

УДК 615.471.036:616

В.А.Лопата<sup>1</sup>, И.С.Мясный<sup>2</sup>, Ю.С.Синекоп<sup>3</sup>, М.А.-А.Эль Шебах<sup>3</sup>

## АЛГОРИТМ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СПИРОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

1 – Институт физиологии им. А.А.Богомольца НАНУ, г. Киев,

2 – Центр пульмонологии, аллергологии и клинической иммунологии клинической больницы «Феофания», г. Киев,

3 – НТУ Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев

**Резюме.** Проанализированы алгоритмы интерпретации результатов спирометрического тестирования. На основе анализа разработан алгоритм, включающий в свою структуру скоростные параметры спирометрии.

**Ключевые слова:** спирометрия, алгоритм интерпретации.

**Введение.** Интерпретация результатов – серьёзная задача компьютерной спирометрии, при решении которой существует вероятность получения неадекватного диагностического заключения с возможными отрицательными последствиями [6]. Из-за отсутствия унифицированных критериев интерпретации и использования рекомендаций, принципиально отличающихся друг от друга, не обеспечивается сопоставимость диагностических заключений [5]. Этим объясняется актуальность создания методически обоснованных алгоритмов с необходимым набором информативных параметров, обеспечивающих достоверную интерпретацию результатов тестов.

**Цель исследования.** Разработать алгоритм интерпретации результатов спирометрического теста с использованием объёмных и скоростных параметров форсированного выдоха.

**Материал и методы.** Основой интерпретации результатов спирометрии служит их сопоставление с нормальными значениями, которое даёт ответы на вопросы [4]:

1. Есть ли нарушения вентиляционной функции дыхания (ВФЛ)?
2. Какова степень нарушений?
3. Каков характер изменений параметров функции?
4. Обратимы ли эти изменения?

Такая методика предполагает ответственный выбор критериев, принимаемых к рассмотрению при оценке результатов тестов. Анализ рекомендаций [2, 3, 5-9] показал, что в таком качестве наиболее востребованы параметры жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ), форсированной жизненной ёмкости лёгких (ФЖЕЛ), объёма форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ<sub>1</sub>) и индекса Тиффно (ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ), из которых выбирается основной критерий алгоритма. Мы называем его «стартовым», т.к. он определяет направление алгоритма интерпретации и перебора возможных вариантов, по ходу которого используются дополнительные «индикативные» критерии, уточняющие локальные выводы.

Стартовый критерий ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ (рис. 1) использован в рекомендуемом алгоритме интерпретации [7]. Ориентируясь на величины нижних границ нормы (НГН), простой алгоритм предоставляет возможность выявить тип нарушений ВФЛ (рестрикцию или обструкцию) и оценивать степень обструктивных нарушений по трем градациям.

Существует «Алгоритм оценки спирограммы» (рис. 2), который принимает в качестве стартового критерия ОФВ<sub>1</sub> [3]. Норма, обструктивный синдром и смешанные нарушения ВФЛ диагностируются с помощью индикативного критерия

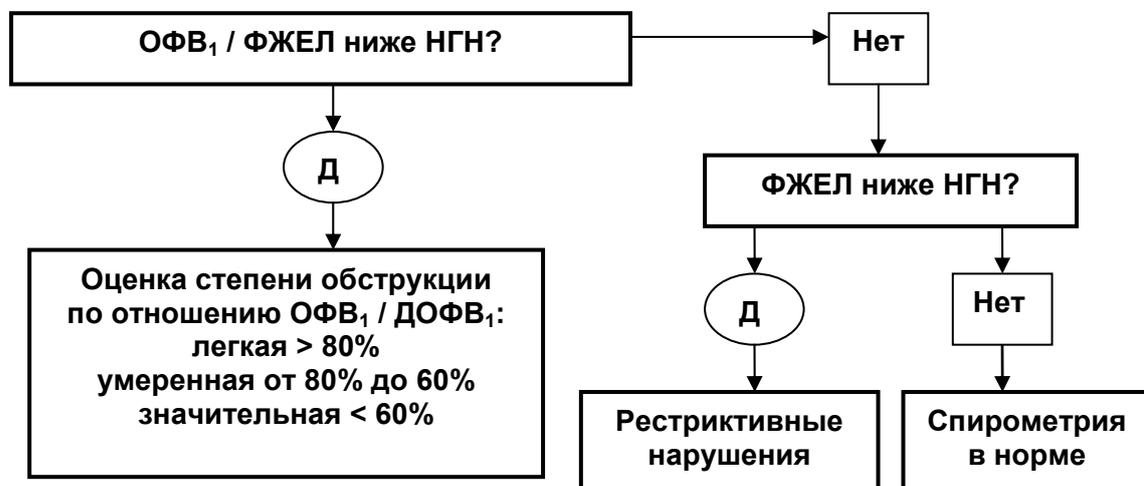


Рис. 1. Алгоритм интерпретации результатов спирометрии [7]

рия  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ ; в случае рестриктивного синдрома индикативным критерием принимается параметр ЖЕЛ.

Весьма детализирован алгоритм диагностического заключения (рис. 3) по результатам спирометрии [9]. В этом алгоритме стартовым критерием принят параметр  $ОФВ_1$ , а индикативными критериями служат параметры ЖЕЛ (или ФЖЕЛ),  $СОС_{200-1200}$  (средняя объёмная скорость выдоха первого литра ФЖЕЛ) и  $СОС_{25-75}$ ,  $СОС_{75-85}$  (средние объёмные скорости выдоха порций ФЖЕЛ от 25 % до 75 % и от 75 % до 85 % соответственно).

Для постановки диагноза «нормальная спирометрия» предусматриваются два пути перебора вариантов. Первый вариант: последовательность  $ОФВ_1 > 80\%$  нормы  $\rightarrow$  ЖЕЛ или ФЖЕЛ  $> 80\%$  нормы  $\rightarrow$   $СОС_{200-1200} > 75\%$  нормы  $\rightarrow$   $СОС_{25-75} > 75\%$  нормы  $\rightarrow$   $СОС_{75-85} > 75\%$  нормы. Второй вариант диагноза «нормальная спирометрия», допускающий  $ОФВ_1 < 80\%$  нормы при условии, что ЖЕЛ или ФЖЕЛ  $> 80\%$  нормы, вызывает сомнение. В этом варианте возможна неопределенность, поскольку величины ЖЕЛ и ФЖЕЛ имеют различную природу: если ЖЕЛ – статический объем, то ФЖЕЛ определяет динамику вентиляционных процессов и может быть существенно ниже нормы, даже если ЖЕЛ  $> 80\%$  нормы. Кроме того, в этой последовательности необходимо учитывать время, за которое в процессе

форсированного выдоха выдыхается объём 80 % ФЖЕЛ. Его можно рассчитать, используя параметр постоянной времени процесса форсированного выдоха  $\tau$  [1]:

$$\tau_i = -\frac{t_i}{\ln(1 - V_i/V_0)} \quad (1),$$

где  $t_i$  – текущее время процесса форсированного выдоха;

$V_i$  – объём, выдыхаемый к моменту времени  $t_i$  процесса;

$V_0$  – объём форсированного выдоха.

Для нашего случая  $V_i = ОФВ_1$ ;  $V_0 = ФЖЕЛ$ . Среднюю величину норматива  $ОФВ_1$  принимаем равной  $0,85 \cdot ФЖЕЛ$ , тогда 80 % от нормы ФЖЕЛ составляют  $0,68 \cdot ФЖЕЛ$ . Определяем  $\tau_1$  для  $ОФВ_1 \leq 0,68 \cdot ФЖЕЛ$ :

$$\tau_1 \geq -\frac{1}{\ln(1 - 0,68 V_0/V_0)} \quad (2).$$

Из (2) находим, что при  $ОФВ_1 \leq 0,68 \cdot ФЖЕЛ$ ,  $\tau_1 \geq 0,878$  с.

Величина  $t_i$ , соответствующая выдоху  $V_0 \geq 0,8 \cdot ФЖЕЛ$ :

$$t_i \leq -\tau_1 \cdot \ln(1 - \frac{V_i}{V_0}) = -\tau_1 \cdot \ln(1 - \frac{0,8 \cdot V_0}{V_0}) \quad (3).$$

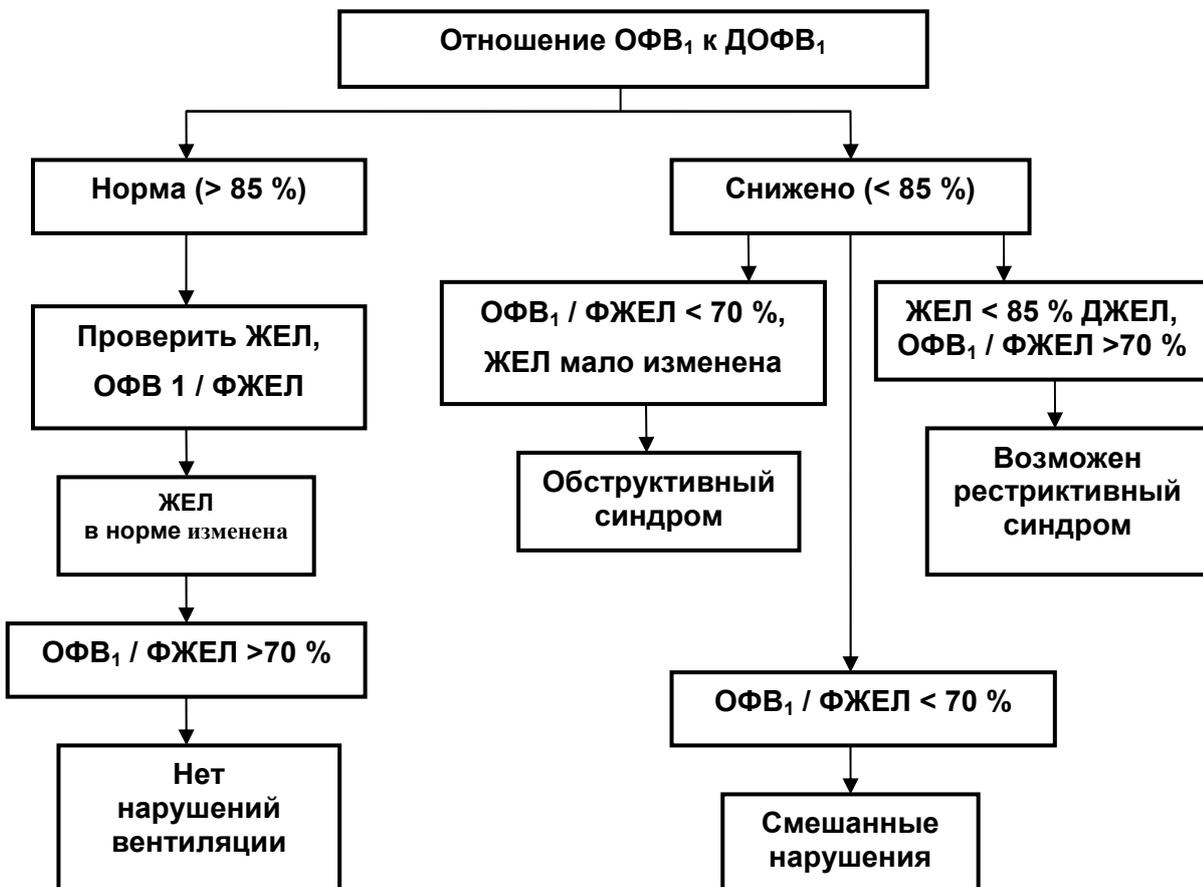


Рис. 2. Алгоритм оценки спирограммы [3]

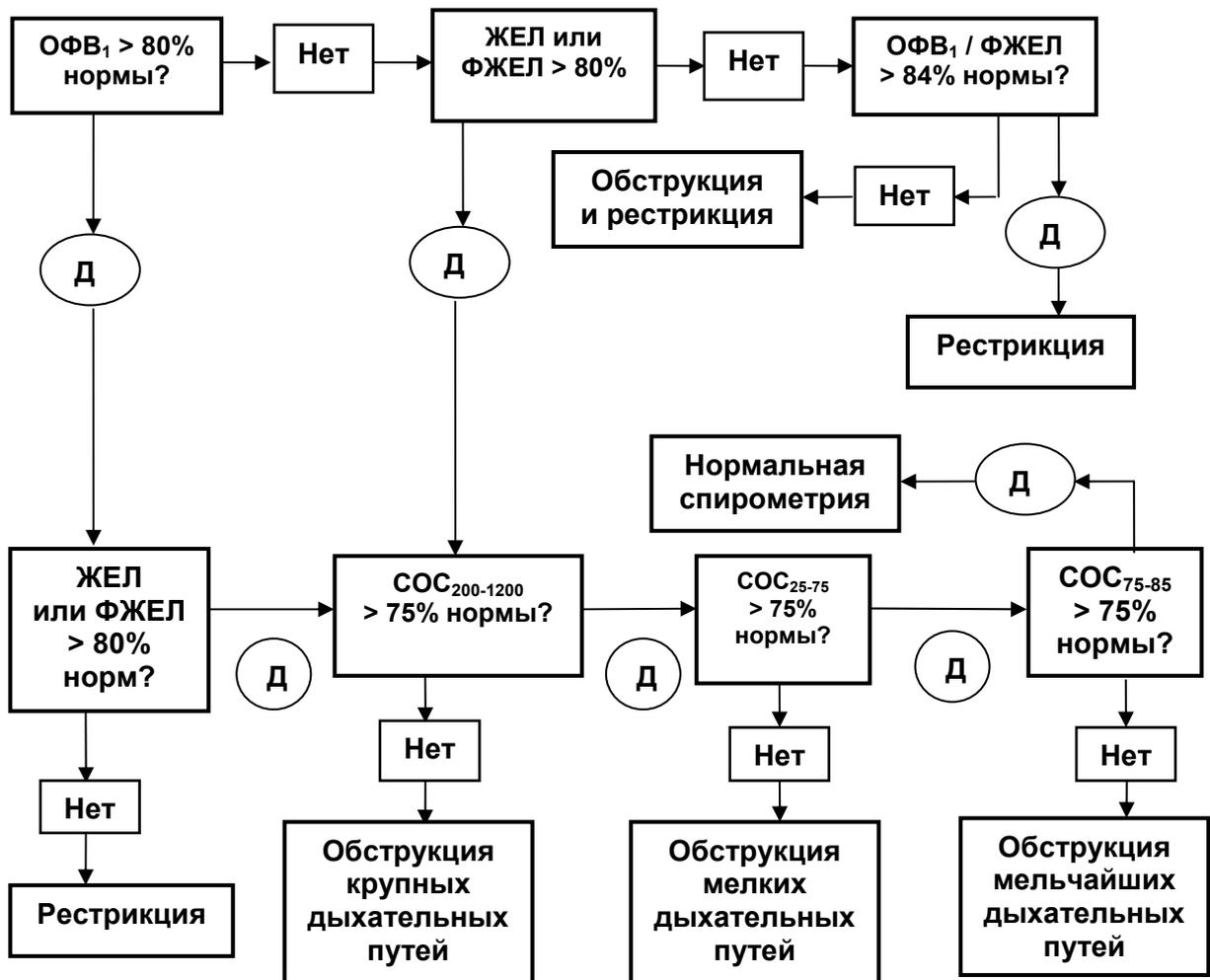


Рис. 3. Алгоритм интерпретации результатов спирометрии [9]

Из (3) определяем  $t_i \leq 1,413$  с. Эта величина должна служить дополнительным критерием правильности оценки состояния ВФЛ при использовании алгоритма. По определению, постоянная времени  $\tau$  определяет ход процесса форсированного выдоха, и в том случае, если сопротивление воздушных путей не возрастает в ходе процесса, постоянная времени не будет изменяться ( $\tau = const$ ). Однако если сопротивление воздушных путей возрастает в ходе процесса, то  $\tau$  также возрастает в его соответствующих фазах [1]. Следовательно, величина  $t_i$  также будет больше вычисленной величины. Таким образом, даже если ФЖЕЛ  $> 80\%$  нормы, но ее величина достигнута за время более, чем  $1,413$  с, то это свидетельствует об увеличении сопротивления воздушных путей в заключительной четверти форсированного выдоха и, следовательно, об обструктивных нарушениях мельчайших (а возможно – и мелких) дыхательных путей пациента.

Использование параметра  $СОС_{200-1200}$  при определении обструкции крупных дыхательных путей лишен целесообразности, т.к. не имеет конкретного физиологического смысла, как другие скоростные параметры, и может быть некорректным, например, для детей младшего возраста [8]. Дискуссионным является требование  $СОС_{25-75} >$

$75\%$  нормы и  $СОС_{75-85} > 75\%$  нормы. Обычно эти параметры считаются условно нормальными при величинах  $65\%$  и  $50\%$  нормы соответственно [4]. При условии  $ОФВ_1 < 80\%$  нормы, кроме проанализированного выше маловероятного диагноза «нормальная спирометрия», пациенту могут быть поставлены диагнозы «рестрикция», «обструкция» и «смешанные нарушения». Вариант  $ОФВ_1 < 80\%$  нормы  $\rightarrow$  ЖЕЛ или ФЖЕЛ  $< 80\%$  нормы  $\rightarrow$   $ОФВ_1/ФЖЕЛ > 84\%$  нормы диагностирует рестрикцию с вероятностью  $0,5$  [4]. Вариант  $ОФВ_1 > 80\%$  нормы  $\rightarrow$  ЖЕЛ или ФЖЕЛ  $< 80\%$  нормы обеспечивает вероятность выявления рестрикции на уровне  $0,27$  [4].

Следует отдать должное автору алгоритма, впервые предложившему максимально использовать параметры спирометрии. Такой алгоритм, с включением скоростных параметров, характеризующих состояние различных участков трахеобронхиального дерева [2], в принципе, дает возможность выявить локализацию возможных нарушений ВФЛ – от крупных до мельчайших дыхательных путей. Однако подход к критериям нормы и оценки отклонений от неё должен быть при этом более строгим.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ алгоритмов интерпретации спирометрии

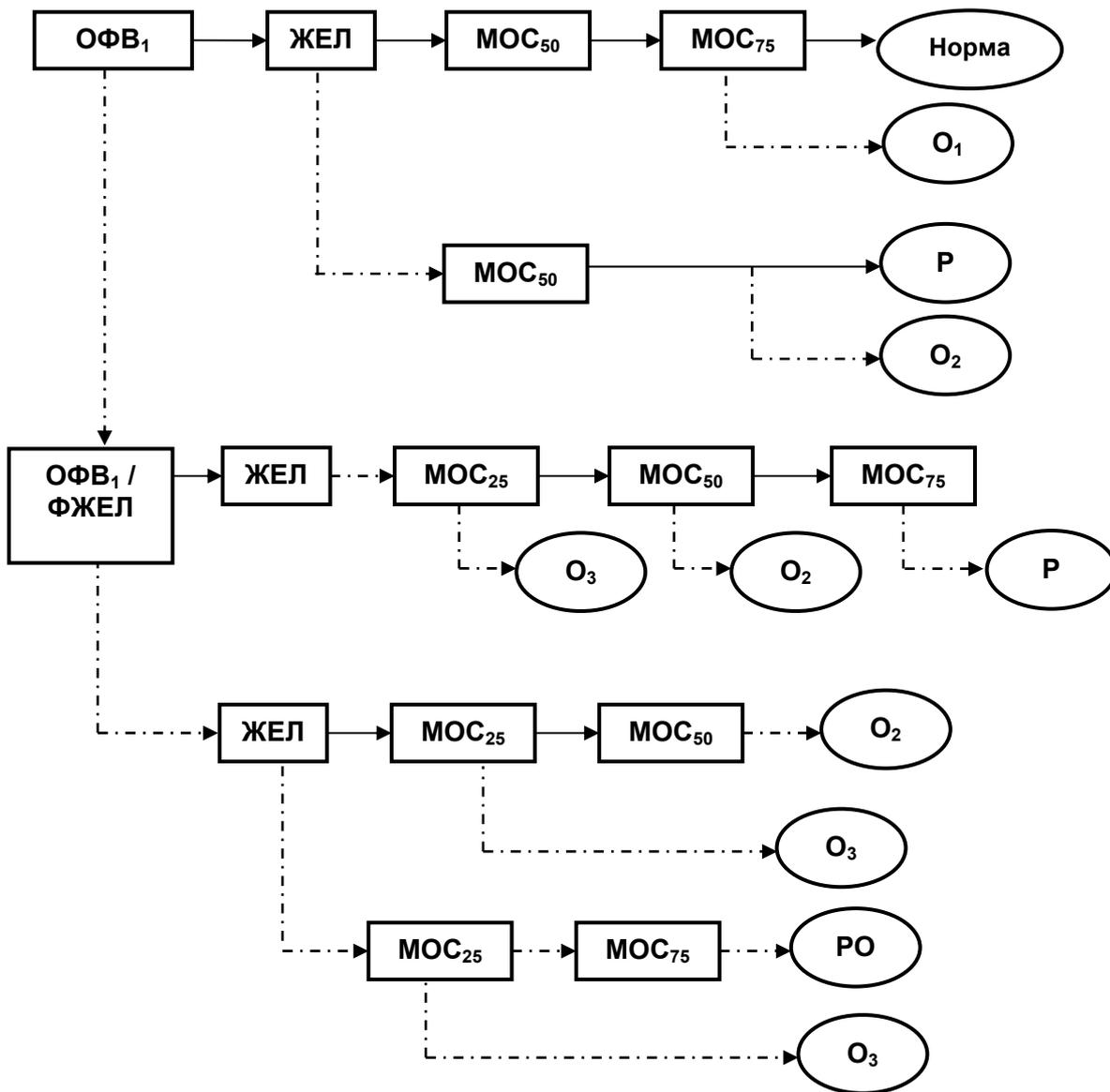


Рис. 4. Разработанный алгоритм интерпретации результатов спирометрии

и сформулированные нами принципы их построения, дают возможность разработать алгоритм, который в качестве индикативных критериев использует параметры объёмной скорости форсированного дыхания – максимальные объёмные скорости выдоха 25 %, 50 % и 75 % ФЖЕЛ (МОС<sub>25</sub>, МОС<sub>50</sub> и МОС<sub>75</sub>). Такой алгоритм (рис. 4) предоставляет возможность более детальной диагностики состояния ВФЛ, в частности – определения локализации обструктивных нарушений.

На схеме алгоритма соответствие параметра норме обозначено сплошными стрелками, а его снижение относительно нормы – штрих-пунктирными. Локализация обструктивных нарушений обозначена как О1 (крупные бронхи), О2 (средние бронхи) и О3 (мелкие бронхи); рестрикция обозначена как Р и смешанные нарушения – как РО.

**Выводы**

1. Структуру алгоритма интерпретации результатов спирометрического тестирования должны определять стартовый и индикативные критерии.

2. Алгоритм должен содержать в качестве индикативных критериев не только объёмные, но и скоростные параметры форсированного дыхания.

3. Алгоритмы, построенные по таким принципам, предоставляют возможность определять не только характер нарушений вентиляционной функции дыхания, но и их локализацию в отделах трахеобронхиального дерева лёгких.

**Перспективы дальнейших исследований.**

1. Разработка блока интерпретации результатов для прикладного программного обеспечения (ППО) спирометрии на основе предложенного алгоритма и набора систем нормативов спирометрических показателей. 2. Включение разработанного блока в ППО спирометрического комплекса «Pulmowind».

**Литература**

1. Лопата В.А. Диагностика состояния бронхиальной проходимости по динамике постоянной времени форсированного выдоха / В.А.Лопата

- та, А.А.Мухин // VI Всерос. конф. [«Биомеханика-2002»], Н.-Н: Тез. докл. 20-24.05.2002. – С. 79
2. Оценка функции лёгких при заболеваниях дыхательной системы / Под ред. Ковальского Я., Козёровского А., Радвана Л. – Варшава: Borgis, 2008. – 428 с.
  3. Стручков П.В. Введение в функциональную диагностику внешнего дыхания / П.В.Стручков, Р.С.Виницкая, И.А.Люкевич. – М.: Транс-сервис, 1996. – 72 с.
  4. Aaron S.D. How accurate is spirometry of predicting restrictive pulmonary impairment? / S.D.Aaron, R.E.Dales, P.Cardinale // Chest. – 1999. – Vol. 115, № 3. – P. 869-873.
  5. Comparison of fixed percentage method and lower confidence limits for defining limits of normality for interpretation of spirometry / A.N.Aggarwal, D.Gupta, D.Behera [et al.] // Respiratory care. – 2006. – Vol. 51, № 7. – P. 737-743.
  6. Boros P. Zasady interpretacji wyników badania spirometrycznego / P.Boros, M.Franczuk, S.Wesołowski // Pneumonol. i alergol. Polska. – 2006. – Vol. 74, suppl. 1. – P. 21-38.
  7. Burton D. Spirometer users' and buyers. guide / D.Burton, D.P.Johns, M.Swanney. – RFT 084 / 0304, Australian Department of Health and Ageing, 2005. – 30 p.
  8. Standardization of spirometry / M.R.Miller, J.Hankinson, V.Brusasco [et al.] // Eur. Respir. J. – 2005. – Vol. 26. – P. 319-338.
  9. Morris J.F. Spirometry in the evaluation of pulmonary function / J.F. Morris // West. J. Med. – 1976. – Vol. 125. – P. 110-118.

### АЛГОРИТМ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ СПІРОМЕТРИЧНОГО ТЕСТУВАННЯ

*В.О.Лопата, І.С.М'ясний, Ю.С.Сінекоп, М.А.-А. Ель Шебах*

**Резюме.** Проаналізовані алгоритми інтерпретації результатів спірометричного тестування. На основі аналізу розроблено алгоритм, який включає до своєї структури швидкісні параметри спірометрії.

**Ключові слова:** спірометрія, алгоритм інтерпретації.

### ALGORITHM FOR AN INTERPRETATION OF SPIROMETRIC TESTING RESULTS

*V.A.Lopata, I.S.Myasny, Yu.S.Sinekop, M.A.-A. El Shebbakh*

**Abstract.** Algorithms of interpreting the spirometric testing results have been analyzed. On the basis of this analysis a new algorithm has been designed with the inclusion of flow rate spirometric parameters in its structure.

**Key words:** spirometry, interpretation algorithm.

Institute of Physiology named after A.A.Bogomolets of NASU (Kyiv)  
The Center of Pulmonology, Allergology and Clinical Immunology of the "Pheophania" Clinical Hospital (Kyiv)  
NTI of Ukraine "Kyiv Polytechnical Institute" (Kyiv)

Рецензент – проф. Г.І.Ходоровський

Buk. Med. Herald. – 2011. – Vol. 15, № 3 (59). – P. 213-217

Надійшла до редакції 14.06.2011 року

© В.А.Лопата, І.С.М'ясний, Ю.С.Сінекоп, М.А.-А.Ель Шебах, 2011

УДК 615.471.036:616

*В.А.Лопата, Т.В.Серебровская*

### ГИПОКСИКАТОРЫ: ОБЗОР ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ И КОНСТРУКЦИЙ

Институт физиологии им. А.А.Богомольца НАНУ, г. Киев

**Резюме.** На основе классификации гипоксикаторов по принципу действия выполнен обзор их конструкций, обобщены медико-технические требования и обозначены перспективы развития и совершенствования методов интервальной гипоксической тренировки.

**Ключевые слова:** гипоксикатор, интервальная гипоксическая тренировка.

Широкое распространение в медицинской практике методики интервальной гипоксической тренировки (ИГТ) [1, 2, 4, 6, 9, 27] обусловило активную разработку специальных устройств

для проведения ИГТ – гипоксикаторов, предназначенных для формирования и подачи пациенту газовой гипоксической смеси (ГГС) контролируемого состава. Разнообразию принципиальных и

© В.А.Лопата, Т.В.Серебровская, 2011