные величины, нижняя граница нормы, z-критерий.

SPIROMETRY: HOW TO EVALUATE THE RESULTS?

M.Yu.Kameneva

Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6/8 L'va Tolstogo Str., Saint Petersburg, 197022, Russian Federation

SUMMARY. Introduction. The European Respiratory Society, the American Thoracic Society, and the Russian Respiratory Society are currently working on updating the technical standards and interpretive strategies for routine lung function tests. There is a search for recommendations for the best choice of reference values, the optimal limits of normal and severity grading of detected impairments. An important step in this work is the standartization of pulmonary function tests interpretation, including spirometry. **Aim.** Review of existing concepts for the spirometry interpretation, according to new approaches to their quantitative and qualitative assessment. **Materials and methods.** The scientific publications on the

Контактная информация

Марина Юрьевна Каменева, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский институт ревматологии и аллергологии Научно-клинического исследовательского центра Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П.Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 197022, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8. E-mail: kmju@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Marina Yu. Kameneva, MD, PhD, DSc (Med.), Leading Staff Scientist, Research Institute of Rheumatology and Allergology of the Scientific and Clinical Research Center, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6/8 L'va Tolstogo Str., Saint Petersburg, 197022, Russian Federation. E-mail: kmju@mail.ru

Для цитирования:

Каменева М.Ю. Спирография: как оценить результаты? // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2022. Вып.83. С.91–99. DOI: 10.36604/1998-5029-2022-83-91-99

For citation:

Kameneva M.Yu. Spirometry: how to evaluate the results? *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2022; (83):91–99 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2022-83-91-99

PubMed and eLIBRARY.RU platforms were analyzed. The materials posted on the official websites of the European Respiratory Society, the Russian Respiratory Society, the American Thoracic Society and the Global Lung Function Initiative were also used. **Results.** A brief overview of the main reference values for spirometry is presented: the European Coal and Steel Community (1993), Global Lung Function Initiative (2012, 2021), R.F.Klement et al. (1986, 1991). The issues of defining the lower limit of the normal, diagnosing ventilatory impairments and assessing the severity of lung function reduction using the z-score and a percentage of the predicted value when analyzing the results of spirometry are considered. **Conclusion.** The type of ventilatory impairment and severity should be presented in the spirometry interpretation just like the vital capacity assessment. The obstructive ventilatory impairment is generally diagnosed by spirometry, if the signs of restrictive or mixed patterns are present, it is recommended to determine the total lung capacity by body plethysmography method. Assessment of the limits of normal and the severity levels for any spirometry indices should be carried out using the z-score values.

Key words: spirometry, ventilatory impairments, obstructive ventilatory impairments, restrictive ventilatory impairments, reference values, lower limit of normal, z-score.

В последние годы профессиональным сообществом ведется большая работа по стандартизации проведения и оценки легочных функциональных тестов. Идет разработка оптимальных должных величин, критериев оценки границ нормы и градаций выраженности выявляемых нарушений. Целью этой работы является формирование единых правил работы специалистов в области респираторной физиологии, создание удобных и надежных регламентов работы в практическом здравоохранении.

Проект по унификации легочных функциональных тестов Европейского респираторного общества (EPO) получил название Global Lung Function Initiative (GLI) (URL: <https://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative>). В рамках этого проекта уже разработаны новые должные величины для спирометрии, оценки диффузионной способности легких и статических легочных объемов. По аналогии с предыдущими системами должных величин их название складывается из аббревиатуры разработчика и года создания. Первыми в 2012 году были опубликованы должные величины для оценки спирометрии (GLI 2012) [1], в 2017 году представлены должные для определения диффузионной способности легких (GLI 2017) [2] и последними в 2021 году – должные величины для оценки статических легочных объемов (GLI 2021) [3].

Еще одним направлением работы экспертов является унификация правил проведения исследования: требований к аппаратуре, к методике выполнения измерений, определение показаний и противопоказаний к его назначению.

Самым сложным этапом работы представляется унификация заключения результатов. Отсутствие единой терминологии, традиционно разные концепции описания результатов, давно привычные правила оценки в процентах к должной величине, свобода в выборе границ нормы и градаций отклонений показателей от нормы, определенная инерция в освоении новых знаний создают ощутимые сложности в определении единых взглядов на заключение результатов. В то же время такая работа представляется чрезвычайно важной для развития клинической физиологии дыхания и широкого использования легочных функциональных

тестов в рутинной практике.

Целью данной публикации является обзор существующих концепций описания результатов спирометрии с учетом новых подходов к их количественной и качественной оценке.

Для полноценного анализа результатов спирометрии необходимо последовательно ответить на несколько вопросов:

1) Соответствуют ли измеренные значения показателей норме или имеет место их патологическое отклонение?

2) Каков характер выявленных патологических отклонений?

3) Какова степень выраженности выявленных патологических отклонений?

Количественный анализ результатов спирометрии, как и любого функционального исследования дыхания, состоит в сравнении фактически измеренной величины каждого показателя с ее должным (референсным) значением. Должная величина – это теоретически предсказанная величина показателя, которая с высокой вероятностью может определяться у здорового человека таких же пола, расы, возраста и антропометрических характеристик, как и обследованный нами пациент. Должная величина вычисляется с помощью уравнения линейной регрессии, коэффициенты которого меняются в зависимости от пола, возраста, роста и расы обследуемого человека.

Существует множество систем должных величин, из которых в практической работе хорошо зарекомендовала себя система, разработанная в 1993 году Европейским сообществом стали и угля (European Coal and Steel Community – ECSC) [4]. Для Российской Федерации актуальны отечественные системы должных величин Р.Ф.Клемента и соавт. для взрослых [5] и система, разработанная Р.Ф.Клементом и Н.А.Зильбер для лиц младше 18 лет [6]. Все эти системы созданы для европейской популяции на основе единой методологии и в оценке данных спирометрии они демонстрируют высокую согласованность [7].

При выборе системы должных величин следует учитывать, что возможность применения каждой из них ограничена параметрами здоровых лиц, данные ко-

торых использовались для разработки. Прежде всего, важна расовая принадлежность, не менее важно соответствие обследуемых по росту и возрасту, чем шире диапазон значений этих параметров у обследованных здоровых, тем лучше система должных величин будет характеризовать среднестатистическое значение показателя. Следует избегать экстраполяции должных величин за пределы указанных диапазонов роста и возраста. Если показатели возраста или роста пациента все же выходят за границы популяции, для которой были разработаны должные величины, то в протоколе спирометрии необходимо указать, что при определении референсных значений была проведена экстраполяция данных. Определенные трудности в оценке результатов спирометрии связаны еще и с тем, что для детей используются одни, а для взрослых другие системы должных величин, как правило, плохо согласующиеся друг с другом. Большим преимуществом отечественной системы должных величин является стыковка линий регрессии в переходных точках между детьми, подростками и взрослыми, что особенно важно при длительном динамическом наблюдении.

В 2012 году экспертами ЕРО была предложена новая система должных величин для показателей спирометрии, универсальная для большинства рас в возрастном диапазоне от 3 до 95 лет, которую принято обозначать как GLI 2012. За несколько лет апробации GLI 2012 показала хорошие результаты и в последних стандартах по интерпретации легочных функциональных тестов, разработанных совместно ЕРО и Американским торакальным обществом (АТО), именно эта система рекомендована для оценки результатов спирометрии в рутинной практике [8]. Преимуществом новой системы является ее универсальность: впервые с помощью единого уравнения регрессии мы можем оценить результаты спирометрии и у детей, и у взрослых пациентов практически любой расы. К недостаткам предложенной системы можно отнести ограниченный набор показателей, которые можно оценить с ее помощью – это форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁), объем форсированного выдоха за первые 0,75 секунды (ОФВ_{0,75}), средняя объемная скорость при выдохе от 25 до 75% ФЖЕЛ (СОС₂₅₋₇₅), мгновенная объемная скорость при выдохе 75% ФЖЕЛ (МОС₇₅), соотношения ОФВ₁/ФЖЕЛ и ОФВ_{0,75}/ФЖЕЛ. Должные величины для ЖЕЛ представлены вместе с другими статическими легочными объемами в GLI 2021, для индекса Тиффно (ОФВ₁/ЖЕЛ) новые должные не определялись. Следует обратить внимание, что GLI 2021 предлагает должные величины только для европейской популяции.

Система должных величин характеризует диапазон нормальных значений показателя, соответствующий здоровой популяции. Для определения этого диапазона используют уравнение регрессии и соответствующую ему величину стандартного (среднеквадратичного) от-

клонения – Standard Deviation (SD). С помощью уравнения рассчитывают должную величину (долж), представляющую собой среднее арифметическое значение показателя у обследованных здоровых лиц, и SD, характеризующее разброс (дисперсию) значений показателя, характерный для данной популяции. При оценке дыхательной системы за диапазон нормальных значений принимают 90% доверительный интервал, определяемый как $\pm 1,645SD$ от должной величины. При анализе спирометрии диагностическое значение имеет снижение показателей, поэтому актуально определение нижней границы нормы (НГН):

$$НГН = \text{долж} - 1,645SD.$$

Сопоставление фактически измеренного значения показателя с НГН, которая также в абсолютных величинах индивидуально определяется для каждого пациента – это наиболее точный способ оценки результатов. Привычная практика, когда фактически измеренная величина показателя выражается в процентах от его должного значения (% долж):

$$\% \text{ долж} = \frac{\text{измеренная величина}}{\text{должная величина}} \times 100\%,$$

и устанавливается единая для всех случаев НГН в % долж, теряет свою актуальность. Показано, что использование в качестве критерия НГН значения в 80% долж для ЖЕЛ, ФЖЕЛ и ОФВ₁ часто приводит к гипердиагностике обструкции у пожилых пациентов и гиподиагностике этих нарушений в молодом возрасте [9, 10]. По этим же причинам нежелательно определять НГН для соотношений ОФВ₁/ФЖЕЛ и ОФВ₁/ЖЕЛ по одинаковому для всех фиксированному значению.

Интерпретация результатов спирометрии строится на анализе основных спирометрических показателей: ОФВ₁, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ₁/ЖЕЛ, ОФВ₁/ФЖЕЛ. В 2005 году АТО и ЕРО был предложен единый алгоритм интерпретации результатов спирометрии, бодиплеизмографии и определения диффузионной способности легких, который строился на анализе индекса Тиффно [11]. На рисунке 1 представлена актуальная для интерпретации спирометрии часть этого алгоритма.

Выбор в пользу индекса Тиффно объяснялся тем, что ЖЕЛ, измеренная при спокойном дыхании, как правило, больше ФЖЕЛ, в силу чего индекс Тиффно обладает большей чувствительностью в диагностике начальных проявлений обструкции дыхательных путей, нежели отношение ОФВ₁/ФЖЕЛ [12].

Последние стандарты ЕРО и АТО 2021 года по интерпретации легочных функциональных тестов выделяют отдельный алгоритм оценки спирометрии, в котором ориентируют нас на отношение ОФВ₁/ФЖЕЛ для взрослых и детей старше 6 лет [8] (рис. 2). Для детей в возрасте 6 лет и младше рекомендовано использовать отношение ОФВ_{0,75}/ФЖЕЛ [13], поскольку в этой возрастной группе информативность ОФВ_{0,75} аналогична ОФВ₁ [14, 15]. Нижняя границы нормы в новых стандартах определяется как 5-й процентиль, что соответствует значению z-критерия = -1,645.

Выбор отношения $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ обосновали простотой определения $ФЖЕЛ$ в рамках рутинной спирометрии. Эксперты отмечают, что измерение спокойной $ЖЕЛ$ стандартизировать сложнее, поскольку на величину $ЖЕЛ$ существенно влияют исходный уровень воздухонаполненности легких и скорость выполнения дыхательного маневра [12]. Эти факторы могут иметь особое значение при обследовании пожилых пациентов. Помимо этого, было учтено, что снижение $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ более специфично для обструктивных нарушений, чем снижение $ОФВ_1/ЖЕЛ$ [16], и то, что у

здоровых людей разница между $ЖЕЛ$ и $ФЖЕЛ$ незначительна [1].

В клинических рекомендациях Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии 2014 года предпочтение было отдано отношению $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ [17]. Согласно обновленной в 2021 году версии рекомендаций использовать отношение $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ следует только в случаях, когда нет технической возможности измерения $ЖЕЛ$ при спокойном дыхании [18].

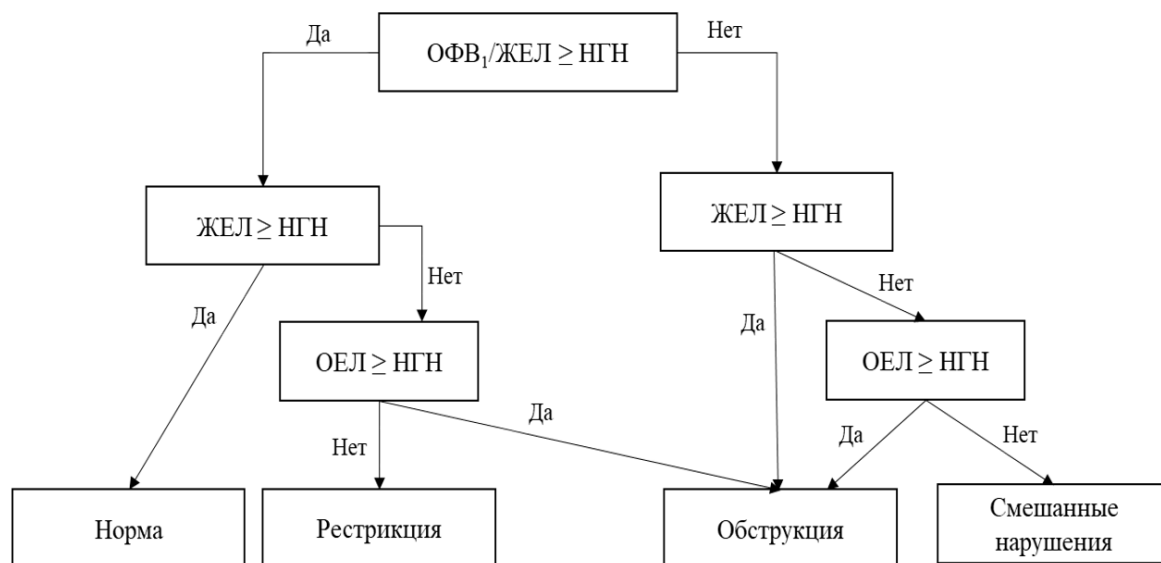


Рис. 1. Алгоритм интерпретации результатов спирометрии, рекомендованный АТО и ЕРО в 2005 году [11].

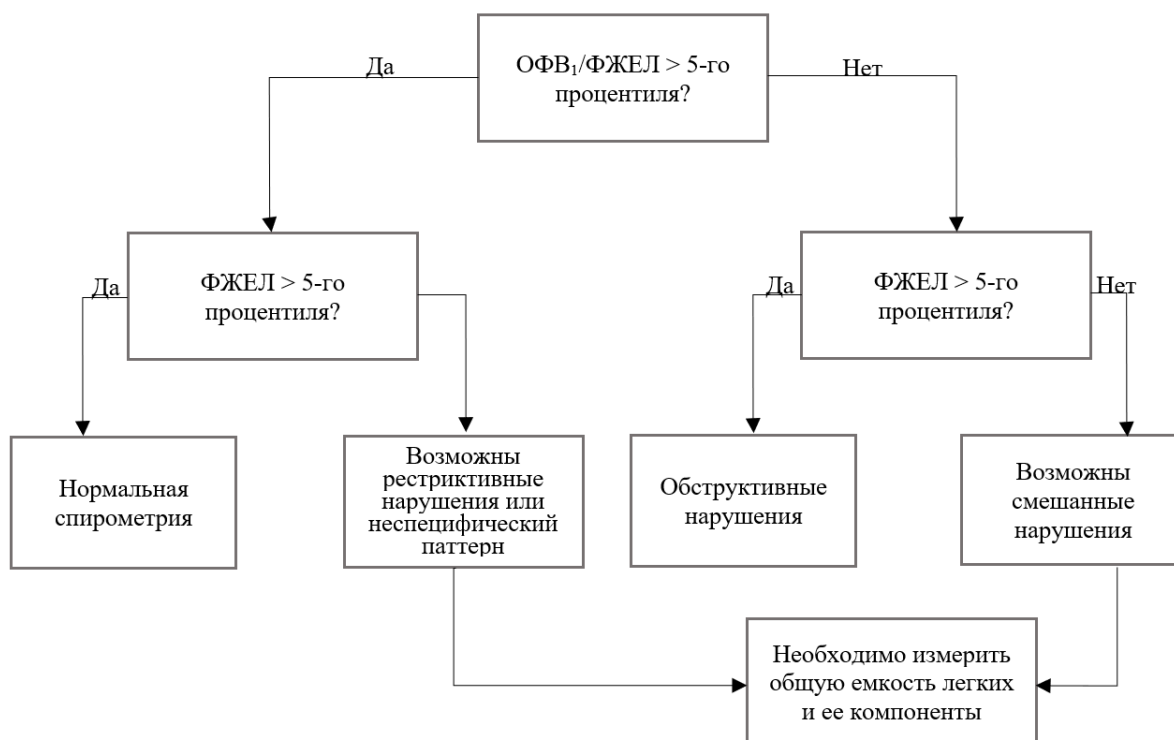


Рис. 2. Алгоритм интерпретации результатов спирометрии, рекомендованный ЕРО и АТО в 2021 году [8].

Спирометрия позволяет определить обструктивный тип нарушений вентиляции и предположить наличие нарушений рестриктивного или смешанного характера, диагностика которых требует определения общей емкости легких (ОЕЛ) и ее структуры. В настоящее время эксперты ЕРО и АТО выделяют еще один вариант вентиляционных расстройств – неспецифический паттерн (Preserved Ratio Impaired Spirometry – PRISm), клиническая ценность которого еще не вполне ясна, поскольку он может ассоциироваться с любым типом вентиляционных нарушений. Функциональными маркерами неспецифического паттерна являются снижение ФЖЕЛ (ЖЕЛ) и/или ОФВ₁ при нормальных значениях ОФВ₁/ФЖЕЛ (ОФВ₁/ЖЕЛ) и ОЕЛ [8]. Очевидно, что при проведении спирометрии признаки неспецифического паттерна аналогичны признакам рестриктивных нарушений и пациента также необходимо дополнительно направить на бодиплетизмографию, чтобы уточнить характер выявленных отклонений. В отношении обструктивных нарушений спирометрия по-прежнему остается «золотым стандартом» диагностики. Отдельно определяют варианты обструкции, связанные с поражением верхних дыхательных путей [8, 18].

Функциональным маркером обструкции дыхательных путей у взрослых и детей старше 6 лет является снижение ОФВ₁/ФЖЕЛ (ОФВ₁/ЖЕЛ), а выраженность обструктивных нарушений неизменно оценивают по отклонению ОФВ₁. Рекомендации АТО и ЕРО 2005 года предлагали промежуточный вариант в выборе

критериев оценки: диагностируем обструкцию по снижению ОФВ₁/ЖЕЛ относительно абсолютного значения НГН, а выраженность обструктивных нарушений определяем по отклонению ОФВ₁ в % долж [11].

В ходе разработки должных величин GLI был предложен новый подход к определению наличия и выраженности отклонений любого показателя легочной функции в абсолютных значениях – по z-критерию. Это безразмерная величина, которая показывает, на сколько SD фактически измеренный показатель отличается от его должного значения:

$$z\text{-критерий} = (\text{измеренная величина} - \text{должная величина}) / SD.$$

Поскольку для показателей спирометрии за норму принимают 90% доверительный интервал, то его границы можно обозначить как значения z-критерия от -1,645 до +1,645 для любого из измеряемых параметров. То есть НГН для любого показателя определяется как значение z-критерия = -1,645, а значения z-критерия < -1,645 свидетельствуют о патологическом снижении анализируемого параметра. В отечественной физиологии дыхания в пределах нормальных значений принято выделять еще и диапазон условной нормы (от 1,000 до 1,645 SD), что в ряде случаев может быть важно при принятии клинических решений [19].

С учетом нового подхода в 2014 году P.H.Quanjer et al. [20] предложили вариант определения градаций выраженности обструктивных нарушений по z-критерию (табл. 1).

Таблица 1

Оценка выраженности вентиляционных нарушений обструктивного типа согласно P.H.Quanjer et al., 2014 г.

Выраженность нарушений	Градация отклонений	Диапазон значений ОФВ ₁	
		АТО/ЕРО, 2005	P.H.Quanjer et al., 2014
Легкая	1	>70% долж	z-критерий $\geq -2,000$
Умеренная	2	60–69% долж	$-2,500 \leq z\text{-критерий} < -2,000$
Значительная	3	50–59% долж	$-3,000 \leq z\text{-критерий} < -2,500$
Резкая	4	35–49 % долж	$-4,000 \leq z\text{-критерий} < -3,000$
Крайне резкая	5	<35% долж	z-критерий < -4,000

Предложенную систему градаций можно использовать для оценки любого показателя спирометрии, но с учетом одного нюанса. Обструктивные нарушения диагностируют по снижению ОФВ₁/ФЖЕЛ (ОФВ₁/ЖЕЛ), а по ОФВ₁ определяют выраженность выявленных нарушений, поэтому, согласно таблицы 1, любые значения z-критерия больше -2,000, даже нормальные для ОФВ₁ (z-критерий $\geq -1,645$), соответствуют легким обструктивным нарушениям. При адаптации таблицы 1 для оценки отклонений уже конкретного показателя, в том числе и ОФВ₁, необходимо ограничить вариант

легких нарушений до НГН, которой соответствует значение z-критерия = -1,645. Видоизмененный вариант градаций отклонений, включающий границы условной нормы, представлен в таблице 2.

Последние рекомендации ЕРО и АТО 2021 года предлагают оценивать выраженность отклонений только по трем градациям (табл. 3). Свое решение эксперты объясняют установленной связью между изменениями ОФВ₁, ФЖЕЛ и диффузионной способности легких в указанных диапазонах со степенью риска смерти [8].

Таблица 2

Оценка выраженности отклонений показателей спирометрии от нормы по z-критерию

Выраженность отклонений	Градация отклонений	Диапазон значений
Условная норма	0	$-1,645 \leq z\text{-критерий} < -1,000$
Легкая	1	$-2,000 \leq z\text{-критерий} < -1,645$
Умеренная	2	$-2,500 \leq z\text{-критерий} < -2,000$
Значительная	3	$-3,000 \leq z\text{-критерий} < -2,500$
Резкая	4	$-4,000 \leq z\text{-критерий} < -3,000$
Крайне резкая	5	$z\text{-критерий} < -4,000$

Таблица 3

Оценка выраженности отклонений параметров легочных функциональных тестов от нормы по z-критерию согласно рекомендаций Европейского респираторного общества и Американского торакального общества 2021 года

Выраженность отклонений	Градация отклонений	Диапазон значений
Умеренная	1	$-2,500 \leq z\text{-критерий} < -1,645$
Значительная	2	$-4,000 \leq z\text{-критерий} < -2,500$
Резкая	3	$z\text{-критерий} < -4,000$

Рациональность такого подхода еще предстоит оценить, поскольку предшествующий опыт свидетельствует о том, что большее число градаций удобно в лечебной работе, особенно в оценке динамики состояния пациента. Ранее Р.Ф.Клементом и соавт. были предложены 7 градаций снижения показателей спирометрии (от очень легких до крайне резких) [21] и многие годы это отвечало запросам клинических специалистов.

При описании результатов спирометрии следует отдельно оценивать величину ЖЕЛ, поскольку снижение ЖЕЛ в отсутствие признаков обструкции дыхательных путей позволяет предположить наличие рестриктивных нарушений, а при наличии обструктивных нарушений свидетельствует в пользу смешанного паттерна. И в том и в другом случае пациенту необходимо дополнительное обследование – определение ОЕЛ и ее структуры методом бодиплетизмографии. Кроме того, при принятии клинических решений обструктивные нарушения, сочетающиеся со снижением ЖЕЛ, следует расценивать как более тяжелые в сравнении с аналогичной по выраженности обструкцией дыхательных путей, но с нормальной величиной ЖЕЛ.

Таким образом, в стандартном заключении спирометрии должна быть представлена оценка ЖЕЛ с указанием степени выраженности ее снижения, если таковое имеет место, и оценка наличия и выраженности вентиляционных нарушений. Обструктивный тип нарушений диагностируется по результатам спирометрии, при наличии признаков рестриктивного или смешанного паттернов рекомендуется определение величины и структуры ОЕЛ методом бодиплетизмографии. Оценку границ нормы и градаций отклонений от нее для любого показателя спирометрии следует проводить с использованием z-критерия.

Конфликт интересов

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Источники финансирования

Исследование проводилось без участия спонсоров.

Funding sources

This study was not sponsored.

ЛИТЕРАТУРА

1. Quanjer P.H., Stanojevic S., Cole T.J., Baur X., Hall G.L., Culver B.H., Enright P.L., Hankinson J.L., Ip M.S.M., Zheng J., Stocks J. and the ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations // Eur. Respir. J. 2012. Vol.40, Iss.10. P.1324–1343. <https://doi.org/10.1183/09031936.00080312>
2. Stanojevic S., Graham B.L., Cooper B.G., Bruce R., Thompson B.R., Carter K.W., Francis R.W., Graham L., Hall G.L. on behalf of the Global Lung Function Initiative TLCO working group. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians // Eur. Respir. J. 2017. Vol.50, Iss.3. Article number: 1700010. <https://doi.org/10.1183/13993003.00010-2017>

3. Hall G.L., Filipow N., Ruppel G., Okitika T., Thompson B., Kirkby J., Steenbruggen I., Cooper B.G., Stanojevic S. on behalf of the contributing GLI Network members. Official ERS technical standard: Global Lung Function Initiative reference values for static lung volumes in individuals of European ancestry // *Eur. Respir. J.* 2021. Vol.57, Iss.3. Article number: 2000289. <https://doi.org/10.1183/13993003.00289-2020>
4. Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pedersen O.F., Peslin R., Yernault J.-C. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society // *Eur. Respir. J.* 1993. Vol.6, Suppl.16. P.5–40. <https://doi.org/10.1183/09041950.005s1693>
5. Клемент Р.Ф., Лаврушин А.А., Тер-Погосян П.А., Котеков Ю.М. Инструкция по применению формул и таблиц должных величин основных спирографических показателей. Л.: ВНИИ пульмонологии МЗ СССР, 1986. 79 с.
6. Клемент Р.Ф., Зильбер Н.А. Методические особенности показателей кривой поток-объем у лиц моложе 18 лет // *Пульмонология*. 1994. №2. С.17–21.
7. Каменева М.Ю., Тишков А.В., Быхова А.В., Похазникова М.А., Трофимов В.И. Анализ согласованности некоторых референсных систем при интерпретации результатов спирометрии // *Российский семейный врач*. 2012. Т.16, №2. С.23–28.
8. Stanojevic S., Kaminsky D.A., Miller M., Thompson B., Aliverti A., Barjaktarevic I., Cooper B.G., Culver B., Derom E., Hall G.L., Hallstrand T.S., Leuppi J.D., MacIntyre N., McCormack M., Rosenfeld M., Swenson E.R. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests // *Eur. Respir. J.* 2021. Article number: 2101499. <https://doi.org/10.1183/13993003.01499-2021>
9. Hansen J.E. Lower limit of normal is better than 70% or 80% // *Chest*. 2011. Vol.139, Iss.1. P.6–8. <https://doi.org/10.1378/chest.10-1117>
10. Miller M.R., Quanjer P.H., Swanne 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, Iss.1. P.52–59. <https://doi.org/10.1378/chest.10-0189>
11. 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, Iss.5. P.948–968. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>
12. Brusasco V., Pellegrino R., Rodarte J.R. Vital capacities in acute and chronic airway obstruction: dependence on flow and volume histories // *Eur. Respir. J.* 1997. Vol.10, Iss.6. P.1316–1320. <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10061316>
13. Graham B.L., Steenbruggen I., Miller M.R., Barjaktarevic I.Z., Cooper B.G., Hall G.L., Hallstrand T.S., Kaminsky D.A., McCarthy K., McCormack M.C., Oropeza C.E., Rosenfeld M., Stanojevic S., Swanney M.P., Thompson B.R. on behalf of the American Thoracic Society and the European Respiratory Society. Standardization of spirometry 2019. Update an official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement // *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2019. Vol.200, Iss.8. P.e70–e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
14. Crenesse D., Berlioz M., Bourrier T., Albertini M. Spirometry in children aged 3 to 5 years: reliability of forced expiratory maneuvers // *Pediatr. Pulmonol.* 2001. Vol.32, Iss.1. P.56–61. <https://doi.org/10.1002/ppul.1089>
15. Piccioni P., Borraccino A., Forneris M.P., Migliore E., Carena C., Bignamini E., Fassio S., Cordola G., Arossa W., Bugianiet M. Reference values of forced expiratory volumes and pulmonary flows in 3–6 year children: a cross-sectional study // *Respir. Res.* 2007. Vol.8, Iss.1. Article number: 14. <https://doi.org/10.1186/1465-9921-8-14>
16. Saint-Pierre M., Ladha J., Berton D.C., Reimao G., Castelli G., Marillier M., Bernard A.-C., O'Donnell D.E., Alberto Nader J.A. Is the slow vital capacity clinically useful to uncover airflow limitation in subjects with preserved FEV1/FVC ratio? // *Chest*. 2019. Vol.156, Iss.3. P.497–506. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.02.001>
17. 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.11–24. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2014-0-6-11-24>
18. Айсанов З.Р., Каменева М.Ю., Черняк А.В., Перельман Ю.М., Приходько А.Г., Чушкин М.И., Калманова Е.Н., Авдеев С.Н., Белевский А.С., Чикина С.Ю., Кравченко Н.Ю. Спирометрия. Методическое руководство Российского респираторного общества. М., 2021. URL: https://spulmo.ru/upload/spirometriya_16_12_2021_extEd.pdf?t=1
19. Руководство по клинической физиологии дыхания / под ред. Л.Л.Шика, Н.Н.Канаева. М.: Медицина, 1980. 376 с.
20. Quanjer P.H., Pretto J.J., Danny J., Brazzale D.J., Boros P.W. Grading the severity of airways obstruction: new wine in new bottles // *Eur. Respir. J.* 2014. Vol.43, Iss.2. P.505–512. <https://doi.org/10.1183/09031936.00086313>
21. Клемент Р.Ф., Аганезова Е.С., Котеков Ю.М. Критерии отклонения от нормы некоторых параметров кривой форсированного выдоха // *Современные проблемы клинической физиологии дыхания: сборник трудов / под ред. Р.Ф.Клемента, В.К.Кузнецовой. Л., 1987. С.20–27.*

REFERENCES

1. Quanjer P.H., Stanojevic S., Cole T.J., Baur X., Hall G.L., Culver B.H., Enright P.L., Hankinson J.L., Ip M.S.M., Zheng J., Stocks J. and the ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur. Respir. J.* 2012; 40(10):1324–1343. <https://doi.org/10.1183/09031936.00080312>
2. Stanojevic S., Graham B.L., Cooper B.G., Bruce R., Thompson B.R., Carter K.W., Francis R.W., Graham L., Hall G.L. on behalf of the Global Lung Function Initiative TLCO working group. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur. Respir. J.* 2017; 50(3):1700010. <https://doi.org/10.1183/13993003.00010-2017>
3. Hall G.L., Filipow N., Ruppel G., Okitika T., Thompson B., Kirkby J., Steenbruggen I., Cooper B.G., Stanojevic S. on behalf of the contributing GLI Network members. Official ERS technical standard: Global Lung Function Initiative reference values for static lung volumes in individuals of European ancestry. *Eur. Respir. J.* 2021; 57(3):2000289. <https://doi.org/10.1183/13993003.00289-2020>
4. Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pedersen O.F., Peslin R., Yernault J.-C. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur. Respir. J.* 1993; 6(Suppl.16):5–40. <https://doi.org/10.1183/09041950.005s1693>
5. Klement R.F., Lavrushin A.A., Ter-Pogasyan P.A., Kotegov Yu.M. [Users instructions of main spirometry indexes predicted values formulas and tables]. Leningrad; 1986 (in Russian).
6. Klement R.F., Zil'ber N.A. [Methodological features of the indicators of the flow-volume curve in persons under 18 years of age]. *Pulmonologiya* 1994; (2):17–21 (in Russian).
7. Kameneva M.Y., Tishkov A.V., Byhova A.V., Pokhaznikova M.A., Trofimov V.I. [Consistency analysis of some reference systems in the interpretation of spirometry]. *Rossiyskiy semeynyy vrach* 2012; 16(2):23–28 (in Russian).
8. Stanojevic S., Kaminsky D.A., Miller M., Thompson B., Aliverti A., Barjaktarevic I., Cooper B.G., Culver B., Derom E., Hall G.L., Hallstrand T.S., Leuppi J.D., MacIntyre N., McCormack M., Rosenfeld M., Swenson E.R. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2021; 2101499. <https://doi.org/10.1183/13993003.01499-2021>
9. Hansen J.E. Lower limit of normal is better than 70% or 80%. *Chest* 2011; 139(1):6–8. <https://doi.org/10.1378/chest.10-1117>
10. 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. <https://doi.org/10.1378/chest.10-0189>
11. 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. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>
12. Brusasco V., Pellegrino R., Rodarte J.R. Vital capacities in acute and chronic airway obstruction: dependence on flow and volume histories. *Eur. Respir. J.* 1997; 10(6):1316–1320. <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10061316>
13. Graham B.L., Steenbruggen I., Miller M.R., Barjaktarevic I.Z., Cooper B.G., Hall G.L., Hallstrand T.S., Kaminsky D.A., McCarthy K., McCormack M.C., Oropez C.E., Rosenfeld M., Stanojevic S., Swanney M.P., Thompson B.R. on behalf of the American Thoracic Society and the European Respiratory Society. Standardization of spirometry 2019. Update an official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2019; 200(8):e70–e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
14. Crenesse D., Berlioz M., Bourrier T., Albertini M. Spirometry in children aged 3 to 5 years: reliability of forced expiratory maneuvers. *Pediatr. Pulmonol.* 2001; 32(1):56–61. <https://doi.org/10.1002/ppul.1089>
15. Piccioni P., Borraccino A., Forneris M.P., Migliore E., Carena C., Bignamini E., Fassio S., Cordola G., Arossa W., Bugianiet M. Reference values of forced expiratory volumes and pulmonary flows in 3–6 year children: a cross-sectional study. *Respir. Res.* 2007; 8(1):14. <https://doi.org/10.1186/1465-9921-8-14>
16. Saint-Pierre M., Ladha J., Berton D.C., Reimao G., Castelli G., Marillier M., Bernard A.-C., O'Donnell D.E., Alberto Neder J.A. Is the slow vital capacity clinically useful to uncover airflow limitation in subjects with preserved FEV1/FVC ratio? *Chest* 2019; 156(3):497–506. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.02.001>
17. Chuchalin A.G., Aysanov Z.R., Chikina S.Yu., Chernyak A.V., Kalmanova E.N. [Federal guidelines of Russian Respiratory Society on spirometry]. *Pulmonologiya* 2014; 6:11–24 (in Russian) <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2014-0-6-11-24>
18. Aysanov Z.R., Kameneva M.Yu., Chernyak A.V., Perelman J.M., Prikhod'ko A.G., Chushkin M.I., Kalmanova E.N., Avdeev S.N., Belevskiy A.S., Chikina S.Yu., Kravchenko N.Yu. [Spirometry. Guidelines of Russian Respiratory So-

ciety]. 2021 (in Russian). Available at: https://spulmo.ru/upload/spirometriya_16_12_2021_extEd.pdf?t=1

19. Shik L.L., Kanaev N.N., editors. [Manual of clinical respiratory physiology]. Moscow: Meditsina; 1980 (in Russian).

20. Quanjer P.H., Pretto J.J., Danny J., Brazzale D.J., Boros P.W. Grading the severity of airways obstruction: new wine in new bottles. *Eur. Respir. J.* 2014; 43(2):505–512. <https://doi.org/10.1183/09031936.00086313>

21. Klement R.F., Aganezova E.S., Kotegov Yu.M. [Criteria for deviation from the normal of some parameters of the forced expiratory curve. In: Klement R.F., Kuznetsova V.K., editors. Modern problems of clinical respiratory physiology: collection of scientific papers]. Leningrad; 1987. p. 20–27 (in Russian).

Информация об авторах:

Марина Юрьевна Каменева, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский институт ревматологии и аллергологии Научно-клинического исследовательского центра Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П.Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: kmju@mail.ru

Author information:

Marina Yu. Kameneva, MD, PhD, DSc (Med.), Leading Staff Scientist, Research Institute of Rheumatology and Allergology of the Scientific and Clinical Research Center, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University; e-mail: kmju@mail.ru

Поступила 01.02.2022
Принята к печати 10.02.2022

Received February 01, 2022
Accepted February 10, 2022
