

ЗАЧЕМ БОДИ ВОПУ? РОЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИИ ДЫХАНИЯ В ПРАКТИКЕ ВРАЧА ОБЩЕЙ ПРАКТИКИ

РУСТЕМ ИЛЬДАРОВИЧ ШАЙМУРАТОВ, ординатор кафедры фтизиопульмонологии ГОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Минздравсоцразвития РФ, Казань, 420012, ул. Бутлерова, 49, e-mail: russtem@gmail.com

ОЛЬГА ЮРЬЕВНА МИХОПАРОВА, начальник кабинета функциональной диагностики Клинического госпиталя МСЧ МВД по РТ, e-mail: olga-mihoparova@rambler.ru

ЭЛЬВИРА БАКИЕВНА ФРОЛОВА, заместитель главного врача по лечебной части Клинического госпиталя МСЧ МВД по РТ, e-mail: frolova.67@mail.ru

Реферат. В статье описываются основные принципы и методы исследований функции дыхания, особенности исследований функции дыхания методами бодиплетизмографии, измерения диффузионной способности легких. Подробно изложен алгоритм чтения протоколов исследования и интерпретации показателей. Показаны возможности диагностики обструктивных заболеваний на примере бодиплетизмографического исследования с пробой бронхолитиком.

Ключевые слова: бодиплетизмография, диффузионная способность легких, ДСЛ.

ROLE OF WHOLE BODY PLETHYSMOGRAPHY IN PRACTICE OF GENERAL PRACTITIONER

RUSTEM I. SHAYMURATOV, resident of phthiopulmonology chair, Kazan State Medical University, 420012, Kazan, Butlerova str. 49, e-mail: russtem@gmail.com

OLGA YU. MIKHOPAROVA, chief of an office of functional diagnostics of clinical hospital, e-mail: olga-mihoparova@rambler.ru

ELVIRA B. FROLOVA, assistant to the head physician by a medical part of clinical hospital, e-mail: frolova.67@mail.ru

Abstract. This article describes the basic principles and methods of research in respiratory function, especially whole body plethysmography and lung diffusion capacity measurements. Interpretation of the study protocol is described in details. The possibilities of diagnosing obstructive pulmonary diseases are demonstrated in an example of whole body plethysmography study with a bronchodilator.

Key words: whole body plethysmography, lung diffusion capacity, DLCO.

Зачем была написана эта статья?

«Объем теоретических знаний и фактического материала вырос настолько, что для его освоения и использования в работе, для организации методической постановки исследований, интерпретации полученных данных, а тем более для совершенствования и дальнейшего развития клинической физиологии дыхания требуются специально подготовленные научные работники. Число их в настоящее время сравнительно невелико, а потребности в использовании инструментальных методов исследования дыхания в прикладном плане настолько велики, что к ним прибегает все большее число специалистов различных клинических областей. Здесь возникают значительные трудности, поскольку освоение всего объема специальных знаний практически недоступно широкому кругу врачей, так или иначе использующих данные инструментального исследования дыхания в своей повседневной практической деятельности, а также в научной работе». Цитата приведена из книги «Руководство по клинической физиологии дыхания» под редакцией Л.Л. Шика и Н.Н. Канаева [1], опубликованной в 1980 г. С тех пор прошло уже более 30 лет, однако интерпретация показателей по-прежнему вызывает вопросы у клиницистов. Весь «объем специальных знаний» мы рассматривать в

этой статье не будем, а постараемся объяснить именно ключевые практические моменты.

Авторам данной статьи часто приходится объяснять принципы и методы исследований функции дыхания клиницистам. Все врачи безоговорочно признают ценность и информативность электрокардиографических методов, однако ценность исследования функции дыхания оставляет у них сомнения. Более того, когда мы спрашиваем по ходу занятия у врачей-интернов, ординаторов, курсантов «Какое на ваш взгляд исследование является наиболее сложным для интерпретации?» большинство склоняется в пользу ФВД. Мы потратим немного времени читателей для того, чтобы сравнить ЭКГ и ФВД. У любого исследования существует два этапа: регистрация показателей и интерпретация. Для регистрации ЭКГ достаточно правильно наложить электроды, тогда как для исследования функции дыхания нужна полная кооперация врача и пациента. Для максимально информативного результата необходимо поработать с пациентом, объяснить принципы измерения и научить его правильно выполнять дыхательные маневры. Следующий этап — интерпретация полученных данных. Интерпретация ЭКГ сложна, ЭКГ позволяет изучить следующие функции сердца: автоматизм, проводимость, возбудимость, рефрактерность

и аберрантность. Комбинации нарушений этих функций могут быть самыми разнообразными. Функция внешнего дыхания измеряет всего два показателя — объем легких и скорость движения воздуха. Изменения этих функций позволяют нам выявить *всего два синдрома* — обструктивный и рестриктивный, а также их сочетание. *Третий синдром* — снижение диффузионной способности легких — самый объективный, он позволяет судить о состоянии альвеолярно-капиллярной мембраны (аппаратура для данного метода исследования в основном встречается в специализированных центрах). Для полноценной интерпретации ЭКГ врачу нужно быть *в тонусе* — смотреть не менее 5 кардиограмм в день (иначе все легко забывается). Зная отличия обструктивного и рестриктивного синдромов можно без труда оценить показатели функции дыхания у любого пациента. Логично, что три синдрома интерпретировать и заполнить гораздо легче, чем разнообразие патологий, которые можно увидеть на кардиограммах.

Таким образом, по сравнению с ЭКГ исследование функции дыхания труднее выполнять, легче интерпретировать, а информативность метода применительно к состоянию дыхательной системы *сопоставима* с информативностью ЭКГ применительно к сердечно-сосудистой системе.

Задачи функциональной диагностики органов дыхания [2]

1. Диагностика:

- объективное влияние заболеваний на функциональное состояние легких;
- объективные изменения функционального состояния легких;
- при первичном обследовании и наличии определенных клинических проявлений (одышка, кашель, свистящее дыхание, изменение перкуторного тона 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 (легочной, сердечно-сосудистой, нервно-мышечной системы);
- оценка воздействий пребывания во вредных условиях или контактов с вредными веществами;
- оценка эффективности реабилитационных программ.

3. Экспертная оценка:

- временной утраты трудоспособности;
- пригодности к работе в определенных условиях;
- трудоспособности.

4. Оценка здоровья населения:

- эпидемиологические исследования;
- сравнение здоровья населения в разных географических, климатических и прочих условиях;
- массовые обследования.

Какие функции легких измеряются

1. Статические объемы легких (общая емкость легких, объемы вдоха и выдоха, жизненная емкость легких).

2. Проведение быстрых вентиляционных маневров (форсированный вдох или выдох) позволяет вычислить так называемые динамические легочные объемы, а также форсированные инспираторные и экспираторные потоки (спирометрия). Однако скоростные показатели лишь косвенно характеризуют состояние бронхиальной проходимости, поскольку их снижение может быть обусловлено действием внелегочных причин. Поэтому корректным показателем оценки состояния проходимости бронхов является только бронхиальное сопротивление.

3. Сопротивление дыхательных путей (или бронхиальное сопротивление). Если первые два показателя измеряются с помощью спирометра, то показатель бронхиального сопротивления можно измерить только с помощью бодиплетизмографии. Этот показатель в большей степени отражает сужение внеторакальных или крупных дыхательных путей, чем мелких периферических бронхов. Чем больше сопротивление, тем более выражено сужение дыхательных путей. Измерение сопротивления может быть информативным у пациентов, которые не могут выполнить полноценный маневр форсированного выдоха. Этот показатель более чувствителен при оценке обратимости нарушений в пробе с бронхолитиком.

4. Измерение остаточного объема легких. Обычной спирометрией остаточный объем определить невозможно, так как этот объем невозможно выдохнуть. Роль остаточного объема в норме — предотвратить коллапс или спадание легких. Напротив, при увеличении общей емкости легких, остаточного объема легких или их соотношения можно заподозрить у пациента наличие эмфиземы, тяжелой бронхиальной астмы, а также оценить выраженность гиперинфляции (перераздувания) легких. При увеличении остаточного объема можно заподозрить наличие эмфизематозных «воздушных ловушек» — невентилируемых, однако наполненных воздухом участков легких, при которых происходит снижение полезного объема легких.

5. Измерение диффузионной способности легких (ДСЛ—DLCO) — это оценка диффузионной способности альвеолярно-капиллярной мембраны, где DLCO (diffusion capacity of the lung for CO) — диффузионная способность легких по угарному газу (CO).

Какие приборы и методы используются для исследования функции дыхания

1. Спирометры. Спирометрия в широком понимании этого слова — это оценка вентиляционной функции путем измерения вдоха и выдоха. Если самые первые спирометры представляли собой емкости с водяным затвором, то сейчас существуют большое разнообразие приборов. Основное их отличие в датчиках регистрации потоков дыхания.

2. Бодиплетизмографы. Бодиплетизмография (англ. *body* — тело + греч. *plethysmos* — наполнение, увеличение + *graphō* — писать, изображать) — это метод, позволяющий определять все статические объемы (общую емкость легких, объемы вдоха и выдоха, жизненную емкость легких) и емкости легких, в том числе те, которые не определяются спирографией. Для этого все измерения проводятся в относительно герметичной кабине с заданным объемом. Пациент, как и при обычной спирометрии, дышит в мундштук, плотно обхватывая его губами, нос при этом закрыт носовым зажимом. В процессе выполнения пациен-

Границы нормы и градации отклонения показателей внешнего дыхания по Л.Л. Шику и Н.Н. Канаеву, 1980
(значения показателей в процентах к должным величинам)

Показатель	Норма	Условная норма	Умеренные	Значительные	Резкие
ЖЕЛ	Более 90	85—90	70—84	50—69	Менее 50
ОФВ ₁	Более 85	75—85	55—74	35—54	Менее 35

том дыхательных маневров происходит измерение сразу нескольких показателей — давление в кабине, давление в полости рта + известный объем кабины. Таким образом, измеряется весь внутригрудной объем газа, что дает информацию об остаточном объеме легких — объеме воздуха, остающемся в легких после максимально глубокого выдоха.

3. Измерение диффузионной способности легких — это оценка газообменной функции легких. Метод основан на вдыхании смеси газов: пациент делает глубокий вдох газовой смеси [чаще всего воздух, гелий и окись углерода (СО) в очень низких, безвредных для организма концентрациях], задерживает дыхание на 10 с (в это время происходит проникновение газов через альвеоларно-капиллярную мембрану в кровь) и затем выдыхает в газоанализатор. Метод прост и не имеет противопоказаний. Следует отметить, что у курильщиков и у пациентов, подвергающихся профессиональному воздействию окиси углерода на рабочем месте, отмечается остаточное напряжение СО в смешанной венозной крови, что может привести к ложно заниженным значениям.

Исследование диффузии применяется у больных рестриктивными и обструктивными заболеваниями, главным образом, для диагностики эмфиземы или легочного фиброза; у больных с интерстициальными заболеваниями легких и заболеваниями легочных сосудов. Согласно рекомендациям европейского респираторного общества и американского торакального общества, в соответствии с показателями диффузионной способности легких назначается лечение некоторых диссеминированных заболеваний легких (например, саркоидоза).

Метод позволяет оценить альвеоларный объем, т.е. фактически вентилируемый объем, и DLCO — показатель работы альвеоларно-капиллярной мембраны.

Таким образом, бодиплетизмография и метод исследования диффузионной способности легких вместе позволяют осуществлять диагностику заболеваний органов дыхания на высоком уровне; отслеживать динамику заболевания, корректировать объемы терапии; планировать объем оперативных вмешательств на легких, в том числе и при трансплантации легких; осуществлять дифференциальную диагностику одышки, в том числе и при сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваниях.

Как читать протоколы исследований

Каждый протокол исследования состоит минимум из трех колонок цифр:

1. Прогнозируемые или должные величины (они рассчитываются исходя из табличных данных в зависимости от массы тела, роста, возраста и пола пациента). На настоящий момент все приборы (спирометры) рассчитывают эти показатели автоматически. Врачу необходимо только ввести данные пациента. Эти данные рассчитываются в абсолютных величинах (*литрах*).

2. Данные, полученные в процессе исследования, — результат работы дыхания пациента. Эти данные тоже выдаются в абсолютных величинах (*литрах*).

3. Отношения полученных величин к должным величинам рассчитываются на 100%. Это *относительные величины*. Следует отметить, что в функциональной диагностике дыхания все показатели рассчитываются на 100%. Чем ближе показатель к 100%, тем ближе данные пациента соответствуют норме (кроме бронхиального сопротивления, если показатель выше 100% значит состояние пациента хуже). Градации отклонения показателей рассмотрены в *табл. 1*. Градации отклонения ОФВ₁ можно применять ко всем скоростным и объемным показателям. Градации отклонений диффузионной способности легких указаны в *табл. 2* (данные ATS/ERS Task Force: Standardization of lung function testing 2005).

Таблица 2

Интерпретация DLCO согласно стандартам Американского и Европейского респираторных обществ

Степень изменения	DLCO, %
Высокая	>140
Нормальная	81—140
Легкое снижение	61—75
Среднее	41—60
Тяжелое	<40

Как интерпретировать протоколы исследований [3]

Существуют несколько типичных паттернов отклонений от нормы результатов тестов легочной функции, основанных на измерении объемной скорости воздушно-го потока и объема легких (*табл. 3*). При рестриктивном паттерне главным патофизиологическим механизмом

Таблица 3

Типичные показатели вентиляционной функции при обструкции и рестрикции [3]

Показатель	Рестрикция	Обструкция	
		Умеренные нарушения	Выраженные нарушения
ФЖЕЛ	↓↓	N	↓
ОФВ ₁	↓↓	↓	↓↓
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ	N	↓	↓↓
СОС ₂₅₋₇₅	↓↓	↓	↓↓
ФОЕЛ	↓	N	↑
ОО	↓	N	↑
ОЕЛ	↓	N	↑

является ограниченное расправление легких, что проявляется снижением легочных объемов и уменьшением движущей силы экспираторного потока. Однако сопротивление дыхательных путей остается в норме. Спирометрия выявляет уменьшение форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) и объема выдоха за первую секунду ($ОФВ_1$), но сохраняется $ОФВ_1/ФЖЕЛ\%$ (индекс Генслера). Из-за снижения объема легких абсолютная объемная скорость воздушного потока также снижена, на что указывает низкая величина $ОФВ_1/ФЖЕЛ\%$. Объемы легких, включая функциональную остаточную емкость легких (ФОЕЛ), уменьшены, что дает картину «сморщенного легкого». Примеры рестриктивных заболеваний — это фиброзирующий альвеолит, саркоидоз, диффузные болезни соединительной ткани, заболевания плевры, заболевания стенки грудной клетки, нервно-мышечные заболевания.

Обструктивный паттерн характеризуется снижением объемной скорости воздушного потока, $ОФВ_1/ФЖЕЛ\%$, средняя объемная скорость на участке 25—75% выдоха ($СОС_{25-75}$) снижена. ФЖЕЛ обычно в норме или снижена в зависимости от влияния патологического процесса на другие легочные объемы. В случае умеренной обструкции, как при бронхиальной астме средней тяжести, FVC может быть сохранена, хотя спирометрические данные указывают на обструкцию ($ОФВ_1/ФЖЕЛ\%$ снижено). При более выраженной обструкции, свойственной тяжелой эмфиземе, захват воздуха и значительная утрата эластической отдачи легких вызывают рост ОО и ФЖЕЛ. Следовательно, ФЖЕЛ уменьшена, ФОЕЛ может быть увеличена, а общая емкость легких (ОЕЛ) нормальна или увеличена. Отношение ОО к ОЕЛ превосходит нормальное значение (0,3). Примеры обструктивных заболеваний — это ХОБЛ и бронхиальная астма.

После спирометрии измерение диффузионной способности легких — наиболее используемый из тестов исследования легочной функции. В Европе ДСЛ называется трансфер-фактором для оксида углерода, так как тест исследует способность легких к переносу газа из вдыхаемого воздуха к эритроцитам, проходящим через легочные капилляры. Тест исследования ДСЛ удобен, а маневр, выполняемый пациентом, достаточно прост.

Существует ряд показаний к проведению теста. В то же время противопоказания и побочные эффекты практически отсутствуют. Однако в тех случаях, когда ЖЕЛ составляет приблизительно < 1,5 л, большинство приборов не дают возможности измерить ДСЛ. Кроме того, для получения корректных данных у больных, получающих кислородотерапию, она должна быть отменена, по меньшей мере, за 15 мин до теста и во время его проведения. Диапазон нормальных значений для ДСЛ широк. Поэтому для повышения чувствительности контроля эффективности терапии представляется более правильным провести исходный тест исследования ДСЛ, по сравнению с которым будут оцениваться другие исследования.

При обструктивных заболеваниях ДСЛ наиболее часто применяют для дифференциальной диагностики бронхиальной обструкции и эмфиземы у курильщиков или бывших курильщиков. ДСЛ представляет очень хорошим маркером степени выраженности анатомической эмфиземы у курильщиков с обструктивными вентиляционными проявлениями. Низкие показатели ДСЛ высоко коррелируют ($r > 0,85$) с низкой средней плотностью легочной ткани на КТ легких и степенью

анатомической эмфиземы. Курильщики с проявлениями бронхиальной обструкции и нормальными показателями ДСЛ обычно имеют хронический «обструктивный» бронхит, но не эмфизему. Больные бронхиальной астмой с обструктивными проявлениями демонстрируют нормальные или повышенные показатели ДСЛ.

Другая область применения исследования легочной диффузии — выявление слабо выраженных (легких или доклинических) интерстициальных заболеваний легких (ИЗЛ) у пациентов с высокой степенью риска развития заболевания (например, саркоидоз, стадия 1, экзогенный аллергический альвеолит); радиационные поражения; ЛС, обладающие токсическим легочным эффектом (амиодарон, блеомицин, нитрофурантоин); трансплантация легких или костного мозга; ВИЧ-инфекция и высокий риск инфицирования *Pneumocystis pneumoniae*. ДСЛ помогает в дифференциальной диагностике рестрикции, проявляющейся снижением легочных объемов (ОЕЛ или ЖЕЛ). Нормальная ДСЛ характерна для внелегочных причин рестрикции (например, ожирение, плевральный выпот или утолщение плевры, нейромышечная слабость, кифосколиоз). Изменение последующих значений ДСЛ по сравнению с исходными у пациентов, получающих терапию по поводу ИЗЛ, является более чувствительным показателем улучшения или ухудшения (по сравнению с легочными объемами ОЕЛ или ЖЕЛ).

У курильщиков показатели диффузии существенно ниже, чем у некурящих. Этот фактор необходимо учитывать при интерпретации (например, в ситуациях, когда оценивается влияние различных факторов, скажем, воздействие асбеста). Поскольку снижение диффузионной способности не так велико у бывших курильщиков, как у курящих в настоящее время, снижение ДСЛ у последних не может быть отнесено только за счет эмфиземы.

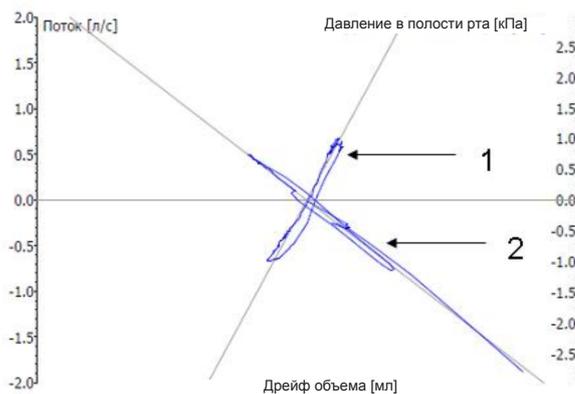
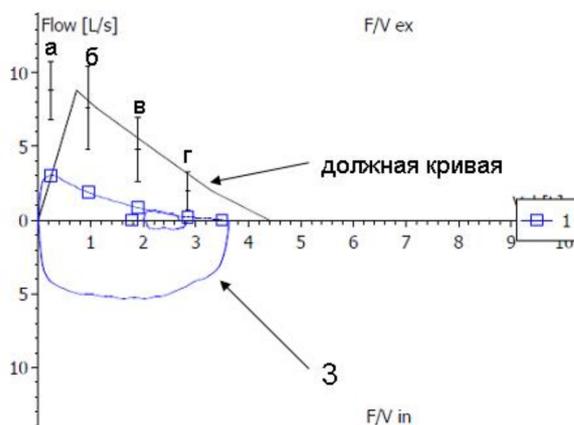
Нарушения, при которых ДСЛ выше нормы (обычно более 140% от должного), включают следующие состояния: полицитемия, выраженное ожирение, бронхиальная астма, легочное кровотечение, внутрисердечный шунт «слева-направо», начальная недостаточность левого сердца (вследствие повышения объема крови в легочных капиллярах), нагрузка, выполненная непосредственно перед проведением теста (вследствие повышенного сердечного выброса) [4].

Нормальные показатели спирометрии при сниженной ДСЛ могут быть признаком анемии, патологии сосудов легких, ранних стадий интерстициальных заболеваний легких или ранних стадий эмфиземы. Если на фоне рестрикции определяется нормальная ДСЛ — возможна патология стенки грудной клетки или нейромышечные расстройства, если она повышена — интерстициальные заболевания легких.

Низкая ДСЛ при сохраненных или уменьшенных легочных объемах может наблюдаться при саркоидозе, интерстициальных заболеваниях легких, пневмофиброзе, хронической эмболии легких, первичной легочной гипертензии, других заболеваниях сосудов легких [5].

Анализ показателей бодиплетизмографии на примере пробы с бронхолитиком у больного ХОБЛ

На рис. 1 приведен пример протокола бодиплетизмографии больного ХОБЛ до введения бронхолитика. Для того чтобы оценить показатели, необходимо в первую очередь обратить внимание на петли брон-



		P	A1	%(A1/P)	
SR eff	[kPa*s]	1.18	1.93	164.4	} Бронхиальное сопротивление
R eff	[kPa*s/L]	0.30	0.40	134.8	
R tot	[kPa*s/L]	0.30	0.46	154.2	
OO	[L]	2.01	3.34	165.9	} Статические показатели
ОЕЛ	[L]	6.66	7.13	107.0	
RV % TLC	[%]	31.51	46.83	148.6	
ФЖЕЛ	[L]	4.40	3.49	79.5	} Динамические показатели
ОФВ1	[L]	3.60	1.78	49.4	
ОФВ 1 % ФЖЕЛ	[%]		50.86		
FEV 1 % VC IN	[%]	79.11	46.88	59.3	
ПОС	[L/s]	8.78	3.01	34.3	
МОС 25	[L/s]	7.62	1.88	24.7	
МОС 50	[L/s]	4.77	0.84	17.6	
МОС 75	[L/s]	1.98	0.19	9.8	
СОС 75/25	[L/s]	4.10	0.60	14.6	

Рис. 1. Протокол бодиплетизмографии до введения бронхолитика: 1 — петля бронхиального сопротивления; 2 — петля ITGV; 3 — петля «поток-объем», P (predicted) — должные величины; A1 — показатели, полученные от пациента (в режиме сравнения нескольких протоколов выводятся данные нескольких исследований, тогда появятся показатели A2, A3 и т.д.); % (A1/P) — отношения полученных величин к должным величинам рассчитываются на 100%; а — пиковая объемная скорость (ПОС, ПСВ); б — мгновенная объемная скорость на участке петли от 25% выдоха (МОС₂₅); в — МОС₅₀, г — МОС₇₅

хиального сопротивления и петлю ITGV (графики 1 и 2 на рис. 1 слева). В данном случае мы видим несимметричную петлю бронхиального сопротивления с выраженным утолщением в нижней части. Такая форма петли характерна для повышенного бронхиального сопротивления. По наклону петли ITGV (intrathoracical gas volume) рассчитывается объем внутригрудного объема газа. Объем внутригрудного газа рассчитывается автоматически, график этой петли необходим скорее врачу функциональной диагностики для оценки правильности выполнения маневра измерения ITGV, чем врачу-клиницисту.

Третий график — график петли «поток-объем» отображает зависимость скорости потока (ось Y — ордината) от объема выдыхаемого воздуха (ось X — абсцисса). Диаграммой отображена должная кривая, график под ней отображает маневр форсированного выдоха пациентом. Можно сразу же сделать вывод, что на рис. 1 петля «поток-объем» пациента намного ниже, чем должная кривая.

После оценки графических данных необходимо оценить цифровые данные. Первые три строки протокола — это показатели бронхиального сопротивления. SR eff — специфическое эффективное сопротивление, R eff — эффективное сопротивление, R tot — общее сопротивление дыхательных путей. Эти три показателя

отображают изменение одного и того же показателя — сопротивления дыхательных путей и оценивают один и тот же график — петлю бронхиального сопротивления, но тремя разными способами. R eff — более чувствительно на уровне крупных бронхов, R tot чувствительно до периферических дыхательных путей, а показателем SR eff можно пользоваться даже если не был определен объем внутригрудного газа. Мы не будем останавливаться подробно на этих способах, отметим лишь, что пользоваться этими данными нужно *только вместе* с показателями петли «поток-объем». На рис. 1 мы видим, что показатели сопротивления превышают 100%, значит, поток воздуха встречает на своем пути сопротивление (проходимость дыхательных путей нарушена).

Следующие три строки — это показатели остаточного объема (ОО), общей емкости легких (ОЕЛ) и отношения ОО к ОЕЛ. Мы видим, что остаточный объем повышен почти на 1,3 л (3,34—2,01) в абсолютных величинах и составляет 165% от нормы (при нормальных значениях не более 130%). Общая емкость легких также выше нормы — 107%. Учитывая показатель ОО, можно сделать вывод о том, что общая емкость легких повышена за счет остаточного объема. Остаточный объем в данном случае увеличен за счет «воздушных ловушек» — неполного опорожнения альвеол при

выдохе. Объем остаточного воздуха «крадет» часть общей емкости легких из объема вдоха. То есть происходит перераздувание легких за счет дополнительного объема, а емкость вдоха при этом ограничивается. Такие изменения характерны для больных эмфиземой легких.

Последние ряды чисел — это показатели динамических объемов легких (или объемных скоростей). Для их оценки воспользуемся табл. 2 и 3. Форсированная емкость легких (ФЖЕЛ) в пределах нормы; объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁) — значительное снижение; ОФВ₁/ФЖЕЛ (индекс Генслера) — значительное снижение; пиковая объемная скорость (ПОС или ПСВ — пиковая скорость выдоха); показатели МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅ (МОС — мгновенная объемная скорость на участке 25, 50 и 75% выдоха); СОС₇₅₋₂₅ — резкое снижение (СОС₇₅₋₂₅ — средняя объемная скорость на участке 25—75% от выдоха). Таким образом, можно сделать вывод: у пациента выраженные обструктивные нарушения.

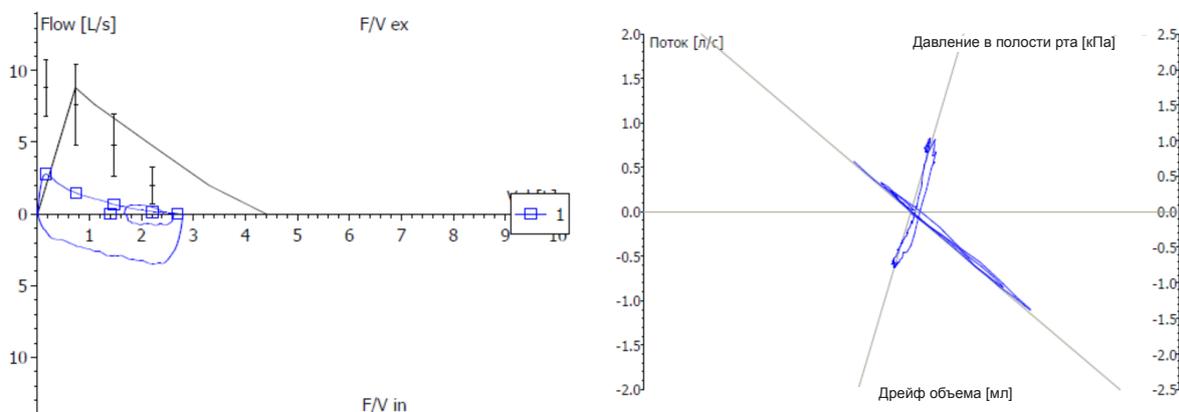
После снятия контрольной пробы пациент принимает бронхолитик. Оценим изменения показателей функции дыхания (рис. 2).

В динамике видно, что петли бронхиального сопротивления стали симметричны без выраженных утолщений, что подтверждается снижением показателей бронхиального сопротивления примерно на 60% от исходных величин. Согласно этим данным бронхолитик сработал — гладкие мышцы бронхов расслабились, бронхоспазм снят, просвет дыхательных путей увеличился. Остаточный объем немного уменьшился — 160% против 165%. Но петля «поток-объем»

стала заметно меньше предыдущей, что подтверждается числовыми данными скоростей. Показатели объемных скоростей ухудшились, что противоречит улучшенным показателям сопротивления. Почему так произошло? Пациенту стало хуже? Как оценить эти противоречивые данные? Для решения этих вопросов нужно вспомнить, что для получения показателей бронхиального сопротивления кооперации больного не требуется, поэтому нужно в первую очередь обращать внимание на показатели бронхиального сопротивления как на наиболее объективные. Потом следует выяснить причину, по которой пациент не смог выполнить маневр форсированной спирометрии. Это может быть усталость или небрежное отношение к процедуре. В данном случае причиной стало то, что пациент не смог субъективно оценить свое состояние. Несмотря на то что бронхолитик подействовал, пациент прилагал такие же усилия (даже меньшие), как и до введения бронхолитика. Была проведена беседа с пациентом, мы объяснили, что такое бронхиальное сопротивление, показали графики, цифры. Это возымело эффект сразу. На рис. 3 представлен протокол бодиплетизмографии после беседы. Достоверно снизились показатели бронхиального сопротивления, остаточного объема; показатели объемных скоростей повысились. Прирост ОФВ₁ составил 15% — проба положительная.

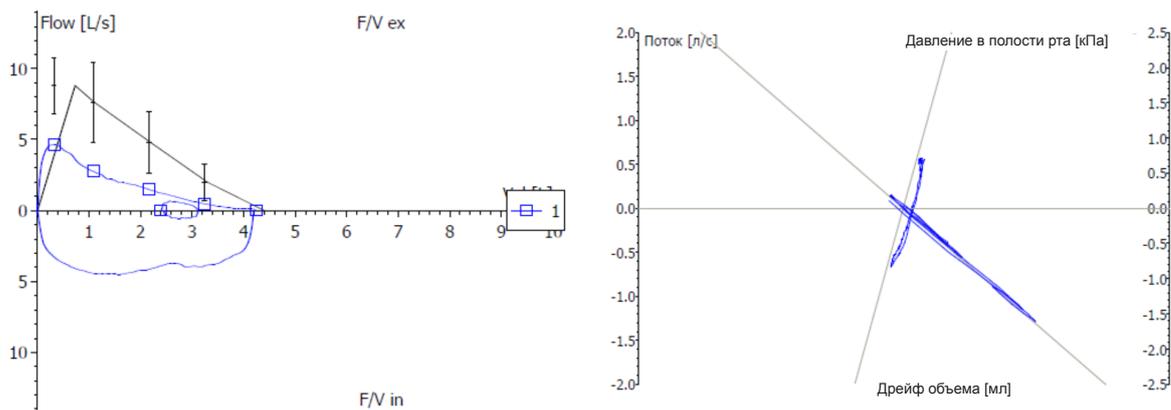
Заключение. Особенности бодиплетизмографии и диффузионной способности легких и использования показателей

1. Измерение бронхиального сопротивления происходит без участия пациента. Не все пациенты способны



		P	A1	%(A1/P)
SR eff	[kPa*s]	1.18	0.98	83.0
R eff	[kPa*s/L]	0.30	0.23	78.0
R tot	[kPa*s/L]	0.30	0.29	96.1
OO	[L]	2.01	3.26	161.9
ОЕЛ	[L]	6.66	6.21	93.2
RV % TLC	[%]	31.51	52.51	166.7
ФЖЕЛ	[L]	4.40	2.69	61.2
ОФВ1	[L]	3.60	1.41	39.1
ОФВ 1 % ФЖЕЛ	[%]		52.42	
FEV 1 % VC IN	[%]	79.11	47.82	60.4
ПОС	[L/s]	8.78	2.79	31.7
МОС 25	[L/s]	7.62	1.46	19.1
МОС 50	[L/s]	4.77	0.65	13.6
МОС 75	[L/s]	1.98	0.16	8.3
СОС 75/25	[L/s]	4.10	0.48	11.8

Рис. 2. Бодиплетизмография после введения бронхолитика



		P	A1	% (A1/P)
SR eff	[kPa*s]	1.18	0.90	76.8
R eff	[kPa*s/L]	0.30	0.21	71.4
R tot	[kPa*s/L]	0.30	0.27	90.2
OO	[L]	2.01	2.66	132.3
ОЕЛ	[L]	6.66	6.98	104.8
RV % TLC	[%]	31.51	38.16	121.1
ФЖЕЛ	[L]	4.40	4.24	96.4
ОФВ1	[L]	3.60	2.39	66.4
ОФВ 1 % ФЖЕЛ	[%]		56.42	
FEV 1 % VC IN	[%]	79.11	57.29	72.4
ПОС	[L/s]	8.78	4.64	52.9
МОС 25	[L/s]	7.62	2.75	36.1
МОС 50	[L/s]	4.77	1.47	30.8
МОС 75	[L/s]	1.98	0.46	23.5
СОС 75/25	[L/s]	4.10	1.18	28.8

Рис. 3. Бодиплетизмография

правильно выполнить маневр форсированной спирографии (кашель, тяжелая степень нарушений). Для этих пациентов хорошей альтернативой измерения ФЖЕЛ может стать бронхиальное сопротивление.

2. Бронхиальное сопротивление — это более чувствительный параметр, который быстрее реагирует на введение бронхолитика. Даже после того, как пациент принял бронхолитик, у него остается прежний дыхательный паттерн, т.е., несмотря на то что проходимость дыхательных путей улучшилась, дышит он по-прежнему. При проведении теста с бронхолитиком, если дыхательное сопротивление снизилось, а петля «поток-объем» остается в пределах прежних измерений, стоит повторить попытки.

3. Измерение бронхиального сопротивления — это хороший способ диагностики обструктивных нарушений у тренированных людей. У спортсменов повышены и скорости, и объемы легких по отношению к средней норме даже при наличии обструкции.

4. Измерение остаточного объема позволяет:

- провести дифференциальный диагноз обструктивного и рестриктивного типов дыхательных нарушений;

- оценить динамику прогрессирования ХОБЛ.

5. Диффузионная способность легких — необходимое исследование при рестриктивных заболеваниях. Если на ФВД обнаруживается снижение всех легочных объемов, то следующий шаг — это измерение диффузионной способности легких. Также диффузионная способность легких полезна при диагностике одышки неясного генеза. Например, при саркоидозе органов дыхания показатели диффузионной способности

могут снижаться, даже при отсутствии изменений на рентгенограммах [6].

6. Интерпретация показателей не сложна, однако ценность показателей зависит от правильности выполнения исследования (задача врача функциональной диагностики).

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по клинической физиологии дыхания / под ред. Л.Л. Шика, Н.Н. Канаева. — Л.: Медицина, 1980. — 376 с.: ил.
Rukovodstvo po klinicheskoy fiziologii dyhanija / pod red. L.L. Shika, N.N. Kanaeva. — L.: Medicina, 1980. — 376 s.: il.
2. Давидовская, Е.И. Спирометрия сегодня: как использовать новые возможности и избежать старых ошибок / Е.И. Давидовская, И.А. Маничев, В.Г. Щербицкий // Медицина. — 2008. — Ч. I, № 3. — С.85—88.
Davidovskaja, E.I. Spirometrija segodnja: kak ispol'zovat' novye vozmozhnosti i izbezhat' staryh oshibok / E.I. Davidovskaja, I.A. Manichev, V.G. Werbickij // Medicina. — 2008. — Ch. I, № 3. — S.85—88.
3. Гриппи, М.А. Патологическая физиология легких / М.А. Гриппи. — 2-е изд., испр. — М.: Изд-во БИНОМ, 2008. — 304 с.: ил.
Grippi, M.A. Patofiziologija legkih / M.A. Grippi. — 2-e izd., ispr. — M.: Izd-vo BINOM, 2008. — 304 s.: il.
4. Пульмонология / под ред. А.Г. Чучалина. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 336 с. — (Сер. «Клинические рекомендации»)
Pul'monologija / pod red. A.G. Chuchalina. — 2-e izd., ispr. i dop. — M.: GJeOTAR-Media, 2011. — 336 s. — (Ser. «Klinicheskie rekomendacii»).
5. Полянская, М.А. Бодиплетизмография и исследование DLCO — методика проведения и интерпретация результатов

татов / М.А. Полянская // Здоровье Украины. — 2008. — № 9/1. — С.52—53.

Poljanskaja, M.A. Vodipletizmografija i issledovanie DLCO — metodika provedenija i interpretacija rezul'tatov / М.А. Poljanskaja // Zdorov'e Ukrainy. — 2008. — № 9/1. — S.52—53.

6. Саркоидоз: монография / под ред. А.А. Визеля. — М.: Издат. холдинг «Атмосфера», 2010. — 416 с.: ил. (Серия монографий Российского респираторного общества; гл. ред. серии А.Г. Чучалин).

Sarkoidoz: monografija / pod red. A.A. Vizelja. — M.: Izdat. holding «Atmosfera», 2010. — 416 s.: il. — (Serija monografij Rossijskogo respiratornogo obwestva; gl. red. serii A.G. Chuchalin).

7. Уэст, Дж. Патопфизиология органов дыхания: пер. с англ. / Дж. Уэст; под ред. А.И. Синопальникова. — М.: БИНОМ, 2008. — 232 с.

Uest, Dzh. Patofiziologija organov dyhanija: per. s angl. / Dzh. Uest: pod red. A.I. Sinopal'nikova. — M.: BINOM, 2008. — 232 s.