

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра клинической фармакологии и терапии БелМАПО
Лаборатория разработки оборудования для спирометрии БГУ

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
РЕСПИРАТОРНОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ В
КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ**

Учебно-методическое пособие

Минск БелМАПО
2012

УДК 616.2:612.2 – 07 (075.9)

ББК 54.12я73

К63

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия
УМС Белорусской медицинской академии последипломного образования
Протокол № 5 от 04.07. 2012

Авторы:

к.м.н., доцент кафедры клинической фармакологии и терапии Е.И. Давидовская
аспирант кафедры клинической фармакологии и терапии Зуева П.Н.
к.физ.- мат.н., заведующий лабораторией разработки оборудования для спирометрии
БГУ И.А. Маничев
к.физ.- мат.н., научный сотрудник лаборатории разработки оборудования для
спирометрии БГУ В.Г. Щербицкий

Рецензенты:

кафедра фтизиопульмонологии ГГМУ
заведующий кафедрой фтизиопульмонологии БГМУ, кандидат медицинских наук
доцент П.С.Кривонос

К 63

Комплексное исследование респираторной функции легких в клинической
практике: учеб.-метод. пособие. /Е.И. Давидовская, П.Н. Зуева, И.А. Маничев,
В.Г. Щербицкий - Минск.: БелМАПО, 2012. - 55 с.

ISBN 978-985-499-601-1

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы комплексного
исследования респираторной функции легких с использованием спирометров с
экспертной оценкой качества тестов, включая: области применения
спирометрии, базисную спирометрию; бронхомоторные тесты для диагностики
и дифференциальной диагностики бронхообструктивной патологии;
динамическое наблюдение при заболеваниях, сопровождающихся обструкцией
и рестрикцией; пульсоксиметрию.

Предназначено для врачей терапевтического профиля.

УДК 616.2:612.2 – 07 (075.9)

ББК 54.12я73

ISBN 978-985-499- 601-1

© Давидовская Е.И., Зуева П.Н.,
Маничев И.А., Щербицкий В Г., 2012
© Оформление БелМАПО, 2012

Содержание

Перечень сокращений.....	4
Введение.....	6
Диагностическая значимость спирометрии	7
Области применения спирометрического исследования.....	8
Показания и условия для проведения спирометрического обследования.....	9
Спирометры с экспертной оценкой качества тестов – что это такое?.....	11
Клинический разбор №1.....	11
Скрининговая оценка ФВД.....	16
Бронхомоторные тесты.....	18
Бронхопровокационные тесты.....	19
Фармакологические бронхопровокационные тесты.....	19
Бронхопровокационные тесты с физической нагрузкой.....	21
Бронхопровокационные тесты с кратковременной произвольной гипервентиляцией лёгких (КПГВЛ).....	22
Бронходилатационные тесты.....	23
Динамическое наблюдение ФВД.....	27
Возможности спирометров с экспертной оценкой качества тестов.....	29
Ранняя диагностика и мониторинг ХОБЛ.....	29
Клинический разбор №2.....	32
Диагностика и мониторинг заболеваний легких, сопровождающихся рестрикцией.....	34
Использование спирометров с экспертной оценкой качества тестов при проведении профосмотров.....	37
Мониторинг ФВД у пациентов с бронхиальной астмой в условиях стационара.....	43
Возможности проведения электронных опросов при использовании спирометров с экспертной системой оценки качества тестов.....	45
Пульсоксиметрия.....	47
Литература.....	53

Перечень сокращения

БА – бронхиальная астма

ДН – дыхательная недостаточность

ДО – дыхательный объем

$E_{вд}$ - емкость вдоха

ЖЕЛ – жизненная емкость вдоха

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ИКЧ – индекс курящего человека

ИМТ – индекс массы тела

ИФА/ИИП – идиопатический фиброзирующий альвеолит/идиопатическая интерстициальная пневмония

КПГВЛ - кратковременная произвольная гипервентиляция лёгких

МАС – многофункциональный автоматический спирометр

МВЛ – максимальная вентиляция легких

МВЛ-МОД – резерв дыхания

МОД – минутный объем дыхания

MOC_{50} - мгновенная объемная скорость при выдохе 50% ФЖЕЛ

MOC_{75} - мгновенная объемная скорость при выдохе 75% ФЖЕЛ

ОФВ1 – объем форсированного выдоха за первую секунду

ОФВ1/ФЖЕЛ – индекс Тиффно

ПО – программное обеспечение

$POS_{вд}$ - пиковая объемная скорость вдоха

$POS_{выд}$ - пиковая объемная скорость выдоха

ПСВ – пиковая скорость выдоха

$RO_{вд}$ - резервный объем вдоха

$RO_{выд}$ - резервный объем выдоха

SOC_{25-75} - средняя объемная скорость форсированного выдоха

СВвыд – суточная вариабельность выдоха

ФВД – функция внешнего дыхания

ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких

ХДН – хроническая дыхательная недостаточность

ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких

ЧД – частота дыхания

ЧСС – частота сердечных сокращений

ACT - Asthma Control Test™

ATS/ERS - Американское Торакальное Общество/Европейское
Респираторное общество

CAT - COPD Assessment Test™

dЖЕЛ — воспроизводимость ЖЕЛ

dОФВ1 — воспроизводимость ОФВ1

dФЖЕЛ — воспроизводимость ФЖЕЛ

Hb - гемоглобин

HbO₂ – связанный с кислородом гемоглобин

MRC - Medical Research Council (MRC) Dyspnea Scale

Нспиро - количество попыток, выполненных в маневрах ЖЕЛ

Нпневмо - количество попыток, выполненных в маневрах ФЖЕЛ

PaCO₂ – парциальное давление углекислого газа

PaO₂ – парциальное давление кислорода

VокончСп - изменение объема спокойного выдоха за последнюю секунду
маневра ЖЕЛ

Vэкстр - значение обратноекстраполированного объема в тесте ФЖЕЛ

VокончПн - изменение объема форсированного выдоха за последнюю
секунду маневра ФЖЕЛ

Введение

Большинство патологических состояний характеризуется определенными клиническими проявлениями. Постановка диагноза требует не только оценки симптомов, но и объективного подтверждения их наличия. Точность диагноза зависит как от ясности клинической картины и квалификации врача, так и от используемых для подтверждения диагностических технологий. «Золотым стандартом» диагностики в пульмонологии в ряде случаев является исследование функции внешнего дыхания (ФВД), т.е. спирометрия. Спирометрия позволяет судить о состоянии одного из звеньев системы легочного дыхания - аппарата вентиляции. Именно нарушения вентиляции при ряде респираторных заболеваний оказываются ведущими в комплексе патофизиологических расстройств и в значительной мере определяют клиническую картину легочной недостаточности, снижая функциональные возможности больного с патологией легких.

«Классическая» спирометрия позволяет оценить: 1. легочные объемы и емкости (дыхательный объем (ДО), резервный объем вдоха ($PO_{вд}$), резервный объем выдоха ($PO_{выд}$), емкость вдоха ($E_{вд}$), жизненную емкость легких (ЖЕЛ). 2. показатели, характеризующие вентиляцию легких (частоту дыхания (ЧД), минутный объем дыхания (МОД), максимальную вентиляцию легких (МВЛ), резерв дыхания (МВЛ - МОД). 3. показатели, характеризующие состояние бронхиальной проходимости (форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ1), отношения ОФВ1 к ФЖЕЛ ($ОФВ1/ФЖЕЛ$), ОФВ1 к ЖЕЛ ($ОФВ1/ЖЕЛ$) и пиковую объемную скорость дыхания во время вдоха ($ПОС_{вд}$) и выдоха ($ПОС_{выд}$) - пневмотахометрия).

В современной терапевтической практике часто возникает необходимость комплексного исследования респираторной функции легких, что связано с ростом числа коморбидных состояний, влияющих на функцию дыхания и вносящих свой вклад в развитие дыхательной недостаточности, а

также необходимостью решения экспертных вопросов. Такое комплексное исследование должно включать не только базисную «рутинную» спирометрию, но и возможность выделения факторов риска развития патологических состояний, длительного динамического наблюдения с проведением статистической обработки полученных результатов, изучения газотранспортной функции легких.

Диагностическая значимость спирометрии

Методика выполнения спирометрических тестов регламентируется единым стандартом Американского Торакального Общества и Европейского Респираторного общества - ATS/ERS в редакции 2005 года (далее ATS/ERS-2005) [19]. Количественная оценка спирометрических показателей производится путем сопоставления их с нормативами, полученными при обследовании здоровых людей. Значительные индивидуальные различия, имеющиеся у здоровых людей, вынуждают, как правило, использовать не общую среднюю того или иного показателя, а учитывать пол, возраст и рост обследуемых. Индивидуальный норматив, рассчитанный с учетом влияния нескольких или всех указанных факторов, принято называть должной величиной. Для большинства спирометрических показателей разработаны должные величины, для некоторых - определен диапазон индивидуальных различий здоровых людей. Должную величину в каждом конкретном случае принимают за 100%, а полученную в исследовании - выражают в процентах по отношению к должной. Использование должных величин уменьшает, но не устраняет полностью индивидуальных различий здоровых людей, которые для большинства показателей находятся в пределах 80-120% должной, а для некоторых - в еще более широком диапазоне. Это создает значительные трудности в оценке спирометрических показателей, особенно при диагностике начальных нарушений. В таких случаях необходимы результаты повторных исследований, при этом даже небольшие отклонения от результатов предшествующего обследования больного могут указать на

величину и направленность происшедших изменений. Правильная их оценка может быть дана только с учетом воспроизводимости показателей ФВД [12, 13].

Суммарная погрешность спирометрического исследования включает случайные и систематические ошибки, связанные с конструктивными особенностями прибора, субъективные ошибки при исследовании и физиологически обусловленные колебания. Мерой воспроизводимости является среднее квадратичное отклонение разброса повторных измерений. При этом следует отметить, что при оценке конечного результата исследования для большинства показателей физиологически более оправдано использование наибольшей величины, а не средней нескольких измерений, независимо от числа повторений.

Области применения спирометрического исследования

1. Диагностика:

- объективное влияние заболеваний на функциональное состояние легких;
- при первичном обследовании и наличии определенных клинических проявлений (одышка, кашель, свистящее дыхание, изменение перкуторного звука и характера дыхания, выявления хрипов и др.);
- определение риска развития заболевания легких (у курильщиков, работников вредных производств, при работе с определенным типом напряжений);
- определение операционного риска;
- оценка прогноза заболевания;
- оценка состояния здоровья.

2. Динамическое наблюдение (мониторинг):

- оценка эффективности терапевтических мероприятий;
- оценка динамики развития заболеваний (дыхательной, сердечно-сосудистой, нервно-мышечной систем);

- оценка воздействий пребывания во вредных условиях или контактов с вредными веществами;

- оценка эффективности реабилитационных программ.

3. Экспертная оценка:

- трудоспособности;

- пригодности к работе в определенных условиях.

4. Оценка здоровья населения:

- эпидемиологические исследования;

- сравнение здоровья населения в разных географических, климатических и прочих условиях;

- массовые обследования.

Показания для спирометрического обследования

Показаниями для проведения пульмонологического обследования могут являться следующие причины: курение; частые простудные заболевания; хронический кашель; одышка при физической нагрузке и в покое; аллергический и вазомоторный ринит; профессиональные вредности (краски, пыль и т. п.); плановая лапаро- и торакотомия; ожидаемый длительный период анестезии; легочные заболевания; кашель и одышка в анамнезе; ожирение; контроль пациентов, получающих бронхолитики; контроль пациентов с сердечной недостаточностью; оценка тяжести бронхиальной астмы (БА) и степени контроля БА; оценка тяжести и прогрессирования хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ); установление степени трудоспособности.

Подготовка к функциональным пробам предполагает исключение: курения в течение 2 часов до исследования, приема кофеинсодержащих напитков и препаратов в течение 8 часов до исследования; использования ингаляционных адреномиметиков и холинолитиков в течение последних 8 часов, теофеллина и других пероральных бронходилататоров в течение 24 часов и антигистаминных препаратов в течение 48 часов до исследования.

При невозможности для пациента соблюсти эти условия необходимо делать пометку на направлении.

В настоящее время возрастает осознание диагностической ценности спирометрии. Однако проведенные опросы показали, что многие из медработников, которые применяют спирометрию, не уверены в правильности выполнения и интерпретации результатов тестов. Методические проблемы при проведении спирометрического исследования сводятся к анализу набора специфических числовых параметров, характеризующих приемлемость и воспроизводимость тестов во время проведения спирометрического исследования, что требует обратной связи между экспертной системой спирометра и медперсоналом. В случае, когда спирометр не рассчитывает параметры технической приемлемости и воспроизводимости тестов, исследователь может получить недостоверные результаты и даже не будет знать об этом.

Результаты спирометрического исследования зависят:

- от волевых усилий и желаний пациента, т.е. от сотрудничества с пациентом;
- от правильного проведения тестов и квалификации медперсонала.

Кроме того, сложная система градации норм и патологических отклонений различных параметров ФВД затрудняет интерпретацию результатов спирометрических исследований врачами общей практики.

Следствием является то, что практически не выявляются начальные стадии нарушений дыхания, с которыми сталкиваются в первую очередь врачи первичного звена в силу их некоторого недоверия к возможностям спирометрической диагностики.

К настоящему времени методика спирометрии является классической и детально стандартизированной. Отметим также, что следование стандарту спирометрии ATS/ERS-2005 регламентирует не только действия исследователя при проведении тестирования, но и требования к программному обеспечению используемого спирометрического оборудования, что гораздо менее известно.

В частности ATS/ERS-2005 прямо указывает: “It is desirable to use computer-based system that provides feedback to technician when the above conditions are not met. The reporting format should include qualifiers indicating the acceptability of each manoeuvre”* [19].

Таким образом, путь к объективной, диагностически значимой спирометрии лежит через использование интеллектуальных спирометров.

Спирометры с экспертной оценкой качества тестов – что это такое?

К основным характеристикам таких приборов, на наш взгляд, относятся следующие:

- это автономный спирометр на базе специализированного компьютера, выполняющий в полном объёме все классические спирометрические тесты и позволяющий интерпретировать их результаты по принципу «с одного взгляда» - без анализа числовых показателей [2, 3, 4];

- специализированная экспертная система спирометра позволяет рассчитывать критерии качества и воспроизводимости дыхательных манёвров в соответствии с ATS/ERS-2005 [19] и информировать медперсонал об их выполнении/невыполнении.

Клинический разбор № 1

В соответствии с действующим стандартом по спирометрии, разработанным совместно Американским торакальным обществом и Европейским респираторным обществом (ATS/ERS-2005), результаты спирометрического исследования будут диагностически значимы при выполнении следующих основных условий:

- должны быть выполнены три технически приемлемые попытки;
- значения показателей ФВД, измеренных в этих попытках, должны быть воспроизводимы.

* Предпочтительно использовать системы (спирометры) на базе компьютеров, обеспечивающие обратную связь исследователю, когда выше изложенные условия (критерии приемлемости тестов) не выполняются. Формат отчёта исследования должен включать параметры, указывающие на приемлемость каждого маневра.

На примере проведения исследования ФВД, выполненного с пациенткой N, мы проиллюстрируем важность выполнения вышеупомянутых условий.

Первый протокол исследования, выполняемого на спирометре MAC-1 («Унитезпром» БГУ), представлен на рисунке 1. Отметим, что спирометр MAC-1 в соответствии с ATS/ERS-2005 измеряет и рассчитывает помимо параметров ФВД следующие параметры технической приемлемости тестов:

ВокончСп - изменение объема спокойного выдоха за последнюю секунду маневра ЖЕЛ, характеризует полноту завершения выдоха в маневре ЖЕЛ;

Вэкстр - значение обратноеэкстраполированного объема в тесте ФЖЕЛ, характеризует усилие пациента в начале форсированного выдоха;

ВокончПн - изменение объема форсированного выдоха за последнюю секунду маневра ФЖЕЛ, характеризует полноту завершения выдоха в маневре ФЖЕЛ;

а также параметры воспроизводимости тестов:

dЖЕЛ — воспроизводимость ЖЕЛ (маневр ЖЕЛ);

dОФВ1 — воспроизводимость ОФВ1 (маневр ФЖЕЛ);

dФЖЕЛ — воспроизводимость ФЖЕЛ (маневр ФЖЕЛ).

Кроме того, прибор информирует о количестве попыток, выполненных в маневрах ЖЕЛ (Nспиро) и ФЖЕЛ (Nпневмо). Таким образом, целью проведения спирометрического исследования является достижение диагностически значимых и воспроизводимых исследований ФВД, о чем прибор информирует знаком «+» в соответствующем критерии качества тестов.

Как видно на рисунке 1, первый протокол исследования ФВД информирует о достоверном исследовании в спирометрии Nспиро «+» (3 попытки), dЖЕЛ «+» и о выполнении одной (Nпневмо = 1, «—») технически приемлемой попытки в маневре ФЖЕЛ (Vэкстр = 0,04 л, «+», ВокончПн = 0,08 л, «+»). Заключение прибора «возможны умеренные нарушения по смешанному типу» — снижены как объемные (ЖЕЛ, ФЖЕЛ), так и

"ПОЛИКЛИНИКА ИБ, ФИЛИАЛ ИБ, Г. МОГИЛЕВ"
 "ПС-1" зав. № 475 Дата поверки спирографа: 28мар2008
 Дата обследования пациента: 20мар2008 Начало: 13:24 Окончание: 13:42
 ПАЦИЕНТКА Т (К), Возраст: 155см, 48кг, ИМТ = 0
 Система норм: КИПЕНТ Примечание: К 7

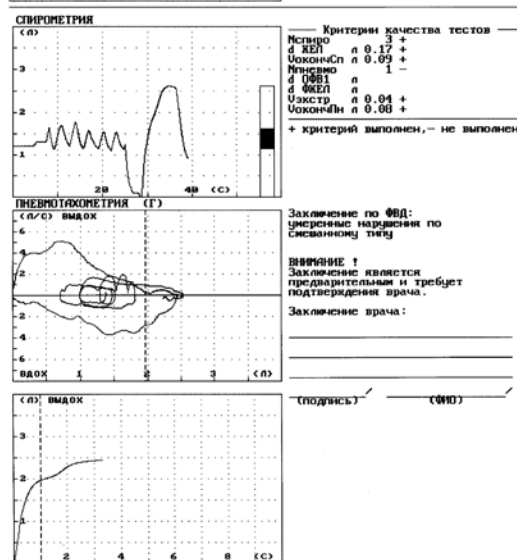
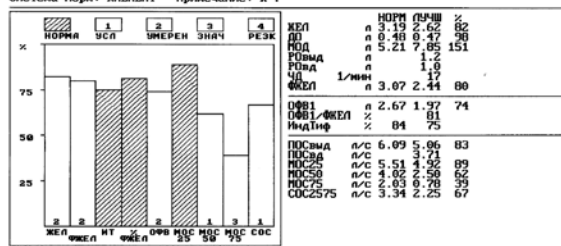


Рис. 1. Протокол исследования при первой попытке

"ПОЛИКЛИНИКА ИБ, ФИЛИАЛ ИБ, Г. МОГИЛЕВ"
 "ПС-1" зав. № 475 Дата поверки спирографа: 28мар2008
 Дата обследования пациента: 20мар2008 Начало: 13:24 Окончание: 13:43
 ПАЦИЕНТКА Т (К), Возраст: 155см, 48кг, ИМТ = 0
 Система норм: КИПЕНТ Примечание: К 7

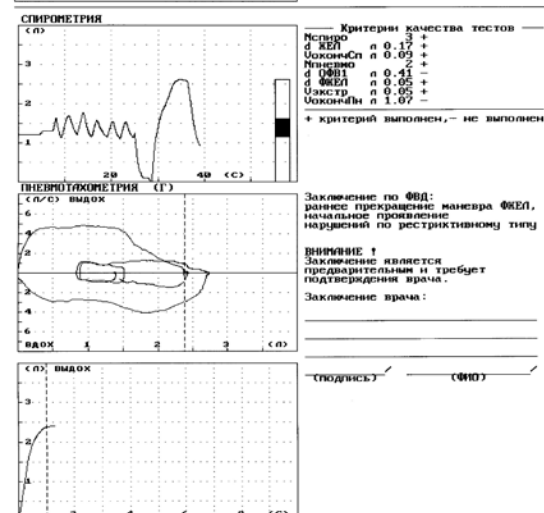
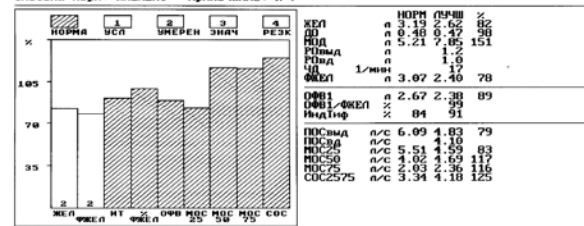


Рис. 2. Протокол исследования при второй попытке

скоростные показатели легочной вентиляции - ОФВ1, МОС₅₀ - мгновенная объемная скорость при выдохе 50% ФЖЕЛ, МОС₇₅ - мгновенная объемная скорость при выдохе 75% ФЖЕЛ, СОС₂₅₋₇₅ - средняя объемная скорость форсированного выдоха, усредненная в интервале выдоха от 25 до 75% ФЖЕЛ). Заметим, что пациентка выполняла спирометрию впервые.

При проведении второй попытки (Рис. 2) мы видим уже более адекватное исполнение маневра ФЖЕЛ: ОФВ1 вырос с 1,97 л до 2,38 л — пациентка, обучаясь, сделала более энергичный выдох. Проблемными являются раннее прекращение выдоха (длительность выдоха ~ 1,2 с, УкончПн = 1,07 л, «-»), а также недостаточная воспроизводимость ОФВ1 (0,41 л, «-»). Поэтому следует выполнить еще одну попытку в тесте ФЖЕЛ. Заметим, что более энергичное выполнение маневра ФЖЕЛ привело к нормализации скоростных показателей ФВД (соответствующие столбцы в

диаграмме заштрихованы), а заключение фиксирует лишь возможность «начального проявления нарушений по рестриктивному типу».

Наконец, в 4-й (Рис. 3) технически приемлемой попытке ($V_{экстр} = 0,02$ л, «+», $V_{окончПн} = 0,09$ л, «+»)) мы получаем требуемую воспроизводимость ОФВ1 ($dОФВ1 = 0,07$ л, «+»)), а ФЖЕЛ возрастает с 2,40 л до 2,66 л и составляет 87% по отношению к должным, т.е. соответствует норме.

В 5-й попытке (Рис. 4) достигается воспроизводимость ФЖЕЛ ($dФЖЕЛ = 0,08$ л, «+»)), что можно трактовать как корректное завершение теста ФЖЕЛ. Заключение спирометра: «вентиляционная функция легких не нарушена».

Итак:

- ОФВ1 с 1,97 л в 1-й попытке вырос до 2,38 л во 2-й (+ 21 %) и до 2,45 л в 4-й попытках (+ 24 %);
- ФЖЕЛ с 2,40 л во 2-й попытке (снижение связано с коротким выдохом — $V_{окончПн} = 1,07$ л, «-»)) вырос до 2,66 л в 5-й попытке (+ 11 %);
- ОФВ1/ФЖЕЛ с 81 % в 1-й попытке вырос до 92 % в 4-й (+ 11 %).

Таким образом, если бы мы исполнили только одну попытку в пневмотахометрии, а зачастую так и происходит в реальной практике, то заключением по тесту у пациентки было бы «возможны умеренные нарушения по смешанному типу», что не соответствует действительности.

Следующая (2-я) попытка с более энергичным выдохом приводит к более правильной оценке реальной ситуации – обструкция отсутствует, у пациентки всего лишь «возможно начальное проявление нарушений по рестриктивному типу».

Наконец, 4-я попытка с технически приемлемым (более полным) завершением выдоха ($V_{окончПн} = 0,09$ л, «+»)) позволяет исключить и возможную начальную рестрикцию, давая заключение: «вентиляционная функция легких не нарушена».

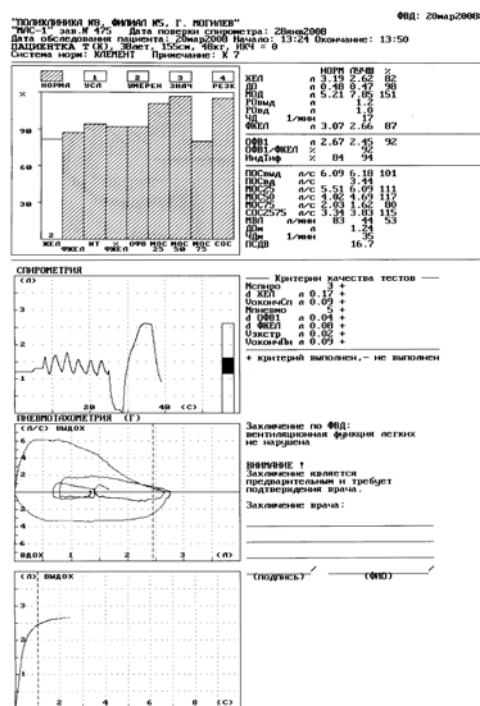
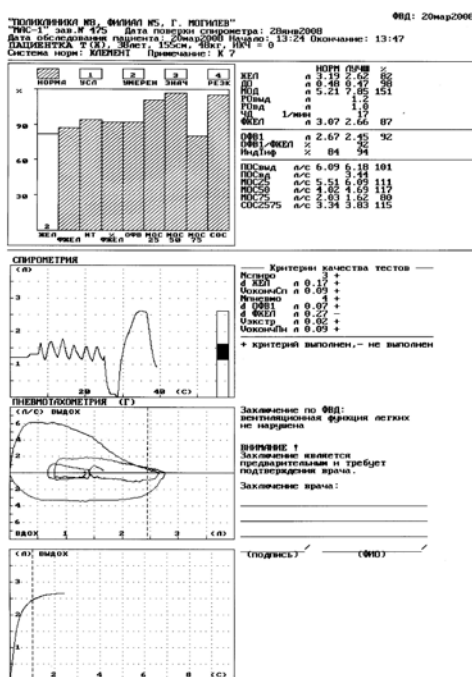


Рис. 3. Протокол исследования при четвертой попытке

Рис. 4. Протокол исследования при пятой попытке

Следует отметить, что у пациентов, регулярно выполняющих спирометрию, такие разбросы дыхательных маневров встречаются реже, однако и в этом случае экспертная система спирометра МАС-1, рассчитывающая критерии технической приемлемости и воспроизводимости тестов, позволяет совершенно четко разделить объективную спирометрию (максимальное количество «+» в критериях качества тестов), дающую диагностически значимые результаты, от спирометрии, выполненной не в соответствии со стандартами (значительное количество «-» в критериях качества тестов). Последняя ситуация может возникать при проведении исследований недостаточно опытным персоналом, а также при экспертизе трудоспособности/инвалидности, когда бывает необходимо объективно доказать случаи возможной симуляции, что и позволяет сделать протокол исследования ФВД спирометра МАС-1 на основании значений критериев качества тестов.

В том случае, когда протокол исследования не содержит информации о качестве и полноте проведенных тестов, врачу, интерпретирующему спирограмму, остается только надеяться на добросовестность и компетентность медперсонала (своей клиники или какой-либо другой, откуда был направлен пациент), проводившего исследование ФВД.

Скрининговая оценка ФВД

Приведённый клинический разбор позволяет также оценить важность интерпретации спирограммы по принципу «с одного взгляда». Действительно, возможность вынести скрининговое заключение без анализа цифровых значений параметров ФВД делает спирометрическое исследование более доступным для врача общей практики – цехового врача, педиатра, терапевта.

Так, в протоколе спирометрического исследования на рис.1 диаграмма параметров ФВД (слева вверху протокола) состоит как из заштрихованных столбцов (норма показателя достигается), так и из не заштрихованных столбцов, сигнализирующих о снижении значения данного показателя ниже физиологической нормы. Отсутствие штриховки двух столбцов слева (ЖЕЛ, ФЖЕЛ) указывает на возможные рестриктивные нарушения, а остальных столбцов справа - обструктивные нарушения ФВД. Такое сочетание указывает на возможные смешанные нарушения ФВД.

Аналогичная диаграмма на рис. 2 указывает на возможные рестриктивные нарушения (отсутствие штриховки столбцов ЖЕЛ, ФЖЕЛ), поскольку значения скоростных показателей (ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, МОС, СОС) соответствуют физиологической норме (соответствующие столбцы заштрихованы).

Наконец, протоколы исследования на рис. 3, 4 указывают на отсутствие нарушений ФВД, поскольку и скоростные, и объёмные показатели соответствуют норме (соответствующие столбцы заштрихованы), при этом снижение нормы ЖЕЛ (не заштрихованный левый столбик)

компенсируется нормальным значением ФЖЕЛ (второй столбик слева заштрихован). В экранном представлении или при формировании отчёта исследования на цветном принтере, с одного взгляда можно оценить также и степень снижения нормы (по принципу светофора) (Рис 5):

- зелёный – норма
- жёлтый – умеренное снижение
- фиолетовый – значительное снижение
- красный – резкое снижение.

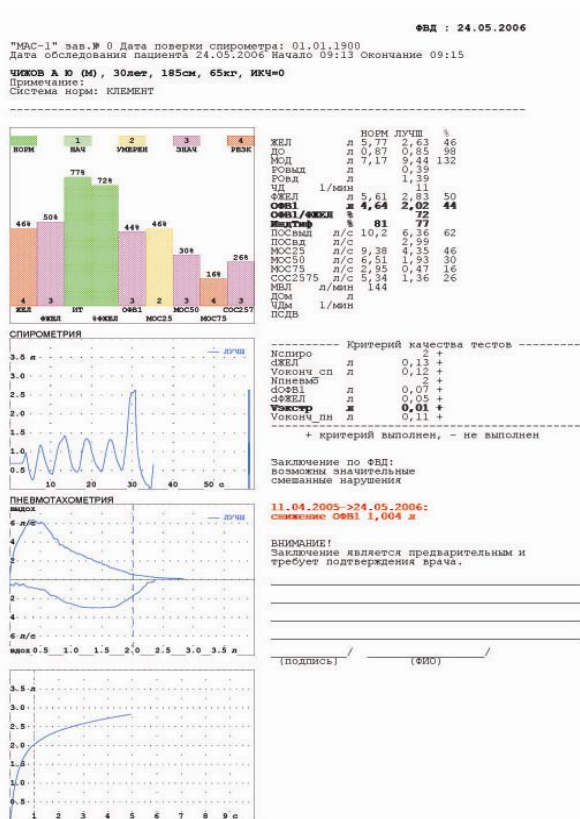


Рис 5. Протокол исследования ФВД в цветном представлении: «возможны значительные смешанные нарушения».

Многолетнее использование представленных протоколов в клинической практике подтвердило продуктивность подхода к оценке спирограмм по принципу «с одного взгляда», обеспечивая быстроту и доступность интерпретации результатов спирометрического исследования не только врачами-специалистами, но и врачами общей практики (в частности, при профосмотрах и в кабинетах здоровья).

Вышеописанный подход к проведению спирометрического тестирования, т.е. информирование медперсонала о технической приемлемости и воспроизводимости дыхательных манёвров, а также возможность скрининговой оценки спирограмм по принципу «с одного взгляда», применим и продуктивен и при выполнении бронхотормозных тестов.

Бронхомоторные тесты

В последние годы в РБ, как и во всем мире отмечается рост бронхообструктивной патологии. Прежде всего, увеличивается заболеваемость БА и ХОБЛ [3, 5, 15, 16]. Известно, что БА страдает от 5 до 10% населения. Расчеты, основанные на эпидемиологических данных, позволяют предположить, что распространенность ХОБЛ в 2 раза больше. ХОБЛ относится к часто встречающимся заболеваниям человека и является важной медицинской и социальной проблемой, входя в число лидирующих причин временной нетрудоспособности и инвалидности. Именно БА и ХОБЛ обуславливают около 2/3 случаев стойкой утраты трудоспособности, связанной с заболеваниями органов дыхания. Этиология и патогенетические механизмы формирования этих заболеваний различны, но астму и ХОБЛ объединяет тот факт, что оба заболевания – это хронические воспалительные процессы в дыхательных путях, клиническими проявлениями которых является бронхообструктивный синдром. Однако для БА характерны гиперреактивность бронхов при исходно нормальной ФВД или обратимая бронхообструкция, в то время как основным проявлением ХОБЛ является частично обратимая прогрессирующая бронхообструкция.

Выявить наличие и оценить степень выраженности бронхообструктивного синдрома позволяет исследование функции внешнего дыхания, а провести первичную и дифференциальную диагностику БА и ХОБЛ — выполнение бронхомоторных тестов [3, 7- 9].

При наличии соответствующих данных анамнеза и клинической картины в качестве алгоритма диагностики бронхообструктивных заболеваний с использованием бронхомоторных тестов может быть предложен простой подход: (Рис.6)



Рис. 6. Алгоритм диагностики бронхообструктивных заболеваний.

Бронхопровокационные тесты

Выполнение провокационных тестов позволяет получить преходящую бронхообструкцию и, таким образом, оценить наличие и степень восприимчивости (гиперреактивности) дыхательных путей к различным бронхоконстрикторным раздражителям у пациентов с респираторными жалобами (эпизоды затрудненного дыхания, чувство нехватки воздуха, кашель, хрипы в легких, отделение мокроты и др.). При **и с х о д н о н о р м а л ь н о й Ф В Д** возможно выполнение фармакологических тестов (ингаляции растворов гистамина, метахолина, карбахола, аллергенов), тестов с неспецифическими провокаторами, их комбинациями (например, с физической нагрузкой, гипервентиляцией, ингаляцией холодного воздуха, гипо- и гипертонических аэрозолей) [9, 10, 20].

Фармакологические провокационные тесты

Фармакологические провокации предпочтительны как в клинической, так и в исследовательской практике. Наибольшее распространение получил тест с гистамином — основным воспалительным медиатором БА. Ингаляция гистамина приводит к сокращению гладкой мускулатуры бронхов путем прямой стимуляции H1-гистаминовых рецепторов, увеличивает сосудистую проницаемость. В то же время гистамин — короткоживущее химическое

вещество, быстро распадается и не приводит к отсроченным нежелательным реакциям. Метахолин и карбахол — синтетические мускариновые антагонисты, более стабильные, чем ацетилхолин и не разрушающиеся холинэстеразой. Тесты с гистамином и метахолином дают сравнимые результаты.

После регистрации исходной ФВД ингалируется растворитель (изотонический раствор хлорида натрия), затем раствор гистамина. Ингаляции осуществляются через небулайзер с использованием носового зажима в последовательно возрастающих концентрациях раствора (от 0,0001% до 0,01%). Длительность ингаляции — 3 минуты при спокойном дыхании с произвольной частотой. Повторная регистрация ФВД в режиме записи кривой «поток-объем» (пневмотахометрия) производится через 30 и 90 секунд после каждой ингаляции. Для анализа используются наименьшие значения анализируемых показателей, отражающие максимальную бронхоконстрикцию при определенной дозе гистамина. Значимым является снижение ОФВ1 на 20% и более от исходного значения или клинические эквиваленты положительного теста — развитие типичного приступа затрудненного дыхания и появление рассеянных сухих хрипов в легких [3, 7-10]. При этом тест считается положительным независимо от того, ингаляция какой концентрации раствора привела к подобным изменениям.

Стандартный протокол исследования с проведением бронхопровокационного теста (пробы) с гистамином на спирометре «МАС-1» представлен на рисунке 7.

Таким образом, протокол провокационной пробы:

- информирует об изменении параметров ФВД в процентах к исходным значениям (до пробы), что позволяет оценить воздействие ингаляции на пациента (колонка П%Д);
- оценивает объективность и достоверность спирометрических исследований как до, так и после проведения ингаляции, анализ которых осуществляется автоматически на основе контроля воспроизводимости и

качества выполнения дыхательных манёвров (таблица «Критерии качества тестов»)).

УЧП УНИТЕХПРОМ БГУ, Г. МИНСК
"МАС-1" зав. № 999 Дата поверки спирометра: 12мар2008
СВИРДОВИЧ И И (З), 42 года, 158см, 51кг, ИМЧ = 0
Система норм: КЛЕМЕНТ

ПРОВОКАЦИОННАЯ ПРОБА: 15мая2007

КЛЕМЕНТ	НОРМА	ДО	%	П1:ДО	П2:ДО	П3	П3:ДО
ВРЕМЯ		13:57		14:03	14:08	14:15	
ПРЕПАРАТ							
КОНЦЕНТРАЦИЯ							
ФЖЕЛ	л	3.10	3.70	119	-11	-9	2.90 -22
ОФВ1	л	2.67	3.00	113	-6	-8	2.24 -25
ОФВ1/ФЖЕЛ	%		81		+4	+1	77 -4
ИндТиф	%	83					
ПОСВЫД	л/с	6.11	5.90	97	-5	-10	5.41 -8
МОС25	л/с	5.49	5.88	107	-10	-15	4.99 -15
МОС50	л/с	3.99	3.82	96	+14	-9	2.41 -37
МОС75	л/с	1.95	1.27	65	+9	-6	0.75 -41
СОС2575	л/с	3.28	3.04	93	+12	-4	1.98 -35

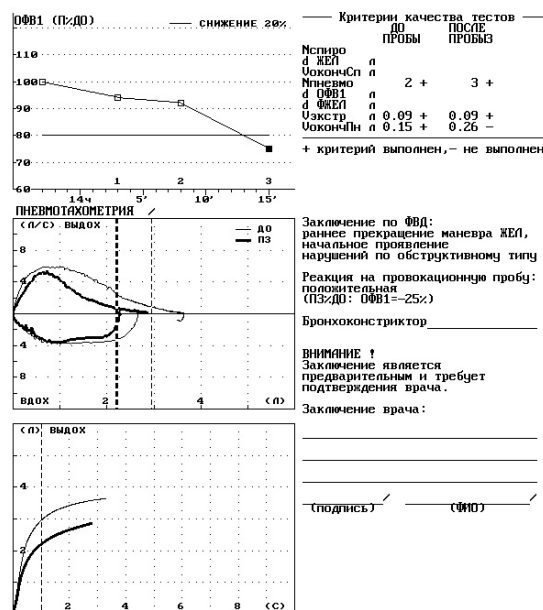


Рисунок 7. Протокол исследования ФВД при проведении бронхопровокационного теста с гистамином.

УЧП УНИТЕХПРОМ БГУ, Г. МИНСК
"МАС-1" зав. № 999 Дата поверки спирометра: 12мар2008
УГРО В П (П), 18лет, 194см, 65кг, ИМЧ = 0
Система норм: КЛЕМЕНТ

ПРОВОКАЦИОННАЯ ПРОБА: 16мая2006

КЛЕМЕНТ	НОРМА	ДО	%	П1:ДО	П2:ДО	П3	П3:ДО
ВРЕМЯ		12:05		12:12	12:16	12:23	
ПРЕПАРАТ							
КОНЦЕНТРАЦИЯ							
ФЖЕЛ	л	5.78					
ОФВ1	л	4.92	5.11	104	-7	-12	4.40 -14
ОФВ1/ФЖЕЛ	%						
ИндТиф	%	85					
ПОСВЫД	л/с	10.4	8.30	80	+7	-1	6.97 -16
МОС25	л/с	9.54					
МОС50	л/с	6.66					
МОС75	л/с	3.22					
СОС2575	л/с	5.66					

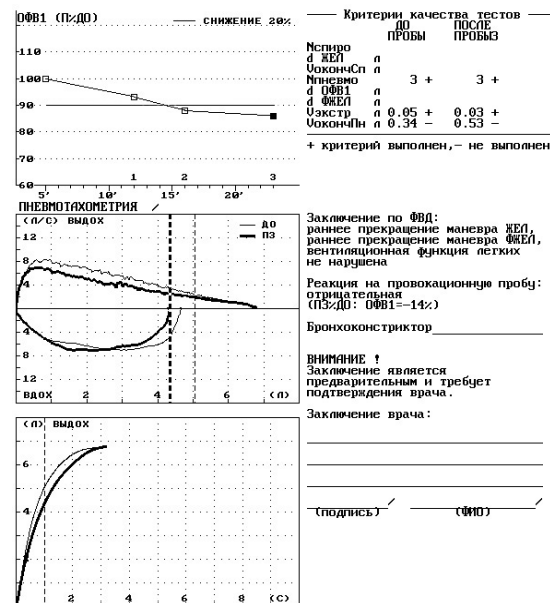


Рисунок 8. Протокол исследования ФВД при проведении бронхопровокационного теста с физической нагрузкой.

Кроме того, экспертная система спирометра «МАС-1» обеспечивает хронометраж времени, вследствие чего повторные исследования могут выполняться через требуемые временные промежутки, что является гарантией корректного исследования.

Бронхопровокационные тесты с физической нагрузкой

Функциональные тесты с физической нагрузкой высокоспецифичны при БА (используются, в том числе, для диагностики астмы физического усилия «exercise-induced asthma»), однако недостаточно чувствительны [9, 10].

Изолированный тест с физической нагрузкой проводится, как правило, на велоэргометре или тредмиле при температуре воздуха около 20°C и влажности около 40%. При проведении теста на велоэргометре, задается нагрузка 2,0 ватт/кг на 6-8 минут или до появления критериев окончания теста. Такими критериями являются достижение субмаксимальной ЧСС (200 уд./мин минус возраст, лицам старше 60 лет — не более 130 уд./мин), а также клинические и электрокардиографические критерии. При проведении теста носовое дыхание перекрывается носовым зажимом. Измерение ОФВ1 проводится до нагрузки, немедленно после нагрузки, а также на 3, 6, 10, 15 и 20-й минутах после нагрузки [6, 9, 10, 15].

При оценке результатов теста сравниваются спирометрические показатели до и после нагрузки, т.е. процент снижения показателей (отношение разницы между исходной величиной и наименьшей после теста к исходному значению, выраженное в процентах) [9, 10]. Тест расценивается как положительный при снижении ОФВ1 на 10% и более (Рис. 8).

Бронхопровокационные тесты с кратковременной произвольной гипервентиляцией лёгких (КПГВЛ)

Проба КПГВЛ относится к физическим провокационным тестам [3]. В качестве бронхоконстрикторного агента используется естественный раздражитель дыхательных путей — воздух комнатной температуры (18–22°C) — при выполнении пациентом дыхательных маневров: до 10 максимально глубоких вдохов/выдохов в течение короткого (20–25 с) промежутка времени.

Одной из основных особенностей данной пробы является то, что она вызывает бронхоспазм у больных БА и противоположный эффект у больных другими видами обструктивной патологии бронхов. Это позволяет использовать данную пробу в дифференциальной диагностике БА.

Отметим также, что применение данной методики требует высокой квалификации исследователя в силу её меньшей (относительно фармакологических проб) чувствительности.

Бронходилатационные тесты

Для выявления характера обструкции дыхательных путей (обратимая, необратимая) используются фармакологические бронходилатационные тесты, [1, 15, 16].

Тест на обратимость обструкции обычно проводится в момент установления диагноза для:

- дифференциальной диагностики БА и ХОБЛ. Если после ингаляции бронхолитика прирост ОФВ₁ составляет 12 % и более или 200мл и более по отношению к исходному значению то ограничение скорости воздушного потока при наличии соответствующих клинико-анамнестических данных скорее всего связано с БА [15];
- для оценки лучшего достижимого уровня функции легких на момент проведения исследования;
- для оценки потенциального ответа на лечение;
- для оценки прогноза течения заболевания, при этом постбронхолитический ОФВ₁ является более надежным прогностическим показателем. Так, например, в многоцентровом клиническом исследовании IPPBS (Intermittent Positive Pressure Breathing Study) показано, что степень бронхолитического ответа у больных ХОБЛ находится в обратной зависимости от уровня снижения ОФВ₁ [21].

Вариабельность спирометрических показателей одного и того же человека ото дня ко дню составляет примерно 180 мл. Поэтому изменения ОФВ₁ во время проведения теста, превышающие 200 мл, не могут быть случайностью [1, 2, 6, 8].

В ы п о л н е н и е бронходилатационных тестов требует соблюдения следующих условий:

- тест должен выполняться, когда пациент клинически стабилен и не болен инфекционным респираторным заболеванием;
- пациент не должен принимать короткодействующие бронхолитики в течение 6 часов перед тестом, длительнодействующие β 2-агонисты в течение 12 часов перед тестом, теофиллины медленного высвобождения и длительнодействующий холинолитик — в течение 24 часов перед тестом.

О с о б е н н о с т и п р о в е д е н и я бронходилатационных тестов.

- перед ингаляцией бронхолитика регистрируются исходные параметры ФВД;
- бронхолитик следует давать с помощью дозирующего ингалятора через спейсер или с помощью небулайзера, чтобы быть уверенным, что препарат ингалирован;
- рекомендуемые максимальные дозы бронхолитиков: 400 мкг β 2-агониста короткого действия, 80 мкг холинолитика короткого действия или комбинация этих препаратов;
- повторное исследование следует проводить через 10–15 минут после ингаляции β 2-агониста короткого действия и через 30–45 минут после ингаляции холинолитика короткого действия или комбинированного препарата.

О т в е т на бронхолитик зависит от:

- используемой дозы препарата;
- времени, прошедшего после ингаляции;
- бронхиальной лабильности и состояния легочной функции;
- воспроизводимости показателей, используемых для сравнения;
- вероятности повторения незначительных погрешностей исследования.

В клинической практике обратимость обструкции, как правило, измеряется приростом показателя ОФВ₁, выраженного в процентах к должному значению этого показателя [3, 8], и рассчитывается экспертной

системой спирометра «МАС-1» автоматически. Увеличение ОФВ1 на 12% и более по отношению к исходному значению этого показателя при абсолютном увеличении ОФВ1 не менее 200 мл является значимым.

Дополнительными критериями положительного ответа на бронходилатационный тест являются увеличение СОС_{25-75} на 25% и более, а также увеличение $\text{ПОС}_{\text{выд}}$ на 1л/с и более по отношению к их исходным значениям [6, 15].

Заключение по бронходилатационному тесту включает: должные объемы и должные нормативы, исходные данные, значения показателей после применения бронхолитика; препарат, дозу, метод применения и временной интервал от момента применения до записи ответа.

Протоколы бронходилатационных тестов представлены на рисунках 9-11, 13.

Комментируя рисунки 9-11, и 13, отметим, что представленные протоколы:

- информируют о достоверности и технической приемлемости спирометрических исследований как до, так и после бронходилатации на основании таблицы критериев качества тестов;
- наглядно иллюстрируют воздействие ингаляции, вводя графические уровни достоверного и недостоверного изменений (диаграмма слева от таблицы измеренных значений), что позволяет «с одного взгляда» (без анализа числовых значений) определить характер обструкции (обратимая/необратимая/частично обратимая) (Рис.9-11);

в случае необратимой или частично обратимой обструкции на основании показателей ОФВ1/ФЖЕЛ в постбронходилатационном тесте выделяют степень тяжести бронхообструкции, характерной для определенной стадии ХОБЛ. До настоящего времени выраженность бронхообструкции рассматривалась как критерий степени тяжести заболевания, однако в 2011 году (GOLD 2011) экспертами ВОЗ было

рекомендовано с этой целью использовать комплекс показателей, включающий степень выраженности необратимой бронхообструкции (постбронходилатационный ОФВ1), клиническую симптоматику (оценка по шкалам COPD Assessment Test™ (CAT) и Medical Research Council Dyspnea Scale (MRC)), количество обострений за последний год (0-1 или ≥ 2), а также сопутствующую патологию [6, 15]. Поэтому в протоколах бронходилатационных тестов, формируемых спирометрами MАС-1, постбронходилатационное значение ОФВ1 трактуется не как стадия, а как риск определенной степени тяжести ХОБЛ (запись ниже автоматизированного заключения о результате пробы) (рис.13).

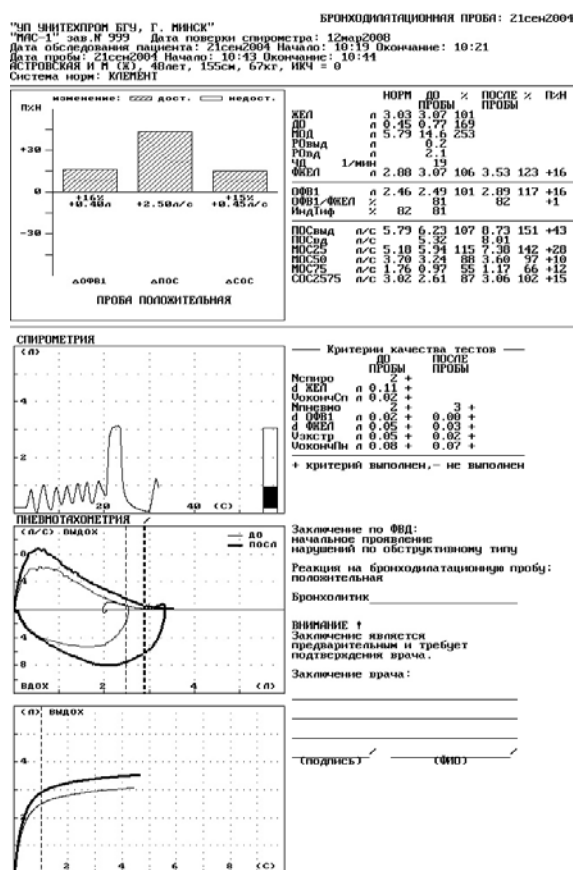


Рисунок 9. Протоколы бронходилатационного теста: обратимая обструкция.

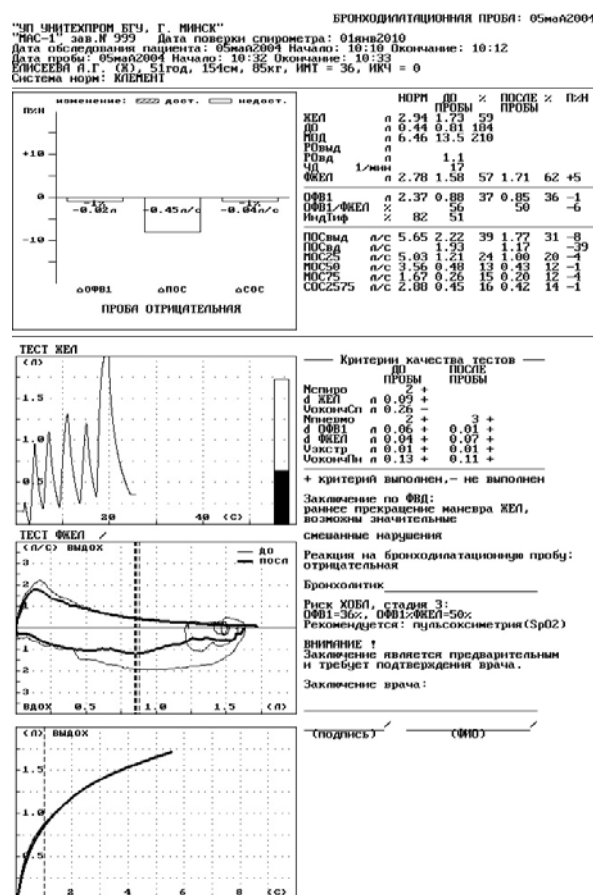


Рисунок 10. Протоколы бронходилатационного теста: необратимая обструкция.

Таким образом, использование бронхомоторных тестов в клинической практике позволяет установить наличие гиперреактивности дыхательных

путей, а также степень выраженности и обратимости бронхообструкции. Это позволяет объективно выполнить дифференциальную диагностику хронических бронхитов, бронхиальной астмы и хронической обструктивной болезни легких.

Динамическое наблюдение ФВД

Применение спирометрии в клинической практике – это не только надежный способ разграничения дыхательных расстройств с определением стадии заболеваний, связанных с обструкцией (например, ХОБЛ, БА или рестрикцией (например, фиброз легких), но и возможность ранней диагностики и мониторингирования ряда патологических состояний с оценкой прогноза и эффективности проводимой терапии. Несмотря на то, что при спирографическом исследовании удастся судить о состоянии лишь

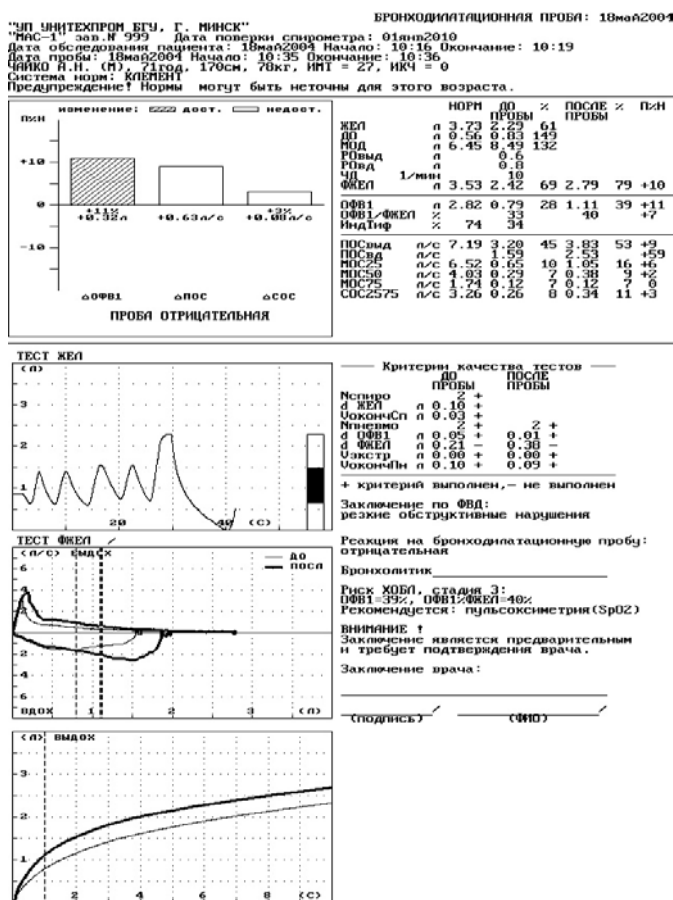


Рисунок 11. Протоколы бронходилатационного теста: частично обратимая обструкция.

одного из звеньев системы легочного дыхания - аппарата вентилизации, этого вполне достаточно, поскольку именно нарушения вентилизации при подавляющем большинстве заболеваний легких оказываются ведущими в комплексе патофизиологических расстройств и в значительной мере определяют клиническую картину легочной недостаточности, снижая функциональные возможности больного. Клиническая практика показывает, что определить степень развития заболевания и прогноз

только по клиническим признакам и симптомам зачастую не представляется

возможным, поэтому необходимы объективные критерии, которые можно отследить в динамике. Именно такими объективными критериями при ряде респираторных заболеваний являются показатели ФВД, а регулярное динамическое наблюдение с анализом результатов всех исследований позволяет выявить нарушения дыхания на доклинической стадии, оценить течение заболевания, эффективность и обоснованность терапии, лечебно-реабилитационных мероприятий и прогноза заболевания, провести экспертизу трудоспособности.

Итак, задачами спирометрии при динамическом наблюдении (мониторировании) являются:

- оценка воздействия пребывания во вредных условиях или контактов с вредными веществами (т.е. диспансерное наблюдение в группах риска с целью максимально раннего выявления нарушений дыхания);
- оценка динамики развития заболеваний (легочных, сердечно-сосудистых, нервно-мышечной системы);
- оценка эффективности терапевтических мероприятий и реабилитационных программ ;
- экспертная оценка трудоспособности, пригодности к работе в определенных условиях;
- а также оценка здоровья населения (массовые обследования – в т.ч. профосмотры, эпидемиологические исследования, сравнение здоровья населения в разных географических, климатических и прочих условиях).

Задача динамического наблюдения требует статистического анализа результатов всех исследований ФВД, выполненных с каждым пациентом. Количество рутинных спирометрических исследований, проводимых, например, в Республике Беларусь, достигает 1.0 миллиона в год. Такое

количество исследований на практике невозможно обработать без компьютерного анализа.

Таким образом, путь к реальному осуществлению динамического наблюдения ФВД лежит через использование интеллектуальных спирометров, позволяющих неограниченно накапливать данные спирометрии и выполнять их статистическую обработку.

Возможности спирометров с экспертной оценкой качества тестов

Очевидно, в свете вышеизложенного, к характеристикам таких приборов необходимо добавить следующие:

- спирометр хранит результаты всех исследований ФВД, когда-либо проведённых на данном конкретном приборе, что позволяет формировать индивидуальные истории обследований (файлы) пациентов;

- индивидуальные файлы пациентов – основа для протоколов сравнения и динамического наблюдения (трендов) показателей ФВД за весь период наблюдения для каждого пациента;

- спирометр производит статистическую обработку каждого файла пациента с целью оценки динамики показателей ФВД за период наблюдения.

В результате протокол рутинного исследования ФВД может содержать не только данные на дату обследования, *но и анализ динамики показателей ФВД за весь предыдущий период наблюдения.*

Ранняя диагностика и мониторинг ХОБЛ

ХОБЛ является хроническим, медленно прогрессирующим заболеванием, характеризующимся персистирующей обструкцией дыхательных путей. Эта болезнь может развиваться медленно и незаметно, практически не вызывая беспокойства у человека в течение ряда лет.

Одним из наиболее важных преимуществ динамического спирометрического наблюдения является возможность выявления ХОБЛ задолго до того, как симптомы станут явными. Пациент, у которого при

обследовании обнаруживают серьезную ХОБЛ – это человек, у которого не определили болезнь на более ранних стадиях развития. Ранняя диагностика, изменение образа жизни и адекватная фармакотерапия могут существенно замедлить прогрессирование заболевания, значительно сократить затраты на лечение и реабилитацию и сохранить качество жизни. Диагностические критерии ХОБЛ четко сформулированы в основных нормативных документах [5, 16, 17, 21] и определяют ХОБЛ как самостоятельную нозологическую единицу с присущей ей стадийностью. Критериями ХОБЛ

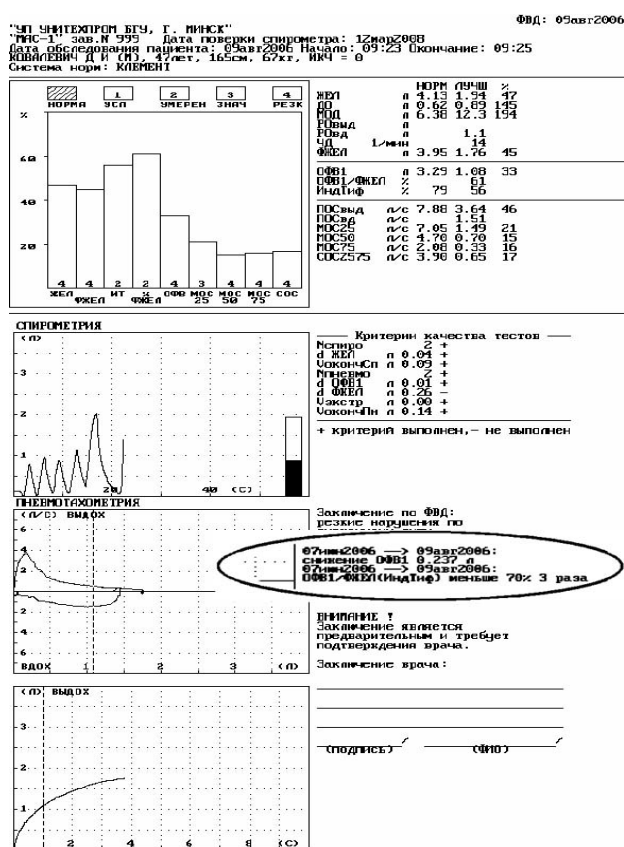


Рис.12 Протокол рутинного обследования пациента Г., подтверждающий резко выраженные нарушения вентиляции по обструктивному типу.

при динамическом наблюдении являются:

- снижение ОФВ1 > 50 мл/год;
- регистрация ОФВ1/ФЖЕЛ < 70% 3 раза и более в течение года;
- индекс курящего человека ИКЧ > 10 (рассчитывается в пачко-годах).

При этом учитываются измерения ФВД вне стадии обострения.

Программа статистической обработки «ХОБЛ-монитор», заложенная в экспертную систему спирометров «МАС-1», производит автоматическое мониторирование и формирование групп риска по

ХОБЛ при анализе набора последовательных исследований из файлов пациентов (динамическое наблюдение) – контроль динамики ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, ИКЧ (Рис. 12) и оценку тяжести обструктивных нарушений у пациентов с ХОБЛ при проведении бронхомоторных тестов (Рис. 13).

При очередном обследовании пациента экспертная система спирометра «МАС-1» не только формирует заключение о состоянии ФВД на дату обследования, но всегда анализирует данные всех ранее проведённых тестов из файла пациента и, обнаружив снижение параметров вентиляции более должного за период наблюдения, информирует об этом в печатном протоколе (рис.12) в соответствии с диагностическими критериями ХОБЛ.

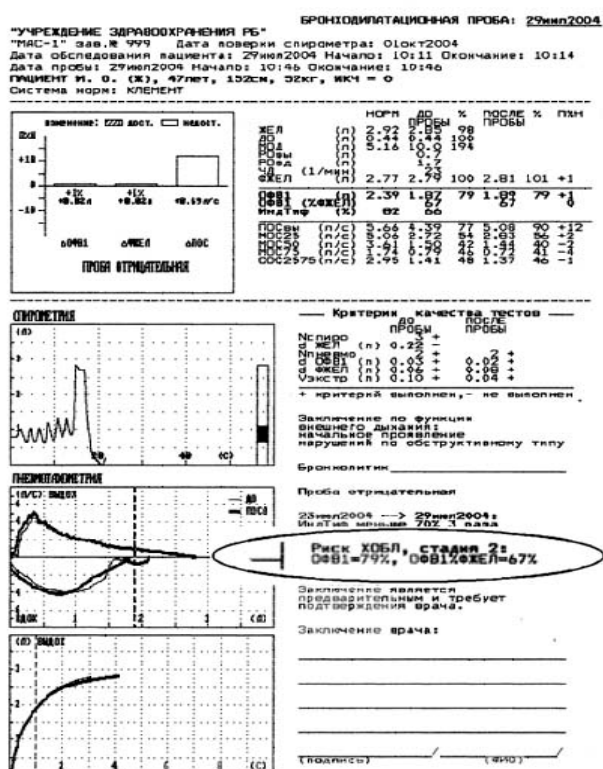


Рисунок 13. Протокол бронходилатационной пробы с выделением риска степени тяжести ХОБЛ

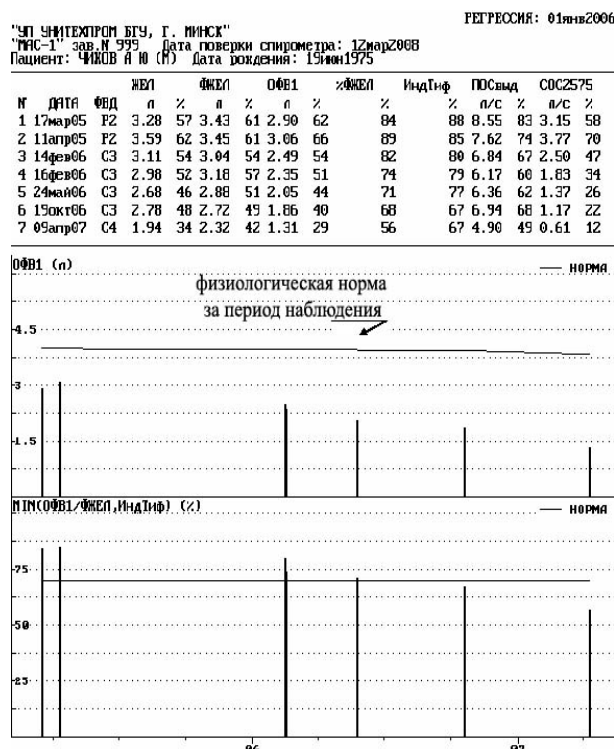


Рисунок 14. Динамика ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ пациента при ХОБЛ

Критерием степени тяжести выраженности бронхообструктивного синдрома при ХОБЛ является уровень постбронходилатационного ОФВ1., что трактовалось в версиях GOLD 2001-2009г.г. как степень тяжести заболевания (Таблица 1).

Таблица 1. Стадии хронической обструктивной болезни лёгких в соответствии с «Глобальной инициативой по хронической обструктивной болезни легких» (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease – GOLD) [16, 17]

Стадия 1 - легкая	$80\% \leq \text{ОФВ1}$	ОФВ1/ФЖЕЛ < 70%
Стадия 2 - средне-тяжелая	$50\% \leq \text{ОФВ1} < 80\%$	
Стадия 3 - тяжелая	$30\% \leq \text{ОФВ1} < 50\%$	
Стадия 4 – крайне-тяжелая	$\text{ОФВ1} < 30\%$	

Последняя версия GOLD 2011г. [17], как отмечалось выше, учитывает и другие параметры, определяющие тяжесть течения заболевания (частоту обострений, выраженность симптомов и коморбидный фон), что определяет дифференцированный подход к терапии. Однако степень выраженности бронхообструкции определяется теми же числовыми границами.

Система архивирования позволяет оценить регрессию показателей ОФВ1 и ОФВ1/ФЖЕЛ (Рис. 14), провести сравнение ряда показателей за период наблюдения (Рис. 15), оценить эффективность проводимой терапии (Рис. 16).

Клинический разбор №2

Протокол пациента К. (Рис. 14) демонстрирует необратимое регрессирование показателя ОФВ1, который за период наблюдения (17.03.2005 г. – 09.04.2007 г.) с уровня умеренного (столбцы слева) снижается до уровня резкого нарушения (крайний правый столбец). При этом линия нормальной регрессии (физиологическое снижение параметров вентиляции с возрастом) лишь незначительно меняет своё значение за весь период наблюдения. Таким образом, обструкция необратима, и данный протокол подтверждает диагноз ХОБЛ.

За период обследований пациента М. (Рис.15) (15.03.2005 г. – 02.10.2006 г.) наблюдаются как значительные и резкие нарушения ФВД (низкие столбцы), так и восстановление нормальной вентиляции лёгких — столбцы достигают линии нормы. Таким образом, налицо обратимая обструкция, а данный протокол подтверждает диагноз БА.

Протокол динамического наблюдения (см. Рис.16) объективно подтверждает улучшение показателей вентиляции пациента Н. за период нахождения в стационаре (с 5.05.2004 г. по 18.05.2004 г.). Состояние ФВД при поступлении характеризуют низкие столбцы слева (исследования 5,6,7 мая 2004 г.), а восстановление вентиляции при выписке – значительно более высокие столбцы в правом поле протокола (исследование 18 мая 2004 г.).

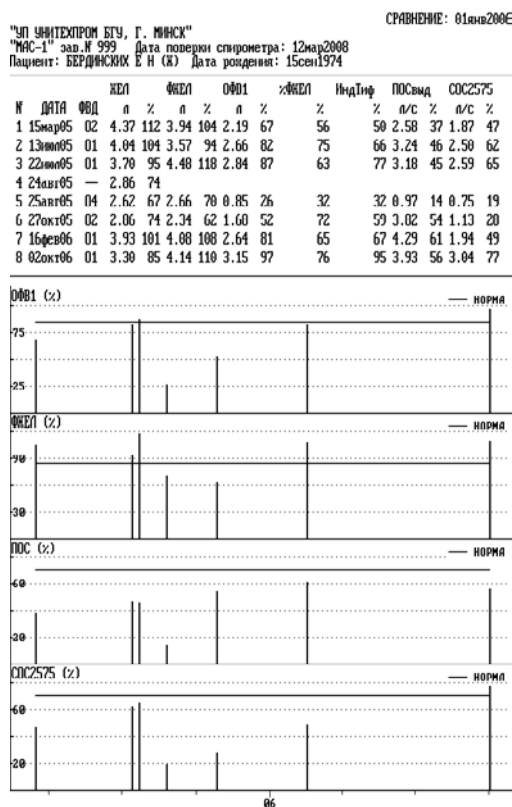


Рисунок 15. Протокол динамического наблюдения за показателями вентиляции (ОФВ1, ФЖЕЛ, ПОС, СОС25-75), при БА

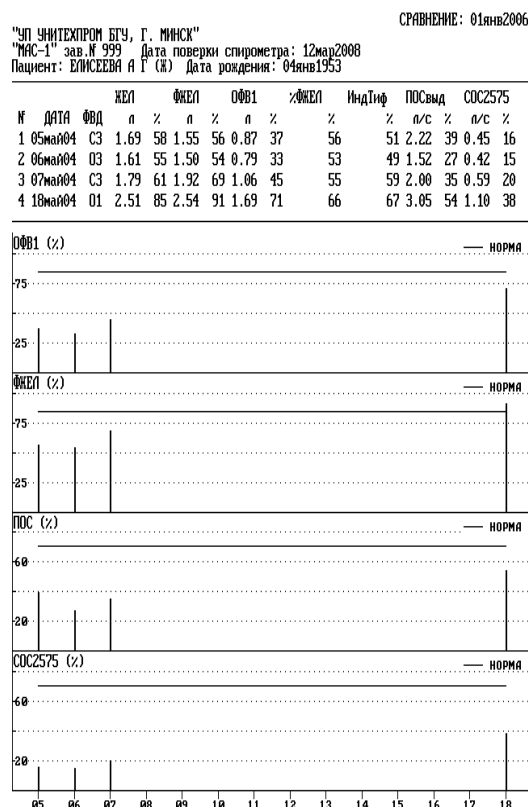


Рисунок 16. Мониторирование эффективности проводимой фармакотерапии при нахождении в стационаре

Кроме того, при введении роста-весовых показателей пациента программа «СпироЭксперт» автоматически рассчитывает индекс массы тела (ИМТ), что и отражается в верхней части протокола. ИМТ является не только косвенным признаком, позволяющим дифференцировать клинический вариант (бронхитический или эмфизематозный) ХОБЛ, но и значимым прогностическим фактором при этом заболевании.

Также, в ряде случаев, учет ИМТ необходим при наличии нарушений ФВД по рестриктивному типу. Рестриктивные нарушения, помимо респираторной патологии, характерны, например, для выраженных форм ожирения в сочетании с конституциональными особенностями, сопровождающихся хронической альвеолярной гиповентиляцией и системной гипоксией (Пиквикский синдром).

Диагностика и мониторинг заболеваний легких, сопровождающихся рестрикцией.

Второй тип вентиляционных нарушений – рестриктивный, или ограничительный, связан либо с уменьшением общей площади газообмена, либо со снижением способности легочной ткани к растяжению при дыхании и проявляется при исследовании ФВД снижением жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) [1, 7, 18]. В клинической практике при заболеваниях органов дыхания чаще встречается не изолированная рестрикция, а сочетание обструктивного и рестриктивного типов нарушений, т.е. имеет место смешанная вентиляционная недостаточность, однако одна из форм может преобладать. Выделение этих форм вентиляционной недостаточности легких помогает в понимании механизма самой недостаточности и в назначении патогенетически обоснованного лечения. Исследование ФВД является одним из важных методов определения тяжести поражения органов дыхания у больных с интерстициальными заболеваниями легких (ИЗЛ) и оценки эффективности проводимой терапии. Кроме того, при ИЗЛ, муковисцидозе динамика изменения ЖЕЛ и ФЖЕЛ наряду с нутритивным статусом (оценка по ИМТ) имеет важное прогностическое значение. Достижения в лечении муковисцидоза в последние десятилетия привели к значительному увеличению продолжительности жизни данной категории пациентов. Средняя продолжительность жизни при муковисцидозе в развитых странах увеличилась с 14 лет в 1969 г. до 32 лет в 2000 г. (в РФ – 24 года, по данным

на 2001 г.) [18]. Расчетная средняя ожидаемая продолжительности жизни, например для рожденных в 2000 г. в Великобритании, составляет более 50 лет. Таким образом, проблема муковисцидоза заняла свое место во взрослой пульмонологической практике. Определяющим в клинической картине муковисцидоза является хронический бронхолегочный процесс, который протекает с разной степенью бронхообструкции дыхательных путей в комбинации с рестриктивными нарушениями. Снижение ОФВ1 является ранним и наиболее чувствительным параметром нарушения ФВД, что связано с застоем мокроты и воспалительным отеком. По мере прогрессирования хронического бронхолегочного процесса отмечается снижение ЖЕЛ и ФЖЕЛ вследствие деструкции паренхимы легких. Показатели функции легких являются главным прогностическим фактором выживаемости. ФЖЕЛ, составляющая менее 40% от должных величин, означает, что ближайшие 2 года смертность среди таких пациентов составит около 50%. Снижение ИМТ на 1 кг/м^2 увеличивает риск смерти в 1,42 раза [18]. Именно такую ситуацию характеризуют крайние правые столбцы (исследование 12 июня 2007г.) протокола, представленного на рисунке 17. График поток - объем для пациента с ограничивающим расстройством по форме не отличается от нормы, однако при этом наблюдается снижение ФЖЕЛ (Рис. 18). На рис. 19 представлен протокол исследования, где наряду с ограничивающим расстройством снижены также и скоростные показатели ФВД.

При идиопатическом фиброзирующем альвеолите или идиопатической интерстициальной пневмонии (ИФА/ИИП) основным прогностическим функциональным показателем является ЖЕЛ, динамику которой необходимо отслеживать на фоне проводимого лечения (Рис.20).

Рестриктивную вентиляционную недостаточность могут вызвать следующие нарушения:

1) собственно заболевания органов дыхания (воздухопроводящих путей и легочной паренхимы): инфильтративные изменения легочной ткани,

пневмофиброз, уменьшение объема функционирующей паренхимы легкого – резекция легкого, ателектаз, врожденная гипоплазия легкого, заболевания плевры, ограничивающие экскурсию легкого;

2) внелегочные нарушения: изменения грудной клетки (кифосколиоз, деформация позвоночника и грудной клетки и т.д.), нарушения деятельности дыхательной мускулатуры, левожелудочковая недостаточность (венозная гиперемия легкого), увеличение объема брюшной полости (асцит, метеоризм, беременность), болевой синдром, приводящий к ограничению подвижности диафрагмы.

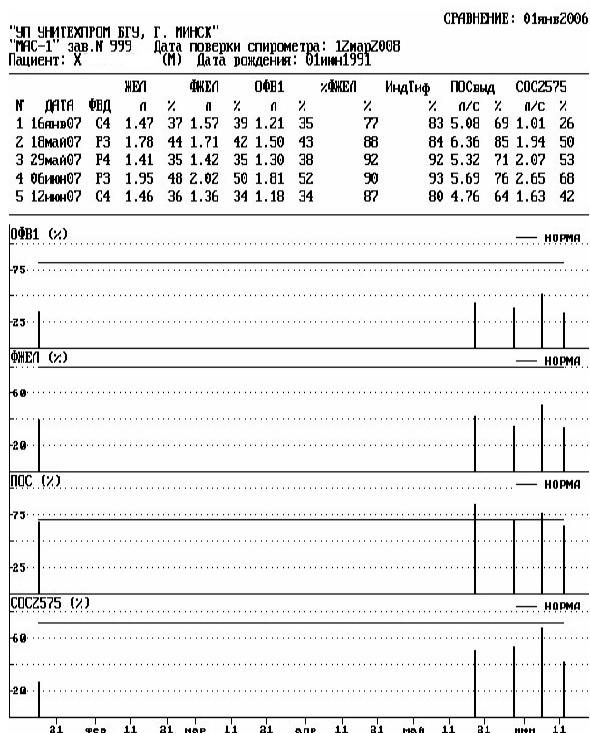


Рисунок 17. Протокол динамического наблюдения пациента X. с подтверждённым диагнозом МВ.

В последние годы большое внимание уделяется проблеме коморбидности, т.е. сочетанию различных заболеваний у одного человека, способных модифицировать течение патологического процесса и изменять прогноз по сравнению с таковым при наличии одного заболевания. Наиболее часто имеет место сочетание респираторной и сердечно-сосудистой патологии, при этом снижение легочной функции может являться предиктором неблагоприятных исходов кардиоваскулярных заболеваний.

Анализ данных популяционных исследований и метаанализ литературных данных продемонстрировали, что снижение ОФВ1 может быть важным фактором риска заболеваемости и смертности от сердечно-сосудистой патологии независимо от курения. Анализировались ОФВ1 (5 подгрупп в зависимости от уровня ОФВ1 по отношению к должным), ИМТ,

систолическое и диастолическое артериальное давление, уровень общего холестерина крови, анамнез курения и смертность от сердечно-сосудистой патологии [11, 14]. Было показано, что снижение ОФВ1 является маркером будущей заболеваемости и смертности от сердечно-сосудистой патологии, особенно ишемической болезни сердца (ИБС). Даже умеренное снижение ОФВ1 было связано с 5-кратным увеличением числа случаев смерти от ИБС независимо от статуса курения и других потенциальных отягощающих факторов (возраст, пол, суммарный риск по Фремингемской шкале).

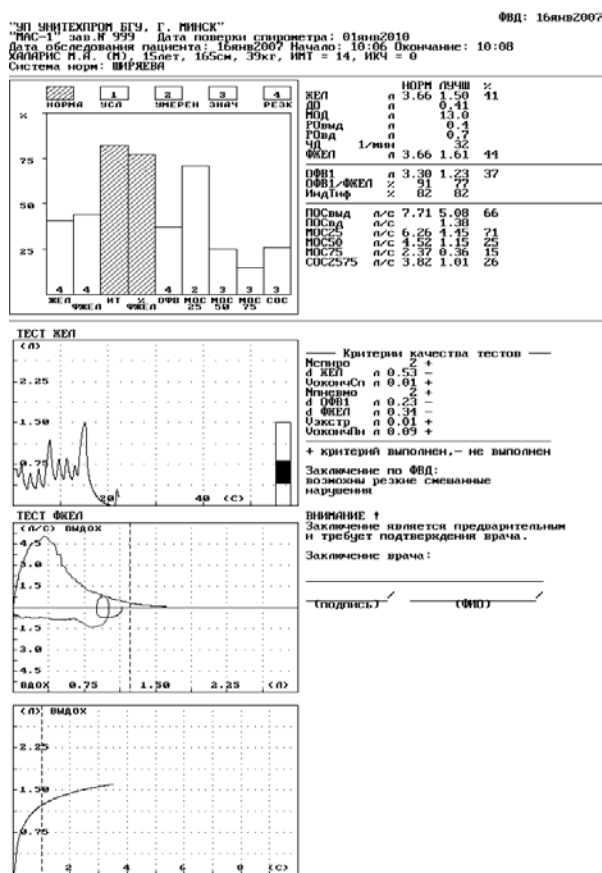


Рисунок 18. Протокол рутинного исследования ФВД пациента Х. с подтверждённым диагнозом муковисцидоз.

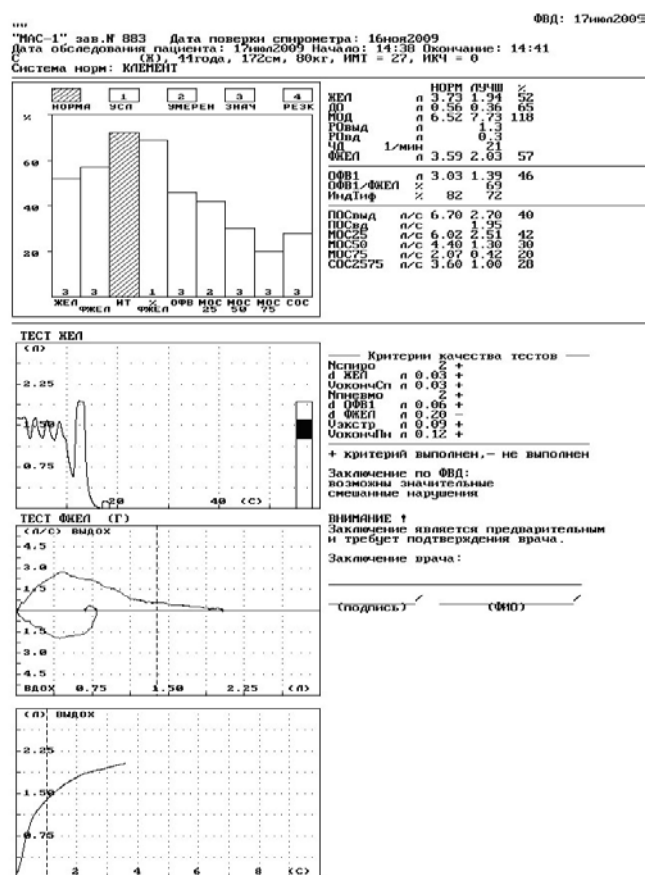


Рис.19. Протокол ФВД пациентки С. демонстрирует возможные смешанные нарушения вентиляции.

Использование спирометров с экспертной оценкой качества тестов при проведении профосмотров

Одним из наиболее важных преимуществ спирометрии является возможность определения риска заболевания до того, как симптомы станут

явными. Раннее выявление изменений параметров функции внешнего дыхания, устранение провоцирующих развитие болезни факторов и профилактические мероприятия могут в значительной мере повлиять на развитие патологического состояния, сохранение качества жизни и улучшить долгосрочный прогноз.

"УП ЧИТЕХПРОМ БГУ, Г. МИНСК"
"МАС-1" зав. № 999 Дата поверки спирометра: 01январь2010
Пациент: СОСНОВСКАЯ Л.А. (Ж) Дата рождения: 22авг1964

СРАВНЕНИЕ: 27дек2011

№	ДАТА	ФВД	ЖЕЛ	ФЖЕЛ	ОФВ1	%ЖЕЛ	ИндТиф	ПОСвд	СОС2575
1	17июл09	СЗ	1.94	52	2.03	57	1.39	46	69
2	14авг09	Р2	2.26	61	2.28	64	2.08	69	91
3	24сен09	Р2	2.39	64	2.35	66	2.11	70	90
4	14дек09	Р2	2.58	71	2.38	68	2.11	71	89
5	25фев10	Р2	2.65	73	2.61	75	2.40	81	92
6	06май10	Р1	2.97	80	2.90	81	2.56	85	88
7	26июл10	Р2	2.27	62	2.16	62	1.98	67	92
8	05авг10	Р2	2.14	59	2.07	59	2.02	69	98
9	02сен11	Р2	2.17	59	2.12	60	1.83	61	86

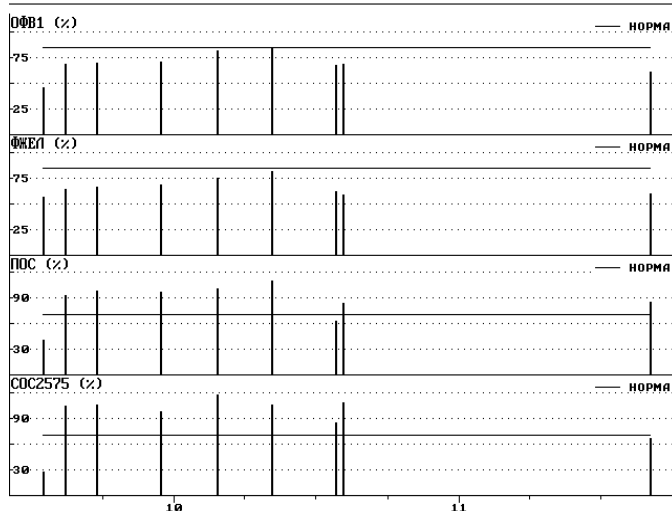


Рисунок 20. Протокол динамического наблюдения пациентки С. с подтверждённым диагнозом ИФА.

лечений на фоне выбранной базисной терапии с целью коррекции лечебных и реабилитационных программ [2, 3, 10, 12].

Согласно рекомендаций Ассоциации дыхательной технологии и физиологии (ARTP) рекомендуется рассматривать возможность обследования пациентов с риском развития ХОБЛ, включая всех курящих в возрасте свыше 40 лет [13]. Для ранней диагностики БА также важен учет всех проводимых исследований ФВД с целью выявления т.н. «преходящего» бронхообструктивного синдрома [8, 13]. Даже при отсутствии симптомов астмы на момент осмотра, но при наличии определенных анамнестических

При наличии сформированной клинической картины спирометрия лишь подтвердит наличие заболевания (Рис. 19).

В таких случаях, являясь «золотым стандартом» диагностики бронхообструктивных заболеваний, спирометрия используется для объективизации диагноза и определения стадии (степени тяжести) ХОБЛ и БА (Рис. 21), что не может быть определено только по клиническим признакам и симптомам, а также для мониторингирования течения забо-

данных, такие эпизоды могут являться подтверждением характерной черты заболевания – обратимой бронхообструкции.

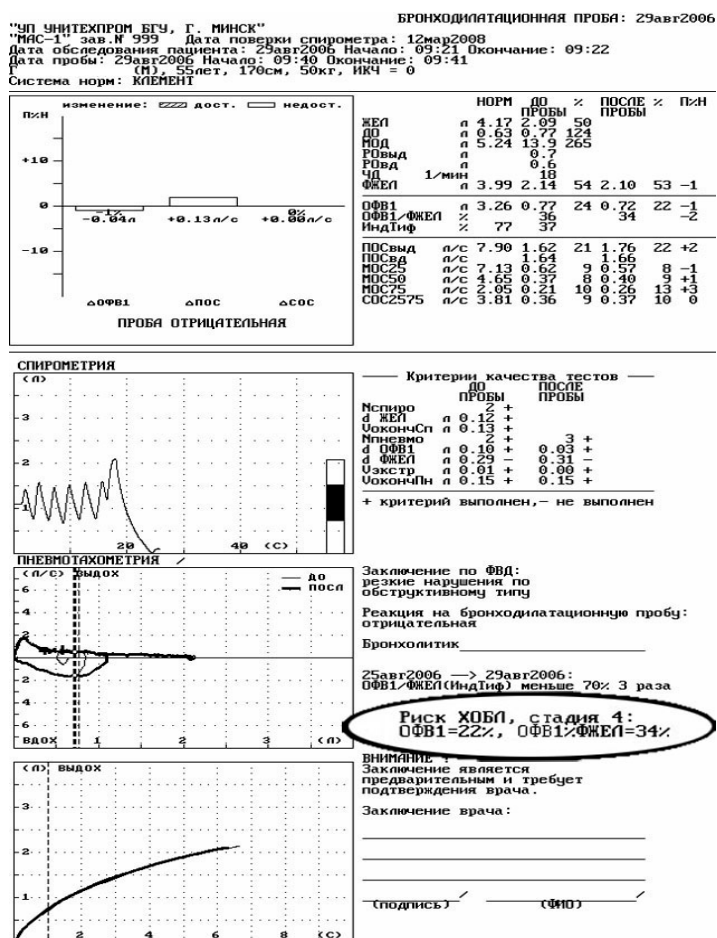


Рис.21 Протокол бронходилатационной пробы пациента Г., подтверждающий четвёртую стадию ХОБЛ на основании показателей ОФВ1 и ОФВ1/ФЖЕЛ (Табл.1).

характерными для ХОБЛ или БА симптомами: рецидивирующая респираторная инфекция, периодически возникающий дыхательный дискомфорт, кашель, одышка и др.

Все эти пациенты – подходящие кандидаты для проведения спирометрических тестов.

Ранняя диагностика ХОБЛ в группе профессионального риска связана с учётом и статистическим анализом всех без исключения данных профосмотров. А для того, чтобы сделать заключение о состоянии респираторной функции по динамике ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, ИКЧ для каждого пациента, необходимо проанализировать поведение этих

В реальной практике это означает скрининговое обследование всех групп населения, которые могут подвергаться риску развития бронхообструктивных заболеваний, в том числе в связи с профессиональной деятельностью, т.е. обязательное спирометрическое исследование при профосмотрах и диспансеризации. В обычной терапевтической практике на амбулаторных приемах или при обследовании в стационарных условиях к группе риска также могут быть отнесены пациенты с харак-

показателей в течение нескольких лет. Таким образом, количество данных для статистической обработки многократно увеличивается, что однозначно требует компьютерного анализа, доступного при использовании спирометров с экспертной оценкой качества тестов.

Принцип профосмотра/диспансеризации – обследование по месту работы/жительства, происходящее из года в год на одном и том же спирометре – позволяет всю статистическую обработку выполнять непосредственно в самом спирометре, что и осуществляют спирометры с экспертной оценкой качества тестов. *Протокол обследования пациента всегда содержит как информацию о состоянии ФВД на дату обследования, так и оценку динамики показателей ФВД за весь период наблюдения.* Обнаружив снижение параметров вентиляции более должного за период наблюдения (например, с даты предыдущего профосмотра), экспертная система спирометров МАС информирует об этом исследователя в печатном протоколе.

Большинство пациентов не обращаются за медицинской помощью до тех пор, пока не появятся серьезные проявления заболевания, значительно влияющие на ежедневную активность и качество жизни (такие как выраженная одышка или частые обострения). Поскольку резервы дыхания очень велики, такая ситуация, как правило, возникает при развитии значительных изменений респираторной функции.

В то же время, динамическое наблюдение за параметрами ФВД при проведении профосмотров позволяет выявить не только факторы риска и критерии заболевания на ранних стадиях его развития, но и негативную динамику показателей вентиляции от осмотра к осмотру даже в тех случаях, когда сами показатели еще остаются в пределах нормы, т.е. *когда пациент ещё практически здоров и не обращается за медицинской помощью.*

На рис.22 приведен протокол динамического наблюдения пациента К. при проведении профосмотров за период 2006-2009 гг. За этот период проведено четыре рутинных исследования ФВД. И хотя показатели ОФВ1 и

ОФВ1/ФЖЕЛ превышают нормальные значения, падение ОФВ1 за период с 19.08.2007 г. по 08.04.2009 г. составляет 512 мл, что более чем в 5 раз превышает физиологическое снижение, о чём спирометр информирует в протоколе обследования (рис.22). Именно таким образом - на основании

РЕГРЕССИЯ: 01январь2006
 "УП ЧУНТЕХПРОМ БГУ, Г. МИНСК"
 "МАС-1" зав. № 999 Дата поверки спирометра: 12мар2008
 Пациент: К (М) Дата рождения: 20дек1956

№	ДАТА	ФВД	ЖЕЛ		ФЖЕЛ		ОФВ1		ФЖЕЛ	ИндТиф	ПОСвд		СОС2575	
			л	%	л	%	л	%	%	%	л/с	%	л/с	%
1	24апр06	НН	4.91	102	4.81	103	4.15	109	86	85	10.5	119	5.51	126
2	19мар07	01	5.17	108	5.29	114	4.33	115	82	84	12.2	139	4.67	107
3	23апр08	НН	4.75	100	4.68	102	3.92	105	84	83	10.6	122	4.83	112
4	08апр09	01	4.49	96	4.57	101	3.81	104	83	85	11.5	134	4.86	115

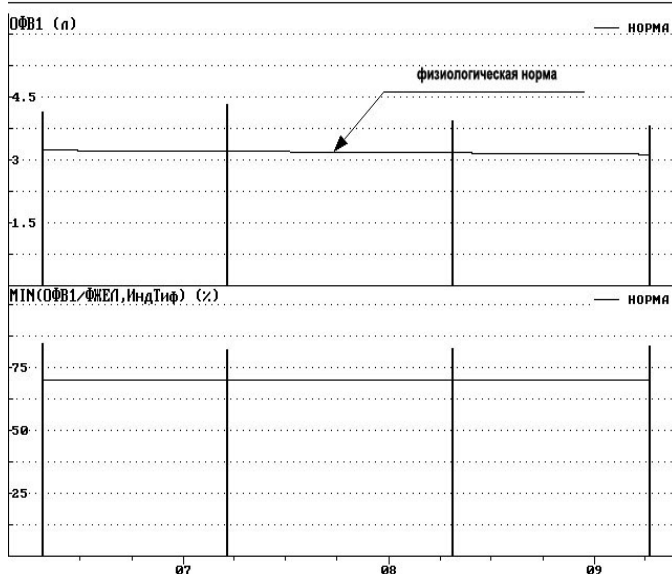


Рисунок 22. Протокол регрессии параметров ОФВ1 и ОФВ1/ФЖЕЛ пациента К. при проведении профосмотров за период 24.04.2006-08.04.2009 гг.

статистического анализа всех тестов ФВД, проведённых с пациентом, - происходит автоматическое формирование групп респираторного риска при диспансеризации и проведении профосмотров.

Кафедрой клинической фармакологии и терапии БелМАПО на базе Минской областной клинической больницы, г. Минск, проведен анализ спирометрических исследований у 500 рабочих промышленных предприятий,

127 из которых на момент исследования (25,4%) имели в анамнезе диагноз «хронический бронхит». Исследование проводилось на спирометрах МАС-1 («Унитехпром БГУ», Беларусь) с экспертной системой «СпироЭксперт-Профосмотр», в т.ч. обеспечивающей динамическое наблюдение и статистическую обработку данных исследований.

Средний возраст обследованных 386 мужчин и 11 женщин составил 48,8±4,2 лет, 341 человек (68%) имели длительный анамнез курения (индекс курильщика от 2 до 36 пачка-лет).

При первичном обследовании бронхообструктивный синдром различной степени выраженности был выявлен у 115 человек (23%), однако у 46 (40%) из них критерии качества тестов не были выполнены, в том числе не

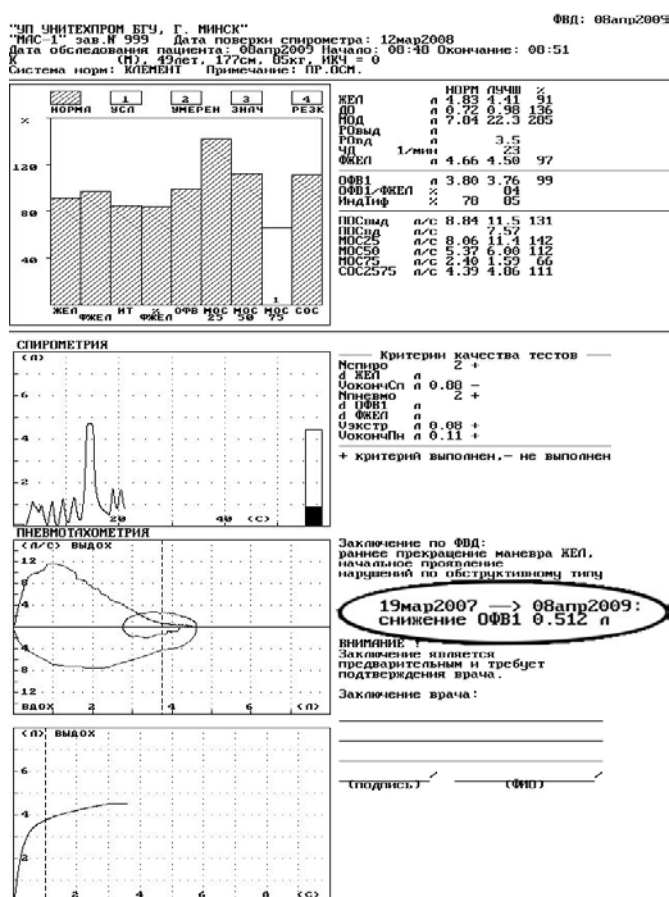


Рисунок 23. Протокол рутинного исследования ФВД от 08.04.2009 г. с указанием фактора риска развития ХОБЛ - снижения ОФВ1 на 512 мл за 2 последних года наблюдения с 19.03.2007 г. по 08.04.2009 г. (более 250 мл в год).

Анализ регрессии параметров ФВД при динамическом наблюдении, выполняемый статистической программой ХОБЛ-монитор непосредственно самим спирометром МАС-1 показал, что ещё в 26 случаях (5,2% от общего количества наблюдавшихся) при вентиляционных показателях, соответствующих возрастной норме, динамика падения ОФВ1 значительно превышала физиологическое снижение, составляя от 65 до 256 мл в год.

Тем самым была практически подтверждена возможность выделения групп респираторного риска при проведении профосмотров.

Таким образом, внедрение программы ХОБЛ-мониторирования в практику диспансеризации и профосмотров позволяет:

- контролировать динамику изменений ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, ИКЧ у всех обследованных;

достигнута воспроизводимость ОФВ1, а длительность выдоха не превышала 2-х секунд. Повторная спирометрия, выполненная качественно при дальнейшем обследовании не подтвердила наличия бронхо-обструктивного синдрома у 18 из них, т.е. достоверные вентиляционные нарушения имели место у 28 обследованных (19,4%). При дальнейшем обследовании в 20 случаях была подтверждена достоверно обратимая обструкция и в 77 случаях – частично обратимая и соответствующая I-III стадиям ХОБЛ.

- это даёт реальную возможность формировать группы риска по ХОБЛ на основании диагностических критериев при динамическом наблюдении;
- выделенные таким образом группы риска являются основой для ранней диагностики ХОБЛ;
- возможность скрининговой оценки ФВД «с одного взгляда» обеспечивает достоверную интерпретацию спирограмм врачами-терапевтами при массовых обследованиях непосредственно на предприятиях.

Мониторирование ФВД у пациентов с бронхиальной астмой в условиях стационара

В ряде случаев выполнение вышеописанных провокационных тестов (как фармакологических, так и неспецифических) может быть ограничено клинической ситуацией (например, наличием рассеянных сухих хрипов при аускультации, выраженного риноконъюнктивального синдрома, выраженной тахикардии или значимых нарушений сердечного ритма и др.). В таких случаях подтверждением наличия гиперреактивности бронхов может быть суточная вариабельность пиковой скорости выдоха (ПСВ), определяемая с помощью пикфлоуметрии. Суточная вариабельность выдоха (СВвыд) или разница значений утренней и вечерней пиковой скорости выдоха в пределах одних суток 20% и более, рассчитанная по стандартной формуле, является диагностически значимым критерием БА [7, 15]. Методика пикфлоуметрии является простой и доступной, однако не только предполагает исправность самого пикфлоуметра, но и требует тщательного контроля за выполнением дыхательного маневра пациентом со стороны медперсонала и ежедневного подсчета СВвыд вручную, а также корректного построения трендов ПОСвыд, с чем не всегда справляются пациенты.

Программное обеспечение (ПО) «Астма-монитор», которое может быть дополнительно установлено как в спирометры МАС-1, так и поставляться отдельно, представляет возможности ведения электронного дневника - мониторингования и статистической обработки результатов исследования

ФВД у пациентов при их нахождении в стационаре (аллергологическом, пульмонологическом, терапевтического профиля), либо в дневном стационаре.

ПО «Астма-монитор» автоматически рассчитывает суточную вариабельность не только ПСВ (в протоколе ПОСвыд в л/мин), но и ОФВ1 в % при выполнении манёвра форсированного выдоха утром и вечером.

При этом требования к выполнению манёвра ФЖЕЛ существенно упрощаются: достаточно лишь сделать форсированный выдох длительностью чуть более 1 сек – с целью корректного определения ОФВ1, но нет необходимости выдыхать в течение 6 сек, что является достаточно сложным, а для пациентов с БА в обострении – зачастую невозможным.

Измерения ПОСвыд и ОФВ1 при использовании спирометра гораздо точнее, чем при использовании пикфлоуметров. Программа «Астма-монитор» корректно производит не только усреднение данных из нескольких попыток, выполненных пациентом, но и формирует тренды ПОСвыд и ОФВ1 в формате от 1 до 4 недель госпитализации пациента либо его нахождения в дневном стационаре (Рис.24).

Как видно из рисунка 24, за 2 недели наблюдения выявлен 1 случай СВ ОФВ1 более 20% и 2 случая СВ ПОСвыд более 20%.

Кроме того, долговременное хранение результатов мониторингирования позволяет обеспечить адекватный подбор фармакотерапии, например, при повторной госпитализации пациента.

Автоматическое сохранение результатов всех выполненных исследований с формированием индивидуальных файлов пациентов позволяет проводить динамическое наблюдение и сравнение показателей ФВД за любой интересующий врача промежуток времени (рис. 25).

В клиническом наблюдении, представленном на рис. 25, значительный прирост ОФВ1 (820 мл), что составило 34% на фоне 12-дневной терапии (с 03.05 по 18.05.2004 г.) с использованием кортикостероидов, позволяет

рассматривать такую ситуацию, как пролонгированный положительный бронходилатационный тест [15].

Возможности проведения электронных опросов при использовании спирометров с экспертной системой оценки качества тестов

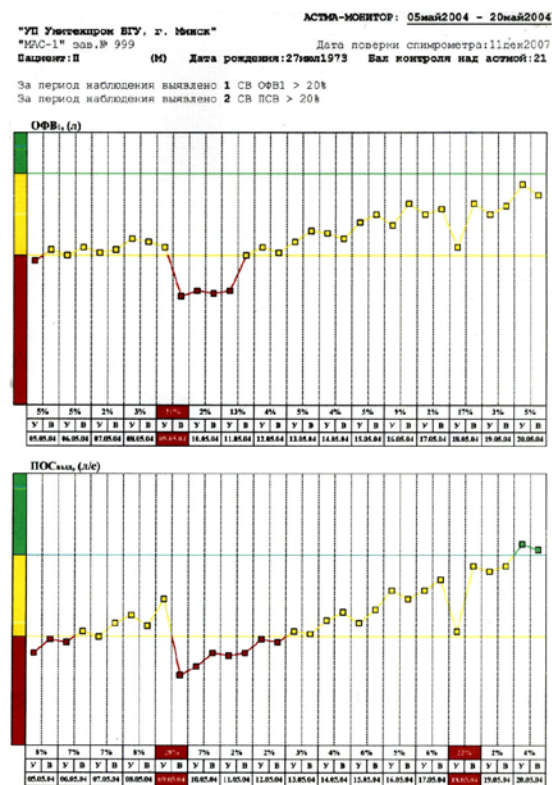


Рисунок 24. Протокол мониторингирования ПОСвд и ОФВ1 программы «АСТМА-монитор».

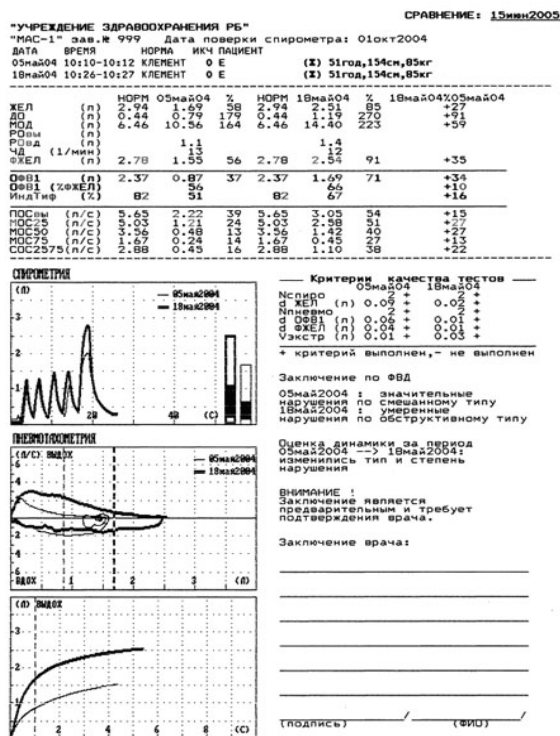


Рисунок 25. Протокол сравнения: изменение ФВД пациентки Е. с 05 мая 2004 г. к 18 мая 2004 г.

ПО «Спироэксперт» спирометра MAC-1 позволяет проводить электронные опросы пациентов в соответствии с анкетами АСТ (Asthma Control Test™) и САТ (COPD Assessment Test™), валидизированными Европейским респираторным обществом.

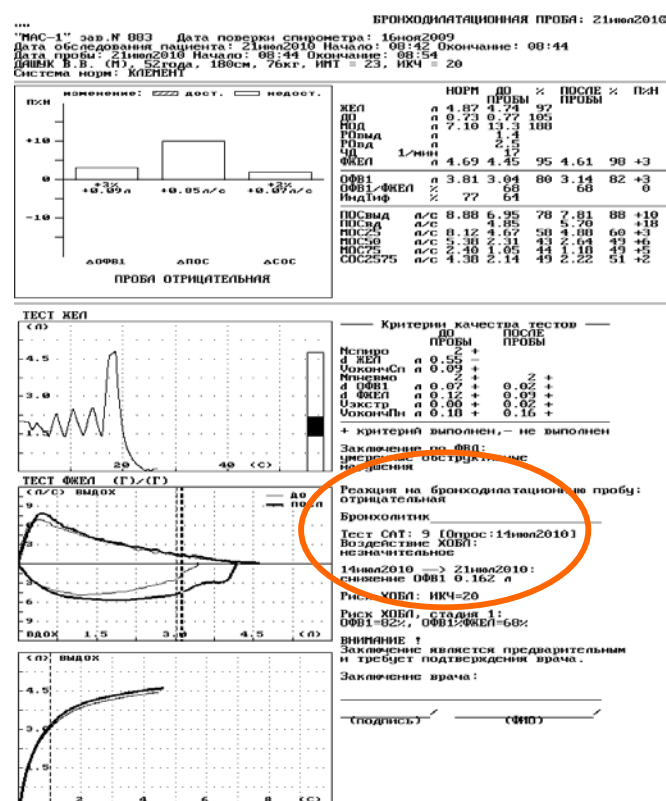
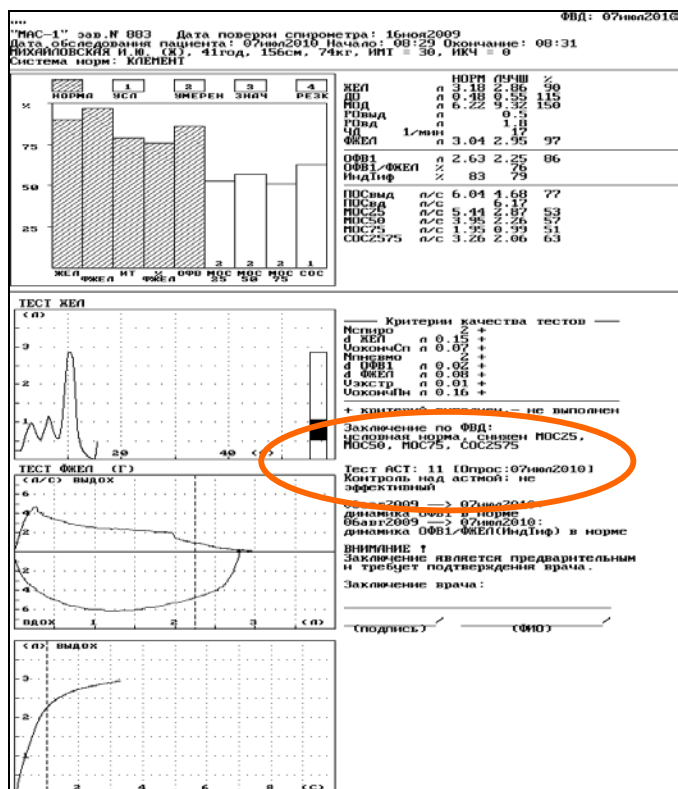
Опросы можно проводить как до, так и после выполнения спирометрических тестов. Процедура предполагает выбор интуитивно понятных вариантов ответа (Рис.26).

Рис. 26 Электронный опросник для детей в соответствии с анкетой АСТ.

Данные опроса (суммарный балл с интерпретацией степени контроля астмы и выраженности симптомов, характеризующих тяжесть течения ХОБЛ) интегрируются в рутинный протокол спирометрического исследования (рис. 27, 28), что позволяет сопоставить объективное состояние ФВД пациента с его субъективной оценкой уровня его респираторного здоровья.

В результате, объединенный протокол позволяет более объективно оценивать эффективность проводимой терапии, курса реабилитации и в целом состояние респираторного здоровья пациента.

Таким образом, знание возможностей как самого метода, так и спирометров с экспертной оценкой качества тестов позволяет более широко использовать его для диагностики, оценки качества лечения, прогноза течения заболеваний. Проведение ФВД, выполнение бронхомоторных тестов и пульсоксиметрии является стандартом в обследовании и лечении больных не только бронхолегочными заболеваниями, но и в общетерапевтической практике.



Пульсоксиметрия

Одним из наиболее тяжелых осложнений заболеваний, приводящих к нарушению респираторной функции легких, является хроническая дыхательная недостаточность (ХДН). Главный признак ХДН – развитие гипоксемии, т.е. снижение содержания кислорода в артериальной крови. Основные показатели гипоксемии - снижение парциального напряжения кислорода в артериальной крови (P_{aO_2}) и снижение насыщения кислородом артериальной крови или сатурации (SaO_2) являются важными маркерами прогноза при ХДН. Действительно, природой не предусмотрены механизмы накопления запасов кислорода в организме, а всего несколько минут отсутствия дыхания или сердцебиения полностью истощают его запасы. Даже небольшие нарушения работы легких и сердца постепенно приводят к развитию хронического недостатка кислорода (гипоксии), которая

отрицательно сказывается практически на всех органах и системах организма. Таким образом, сатурация является важнейшим параметром жизнедеятельности. Если насыщение артериальной крови кислородом является столь важным, то, вероятно, измерение данного параметра должно быть неотъемлемой частью клинического обследования пациента наряду с измерением частоты дыханий, артериального давления и пульса, а врач, помимо стетоскопа и тонометра, должен иметь и пульсоксиметр. В развитых странах пульсоксиметры для разовых измерений широко используются не только пульмонологами и кардиологами, но и врачами общей практики. К сожалению, в РБ пульсоксиметрами оснащены только отделения реанимации и интенсивной терапии. Вне этих отделений методика пульсоксиметрии не нашла широкого применения вследствие неинформированности врачей о той пользе, которую может принести применение пульсоксиметров в повседневной клинической практике. В клинической практике предлагается пользоваться терминами «насыщение артериальной крови кислородом» или «оксигенация артериальной крови», а сам параметр SpO₂ обозначать термином «сатурация». В отечественной литературе существует некоторая путаница, обусловленная употреблением аббревиатур SpO₂ и SaO₂. SaO₂ следует употреблять для обозначения сатурации, измеренной инвазивным (в крови) лабораторным методом, SpO₂ - когда речь идет о сатурации, измеренной неинвазивным методом. Простой неинвазивный метод измерения (мониторинга) процентного содержания оксигемоглобина (гемоглобина, насыщенного кислородом) в артериальной крови, т.е. сатурации, что позволяет своевременно диагностировать развитие гипоксии - пульсоксиметрия. Так как пульсоксиметр представляет собой специальный датчик, закрепляющийся на пальце или мочке уха пациента и связанный с компьютеризированным электронным блоком, при исследовании также фиксируется изменение «толщины» крови в связи с пульсацией артериол: каждая пульсовая волна увеличивает количество крови в артериях и

артериолах. Таким образом, пульсоксиметр измеряет частоту пульса и амплитуду пульсовой волны.

Работа пульсоксиметра основана на способности гемоглобина связанного (HbO₂) и не связанного (Hb) с кислородом поглощать свет различной длины волны. Измеряя разницу между количеством света, поглощаемого во время систолы и диастолы, пульсоксиметр определяет величину артериальной пульсации. Сатурация рассчитывается, как соотношение количества HbO₂ к общему количеству гемоглобина, выраженное в процентах: $SpO_2 = (HbO_2 / (HbO_2 + Hb)) \times 100\%$. Показатели SpO₂ коррелируют с парциальным давлением кислорода в крови (PaO₂), которое в норме составляет 80-100 мм рт. ст. Снижение PaO₂ влечет за собой снижение SpO₂, однако зависимость носит нелинейный характер: 80-100 мм рт. ст. PaO₂ соответствует 95-100% SpO₂, 60 мм рт. ст. PaO₂ соответствует 90% SpO₂, 40 мм рт. ст. PaO₂ соответствует 75% SpO₂. Для мониторинга сатурации применяются компьютерные пульсоксиметры, позволяющие длительно мониторировать изменене сатурации и пульса и сохраняющие полученные данные в памяти прибора. Дальнейшая компьютерная обработка данных позволяет с высокой точностью оценивать параметры сатурации в период наблюдения, например, ночного сна. Такими свойствами обладает программа пульсоксиметрии спирометров МАС-1.

Датчик пульсоксиметра закрепляется на пальце с соблюдением стандартных правил – отсутствие давления датчика, лака на ногтях и др., что может значительно исказить показания.

Следует также помнить, что плохо влияют на возможность регистрации сигнала гипотермия и вазоконстрикция, значительные нарушения сердечного ритма, выраженная трикуспидальная регургитация и др. В то же время пол, возраст, цвет кожи пациента или наличие анемии практического влияния на результаты не оказывают.

Программа «Пульсоксиметрия» спирометров МАС-1 выполняет регистрацию оптическим методом сатурации - **SpO₂**, частоты сердечных

Рисунок 29.

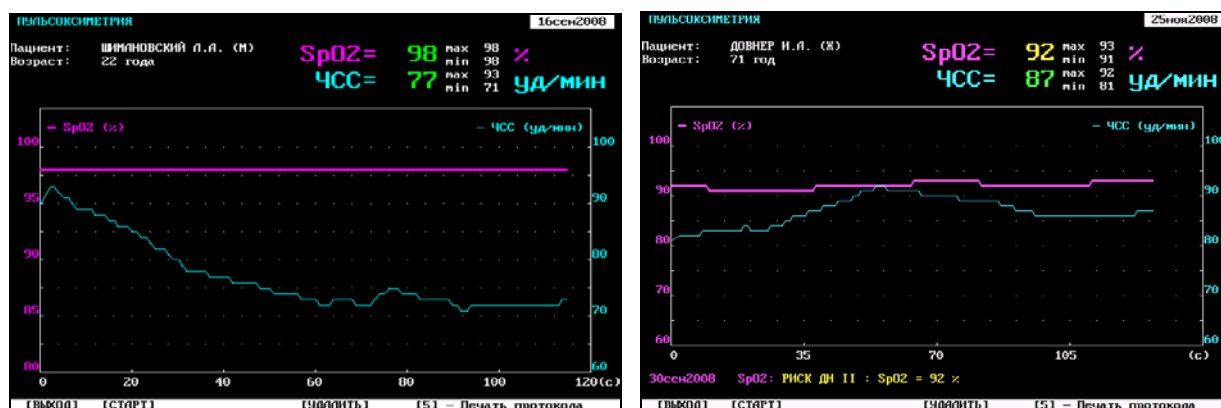
[illegible]

Рисунок 30. Протокол спирометрического исследования с показателями SpO2 и ЧСС.

Показаниями к проведению компьютерной пульсоксиметрии являются: ожирение 2 степени и выше (индекс массы тела >35), артериальная гипертония 2 степени и выше, ХОБЛ тяжелого течения (ОФВ1 $<50\%$), сердечная недостаточность II функционального класса и выше, дыхательная

недостаточность 2 степени и выше, легочное сердце, метаболический синдром, Пиквикский синдром, гипотиреоз, храп и остановки дыхания во сне с последующими всхрапываниями, учащенное ночное мочеиспускание (>2 раз за ночь), затрудненное дыхание, одышка или приступы удушья в ночное время, ночная потливость, частые пробуждения и неосвежающий сон, разбитость по утрам, утренние головные боли, цианоз, выраженная дневная сонливость, депрессия, апатия, раздражительность, сниженный фон настроения, гастроэзофагальный рефлюкс в ночное время, динамический контроль эффективности методов респираторной поддержки - длительная кислородотерапия с применением кислородных концентраторов, неинвазивная вспомогательная вентиляция легких постоянным положительным давлением (CPAP-терапия) и двухуровневым положительным давлением (BiLevel-терапия).

Пульсоксиметрия необходима также для решение экспертных вопросов при ряде заболеваний, приводящих к развитию ХДН для объективизации степени последней. Известны клинические критерии ХДН (частота дыхания, ЧСС, толерантность к физической нагрузке и др.), в том числе и показатели исследования ФВД. Однако в силу компенсаторных механизмов на фоне длительного периода времени развития ХДН клинические критерии не всегда могут являться отражением истинной ее степени. Для объективизации степени дыхательной недостаточности необходимо использование анализа газового состава крови. Так, для ДН I степени характерна SpO_2 93-98% и соответствующие ей показатели PaO_2 80-100 мм рт. ст., ДН II степени соответствуют снижение сатурации - SpO_2 86-92%, что соответствует PaO_2 75-85 мм рт. ст. в покое при отсутствии гиперкапнии ($PaCO_2$ 35-45 мм рт. ст.) при обеих стадиях. При III степени ДН развивается гиперкапния ($PaCO_2$ более 45 мм рт. ст.) на фоне дальнейшего снижения сатурации – менее 85% и PaO_2 менее 75 мм рт.ст.

Утвержденная постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь Инструкция «О порядке диагностики, лечения и профилактики ХОБЛ» [5] также предусматривает исследование насыщения крови кислородом при крайне-тяжелом течении для объективизации степени ДН, определения показаний для госпитализации, тактики и эффективности длительной или ситуационной кислородотерапии, а также вспомогательной вентиляции легких.

Кроме того, результаты функционального исследования респираторной функции легких наряду с данными клинического наблюдения необходимо учитывать при планировании оперативных вмешательств на легких. Последние возможны при следующих минимальных значениях показателей функционального состояния органов дыхания: ЖЕЛ - более 50 % от нормы, проба Тиффно - более 55-60 %, МВЛ - 45-75 л/мин, остаточный объем легких - более 50 % от нормы. Газы крови: PO_2 - более 65 мм рт. ст., PCO_2 - менее 45 мм рт. ст. Указанные критерии оценки функции легких базируются на точных методах изучения их вентиляционной, перфузионной и газотранспортной функции. Эти критерии объективны и поддаются математической обработке, оценке и сравнению, большинство из указанных параметров возможно определить при спирометрическом исследовании.

Таким образом, исследование ФВД занимает важное место в диагностике ряда заболеваний не только в пульмонологии, но и в терапии в целом. Этот метод является неинвазивным, доступным, хорошо стандартизированным, низкочувствительным и высокоинформативным.

Надеемся также, что современные возможности компьютерной оценки качества спирометрических тестов, динамического наблюдения и скрининг-оценки ФВД, ХОБЛ- и Астма-мониторирования поднимут достоверность, информативность и диагностическую значимость спирометрических

исследований, приблизят их к врачам первичного звена, станут надежным помощником в их каждодневной врачебной практике.

Литература

1. Воробьёва З.В., Стручков П.В. Спирометрия. Учебно-методическое пособие., М., 2006, Институт повышения квалификации ФМБА.
2. Давидовская Е.И., Маничев И.А., Щербицкий В.Г. Спирометрия сегодня: как использовать новые возможности и избежать старых ошибок (часть I). // Медицина. № 3. – 2008. – стр. 85-88.
3. Давидовская Е.И., Маничев И.А., Щербицкий В.Г., Бандюков В. Б., Воробьев В.О. Спирометрия сегодня: как использовать новые возможности и избежать старых ошибок Часть II: Бронхомоторные тесты. // Медицина. № 4. – 2008. – стр. 94-97 .
4. Давидовская Е.И., Маничев И.А., Щербицкий В.Г. Спирометрия сегодня: как использовать новые возможности и избежать старых ошибок Часть III: Динамическое наблюдение ФВД. // Медицина. № 3. – 2009. – стр. 96-99.
5. Инструкция о порядке диагностики, лечения и профилактики хронической обструктивной болезни легких. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 28 от 21.04.2006г.
6. Стандартизация легочных функциональных тестов. Официальный отчёт Европейского Респираторного общества. Перев./под ред. акад. РАМН А. Г. Чучалина // Пульмонология, 1993. – Приложение. – 92 с.
7. Турина О.И., Лаптева И.М., Калечиц О.М., Маничев И.А., Щербицкий В. Г. Организация работы по исследованию функционального состояния легких методами спирографии и пневмотахографии, и применение этих методов в клинической практике. Методические указания. – Минск, 2002.
8. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 1991; 144: 1202-1218.
9. Carlsen KH, Anderson SD, Bjermer L, et al. Exercise-induced asthma, respiratory and allergic disorders in elite athletes: epidemiology, mechanisms and diagnosis: part I of the report from the Joint Task Force of the European

- Respiratory Society (ERS) and the European Academy of Allergy and Clinical Immunology (EAACI) in cooperation with GA²LEN. *Allergy* 2000; 63: 387-403.
10. Carlsen KH, Delgado L, Del Giacco S, eds. *Diagnosis, Prevention and Treatment of Exercise-Related Asthma, Respiratory and Allergic Disorders in Sports*. *Eur Respir Mon* 2005; 33.
 11. Engström G, Wollmer P, Hedblad B, et al. Occurrence and prognostic significance of ventricular arrhythmia is related to pulmonary function: a study from “Men Born in 1914,” Malmö, Sweden. *Circulation*. 2001;103:3086-3091.
 12. Enright PL. How to make sure your spirometry tests are of good quality. *Respir Care* 2003; 48: 773-776.
 13. Ferguson GT, Enright PL, Buist AS, Higgins MW. Office spirometry for lung health assessment in adults: A consensus statement from the National Lung Health Education Program. *Chest* 2000; 117 (4): 1146-61
 14. Guidelines for pre-operative cardiac risk assessment and perioperative *European Heart Journal* 2009, 30,2768-2812.
 15. GINA. NHLBI/WHO Workshop Report. Revised 2009. 160 p.
 16. GOLD. NHLBI/WHO Workshop Report. 2006/ NIH Publication № 2701.
 17. GOLD. NHLBI/WHO Workshop Report. 2011. www.goldcopd.com
 18. Kerem E., Reisman J., Corey M. et al. Prediction of mortality in patients with cystic fibrosis. *New England Journal of Medicine* 1992; 326: 1187-1191.
 19. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V. et.al. “Standardisation of spirometry”. Series “ATS/ERS TASK FORCE: Standardisation of Lung Function Testing”. // *Eur.Respir.J.* - 2005. - Vol.26. - P. 319-338.
 20. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005; 26(5): 948-68.
 21. Wilt TJ, Niewoehner D, Kim C, Kane PL, Linabery A, Tacklind J, et al. Use of spirometry for case finding, diagnosis, and management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). A Case Study of Intermittent Positive Pressure Breathing. *Evid Rep Technol Assess (Summ)* 2005 (121): 1-7.

Учебное издание

Давидовская Елена Игнатьевна

Зуева Полина Николаевна

Маничев Игорь Александрович

Щербицкий Виктор Георгиевич

**Комплексное исследование респираторной функции легких
в клинической практике
Учебно-методическое пособие**

Ответственная за выпуск Е.И. Давидовская

Подписано в печать 04.07. 2012. Формат 60х84/16. Бумага потребительская.

Печать ризография. Гарнитура «Time New Roman».

Печ. л. 3,50. Уч.-изд. л. 2,62.тираж 150 экз. Заказ218 .

Издатель и полиграфическое исполнение –

Белорусская медицинская академия последипломного образования.

ЛВ № 23 от 27.01.2004. 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 3.