

Обновленные отечественные рекомендации по спирометрии. Часть 1. Правила проведения исследования и критерии его качества

М. Ю. Каменева¹, Л. Д. Кирюхина^{2,3}, П. В. Стручков^{4,5}

¹ ФГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Минздрава России

² ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России, Москва

³ ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России

⁴ Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России, Москва

⁵ ФГБУЗ «Клиническая больница № 85» ФМБА России, Москва

РЕЗЮМЕ

Усовершенствованные подходы к обеспечению качества, привели к необходимости обновления технических стандартов спирометрии с учетом современных технических возможностей. Целью серии статей является изложение основных положений обновленных методических рекомендаций по спирометрии с пояснениями и дополнениями, которые важны для каждодневной работы в условиях практического здравоохранения. Анализ документов по техническим стандартам спирометрии, разработанными целевой группой специалистов, обладающих опытом в проведении и анализе тестов функции легких и обеспечении лабораторного качества Российского респираторного общества, Российской ассоциации специалистов функциональной диагностики, Российского научного медицинского общества терапевтов, а также совместной группой Американского торакального общества и Европейского респираторного общества. В 1-й части представлены разделы, посвященные показаниям и противопоказаниям к проведению спирометрии; техническим условиям проведения, включая инфекционный контроль; методике проведения спирометрии; описаны основные показатели и критерии качества исследования. Внедрение представленных стандартов для клиницистов, операторов и исследователей необходимо для повышения точности спирометрических измерений и улучшения качества обслуживания пациентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: спирометрия, легочные функциональные тесты, вентиляционные нарушения, должные величины, нижняя граница нормы, z-оценка, бронходилатационный тест, бронходилатационный ответ

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Updated national guidelines for spirometry. Part 1. Test rules and quality criterias

M. Yu. Kameneva¹, L. D. Kiryukhina^{2,3}, P. V. Struchkov^{4,5}

¹ Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Russia

² Pulmonology Scientific Research Institute, Moscow, Russia

³ Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology

⁴ Academy of Postgraduate Education under Federal State Budgetary Unit "Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of Federal Medical Biological Agency", Moscow, Russia

⁵ Clinical Hospital No.85 of FMBA of Russia, Moscow, Russia

SUMMARY

Improved approaches to quality assurance have led to the need to update the technical standards of spirometry taking into account modern technical capabilities. The aim of the study is to present updated recommendations on spirometry with explanations and additions that are important for everyday work in practical healthcare. Analysis of documents on technical standards of spirometry developed by a joint task force of specialists with expertise in conducting and analyzing lung function tests and ensuring laboratory quality, appointed by the Russian Respiratory Society, the Russian Association of Functional Diagnostics Specialists, the Russian Scientific Medical Society of Therapists, as well as a joint group of the American Thoracic Society and the European Respiratory Society. The 1st part presents sections on indications and contraindications to spirometry; technical conditions of the procedure, including infection control; methods of spirometry; describes the main indicators and criteria for the quality of the study. The implementation of the presented standards and consensus recommendations for clinicians, operators and researchers is necessary for improving the accuracy of spirometric measurements and the patient experience.

KEYWORDS: spirometry, lung function tests, ventilatory impairment, reference equations, low limits of normal, z-score, bronchodilator responsiveness test, bronchodilator response

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Спирометрия является основным методом исследования внешнего дыхания, применяемым на всех уровнях оказания медицинской помощи от первичного звена до уровня высокотехнологичной помощи. В последние годы вышло в свет достаточное количество литературы по этой теме [1, 2, 3], в том числе и опубликованные ранее в нашем журнале статьи [4, 5, 6].

Долгое время придерживались стандартов проведения и интерпретации спирометрии Европейского Респираторного общества (ЕРО) и Американского торакального общества (АТО) от 2005 года, им в целом соответствовали Федеральные клинические рекомендации Российского Респираторного общества (РРО) по использованию метода спирометрии 2014 года [7, 8, 9].

Новые требования к проведению спирометрии ЕРО/АТО были опубликованы в 2019 году [10], а в 2022 году обновлены стандарты интерпретации легочных функциональных тестов, включая и спирометрию [11].

Эта информация, обобщающая опыт отечественных и зарубежных профессиональных сообществ, была изложена в Методическом руководстве по спирометрии, разработанном РРО совместно с Российской ассоциацией специалистов функциональной диагностики (РАСФД) и Российским научно-медицинским обществом терапевтов (РНМОТ) [12]. Однако изложенные в этом руководстве положения требуют, с нашей точки зрения, более подробного освещения с учетом потребностей специалистов (врачей и среднего медицинского персонала), непосредственно проводящих исследование и анализирующих его результаты, с тем, чтобы избежать ошибок, которые порой допускаются при выполнении и описании спирометрии.

Все это побудило подготовить серию статей по спирометрии. В 1-й части будут освещены основные правила проведения исследования и критерии его качества; во 2-й части — интерпретация результатов спирометрии с анализом примеров заключений; в 3-й части — правила проведения и анализ результатов бронходилатационного теста, а также особенности исследования у детей.

Спирометрия определяется как неинвазивный метод измерения воздушных потоков и объемов при выполнении спокойных и форсированных дыхательных маневров [12]. В зависимости от конструктивных особенностей оборудования, первично измеряемыми параметрами могут быть либо объем, либо поток (объемная скорость).

Показания к проведению спирометрии:

Диагностика:

- диагностика наличия, степени выраженности и обратимости нарушений вентиляционной функции легких при заболеваниях органов дыхания, других органов и систем;
- уточнение причин респираторных жалоб больного, клинических симптомов либо отклонений в лабораторных показателях, получение ответа на вопрос о том, связаны ли жалобы пациента на кашель и одышку с поражением легких;
- скрининг популяций людей с высоким риском заболеваний органов дыхания, например, работников ряда предприятий или жителей отдельных территорий;
- предоперационная оценка для определения объема и способа оперативного вмешательства, риска развития возможных осложнений во время хирургической операции или в послеоперационный период;
- оценка прогноза течения заболевания;
- профессиональный отбор;
- оценка функционального состояния перед участием пациента в программах с физическими нагрузками высокой интенсивности, дыхательными нагрузками (пребывание в условиях высокогорья, задержка дыхания, кардиопульмональное тестирование и др.).

Наблюдение:

- оценка эффективности лечебных мероприятий;
- мониторинг течения заболевания;
- наблюдение популяций людей, подвергающихся воздействию неблагоприятных факторов, в том числе, связанных с их профессиональной деятельностью;

- мониторинг побочных эффектов лекарств с известной способностью оказывать влияние на функциональное состояние или вызывать повреждения органов дыхания.

Экспертная оценка:

- обследование больного перед началом реабилитации;
- оценка рисков при страховании здоровья и жизни;
- экспертиза трудоспособности;
- экспертная оценка состояния здоровья по другим юридическим поводам.

Общественное здоровье:

- эпидемиологические исследования;
- разработках систем должных величин;
- клинические исследования.

Противопоказания к проведению спирометрии разделяют на абсолютные и относительные. Абсолютными противопоказаниями для проведения спирометрии следует считать любые острые состояния, при которых выполнение форсированных дыхательных маневров чреваты угрозой жизни больного (например, легочное кровотечение, гидроторакс, пневмоторакс при сохранении симптомов или признаков утечки воздуха). При назначении исследования важно оценить возможность пациента адекватно выполнить все требуемые дыхательные маневры. Если полноценный контакт с пациентом невозможен (когнитивные нарушения, языковой барьер, дети младшей возрастной группы, пожилые пациенты и др.), то качественно выполнить спирометрию не удастся. Ограничением для проведения исследования может быть наличие травм и заболеваний челюстно-лицевого аппарата, не позволяющих пациенту герметично подсоединиться к загубнику или специальной маске. При наличии трахеостомы спирометрию можно выполнить, если существует возможность герметизации трубки на время исследования.

Относительные противопоказания к проведению спирометрии связаны с необходимостью выполнения форсированных дыхательных маневров. Значительное изменение внутригрудного, внутрибрюшного и интракраниального (внутричерепного) давления при дыхании с максимальным усилием может влиять на органы грудной клетки и брюшной полости, венозный возврат и системное артериальное давление, поэтому спирометрию следует выполнять с осторожностью в следующих случаях:

- первая неделя после развития инфаркта миокарда;
- снижение или значительное повышение системного кровяного давления;
- выраженные нарушения сердечного ритма;
- декомпенсированная сердечная недостаточность;
- неконтролируемая легочная гипертензия;
- острая правожелудочковая недостаточность;
- клинически нестабильные формы легочной тромбоэмболии;
- наличие в анамнезе синкопальных состояний, внезапно возникающих судорожных приступов, связанных с кашлем или форсированным дыханием;
- аневризмы церебральных сосудов;
- недавнее сотрясение головного мозга с сохраняющимися симптомами;
- первые 4 недели после операций на головном мозге, грудной и брюшной полостях;
- первая неделя после офтальмологических операций и операций на придаточных пазухах носа и среднем ухе;
- пневмоторакс и первые 4 недели после него;

- осложненная беременность;
- беременность на поздних сроках (следует оценить соотношение клинической значимости результатов исследований и возможных его осложнений);
- болевой синдром, препятствующий правильному выполнению спирометрии;
- острый отит, синусит.

Проведение спирометрии пациентам с признаками острых респираторных или других инфекционных заболеваний, включая туберкулез, возможно при условии строго соблюдения существующих санитарно-эпидемиологических норм. Следует принять во внимание высокий риск заражения у пациентов с кровохарканьем, большим количеством мокроты и наличием повреждений в ротовой полости.

Следует подчеркнуть, что проведение спирометрии у пациента с симптомами острого респираторного заболевания снижает возможность полноценного выполнения исследования из-за катаральных явлений и представляет опасность заражения медицинского персонала и других пациентов.

Решение о назначении исследования принимает лечащий врач с учетом всех рисков и необходимости проведения спирометрии.

ИНФЕКЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ. Исследование должно проводиться в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями, чтобы предотвратить инфицирование медицинского персонала и пациентов во время тестирования. Оператор (обычно медсестра) должен мыть руки или использовать утвержденное дезинфицирующее средство для рук перед обследованием каждого нового пациента.

В условиях высокого риска распространения инфекционных заболеваний необходимо использовать одноразовые перчатки и защитные маски или респираторы [13]. Перчатки следует менять после каждого пациента, при смене перчаток необходимо вымыть и продезинфицировать руки. В этой ситуации пациент должен ожидать исследование в защитной маске, а перед входом в кабинет ему следует обработать руки дезинфицирующим средством (гелем, салфеткой или др.), чтобы избежать инфицирования поверхностей, к которым он может прикасаться (оборудованию, ручке спирометра, подлокотникам кресла и др.). Использование одноразовых антибактериальных/антивирусных фильтров, неотъемлемой частью которых является загубник, существенно снижает риск распространения инфекционных заболеваний при проведении спирометрии.

Использование одноразовых антибактериальных/антивирусных фильтров при каждом исследовании обязательно.

После тестирования все одноразовые расходные материалы (фильтры, загубники, перчатки и т.д.) необходимо утилизировать с соблюдением санитарных правил сбора, хранения и утилизации отходов класса Б [14].

ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ. Все спирометры должны удовлетворять техническим требованиям ГОСТ Р ИСО 26782–2016 [15]. В отдельных ситуациях, например, при проведении клинических исследований, объем технических требований может быть увеличен.

Для оптимального контроля качества измерений спирометр должен оснащаться дисплеем, на котором отображаются как кривые поток-объем, так и кривые объем-время. Желательно, чтобы все кривые одного типа в данном исследовании накладывались на дисплее друг на друга. Это позволяет визуально оценивать

достаточность усилия при выполнении дыхательных маневров и повторяемость попыток.

УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЯ. Все измерения при спирометрии выполняются в условиях окружающей среды, стандартно обозначаемой аббревиатурой ATPS (Atmospheric (ambient) condition for Temperature and barometric Pressure, Saturated) [16]: температура и влажность воздуха в помещении, где проводится исследование, и барометрическое (атмосферное) давление.

В инструкции производителя должны быть указаны параметры окружающей среды, в которых возможна эксплуатация спирометра.

Результаты спирометрии отображаются в условиях, соответствующих параметрам газа в легких человека, стандартно обозначаемым аббревиатурой BTPS (Body condition for Temperature and barometric Pressure, Saturated): температура тела человека (37 °C), барометрическое (атмосферное) давление и полное насыщение водяным паром [15]. Параметры окружающей среды измеряются непосредственно перед началом калибровки, а актуальные поправки для пересчета от условий ATPS к условиям BTPS определяются по завершении калибровки спирометра. Точность измерения температуры должна составлять ± 1 °C. Если температура в помещении быстро меняется, то есть более чем на 3 °C в течение менее чем 30 минут, то следует заново скорректировать условия ATPS и выполнить новую калибровку датчика.

КАЛИБРОВКА СПИРОМЕТРА. Калибровка — это процедура, во время которой устанавливается взаимосвязь между характеристиками потоков и объемов, определяемыми сенсором (датчиком), и их реальными величинами. Помимо этого, существует еще процедура проверки калибровки, во время которой оператор удостоверяется, что спирометр по-прежнему находится в разрешенных пределах калибровки — допустимая точность $\pm 3\%$ ($\pm 2,5\%$ для спирометра и $\pm 0,5\%$ для калибровочного шприца) [15].

Калибровка проводится ежедневно или чаще, если это оговорено в инструкции производителя. Если результаты калибровки неудовлетворительные, калибровка выполняется заново. Причиной неудачной калибровки могут быть отклонения в работе спирометра. Если такие отклонения незначительны, то они могут быть скорректированы с помощью новых калибровочных коэффициентов. Программное обеспечение для спирометров должно включать в себя возможность генерировать отчет о калибровках, который включает результаты всех проверок, количество неудачных проверок калибровки в каждом сеансе и изменения калибровочных коэффициентов.

Предупреждение о некорректной работе должно выдаваться, если новые калибровочные коэффициенты выходят за диапазон ± 2 SD (standard deviation — стандартное отклонение) или отличаются более, чем на 6% от предыдущих. В инструкции производителя должны быть указаны действия, которые необходимо предпринять в случае неудавшейся проверки калибровки. На точность калибровки могут влиять следующие потенциально устранимые факторы:

- утечка в месте соединения калибровочного шприца и спирометра;
- движение воздуха у датчика при установке нулевой отметки;
- неполная амплитуда перемещения поршня калибровочного шприца;
- неисправность калибровочного шприца (утечка воздуха, затрудненное перемещение поршня, нарушение геометрии и др.);
- попадание мусора или руки оператора в зону работы датчика;

- неправильная сборка датчика, установка загубника или фильтра;
- различия между температурой калибровочного шприца и воздуха в помещении;
- ошибочные данные температуры и давления в помещении;
- повреждение измерительного блока спирометра (например, повреждение сетки датчика Лилли).

Калибровка объема обязательно выполняется ежедневно перед началом работы на приборе. В особых ситуациях (при скрининге больших популяций, быстром изменении температуры воздуха и т. д.) требуется более частая калибровка. Точные указания о режимах дополнительных калибровок обязательно указываются в инструкциях производителя оборудования.

Калибровочный шприц должен иметь объем 3 л и обеспечивать точность измерений $\pm 0,015$ л или $\pm 0,5\%$ на всем диапазоне изменения объема. Хранить калибровочный шприц следует в том же помещении, где проводится спирометрия, желательно рядом со спирометром, вдали от солнечных лучей, холодного окна и отопительных приборов. Калибровочный шприц очень чувствителен к изменению параметров окружающей среды, особенно температуры. Даже то обстоятельство, что шприц долго находился в руках во время калибровки, может исказить ее результаты, поэтому во время процедуры проверки желательно располагать шприц на столе.

Калибровочный шприц нуждается в периодической проверке. Не реже одного раза в месяц следует проверять его на наличие утечки. Для такой проверки перекрывается выходное отверстие шприца и делаются попытки максимально наполнить его или опустошить с разного уровня положения поршня. Кроме того, являясь метрологическим устройством, калибровочный шприц нуждается в специальной проверке, периодичность которой определяется производителем оборудования. По результатам испытания выдается специальный сертификат. В случае, если шприц поврежден или он подвергался механическому воздействию, например, упал, такая проверка должна быть проведена внепланово.

Калибровка должна проводиться ежедневно 3-литровым шприцом. Выполняют не менее 3-х попыток (3 вдоха и 3 выдоха) для получения нескольких потоков в диапазоне от 0,5 до 12 л/с. Каждый раз на перемещение поршня отводится от 1,5 до 6 с. Если при обследовании пациентов используют какие-либо фильтры, то калибровку спирометра следует выполнять вместе с ними. Точность измерения объема для каждого из потоков как на вдохе, так и на выдохе должна составлять $\pm 3,0\%$ [10]. Для спирометров, первично измеряющих объем, аналогичное требование предъявляется только к измерению на выдохе. В случаях, когда в работе прибора предусмотрено использование сменных датчиков, каждый из них должен калиброваться ежедневно.

Дополнительный контроль качества измерений при спирометрии предусматривает проведение биологического контроля. Для этого периодически, не реже 1 раза в месяц, тестируют двух здоровых, некурящих людей, как правило, сотрудников подразделения, способных адекватно выполнять спирометрию с хорошей воспроизводимостью. Результаты измерения ФЖЕЛ и ОФВ₁ регистрируются в специальном файле или журнале. Биологический контроль не заменяет использование калибровочного шприца, однако, позволяет оператору провести быструю проверку и выявить проблему с оборудованием.

Для каждого спирометра необходимо вести журнал, где следует регистрировать следующие манипуляции, влияющие на качество проводимых измерений:

- результаты ежедневных калибровок;
- сведения о поломке и ремонте оборудования;
- сведения о замене программного обеспечения;
- сведения о перемещении оборудования.

После замены программного обеспечения рекомендуется самостоятельно проверить корректность расчетов должных величин.

Методика проведения спирометрии. Перед началом исследования рекомендуется:

- измерить параметры окружающей среды и выполнить калибровку спирометра;
- задать пациенту вопросы и зарегистрировать ответы относительно имеющихся заболеваний; использования лекарственных препаратов, потенциально влияющих на результаты исследования (с указанием названия, дозы и времени последней ингаляции); курения, в том числе о том, курил ли он незадолго до исследования;
- измерить рост и массу тела пациента, желательно измерить артериальное давление при подозрении на его повышение;
- проверить актуальность информации о пациенте в базе данных спирометра;
- объяснить пациенту порядок проведения исследования и важность правильного выполнения всех дыхательных маневров.

Если возраст не вычисляется прибором автоматически, его лучше рассчитывать, используя дату рождения и дату проведения исследования, и указывать число прожитых лет с точностью до одного знака после запятой, у детей до 10 лет с точностью до месяцев. Рост определяется в сантиметрах, округляя до целого числа. Измеряют его без обуви, пациенту необходимо стоять с прямой спиной, смотреть перед собой, а ноги держать вместе. В тех случаях, когда измерить рост в положении стоя невозможно (например, у пациентов с кифосколиозом или в инвалидной коляске), его можно определить либо по длине локтевой кости [17], что предпочтительно для детей, либо по размаху рук [18]. В последнем случае, если пациент может стоять, он располагается лицом к стене с раскинутыми как можно дальше руками, так чтобы расстояние между средними пальцами было максимальным. Для измерения лучевой кости предпочтительнее использовать штангенциркуль (антропометр), поскольку при использовании рулетки возможны ошибки.

В дополнение к методическому руководству приводим уравнения для расчета роста по длине лучевой кости (ДЛК) [17]:

для мальчиков —

$$\text{рост (см)} = 4,605 \times \text{ДЛК, см} + 1,308 \times \text{возраст (годы)} + 28,003;$$

для девочек —

$$\text{рост (см)} = 4,459 \times \text{ДЛК, см} + 1,315 \times \text{возраст (годы)} + 31,485.$$

Повторное измерение роста у детей проводится на каждом визите, у взрослых (25 лет и старше) рекомендуется проводить не чаще одного раза в год. Пол и популяция (этническая группа, раса) указываются в соответствии со свидетельством о рождении, даже в случаях иной гендерной самоидентификации. Массу тела измеряют без уличной одежды и обуви в килограммах, с точностью до 0,5 кг.

Спирометрию рекомендуется выполнять в положении больного сидя, с прямой спиной и слегка приподнятым подбородком. Кресло должно быть устойчивым и неподвижным (без колесиков),

с подлокотниками, чтобы снизить вероятность падения пациента при выполнении дыхательных маневров, но не для того, чтобы пациент расслабленно облокачивался. Ноги пациента должны доставать до пола, поэтому необходимо предусмотреть возможность регулировки кресла по высоте. Если при особых обстоятельствах требуется проведение исследования в положении пациента стоя или каком-либо другом, это должно быть отражено в протоколе исследования.

При наличии у пациента съемных зубных протезов не рекомендуется снимать их при проведении спирометрии, однако в ситуации, когда они мешают пациенту плотно обхватить загубник и становятся причиной утечки воздуха, следует продолжить исследование без них.

Курение (любым способом) должно быть исключено как минимум за 1 час, а употребление алкоголя и других психоактивных веществ — за 8 часов до исследования. В течение 1 часа перед проведением спирометрии следует избегать значимых физических нагрузок, чтобы минимизировать возможность появления бронхоспастической реакции, спровоцированной физической активностью.

Одежда не должна сильно обтягивать и ограничивать экскурсию грудной клетки и брюшной стенки. С этой же целью за 2 часа до исследования не рекомендуется обильный прием пищи [10]. Однако проведение спирометрии на голодный желудок не требуется и может отрицательно повлиять на качество теста из-за слабости пациента.

Возможность применения бронхорасширяющих препаратов зависит от цели исследования. При необходимости оценить исходное состояние вентиляционной функции легких или провести бронходилатационный тест следует прекратить использование препаратов в зависимости от срока их действия:

- β_2 -агонистов короткого действия — за 4–6 часов;
- β_2 -агонистов длительного действия — за 24 часа;
- β_2 -агонистов сверхдлительного действия — за 36 часов до исследования;
- антихолинергических препаратов короткого действия — за 12 часов;

- антихолинергических препаратов длительного действия — за 36–48 часов;
- назальных деконгестантов — за 4 часа.

Впервые в этот список отечественные эксперты включили назальные деконгестанты, за 4 часа до спирометрии их не рекомендуется использовать. Если спирометрия проводится для оценки эффективности базисной терапии и поиска возможностей дополнительного улучшения легочной функции, то прием бронхорасширяющих препаратов не ограничивают, а в протоколе указывают дозу и время последнего приема [10].

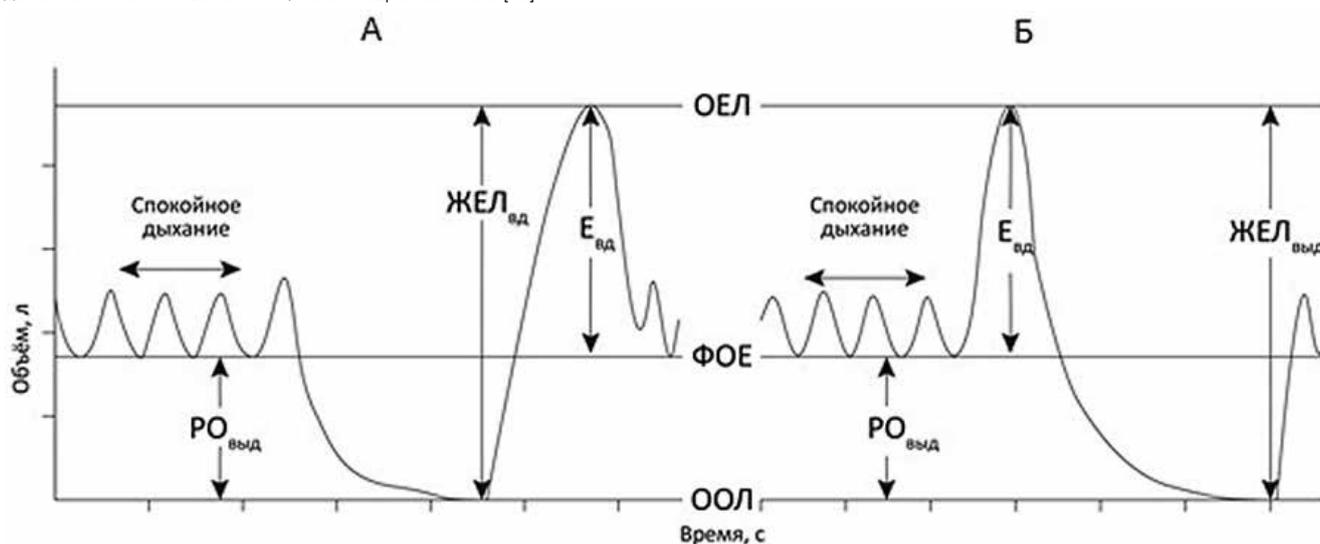
Показатели спирометрии. При спокойном дыхании с максимальной амплитудой измерения объема определяют следующие показатели (рис. 1):

- ЖЕЛ (жизненная емкость легких) — максимальный объем легких, который человек может вдохнуть после максимально глубокого выдоха (ЖЕЛ_{вд}) или выдохнуть после максимально глубокого вдоха (ЖЕЛ_{вдл}), т.е. между уровнем остаточного объема легких (ООЛ) и уровнем общей емкости легких (ОЕЛ); Проба проводится при медленных нефорсированных дыхательных маневрах (спокойная или медленная ЖЕЛ);
- $E_{вд}$ (емкость вдоха) — максимальный объем, который человек может вдохнуть после спокойного выдоха, т.е. от уровня функциональной остаточной емкости легких (ФОЕ) до уровня ОЕЛ;
- $PO_{вдл}$ (резервный объем выдоха) — максимальный объем, который человек может выдохнуть после спокойного выдоха, т.е. от уровня ФОЕ до уровня ООЛ.

С помощью маневра форсированного выдоха определяют следующие показатели (рис. 2):

- ФЖЕЛ (форсированная жизненная емкость легких) — ЖЕЛ, которая измеряется при форсированном выдохе;
- ФЖЕЛ_{вд} — ЖЕЛ, которая измеряется при форсированном вдохе;
- OFV_1 (объем форсированного выдоха за первую секунду) — объем, который человек успевает выдохнуть за 1-ю секунду форсированного выдоха;
- соотношение $OFV_1/ФЖЕЛ$ (индекс Генслера);

Рис. 1. Измерение жизненной емкости легких: А — кривая «объем-время» при измерении жизненной емкости легких на вдохе (ЖЕЛ_{вд}). Б — кривая «объем-время» при измерении жизненной емкости легких на выдохе (ЖЕЛ_{вдл}). Примечание: $E_{ва}$ — емкость вдоха; $PO_{вдл}$ — резервный объем выдоха; ФОЕ — функциональная остаточная емкость легких; ООЛ — остаточный объем легких; ОЕЛ — общая емкость легких. Цена деления по оси «объем» — 1 л; по оси «время» — 5 с [10]



- соотношение $ОФВ_1/ЖЕЛ$ (индекс Тиффно);
- ПОС (пиковая объемная скорость выдоха) — максимальная скорость воздушного потока при форсированном выдохе;
- $МОС_{25}$ (максимальная объемная скорость при выдохе 25% ФЖЕЛ) — скорость воздушного потока в момент выдоха 25% ФЖЕЛ;
- $МОС_{50}$ (максимальная объемная скорость при выдохе 50% ФЖЕЛ) — скорость воздушного потока в момент выдоха 50% ФЖЕЛ;
- $МОС_{75}$ (максимальная объемная скорость при выдохе 75% ФЖЕЛ) — скорость воздушного потока в момент выдоха 75% ФЖЕЛ;
- $СОС_{25-75}$ (средняя объемная скорость при выдохе от 25 до 75% ФЖЕЛ) — средняя скорость воздушного потока при выдохе в диапазоне от 25 до 75% ФЖЕЛ.

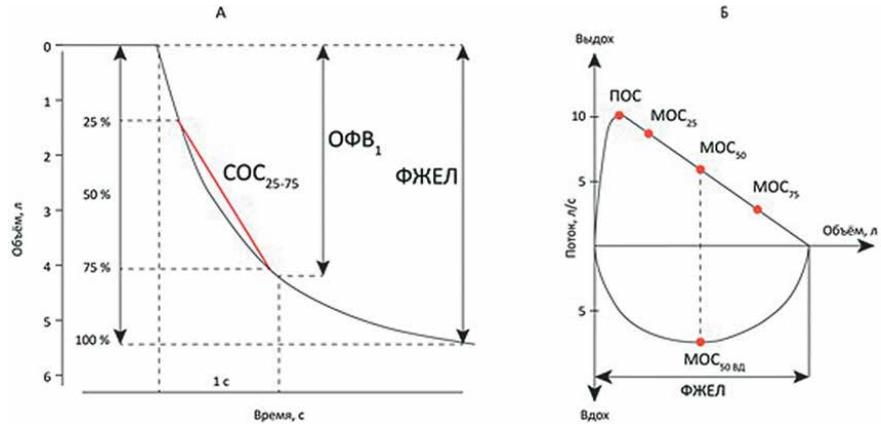


Рис. 2. Форсированная спирометрия: А — маневр форсированного выдоха в координатах «объем-время»; Б — маневры форсированных выдоха и вдоха в координатах «поток-объем». Примечание: ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких выдоха; ФЖЕЛ_{вд} — форсированная жизненная емкость легких вдоха; $ОФВ_1$ — объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; $СОС_{25-75}$ — средняя объемная скорость при выдохе от 25 до 75% ФЖЕЛ; ПОС — пиковая объемная скорость выдоха; $МОС_{25}$, $МОС_{50}$ и $МОС_{75}$ — максимальные объемные скорости при выдохе 25, 50 и 75% ФЖЕЛ; $МОС_{50вд}$ — максимальная объемная скорость при входе 50% ФЖЕЛ_{вд}.

- У детей могут быть использованы дополнительные показатели:
- $ОФВ_{0,75}$ (объем форсированного выдоха за первые 0,75 секунды) — объем, который человек успевает выдохнуть за первые 0,75 секунды форсированного выдоха;
 - соотношение $ОФВ_{0,75}/ЖЕЛ$;
 - соотношение $ОФВ_{0,75}/ЖЕЛ$.

В рекомендациях РРО/РАСФД/РНМОТ 2023 уточняются русскоязычные названия и аббревиатуры основных показателей спирометрии, которые следует использовать как в практической, так и научной работе. Для обозначения стандартных показателей, характеризующих форсированный выдох, нижний буквенный индекс не используется, наличие в аббревиатуре дополнительного нижнего индекса «вд» указывает, что показатель относится к форсированному вдоху. В отношении статических легочных объемов и емкостей это правило не действует, эти параметры могут маркироваться как на вдохе (дополнительный индекс «вд»), так и на выдохе (дополнительный индекс «выд»). В табл. 1 представлены стандартные обозначения показателей и соответствующие им англоязычные варианты написания и сокращения.

Порядок проведения спирометрии. Все измерения выполняются при использовании носового зажима, загубник спирометра следует плотно обхватить губами и зубами. Во время выполнения дыхательных маневров нередко происходит утечка воздуха из-за того, что пациент отпускает или неплотно держит загубник, а носовой зажим слетает, поэтому очень важно контролировать надежность подсоединения пациента к спирометру на протяжении всего цикла измерений. На точность измерений также могут влиять смыкание голосовых связок и попадание языка в просвет загубника, на что необходимо обращать внимание. В исключительных случаях, когда по какой-либо причине не удастся надежно зафиксировать носовой зажим, пациент может сам зажать ноздри пальцами рук.

Отечественная школа клинической физиологии дыхания предписывает обязательное выполнение при спирометрическом исследовании двух проб: спокойной ЖЕЛ и ФЖЕЛ. Отдельно запись спокойного дыхания (режим МОД) не проводится, регистрация

спокойного дыхания важна лишь перед пробой ЖЕЛ. Маневр максимальной вентиляции легких в обычной пульмонологической практике не выполняется.

Проба ЖЕЛ. Спирометрическое исследование проводится при спокойном и форсированном дыхании. При спокойном дыхании оценивается паттерн дыхания, определяется ЖЕЛ и ее составляющие — $E_{вд}$ и $PO_{выд}$. Исследование проводится у пациента в расслабленном состоянии, все маневры выполняются без излишней спешки. Измерение ЖЕЛ начинают после того, как дыхание станет спокойным, т.е. минимум на протяжении трех дыхательных циклов уровень дыхания (уровень ФОЕ) и величина дыхательного объема (ДО) будут стабильными. Смещение уровня спокойного дыхания в пределах 15% от ДО считается допустимым. Если на протяжении 10 дыхательных циклов не удастся добиться стабилизации спокойного дыхания, то измерение ЖЕЛ возможно, однако величина $E_{вд}$ в этом случае будет определена некорректно. Измерение ЖЕЛ можно выполнить одним из способов [10]:

- ЖЕЛ вдоха ($ЖЕЛ_{вд}$): после максимально полного выдоха делается максимально глубокий вдох (рис. 1А);
- ЖЕЛ выдоха ($ЖЕЛ_{выд}$): после максимально полного вдоха без задержки делается максимально глубокий выдох (рис. 1Б).

При невозможности одновременного выполнения маневра $ЖЕЛ_{вд}$ или $ЖЕЛ_{выд}$ из-за тяжести состояния пациента допустимо прерывистое выполнение маневра ЖЕЛ: сначала измеряют $E_{вд}$, затем через несколько дыхательных циклов спокойного дыхания $PO_{выд}$. ЖЕЛ определяют как сумму $E_{вд}$ и $PO_{выд}$.

Для определения ЖЕЛ рекомендуется измерять $ЖЕЛ_{вд}$, если это невозможно, то в качестве альтернативы может быть использован показатель $ЖЕЛ_{выд}$. У здорового человека разница между $ЖЕЛ_{вд}$ и $ЖЕЛ_{выд}$ незначительна, но при ряде заболеваний, особенно при эмфиземе легких, $ЖЕЛ_{выд}$ может быть существенно меньше $ЖЕЛ_{вд}$. Это обусловлено феноменом патологически раннего сужения дыхательных путей (вплоть до полного смыкания их стенок) при выдохе, который принято называть экспираторным ограничением потока или экспираторным коллапсом дыхательных путей [19, 20]. Измерение ЖЕЛ следует проводить в начале исследования, до выполнения форсированной

Таблица 1
Стандартные обозначения показателей

Показатель	Стандартное обозначение	Англоязычный вариант написания	Англоязычный вариант стандартного обозначения
Время достижения ПОС	$T_{\text{ПОС}}$	Time to PEF	FET PEF, T_{PEF}
Время ускорения для ПОС	—	Rise time from 10% to 90% of PEF	RT
Должная величина	ДОЛЖ	Predicted value	Pred
Дыхательный объем	ДО	Tidal volume	TV, V_t
Ёмкость вдоха	$E_{\text{ВА}}$	Inspiratory capacity	IC
Жизненная ёмкость лёгких	ЖЕЛ	Vital capacity	VC
		Slow vital capacity	SVC
Жизненная ёмкость лёгких вдоха	$ЖЕЛ_{\text{ВА}}$	Inspiratory vital capacity	IVC, VC_{in}
Жизненная ёмкость лёгких выдоха	$ЖЕЛ_{\text{ВДА}}$	Expiratory vital capacity	EVC
Максимальная объёмная скорость при выдохе 25% ФЖЕЛ	$МОС_{25}$	Forced expiratory flow at 25% of FVC	FEF_{25}
		Maximal expiratory flow at 75% of FVC	MEF_{75}
Максимальная объёмная скорость при вдохе 50% $ЖЕЛ_{\text{ВА}}$	$МОС_{50\text{ВА}}$	Forced inspiratory flow at 50% of FVC	FIF_{50}
		Maximal inspiratory flow at 50% of FVC	MIF_{50}
Максимальная объёмная скорость при выдохе 50% ФЖЕЛ	$МОС_{50}$	Forced expiratory flow at 50% of FVC	FEF_{50}
		Maximal expiratory flow at 50% of FVC	MEF_{50}
Максимальная объёмная скорость при выдохе 75% ФЖЕЛ	$МОС_{75}$	Forced expiratory flow at 75% of FVC	FEF_{75}
		Maximal expiratory flow at 25% of FVC	MEF_{25}
Средняя объёмная скорость при выдохе от 25 до 75% ФЖЕЛ	$СОС_{25-75}$	Forced expiratory flow between 25 and 75% of FVC (midexpiratory phase)	FEF_{25-75}
		Maximum mid-expiratory flow	MMEF
Нижняя граница нормы	НГН	Low limit of normal	LLN
Общая ёмкость легких	ОЕЛ	Total lung capacity	TLC
Объем обратной экстраполяции	ООЭ	Back-extrapolated volume	BEV
Остаточный объем легких	ООЛ	Residual volume	RV
Объем форсированного выдоха за первую секунду	ОФВ ₁	Forced expiratory volume in one second	FEV_1
Объем форсированного выдоха за первые 0,75 секунды	ОФВ _{0,75}	Forced expiratory volume in 0.75 second	$FEV_{0,75}$
Пиковая объёмная скорость выдоха	ПОС	Peak expiratory flow	PEF
Продолжительность форсированного выдоха	$T_{\text{ФЖЕЛ}}$	Forced expiratory time	FET, T_{FVC}
Резервный объем вдоха	$PO_{\text{ВА}}$	Inspiratory reserve volume	IRV
Резервный объем выдоха	$PO_{\text{ВДА}}$	Expiratory reserve volume	ERV
Функциональная остаточная ёмкость легких	ФОЕ	Functional residual capacity	FRC
Форсированная жизненная ёмкость лёгких выдоха	ФЖЕЛ	Forced vital capacity	FVC
Форсированная жизненная ёмкость лёгких вдоха	$ФЖЕЛ_{\text{ВА}}$	Forced inspiratory vital capacity	FIVC
z-оценка z-критерий	—	z-score	—

спирометрии, чтобы зафиксировать максимальное значение этого параметра. Форсированное дыхание, особенно с максимальной амплитудой изменения объема, может вызвать утомление дыхательных мышц и повышение уровня ФОЕ из-за экспираторного ограничения воздушного потока, что приведет к занижению величины ЖЕЛ. Если при проведении маневра форсированного выдоха величина ФЖЕЛ окажется больше предварительно измеренной спокойной ЖЕЛ, маневр измерения спокойной ЖЕЛ рекомендуется повторить.

Здоровым пациентам достаточно 5–6 с для выполнения маневра ЖЕЛ. Нужно стремиться к тому, чтобы скорость движения воздуха на вдохе и на выдохе была примерно одинаковой без

ускорения, чтобы избежать возбуждения ирритантных рецепторов. Больным с обструкцией дыхательных путей возможно потребуются больше времени, но измерение можно завершить, если глубокий вдох или выдох длится дольше 15 с.

В современных моделях спирометров существует унифицированная система видео- и аудио-подсказок для оператора: однократный звуковой сигнал и цветовая индикация момента стабилизации дыхания и двукратный звуковой сигнал и цветовая индикация либо момента достижения максимальной глубины вдоха или выдоха, которые определяют по наличию на кривой объем-время небольшого плато на пике изменения объема (изменение объема < 0,025 л/с), либо по прошествии 15 с от начала

выполнения маневра. Для работы на приборах более простых модификаций достаточно визуального контроля правильности выполнения маневра по кривой объем-время на экране монитора.

Проба ФЖЕЛ. С помощью маневра форсированного выдоха измеряют величины $ОФВ_{1s}$, ФЖЕЛ и объемные скорости воздушного потока.

Маневр форсированного выдоха выполняется после нескольких циклов спокойного дыхания в 3 этапа:

- 1 — максимально глубокий вдох (от уровня ФОЕ до уровня ОЕЛ);
- 2 — резкий и максимально полный и быстрый выдох (до уровня ООЛ) без задержки на глубине вдоха;
- 3 — максимально глубокий и по возможности быстрый вдох (до уровня ОЕЛ).

Оператору рекомендуется сначала объяснить и продемонстрировать пациенту правильное выполнение маневра.

Предшествующий форсированному выдоху вдох оказывает существенное влияние на экспираторные потоки, поэтому для получения максимально точных результатов рекомендуется делать максимально полный вдох без задержки. Если пауза на высоте вдоха длится больше 2 с, то возможно занижение скоростных параметров последующего форсированного выдоха из-за так называемого «стрессового расслабления», проявляющегося повышением податливости стенок дыхательных путей из-за снижения упругих свойств легких [21, 22].

После максимально глубокого вдоха пациент должен сделать мощный выдох с максимальным усилием и скоростью, продолжая его до полного опорожнения легких (до уровня ООЛ). Во время выполнения маневра рекомендуется словами и жестами поощрять пациента делать максимально мощный выдох и продолжать его как можно дольше, при этом необходимо следить за графическим отражением результатов теста на дисплее спирометра и визуально оценивать качество маневра. Одновременно следует внимательно наблюдать за пациентом во избежание нежелательных явлений, связанных с резким и глубоким выдохом (например, синкопального состояния). Если выполнение дыхательных маневров связано с болевыми ощущениями, то исследование прекращают. При появлении головокружения или ухудшении самочувствия можно сделать паузу и продолжить исследование, когда нежелательные симптомы прекратятся. Необходимо следить за тем, чтобы пациент, производя форсированный выдох, не наклонялся вперед, а сохранял вертикальное положение грудной клетки.

После завершения форсированного выдоха пациент делает максимально глубокий и по возможности быстрый вдох. Максимальная скорость вдоха необходима лишь в том случае, если измеряются скоростные параметры вдоха, что важно при диагностике стенозов внелегочных дыхательных путей. В стандартной ситуации достаточно, чтобы вдох выполнялся без намеренного сдерживания, но максимально полно. Измеряемую на вдохе сразу после форсированного выдоха ЖЕЛ принято обозначать $ФЖЕЛ_{вд}$. Сопоставление величин ФЖЕЛ и $ФЖЕЛ_{вд}$ позволяет убедиться в том, что пациент полностью вдохнул перед маневром форсированного выдоха. Разница между значениями этих показателей не должна превышать 100 мл или 5% ФЖЕЛ, большие значения свидетельствуют о неполном вдохе перед форсированным выдохом.

Описанная выше последовательность проведения спирометрии является оптимальной для достижения максимально точных

и полных результатов исследования. Однако не все приборы, используемые в рутинной практике, могут обеспечить измерения и на вдохе, и на выдохе. При использовании спирометров, регистрирующих только выдох, пациент должен подсоединиться к прибору (обхватить мундштук губами) в течение первых 2 с после окончания максимально глубокого вдоха и отсоединиться от прибора после полного окончания форсированного выдоха.

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА СПИРОМЕТРИИ. Для оценки качества спирометрии следует использовать следующие понятия:

- приемлемость (acceptability) — соответствие попытки всем критериям качественного измерения;
- допустимость (usability) — признание клинической ценности попытки, не соответствующей всем критериям качественного измерения;
- повторяемость (repeatability) — максимально допустимое различие между величинами одного и того же показателя, измеренными в разных попытках.

Из прежних рекомендаций сохраняется только понятие «приемлемость», характеризующее качество каждой из выполняемых пациентом попыток. Второе, уже устоявшееся понятие «воспроизводимость», которым долгие годы обозначалась несущественная разница между несколькими приемлемыми попытками, проводимыми в рамках одного исследования в один и тот же день, заменено на «повторяемость» в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725–1–2002 [23]. Обратным образом изменился и привычный смысл прежнего понятия «повторяемость» — теперь для характеристики различий между исследованиями, выполненными в разные дни, следует использовать понятие «воспроизводимость» [23].

Новое понятие «допустимость» расширяет возможности практического использования спирометрии. Хорошо знакома ситуация, когда пациент в силу каких-либо причин не может выполнить правильно все дыхательные маневры, однако сама по себе информация об отсутствии снижения ЖЕЛ или признаков значимой обструкции дыхательных путей крайне важна для дифференциальной диагностики или определения лечебной тактики. Критерии допустимости позволяют использовать для анализа не совсем удачные попытки, что важно для клинической практики.

Основным критерием качества при измерении ЖЕЛ остается повторяемость результатов. Для корректного определения ЖЕЛ необходимо выполнить минимум три технически приемлемых измерения, чтобы различие между двумя наибольшими значениями ЖЕЛ не превышало 0,150 л или 10% от величины ЖЕЛ, причем ориентироваться следует на меньший по величине критерий. Если после выполнения 8 попыток критерий повторяемости не достигнут, то рекомендуется исследование прекратить и повторить в другой день. В протокол исследования вносят максимальное из полученных значений ЖЕЛ и среднюю величину $E_{вд}$.

ВАЖНО!

Выполняем не менее 3-х приемлемых измерений ЖЕЛ. Критерии повторяемости при измерении ЖЕЛ зависят от величины ЖЕЛ и для лиц старше 6 лет составляют:

- Если $ЖЕЛ < 1,500$ л — разница между двумя наибольшими значениями ЖЕЛ не более 10% ЖЕЛ;
- Если $ЖЕЛ \geq 1,500$ л — разница между двумя наибольшими значениями ЖЕЛ не более 0,150 л.

Оценку качества выполнения маневра форсированного выдоха проводят по большому числу критериев.

Начало форсированного выдоха, как нулевая точка для расчета временных параметров спирометрии, определяется методом обратной экстраполяции. Нулевая точка — это точка пересечения касательной линии, которая строится к самой крутой части кривой «объем–время», соответствующей ПОС, и горизонтальной оси (рис. 3).

Объем воздуха, который человек успевает выдохнуть от уровня максимально глубокого вдоха (уровня ОЕЛ) до достижения нулевой точки, называется объемом обратной экстраполяции. Если маневр форсированного выдоха выполнен качественно, то объем обратной экстраполяции будет меньше 0,100 л или 5% ФЖЕЛ (ориентируемся на большую величину). Увеличение объема экстраполяции происходит при медленном начале маневра форсированного выдоха. Время от момента максимально глубокого вдоха до нулевой точки, соответствующее времени выдоха объема обратной экстраполяции, не должно превышать 2 с. Попытки, в которых превышен объем обратной экстраполяции не могут использоваться для дальнейших расчетов.

Для дополнительного контроля достаточности экспираторного усилия рекомендуется использовать показатели, характеризующие время развития ПОС: давно применяемое в отечественной практике время достижения ПОС ($T_{\text{пос}}$) и относительно новое — время ускорения (rise time — RT). Отсчет $T_{\text{пос}}$ производят от нулевой точки, определяемой методом обратной экстраполяции (рис. 3), до момента достижения ПОС, таким образом $T_{\text{пос}}$ — это период, за который человек выдыхает от нулевой точки до момента достижения ПОС. Время ускорения рассчитывают от реального начала форсированного выдоха — оно соответствует периоду, за который человек выдыхает от 10 до 90% ПОС (рис. 4). При хорошем усилии $T_{\text{пос}}$ не превышает 0,10 с, а RT не должно быть больше 0,15 с [24, 25]. Следует учитывать, что у пациентов с обструкцией внелегочных дыхательных путей значение этих двух параметров могут быть больше, ориентирами правильности выполнения маневров в таких случаях должны служить стойкое воспроизведение формы кривых при повторных попытках и величина объема обратной экстраполяции.

Продолжение форсированного выдоха должно проходить при сохранении максимального усилия без прерываний. При этом в координатах «поток–объем» после достижения максимальной скорости выдоха регистрируется снижение скоростных показателей: $\text{ПОС} > \text{МОС}_{25} > \text{МОС}_{50} > \text{МОС}_{75}$.

Окончание форсированного выдоха. Для определения момента окончания маневра форсированного выдоха используют какой-либо критерий из трех равнозначных:

1. Наличие так называемого «плато», то есть фактически горизонтального участка в конце кривой «объем–время» при выполнении форсированного выдоха, когда объем воздуха прак-

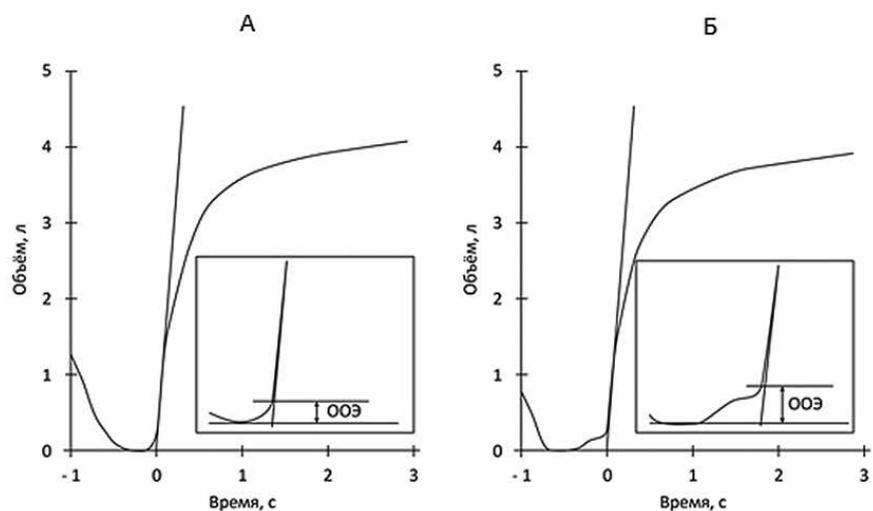
тически не меняется — за 1 с выдыхается менее 0,025 л. В современных спирометрах предусмотрена не только возможность визуального контроля достижения «плато», но и звуковая индикация этого момента, что существенно повышает возможность качественного выполнения маневра. Критерий «плато» является наиболее надежным для определения момента полного завершения форсированного выдоха. Однако следует помнить, что закрытие голосовой щели может привести к преждевременному формированию «плато», даже при достаточно продолжительном выдохе.

2. Продолжительность форсированного выдоха ($T_{\text{ФЖЕЛ}}$) достигла 15 с. Такая длительность выдоха характерна для больных с выраженной обструкцией дыхательных путей. Выдох более 15 с следует прекратить, так как он не дает дополнительной информации, но может провоцировать головокружение, обмороки, вызывать усталость и дискомфорт.
3. Если пациент не может выдыхать долго, чтобы достичь «плато», что часто связано с высокой эластичностью легких у детей или больных с рестриктивным типом нарушений вентиляции, то критерием полного завершения маневра форсированного выдоха считают достижение воспроизводимых значений ФЖЕЛ: различие между наибольшими значениями ФЖЕЛ не должно превышать 0,150 л (для пациентов старше 6 лет).

В рекомендациях АТО/ЕРО 2005 критерием качественного выполнения маневра ФЖЕЛ являлась продолжительность форсированного выдоха не менее 6 с у взрослых и не менее 3 с у детей. И хотя в рекомендации АТО/ЕРО 2019 этот критерий не включен, его использование вполне целесообразно для облегчения контроля полноты выдоха со стороны оператора (медсестры).

Полнота форсированного выдоха. Дополнительным критерием, позволяющим оценить, насколько полно был выполнен форсированный выдох, служит разница между величинами $\text{ФЖЕЛ}_{\text{вд}}$ и ФЖЕЛ . При корректном выполнении маневров $\text{ФЖЕЛ}_{\text{вд}}$ измеряемая при глубоком быстром вдохе сразу после

Рис. 3. Объем обратной экстраполяции (ООЭ): Нулевая точка — это точка пересечения касательной линии, которая строится к самой крутой части кривой «объем–время», соответствующей пиковому потоку, и горизонтальной оси времени. Объем обратной экстраполяции равен объему воздуха, который человек успевает выдохнуть до нулевой точки. Пример двух измерений у одного человека, для которого ООЭ не должен превышать 5% ФЖЕЛ = 0,225 л. А — пример приемлемого измерения, объем обратной экстраполяции 0,136 л; Б — пример неприемлемого измерения, объем обратной экстраполяции 0,248 л [10]



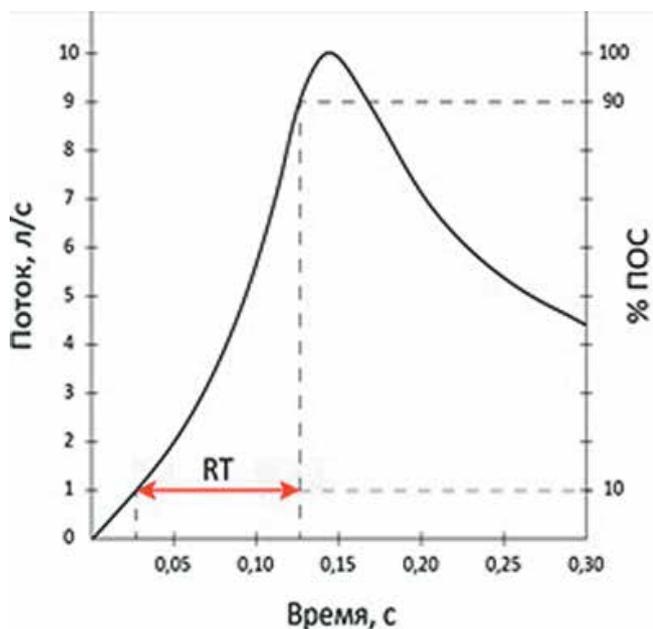


Рис. 4. Время ускорения (rise time — RT): соответствует периоду нарастания скорости форсированного выдоха от 10 до 90% пиковой объемной скорости выдоха (ПОС)

окончания форсированного выдоха, не должна превышать ФЖЕЛ, измеряемую при форсированном выдохе, больше чем на 0,100 л или 5% ФЖЕЛ (ориентируемся на большую величину).

ДЕФЕКТЫ МАНЕВРА ФЖЕЛ:

Кашель. Следует избегать кашля при выполнении дыхательных маневров, особенно важно исключить кашель в 1-ю секунду форсированного выдоха, поскольку это существенно влияет на величину ОФВ₁.

Утечка воздуха. При неплотном прилегании губ к загубнику возникает утечка воздуха из ротовой полости, в результате спирометрические показатели занижаются. Некоторым больным со слабостью мышц или пациентам пожилого возраста трудно герметично держать загубник губами в течение всего исследования, частично это может компенсировать дополнительная фиксация губ вокруг загубника пальцами рук. Иногда причиной утечки могут быть съемные зубные протезы и проблему можно решить, если провести исследование без них.

Обструкция загубника языком. Попадание языка в просвет загубника может быть препятствием к проведению корректных измерений, следует обращать на это внимание при выполнении дыхательных маневров. Следует контролировать правильность положения мундштука в ротовой полости: он должен удерживаться зубами и отдавливать дистальную часть языка вниз. Важно, чтобы язык не перекрывал просвет загубника.

Повторяемость дыхательных маневров. Помимо технической приемлемости каждого маневра, оценивается степень вариабельности между ними (повторяемость). Критерий повторяемости определяет разницу между двумя наибольшими значениями показателя, допустимую для технически приемлемых маневров. У пациентов старше 6 лет используют следующие критерии [10]: ФЖЕЛ $\leq 0,150$ л и ОФВ₁ $\leq 0,150$ л.

Допустимо, чтобы при выполнении маневров форсированного выдоха критерии повторяемости для параметров ФЖЕЛ и ОФВ₁ были достигнуты в разных попытках, выполненных

по всем правилам. Исследования показали, что большинство взрослых способны достичь повторяемости ФЖЕЛ и ОФВ₁ в пределах 0,150 л [26, 27].

Оценка качества выполнения форсированной спирометрии проводится интегрально по совокупности параметров. Результаты спирометрии могут быть оценены при выполнении не менее 3-х технически приемлемых попыток, отвечающих критериям повторяемости. Если после выполнения 8 попыток критерий повторяемости не достигнут, то рекомендуется исследование прекратить и повторить в другой день.

ВАЖНО!

Выполняем не менее 3-х приемлемых маневров ФЖЕЛ. Критерии повторяемости при измерении ФЖЕЛ и ОФВ₁ для лиц старше 6 лет составляют:

- Разница между двумя наибольшими величинами ФЖЕЛ не более 0,150 л;
- Разница между двумя наибольшими величинами ОФВ₁ не более 0,150 л.

В реальной практике часто возникают ситуации, когда выполненные пациентом маневры не отвечают всем критериям качественных измерений, однако для принятия клинических решений важна даже приблизительная оценка респираторной функции. С учетом этих обстоятельств в современных стандартах спирометрии вводится новое понятие — допустимость попытки, то есть признание клинической ценности попытки, не соответствующей всем критериям качественного измерения.

ОБНОВЛЕННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФОРСИРОВАННОЙ СПИРОМЕТРИИ несколько отличается от уже привычной и предусматривает два этапа оценки. На первом этапе интегрально оценивают приемлемость и допустимость выполненных попыток как для ФЖЕЛ, так и для ОФВ₁ (табл. 2).

Второй этап — это формализованная интегральная оценка качества измерения величин ФЖЕЛ и ОФВ₁, когда с помощью стандартных кодов обозначают качество и количество выполненных попыток измерения каждого из параметров (табл. 3). В финальном протоколе спирометрии стандартные коды качества измерений указываются отдельно для ФЖЕЛ и ОФВ₁, что позволяет сразу определить ценность результатов спирометрии. Измерения с кодом А соответствуют всем критериям качества форсированной спирометрии и дают наиболее достоверную характеристику функционального состояния органов дыхания. Измерения с кодом В также можно отнести к качественным измерениям с высокой клинической ценностью. Тесты качества С занимают промежуточную позицию и могут применяться в клинической практике; тесты с качеством D являются сомнительными; тесты с качеством E допустимо использовать только при нормальных значениях параметров спирометрии; тесты с качеством U и F использовать не следует. В силу того, что некоторые пациенты не могут выполнять необходимые дыхательные движения с соблюдением всех существующих требований, но стараются и демонстрируют свои максимальные возможности при проведении спирометрии, результаты таких исследований могут быть полезны в решении клинических задач. Именно с этой целью рекомендуется протоколировать все максимально возможные результаты спирометрии с обязательным указанием качества их определения.

Таблица 2
Критерии приемлемости и допустимости попыток
при измерениях ОФВ₁ и ФЖЕЛ для пациентов старше 6 лет

Критерий качества	Для приемлемых попыток		Для допустимых попыток	
	ОФВ ₁	ФЖЕЛ	ОФВ ₁	ФЖЕЛ
Объем обратной экстраполяции или $\leq 5\%$ ФЖЕЛ или 0,100 л (ориентируемся на большую величину)	Да	Да	Да	Да
Стабильная нулевая линия потока	Да	Да	Да	Да
Отсутствие кашля в 1-ю секунду форсированного выдоха	Да	Нет	Да	Нет
Отсутствие смыкания голосовых связок в 1-ю секунду форсированного выдоха	Да	Да	Да	Да
Отсутствие смыкания голосовых связок после 1-й секунды форсированного выдоха	Нет	Да	Нет	Нет
Достигнут один из трех критериев окончания форсированного выдоха: 1. Экспираторное плато (поток воздуха $\leq 0,025$ л за последнюю секунду форсированного выдоха) 2. Время форсированного выдоха ≥ 15 с 3. Различие между двумя наибольшими значениями ФЖЕЛ $\leq 0,150$ л	Нет	Да	Нет	Нет
Отсутствует обструкция мундштука или измерительной части спирометра	Да	Да	Нет	Нет
Отсутствует утечка воздуха	Да	Да	Нет	Нет
ФЖЕЛ _{экв} — ФЖЕЛ $\leq 0,100$ л или 5% ФЖЕЛ (ориентируемся на большую величину), когда ФЖЕЛ _{экв} , измеряемая при глубоком быстром вдохе сразу после окончания форсированного выдоха, превышает ФЖЕЛ	Да	Да	Нет	Нет

Таблица 3
Стандартные коды качества измерений ОФВ₁ и ФЖЕЛ
у пациентов старше 6 лет

Код	Число попыток	Повторяемость
A	≥ 3 приемлемых	$\leq 0,150$ л
B	2 приемлемых	$\leq 0,150$ л
C	≥ 2 приемлемых	$\leq 0,200$ л
D	≥ 2 приемлемых	$\leq 0,250$ л
E	≥ 2 приемлемых	$> 0,250$ л
	1 приемлемая	—
U	0 приемлемых и ≥ 1 допустимых	—
F	0 приемлемых и 0 допустимых	—

Список литературы / References:

- Стручков П. В., Лукина О. Ф., Дроздов Д. В. Спирометрия. В кн.: Функциональная диагностика: национальное руководство / под ред. Н. Ф. Берестень, В. А. Сандрикова, С. И. Федоровой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019: 574–596. Struchkov P. V., Lukina O. F., Drozdov D. V. Spirometry. In: Functional diagnostics: National Guidelines / edited by N. F. Beresten, V. A. Sandrikova, S. I. Fedorova. M.: GEOTAR-Media, 2019: 574–596.
- Стручков П. В., Лукина О. Ф., Дроздов Д. В. и др. Спирометрия. В кн.: Функциональная диагностика: национальное руководство. Краткое издание / под ред. Н. Ф. Берестень, В. А. Сандрикова, С. И. Федоровой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023: 460–481. Struchkov P. V., Lukina O. F., Drozdov D. V., et al. Spirometry. In: Functional Diagnostics: National Guidelines. Short edition / edited by N. F. Beresten, V. A. Sandrikova, S. I. Fedorova. M.: GEOTAR-Media, 2023: 460–481.
- Стручков П. В., Дроздов Д. В., Лукина О. Ф. Спирометрия. Руководство для врачей. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. Struchkov P. V., Drozdov D. V., Lukina O. F. Spirometry. A guide for doctors. 4th ed., revised and supplemented. Moscow: GEOTAR-Media, 2023.
- Кирюхина Л. Д., Стручков П. В. Стандартизация спирометрии: что нового в обновлении 2019 года. Часть 1. Медицинский алфавит. 2020;(9): 9–14. DOI: 10.33667/2078–5631–2020–9–9–14. Kiryukhina L. D., Struchkov P. V. Standardization of spirometry: what's new in the 2019 update. Part 1. Medical Alphabet. 2020;(9): 9–14. DOI: 10.33667/2078–5631–2020–9–9–14.
- Кирюхина Л. Д., Стручков П. В. Стандартизация спирометрии: что нового в обновлении 2019 года. Часть 2. Медицинский алфавит. 2020;1(14):10–18. DOI: 10.33667/2078–5631–2020–14–10–18. Kiryukhina L. D., Struchkov P. V. Standardization of spirometry: what's new in the 2019 update. Part 2. The Medical Alphabet. 2020;1(14):10–18. DOI: 10.33667/2078–5631–2020–14–10–18.
- Каменева М. Ю. Новые международные рекомендации по интерпретации легочных функциональных тестов (Часть 1) Медицинский алфавит. 2022;(20): 16–22. DOI: 10.33667/2078–5631–2022–20–16–22. Kameneva M. Yu. New international recommendations on the interpretation of pulmonary functional tests (Part 1) Medical Alphabet. 2022;(20): 16–22. DOI: 10.33667/2078–5631–2022–20–16–22.
- Miller M. R., Hankinson J., Brusasco V. et al. ATS/ERS Task Force. Standardization of spirometry. Eur Respir J. 2005; 26(2): 319–338. DOI: 10.1183/09031936.05.00034805.
- Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. Eur. Respir. J. 2005; 26 (5): 948–968. DOI: 10.1183/09031936.05.00035205.
- Чучалин А. Г., Айсанов З. Р., Чикина С. Ю. и др. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии. Пульмонология. 2014;(6): 11–24. DOI: 10.18093/0869–0189–2014–0–6–11–24. Chuchalin A. G., Aisanov Z. R., Chikina S. Yu. et al. Federal clinical guidelines of the Russian Respiratory Society on the use of the spirometry method. Pulmonology. 2014; (6): 11–24. DOI: 10.18093/0869–0189–2014–0–6–11–24.
- Graham B. L., Steenbruggen I., Miller M. R. et al. 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): e70–88. DOI: 10.1164/rccm.201908–1590ST.
- Stanojevic S., Kaminsky D. A., Miller M. R. et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. Eur. Respir. J. 2022; 60 (1): 2101499. DOI: 10.1183/13993003.01499–2021.
- Каменева М. Ю., Черняк А. В., Айсанов З. Р. и др. Спирометрия: методическое руководство по проведению исследования и интерпретации результатов. Пульмонология. 2023; 33 (3): 307–340. DOI: 10.18093/08690189–2023–33–3–307–340. Kameneva M. Yu., Chernyak A. V., Aisanov Z. R. et al. Spirometry: a methodological guide for conducting research and interpreting the results. Pulmonology. 2023; 33 (3): 307–340. DOI: 10.18093/08690189–2023–33–3–307–340.
- Айсанов З. Р., Калманова Е. Н., Каменева М. Ю. и др. Рекомендации Российского респираторного общества по проведению функциональных исследований внешнего дыхания в период пандемии COVID-19. Версия 1.1 от 19.05.2020 г. Практическая пульмонология. 2020; 1: 104–06. <https://rucont.ru/efd/683597> Aisanov Z. R., Kalmanova E. N., Kameneva M. Yu. et al. Recommendations of the Russian Respiratory Society on conducting functional studies of external respiration during the COVID-19 pandemic. Version 1.1 from 05/19/2020 Practical pulmonology. 2020; 1: 104–06. <https://rucont.ru/efd/683597>
- СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуата-

- ции производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий) (постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 3) https://www.gospotrebnadzor.ru/files/news/SP.2.1.3684-21_territorii.pdf Дата обращения: 31.08.2023.
- SanPiN 2.1.3684-21 «Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of the territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures» (resolution of the Chief State Sanitary Doctor RF No. 3 dated 28.01.2021) https://www.gospotrebnadzor.ru/files/news/SP.2.1.3684-21_territorii.pdf Date of access: 31.08.2023.
15. ГОСТ Р ИСО 26782-2016. Спирометры, предназначенные для измерения параметров форсированного выдоха человека. Введ. 20.07.16. М.: Стандартиформ, 2016. <https://docs.cntd.ru/document/1200137304/titles> Дата обращения: 31.08.2023.
 - GOST R ISO 26782-2016. Spirometers designed to measure the parameters of forced exhalation of a person. Introduction. 20.07.16. Moscow: Standartinform, 2016. <https://docs.cntd.ru/document/1200137304/titles> Date of access: 31.08.2023.
 16. ГОСТ Р ИСО 13731-2016. Эргономика термальной среды. Термины, определения и обозначения. Введ. 26.10.16. М.: Стандартиформ, 2016. <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=205386> Дата обращения: 31.08.2023.
 - GOST R ISO 13731-2016. Ergonomics of the thermal environment. Terms, definitions and designations. Introduction. 26.10.16. Moscow: Standartinform, 2016. <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=205386> Date of access: 31.08.2023.
 17. Gauld L. M., Kappers J., Carlin J. B., Robertson C. F. Height prediction from ulna length. *Dev. Med. Child. Neurol.* 2004; 46 (7): 475-480. DOI: 10.1111/J.1469-8749.2004.TB00508.X.
 18. Qanjer P. H., Capderou A., Mazicioğlu M. M. et al. All-age relationship between arm span and height in different ethnic groups. *Eur. Respir. J.* 2014; 44 (4): 905-912. DOI: 10.1183/09031936.00054014.
 19. Gagnon P., Guenette J., Langer D. et al. Pathogenesis of hyperinflation in chronic obstructive pulmonary disease. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2014; 9 (1): 187-201. DOI: 10.2147/COPD.S38934.
 20. Айсанов З. Р., Калманова Е. Н. Бронхиальная обструкция и гипервоздушность легких при хронической обструктивной болезни легких. *Практическая пульмонология.* 2016; (2): 9-17. http://www.atmosphere-ph.ru/modules/Magazines/articles/pulmo/pp_2_2016_9.pdf
 - Aisanov Z. R., Kalmanova E. N. Bronchial obstruction and hyper-airiness of the lungs in chronic obstructive pulmonary disease. *Practical pulmonology.* 2016; (2): 9-17. http://www.atmosphere-ph.ru/modules/Magazines/articles/pulmo/pp_2_2016_9.pdf
 21. D'Angelo E., Prandi E., Milic-Emili J. Dependence of maximal flow-volume curves on time course of preceding inspiration. *J. Appl. Physiol.* 1993; 75 (3): 1155-1159. DOI: 10.1152/jappl.1993.75.3.1155.
 22. Wanger J. S., Ikke D. N., Cherniack R. M. The effect of inspiratory maneuvers on expiratory flow rates in health and asthma: influence of lung elastic recoil. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1996; 153 (4, Pt 1): 1302-1308. DOI: 10.1164/ajrccm.153.4.8616558.
 23. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения. <https://gostrf.com/normadata/1/4294845/4294845443.pdf?ysclid=llu0znsrp508700275> Дата обращения: 31.08.2023.
 - GOST R ISO 5725-1-2002 Accuracy (correctness and precision) of measurement methods and results. Part 1. Basic provisions and definitions. <https://gostrf.com/normadata/1/4294845/4294845443.pdf?ysclid=llu0znsrp508700275> Date of access: 31.08.2023.
 24. Hankinson J. L., Crapo O. R. Standard flow-time waveforms for testing of PEF meters. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1995; 152 (2): 696-701. DOI: 10.1164/ajrccm.152.2.7633728.
 25. Miller M. R., Pedersen O. F., Qanjer P. H. The rise and dwell time for peak expiratory flow in patients with and without airflow limitation. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1998; 158 (1): 23-27. DOI: 10.1164/ajrccm.158.1.9708128.
 26. Enright P. L., Beck K. C., Sherrill D. L. Repeatability of spirometry in 18,000 adult patients. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2004; 169 (2): 235-238. DOI: 10.1164/rccm.200204-347OC.
 27. Enright P., Vollmer W. M., Lamprecht B. et al. Quality of spirometry tests performed by 9893 adults in 14 countries: the BOLD Study. *Respir. Med.* 2011; 105 (10): 1507-1515. DOI: 10.1016/j.rmed.2011.04.008.

Сведения об авторах:

Каменева Марина Юрьевна, д.м.н., ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института ревматологии и алергологии Научно-клинического исследовательского центра¹, врач функциональной диагностики кабинета функциональной диагностики поликлиники С КДЦ клиники Научно-клинического исследовательского центра¹. ELibrary SPIN: 9810-9636, AuthorID: 15686. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3832-8485>

Кирюхина Лариса Дмитриевна, к.м.н., заведующая отделением функциональной и ультразвуковой диагностики², ведущий научный сотрудник, руководитель научно-исследовательской лаборатории функциональных исследований³. ELibrary SPIN: 7446-4116, AuthorID: 342739 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6550-817X>

Стручков Петр Владимирович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой клинической физиологии и функциональной диагностики Академии постдипломной подготовки⁴, заместитель руководителя диагностической службы⁵. ELibrary SPIN: 6093-0782, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8203-5121>

¹ФГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Минздрава России

²ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России, Москва

³ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России

⁴ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России, Москва

⁵ФГБУЗ «Клиническая больница № 85» ФМБА России, Москва

Автор для переписки:

Каменева Марина Юрьевна. E-mail: kmju@mail.ru

About authors:

Kameneva Marina Yu., MD, Leading Researcher, Research Institute of Rheumatology and Allergology of the Scientific and Clinical Research Center¹, Doctor of Functional Diagnostics of the Functional Diagnostics Office of the polyclinic with the CDC Clinic of the Scientific and Clinical Research Center¹. ELibrary SPIN: 9810-9636. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3832-8485>

Kiryukhina Larisa D., Ph.D., Head of the Department of Functional and Ultrasound Diagnostics², Leading researcher, Head of the Research Laboratory of Functional research³. ELibrary SPIN: 7446-4116. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6550-817X>

Struchkov Pyotr V., MD, Professor, Head of the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics of the Academy of Postgraduate Education⁴, Deputy Head of Diagnostic Department⁵. Electronic library SPIN: 6093-0782. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8203-5121>

¹Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Russia

²Pulmonology Scientific Research Institute, Moscow, Russia

³Saint-Petersburg State Research Institute of Phthiisopulmonology

⁴Academy of Postgraduate Education under Federal State Budgetary Unit "Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of Federal Medical Biological Agency", Moscow, Russia

⁵Clinical Hospital No.85 FMBA of Russia, Moscow, Russia

Corresponding author: Kameneva Marina Yu. E-mail: kmju@mail.ru.

Статья поступила / Received 08.08.2023

Получена после рецензирования / Revised 10.08.2023

Принята в печать / Accepted 22.09.2023

Для цитирования: Каменева М.Ю., Кирюхина Л.Д., Стручков П.В. Обновленные отечественные рекомендации по спирометрии. Часть 1. Правила проведения исследования и критерии его качества. *Медицинский алфавит.* 2023;(22):7-18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-22-7-18>

For citation: Kameneva M. Yu., Kiryukhina L. D., Struchkov P. V. Updated national guidelines for spirometry. Part 1. Test rules and quality criteria. *Medical alphabet.* 2023;(22):7-18. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-22-7-18>

