

# Этапы проведения спирометрии

Модуль 2



# **В результате изучения этого модуля Вы сможете**

- Изучить методику проведения спирометрии
- Узнаете критерии качественного исследования, критерии приемлемости и воспроизводимости результатов
- Узнаете типичные ошибки и артефакты при проведении исследования
- Изучите методику броходилатационного теста

# Взаимосвязь между измерением и интерпретацией данных

- Данные проведенной Вами спирометрии только тогда будут иметь клиническое значение, когда будут приняты во внимание целый ряд аспектов: клиническая картина заболевания, условия проведения исследования, надежность оборудования, качество полученных результатов
- В этом модуле Вы познакомитесь с методикой проведения спирометрии, наиболее типичными кривыми поток-объем, узнаете, как распознать артефакты.
- Самое главное – Вы научитесь оценивать качество полученных результатов!

# Надежное оборудование – необходимое условие качественного исследования!

## Технические требования к спирометрам



- Все спирометры должны удовлетворять минимальным техническим требованиям, которые достаточны для повседневной клинической практики.
- Спирометр должен позволить оценивать объем воздуха в течение  $\geq 15$  сек и измерять объемы не менее 8 л с точностью как минимум  $\pm 3\%$ , или  $\pm 0,05$  л, а воздушные потоки – от нуля до 14 л/с. Для оптимального контроля за качеством измерений спирометр должен оснащаться дисплеем, на котором отражается кривая поток-объем или объем-время, для визуальной оценки каждого выполненного маневра перед началом следующего.
- Для оценки воспроизводимости повторных маневров в течение одного исследования желательно, чтобы все кривые в данном исследовании накладывались на дисплее друг на друга.
- Перед началом работы необходимо калибровать спирометр. Это неотъемлемая часть международных требований качественной лабораторной практики.
- *Подробнее о калибровке спирометра можно прочитать в методических рекомендациях по использованию метода спирометрии Российского респираторного общества в разделе «Ресурсы»*

# Требования к обеспечению качества работы оборудования (как для объемных, так и для датчиков потока), АТО/ЕРО, 2019

- Ежедневная проверка калибровки при низкой, средней и высокой скорости: если проверка калибровки не удалась, проверьте и устраните неполадки и повторите проверку калибровки;
- Если используются одноразовые фильтры при проведении спирометрии, то он также должен использоваться во время калибровок;
- Повторная калибровка спирометра должна проводиться после неудачной поверки калибровки, а в соответствии с интервалами, указанными изготовителем;
- Если изменение калибровочного коэффициента составляет  $\geq 6\%$  или отклоняется более чем на  $\pm 2SD$  от среднего значения, необходимо проверить и при необходимости очистить спирометр в соответствии с инструкциями изготовителя; проверить наличие ошибок и выполнить повторную калибровку;
- Выполнять плановые проверки и техническое обслуживание с интервалами, указанными производителем

# Калибровочный шприц (3 литра) – необходимое условие ежедневной проверки спирометра

- Ежедневный осмотр для проверки возможного смещения упора поршня
- Ежедневная проверка возможности плавного движения шприца без застревания
- Точность  $\pm 0,015$  л проверяется изготовителем при поставке и с интервалами, рекомендованными изготовителем
- Ежемесячная проверка герметичности шприца

# Документация

- Ведение журнала результатов калибровки
- Документирование ремонтов или других изменений, которые возвращают оборудование в приемлемую эксплуатацию
- Запись дат обновления или изменения программного и аппаратного обеспечения компьютера
- Запись дат изменения или перемещения оборудования. Калибровочные проверки и процедуры контроля качества должны быть повторены после любых таких изменений до начала тестирования пациентов
- Проверка референсных значений после обновления программного обеспечения

**Правильная подготовка к исследованию, четкие инструкции и демонстрация маневра предотвратят многие проблемы!**  
**Подготовка пациента к спирометрии (АТО/ЕРО, 2019 более строгие требования)**

- Не курить табак/электронные сигареты/вейпы/кальян в течение **1 часа**
- Не принимать алкоголь **за 8 часов** до исследования
- Исключить значительные физические нагрузки **за 1 час** до исследования
- Одежда пациента не должна стягивать грудную клетку и живот

# Длительность отказа от бронхолитика перед бронходилатационным тестом (с диагностической целью)

Для спирометрии с целью определение ответа на терапевтическое лечение отмены бронхолитиков не требуется

Группа	Препарат	Длительность, ч
КДБА	Альбутерол. Сальбутамол	4-6
КДАХ	Ипратропия бромид	12
ДДБА	Формотерол, Салметерол	24
Ультра-ДДБА	Индакатерол, Вилантерол, Олодатерол	36
ДДАХ	Тиотропия бромид, Умеклидиния бромид, Аклидиния бромид, Гликопиррония бромид	36-48

# Перед началом исследования рекомендуется:

- 1) проверить калибровку спирометра (утром ежедневно);
- 2) задать пациенту вопросы о недавнем курении перед исследованием, имеющихся заболеваниях, использовании лекарственных препаратов, которые могут повлиять на результаты;
- 3) измерить рост и вес пациента;
- 4) внести данные о пациенте в спирометр;
- 5) правильно усадить пациента перед спирометром: пациент должен сидеть с прямой спиной и слегка приподнятой головой. Спирометрию рекомендуется выполнять в положении пациента сидя в кресле с подлокотниками, но без колесиков.
- 6) объяснить и показать пациенту, как правильно выполнить дыхательный маневр;
- 7) при наличии у пациента съемных зубных протезов не рекомендуется снимать их перед исследованием, чтобы не нарушать геометрию ротовой полости. Однако иногда плохо установленные протезы не позволяют пациенту герметично обхватывать загубник и становятся причиной утечки воздуха; в этой ситуации рекомендуется повторить дыхательный маневр после снятия протезов

# Методика проведения спирометрии

- Методика подробно описана в разделе **2.1** материалов модуля 2, с которыми Вам следует ознакомиться и в методических рекомендациях по использованию метода спирометрии Российского респираторного общества (стр. 9-11) в разделе «Ресурсы»
- В материалах модуля Вы найдете **видеоролик** (демонстрирует маневр ФЖЕЛ согласно рекомендациям **РРО 2016**), который Вам поможет наглядно увидеть само исследование в реальных клинических условиях.



# Выполнение маневра ФЖЕЛ (АТО/ЕРО 2019, РРО 2021)

- Маневр ФЖЕЛ включает 4 последовательных этапа:
- 1) спокойное дыхание
- 2) быстрый полный вдох с паузой  $\leq 2$  с на уровне общей емкости легких (ОЕЛ);
- 3) полный *выдох* с максимальным усилием до достижения плато на кривой объем-время длительностью не менее 1 сек. или времени форсированного выдоха 15 с, сохраняя вертикальное положение после форсированного выдоха (пациент не должен нагибаться к коленям);
- 4) **полный вдох с максимальным усилием**

**Маневр повторяется минимум 3 раза до достижения приемлемых результатов, обычно не более 8 для взрослых.**

# Как оценить качество полученных кривых?

- Ответ на этот вопрос связан с четкими наборами критериев:
  - **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.

# Требования к качеству исследования

- Следование стандартному протоколу проведения спирометрии согласно рекомендациям Российского респираторного общества 2021, АТО/ЕРО (2019)
- Соблюдение критериев технической **приемлемости** кривых дыхательного маневра и **повторяемости** результатов

# Критерии качества спирограмм (1)

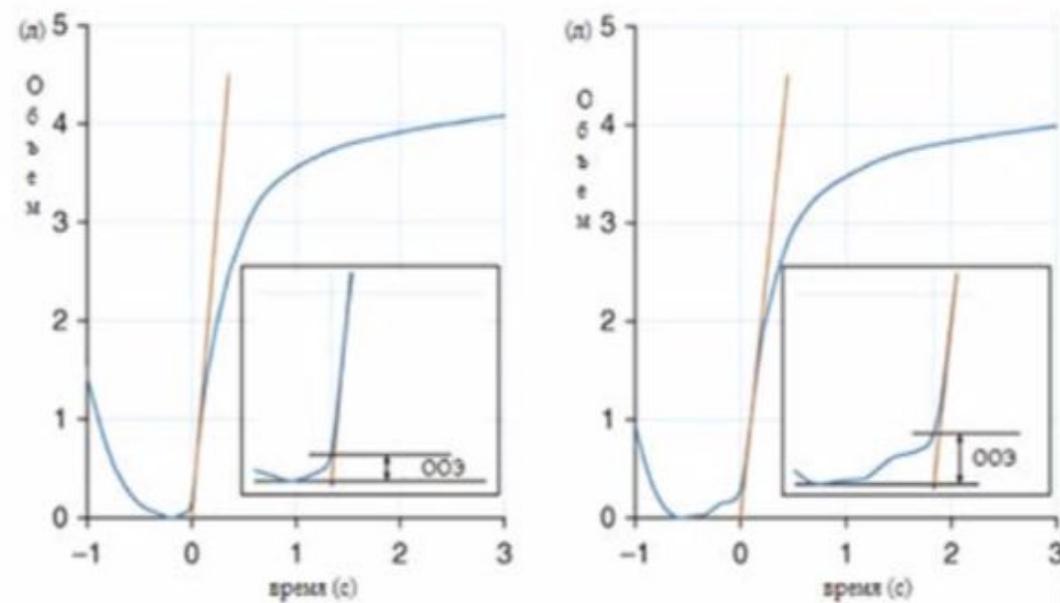
## Критерии технической приемлемости дыхательных маневров

- **Хороший старт (критерии начала форсированного выдоха)**
  - Объем обратной экстраполяции (ООЭ,  $E_{vol}$ ) **< 5% от ФЖЕЛ** или **100 мл** (берется наибольший показатель)
  - Не должно быть никаких признаков неисправной установки нулевого потока
  - Отсутствие артефактов (кашель в первую сек выдоха)

## Соответствие ООЭ пороговому пределу – основное условие приемлемого вдоха (ОФВ<sub>1</sub>)!

- Объем обратной экстраполяции (ООЭ, Evol, BEV) — это объем газа, который уже был выдохнут от уровня максимального объема легких до времени «0» (начало времени отсчета форсированного выдоха), когда усилие на выдохе стало максимальным.
- Увеличение объема обратной экстраполяции происходит при медленном начале маневра форсированного выдоха, при недостаточном усилии выдоха
- Измерения ОФВ<sub>1</sub> и ФЖЕЛ от маневра с ООЭ с превышенным пределом считаются **не только неприемлемыми, но и непригодными** к дальнейшему анализу. Превышение предельно допустимых значений ООЭ обычно приводит к ложному завышению значений ОФВ<sub>1</sub>

# Объем обратной экстраполяции



# Завершение форсированного выдоха (АТО/ЕРО 2019, РРО 2021)

- **Хороший выдох (конечные критерии завершения форсированного выдоха)**
  - Достижение «плато» на кривой «объем-время» **в течение 1 сек** ( $\leq 0,025$  л за последнюю секунду выдоха) ИЛИ
  - Достижение времени выдоха  $\geq 15$ с ИЛИ
  - Различие между наибольшими значениями ФЖЕЛ менее или равно 150 мл
  - Дополнительный критерий: разница между величинами ФЖЕЛвд и ФЖЕЛ не должна быть более **100 мл или 5%ФЖЕЛ** (берем наибольшую величины)

**Выдох должен быть сделан с максимальным усилием от начала до самого конца!**

# Критерии качества спирограмм (2)

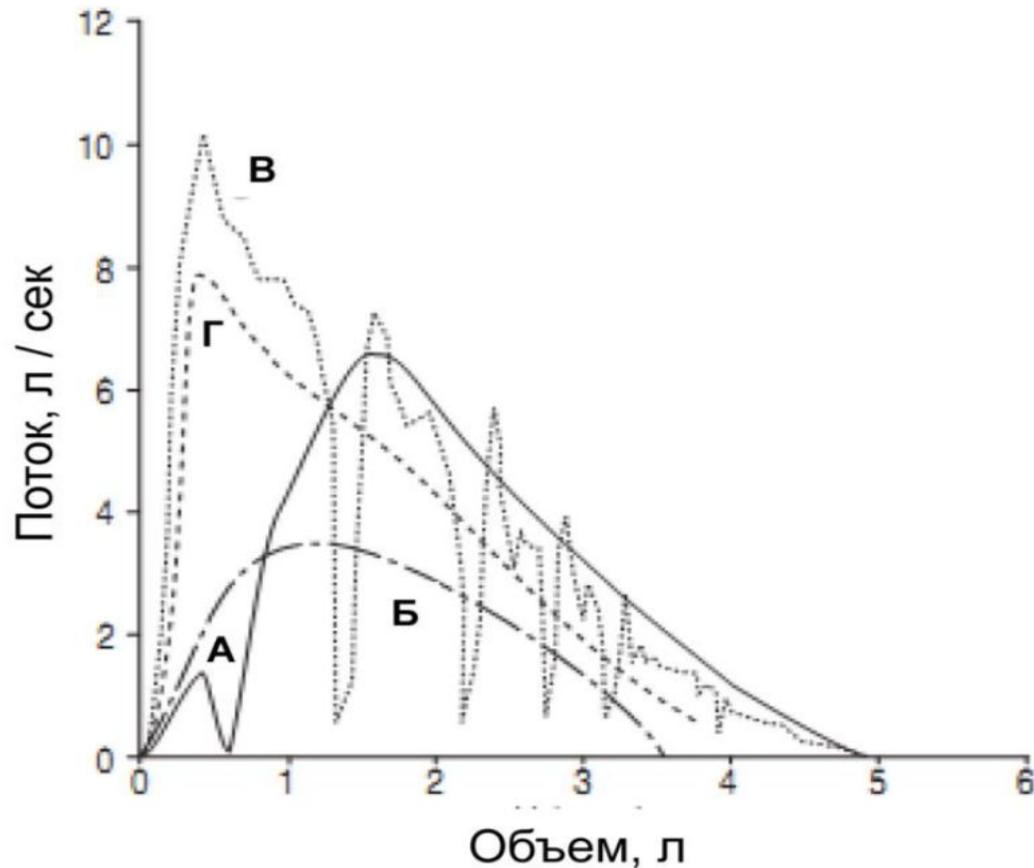
## Критерии приемлемости спирограмм

- **Отсутствие артефактов**

- кашель во время первой секунды выдоха
- закрытие голосовой щели во время исследования
- раннее окончание выдоха и резкий обрыв выдоха
- не приложено максимальных усилий при выполнении выдоха
- утечка воздуха через рот, нос
- закрытие мундштука спирометра языком, зубами
- пережатием картонного мундштука зубами,
- перекрытием выходного отверстия ручного спирометра при неправильном размещении руки

**Кривая дыхательного маневра с артефактами исключается из исследования или может быть пригодна для определения только одного из параметров (например, ФЖЕЛ)!**

# Типичные ошибки и артефакты при проведении исследования



- А – медленное начало
- Б – недостаточное усилие
- В – кашель
- Г – раннее завершение выдоха

# Дыхательные маневры, не соответствующие критериям приемлемости, могут быть пригодными и не всегда исключаются из исследования!

- Приемлемое измерение  $ОФВ_1$  может быть получено в результате маневра с досрочным прекращением через 1 секунду
- В рекомендации АТО/ЕРО 2019 нет никаких требований для достижения минимальной величины  $T_{ФЖЕЛ}$ , поэтому требуется повышенная бдительность оператора при оценке того, был ли выдох завершен или имело место досрочное прекращение
- Если объем максимального вдоха ( $ФЖЕЛ_{вдоха}$ ) после завершения исследования больше, чем  $ФЖЕЛ$ , то пациент начал маневр форсированного выдоха не с уровня максимального вдоха (не вдохнул до уровня общей емкости легких). Измерения  $ОФВ_1$  и  $ФЖЕЛ$  от маневра с  $ФЖЕЛ_{вдоха} - ФЖЕЛ > 0.100$  л или 5%  $ФЖЕЛ$ , в зависимости от того, что больше, **не приемлемы**.

# Приемлемость и пригодность (АТО/ЕРО, 2019)

- **Приемлемость** (acceptability) – условия достижения максимального усилия при выполнении маневра форсированного выдоха
- **Пригодность** (usability) – маневр форсированного выдоха не соответствует критериям приемлемости, однако может быть использован для интерпретации результатов

# Критерии приемлемости, допустимости для ОФВ<sub>1</sub> и ФЖЕЛ (АТО/ЕРО 2019)

Критерии приемлемости, пригодности	Требования для приемлемости		Требования для допустимости	
	ОФВ <sub>1</sub>	ФЖЕЛ	ОФВ <sub>1</sub>	ФЖЕЛ
ООЭ ≤5% от ФЖЕЛ или 0,100л, в зависимости от того, что больше	да	да	да	да
Стабильная нулевая линия нулевого потока	да	да	да	да
Отсутствие кашля в первую секунду выдоха	да	нет	да	нет
Отсутствие закрытия голосовых связок в первую секунду выдоха	да	да	да	да
Отсутствие закрытия голосовых связок после первой секунды выдоха	нет	да	нет	нет
Достижение одного из этих трех показателей завершения форсированного выдоха: 1. Плато выдоха (≤0,025 л за последнюю секунду выдоха) 2. Время форсированного выдоха ≥15с 3. Различие между двумя наибольшими значениями ФЖЕЛ ≤150 мл	нет	да	нет	нет
Отсутствует обструкция мундштука или спирометра	да	да	нет	нет
Отсутствует утечка воздуха	да	да	нет	нет
Если максимальный вдох после завершения форсированного выдоха больше, чем ФЖЕЛ, то разница ФЖЕЛ <sub>вдоха</sub> –ФЖЕЛ должна быть ≤0.100л или 5% от ФЖЕЛ, в зависимости от того, что больше ( <i>хотя выполнение максимального форсированного вдоха настоятельно рекомендуется, его отсутствие не препятствует признанию</i>	да	да	нет	нет

# Критерии качества спирограмм (3)

## Критерии повторяемости дыхательных маневров

- Для получения воспроизводимых результатов необходимо получить не менее трех приемлемых кривых
- **Разница между двумя наибольшими ФЖЕЛ  $\leq 150$  мл**
- **Разница между двумя наибольшими ОФВ<sub>1</sub>  $\leq 150$  мл**
  - Если абсолютные значения ФЖЕЛ не превышают 1 л, допустимая разница между маневрами должна составлять не более 100 мл.
  - Если разница между выполненными технически приемлемыми маневрами не соответствует этим критериям, рекомендуется провести дополнительные маневры, однако нежелательно выполнять за одно исследование более 8 маневров.

**Приемлемые измерения ОФВ<sub>1</sub> и приемлемые измерения ФЖЕЛ не обязательно являются результатом одного и того же маневра!**

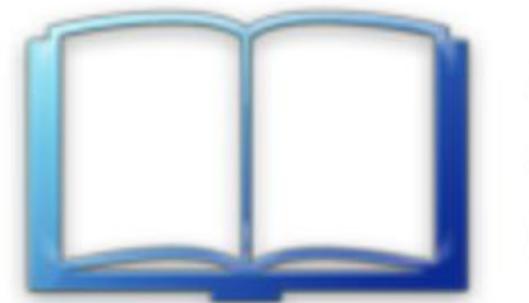
# Выбор результатов форсированной спирометрии для анализа

- Выбирают кривую с максимальным значением ФЖЕЛ (из трех приемлемых)
- Выбирают кривую с максимальным значением  $ОФВ_1$  (из трех приемлемых)
- Максимальные значения  $ОФВ_1$  и ФЖЕЛ не обязательно являются результатом одного и того же маневра!
- Отношение  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$  определяют по максимальным значениям  $ОФВ_1$  и ФЖЕЛ
- Выбирают максимальное значение ПОС из трех приемлемых
- Другие показатели определяют по маневру с наибольшей суммой  $ФЖЕЛ+ОФВ_1$

# Схема, описывающая последовательность применения критериев приемлемости и воспроизводимости



- Для лучшего понимания этой очень важного аспекта проведения спирометрии прочитайте в материалах модуля 2, раздел **2.2 и 2.3**



# Ключевые положения модуля 2

- Результаты спирометрии оцениваются в несколько этапов с использованием критериев Американского торакального общества и Европейского респираторного общества (АТО/ЕРО). Сначала определяют *приемлемость* каждой полученной кривой в отдельности. Затем – *повторяемость* полученных кривых, сравнивая их друг и другом.
- Для получения приемлемых кривых необходим **хороший начало выдоха** (обратно экстраполируемый объем **не более 100 мл или 5% от ФЖЕЛ** и **хорошее завершение форсированного выдоха**: быстрый подъем, достижение единственного пика, правильное окончание маневра (появление «плато» в течение 1 с или возвращение кривой к «нулевой» отметке), достижение времени форсированного выдоха 15 сек, или неоднократное достижение одной и той же величины ФЖЕЛ, отсутствие артефактов во время его проведения).

# Ключевые положения модуля 2

- Для получения воспроизводимых кривых необходимо выполнить от 3 до 8 маневров, получить две максимально похожих приемлемых кривых и оценить разницу между наибольшими показателями ФЖЕЛ и  $ОФВ_1$ , которые не должны различаться на более 150 мл