

XXVI Национальный Конгресс по болезням органов дыхания

Москва, 2016

Спирометрия: правила выполнения и оценки Мастер-класс

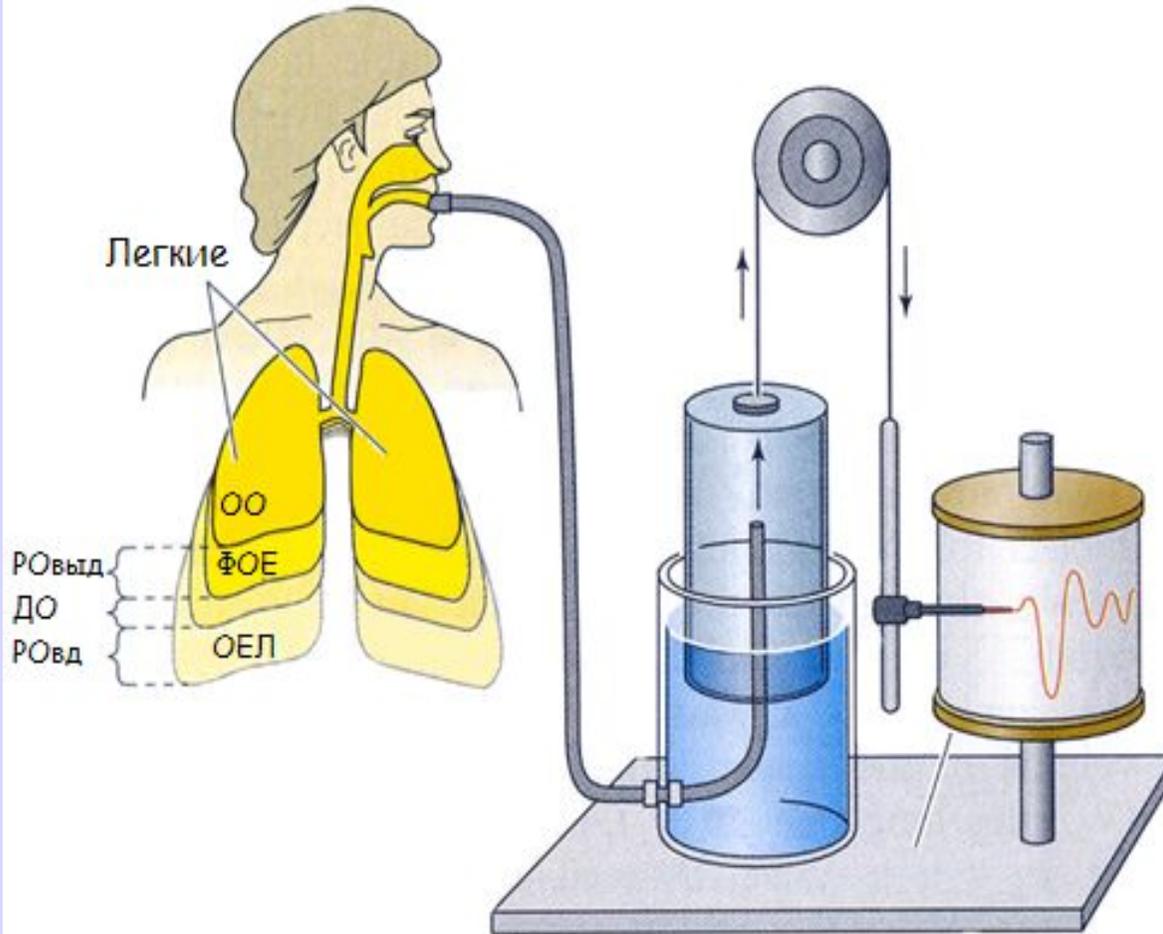
Черняк Александр Владимирович
ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА, Москва

Лекция при поддержке компании АстраЗенека

BRE_1 014 082 011_14/10/2016

Представлена только информация в рамках зарегистрированных в РФ показаний
Мнение лектора не всегда может совпадать с точкой зрения компании АстраЗенека

Спирометрия



1846 - Hutchinson J:
SVC;

1947 - Tiffeneau R, Pinelli AF:
FEV1, FVC;

1958 - Hyatt RE:
MEFV-curve

Легочные объемы и емкости

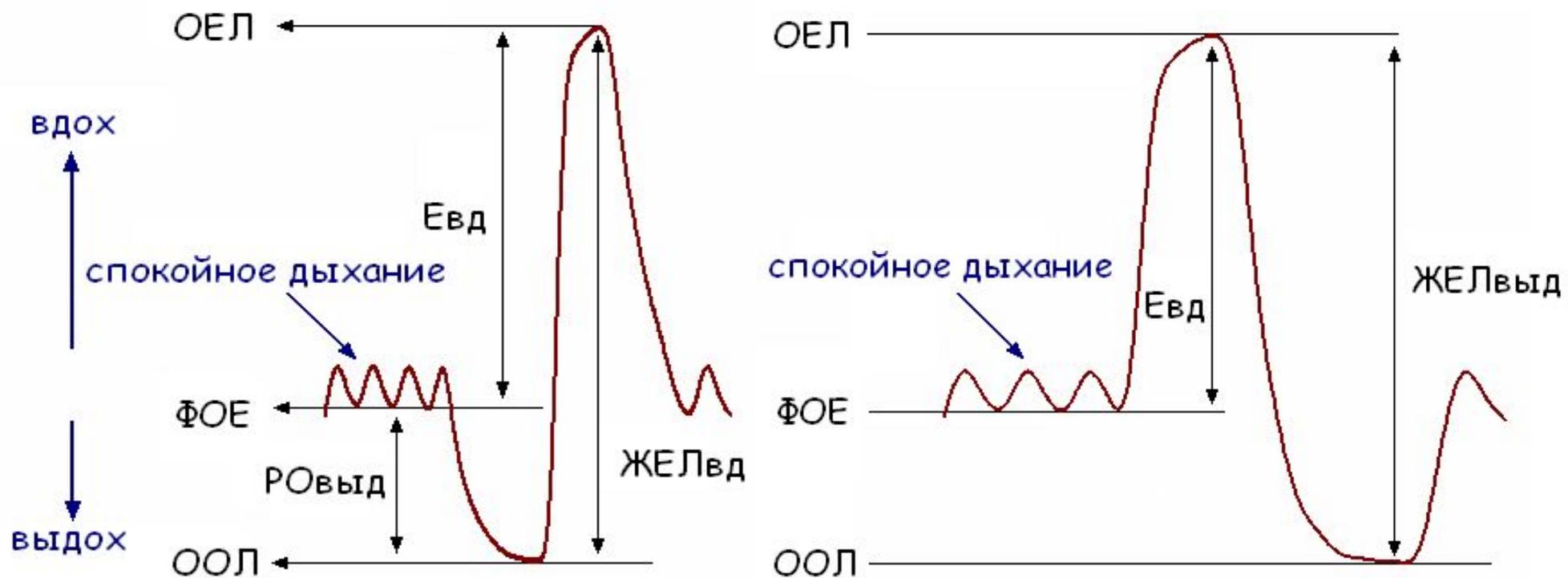


Легочные объемы и емкости

Диапазон, литры

РОВд	= Резервный объем вдоха	1,9 - 2,5
ДО	= Дыхательный объем	0,4 - 0,5
РОВыд	= Резервный объем выдоха	1,1 - 1,5
ООЛ	= Остаточный объем легких	1,5 - 1,9
ОЕЛ	= Общая емкость легких	4,9 - 6,4
ЖЕЛ	= Жизненная емкость легких	3,4 - 4,5
ФОЕ	= Функциональная остаточная емкость	2,6 - 3,4
Ёвд	= Инспираторная емкость легких	2,3 - 3,0

Измерение ЖЕЛ



Параметры форсированной спирометрии

Параметр	Английская аббревиатура	Определение
• ФЖЕЛ	• FVC	форсированная жизненная емкость легких
• ОФВ ₁	• FEV ₁	объем форсированного выдоха за 1 секунду
• ОФВ ₁ /ФЖЕЛ	• FEV ₁ /FVC	отношение ОФВ ₁ к ФЖЕЛ
• СОС ₂₅₋₇₅	• FEF ₂₅₋₇₅ • MMEF	средняя объемная скорость в средней части форсированного экспираторного маневра между 25% и 75% ФЖЕЛ
• МОС ₂₅	• FEF ₂₅ • MEF ₇₅	максимальная объемная скорость экспираторного потока на уровне 25% ФЖЕЛ
• МОС ₅₀	• FEF ₅₀ • MEF ₅₀	максимальная объемная скорость экспираторного потока на уровне 50% ФЖЕЛ
• МОС ₇₅	• FEF ₇₅ • MEF ₂₅	максимальная объемная скорость экспираторного потока на уровне 75% ФЖЕЛ
• ПСОСвыд	• PEF	пиковая объемная скорость выдоха

Методика проведения исследования

Клинические рекомендации

Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода

Клинические рекомендации

Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии

А.Г.Чучалин¹, З.Р.Айсанов¹, С.Ю.Чикина¹, А.В.Черняк¹, Е.Н.Калманова²

1 – ФГБУ "НИИ пульмонологии" ФМБА России; 105077, Москва, ул. 11-я Парковая, 32, корп. 4;

2 – ГБУЗ "Городская клиническая больница № 57" Департамента здравоохранения г. Москвы; 105077, Москва, ул. 11-я Парковая, 32

Резюме

Данные Рекомендации посвящены основному методу исследования легочной функции – спирометрии. Спирометрия представляет собой неинвазивный метод измерения воздушных потоков и объемов как функции времени с использованием форсированных маневров. Данные Рекомендации разработаны на основе международных документов по стандартизации спирометрии и интерпретации ее результатов с учетом комментариев врачей первичного звена и участковых терапевтов относительно доступности изложения и оценки их важности как рабочего инструмента для повседневной практики. Спирометрия используется для диагностики, мониторинга состояния больных, экспертной оценки нетрудоспособности, в эпидемиологических и клинических исследованиях. Спирометрическое исследование проводится как при спокойном, так и при форсированном дыхании. Все спирометры должны удовлетворять минимальным техническим требованиям и ежедневно калиброваться. Рассматриваются основные спирометрические показатели и их изменения при обструктивных, рестриктивных и смешанных вентиляционных нарушениях, а также методика выполнения и расчет результатов бронходилатационного теста.

Ключевые слова: спирометрия, клинические рекомендации, стандартизация, интерпретация.

Показания к проведению спирометрии:

Диагностика:

- установление причины респираторных жалоб больного, клинических симптомов либо отклонений в лабораторных показателях;
- оценка влияния болезни на легочную функцию;
- скрининг популяций людей с высоким риском легочных заболеваний;
- предоперационная оценка риска;
- оценка прогноза заболевания;
- оценка функционального состояния перед участием пациента в программах с физическими нагрузками высокого уровня

Показания к проведению спирометрии:

Наблюдение:

- оценка эффективности лечебных мероприятий;
- мониторинг течения заболевания с нарушением легочной функции;
- наблюдение популяций лиц, подвергающихся воздействию неблагоприятных факторов;
- мониторинг побочных эффектов лекарств с известной способностью вызывать повреждения легких.

Показания к проведению спирометрии:

Экспертная оценка нетрудоспособности:

- обследование больного перед началом реабилитации;
- оценка рисков как части экспертной оценки нетрудоспособности;
- экспертная оценка состояния здоровья по другим юридическим поводам.

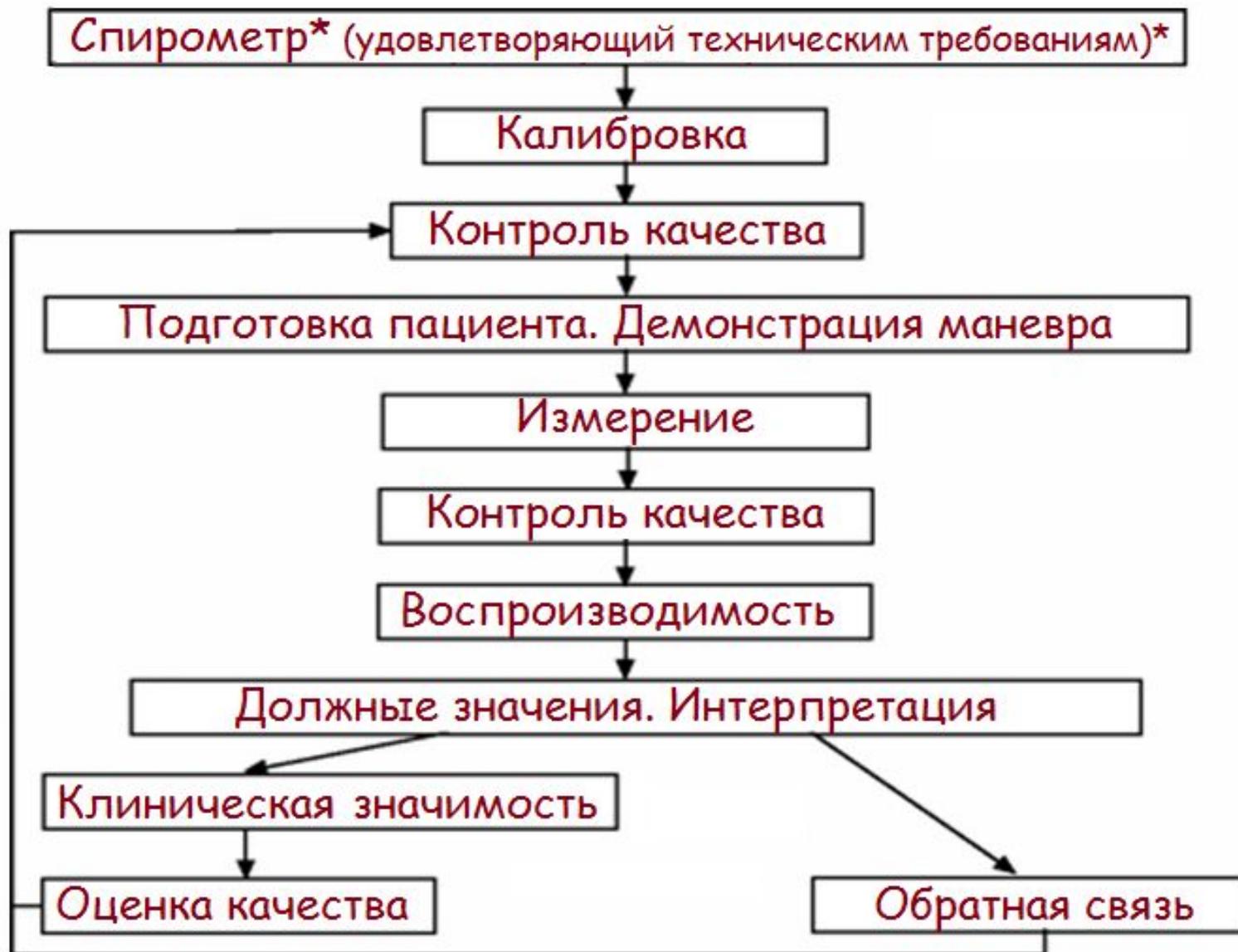
Общественное здоровье:

- эпидемиологические исследования;
- расчет должных значений спирометрических показателей;
- клинические исследования.

Маневр форсированного выдоха следует выполнять с осторожностью:

- у больных с развившимся пневмотораксом и в течение 2 недель после его разрешения;
- в первые 2-4 недели после развития инфаркта миокарда, после офтальмологических и полостных операций;
- при выраженном продолжающемся кровохарканье;
- при тяжелой бронхиальной астме;
- при подозрении на активный туберкулез либо другие заболевания, передающиеся воздушно-капельным путем.

Алгоритм проведения спирометрии



Спирометрия / Кривая поток- ~~объем~~

измерение объема

измерение потока



Калибровка



Неклюдова ГВ, Черняк АВ. -
Спирометрия: стандарты проведения
исследования. Вестник Ассоциации
медицинских сестер России. 2016 3: 24

Измерение роста

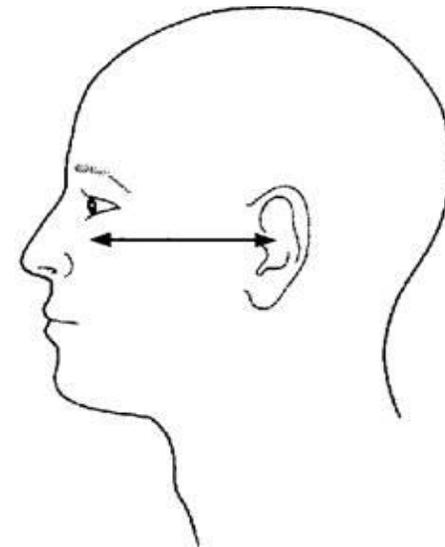


Рост пациента является важным предиктором объема легких.

ФЖЕЛ: 5.76.Р-0.026.В-4.34

Основные ошибки при измерении роста:

- для мужчины 25 лет и ростом 180 см регистрация роста со слов пациента; 5.38 д
- измерение роста в обуви; 175 см 5.09 д
- измерение роста при согнутых коленях;
- неправильная установка ростомера;
- заколки или другие аксессуары на голове;
- неправильное положение головы.



При измерении роста пациент должен:

- стоять максимально выпрямившись, ноги вместе, без обуви;
- смотреть прямо вперед;
- спокойно дышать.

Использовать точное измерительное устройство с уголком 90°, волосы следует прижать в максимально возможной степени.

Черняк А.В., к.м.н., Москва, ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА, 2016 г.

(из личного архива)

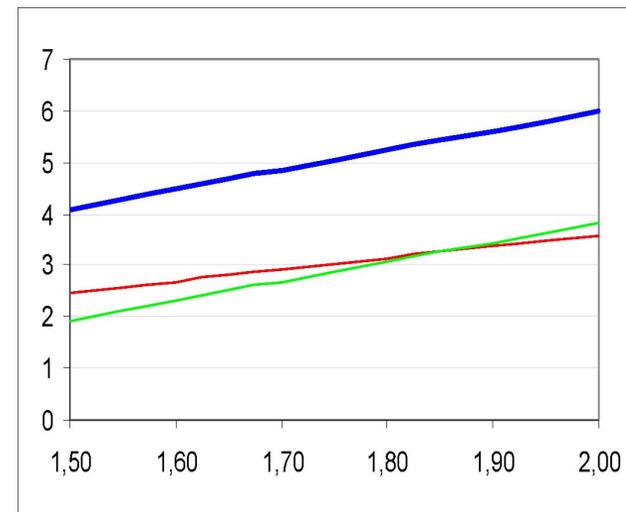
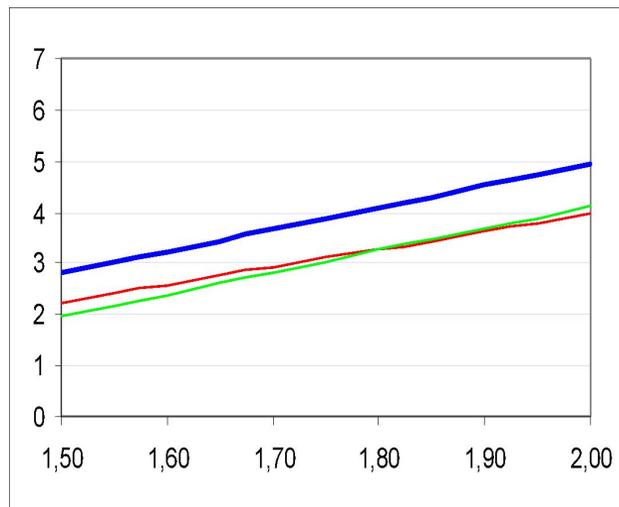
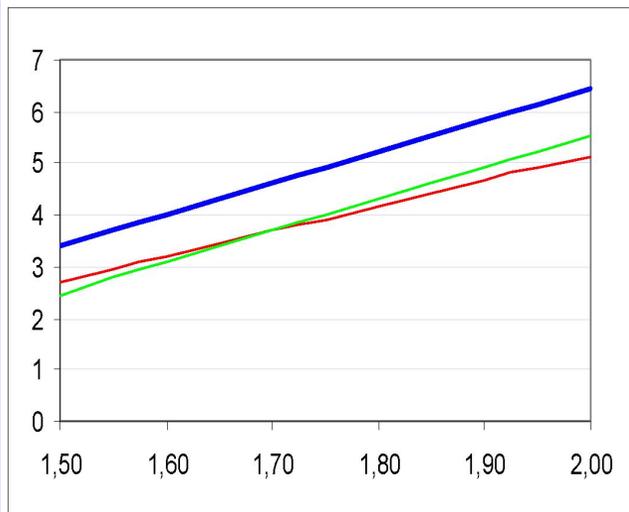
Параметры спирометрии & Рост

Нижняя граница нормы:
как 80 % от должного значения и как
Должное-1,64σ

ЖЕЛ

ОФВ₁

МОС₅₀



Рост, м

— : 80%долж.

— : Д-1,64σ

Размах рук и рост

МУЖЧИНЫ

$$\frac{\text{размах рук}}{\text{рост}} = 1,01 - 1,04$$

ЖЕНЩИНЫ

$$\frac{\text{размах рук}}{\text{рост}} = 1,00 - 1,02$$

1. Capderou A, Berkani M, Becquemin M-H, Zelter M. Reconsidering the arm span-height relationship in patients referred for spirometry. *Eur Respir J* 2011; 37: 157-163.
2. Bardeen CR. The height-weight index of build in relation to linear and volumetric proportions and surface area of the body during post-natal development. *Contributions to Embryology* 1920; 9: 485-554.
3. Hepper NGG, Black LF, Fowler WS. Relationships of lung volume to height and arm span in normal subjects and in patients with spinal deformity. *Am Rev Respir Dis* 1965; 91: 356-362.

МУЖЧИНЫ: Рост = $68.74 + 0.63008 \cdot PP - 0.1019 \cdot \text{Возраст}$,
 $R^2 = 0.7219$, RSD 4.122;

ЖЕНЩИНЫ: Рост = $33.14 + 0.79499 \cdot PP$,
 $R^2 = 0.7684$, RSD 3.391;

Parker JM, Dillard TA, Phillips YY. Arm span-height relationships in patients referred for spirometry. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 533-536.

Измерение роста при деформации грудной клетки

Рост= Длина рук от кончика пальцев одной руки до кончика пальцев другой руки

Подготовка к исследованию

Пациент делает глубокий вдох и затем резкий долгий выдох





Необходимо продемонстрировать глубокий вдох и подчеркнуть, что вдох должен быть максимально глубоким



Если вдох не будет максимально глубоким: значение Φ ЖЕЛ и $O\Phi B_1$ будут заниженными

**Необходимо продемонстрировать выдох:
максимальное усилие и максимально
быстрый (насколько это возможно)**

ФОРСИРОВАННЫЙ ВЫДОХ (ВЗРЫВ)



**Если выдох не резкий, усилия не максимальны:
значение $ОФВ_1$ будет заниженным**

Продемонстрировать максимально полный выдох до достижения плато на кривой объем-время (спирограмме)

ДОЛГИЙ ВЫДОХ



- Если выдох не максимально полный:
- значение $\Phi_{ЖЕЛ}$ будет заниженным
 - отношение $O\Phi V_1 / \Phi_{ЖЕЛ}$ будет завышенным
 - значение $СОС_{25-75}$ будет завышенным

Методика проведения исследования

Eur Respir J 2005; 26: 319–338
DOI: 10.1183/09031936.05.00034805
Copyright©ERS Journals Ltd 2005



SERIES “ATS/ERS TASK FORCE: STANDARDISATION OF LUNG FUNCTION TESTING”

Edited by V. Brusasco, R. Crapo and G. Viegi
Number 2 in this Series

Standardisation of spirometry

M.R. Miller, J. Hankinson, V. Brusasco, F. Burgos, R. Casaburi, A. Coates, R. Crapo, P. Enright, C.P.M. van der Grinten, P. Gustafsson, R. Jensen, D.C. Johnson, N. MacIntyre, R. McKay, D. Navajas, O.F. Pedersen, R. Pellegrino, G. Viegi and J. Wanger

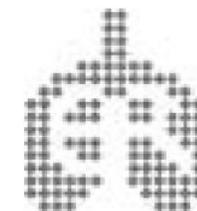
Eur Respir J 2005; 26: 319–338
DOI: 10.1183/09031936.05.00034805
Copyright©ERS Journals Ltd 2005

SERIES “ATS/ERS TASK FORCE: STANDARDISATION OF LUNG FUNCTION TESTING”

Edited by V. Brusasco, R. Crapo and G. Viegi
Number 2 in this Series

Standardisation of spirometry

M.R. Miller, J. Hankinson, V. Brusasco, F. Burgos, R. Casaburi, A. Coates, R. Crapo, P. Enright, C.P.M. van der Grinten, P. Gustafsson, R. Jensen, D.C. Johnson, N. MacIntyre, R. McKay, D. Navajas, O.F. Pedersen, R. Pellegrino, G. Viegi and J. Wanger



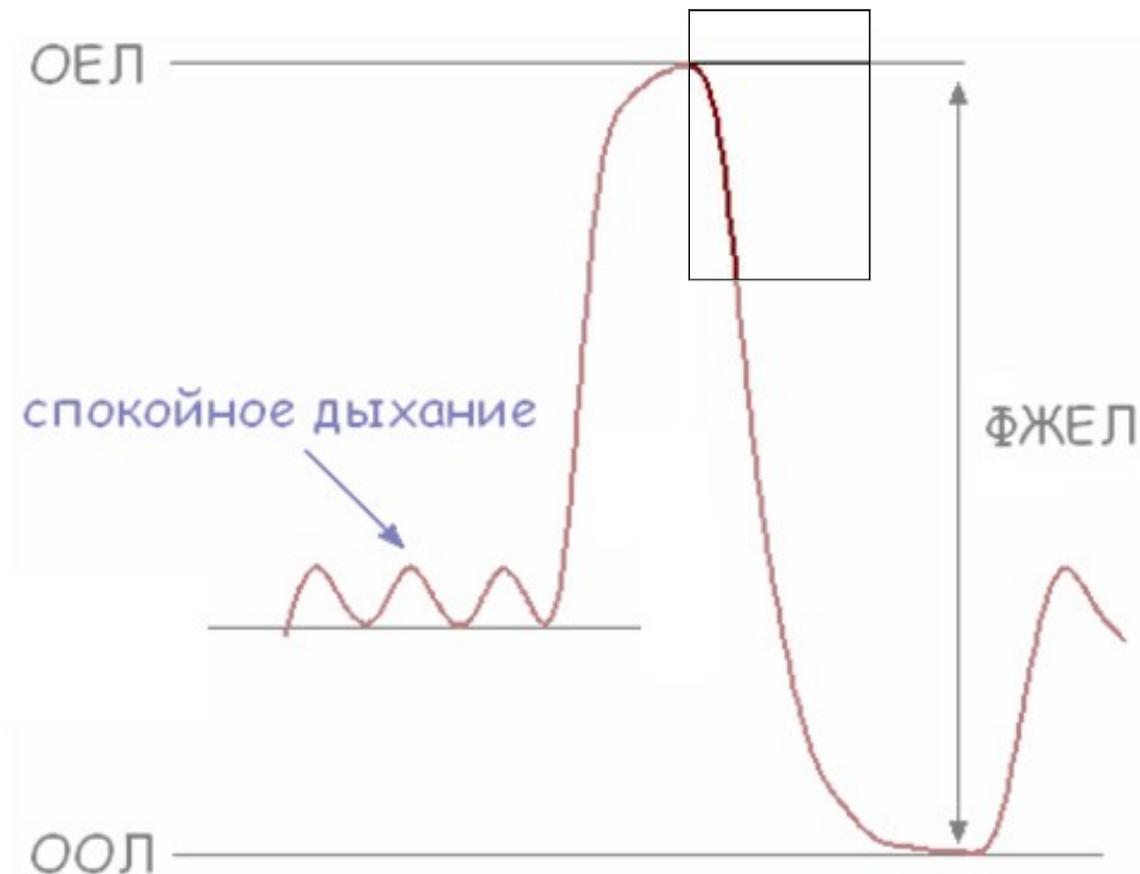
Definitions 329

Previous articles in this series: No. 1: Miller MR, Crapo R, Hankinson J, et al. General considerations for lung function testing. Eur Respir J 2005; 26: 152–161.

European Respiratory Journal
Print ISSN 0903-1936
Online ISSN 1399-3003

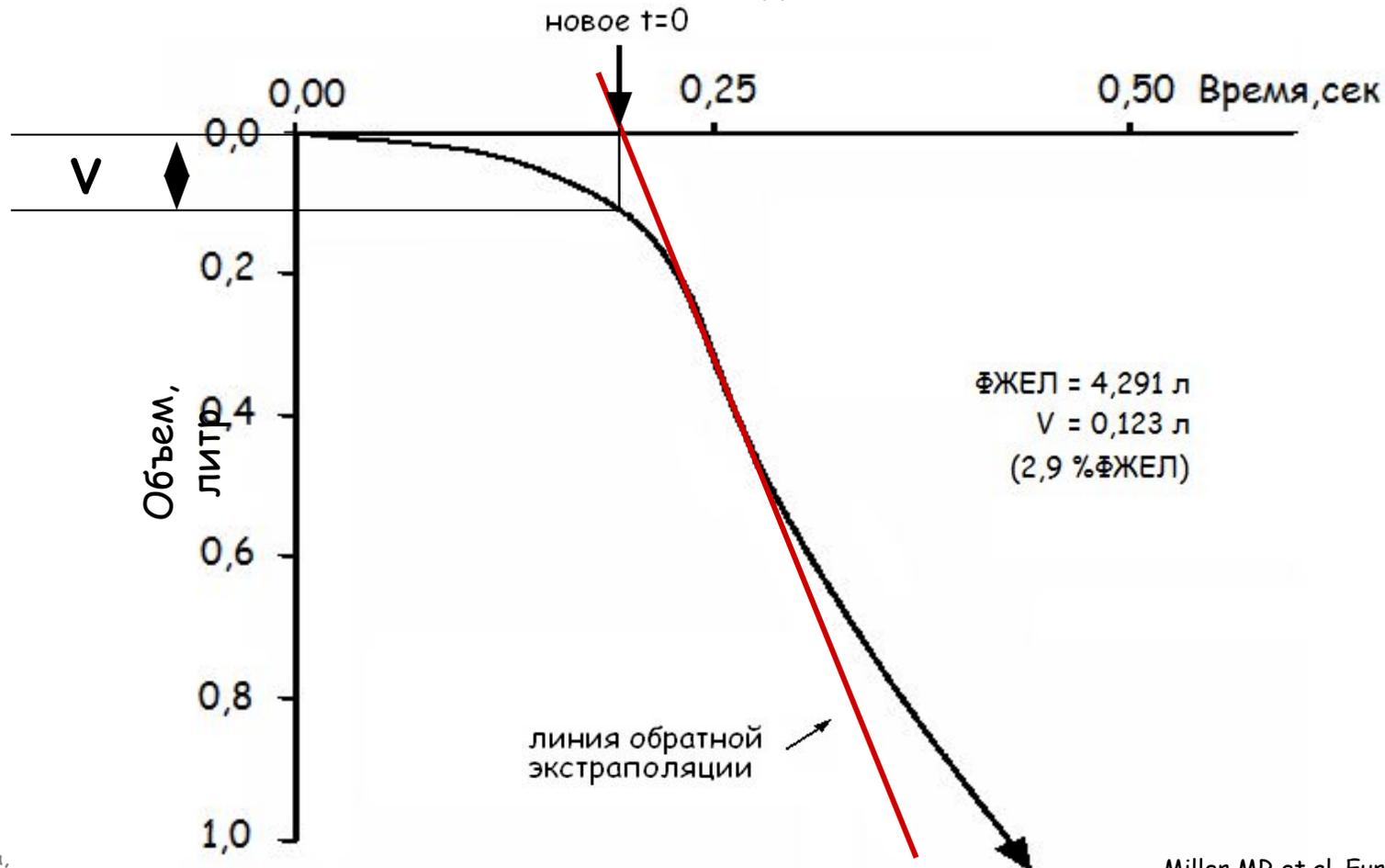
Критерии правильно выполненного дыхательного маневра

- выдох должен быть резким с самого начала (объем обратной экстраполяции кривой объем-время, определяющий момент начала выдоха, должен быть менее 5% ФЖЕЛ или 150 мл (берется наибольший из этих показателей)):

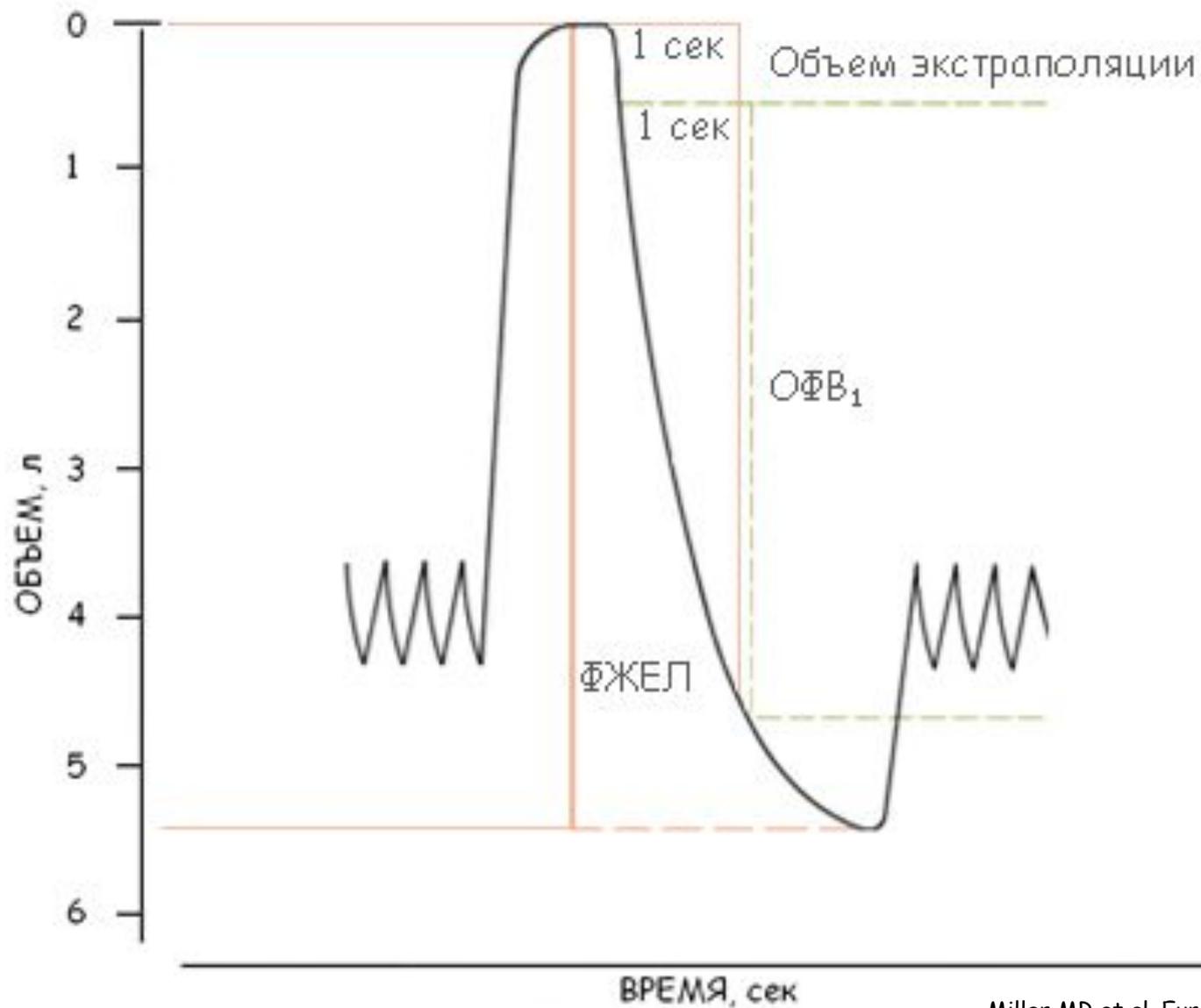


Критерии правильно выполненного дыхательного маневра

- выдох должен быть резким с самого начала (объем обратной экстраполяции кривой объем-время, определяющий момент начала выдоха, должен быть менее 5% ФЖЕЛ или 150 мл (берется наибольший из этих показателей)):



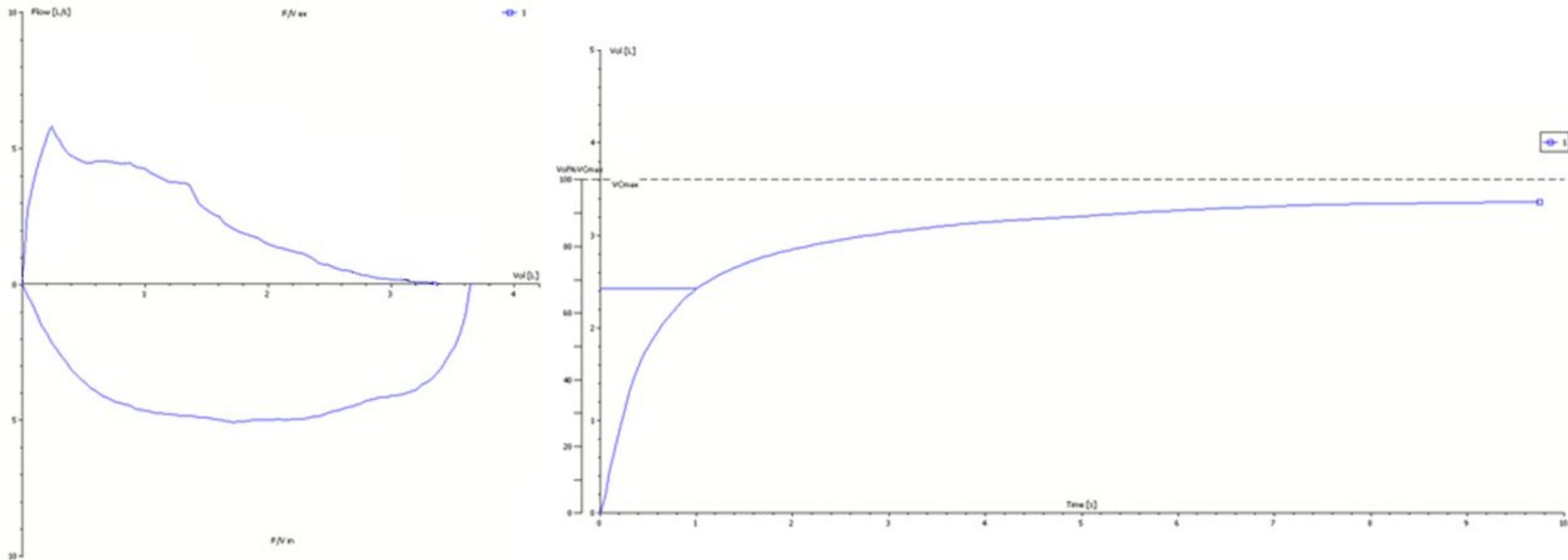
Измерение $O\Phi B_1$



Критерии правильно выполненного дыхательного маневра

- выдох должен быть резким с самого начала (объем обратной экстраполяции кривой объем-время, определяющий момент начала выдоха, должен быть менее 5% ФЖЕЛ или 150 мл (берется наибольший из этих показателей)):
 - в распечатке результатов исследования должна присутствовать величина объема обратной экстраполяции.
 - во время исследования качество начала форсированного выдоха возможно оценить по форме петли «поток-объем»: пиковая объемная скорость выдоха (ПЭСвыд) должна быть достигнута максимально быстро после начала форсированного выдоха, участок петли между точками конца вдоха и ПЭСвыд должен быть максимально прямым.
 - время до достижения пикового потока не должно превышать 85 мсек и ПЭСвыд должна превышать скорость после выдоха 25% ФЖЕЛ;

Удовлетворительный дыхательный маневр (норма)

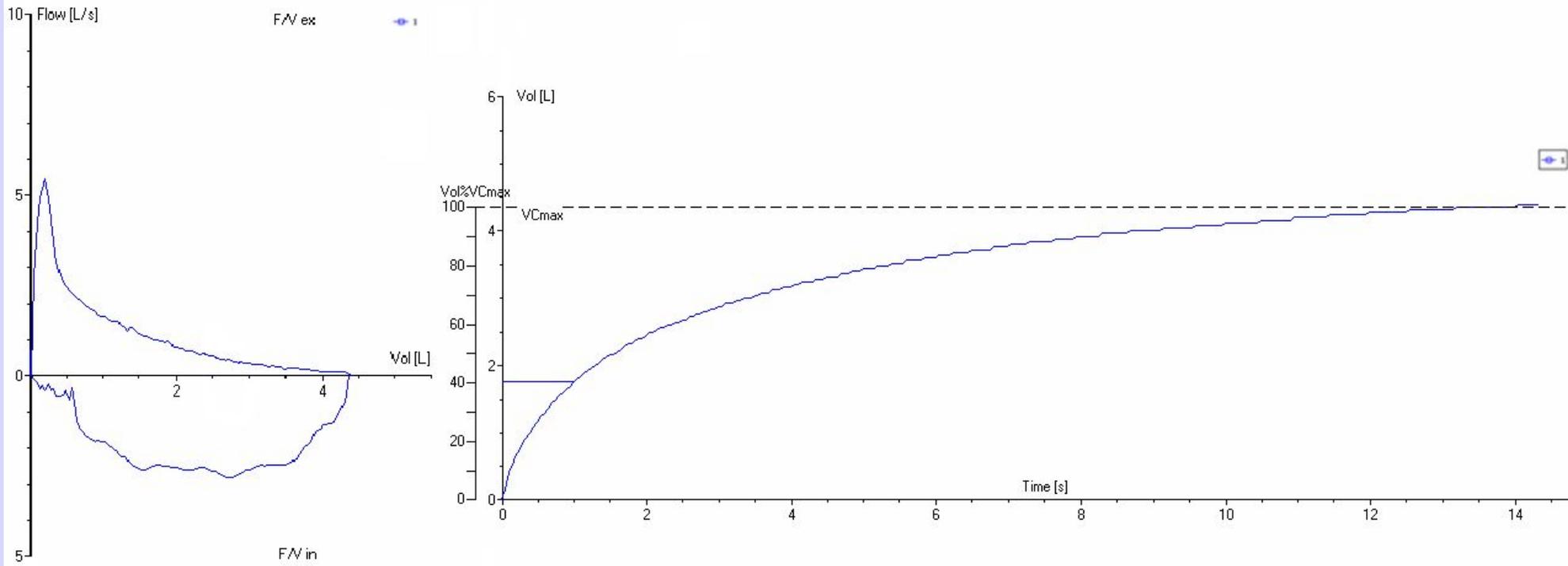


Технически приемлемый дыхательный маневр с максимальными усилиями в течение всего маневра

По кривой поток-объем достаточно трудно оценить длительность выдоха

По спирограмме форсированного выдоха видно, что длительность выдоха более 6 сек (9,74 сек), достигнуто плато в течение последней секунды. Объем обратной экстраполяции = 1,22 %, $T_{\text{ПОСВЫД}} = 43$ мсек.

Удовлетворительный дыхательный маневр (ХОБЛ)

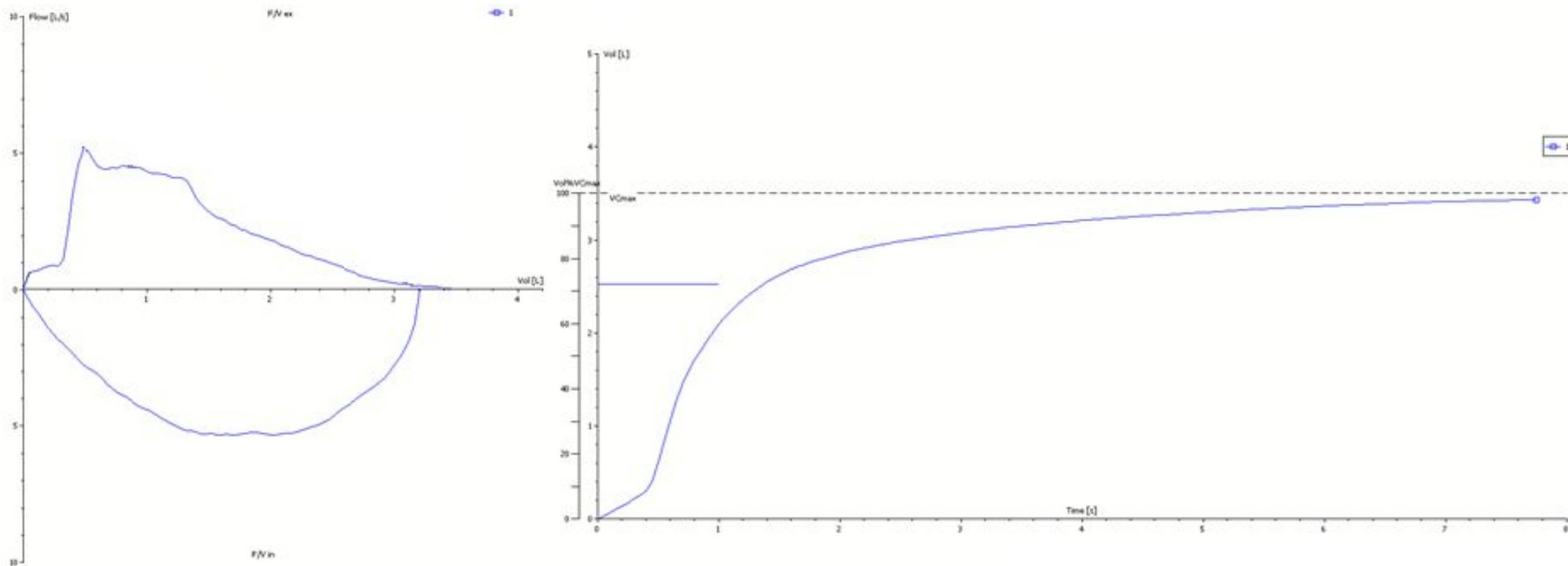


Технически приемлемый дыхательный маневр с максимальными усилиями в течение всего маневра

По кривой поток-объем достаточно трудно оценить длительность выдоха

По спирограмме форсированного выдоха видно, что длительность выдоха более 10 сек (14,3 сек), не достигнуто плато в течение последней секунды. Объем обратной экстраполяции 0,92 %, ТПОСвыд = 37 мсек.

Неудовлетворительный дыхательный маневр



Маневр форсированного выдоха с нерезким началом выдоха – одна из ошибок при выполнении спирометрии

Начальная часть экспираторной кривой поток-объем не является линейной.

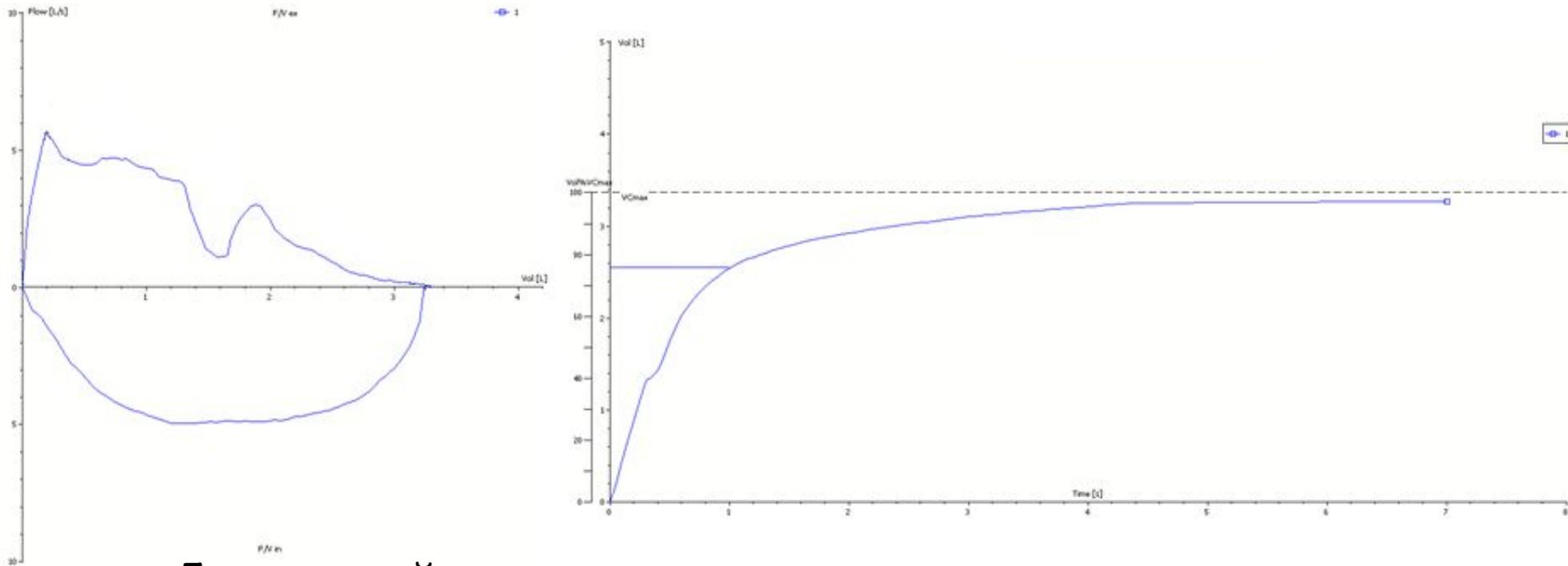
На спирограмме форсированного выдоха нарушается линейность в начале маневра. Объем обратной экстраполяции = 7,91 %, ТПОСвыд = 95 мсек.

Этот маневр не является технически приемлемым и его не следует сохранять.

Критерии правильно выполненного дыхательного маневра

- выдох должен быть резким с самого начала (объем обратной экстраполяции кривой объем-время, определяющий момент начала выдоха, должен быть менее 5% ФЖЕЛ или 150 мл (берется наибольший из этих показателей));
- выдох не должен прерываться кашлем на протяжении первой секунды форсированного выдоха;

Неудовлетворительный дыхательный маневр (кашель)



Дыхательный маневр с разным усилием при выдохе - одна из ошибок при выполнении спирометрии

Нелинейный участок на кривой поток-объем между 1,2 и 2 л (кашель или изменение усилий)

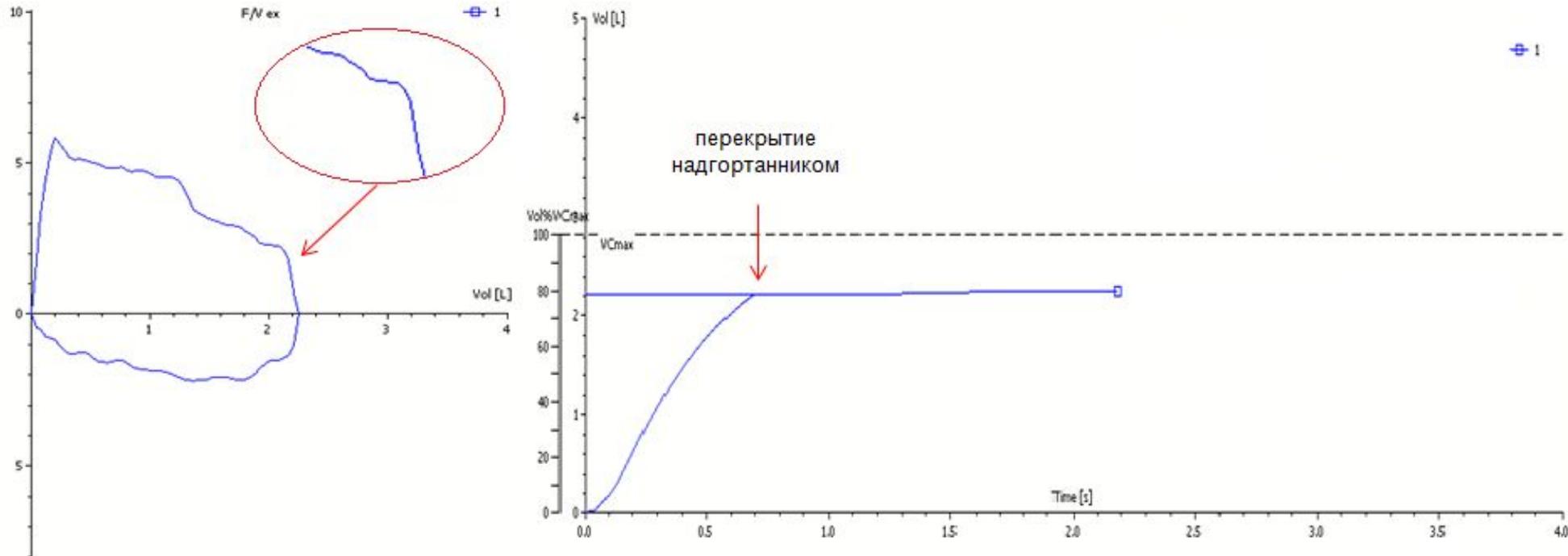
На спирограмме нарушается линейность на уровне 1,4 л (кашель или изменение усилий в течение 1 сек форсированного выдоха). Объем обратной экстраполяции = 1,21 %, ТПОСвыд = 36 мсек, длительность выдоха более 6 сек (7 сек).

Этот маневр не является технически приемлемым и его не следует сохранять.

Критерии правильно выполненного дыхательного маневра

- выдох должен быть резким с самого начала (объем обратной экстраполяции кривой объем-время, определяющий момент начала выдоха, должен быть менее 5% ФЖЕЛ или 150 мл (берется наибольший из этих показателей));
- выдох не должен прерываться кашлем на протяжении первой секунды форсированного выдоха;
- продолжительность выдоха не менее 3 сек для детей младше 10 лет и не менее 6 сек у лиц старше 10 лет* или кривая «объем-время» достигает плато (изменение объема в течение 1 сек не должно превышать 25 мл);

Неудовлетворительный дыхательный маневр



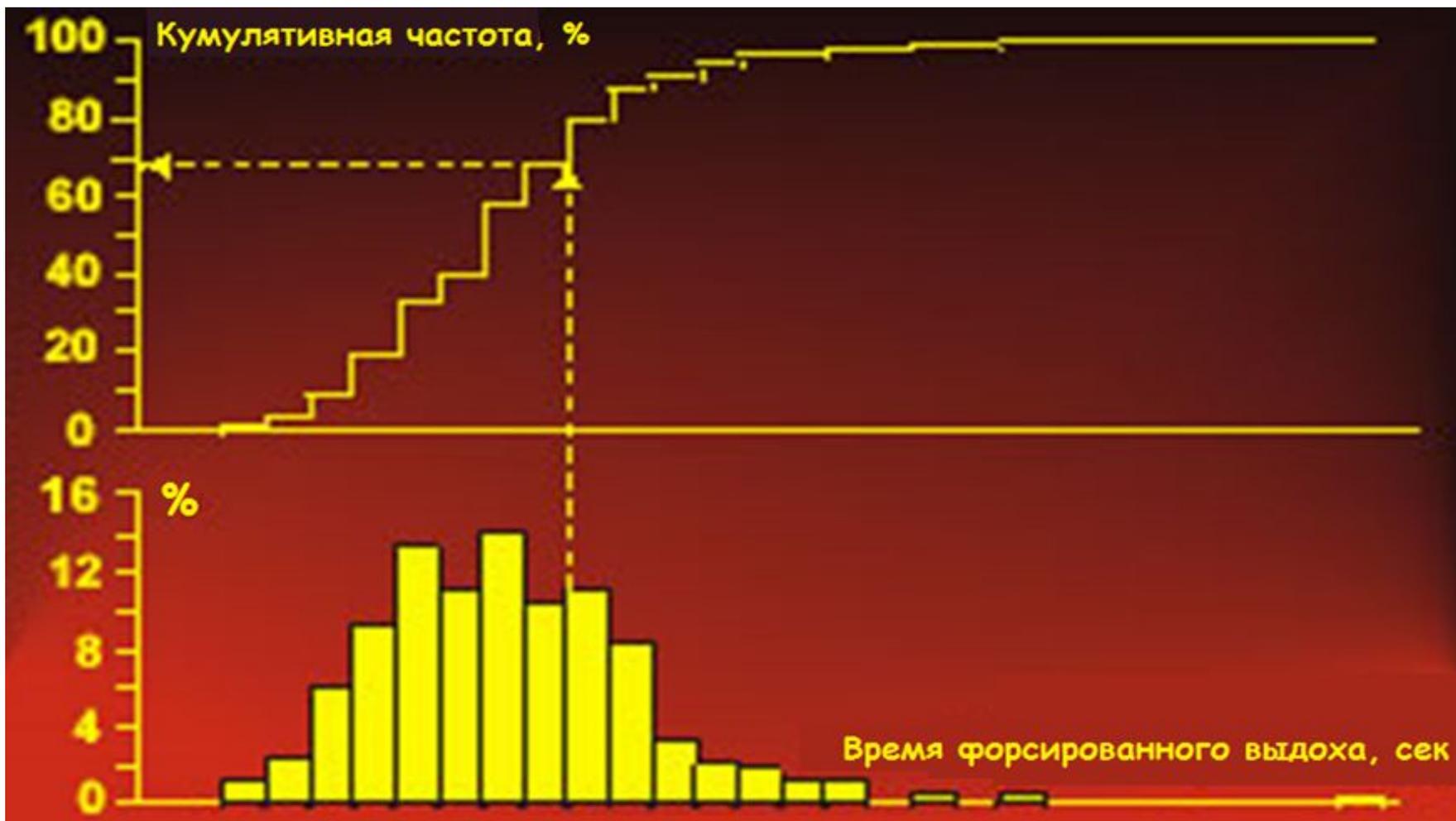
Преждевременное завершение маневра - одна из ошибок при выполнении спирометрии

По КТПО достаточно трудно оценить длительность выдоха, но резкий обрыв нисходящего колена кривой выдоха указывает на преждевременное прекращение потока в конце маневра.

Спирограмма форсированного выдоха позволяет определить, что длительность выдоха составила менее 6 сек (2,21 сек); также видно, что плато достигается уже через 0,73 сек.

Этот маневр не является технически приемлемым и его не следует сохранять.

Время форсированного выдоха



Время форсированного выдоха в общей популяции
Vlaardingen и Vlagtwedde (Нидерланды)

www.spirxpert.com

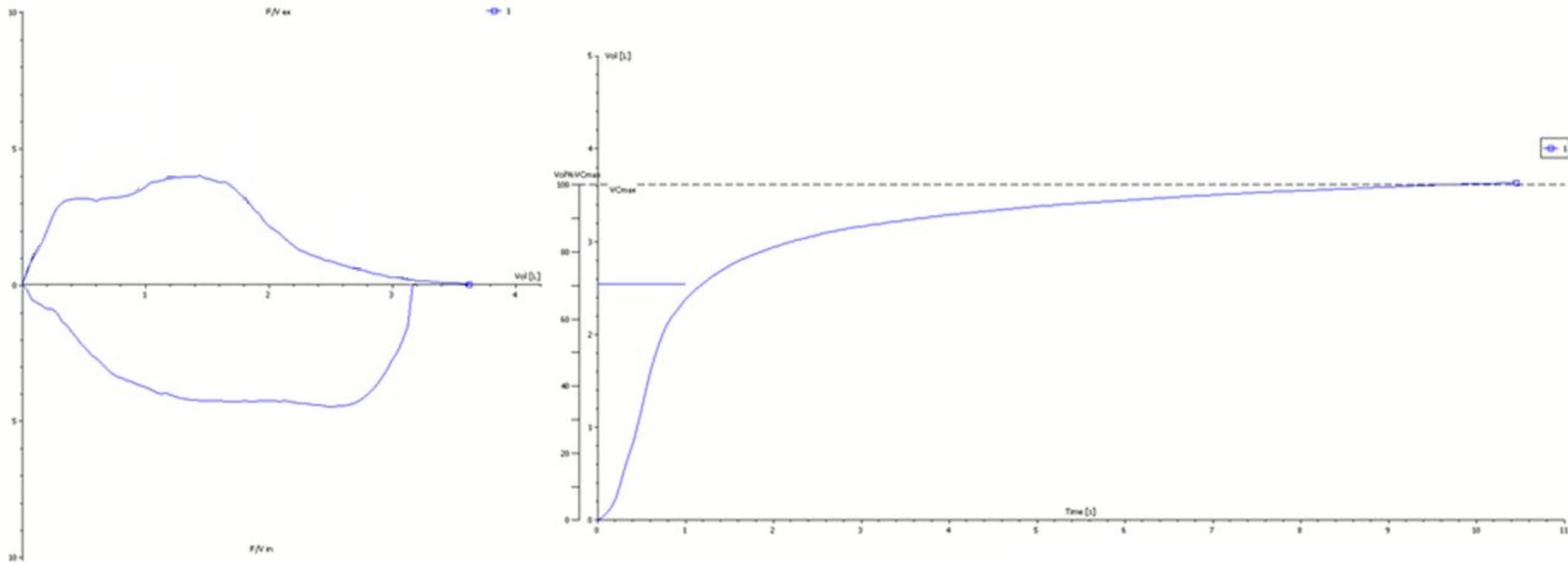
Качество спирометрических исследований в клинической практике в
Нидерландах: время выдоха > 6 сек в 59 % исследований

Schermer et al: Eur Respir J 2006; 28 Suppl. 50, 614s

Критерии правильно выполненного дыхательного маневра

- выдох должен быть резким с самого начала (объем обратной экстраполяции кривой объем-время, определяющий момент начала выдоха, должен быть менее 5% ФЖЕЛ или 150 мл (берется наибольший из этих показателей));
- выдох не должен прерываться кашлем на протяжении первой секунды форсированного выдоха;
- продолжительность выдоха не менее 3 сек для детей младше 10 лет и не менее 6 сек у лиц старше 10 лет* или кривая «объем-время» достигает плато (изменение объема в течение 1 сек не должно превышать 25 мл);
- выдох должен проводиться с максимальным усилием от начала и до самого его конца;

Неудовлетворительный дыхательный маневр



Медленное начало форсированного выдоха - одна из ошибок при выполнении спирометрии

Ошибка выполнения маневра лучше выявляется по КТТО

Спирограмма форсированного выдоха. Объем обратной экстраполяции = 6,07 %, ТПОСвыд = 300 мсек.

Этот маневр не является технически приемлемым и его не следует сохранять.

Критерии правильно выполненного дыхательного маневра

- выдох должен быть резким с самого начала (объем обратной экстраполяции кривой объем-время, определяющий момент начала выдоха, должен быть менее 5% ФЖЕЛ или 150 мл (берется наибольший из этих показателей));
- выдох не должен прерываться кашлем на протяжении первой секунды форсированного выдоха;
- продолжительность выдоха не менее 3 сек для детей младше 10 лет и не менее 6 сек у лиц старше 10 лет* или кривая «объем-время» достигает плато (изменение объема в течение 1 сек не должно превышать 25 мл);
- выдох должен проводиться с максимальным усилием от начала и до самого его конца;
- на кривой отсутствуют артефакты**:
 - кашель на выдохе (приемлемость попытки оценивается мед.персоналом);
 - перекрытие гортани надгортанником;
 - преждевременное прекращение выдоха;
 - недостаточное усилие на протяжении любого участка форсированного выдоха;
 - утечка воздуха;
 - перекрытие загубника губами/зубами; деформированный загубник должен быть заменен.

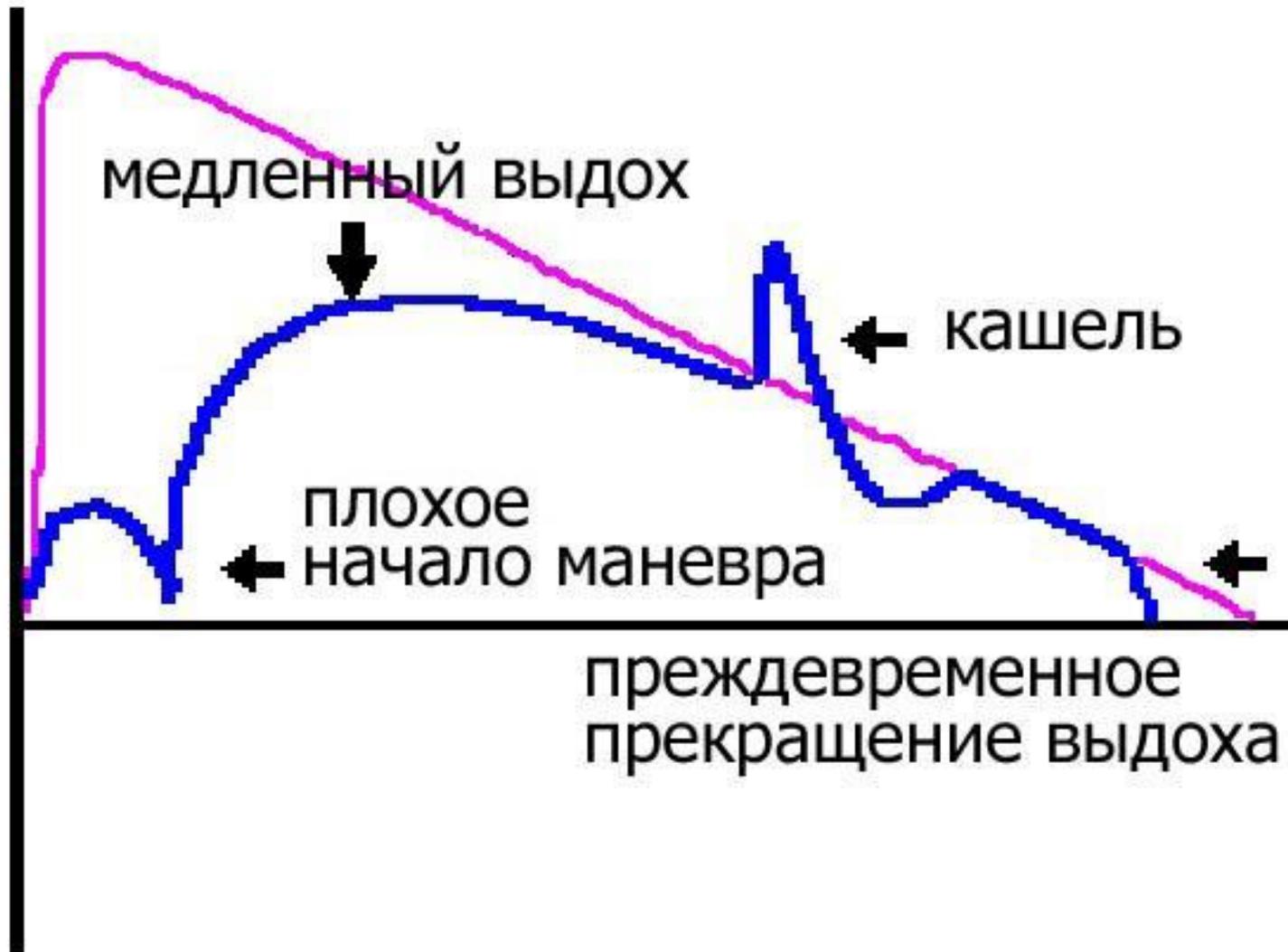
Критерии правильно выполненного дыхательного маневра

- ❑ выдох должен быть резким с самого начала (объем обратной экстраполяции кривой объем-время, определяющий момент начала выдоха, должен быть менее 5% ФЖЕЛ или 150 мл (берется наибольший из этих показателей));
- ❑ выдох не должен прерываться кашлем на протяжении первой секунды форсированного выдоха;
- ❑ продолжительность выдоха не менее 3 сек для детей младше 10 лет и не менее 6 сек у лиц старше 10 лет или кривая «объем-время» достигает плато (изменение объема в течение 1 сек не должно превышать 25 мл);
- ❑ выдох должен проводиться с максимальным усилием от начала и до самого его конца;
- ❑ на кривой отсутствуют артефакты.

Технически приемлемый дыхательный маневр должен отвечать всем 1-5 приведенным требованиям.

Маневр, отвечающий лишь первым 1-3 требованиям годен для ограниченного использования ($ОФВ_1$).

Типичные ошибки при выполнении маневра ФЖЕЛ

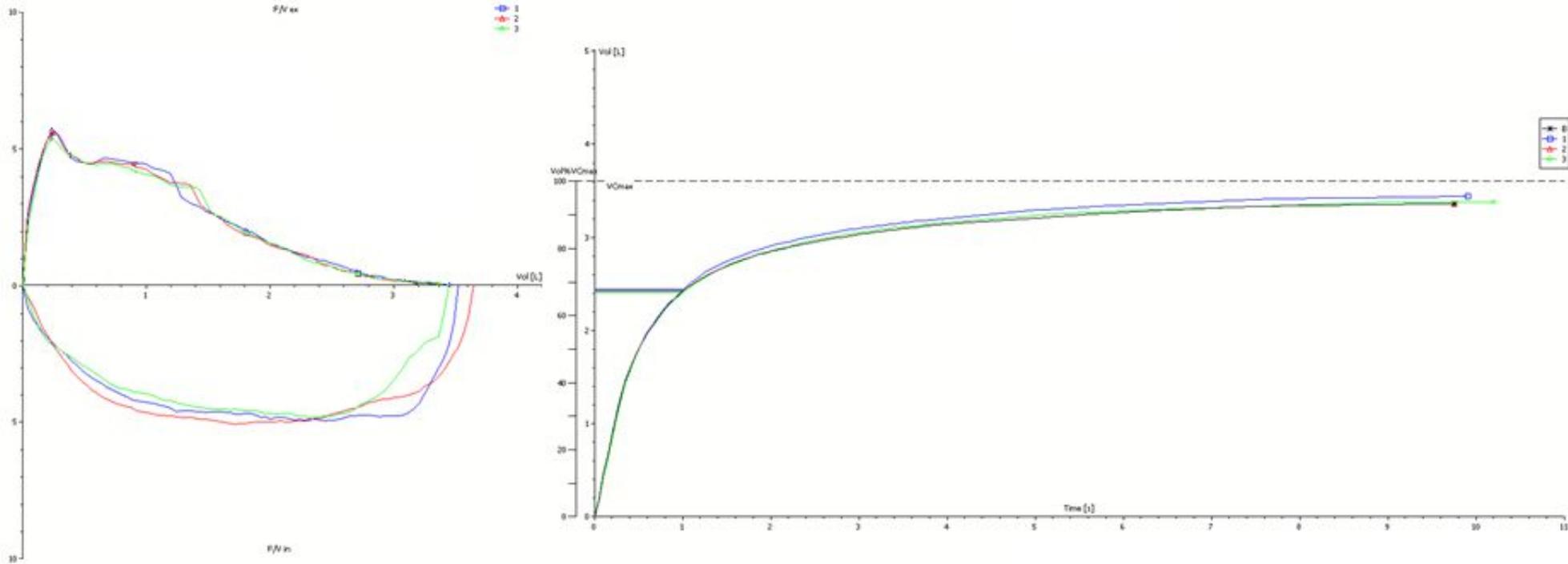


Критерии воспроизводимости дыхательного маневра

Исследование может быть завершено, когда получено три технически приемлемых дыхательных маневра; при этом:

- результаты должны быть **воспроизводимы**, т.е. максимальный и следующий за ним показатели ФЖЕЛ и/или $O\Phi V_1$ должны различаться не более, чем на 150 мл. В случаях, когда величина ФЖЕЛ не превышает 1 л, максимально допустимая разница как по ФЖЕЛ, так и по $O\Phi V_1$ не должна превышать 100 мл.

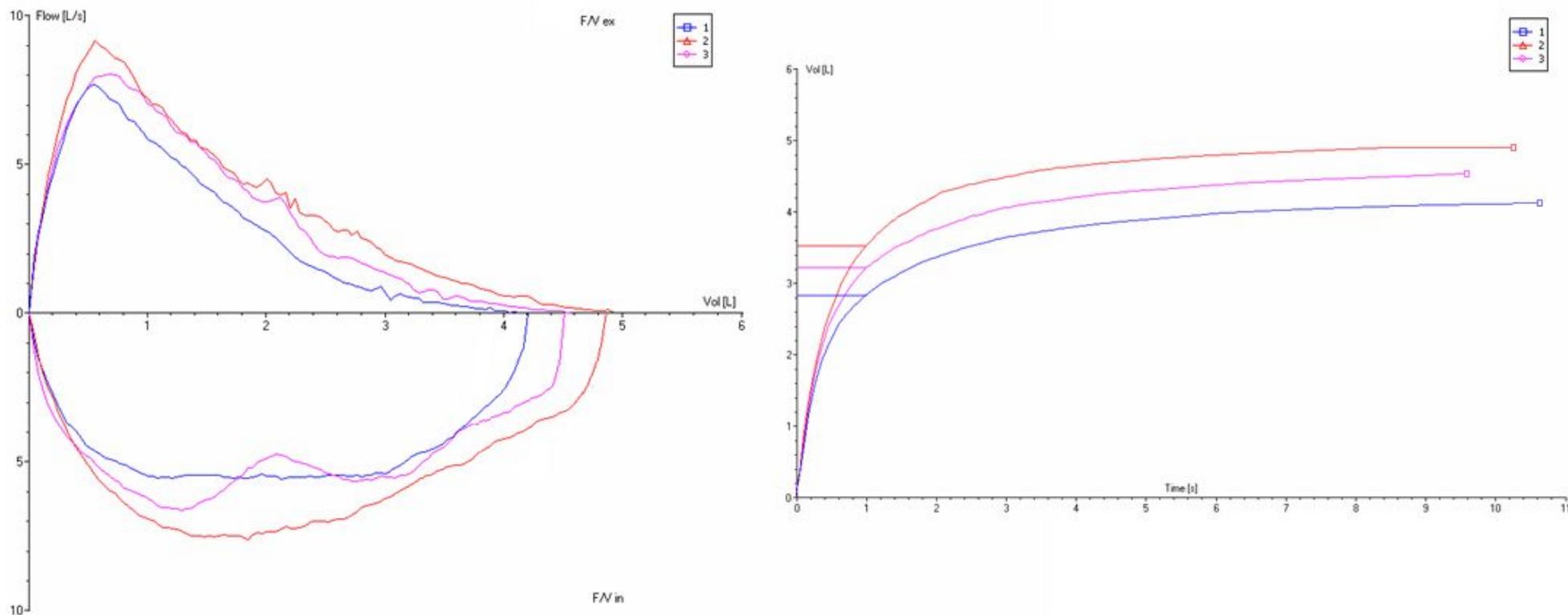
Три технически удовлетворительных маневра, соответствующие критериям воспроизводимости



ФЖЕЛ, ОФВ1, объем обратной экстраполяции, ТПОСвд и длительность выдоха в 3 попытках были хорошо воспроизводимы:

- 1 попытка: 3,43 л, 2,44 л, 1,36 %, 43 мсек и 9,92 сек;
- 2 попытка: 3,35 л, 2,42 л, 1,22 %, 43 мсек и 9,74 сек;
- 3 попытка: 3,37 л, 2,41 л, 1,32 %, 46 мсек и 10,19 сек.

Три технически удовлетворительных маневра, не соответствующие критериям воспроизводимости



ФЖЕЛ, ОФВ1, объем обратной экстраполяции, ТПОСвыд и длительность выдоха в 3 попытках не были воспроизводимы:

1 попытка: 4,11 л, 2,83 л, 3,17 %, 73 мсек и 10,66 сек;

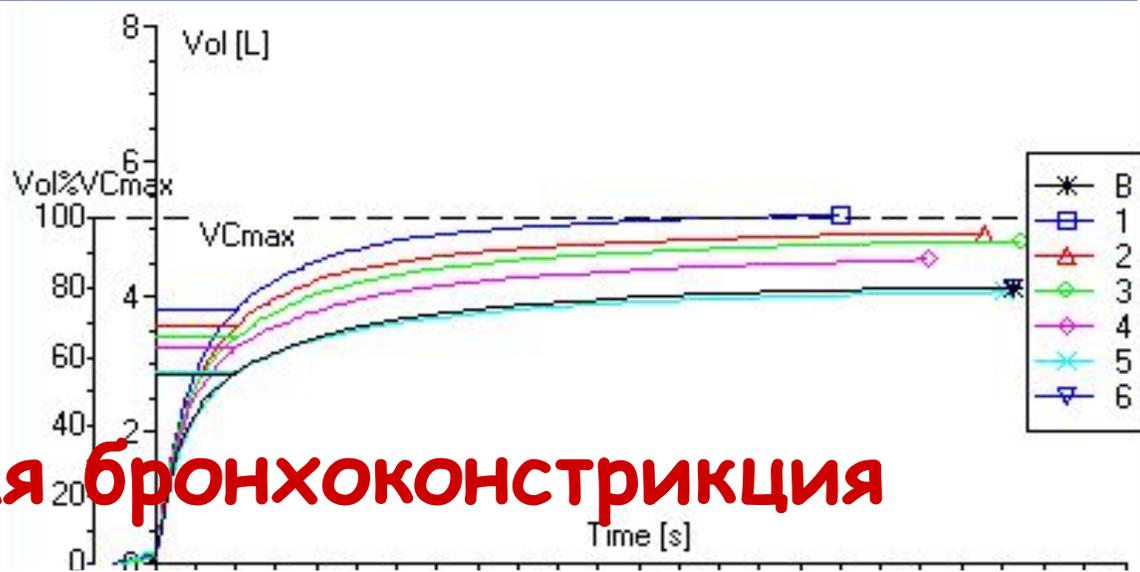
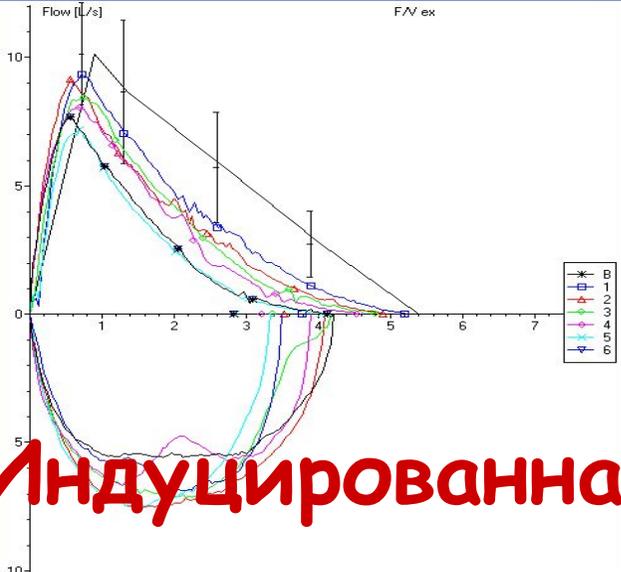
2 попытка: 4,89 л, 3,52 л, 3,03 %, 61 мсек и 10,24 сек;

3 попытка: 4,52 л, 3,21 л, 2,54 %, 84 мсек и 9,59 сек

Критерии воспроизводимости дыхательного маневра

- Если воспроизводимые результаты не получены после трех попыток, исследование необходимо продолжить (но не более 8 дыхательных маневров). Многократное повторение маневров может привести к утомлению пациента и снижению ОФВ₁ или ФЖЕЛ (если падение показателей более 20% от исходной величины, то дальнейшее тестирование следует прекратить, а динамику показателей отразить в отчете). При необходимости, между попытками делаются короткие перерывы.
- В отчете должны быть представлены данные и графические результаты, как минимум, трех лучших попыток («поток-объем» или «объем-время»).

	FVC	FEV1	FEV1/FVC	RV	RV/TLC	25%FEV1	50%FEV1	75%	PEF
Pred	5.38	4.53		5.12	8.63	5.70	2.71	10.13	
Best	4.11	2.83	68.85	1.63	5.72	2.50	0.53	7.65	
%(B/P)	76.2	62.5		31.9	66.3	42.9	19.7	75.6	
Act1	5.17	3.77	72.88	2.72	7.01	3.23	1.09	9.30	
%(A1/P)	96.2	83.3		53.2	81.1	58.4	40.4	91.8	
Act2	4.89	3.52	71.98	2.46	6.26	3.11	0.96	9.14	
%(A2/P)	90.9	77.8		48.2	72.5	54.5	35.5	90.2	
Act3	4.79	3.36	70.19	2.13	6.74	2.93	0.91	8.39	
%(A3/P)	89.0	74.3		41.5	78.1	51.5	33.7	82.9	
Act4	4.52	3.21	71.02	2.02	6.55	2.84	0.77	8.02	
%(Act4/Pred)	84.0	70.9		39.5	75.9	49.8	28.3	79.2	
Act5	4.03	2.84	70.40	1.72	5.64	2.39	0.58	7.15	
%(Act5/Pred)	75.0	62.8		33.6	65.3	42.0	21.5	70.6	
Act6	4.11	2.83	68.85	1.63	5.72	2.50	0.53	7.65	
%(Act6/Pred)	76.2	62.5		31.9	66.3	42.9	19.7	75.6	



Индукцированная бронхоконстрикция

Spirometry in primary care: An analysis of spirometry test quality in a regional primary care asthma program

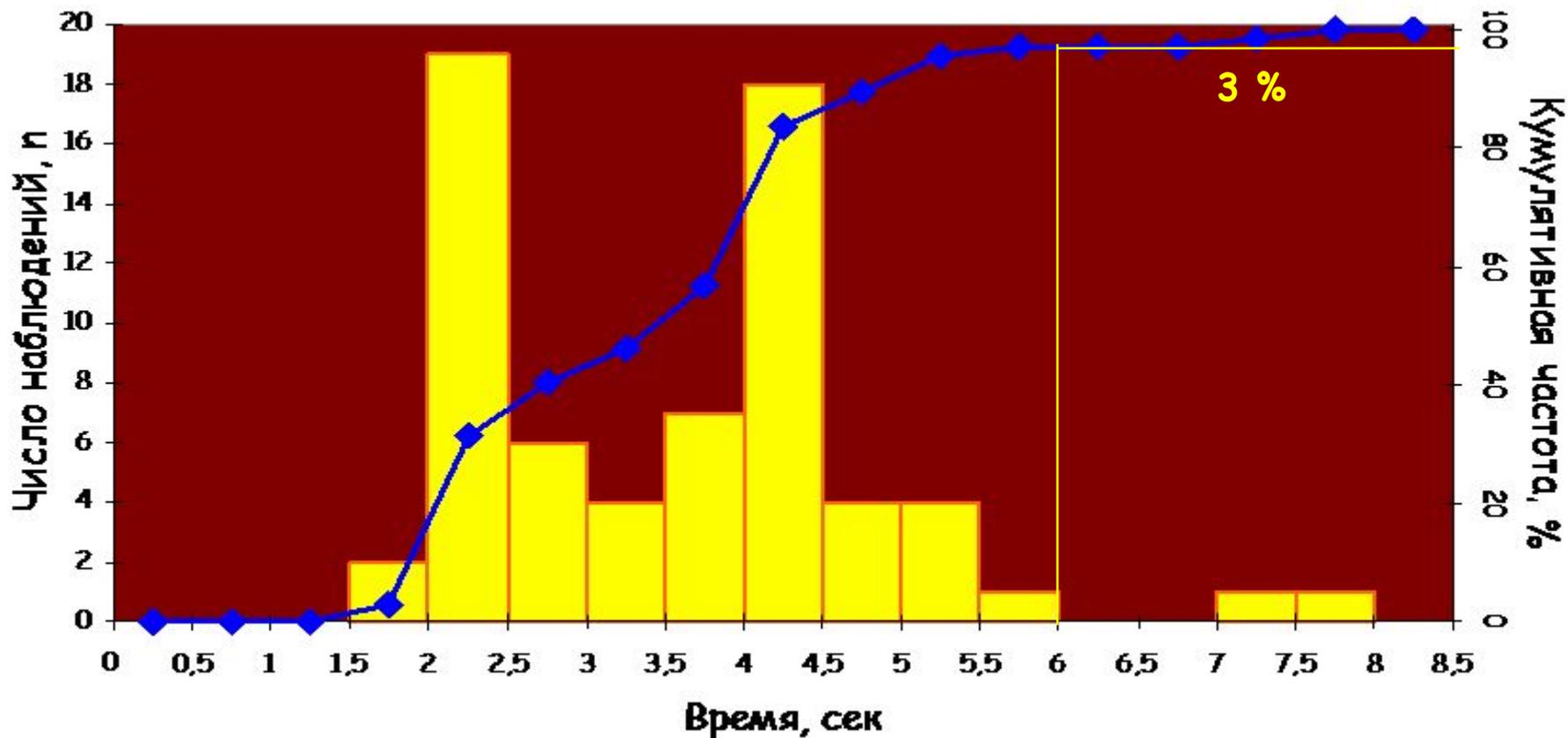
Christopher J Liciskai MD¹, Todd W Sands PhD², Lisa Paolatto MSc³, Ivan Nicoletti RRT³, Madonna Ferrone RRT³

CJ Liciskai, TW Sands, L Paolatto, I Nicoletti, M Ferrone. Spirometry in primary care: An analysis of spirometry test quality in a regional primary care asthma program. *Can Respir J* 2012;19(4):249-254.

La spirométrie en soins primaires : une analyse de la qualité de la spirométrie dans un programme régional de soins primaires de l'asthme

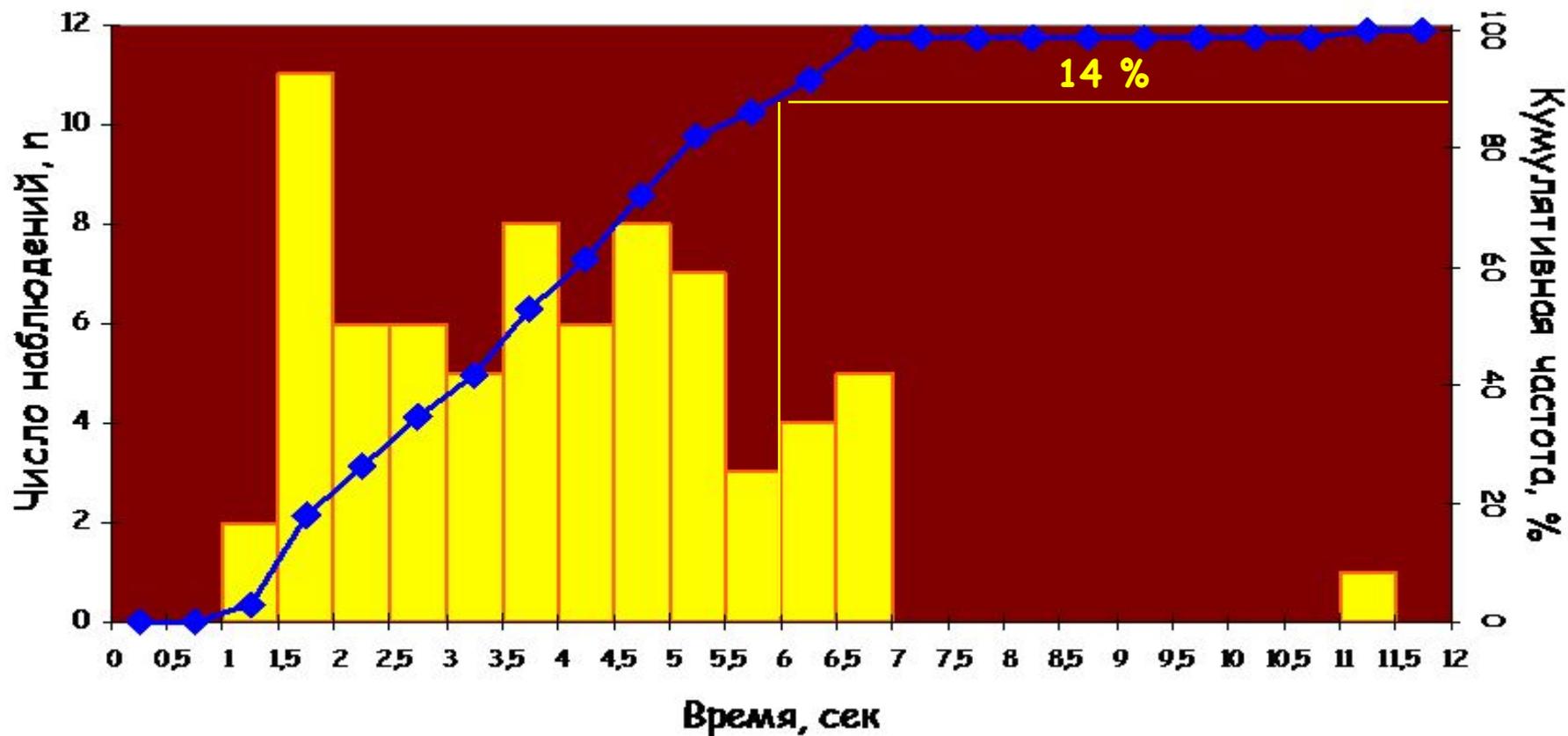
Acceptability quality criteria ATS 1994 and ERS/ATS 2003

	RAP (n=472)	FMC (n=573)	LHSC (n=1151)
FVL trials, n	1606	4013	7196
FVL trials/patient session, mean ± SD	3.40±0.83	7.00±1.61	6.25±1.46
A. Meets start of test criteria			
BEV<5% of FVC or <0.150 L, n/n (%)	1473/1606 (91.8)	3931/4013 (98.0)	6842/7196 (95.1)
Measured BEV, L, mean ± SD	0.100±0.068	0.058±0.045	0.086±0.068
B. Meets FET criteria			
FET ≥6 s, n/n (%)	1133/1606 (70.6)	2341/4013 (58.3)	6124/7196 (85.1)
FET, s, mean ± SD	6.33±2.31	6.03±2.54	10.05±4.27
FET corrected for age*, n/n (%)	1211/1606 (75.4)	2432/4013 (60.6)	6136/7196 (85.3)
C. Meets end of test criteria			
Flow <0.025 L/s for >1 s, n (%)	1112/1606 (69.2)	1645/4013 (41.0)	4360/7196 (60.6)
Patient session meets ATS/ERS acceptability standards[†]			
Three acceptable FVL (A + B or C), n (%)	392 (83.1)	392 (68.4)	1069 (92.9)



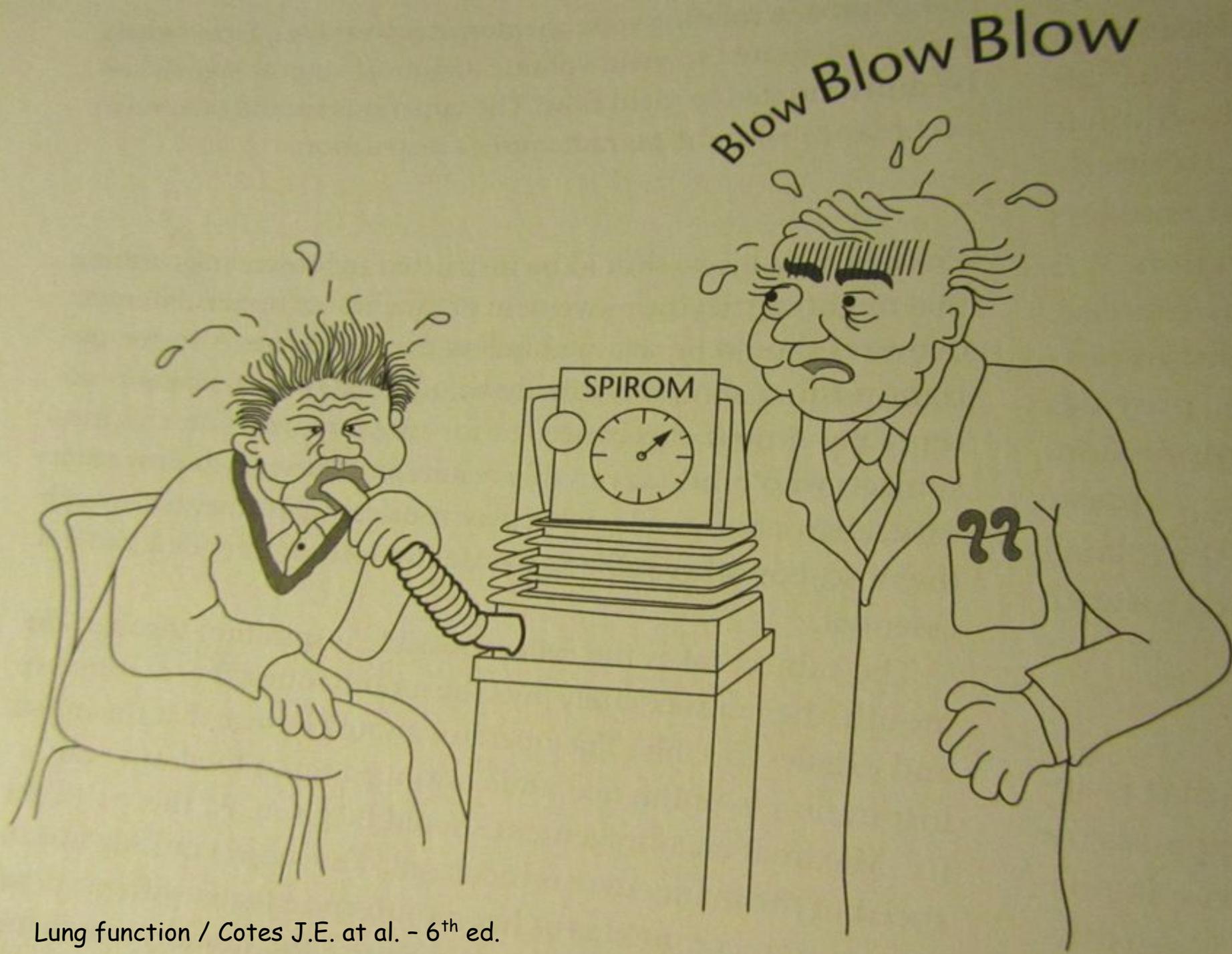
67 исследований (36 М/ 31 Ж, средний возраст 40,6±12,4 лет):

- время форсированного выдоха = 3,54±1,27 сек;**
- число маневров в одном исследовании = 2,76±1,16 (от 1 до 6 попыток, медиана =3);**
- достижение воспроизводимости – 37,3 % (25 из 67);**
- соответствие критериям проведения спирометрии – 20,9 % (14 из 67).**



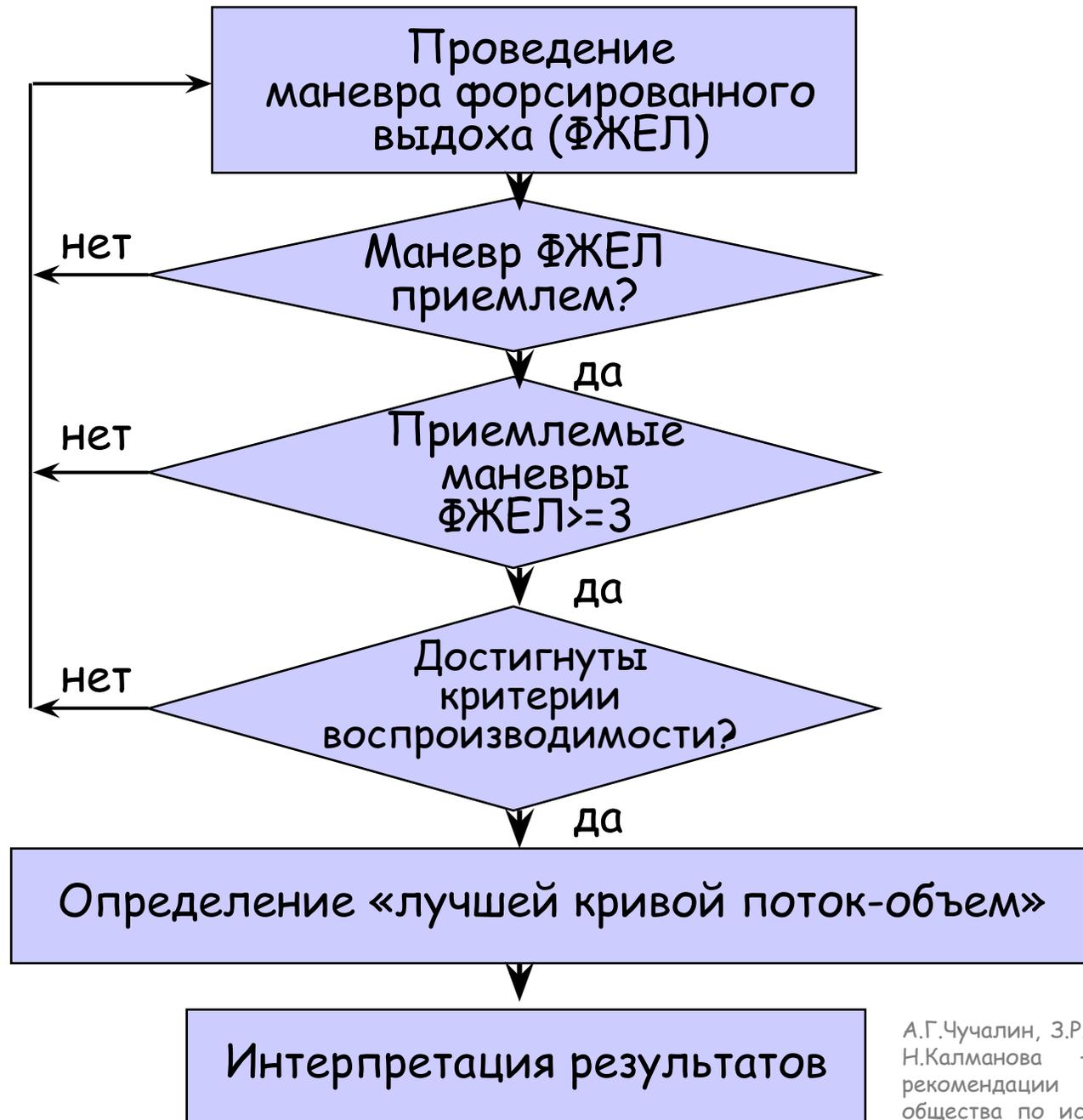
72 исследования (18 М/ 54 Ж, средний возраст $41,4 \pm 13,6$ лет):

- время форсированного выдоха = $3,89 \pm 1,82$ сек;**
- число маневров в одном исследовании = $3,47 \pm 0,77$ (от 3 до 6 попыток, медиана = 3);**
- достижение воспроизводимости – 73,6 % (53 из 72);**
- соответствие критериям проведения спирометрии – 44,4 % (32 из 72).**



Интерпретация результатов спирометрии

- Регистрируют **максимальные значения** как ФЖЕЛ, так и $O\Phi B_1$ (выбирают из трех технически приемлемых дыхательных маневров);
- Отношение $O\Phi B_1 / \Phi ЖЕЛ$ определяют по технически приемлемой кривой, в которой **сумма ФЖЕЛ и $O\Phi B_1$** является **максимальной**.



Гигиена

- гигиенические мероприятия должны быть неотъемлемой частью повседневной работы в лабораториях по исследованию легочной функции;
- соблюдать рекомендации по очистке и дезинфекции аппаратуры (указаны производителем);
- рост бактерий и грибов отмечается во влажной среде, поэтому аппаратура, шланги и другие соединения должны быть сухими; мокрота должна собираться и удаляться;
- после тестирования пациента дыхательный контур должен открываться и проветриваться в течение 10 мин (удаление конденсата);
- по окончании рабочего дня аппаратуру следует подвергать механической очистке и дезинфекции, а затем высушивать;
- при возможности применять одноразовые материалы (например, загубники), использовать бактериальные фильтры, носовые зажимы следует накладывать через салфетку. Резиновые загубники и носовые зажимы промываются с порошком, замачиваются в дезинфицирующем растворе, промываются и высушиваются;
- персонал должен производить обработку в резиновых перчатках.

Интерпретация результатов

Eur Respir J 2005; 26: 948–968
DOI: 10.1183/09031936.05.00035205
Copyright ©ERS Journals Ltd 2005



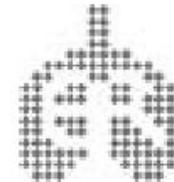
SERIES “ATS/ERS TASK FORCE: STANDARDISATION OF LUNG FUNCTION TESTING”

Edited by V. Brusasco, R. Crapo and G. Viegi
Number 5 in this Series

Interpretative strategies for lung function tests

R. Pellegrino, G. Viegi, V. Brusasco, R.O. Crapo, F. Burgos, R. Casaburi, A. Coates, C.P.M. van der Grinten, P. Gustafsson, J. Hankinson, R. Jensen, D.C. Johnson, N. MacIntyre, R. McKay, M.R. Miller, D. Navajas, O.F. Pedersen and J. Wanger

Eur Respir J 2005; 26: 948–968
DOI: 10.1183/09031936.05.00035205
Copyright ©ERS Journals Ltd 2005



SERIES “ATS/ERS TASK FORCE: STANDARDISATION OF LUNG FUNCTION TESTING”

Edited by V. Brusasco, R. Crapo and G. Viegi
Number 5 in this Series

Interpretative strategies for lung function tests

R. Pellegrino, G. Viegi, V. Brusasco, R.O. Crapo, F. Burgos, R. Casaburi, A. Coates, C.P.M. van der Grinten, P. Gustafsson, J. Hankinson, R. Jensen, D.C. Johnson, N. MacIntyre, R. McKay, M.R. Miller, D. Navajas, O.F. Pedersen and J. Wanger

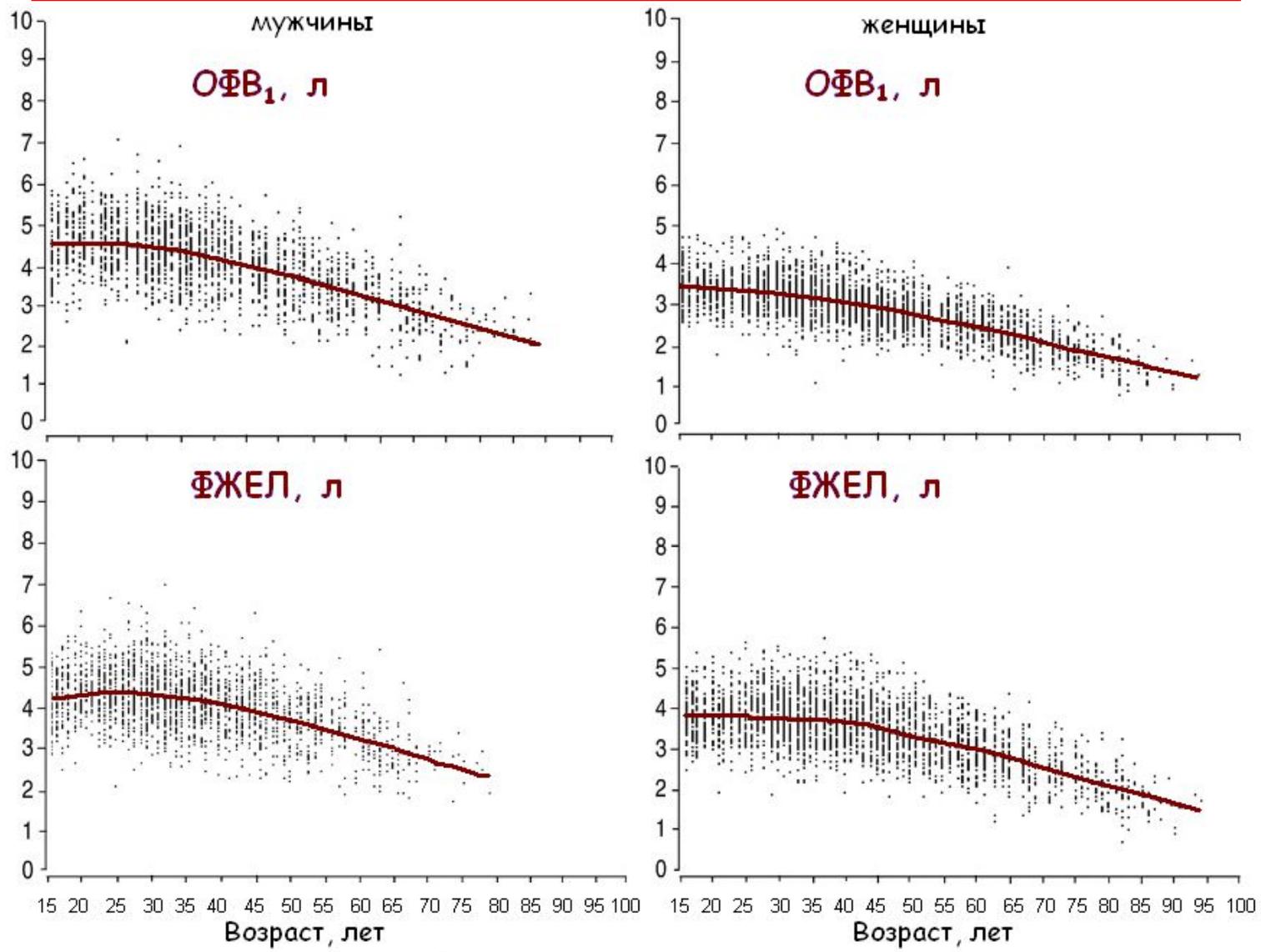
A, et al. Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005; 26: 311–322. doi:10.1183/09031936.05.00035205
Copyright ©ERS Journals Ltd 2005. For full text, visit the journal website at <http://www.ersjournals.com>
Print ISSN 0903-1936
Online ISSN 1364-0305

948

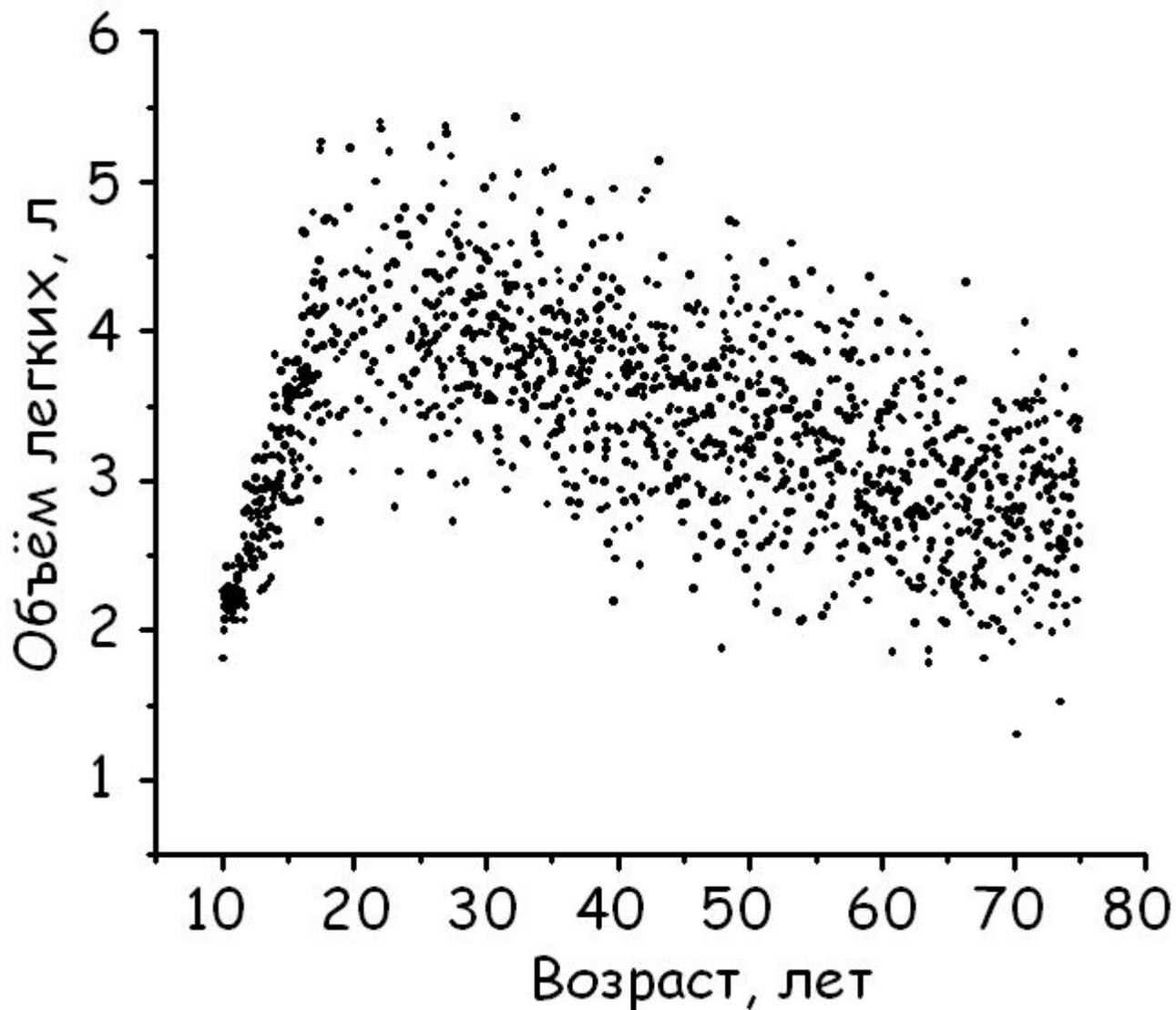
VOLUME 26 NUMBER 5

EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL

Вариабельность легочных объемов (возраст и пол)



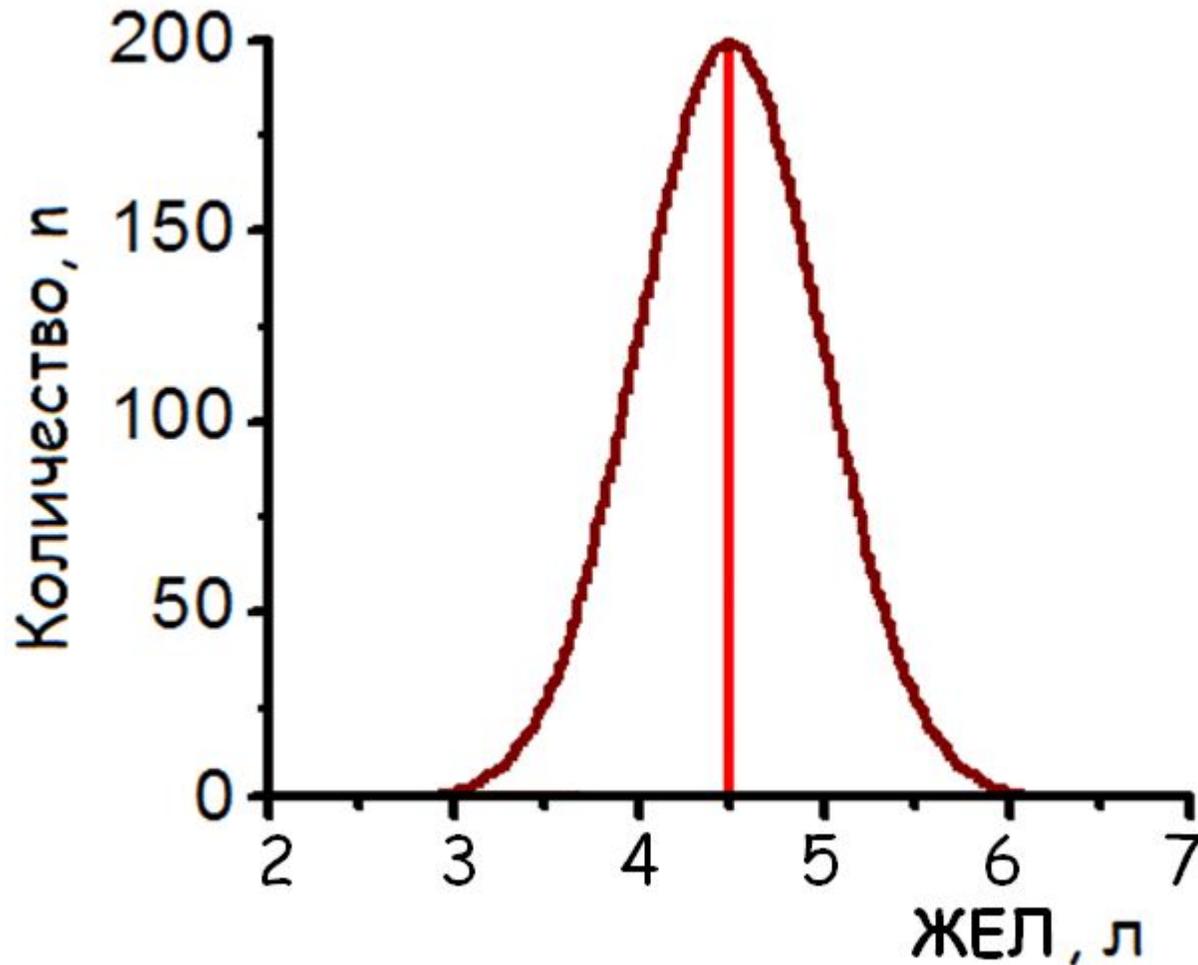
Изменение объема с возрастом



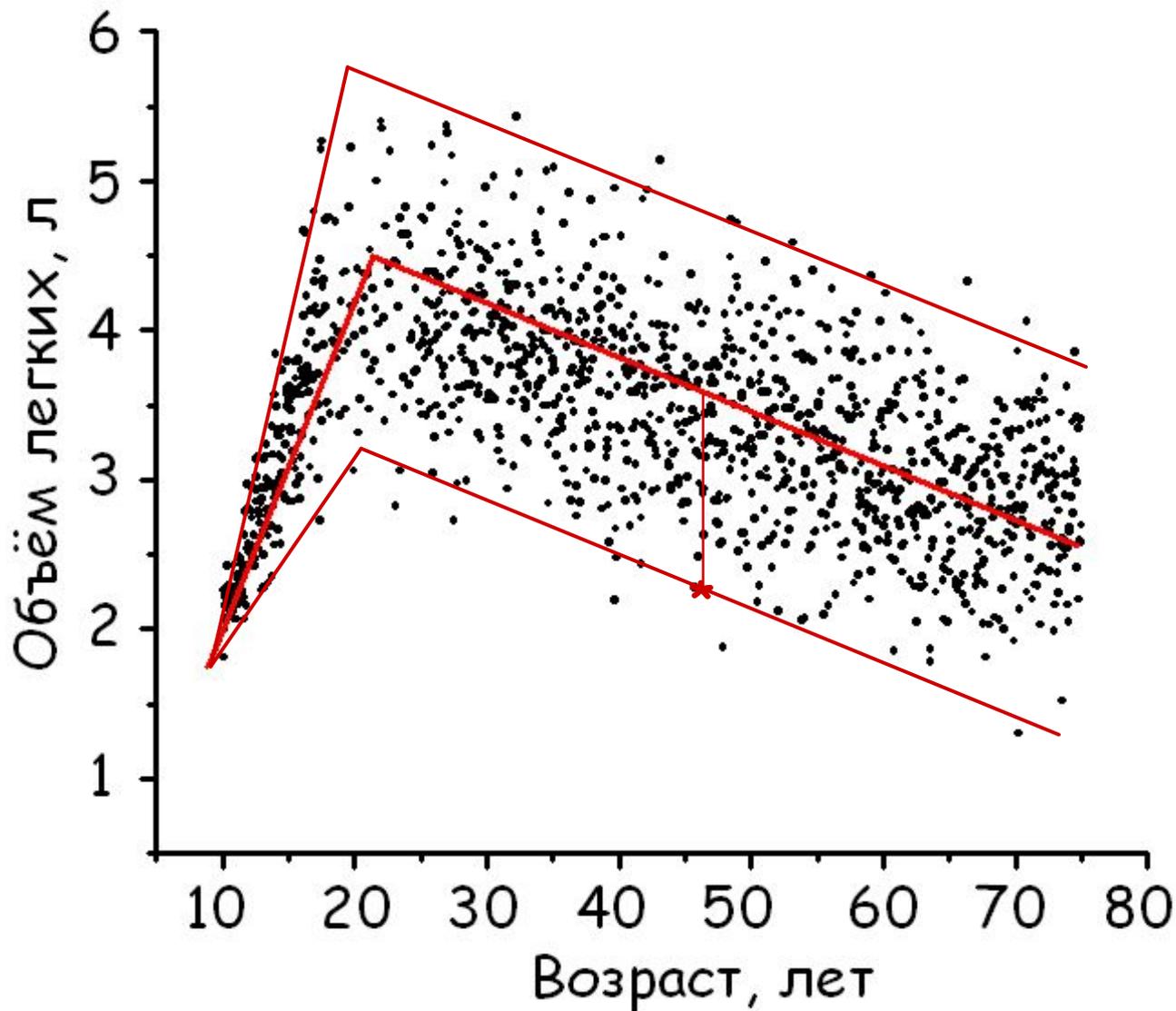
E. Falaschetti et al. Prediction equations for normal and low lung function from the Health Survey for England Eur Respir J 2004; 23:456-463

Должные значения

Распределение спирометрических параметров является 'нормальным'



Определение диапазона нормальных значений



80%:

4 л - 3,2 л ($\Delta=0,8$ л);

3 л - 2,4 л ($\Delta=0,6$ л).

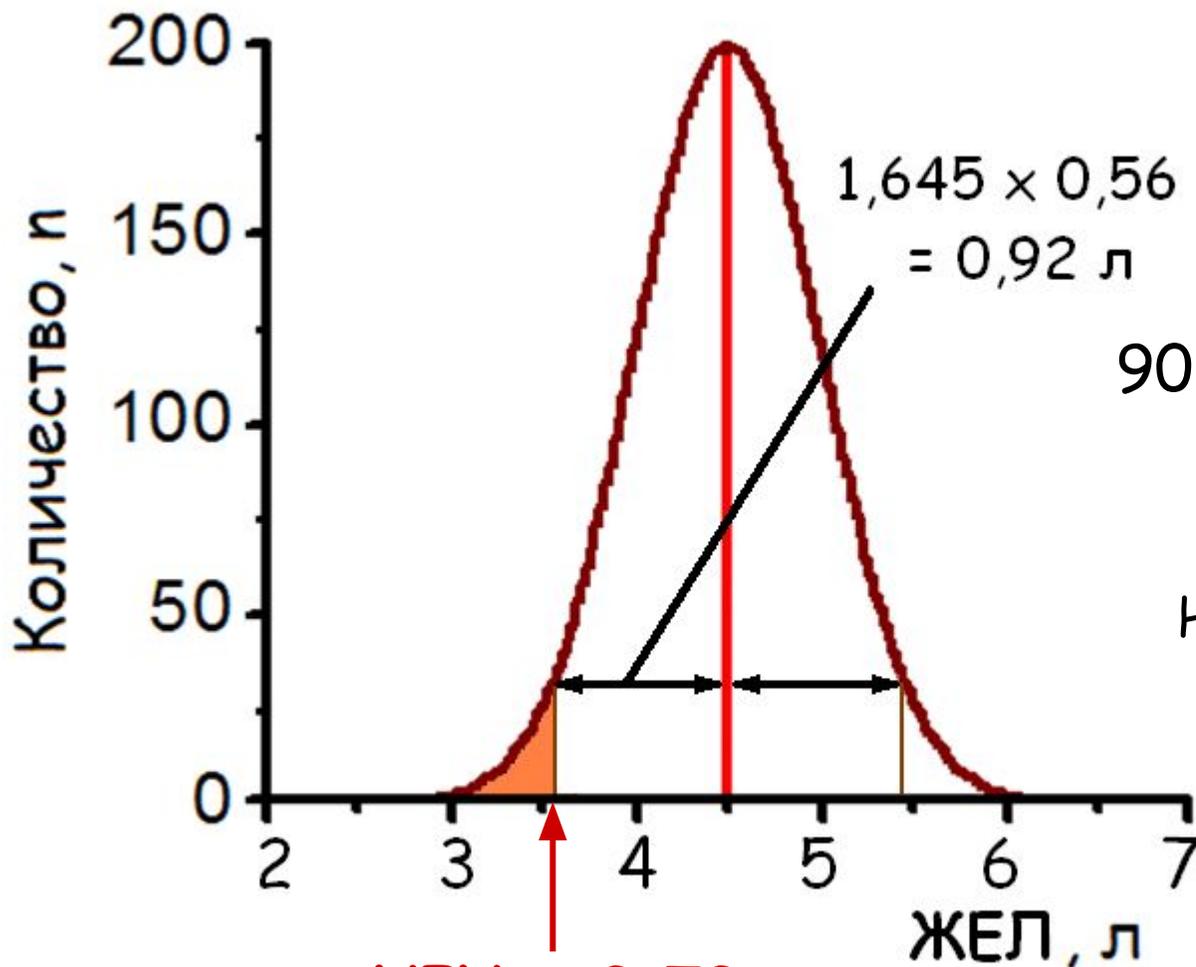


$\neq \text{const}$

Диапазон нормальных значений определяется RSD: стандартное отклонение различий между должным и фактическим значением

Диапазон нормальных значений

Диапазон нормальных значений: 90% доверительный интервал



Примечание: 5% популяции < НГН

Черняк А.В., к.м.н., Москва, ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА, 2016 г. (из личного архива)

Должные значения (рекомендации ERS)

Показатели	Уравнение	90% ДИ	RSD
● Мужчины			
ФЖЕЛ, л	$5,76 \cdot P - 0,026 \cdot B - 4,34$	$\pm 1,00$	0,61
ОФВ ₁ , л	$4,30 \cdot P - 0,029 \cdot B - 2,49$	$\pm 0,84$	0,51
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, %	$-0,18 \cdot B + 87,21$	$\pm 11,8$	7,17
СОС ₂₅₋₇₅ , л/сек	$1,94 \cdot P - 0,043 \cdot B + 2,70$	$\pm 1,71$	1,04
ПСОСвыд, л/сек	$6,14 \cdot P - 0,043 \cdot B + 0,15$	$\pm 1,99$	1,21
● Женщины			
ФЖЕЛ, л	$4,43 \cdot P - 0,026 \cdot B - 2,89$	$\pm 0,71$	0,43
ОФВ ₁ , л	$3,95 \cdot P - 0,025 \cdot B - 2,60$	$\pm 0,62$	0,38
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, %	$-0,19 \cdot B + 89,10$	$\pm 10,7$	6,51
СОС ₂₅₋₇₅ , л/сек	$1,25 \cdot P - 0,034 \cdot B + 2,92$	$\pm 1,39$	0,85
ПСОСвыд, л/сек	$5,50 \cdot P - 0,030 \cdot B - 1,11$	$\pm 1,48$	0,90

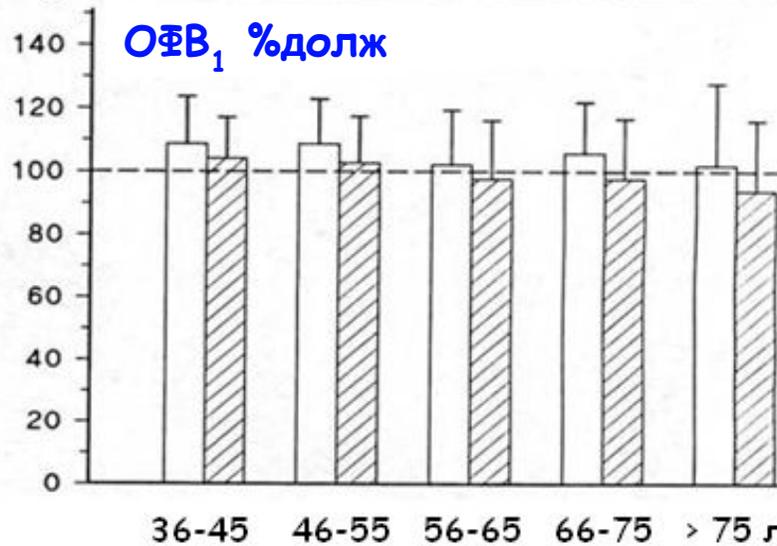
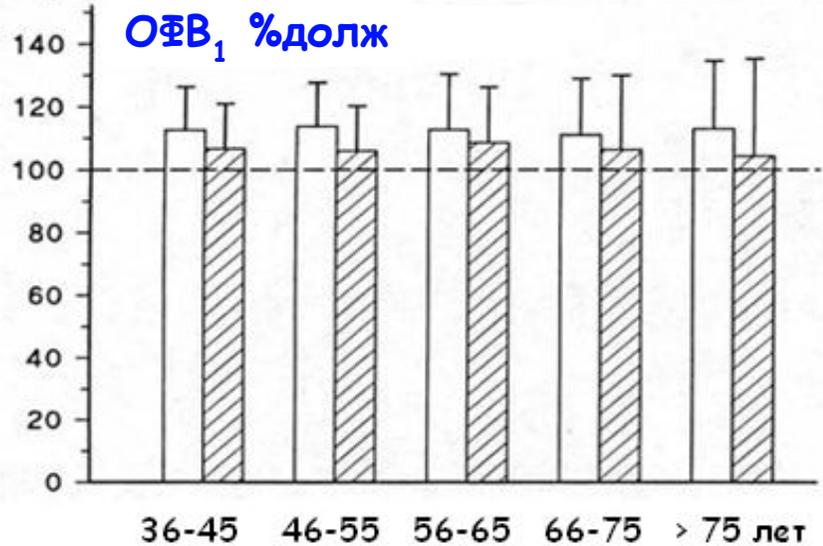
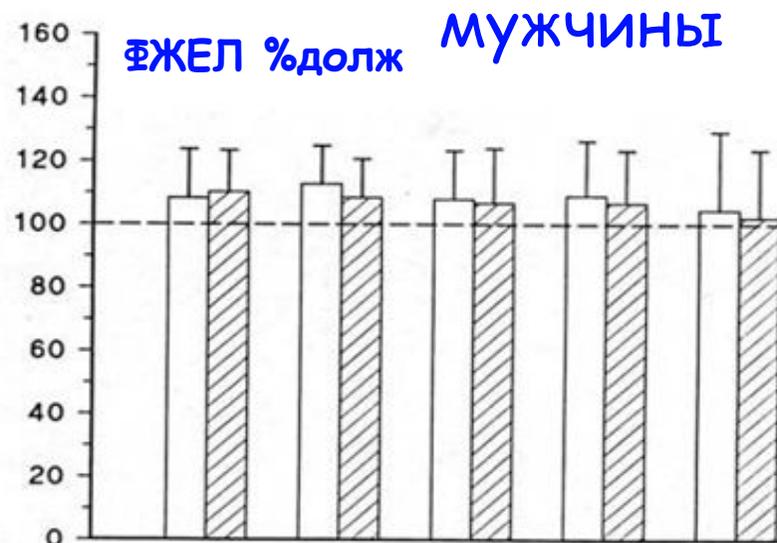
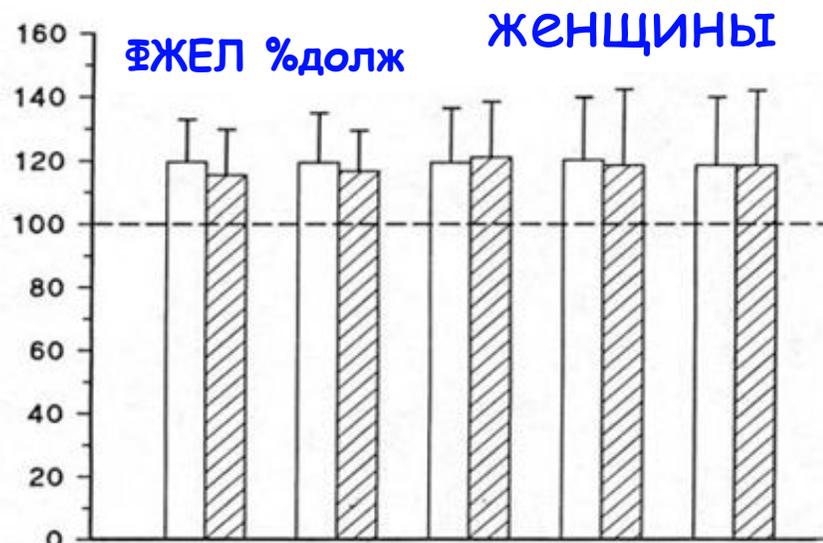
Примечание: Уравнения были рассчитаны для мужчин и женщин ростом 155-195 см и 145-180 см, соответственно, в возрасте от 18 до 70 лет.

Возраст и рост

возраст
18-70 лет

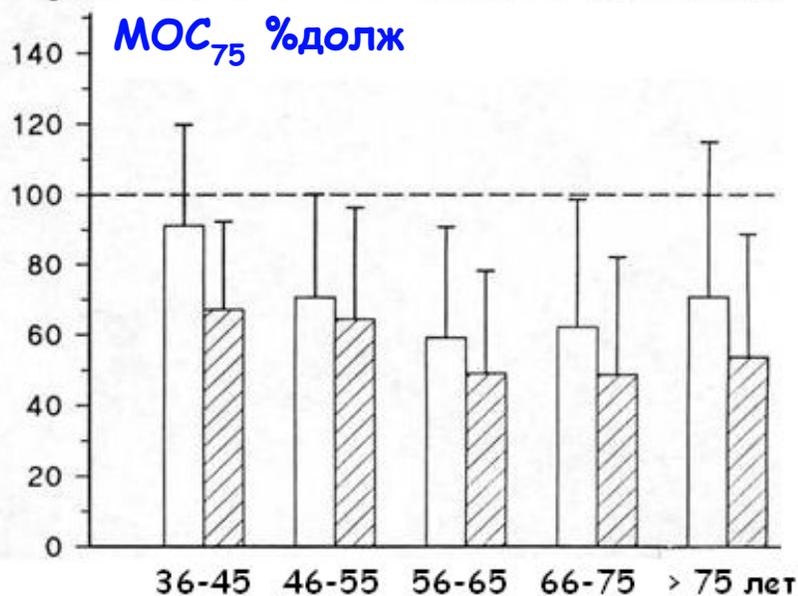
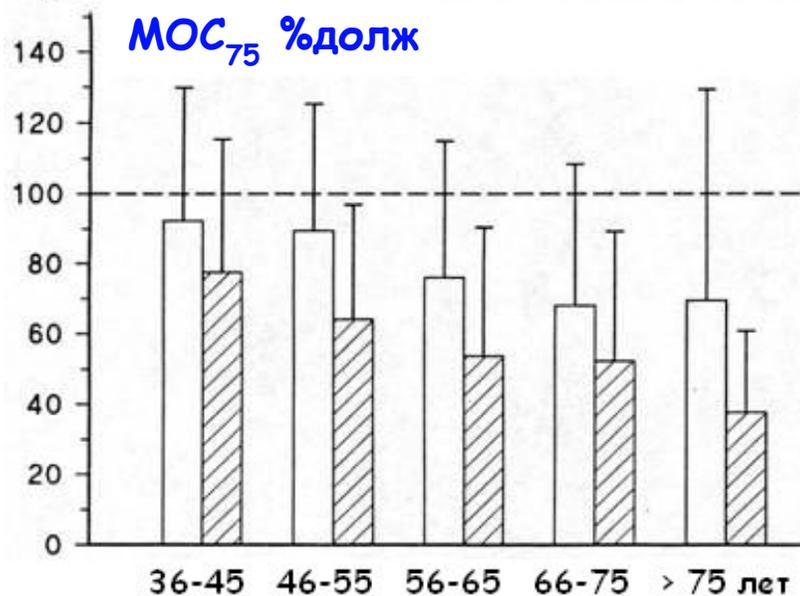
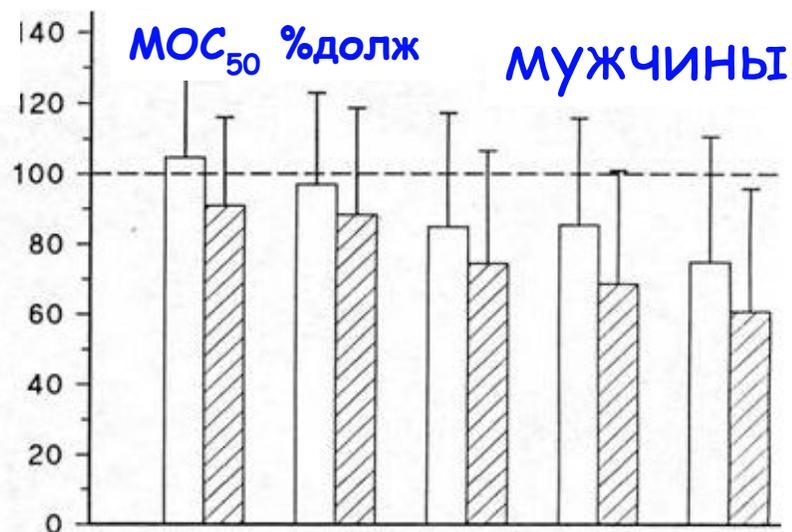
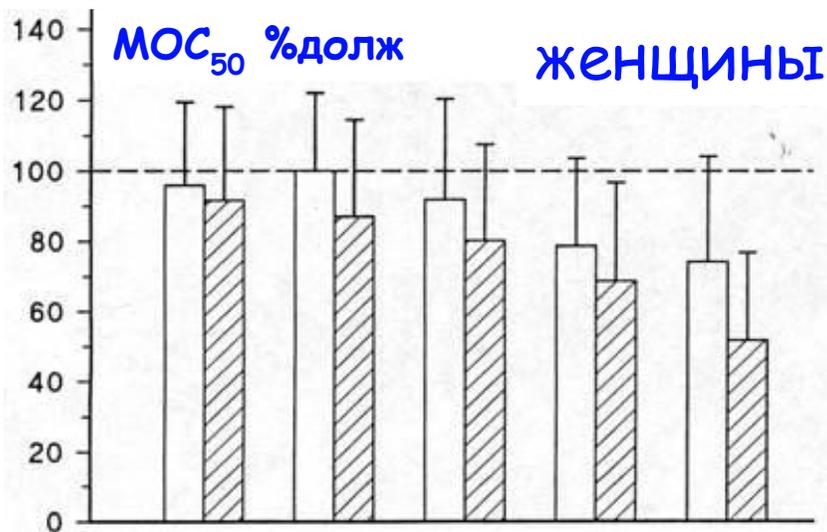
рост
М:155-195 см
Ж:145-180 см

Показатели спирометрии у здоровых людей



 Не курильщицы
 Курильщицы

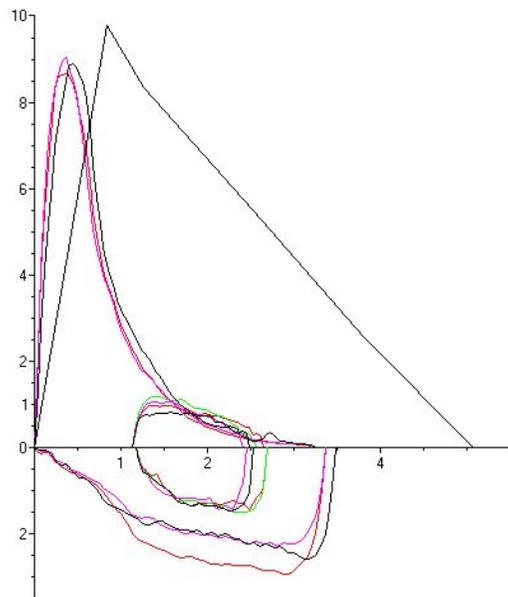
Показатели спирометрии у здоровых людей



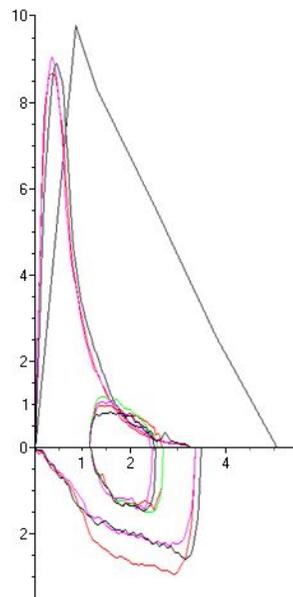
 Не курильщики
 Курильщики

Графическое представление результатов спирометрии

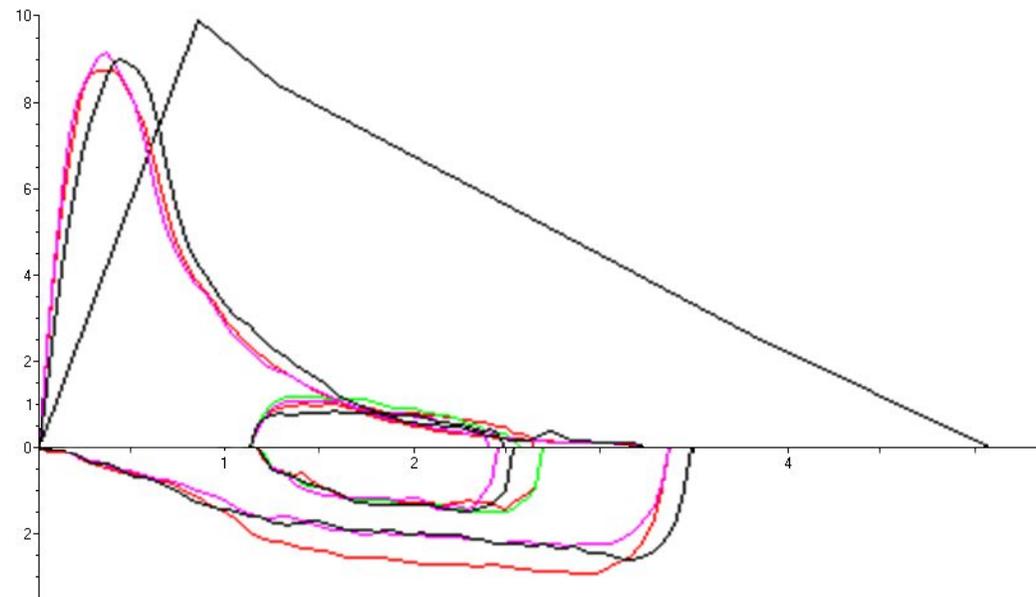
Фиксированное соотношение потока к объему



2:1

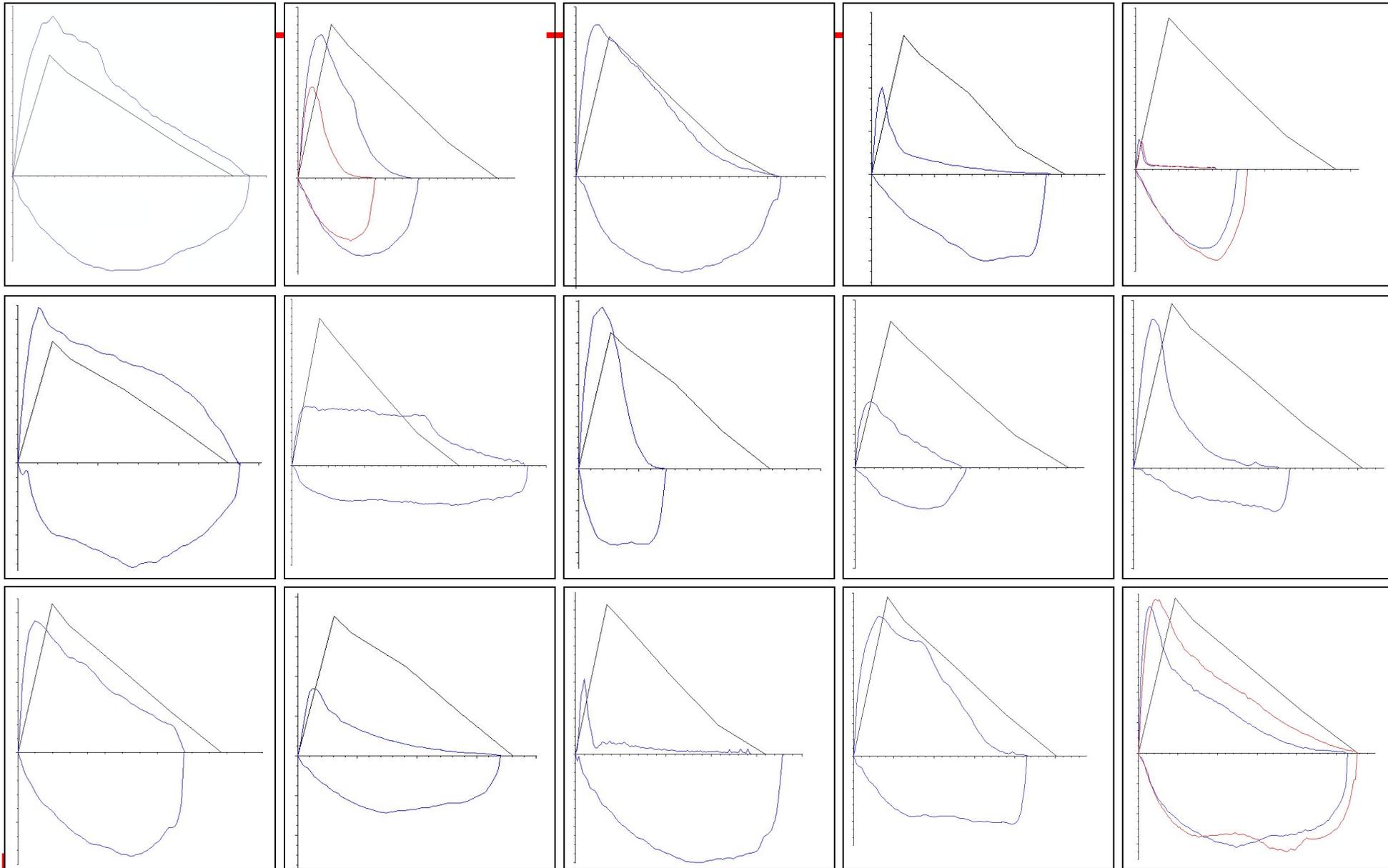


1:1

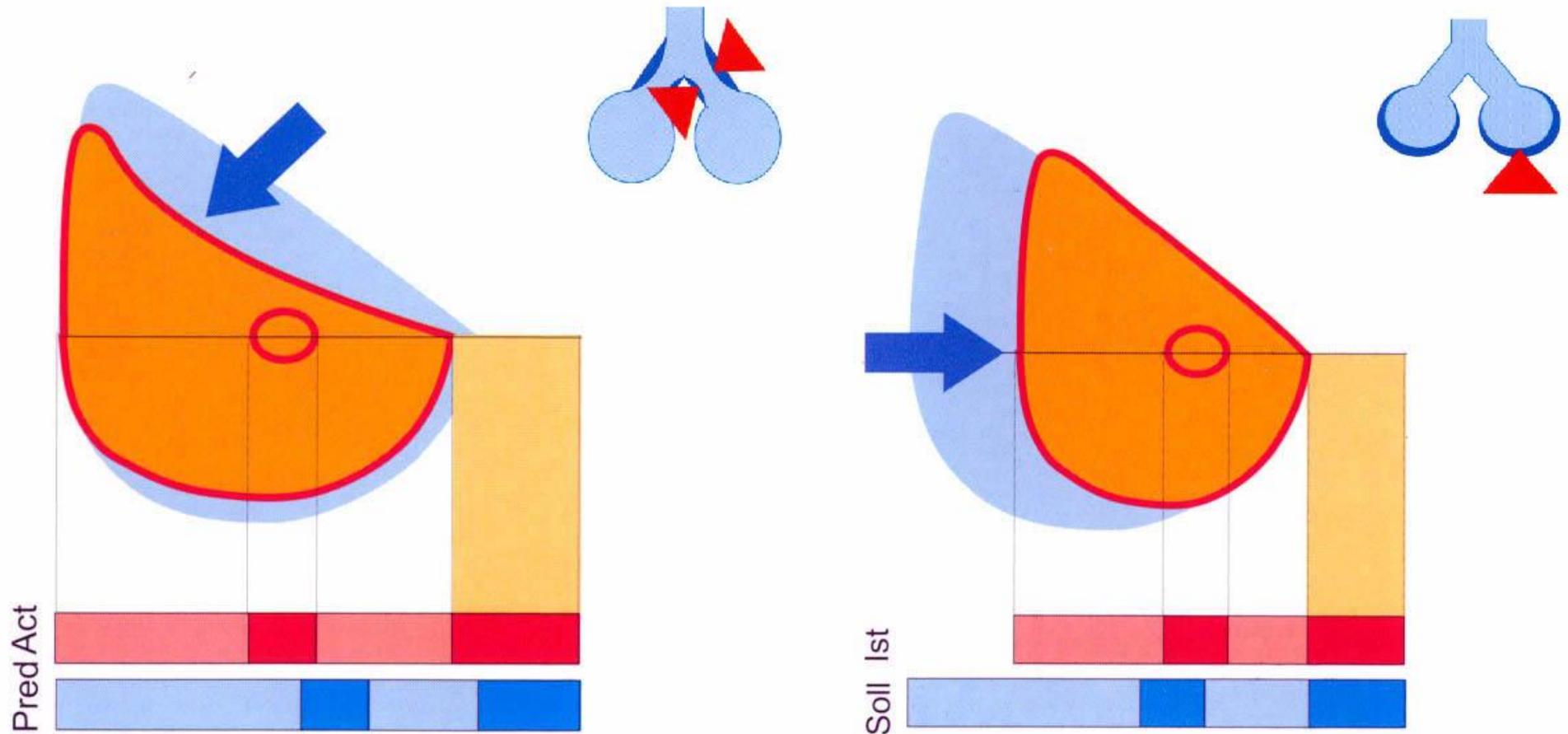


4:1

Галерея: кривые поток-объём



Два патофизиологических типа отклонения от нормы



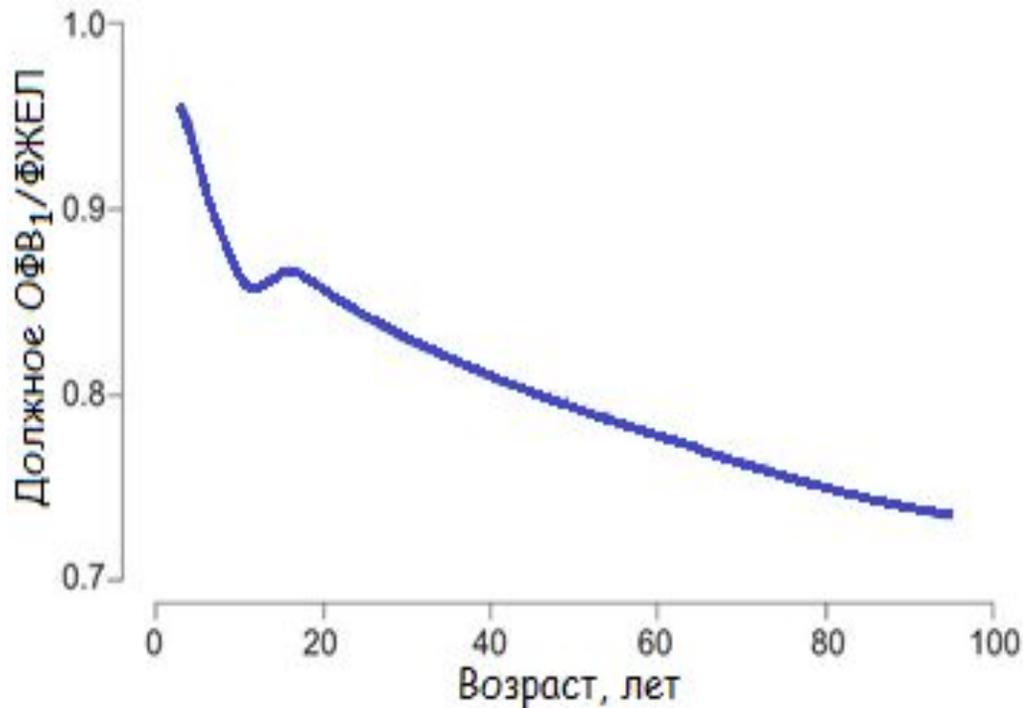
Оценка вентиляционной способности легких

Параметры	Норма	Обструкция	Рестрикция	O+P
ЖЕЛ	N	N	↓	↓
ОФВ ₁	N	↓	↓	↓
ОФВ ₁ /ЖЕЛ	N	↓	N или ↑	↓

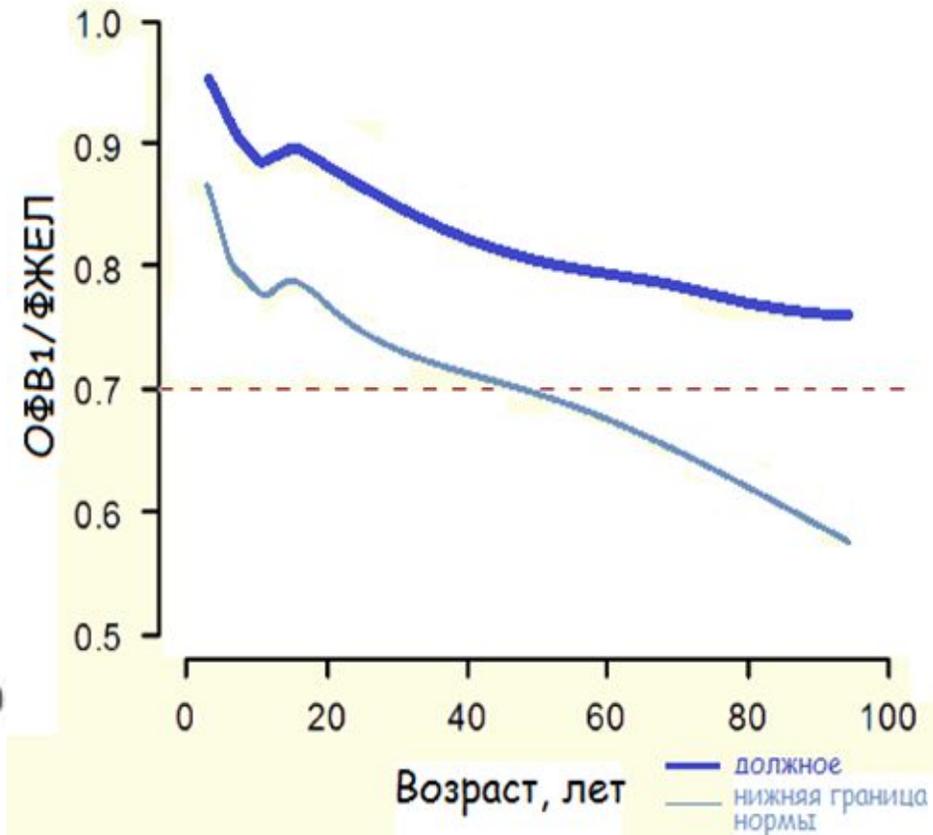
Отношение $O\Phi B_1 / \Phi ЖЕЛ$



Отношение $O\Phi V_1/\Phi ЖЕЛ$



мужской пол

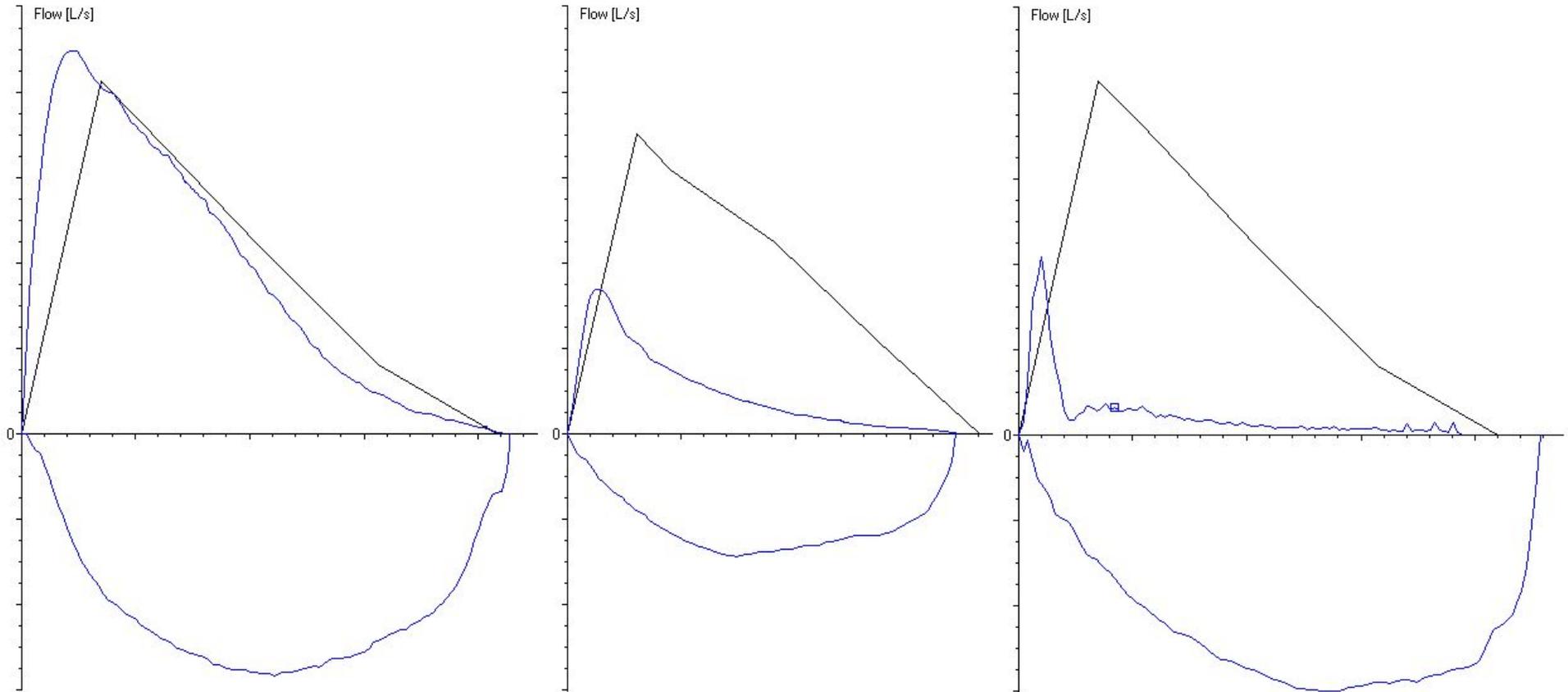


женский пол

Quanjer PH et al. ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. Eur Respir J. 2012; 40 (6): 1324-1343.

Обструктивный тип вентиляционных нарушений

ФЖЕЛ - N
ОФВ1 - ↓
ОФВ1/ФЖЕЛ - ↓



Классификация тяжести бронхиальной обструкции

Степень тяжести	ОФВ ₁ , %долж.
Легкая	более 70
Умеренная	60–69
Средне-тяжелая	50–59
Тяжелая	35–49
Крайне тяжелая	менее 35

Клинический случай 1

Мужчина, 56 лет. Рост 180 см, масса тела 57 кг, индекс массы тела 17,6 кг/м². Жалуется на одышку при умеренных физических нагрузках. Курильщик со стажем 35 пачек-лет.

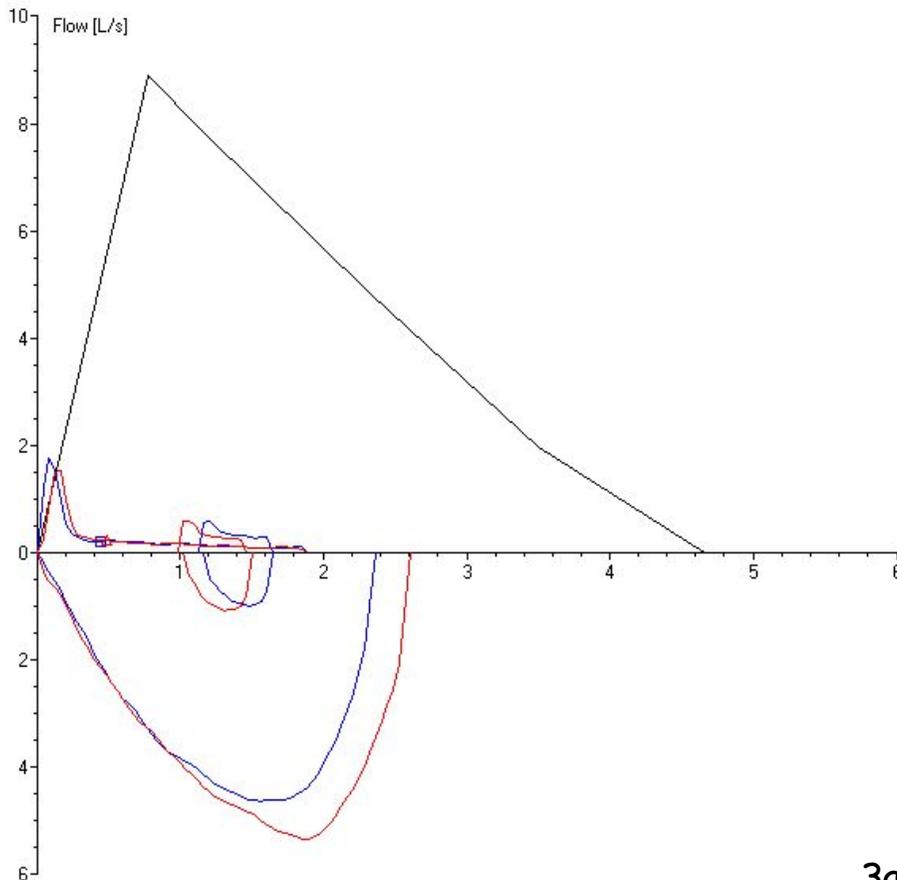
При аускультации на фоне некоторого ослабления дыхания в нижних отделах обоих легких выслушиваются сухие разнотональные хрипы на выдохе в умеренном количестве по всем полям.

	До ингаляции сальбутамола	После ингаляции сальбутамола
ФЖЕЛ, л (%долж.)	1,86 (40)	1,85 (40)
ОФВ ₁ , л (%долж.)	0,42 (11)	0,46 (12)
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %	22	25
СОС ₂₅₋₇₅ , л/сек (%долж.)	0,14 (4)	0,14 (4)
МОС ₂₅ , л/сек (%долж.)	0,20 (3)	0,21 (3)
МОС ₅₀ , л/сек (%долж.)	0,14 (3)	0,16 (3)
МОС ₇₅ , л/сек (%долж.)	0,11 (5)	0,10 (5)
ПОСвыд, л/сек (%долж.)	1,75 (20)	1,51 (17)
Время выдоха, сек	14,24	14,64
МОСвд ₅₀ , л/сек	4,16	4,63
ЖЕЛвд, л (%долж.)	2,40 (52)	2,60 (56)

Тип вентиляционных нарушений?

1. Обструктивный
2. Рестриктивный
3. Смешанный
4. Нарушений вентиляционной способности легких не выявлено.

Клинический случай 1



Заключение:

Нарушение бронхиальной проходимости, снижение ЖЕЛ до 52 %долж.

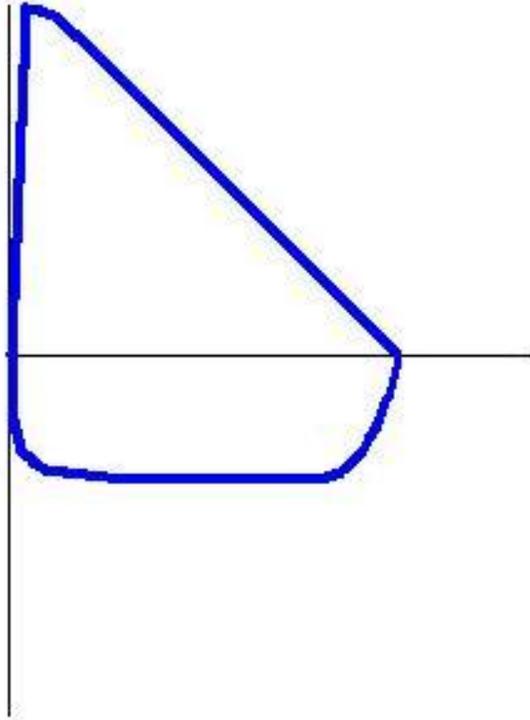
Резко выраженные обструктивные нарушения: генерализованное снижение скорости форсированного выдоха, ранний экспираторный коллапс. Снижение ФЖЕЛ до 40 %долж. Существенная разница между ЖЕЛвд и ФЖЕЛ = 540 мл.

Положительной реакции на сальбутамол (400 мкг) не выявлено.

Для уточнения характера функциональных нарушений следует выполнить бодиплетизмографию с измерением легочных объемов.

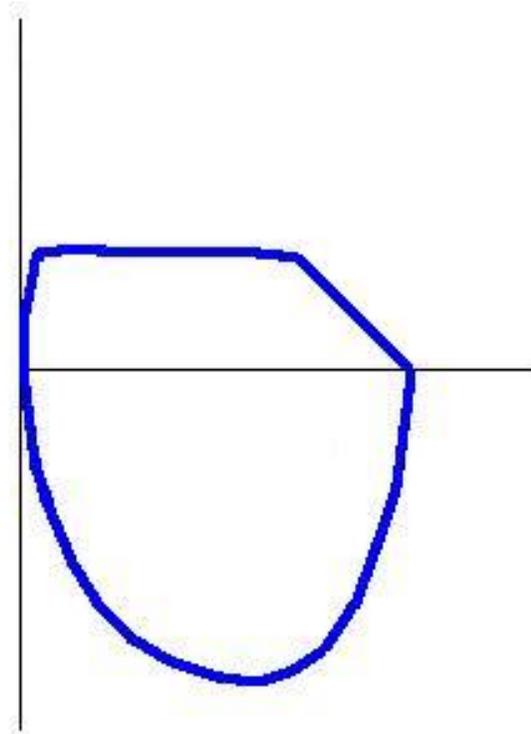
Черняк А.В., к.м.н., Москва, ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА, 2016 г. (из личного архива)

Обструкция верхних дыхательных путей



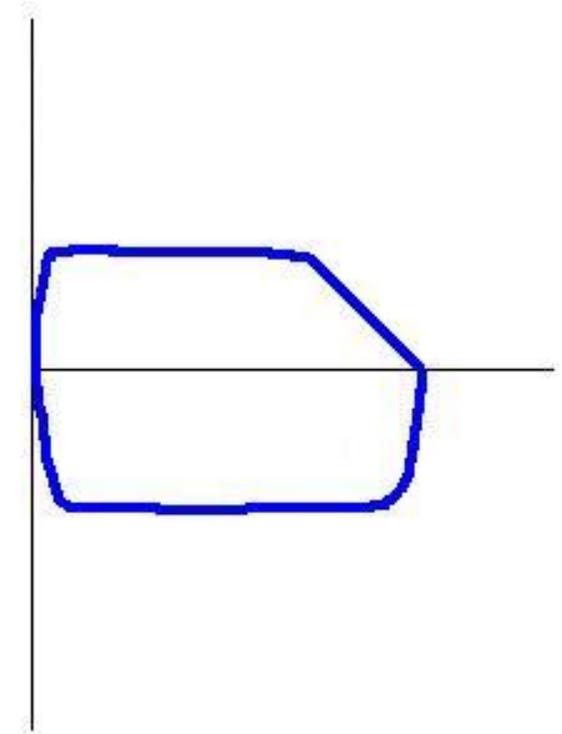
а) переменная
экстраторакальная
обструкция:

$MOC_{50вд} / MOC_{50вьд} < 1$,
ПОС_{вьд} - снижена или нет,
МОС_{50вд} - снижена



б) переменная
интаторакальная
обструкция:

$MOC_{50вд} / MOC_{50вьд} > 1$,
ПОС_{вьд} - снижена,
МОС_{50вд} - снижена или нет



в) фиксированная обструкция:

$MOC_{50вд} / MOC_{50вьд} \cong 1$,
ПОС_{вьд} - снижена,
МОС_{50вд} - снижена

Обструкция верхних дыхательных путей

Переменная экстрагортальная обструкция

- Паралич голосовых связок (в результате операции на щитовидной железе, прорастания опухоли в возвратный гортанный нерв, при боковом амиотрофическом склерозе, последствиях полиомиелита)
- Стеноз подскладочного пространства
- Опухоли (первичная подгортанная или трахеальная, метастатическое поражение при опухолях легких или молочной железы)
- Зоб

Переменная интраторакальная обструкция

- Опухоли нижнего отдела трахеи (ниже яремной ямки грудины)
- Трахеомалация
- Стриктуры
- Гранулематоз Вегенера или редицивирующий полихондрит

Фиксированная обструкция

- Фиксированные опухоли верхних дыхательных путей
- Паралич голосовых связок с фиксированным стенозом
- Рубцовые стриктуры

Клинический случай 2

Мужчина, 53 года. Жалуется на затруднение дыхания на вдохе, осиплость голоса. Курил в течение последних 30 лет по пачке в день, последний месяц не курит. Стридор.

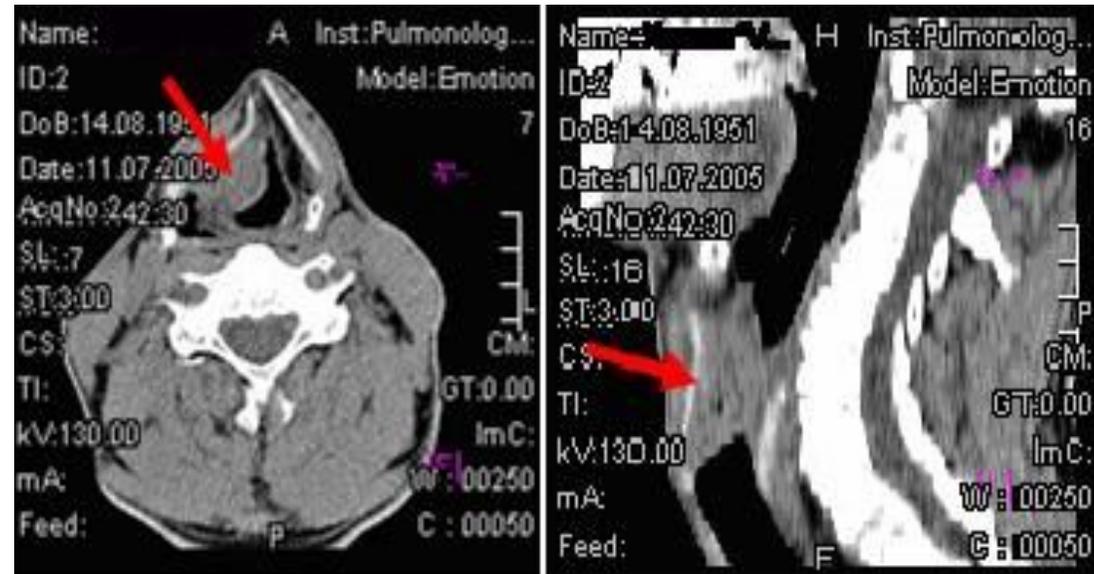
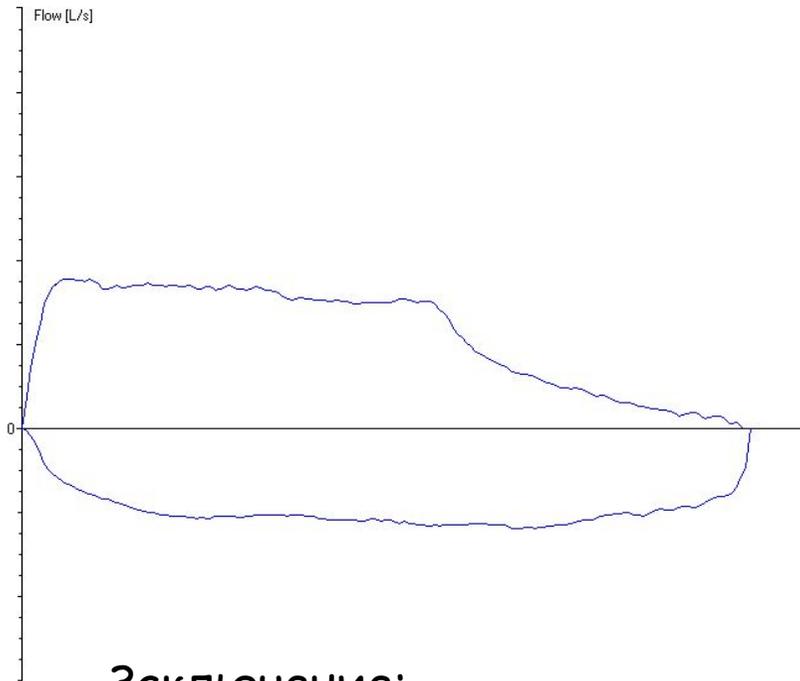
При аускультации над легкими хрипов нет, дыхание проводится во все отделы. В проекции трахеи (область яремной ямки) выслушиваются свистящие хрипы на вдохе.

	До ингаляции сальбутамола	После ингаляции сальбутамола
ФЖЕЛ, л (%долж.)	6,38 (139)	6,41 (140)
ОФВ ₁ , л (%долж.)	3,27 (89)	3,23 (88)
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %	51	50
СОС ₂₅₋₇₅ , л/сек (%долж.)	2,24 (58)	2,62 (67)
МОС ₂₅ , л/сек (%долж.)	3,30 (43)	3,19 (41)
МОС ₅₀ , л/сек (%долж.)	2,97 (62)	2,97 (62)
МОС ₇₅ , л/сек (%долж.)	0,96 (49)	1,27 (65)
ПОСвд, л/сек (%долж.)	3,55 (40)	3,19 (36)
Время выдоха, сек	6,26	6,02
МОСвд ₅₀ , л/сек	2,20	1,96
ПОСвд, л/сек (%долж.)	2,40	2,10

Тип вентиляционных нарушений?

1. Обструктивный
2. Рестриктивный
3. Смешанный
4. Нарушений вентиляционной способности легких не выявлено.

Клинический случай 2



Заключение:

Нарушение легочной вентиляции по обструктивному типу.

Обструктивные нарушения легкой степени: генерализованное снижение скорости форсированного выдоха и вдоха.

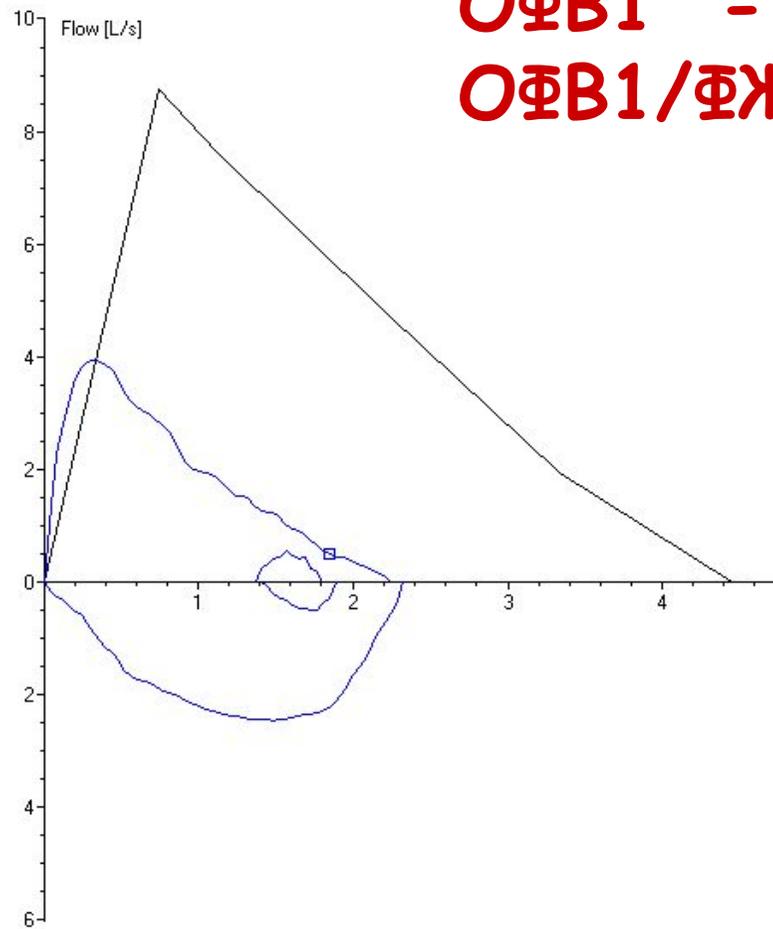
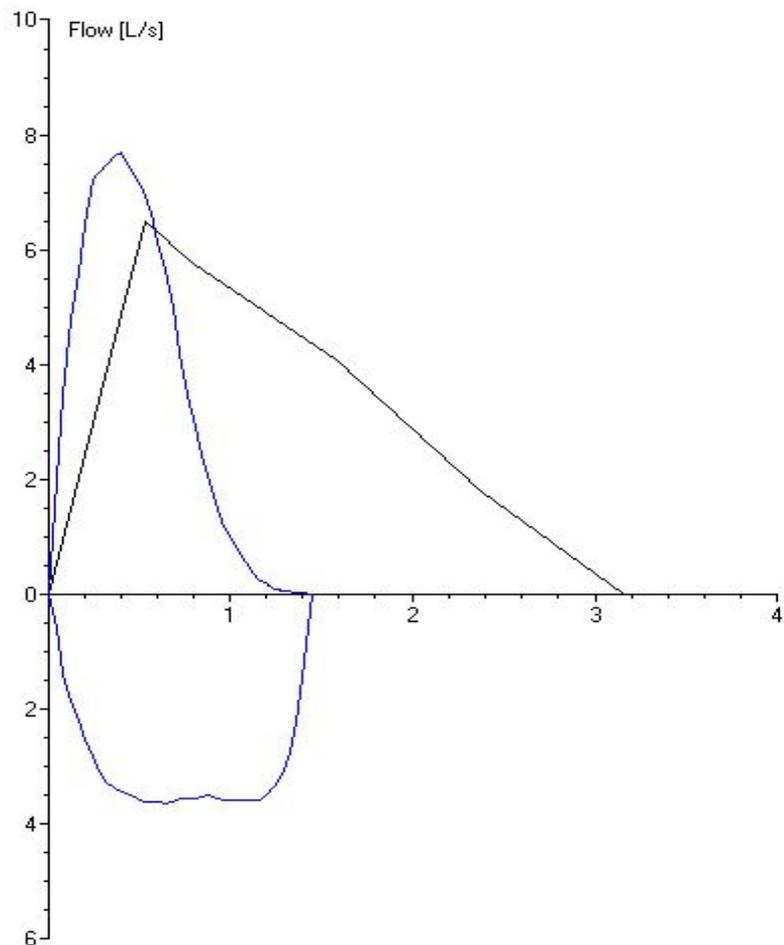
ФЖЕЛ не снижена и = 139 %долж.

Анализ данных спирометрии указывает на наличие фиксированной обструкции верхних дыхательных путей ($MOC_{50вд} / MOC_{50выд} < 1$, в $N \approx 1,5$).

Положительной реакции на сальбутамол (400 мкг) не выявлено.

Рекомендовано провести эндоскопическое/рентгенологическое обследование.

Рестриктивный тип вентиляционных нарушений



Φ ЖЕЛ - ↓
ОФВ1 - ↓
ОФВ1/ Φ ЖЕЛ-N ↑

Причины рестриктивных нарушений

Легочные

- Фиброз легкого и интерстициальные пневмониты
- Асбестоз
- Злокачественные новообразования (лимфоидная карцинома)
- Пневмония
- Саркоидоз
- Облитерирующий бронхиолит с организующей пневмонией
- Альвеолярный протеиноз
- Гистиоцитоз X (гистиоцитоз клеток Лангерганса или эозинофильная гранулема)
- Резекция легкого
- Ателектаз
- Аллергические пневмониты

Причины рестриктивных нарушений

Внелегочные

- Плевральная полость
 - ✓ Пневмоторакс
 - ✓ Фиброторакс
 - ✓ Увеличение размеров сердца
 - ✓ Плевральный выпот
- Нейромышечные
 - ✓ Паралич диафрагмы
 - ✓ Нейромышечные заболевания (боковой амиотрофический склероз (болезнь Шарко), полимиозиты, миастения (болезнь Эрба-Гольдфлама))
- Грудной клетки
 - ✓ Кифосколиоз
 - ✓ Анкилозирующий спондилоартрит (болезнь Бехтерева-Штрюмпелля-Мари)
 - ✓ Беременность
 - ✓ Торакопластика

Клинический случай 3

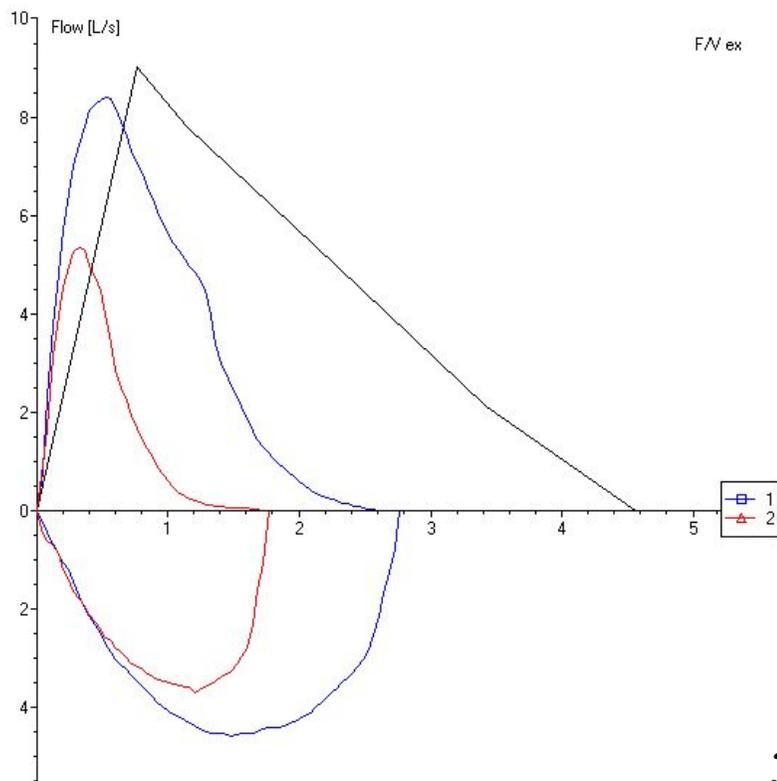
Мужчина (41 год) жалуется на одышку при небольшой физической нагрузке и в положении лежа, из-за чего не может спать; чувство дискомфорта и боли в правой половине грудной клетки. Все жалобы появились полгода назад после перенесенной вирусной инфекции неясной этиологии. До этого пациент чувствовал себя хорошо, активно занимался спортом, никогда не курил. При аускультации определяется ослабление дыхания в нижних отделах правой половины грудной клетки.

	В положении сидя	В положении лежа
ФЖЕЛ, л (%долж.)	2,51 (55)	1,64 (36)
ОФВ ₁ , л (%долж.)	2,13 (57)	1,16 (31)
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, %	85	71
СОС ₂₅₋₇₅ , л/сек (%долж.)	2,68 (62)	0,59 (14)
МОС ₂₅ , л/сек (%долж.)	7,97 (102)	4,74 (61)
МОС ₅₀ , л/сек (%долж.)	4,62 (94)	1,25 (25)
МОС ₇₅ , л/сек (%долж.)	0,83 (40)	0,15 (7)
ПОСвд, л/сек (%долж.)	8,38 (93)	5,33 (59)
Время выдоха, сек	8,62	8,21
МОСвд ₅₀ , л/сек	4,53	3,39
ПОСвд, л/сек (%долж.)	4,58	3,71

Тип вентиляционных нарушений?

1. Обструктивный
2. Рестриктивный
3. Смешанный
4. Нарушений вентиляционной способности легких не выявлено.

Клинический случай 3



Заключение:

Нарушение легочной вентиляции по рестриктивному типу (?).

Рестриктивные нарушения: снижение ФЖЕЛ до 55 %долж.

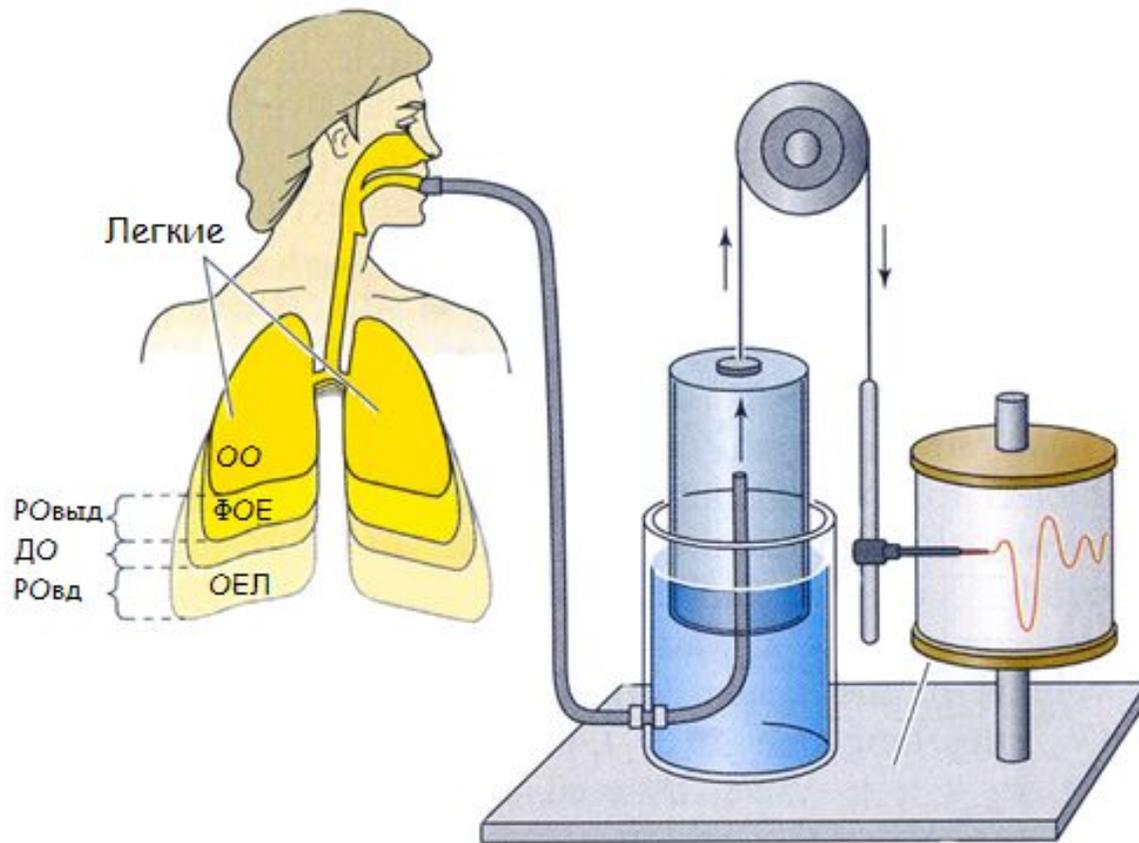
Отмечается снижение скорости выдоха в дистальном отделе (МОС75=40%долж.), что может быть следствием снижения объема легких. Для исключения патологии дыхательных мышц повторили исследование в положении лежа: выявлено падение ФЖЕЛ на 35% по сравнению с исходным значением (с 2,51 л до 1,64 л, в N не превышает 5-10%).

Рекомендовано провести бодиплетизмографию, сделать Rg и КТ.
Черняк А.В., к.м.н., Москва, ФГБУ «НИИ пульмонологии» ФМБА, 2016 г. (из личного архива)

Рекомендации

- Интерпретация результатов функционального исследования должна быть четкой, краткой и информативной (в заключении приводятся только данные, имеющие клиническое значение).
- Указать особенности исследования:
 - антропометрические показатели, выходящие за границы приемлемого диапазона (возраст, рост, вес);
 - этнический фактор;
 - последний прием препаратов, оказывающих влияние на легочную функцию.
- Необходимо описать особенные феномены:
 - изменение паттерна дыхания;
 - бронхоспазм, вызванный спирометрией;
 - прогрессирующее снижение силы дыхательных мышц.
- Нормальные показатели спирометрии не исключают наличия заболеваний органов дыхания:
 - при наличии клинических проблем необходимо провести дополнительные исследования (измерение статических легочных объемов, бронходилатационный/бронхоконстрикторный тест и др.).

БРОНХОДИЛАТАЦИОННЫЙ ТЕСТ



СПИРОМЕТРИЯ
(исходная)

БРОНХОДИЛАТАТОР

СПИРОМЕТРИЯ
(постбронходилатационная)

Показания и противопоказания для проведения теста

- **Установление обратимости бронхиальной обструкции** (при наличии положительной реакции на бронходилататор). У лиц молодого возраста выраженная обратимость обструкции требует исключения бронхиальной астмы.
- **Определение эффективности проводимой терапии.** Если у пациента выявляется положительная реакция на бронходилататор, возможно, ему необходимо регулярное лечение этими средствами. Отсутствие значимого улучшения показателей спирометрии в результате бронходилатационного теста **не означает**, что больной не должен лечиться бронхолитиками.
- **Мониторирование динамики легочной функции** у больных с хроническими респираторными заболеваниями при длительном (многолетнем) наблюдении. Например, у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) с течением времени ухудшаются показатели легочной функции, и чем быстрее это происходит (особенно на начальных стадиях заболевания), тем активнее должна быть терапия.
- **Выявление обратимой бронхиальной обструкции** у лиц с нормальными показателями спирометрии .

Факторы, определяющие бронходилатационный ответ

- Группа препарата
- Путь введения и техника ингаляции
- Назначаемая доза
- Время, прошедшее после ингаляции
- Исходное состояние легочной функции
- Погрешность исследования

Стандарты для проведения бронходилатационных тестов

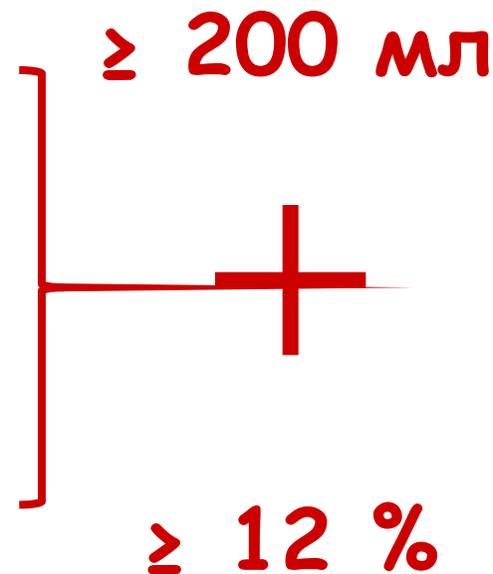
- ✓ β_2 -агонисты короткого действия (сальбутамол - 400 мкг), антихолинэргические препараты (ипратропиум бромид - 160 мкг) или их комбинация.
- ✓ ОФВ₁ следует измерить через 10-15 минут после ингаляции β_2 -агонистов короткого действия или 30-45 минут после ингаляции антихолинэргических препаратов короткого действия или их комбинации.

Способы расчета бронходилатационного ответа

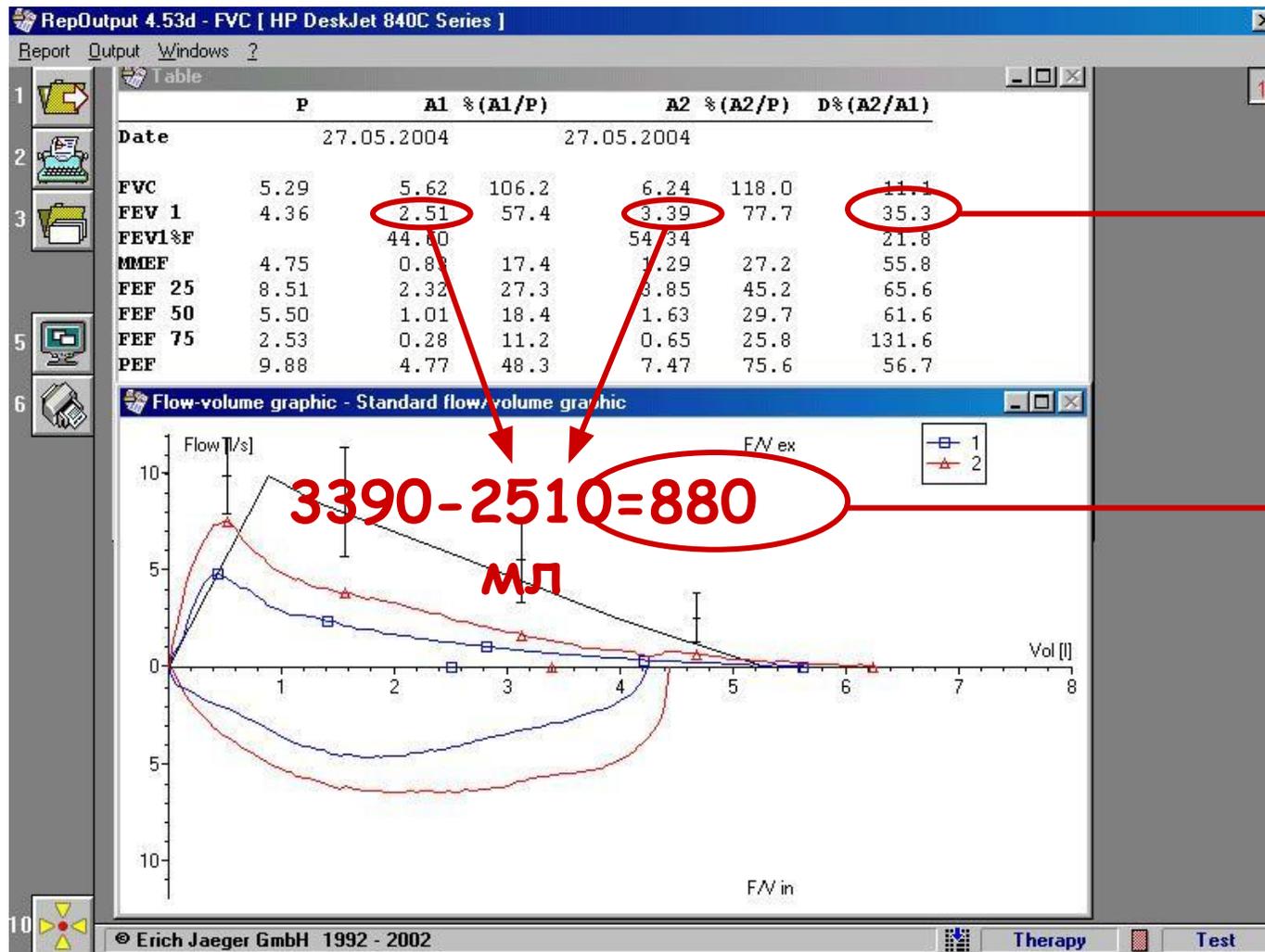
□ $\Delta\text{ОФВ}_1 \text{ (мл)} = \text{ОФВ}_1 \text{ дил(мл)} - \text{ОФВ}_1 \text{ исх(мл)}$

И

□ $\Delta\text{ОФВ}_1 \text{ (%исх)} = \frac{\text{ОФВ}_1 \text{ дил(мл)} - \text{ОФВ}_1 \text{ исх(мл)}}{\text{ОФВ}_1 \text{ исх(мл)}} \times 100\%$



Обратимые обструктивные нарушения



Более
12%

Более 200 мл

Заключение: Проба с сальбутамолом (400 мкг) положительна ($KBD_{O\Phi B1} = 35\%$ при абсолютном приросте 880мл).

Бронходилатационный ответ

**GOLD
2016**

Определение степени обратимости ограничения воздушного потока (измерение $ОФВ_1$ до и после применения бронходилататора или кортикостероидов) не является необходимым. Нет данных, что степень обратимости полезна для диагностики, дифференциальной диагностики с астмой или предсказания эффективности длительного применения бронходилататоров или глюкокортикостероидов.



Спасибо