



# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	4
Унифицированный список сокращений и условных обозначений показателей внешнего дыхания . . . . .	5
Краткий словарь терминов и понятий, используемых в физиологии дыхания . . . . .	13
Историческая справка . . . . .	16
<b>Раздел 1. Основы физиологии и патофизиологии внешнего дыхания . . . . .</b>	<b>17</b>
<i>Предметный указатель раздела 1 . . . . .</i>	<i>19</i>
<b>Раздел 2. Общие вопросы организации и подготовки к исследованию функции внешнего дыхания . . . . .</b>	<b>61</b>
<i>Предметный указатель раздела 2 . . . . .</i>	<i>63</i>
<b>Раздел 3. Методы исследования функции внешнего дыхания в покое . . . . .</b>	<b>73</b>
<i>Предметный указатель раздела 3 . . . . .</i>	<i>75</i>
<b>Раздел 4. Биомеханика дыхания. Комплексная поэтапная оценка результатов респираторного тестирования «Нарушение функции внешнего дыхания», «Недостаточность функции внешнего дыхания». Примеры итоговых функциональных заключений респираторного тестирования . . . . .</b>	<b>127</b>
<i>Предметный указатель раздела 4 . . . . .</i>	<i>129</i>
<b>Раздел 5. Эргоспирометрия . . . . .</b>	<b>173</b>
<i>Предметный указатель раздела 5 . . . . .</i>	<i>175</i>
<b>Раздел 6. Вопросы для самоконтроля . . . . .</b>	<b>203</b>
<b>Раздел 7. Приложение . . . . .</b>	<b>223</b>
Оценочные таблицы, инструкция по применению методики пикфлоуметрии . . . . .	225
Рекомендации Российского респираторного общества по проведению функциональных исследований внешнего дыхания в период пандемии COVID-19. Версия 1.0. . . . .	234
Список использованной и рекомендуемой литературы . . . . .	237

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ РАЗДЕЛА 2

Индекс	Содержание	Стр.
2.1	Введение	64
2.2	Оснащение кабинета для проведения исследования ФВД	64
2.3	Показания к исследованию ФВД	65
2.4	Противопоказания к исследованию ФВД	65
2.5	Подготовка пациента и спирометрического оборудования к исследованию ФВД	66
2.5.1	<i>Рекомендации по предварительной подготовке пациента к исследованию ФВД</i>	66
2.5.2	<i>Рекомендации по подготовке спирометрического оборудования к исследованию ФВД</i>	67
2.5.3	<i>Рекомендации перед началом исследования ФВД</i>	67
2.6	Качество респираторного тестирования и влияющие на него факторы	69
2.6.1	<i>Принципы контроля качества спирометрических исследований</i>	71
2.7	Вопросы гигиены и контроля инфекции	71
2.8	Основные требования к среднему медицинскому персоналу, осуществляющему спирометрические исследования [с учетом требований Американского торакального общества (ATS)]	72

## 2.1. Введение

В настоящем разделе представлены вопросы и мероприятия, предшествующие процессу исследования ФВД, но прямо влияющие на качество и объективность респираторного тестирования. В материалах данного раздела использованы указания и рекомендации ATS и Европейского респираторного общества (ERS), **неукоснительное выполнение которых — важное условие получения надежных и воспроизводимых спирометрических данных.**

## 2.2. Оснащение кабинета для проведения исследования ФВД

*Оснащение кабинета ФВД:*

- кресло (стул), медицинская кушетка;
- мебель для размещения приборов и медицинского персонала;
- тонометр и фонендоскоп;
- небулайзер;
- лекарственные препараты для проведения бронхолитических проб, оказания экстренной медицинской помощи и средства для дезинфекции загубников, носовых зажимов, спирометрического оборудования (все должно иметь годный срок);
- для проведения ингаляционных проб (бронходилатационных и бронхоконстрикторных) кабинет следует оборудовать вытяжной (лучше приточно-вытяжной) вентиляцией.

**Таблица 2.1.** Лекарственные средства для проведения бронхолитических проб и оказания экстренной медицинской помощи в аптечке кабинета ФВД

Лекарственные средства, разовая доза	Средние разовые дозы	Штатное количество препарата в аптечке
Ипратропия бромид (Атровент Н <sup>▲</sup> ) (дозированный аэрозоль, 20 мкг/доза)	2	10,0 мл
Ипратропия бромид + фенотерол (Беродуал Н <sup>▲</sup> ) (дозированный аэрозоль)	2–4	10,0 мл
Фенотерол (Беротек Н <sup>▲</sup> ) (дозированный аэрозоль, 100 мкг/доза)	2–4	10,0 мл
Сальбутамол (дозированный аэрозоль, 100 мкг/доза)	2–4	10,0 мл
Изосорбида динитрат (Изокет <sup>▲</sup> ), спрей	1–3	15,0 мл
Фенобарбитал + этилбромизовалерианат (Валокордин <sup>▲</sup> )	15–20 кап.	20,0 мл
Раствор аммиака 10%	б/д	40,0 мл

### 2.3. Показания к исследованию ФВД

- У лиц с предполагаемой или установленной острой или хронической бронхолегочной патологией, а также патологией трахеи, органов средостения.
- Заболевания сердечно-сосудистой системы с признаками недостаточности кровообращения.
- Нервно-мышечные заболевания.
- Аномалии развития и травмы грудной клетки.
- Для оценки степени тяжести дыхательной недостаточности.
- Для интерпретации других легочных респираторных тестов (например, диффузионной способности легких).
- Для мониторинга терапевтического эффекта и подбора бронхолитической терапии у больных с патологией органов дыхания.
- Перед назначением  $\beta$ -адреноблокаторов и при подборе их дозы.
- При предоперационной подготовке (для предупреждения операционных и послеоперационных осложнений).
- Экспертиза трудоспособности и здоровья, в том числе в спортивной, профессиональной и военной медицине.
- Эпидемиологические и популяционные исследования.

### 2.4. Противопоказания к исследованию ФВД

- Тяжелое общесоматическое состояние пациента.
- Перенесенный менее 1 мес инфаркт миокарда.
- Кровохарканье или обильное отхождение мокроты.
- Послеоперационные противопоказания определяются хирургом.
- Неадекватность поведения больного.
- Отказ пациента от сотрудничества с медицинским персоналом, непонимание им команд при выполнении дыхательных маневров.
- Эпилепсия или подозрение на нее (исследование ФВД возможно при исключении пробы МВЛ).
- ОРЗ.
- Перенесенный COVID-19 при сроке после выздоровления менее 1 мес.

Но даже в тех случаях, когда перечисленных противопоказаний нет, повышение температуры тела, корешковые боли в грудной клетке, резкая общая слабость требуют временного отказа от исследования ФВД, поскольку в таких случаях рассчитывать на достижение максимальных значений показателей невозможно.

Следует помнить, что главный критерий определения противопоказаний к исследованию ФВД (как и к другим исследованиям) — **риск проведения исследования ФВД не должен превышать его пользу.**

## 2.5. Подготовка пациента и спирометрического оборудования к исследованию ФВД

### 2.5.1. Рекомендации по предварительной подготовке пациента к исследованию ФВД

- Исключить применение ингаляционных бронхолитиков короткого и длительного действия, а в случае их применения — сообщить медицинскому персоналу об использованных препаратах, дозах и времени их применения. Продолжительность периодов отмены препаратов приведена в табл. 2.2.
- При приеме других препаратов, способных влиять на проходимость дыхательных путей, их необходимо заблаговременно отменить, при невозможности отмены — учесть при оценке результатов исследования, отразить в заключении.
- Не курить и не употреблять спиртосодержащие напитки, желательное в течение 24 ч до исследования, но как минимум — за 1 ч не курить. Не принимать даже легкие спиртные напитки как минимум за 4 ч до начала исследования.
- Исключить обильный прием пищи за 2 ч до тестирования.

**Таблица 2.2.** Периоды отмены некоторых препаратов перед исследованием ФВД, бронходилатационными и бронхопровокационными пробами

Препарат	Период отмены, ч, не менее
$\beta_2$ -Агонисты короткого действия	6
$\beta_2$ -Агонисты длительного действия	12
Пролонгированные теофиллины	24
$\beta$ -Блокаторы короткого действия	12
$\beta$ -Блокаторы длительного действия	24

**Примечание.** Решение отменять или не отменять бронхолитики короткого действия перед исследованием ФВД зависит от его целей.

- **Отмена бронхолитиков необходима**, если планируется оценка базовой функции легких.
- При оценке состояния ФВД в терапевтическом режиме **бронхолитическая терапия не отменяется.**

Непосредственно перед проведением исследования ФВД следует исключить физиотерапию, ингаляционные процедуры, лечебную физкультуру, посещение стоматолога, а также эндоскопические и любые другие исследования, вызы-

вающие эмоциональное напряжение и требующие применения анестезирующих средств в полости рта, глотки, гортани, а также седативных лекарственных средств, что часто бывает при стационарном обследовании пациентов.

### *2.5.2. Рекомендации по подготовке спирометрического оборудования к исследованию ФВД*

- Перед началом исследования подготовить спирометрическое оборудование к работе, строго соблюдая рекомендации, изложенные в руководстве по его эксплуатации.
- Провести калибровку прибора согласно инструкции к нему (например, с помощью калибровочного шприца — при спирометрии, автоматическая калибровка — при бодиплетизмографии и определении диффузионной способности легких).
- Ввести данные температуры помещения, атмосферного давления, влажности, что необходимо для определения поправочных коэффициентов приведения дыхательных объемов к альвеолярным условиям (ВTPS), потребления кислорода и выделения углекислого газа к стандартным условиям (STPD). В ряде случаев перерасчет получаемых спирометрических данных ведется вручную, с использованием поправочных таблиц, на современных приборах он выполняется автоматически.

### *2.5.3. Рекомендации перед началом исследования ФВД*

- Исследование ФВД лучше проводить в утренние часы.
- Непосредственно перед исследованием пациент не должен делать энергичных физических усилий, включая лечебную физкультуру.
- Исследование ФВД необходимо проводить в комфортной обстановке, после не менее чем 10-минутного отдыха.
- На исследование следует прийти в легкой, не стесняющей экскурсию грудной клетки одежде. Перед началом исследования расстегнуть плотно прилегающую к шее и грудной клетке одежду.
- Ввести данные для расчета должных величин: возраст, пол, антропометрические данные (рост и масса пациента). **Возраст** вводится в годах. **Масса тела** — в килограммах (без верхней одежды и обуви). **Рост** — в сантиметрах (определяется без обуви, с максимальным выпрямлением туловища, ноги вместе, взгляд — вперед).
- Перед началом спирометрического исследования надеть зажим на нос (одноразовый или многоразовый — после стерилизации).
- С целью предотвращения утечки воздуха пациент подсоединяется к спирометру через бумажный мундштук (одноразовый) или пластиковый (многоразовый) сухой, заранее простерилизованный, с соблюдением всех правил и инструкций по дезинфекции и стерилизации.

- Хорошо подогнанные зубные протезы не снимаются.
- **Исследование лучше проводить в положении больного сидя.**  
Желательно, чтобы кресло имело подлокотники для предотвращения падения пациента при развитии гипервентиляционного синдрома (тесты ФЖЕЛ, МВЛ). Стул (кресло) должны быть без колес. Если исследование больного проводится в инвалидном кресле, колеса должны быть зафиксированы.
- **Во время выполнения дыхательного маневра пациент должен сидеть прямо, не касаясь спинки стула (кресла).**
- Тесты, способные вызвать гипервентиляционный синдром (ФЖЕЛ, МВЛ), должны выполняться только в положении больного сидя.
- Если исследование по каким-либо причинам проводится в положении больного стоя, сзади необходимо поставить стул — на случай ухудшения состояния больного и для возможности его быстрого перевода в положение сидя. У больных с ожирением в вертикальном положении легочные объемы и потоковые показатели обычно больше, чем в положении сидя. У пациентов с нормальной массой тела эти показатели в положении стоя и сидя примерно эквивалентны.
- Перед началом исследования персонал должен проинструктировать пациента о технике выполнения дыхательных маневров. Для впервые обследуемых целесообразно провести пробные тесты.
- Каждый маневр проводится троекратно, но при плохой воспроизводимости (разброс показателей более 15%) количество проб увеличивается до 5–6.
- Иногда в процессе исследования полезно прокомментировать пациенту пневмограмму с указанием ошибок выполнения маневра, с последующим повторением теста.
- Между пробами необходимы перерывы не менее 1–2 мин.
- Для исключения взаимного влияния проб их следует проводить в строгой последовательности: сначала ЖЕЛ, а затем — ФЖЕЛ.
- Во время исследования команды пациенту следует давать четко, спокойно, доброжелательно.
- При возникновении осложнений (гипервентиляционный синдром, кровохарканье, появление болей в грудной клетке) исследование следует немедленно прекратить.
- При повторном исследовании для сопоставимости данных тесты нужно проводить с соблюдением идентичных условий обследования.
- Идеальным следует считать, если при повторном исследовании оно проводится одним и тем же оператором, на том же оборудовании и приблизительно в то же время ( $\pm 2$  ч).
- **Каждый раз должна сохраняться одна и та же (оптимальная) последовательность тестов (табл. 2.3).** Между тестами необходимо соблюдать 1–2-минутные интервалы.



**Таблица 2.3.** Алгоритм оптимальной последовательности проведения легочных функциональных тестов

1. Спирометрия (скрининг ФВД)*
2. Определение статических легочных объемов — по показаниям
3. Определение диффузионной способности легких — по показаниям
4. Проба с бронхолитиком, в том числе исследование статических легочных объемов и $D_{LCO}$ до и после бронхолитика — по показаниям

\* На практике подавляющему большинству пациентов проводится стандартная спирометрия, включающая тесты ЖЕЛ, ФЖЕЛ, и пневмотахометрия с кривой «поток–объем», иногда в сочетании с бронхолитической пробой.

## 2.6. Качество респираторного тестирования и влияющие на него факторы

Современное высокоэффективное и надежное спирометрическое оборудование способно обеспечить у обследуемых лиц адекватное измерение респираторных параметров, однако на снижение качества исследования и конечный его результат может влиять невыполнение любых рекомендаций и положений, среди которых, безусловно, важнейшим считается **нарушение стандартов обследования (наличие технологических ошибок)**.

**Технологические ошибки** могут возникать в процессе проведения исследований. Принято различать две категории технологических ошибок: **систематические ошибки** и **случайные ошибки**. Под систематическими ошибками понимают однонаправленное отклонение результатов от истинных значений, связанное с постоянным нарушением одного или нескольких звеньев технологического процесса. В то же время случайной ошибкой называют отклонение отдельного результата от истинного значения, связанное со случайным (единичным) нарушением технологического процесса.

При дальнейшем анализе этого вопроса оказалось, что на конечный результат спирометрии могут оказывать влияние две группы ошибок:

- ошибки, связанные с процессом измерения показателей;
- ошибки, связанные с выбором лучших результатов исследования.

К первой группе факторов относятся:

- **достоверность (validity)** или **точность измерений (accuracy)** — качество измерений, отражающее близость результата к истинному значению, что связано с исключением систематических и минимизацией случайных ошибок;
- **правильность измерений** — отражает близость систематических ошибок к нулю;
- **сходимость измерений (repeatability)** — близость результатов, выполненных в одних и тех же условиях (случайные ошибки близки к нулю); чем

меньше расхождение результатов в одних и тех же условиях, тем больше сходимость;

- **воспроизводимость измерений (reproducibility)** — диапазон колебаний показателя при повторных измерениях, следующих друг за другом; чем меньше расхождение результатов, тем больше воспроизводимость;
- **повторяемость измерений** — колебания значений показателей при длительном наблюдении и повторных измерениях (через дни, недели, месяцы).

В табл. 2.4 показаны значения воспроизводимости и повторяемости показателей кривой «поток—объем» по данным Р.Ф. Клемента. Из данных таблицы следует, что воспроизводимость большинства показателей спирограммы и кривой «поток—объем» ФЖЕЛ составляет от 2,5 до 5% должной величины, с увеличением до 6–8% в последних ее фракциях. Эту же точку зрения разделяют В.П. Сильвестров и соавт., которые считают, что при правильном выполнении маневра ФЖЕЛ значения показателей не должны отличаться более чем на 5%.

**Таблица 2.4.** Воспроизводимость ( $\sigma_v$ ) и повторяемость ( $\sigma_n$ ) основных показателей спирограммы и кривой «поток—объем»

Показатель	Единица измерения	$\sigma_v$		$\sigma_n$	
		Абсолютное число	% должной величины	Абсолютное число	% должной величины
ЖЕЛ	л	0,115	2,98	0,145	3,79
ФЖЕЛ	л	0,097	2,56	0,119	3,18
ОФВ <sub>1</sub>	л	0,075	2,36	0,103	3,29
ОФВ <sub>1</sub> /ЖЕЛ	%	2,78	3,37	3,20	3,88
ПОС	л/с	0,324	4,47	0,375	5,19
МОС <sub>25</sub>	л/с	0,255	3,89	0,344	5,17
МОС <sub>75</sub>	л/с	0,154	6,92	0,187	8,36
СОС <sub>25–75</sub>	л/с	0,193	4,92	0,247	6,41
СОС <sub>75–85</sub>	л/с	0,159	7,99	0,204	10,36

Как отмечалось выше, на информативность показателей спирометрии, а также любых других респираторных показателей большое влияние оказывает **фактор выбора лучших результатов исследования**. В связи с этим при выборе лучших кривых «поток—объем» целесообразно воспользоваться одним из представленных ниже принципов:

- по наибольшему одному или нескольким показателям — ФЖЕЛ, ПОС или наибольшей сумме — ФЖЕЛ + ОФВ<sub>1</sub> (ATS);

- по наибольшим потоковым показателям;
- по составной кривой (огibaющей кривой).

**Выбор кривой по максимальной ФЖЕЛ или ФЖЕЛ + ОФВ<sub>1</sub> уменьшает возможную погрешность в объемах.**

### 2.6.1. Принципы контроля качества спирометрических исследований

При проведении спирометрических исследований необходим постоянный контроль качества респираторного тестирования с ведением журнала:

- статистики недопустимых маневров и невозпроизводимых тестов;
- корректирующих мероприятий, направленных на улучшение качества респираторного тестирования.

Таким образом, качество любых спирометрических исследований зависит не столько от используемого медицинского оборудования, надежность которого обычно не вызывает сомнений, сколько от подготовленности медицинского персонала, строгого соблюдения им технологии проведения такого рода исследований.

## 2.7. Вопросы гигиены и контроля инфекции

Гигиена и контроль инфекции предупреждают передачу инфекции от больного к больному и от больного к медперсоналу в процессе респираторного тестирования. Внимание должно быть обращено на спирометрическое оборудование, которое используется для диагностических целей, а также на пульсоксиметры и небулайзеры. Инфекция может передаваться посредством прямого контакта (инфекция верхних дыхательных путей) или косвенным способом — через загубники, носовые зажимы, проксимальные поверхности клапанов и шлангов приборов.

Теоретически возможна передача туберкулеза, вирусных инфекций, возбудителей внутрибольничной пневмонии. Вместе с тем известно, что число зарегистрированных случаев передачи инфекции в процессе респираторного тестирования крайне мало, **однако риск подобного инфицирования вполне реален, поэтому важно помнить и строго соблюдать перечисленные ниже рекомендации.**

**В настоящее время особенно актуальна проблема профилактики передачи коронавирусной инфекции (COVID-19) при исследовании ФВД,** в связи с чем имеются рекомендации, согласно которым проведение спирометрии такого рода больным возможно не ранее чем через 1 мес после выздоровления пациента. Еще более отсроченным должно быть назначение этим больным метода общей бодиплетизмографии и определения диффузионной способности легких, что связано с особой сложностью обработки используемой для этого аппаратуры (см. Приложение).

Между приемом пациентов следует мыть руки. Необходимо использовать перчатки при обработке потенциально загрязненного оборудования, особенно если имеются повреждения на руках. Загубники и носовые зажимы перед повторным использованием должны промываться проточной водой, а также дезинфицироваться или стерилизоваться (в соответствии с инструкцией производителя), если недоступны одноразовые расходники. При наличии воздушно-капельной инфекции не следует забывать об использовании вентиляции, регулярном проветривании помещения и ультрафиолетовой дезактивации воздуха в кабинете, где проводится респираторное тестирование.

Использование одноразовых фильтров во многом предотвращает загрязнение респираторного тракта оборудования, однако они могут, хоть и незначительно, отрицательно сказываться на величине ФЖЕЛ и ОФВ<sub>1</sub>.

**Использование фильтров не устраняет потребность в очистке и дезинфекции спирометрического оборудования.**

При покупке спирометрического оборудования следует оценить, помимо его диагностических возможностей, простоту разборки, очистки и дезинфекции, а также наличие подробной инструкции по способам дезобработки.

## **2.8. Основные требования к среднему медицинскому персоналу, осуществляющему спирометрические исследования [с учетом требований Американского торакального общества (ATS)]**

**Самый важный фактор успешного исследования респираторной функции легких — хорошо подготовленный и высокомотивированный медицинский персонал.**

Основные требования к среднему медицинскому персоналу, осуществляющему спирометрические исследования.

- Исследующий должен иметь достаточные сведения по физиологии, патофизиологии дыхания и заболеваниям легких.
- Он должен пройти соответствующее обучение и быть ответственным за проведение исследования легочной функции, **иметь сертификат специалиста по функциональной диагностике.**
- Медицинский персонал должен знать недопустимые (некорректные) респираторные маневры.
- Он должен владеть вопросами калибровки приборов, гигиены и оценки качества проведенного исследования.
- Исследующий должен регистрировать все аномальные события в процессе исследования любых пациентов с последующим анализом их причин.
- Медицинский персонал должен постоянно повышать свою квалификацию по специальности «функциональная диагностика» **в системе непрерывного медицинского образования.**