

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СПИРОМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Е.М. Десяцкова^{1*}, В.В. Греченко¹, В.В. Соболева¹, А.А. Юдин^{1,2}, Н.Б. Тарабарина², С.В. Журавлёв²

¹ ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва

² ФГБУ «Клиническая больница № 1» Управления делами Президента РФ, Москва

MATHEMATICAL METHODS IN ASSESSING THE RESULTS OF SPIROMETRIC TESTING

E.M. Desyatskova^{1*}, V.V. Grechenko¹, V.V. Soboleva¹, A.A. Yudin^{1,2}, N.B. Tarabarina², S.V. Zhuravlev²

¹ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

² Clinical Hospital No 1 of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

*E-mail: panielenadesat@gmail.com

Аннотация

На сегодняшний день визуальная оценка кривой «поток – объем» не имеет должного распространения в клинической практике. Вместе с тем нередки случаи, когда при наличии характерных для обструктивных вентиляционных нарушений изменений на кривой результаты спирометрического исследования интерпретируются как нормальные, что приводит к неопределенности в трактовке результатов. Логичным видится использование дополнительных параметров, позволяющих не только преодолеть данные противоречия, но и расширить диагностические возможности спирометрии. Описаны клинический случай «противоречивых» результатов оценки спирометрического исследования, опыт использования дополнительных математических методов оценки спирометрических показателей как возможный путь решения проблемы «неопределенности» в случае, когда результаты спирометрии противоречат анамнезу жизни пациента, а также обсуждение подхода авторов представленного исследования к трактовке показателей функции внешнего дыхания с точки зрения математических методов и медицинской кибернетики.

Ключевые слова: спирометрия, кривая «поток – объем», оценка кривой.

Abstract

To date, visual assessment of the flow-volume curve does not have due spreading in clinical practice. However, there are not rare cases when changes on the curve typical for obstructive ventilation disorders found at spirometry are interpreted as normal, which leads to ambiguity in findings interpretation. It seems logical to use additional parameters which could help not only to overcome these contradictions, but also could expand spirometry diagnostic potentials. The article describes a clinical case of "ambiguous" interpretation of spirometric findings when additional mathematical methods could become an optional way to solve the problem of "ambiguity" in case when spirometric findings contradict the patient's anamnesis. The authors also discuss interpretation of indicators of external respiration function from the point of view of mathematical methods and medical cybernetics.

Keywords: spirometry, flow-volume curve, curve interpretation.

Ссылка для цитирования: Десяцкова Е.М., Греченко В.В., Соболева В.В., Юдин А.А., Тарабарина Н.Б., Журавлёв С.В. Опыт использования математических методов в оценке результатов спирометрического исследования. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2025; 2: 136–138.

Введение

Согласно официальным данным Федеральной службы государственной статистики [1], в 2023 г. смертность от болезней органов дыхания вышла на пятое место среди всех причин смерти по основным классам заболеваний и составила 53 случая на 100 тысяч населения, то есть 4.4% от общего числа зарегистрированных случаев смерти в 2023 г. на территории РФ (в сравнении с 2022 г., когда заболевания органов дыхания занимали шестое место, 55.6 случаев на 100 тысяч населения (4.2%) соответственно). В общемировой структуре причин смерти заболевания органов дыхания (в частности, смертность от хронической обструктивной болезни легких, ХОБЛ) занимают третье место (5.85% по данным на 17.01.2025) [2]. На сегодняшний

день в клинической практике существует большое количество методов, при помощи которых возможна диагностика заболеваний органов дыхательной системы. Одним из самых доступных методов диагностики обструктивных нарушений бронхов является метод спирометрии. Несмотря на свою простоту и повсеместную распространенность, до сих пор существует ряд нерешенных проблем, связанных с трактовкой результатов спирометрических исследований. Одной из таких проблем является выбор системы должных значений, по которым будут оцениваться результаты исследования. Помимо этого, разные системы должных значений могут давать совершенно разные результаты для одного и того же пациента [3], что является абсолютно неприемлемым в клинической

Таблица 1

Результаты спирометрического исследования

Показатель	Тест	Должная величина по Knudson	Процент отклонения от должной величины
ФЖЕЛ	4043	4629	87.3
ОФВ ₁	3327	3582	92.8
ПОС _{выдоха}	8.71	8.40	103.7
МОС ₂₅	7.15	7.76	93.1
МОС ₅₀	5.61	4.33	133.0
МОС ₇₅	1.37	1.58	94.9
СОС ₂₅₋₇₅	4.21	3.44	122.2

Примечание. ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за первую секунду; ПОС_{выдоха} – пиковая объемная скорость выдоха; МОС₂₅ – максимальная объемная скорость на уровне выдоха 25% от ФЖЕЛ; МОС₅₀ – максимальная объемная скорость на уровне выдоха 50% от ФЖЕЛ; МОС₇₅ – максимальная объемная скорость на уровне выдоха 75% от ФЖЕЛ; СОС₂₅₋₇₅ – средняя объемная скорость на уровне выдоха 25–75% от ФЖЕЛ.

практике. В подобных условиях становится актуальным вопрос о выработке параметра, позволяющего объективно оценивать результаты спирометрического исследования. Данный параметр (или параметры) должен позволить нивелировать существующие расхождения между системами расчета должных значений для формирования однозначных диагностических заключений.

Неоднозначность трактовки результатов – достаточно частая ситуация в клинической практике. Нередки случаи, когда результаты оценки показателей функции внешнего дыхания (ФВД) противоречат анамнезу жизни пациента и клинической картине заболевания. Например, подобная ситуация может наблюдаться у физически тренированных людей (спортсменов), высоких пациентов с избыточным питанием, при этом имеющих в анамнезе факторы риска развития бронхообструктивных процессов (например, у курильщиков со значительным стажем и/или у лиц, имеющих профессиональные вредности и т.д.). В таком случае оценки спирограммы только стандартными методами может быть недостаточно, поскольку вследствие описанных антропометрических данных и нутритивного статуса в утвержденном алгоритме оценки [4, 5] будут рассчитаны значительные проценты отклонения от должных величин, которые следует интерпретировать как «норму». Вместе с тем наличие в анамнезе пациента факторов риска, провоцирующих бронхиальную обструкцию, и наличие характерной для обструктивных явлений «вогнутой» формы кривой «поток – объем», выявляемой при визуальной оценке спирограммы, позволяет врачу заподозрить обструкцию бронхов. Однако в данной ситуации нет объективных критериев, которые могли бы это доказать.

С учетом подобных противоречий было бы интересно обратиться ко второму мнению. В данном случае заключение другого врача-специалиста не видится валидным альтернативным мнением, поскольку анализ результатов спирометрии был бы осуществлен по тем же алгоритмам оценки, которые ранее и привели к описанной неопределенности. В подобной ситуации целесообразнее рассмотреть возможности медицинской кибернетики, предлагающей объективный математический подход к решению клинических запросов.

В настоящей статье представлены описание клинического случая «противоречивых» результатов оценки спирометрического исследования, возможные пути решения этой проблемы с использованием математических методов, а также обсуждение нашего подхода к трактовке показателей ФВД с точки зрения медицинской кибернетики. Пациент дал свое согласие на публикацию данного материала.

Клинический случай

Пациент – мужчина, 75 лет. Проведение спирометрического исследования осуществлялось в рамках профилактического осмотра. Общесоматическое состояние удовлетворительное, специфических жалоб на состояние дыхательной системы нет. Отмечается значительный стаж курения (48 лет) по одной пачке в день. Профессиональных заболеваний органов дыхания в анамнезе не отмечено. Результаты проведенного спирометрического исследования представлены в табл. 1. Пробу для исследования жизненной емкости легких (ЖЕЛ) в рамках профилактического осмотра пациента не проводили.

Согласно утвержденному алгоритму оценки результатов спирометрического исследования [4, 5], все показатели ФВД данного пациента находятся в пределах нормальных значе-

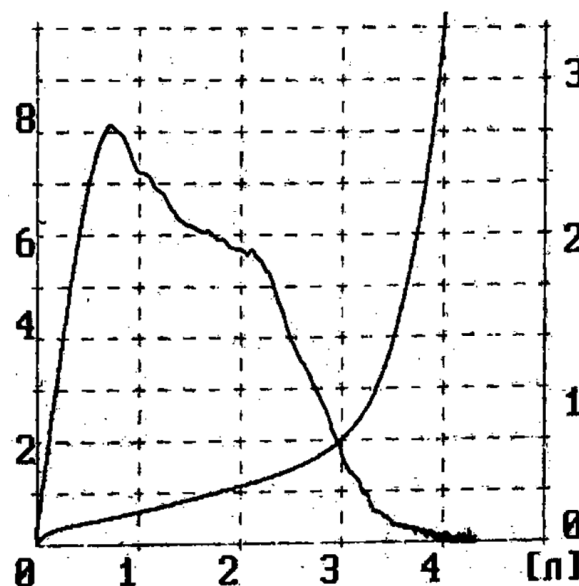


Рис. 1. Кривая «поток – объем»

ний. Вместе с тем значительный стаж курения (в течение 48 лет), пожилой возраст пациента, а также характерный для бронхообструкции внешний вид кривой «поток – объем» (рис. 1) позволяет заподозрить наличие обструктивных процессов.

Вогнутость кривой в данном случае можно оценить следующими способами. Во-первых, это определение угла, который образует кривая [6, 7]. В работе М.С. Карр и соавт. была продемонстрирована значительная доказательная сила данного метода в дифференциальной оценке вентиляционных нарушений, вследствие чего становится интересным его потенциал как дополнительного способа анализа спирометрического исследования. Во-вторых, оценка отношения площадей под фактической кривой «поток – объем» и предполагаемо нормальной (AEX-FV) [7–9]. И в-третьих, индивидуальная оценка отклонения каждого из значений максимальных объемных скоростей на уровне выдоха – 25, 50 и 75% от форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) (МОС₂₅, МОС₅₀ и МОС₇₅ соответственно) от их предполагаемо нормальных значений. Каждый из методов был подробно рассмотрен в предыдущих работах [10].

В данном случае отношение АЕХ (то есть $\frac{AEX_{FV}}{AEX_{Normal}}$) равно 90.2%. Это значение превышает рассчитанное ранее [10] референсное значение для возрастной группы 71–90 лет, равное 74.0%, что соответствует норме.

Что касается оценки угла β , образованного кривой, то целесообразным видится оценка углов при точках MOC_{50} и MOC_{75} для понимания общей вогнутости кривой. Угол β при MOC_{50} равен 166° , угол β при MOC_{75} = 139° . Значение угла при MOC_{50} превышает референсное значение (162°), на основании чего можно бы сделать вывод об отсутствии каких-либо нарушений, однако угол MOC_{75} получился меньше, чем референсный (142°), что уже свидетельствует о наличии у пациента обструктивных нарушений в дистальных бронхах. Оценка АЕХ-FV является интегральной и отражает состояние бронхиального дерева в целом, в то время как оценка угла позволяет посмотреть бронхиальную проходимость по уровням, что в данном случае, несомненно, имеет диагностическое преимущество.

Объективно выразить отклонение фактических МОС пациента от предположительно нормальных позволяет последний из описанных в настоящей работе методов. Так, для данного пациента MOC_{50} , фактическая больше MOC_{50} , предположительно нормальной, что соответствует норме, однако, как и в случае с оценкой угла, MOC_{75} , фактическая получается меньшей по сравнению с MOC_{75} , предположительно нормальной. $\frac{MOC_{75, предположительно нормальная} - MOC_{75, фактическая}}{MOC_{75, предположительно нормальная}} = 43.2\%$, что превышает рассчитанное референсное значение для возрастной группы 71–90 лет, равное 32.3%, и подтверждает наличие у пациента обструктивных нарушений.

Заключение

Использование дополнительных уточняющих параметров, таких как расчет АЕХ-FV, угол β и индивидуальная оценка отклонения МОС от их предполагаемо нормальных значений, позволяет врачу подтвердить наличие обструктивных нарушений в ситуациях, когда анамнез жизни и процент отклонения от должных показателей противоречат друг другу.

Пациент дал письменное разрешение на публикацию данного материала.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики [Federal State Statistics Service. In Russian]. URL: <https://rosstat.gov.ru>.
2. Deathmeters. Top 20 death causes in the World 2025 live. URL: <https://deathmeters.info>.
3. Стручков П.В. и др. Должны величины при исследовании функции внешнего дыхания. Разные должны – разные заключения? // Медицинский алфавит. – 2021. – № 15. – С. 22–26. [Struchkov P.V.

et al. Proper values in the study of the function of external respiration. Different due dates – different conclusions? // Medical Alphabet. – 2021. – No 15. – P. 22–26. In Russian]. DOI: 10.33667/2078-5631-2021-15-22-26.

4. Каменева М.Ю. и др. Спирометрия: методическое руководство по проведению исследования и интерпретации результатов. Межрегиональная общественная организация «Российское респираторное общество». Общероссийская общественная организация «Российская ассоциация специалистов функциональной диагностики». Общероссийская общественная организация «Российское научно-медицинское общество терапевтов» // Пульмонология. – 2023. – Т. 33. – № 3. – С. 307–340. [Kameneva M.Y. et al. Spirometry: a methodological guide for conducting research and interpreting the results. Interregional Public Organization "Russian Respiratory Society". All-Russian Public Organization "Russian Association of Functional Diagnostics Specialists". All-Russian Public Organization "Russian Scientific and Medical Society of Therapeutics" // Pulmonology. – 2023. – V. 33. – No 3. – P. 307–340. In Russian]. DOI: 10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340.
5. Стручков П.В. и др. Спирометрия: руководство для врачей. – Москва: ГЭОТАР-Медиа. – 2015. – С. 96. [Struchkov P.V. et al. Spirometry: a guide for doctors. – Moscow: GEOTAR-Media. – 2015. – P. 96. In Russian].
6. Furcada J.M. et al. Graphical analysis methods in obstructive spirometry: does a picture speak more than a thousand words? // Arch. Bronconeumol. – 2019. – V. 55. – No 5. – P. 272–274. DOI: 10.1016/j.arbres.2018.07.018.
7. Kapp M.C. et al. The shape of the maximum expiratory flow volume curve // Chest. – 1988. – V. 94. – No 4. – P. 799–806. DOI: 10.1378/chest.94.4.799.
8. Ioachimescu O.C. et al. An alternative spirometric measurement. area under the expiratory flow–volume curve // Annals of the American Thoracic Society. – 2020. – V. 17. – No 5. – P. 582–588. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201908-613OC.
9. Ioachimescu O.C. et al. Area under the expiratory flow–volume curve (AEX): actual versus approximated values // Journal of Investigative Medicine. – 2020. – V. 68. – No 2. – P. 403–411. DOI: 10.1136/jim-2019-0011.
10. Desyatskova E.M. et al. Analysis of the possibilities of the flow-volume curve assessment by the changes in its shape in patients with obstructive airway diseases // Bulletin of RSMU. – 2024. – V. 6. – P. 13–19. DOI: 10.24075/brsmu.2024.051.