

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПЕДИАТРИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ

Г.А.Новик, А.В.Боричев

**СПИРОМЕТРИЯ И ПИКФЛОУМЕТРИЯ ПРИ
БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЕ У ДЕТЕЙ
(практика оценки и мониторинга)**

Учебное пособие

под редакцией з.д.н.РФ, профессора И.М.Воронцова

Санкт-Петербург

2005

1

УДК 616.248-053.2/.6-073.173

ББК 54.12

Н-72

Новик Г.А., Боричев А.В. Спирометрия и пикфлоуметрия при бронхиальной астме у детей. Учебное пособие составлены под редакцией заслуженного деятеля науки РФ, д.м.н., профессора И.М.Воронцова – СПб.: Издание ГПМА, 2005, – 68 с.

В пособие освещены современные данные о широко используемых в клинической практике методах функциональной оценки дыхательной системы. Подробно описана спирометрия с указанием основных показателей, отражающих состояние дыхательных путей. Приведена упрощенная модель дыхательной системы, позволяющая более глубоко представить основы патофизиологии обструктивных заболеваний лёгких. Подробно описана методика проведения спирографического исследования, широко используемая в клинике.

Особое внимание уделено пикфлоуметрическому исследованию – основному методу контроля эффективности проводимой терапии у больных бронхиальной астмой. Наряду с достаточно известной стандартной методикой пикфлоуметрического контроля в учебном пособии представлены данные о методе дыхательного мониторинга, существенно улучшающего наши диагностические возможности. Особое внимание следует обратить на уникальную модель несинусоидальной аппроксимации пикфлоуметрических показателей.

Учебное пособие могут быть рекомендованы к использованию в учебном процессе в высших учебных медицинских заведениях РФ и предназначены для студентов, врачей и аллергологов.

Рецензент заведующий кафедрой детских болезней Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им.акад. И.П.Павлова, доктор медицинских наук, профессор Ю.К.Москвичев.

Рецензент заведующий кафедрой педиатрии №3 с курсом неонатологии Санкт-Петербургской медицинской академии последипломного образования, доктор медицинских наук, профессор Ф.П.Романюк.

Утверждено Центральным учебно-методическим советом Академии

I. Спирометрия

Спирометрия – наиболее важный способ оценки легочной функции. При проведении спирометрии пациент совершает ряд дыхательных маневров, вдыхая и выдыхая с определенной силой. В дальнейшем проводят математический анализ полученных данных, рассчитывая их по кривой объем-время, поток-объем, скорость-объем, максимальный поток-статическая отдача и т.д. Наибольшее клиническое значение имеет анализ данных, полученных при форсированном выдохе. *Спирография* – метод графического отображения изменений легочных объемов во временном интервале в процессе выполнения определенных дыхательных маневров.

В течение многих лет применялись спирометры самой простой системы, измерявшие объем легких с использованием закрытого контура, в которых дыхание осуществляется в замкнутом объеме (рис. 1).

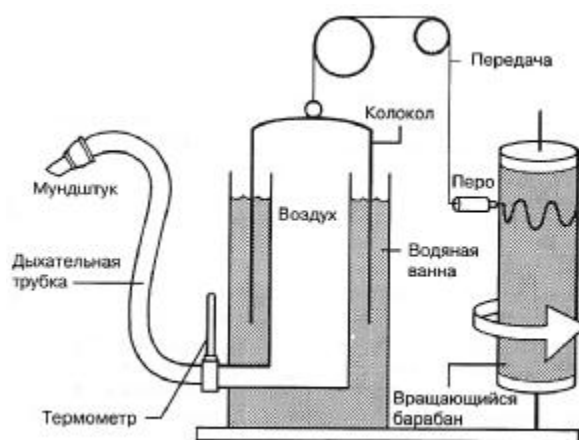


Рис. 1. Водяной спирометр. Наполненный воздухом цилиндр, погруженный в сосуд с водой, соединен с вращающимся барабаном, на котором записываются показания спирометра. Барабан вращается с определенной скоростью, бумага на барабане калибрована, что позволяет измерять изменения объема легких и скорость потока воздуха (Гриппи М.А., 1997).

Пациент дышит в камеру, которая представляет собой подвижный цилиндр, погруженный в ёмкость с водой. Изменения объема легких регистрируются по изменению объема цилиндра, соединенного с откалиброванным вращающимся барабаном. В спирографах открытого типа (пациент дышит обычным воздухом помещения, в котором проводится исследование) используется пневмотахограф, представляющий собой трубку с искусственно моделируемым сопротивлением, соединенным с обеих сторон с монометром, регистрирующим давление. Больной совершает дыхательные маневры в виде резкого выдоха в трубку и вдоха из трубки. Полученные показатели ПТМ (пневмотахометрии) вдоха и выдоха могут оцениваться с помощью стандартных нормативов. Снижение показателя ПТМ вы-

доха более чем на 20% от нормы свидетельствует о наличии обструктивных изменений. Сопротивление в современных пневмотахографов организуется по системе Флейша (в виде параллельных пластин) или по системе Лилли (в виде сетки). В отечественных спирографах РИД в пневмотахографической трубке используется датчик типа турбины.

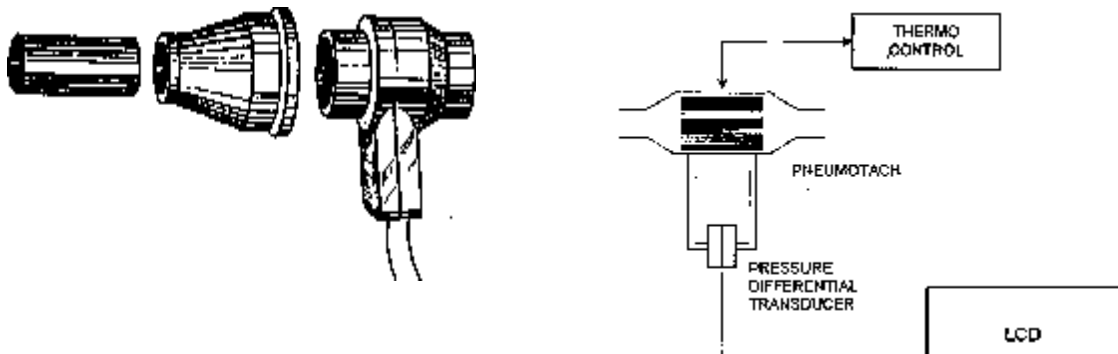


Рис. 2 Схема современного пневмотахографа с трубкой Флейша.

Основным показателем спирометрии является *жизненная емкость легких* (ЖЕЛ; VC), представляющая собой максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть (инспираторная VC) или выдохнуть (экспираторная VC). В большинстве современных приборов используют анализ VC на выдохе, считая его более информативным по сравнению с показателем VC вдоха. Чтобы измерить VC, пациент сначала выполняет обычные дыхательные движения, а затем после полного выдоха делает максимально глубокий вдох.

Некоторое количество воздуха остается в легких даже после максимального экспираторного выдоха. Этот объем называют *остаточным объемом* (ОО; RV). Сумма жизненной емкости и остаточного объема дает *общую емкость легких* (ОЕЛ; TLC). Остаточный объем нельзя определить с помощью одной спирометрии. Для этого требуется проведение дополнительных измерений объема легких (метод разведения гелия, бодиплетизмография).

При использовании водяного спирометра после выполнения обычных дыхательных маневров вдоха и выдоха, обследуемый должен глубоко вдохнуть, затем задержать дыхание на несколько секунд и максимально выдохнуть. При этом выдох должен быть форсированный и максимально длительный. С помощью данных, отложенных по вертикальной оси, представляющих объем (VC), и данных по горизонтальной оси, показывающих отсчет времени, рассчитывается объемная скорость воздушного потока (объем/время).

Типичная спирограмма, полученная таким способом, показана на рис.3. Объем легких на вершине спирограммы — TLC. По мере того, как пациент выдыхает, регистрируется кривая, которая постепенно уплощается при приближении к концу выдоха, т. е. к уровню остаточного объема легких. По полученной кривой рассчитывают ряд вторичных показателей.

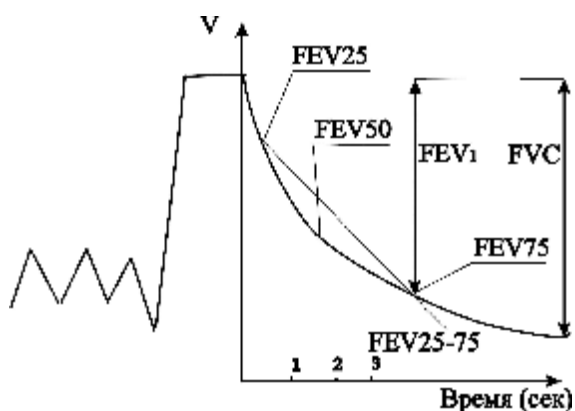


Рис. 3. Спирометрические измерения, полученные в процессе форсированного выдоха (FVC, ФЖЕЛ – форсированная жизненная ёмкость лёгких). Объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ₁, FEV₁) – количество воздуха, выдохнутого за первую секунду. FEV₂₅, (МОС₂₅) – максимальная объёмная скорость в точке 25% FVC. FEV₅₀(МОС₅₀) – максимальная объёмная скорость в точке 50% FVC. FEV₇₅(МОС₇₅) – максимальная объёмная скорость в точке 75% FVC. FEV₂₅₋₇₅, (СОС₂₅₋₇₅) – средняя объёмная скорость на участке от 25% FVC до 75% FVC.

1.2. Петля поток—объем

В настоящее время водяной спирометр был вытеснен электронными приборами, которые позволяют более точно измерить инспираторный и экспираторный потоки. Чтобы понять отношение между объёмной скоростью воздушного потока и объемом легких, необходимо проанализировать *петлю поток-объем*. Петля поток-объем представляет собой график зависимости объёмной скорости потока от объема легких (рис.4).

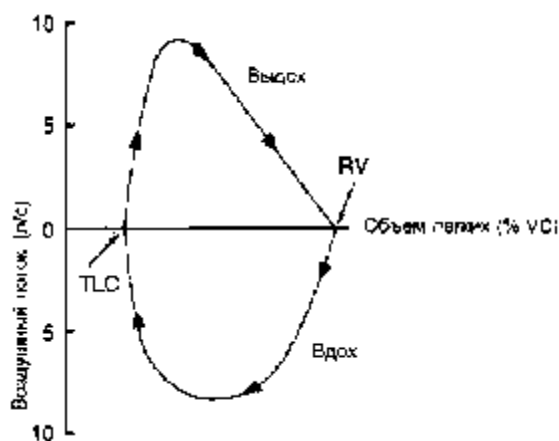


Рис.4. Петля поток-объем. Петля представляет собой график максимальных объёмных скоростей потока воздуха на выдохе и вдохе как функции объема легких (TLC – общая ёмкость лёгких, RV – остаточный объём лёгких). (Гриппи М.А.,1997).

Петля состоит из двух половин – экспираторной, представляющей максимальное усилие выдоха от уровня TLC до уровня RV (*экспираторная жизненная емкость*), и ин-

спираторной, представляющей максимальное усилие вдоха из прежде достигнутого положения RV назад к TLC (*инспираторная жизненная емкость*). Несколько кривых может быть получено, если предложить пациенту выдыхать и вдыхать воздух с разными усилиями, как показано на рис.5.

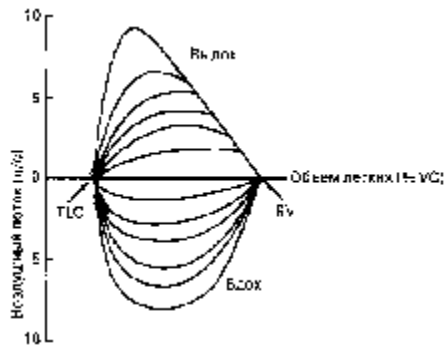


Рис.5. Петли поток-объем, полученные при выполнении с различным усилием инспираторного и экспираторного маневров, при объемах лёгких между RV и TLC (Гриппи М.А.,1997).

Для объяснения особенностей формирования петли поток-объем при различных патологических процессах в легких целесообразно рассмотреть упрощенную модель дыхательной системы.

1.3. Модель дыхательной системы

Модель дыхательной системы представлена в виде схемы, где паренхима легких обозначается эластическим шаром, а трахеобронхиальное дерево – ригидной трубкой (см. рис. 6-1; 6-2 и 6-3 А,В,С,Д,Е). Воздухоносные пути открыты в атмосферу. Эластический шар и проксимальные три четверти трубки прикрыты расширяющимся кожухом (грудная клетка).

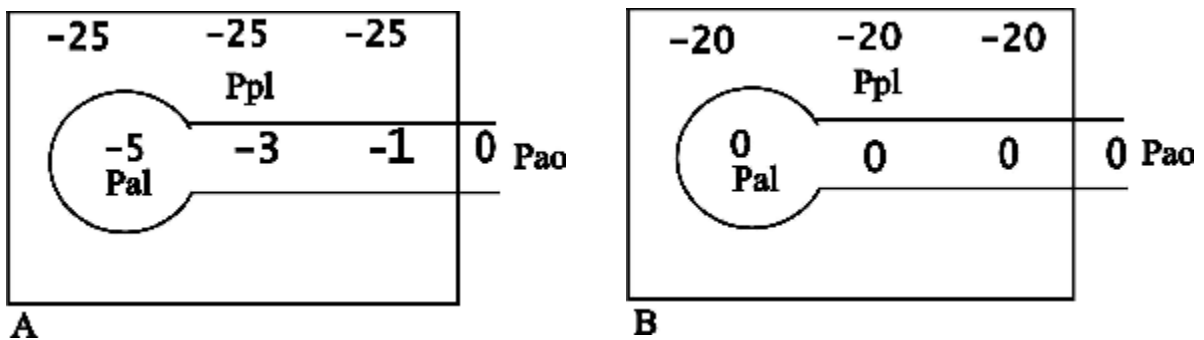


Рис.6-1. Упрощенная модель дыхательной системы для анализа отношений давление, поток и объем легких.

У здорового человека при форсированном вдохе альвеолярное давление (-5 см. вод. столба) ниже атмосферного, так как оно представляет собой алгебраическую сумму внутриплеврального давления (-25 см. вод. столба) и давления эластической ретракции легких ($P_{el} = +20$ см. вод. столба) (А). От альвеол к полости рта происходит постепенное уменьшение перепада давления до нуля. В конце вдоха давление эластической ретракции легких уравнивается плевральным давлением ($P_{pl} = -20$ см вод. ст., вследствие чего альвеолярное давление (P_{al}) равно нулю (В). Поскольку P_{al} в этих условиях равно атмосферному давлению (или давлению в полости рта, P_{ao}) градиент давления, необходимый для потока воздуха отсутствует.

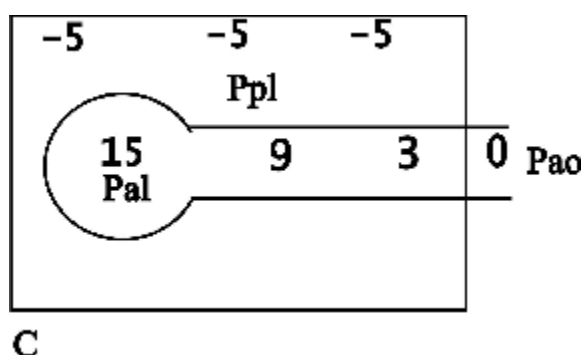


Рис.6-2. Упрощенная модель дыхательной системы для анализа отношений давление, поток и объём легких.

На рис.6-2С представлена система во время спокойного выдоха. Расслабление инспираторных мышц позволяет давлению эластической ретракции лёгких преодолеть P_{pl} . В результате $P_{al} = +15$ см вод.столба ($P_{al} = P_{el} + P_{pl} = (+20) + (-5) = +15$) и градиент давления $+15$ см. вод. ст, необходимый для потока воздуха на выдохе. При форсированном выдохе у здорового (рис.2-3D) альвеолярное давление повышается до 45 см.водн.столба. Активное сокращение мышц выдоха создает положительное P_{pl} ($+25$ см. вод. ст.), которое суммируется с давлением эластической ретракции лёгких ($+20$ см вод. ст.), обеспечивая большое P_{al} ($+45$ см вод, ст.). Градиент давления, необходимый для экспираторного потока воздуха, составляет $+15$ см вод, столба.

Во время выдоха давление в эластическом шаре, P_{al} , превышает P_{pl} на величину P_{el} (т. е. $P_{al} = P_{el} + P_{pl}$). Так как P_{pl} пропорционально дыхательному усилию, то P_{al} изменяется на ту же самую величину. В итоге, разница $P_{al} - P_{pl}$ остается постоянной и равной P_{el} (при постоянном объеме шара). Следовательно, где-то по ходу трубки должна возникнуть точка, в которой падение движущего давления эквивалентно величине P_{el} .

Трансмуральное давление в этой точке то есть разница давлений снаружи и внутри трубки равно нулю. Дальнейшее падение движущего давления по мере движения потока воздуха наружу (в направлении входа в дыхательные пути) приводит к тому, что трансмуральное давление становится отрицательным. Если коллабируемый сегмент по ходу потока расположен позади точки, в которой давление внутри трубки и плевральное равны (*точка равного давления*), то отрицательное трансмуральное давление сужает этот сегмент и скорость воздушного потока падает. Однако полного спадения трубки не происходит, так как общая окклюзия вновь повышает интрамуральное давление до уровня альвеолярного в точке, расположенной проксимальнее коллабируемого сегмента. В результате этого сегмент вновь расширяется, поскольку P_{al} на выдохе всегда превосходит P_{pl} на вдохе, а трансмуральное давление снова становится положительным (давление внутри трубки больше, чем снаружи).

Суммарный результат взаимодействия этих сил представляет собой *резистор Старлинга*, систему, в которой коллабируемый сегмент, критически сужаясь, лимитирует поток. В условиях, преобладающих в резисторе Старлинга, критическим градиентом давления, определяющим поток, является $P_{al} - P_{pl}$, а не $P_{al} - P_{ao}$. Кроме того, поскольку P_{al} растет с увеличением P_{pl} (P_{el} остается постоянным при фиксированном объеме легких), движущее давление для потока, $P_{al} - P_{pl}$, не меняется, несмотря на рост градиента $P_{al} - P_{ao}$. Исходя из этого, экспираторный поток при постоянном сопротивлении остается стабильным, несмотря на рост P_{pl} (увеличение затрачиваемого усилия).

Как можно предположить, с уменьшением объема легких, т. е. с уменьшением их растяжения, эффективное движущее давление, P_{el} , также уменьшается. В итоге, точка равного давления начинает перемещаться к альвеолам. При больших объемах легких точка равного давления лежит в крупных ригидных дыхательных путях таких как трахея, главные и долевые бронхи. Поскольку эти дыхательные пути не подвержены коллапсу, экспираторный поток не ограничивается. Это обстоятельство объясняет зависимость потока от прилагаемого усилия на графике поток-объем (рис. 6-3). С другой стороны, при малых объемах легких, когда точка равного давления располагается ближе к альвеолам, в коллабируемых дыхательных путях, лишенных хрящей, развивается эффект резистора Старлинга, и дальнейший рост усилия больше не дает увеличения экспираторного потока. Поток перестает зависеть от усилия.

Меньшие по диаметру периферические дыхательные пути во время выдоха подвергаются компрессии, становясь постепенно все более узкими по мере того, как объём

легких приближается к остаточному. Это приводит к снижению потока при малых объёмах легких и к закрытию мелких воздухоносных путей. При патологических изменениях мелких дыхательных путей этот эффект усиливается. В итоге мелкие воздухоносные пути сужаются и закрываются в более ранние фазы выдоха.

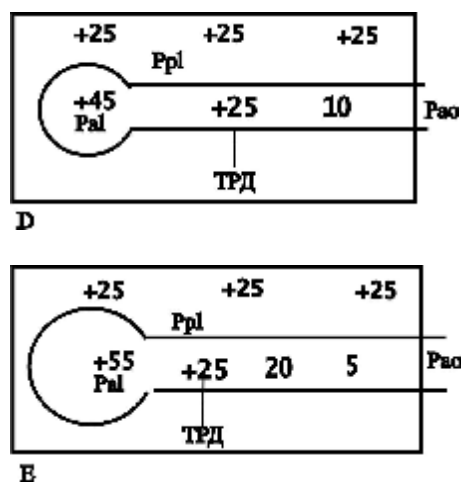


Рис.6-3. Упрощенная модель дыхательной системы для анализа отношений давление, поток и объём легких.

У больного бронхиальной астмой (рис. 6-3Б) при форсированном выдохе ТРД сдвигается к альвеолам и воздухоносные пути спадаются на большем протяжении. Этому способствует увеличение эластической ретракции растянутых альвеол (+30 см. водн. ст.) при одновременном увеличении сопротивления мелких воздухоносных путей. При обструкции коллапс происходит при большем объёме легких и большая часть воздуха задерживается.

Если при повышенном сопротивлении бронхов частота дыхания увеличивается, то происходит сжатие альвеолярного газа вследствие клапанного сдавления бронхов с образованием «газовой ловушки». При возникновении одышки у ребенка альвеолярный воздух создаёт дополнительное препятствие, что приводит к частому и поверхностному дыханию. Учитывая анатомо-физиологические особенности легких у детей (узость бронхов, большая податливость стенок, эластичность грудной клетки и т.д.) происходящие изменения выражены в большей степени, чем у взрослых.

1.4. Процедура оценки функции дыхательной системы с помощью кривой поток-объём

Объективную оценку нарушений функции внешнего дыхания можно получить, используя динамическую спирометрию, оценивающую отношение «поток-объём». Техника проведения обследования выглядит следующим образом.

Вначале пациента просят дышать спокойно и ровно. На следующем этапе обследуемый делает максимально глубокий вдох. На графике (рис.7-1) появляется кривая, характеризующая инспираторный поток (А,Е,В). Объем легких в точке максимального вдоха (точка В) и есть TLC. Вслед за этим обследуемый совершает максимальный выдох. Выдох должен быть форсированным и под конец несколько растянут во времени (FVC) (кривая ВСДА). Пиковая скорость выдоха представлена начальной частью кривой (точка С). Затем объемная скорость потока убывает (точка D), и кривая возвращается к ее исходной позиции (точка А). Исходя из этого, петля поток-объем описывает отношение между объемной скоростью воздушного потока и объемом легких на протяжении вдоха и выдоха. Она содержит те же самые сведения, что и простая спирограмма, полученная с помощью водяного спирометра. Однако с помощью этой петли дополнительно рассчитываются ряд важных показателей.

Графики форсированного вдоха и выдоха заметно отличаются друг от друга. Воздушный поток во время вдоха в определенной степени симметричен: его наивысшая скорость достигается приблизительно в средней точке кривой. Эта точка называется максимальной объемной скоростью вдоха при 50 % жизненной емкости легких (MIF50).

В противоположность этому, максимальная объемная скорость экспираторного воздушного потока — пиковая скорость выдоха (ПОС; PEF) — наблюдается вначале графического изображения форсированного выдоха.

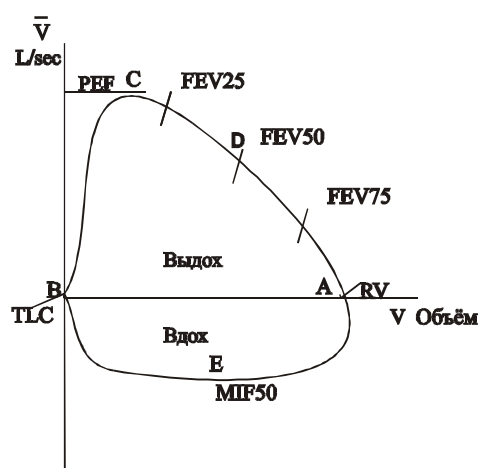


Рис. 7-1. Нормальная петля поток-объем. Вдох начинается в точке А, выдох в точке В. Пиковая скорость выдоха (PEF) в точке С. Максимальный инспираторный поток в середине жизненной ёмкости вдоха (MIF50) соответствует точке Е, в то время как максимальная объемная скорость в начале, середине и в конце выдоха (соответственно FEV25,50,75).

Объемная скорость потока падает линейно вплоть до окончания выдоха. Обычно $MF'50$, в 1,5 раза больше $FEV50$ – поскольку увеличение сопротивления дыхательных путей во время выдоха ограничивает экспираторный поток.

Хотя петля поток-объем содержит в основном ту же информацию, что и простая спирограмма, наглядность отношения между потоком и объемом позволяет более глубоко изучить функциональные характеристики воздухоносных путей.

Для большинства здоровых детей форма кривой напоминает треугольник. При появлении признаков бронхиальной обструкции происходит отклонение вершины условного треугольника вправо и провисание кривой сразу после достижения пиковых значений (рис. 7-2, 7-3).



Рис. 7-2. Кривые поток-объем у здоровых и больных бронхиальной астмой.

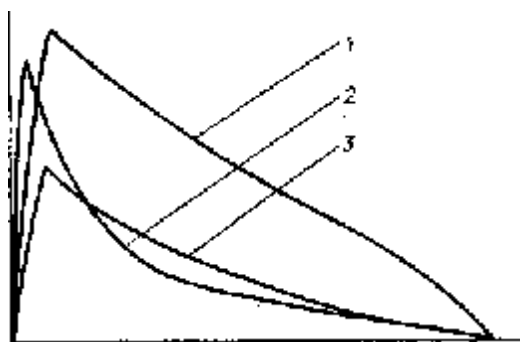


Рис. 7-3. Кривые поток-объем у здоровых (1) и больных бронхиальной астмой с умеренной (2) и выраженной обструкцией (3).

По имеющейся кривой поток-объем рассчитывается ряд вторичных показателей, позволяющий оценить функциональное состояние дыхательных путей.

PULMONARY FUNCTION TEST REPORT
Ver 3.0

TESTED BY : _____

DATE : 01/02/04
NAME : BRUBRICH
PT. NO. : 5155 TEMP. : 36.1°C
AGE : 8 YRS EARL PRFR : 760 mmHg
HEIGHT : 103 cm FACE HD. : 1.02 %
WEIGHT : 25 kg RACE : WHITE
SEX : MALE Pred. : PUNLSON

** INDICATIONS **	ACT	PRED	%PRED
FVC(L)	1.99	1.96	101
FEV1(L)	0.79	---	---
IRV(L)	0.72	---	---
TLC(L)	0.45	---	---
FRC(L)	1.95	1.86	104
FEV1.5(L)	1.40	1.13	123
FEV1(L)	1.00	1.04	109
FEV0.5(L)	1.95	---	---
FEV1/FVC(%)	72.3	90.0	102
FEV0.5/FVC(%)	100.0	---	---
FEF25-75(L/S)	2.97	---	---
FEF25-75(L/S)	2.16	2.21	107
FEF75-95(L/S)	0.37	---	---
BEST FVC(L)	1.98	1.86	104
BEST FEV1(L)	1.00	1.04	109
EX TIME(SEC)	2.02	---	---
U AXI(L)	0.38	---	---
FIM(L)	---	---	---
FIU.5(L)	---	---	---
FEV1.5/FV0.5	---	---	---
FEF(L/S)	4.25	3.25	130
FEF25(L/S)	4.13	3.09	133
FEF50(L/S)	2.55	2.29	111
FEF75(L/S)	1.95	1.12	52
PTE(L/S)	---	---	---
P1F50(L/S)	---	---	---
FEF50%:FEF50%	---	---	---

NOTE: LITERS EXAPROCED DTAG,
VC : #1 test: 1 accepted.
FVC : #1 test: 1 accepted.

----- INTERPRETATION: DIAG -----

RESTRICTIVE	NORMAL	75% (FEV1/FVC)
COMBINED	OBSTRUCTIVE	80% (FID)

UNCONFIRMED REPORT MUST BE REVIEWED
BY PHYSICIAN.

REVIEWED BY: _____ DATE: _____

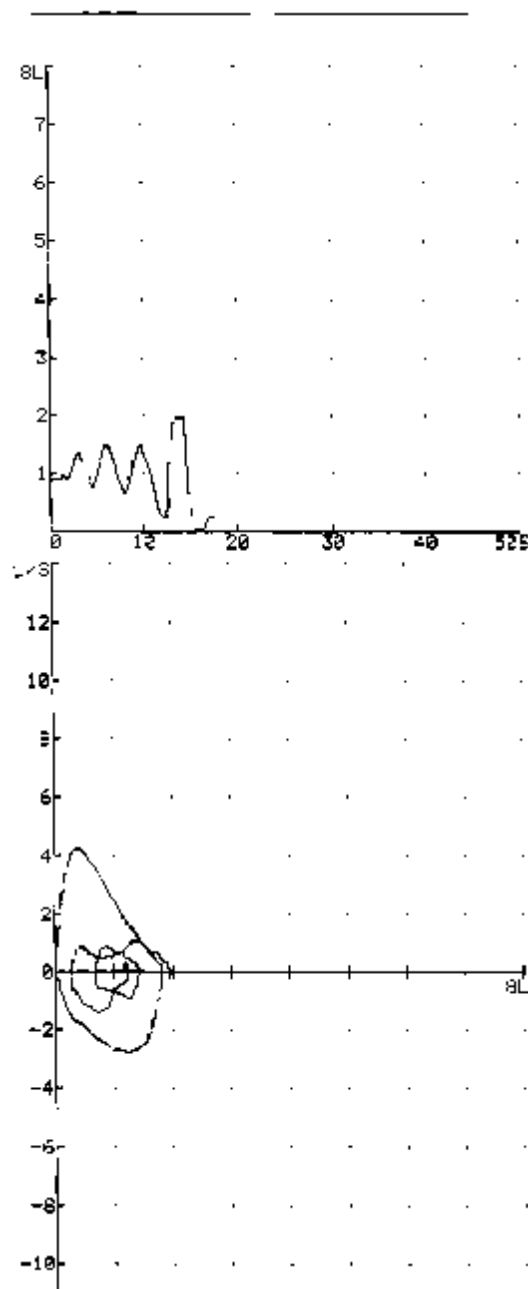


Рис. 8. Результаты спирографического обследования больного X.

1. VC- (vital capacity)- ЖЕЛ -жизненная емкость легких, л.

ЖЕЛ — это изменения объема легких в диапазоне от полного вдоха до полного выдоха. Определяться она может двумя способами. Для измерения ЖЕЛ вдоха (ЖЕЛвд) пациенту предлагается сначала от уровня спокойного дыхания выполнить полный глубокий выдох, а затем — полный глубокий вдох.

ЖЕЛ выдоха (ЖЕЛвыд) выполняется в обратном порядке: сначала от уровня спокойного дыхания проводится полный глубокий вдох, а затем — полный глубокий выдох. У больных с обструктивной патологией легких может происходить ограничение даже спокойного выдоха, поэтому ЖЕЛвыд может быть меньше ЖЕЛвд на 0,5 л. Кроме того, при осуществлении полного глубокого выдоха от уровня максимально полного вдоха поток воздуха оказывается у больных с обструктивной патологией легких выше, чем при форсированном выдохе, что в условиях автоматизированной обработки показателей затрудняет получение истинных значений потоков форсированного выдоха. Поэтому предпочтительнее у больных определять ЖЕЛвд. Проведению всех маневров предшествует установочное, спокойное дыхание через загубник около 10-15 сек. При выполнении этих маневров обращается внимание на полноту вдоха и выдоха, время выполнения маневров не ограничивается. В современных компьютерных спирографах в расчет автоматически выбирается наибольшее значение ЖЕЛ из трех правильно выполненных маневров. Каждый последующий маневр не должен отличаться от выбранного больше, чем на 0,3 л. Общее количество выполненных маневров не ограничивается.

2. FVC- (forced vital capacity) ФЖЕЛ- форсированная жизненная емкость легких, л.

Показатель характеризует максимальное количество воздуха, выдыхаемое форсированно после максимально глубокого вдоха.

Также сначала производится полный глубокий вдох, а затем – полный глубокий выдох, но с максимальным усилием, которое должно быть достигнуто в начале маневра и поддерживаться на всем его протяжении. Обращается внимание на полноту выдоха и нежелательность кашля. Правильность выполнения маневра лучше прослеживается при регистрации отношений поток — объем в процессе маневра. Так, максимальный поток должен достигаться до выдоха 20% ФЖЕЛ, а затем по мере выполнения маневра поток прогрессивно уменьшается. Если усилие развивается не в начале маневра, а позже, то характерной треугольной формы записи не получается, а имеет место кривая, близкая к синусоиде. Несоблюдение правильного выполнения маневра приводит к тому, что происходит завышение потоков второй половины ФЖЕЛ. Современные компью-

терные спирографы оценивают качество проведенного маневра автоматически и при неправильно выполненном действии попытка не засчитывается. Хотя и при визуальном контроле каждой попытки выполнения ФЖЕЛ сразу выявляется дефект маневра, выполняемого пациентом.

VC и FVC — важнейшие показатели. При отсутствии изменений в дыхательных путях VC и FVC примерно одинаковые. В случае формирования обструкции у больного показатель FVC существенно ниже VC. При наличии рестрикции в первую очередь будет снижаться показатель VC.

3. FEV1 – forced expiratory volume per 1 second – ОФВ1 – форсированная жизненная емкость за 1 сек. или объём форсированного выдоха за 1 сек., л.

Это та часть форсированной ЖЕЛ, которая выдыхается за первую секунду. При обструктивных изменениях этот показатель снижается.

В некоторых компьютерных спирографах нередко рассчитывается и показатель FEV3 и FEV5- соответственно объём форсированного выдоха за 3 и 5 секунд выполняемого манёвра форсированного выдоха. Но эти показатели имеют важное значение при анализе спирограммы у взрослых, так как форсированный выдох у них продолжается дольше, чем у детей.

4. Индекс Тиффно – это отношение объёма форсированного выдоха за 1 сек. к жизненной ёмкости лёгких, выраженное в процентах и рассчитывается по формуле:

$$FEV1/VC \times 100$$

Подобный показатель и индекс Генслера, который представляет собой отношение ОФВ1 к форсированной ЖЕЛ, выраженный в процентах:

$$FEV1/FVC \times 100$$

В некоторых компьютерных спирографах заложен и индекс, рассчитываемый по отношению ОФВ3 к форсированной ЖЕЛ выраженный в процентах:

$$FEV3/FVC \times 100$$

5. PEF, или PEFR- peak expiratory flow – пиковая или максимальная скорость форсированного выдоха (ПСВ), л/с или л/мин.

Подобный показатель измеряет и портативные домашние пикфлоуметры, так как при снижении показателя позволяет предположить наличие обструктивных изменений.

6. MEF₇₅₋₂₅ -maximal expiratory flow – максимальная скорость выдоха (МСВ₇₅₋₂₅) или MMEF— maximal mid-expiratory flow. В отечественной литературе этот показатель называют

средней объемной скоростью на участке от 25 до 75% выдыхаемой ФЖЕЛ – (СОС_{25-75}), л/с (см. рис.).

Показатель характеризует объемную скорость на участке от 75 до 25 % форсированной жизненной ёмкости лёгких, если отсчет начала выдоха обозначить как 100 % FVC, а конец 0 % FVC. Возможен и другой вариант подсчёта, если за начало принять 0% выдыхаемой FVC (т.е. проценты считать по количеству выдыхаемого легочного объёма), то тогда показатель будет обозначаться как MEF_{25-75} . При снижении данного показателя предполагают обструкцию на уровне крупных бронхов. Показатель вычисляется очень точно и прекрасно воспроизводим.

Во многих спирографах обозначение MEF заменяют на FEF — forced expiratory flow. Скорость при выдыхании 75—25 % FVC при этом обозначают FEF25—75, т.е. скорость, измеренную на участке выдыхания между 25 и 75 % FVC.

7. MEF_{25} , MEF_{50} , MEF_{75} — maximal expiratory flow — максимальная объемная скорость в точке 25, 50 и 75% FVC (МОС_{25} , МОС_{50} , МОС_{75}), л/с., если считать по количеству выдыхаемого объёма, (т.е. начало обозначают не как 100 % FVC, а как 0 % FVC). Если отсчет идет от объёма оставшегося в легких в процессе выдоха, то вместо MEF_{75} пишут MEF_{25} и наоборот вместо MEF_{25} пишут MEF_{75} . Как указано выше, вместо обозначения MEF нередко используют обозначение FEF.

Снижение МОС указывает на наличие обструктивных изменений в легких, при этом снижение МОС_{75} (или МОС_{25} , если началом выдоха считать 100% FVC) указывает на обструкцию в мелких бронхах (9-10 генерация и ниже), МОС_{50} – обструкция на уровне средних бронхов, МОС_{25} – обструкцию крупных бронхов (выше 6 генерации). МОС вычисляется достаточно точно и прекрасно воспроизводим, в связи с чем имеет важное диагностическое значение. Показатели MEF_{50} и MEF_{25} меньше зависят от усилия, чем PEF и MEF_{75} , что позволяет с большей уверенностью говорить об обструкции мелких бронхов. В то же время при сочетании обструкции с рестрикцией, приводящей к снижению FVC и некоторому увеличению скорости к концу выдоха, следует очень осторожно делать вывод об уровне обструкции.

8. PIF — peak inspiratory flow — пиковая, или максимальная, скорость форсированного вдоха (ПСВд), л/с. Снижение указывает на препятствие на вдохе или на ослабление усилия, создаваемого инспираторной дыхательной мускулатурой.

9. Т_{ех} или EX TIME – expiratory time- общее время выдоха ($T_{\text{выд}}$), определяемое от начала и до конца выдоха, с. Увеличивается при обструкции, уменьшается при рестрикции.

10. MVV — maximal voluntary ventilation—максимальная вентиляция легких (МВЛ), л/мин. Этот показатель характеризует предельные возможности аппарата дыхания, зависящие как от механических свойств легких, так и от способности хорошо выполнить пробу в связи с общей физической тренированностью испытуемого.

11. FRC — functional residual capacity — функциональная остаточная емкость (ФОЕ), л. Показатель характеризует объем воздуха, содержащийся в легких после спокойного выдоха.

12. RV — residual volume — остаточный объем (ОО). Объем легких после максимального выдоха.

13 TLC — total lung capacity — общая емкость легких (ОЕЛ), л. Показатель характеризует объем легких на высоте максимального вдоха.

Возможно проведение пробы в 2 вариантах: с произвольной или фиксированной частотой. Если проба проводится с произвольной частотой дыхания, выбираемой самим пациентом, то при наличии обструкции дыхание становится более редким и глубоким, а при наличии рестрикции – частым и поверхностным. Если пробу проводить с фиксированной частотой, то, как правило, используют фиксированную частоту в 30 дыханий в минуту, при этом длительность исследования составляет 12 секунд. В какой-то степени это исследование следует считать провокационной пробой, так как проводится всегда в режиме гипервентиляции, что может спровоцировать у больных с бронхиальной астмой приступ обструкции. У детей используется редко.

Техника проведения спирографического исследования

Как правило, исследование проводится в положении пациента сидя. При проведении пробы стоя получают несколько завышенные результаты. При проведении исследования ни в коем случае нельзя ни запрокидывать голову, ни сгибать шею вперед, так как это так же может отразиться на точности определения скоростных показателей спирограммы. Обязательным условием проведения исследования является одетый на нос зажим, так как при свободном носовом дыхании можно получить существенное снижение основных параметров спирограммы. Начинается исследование с определения ВС. Для этого испытуемый сначала должен дышать в загубник спокойно и без усилия. Обычно после 3 дыхательных циклов больного просят сделать медленный максимальный вдох и такой же медленный максимальный выдох.

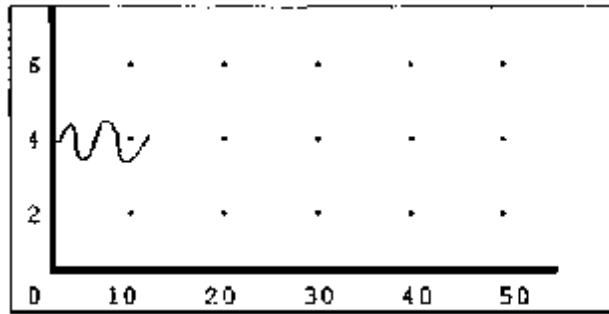


Рис.9. Графическое изображение исследования для определения VC.

После этого испытуемый отдыхает 10-20 сек. и приступают к 2 фазе исследования – форсированный вдох и выдох. Пациента просят несколько раз спокойно подышать через загубник, после этого исследуемый делает максимально глубокий медленный выдох, после чего максимально глубокий форсированный вдох и в след за этим сразу максимально форсированный выдох. При этом форсированный выдох в среднем должен длиться 3-6 секунд. За всеми этими действиями испытуемого врач следит по кривой на мониторе и может вовремя подсказать пациенту ошибки.



Рис.10. Графическое изображение исследования для определения FVC.

Следующим этапом является измерение максимальной вентиляции лёгких (MVV). У детей это исследование проводится достаточно редко, так как может спровоцировать у больного с бронхиальной астмой обострение заболевания из-за гипервентиляции, возникающей в процессе проведения маневра. Тест максимальной произвольной вентиляции легких (MVV) при проведении требует больших усилий для получения

адекватных и воспроизводимых результатов. При его проведении исследуемый должен в течение 12 секунд дышать максимально возможно глубоко и быстро. Во время теста желательно чтобы пациент стоял. Ориентировочно, частота дыхания (RR) должна быть более 70 дых./мин, средний дыхательный объем за одно дыхание (MTV) – более 1.5 литров. Тест проводится в течение 12 секунд. Фактические данные за 12 сек. экстраполируются к 1 минуте и выражаются в литрах за минуту, приведенные к стандартным внутрилегочным условиям (BTPS).

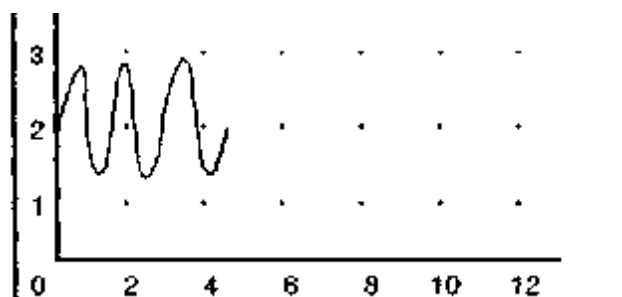


Рис.11. Графическое отображение маневра для определения MVV.

1.5 Оценка правильности проведения маневра

Современные спирографы снабжены алгоритмами, позволяющими автоматически оценить правильность выполняемого маневра. При нарушениях выполненного маневра попытка автоматически не засчитывается и предлагается повторить исследование. Оценить правильность маневра можно и самостоятельно.

1. При правильно выполненном маневре на кривой поток-объем резкие спады и подъёмы, «ступеньки» и провалы отсутствуют.

2. Максимальный поток должен достигаться до выдоха 20% ФЖЕЛ, а затем по мере выполнения маневра поток прогрессивно уменьшается. Если усилие развивается не в начале маневра, а позже, то характерной треугольной формы записи не получается, а имеет место кривая, близкая к синусоиде.

3. Время достижения пиковой объёмной скорости выдоха $T_{\text{пос}}$ не меньше 0,2 сек и не больше 1,1 сек.

4. Общее время форсированного выдоха ($T_{\text{ех}}$) выдох равняется от 3 до 5 секунд. Однако при обструкции это время может удлиниться до 7 и более секунд. Удлиняется маневр форсированного выдоха, как правило, за счет «выжимания» воздуха под самый конец выдоха. Возможна и обратная ситуация, когда пациент делает резкий, но очень короткий выдох.

5. ЖЕЛвыд может быть меньше ЖЕЛвд на 0,5 л, но не более.

6. Обязательно должно соблюдаться следующее условие*:

$$*PEF > \text{или} = MEF_{25} > MEF_{50} > MEF_{75}$$

*начало форсированного выдоха обозначают не как 100 % FVC, а как 0 % FVC.

7. В проведенных трех маневрах форсированного выдоха различия в FVC и FEV1 (воспроизводимость) не должны отличаться более чем на 5%.

Примером технически неправильно проведенного обследования являются данные спирографического исследования больного X (см рис.12). Не смотря на кажущийся внешне стандартный вид кривой поток-объем скоростные показатели максимальной объёмной скорости в точке 25, 50 и 75 % ФЖЕЛ выглядят следующим образом:

$$FEV_{25} < (MEF_{25}) \quad FEV_{50} < (MEF_{50}) \quad FEV_{75} < (MEF_{75}).$$

В данной ситуации целесообразно повторить исследование, чтобы оценить истинное состояние дыхательных путей и не ошибиться в конечной оценке полученных результатов.

HOSPITAL- S. MARIT MADOLINI

PULMONARY FUNCTION TEST REPORT

Ver 3.0

TESTED BY :

DATE : Jul/02/04
 NAME : VORONKOV
 PT. NO. : 5024 TEMP. : 27 °C
 AGE : 14 yrs BARD PRES : 760 mmHg
 HEIGHT : 146 cm RACE ADJ : 100 %
 WEIGHT : 42 kg RACE : WHITE
 SEX : MALE Pred. : KNUDSON

	ACT	** PRED	%PRED
VC(L)	3.72	2.76	134
ERV(L)	1.30	---	---
IRV(L)	1.06	---	---
TVC(L)	1.36	---	---
FVC(L)	3.48	2.76	126
FEV1(L)	1.83	1.93	94
FEV1(L)	2.65	2.35	112
FEV3(L)	3.48	---	---
FEV1/FVC(%)	76.1	88.5	85
FEV3/FVC(%)	100.0	---	---
FEF2-1.2(L/S)	4.13	---	---
FEF25-75(L/S)	2.15	2.72	79
FEF75-85(L/S)	1.02	---	---
BEST FVC(L)	3.48	2.76	126
BEST FEV1(L)	2.65	2.35	112
EX TIME(SEC)	2.76	---	---
U _{ex} (L)	0.06	---	---
FIV(L)	---	---	---
FIV.5(L)	---	---	---
FEV.5/FIV.5	---	---	---
PEF(L/S)	6.25	5.65	110
FEF25(L/S)	3.76	5.23	71
FEF50(L/S)	2.37	3.13	75
FEF75(L/S)	1.26	1.48	85
PIF(L/S)	---	---	---
FIF50(L/S)	---	---	---
FEF50/FIF50	---	---	---

NOTE: LITERS EXPRESSED BTSP.
 VC : #1 test, 1 accepted.
 FVC : #1 test, 1 accepted.

----- INTERPRETATION DIAG -----

RESTRICTIVE	NORMAL	75% (FEV1/FVC)
	*	
COMBINED	OBSTRUCTIVE	

88% <VC>

UNCONFIRMED REPORT MUST BE REVIEWED BY PHYSICIAN.

REVIEWED BY: DATE:

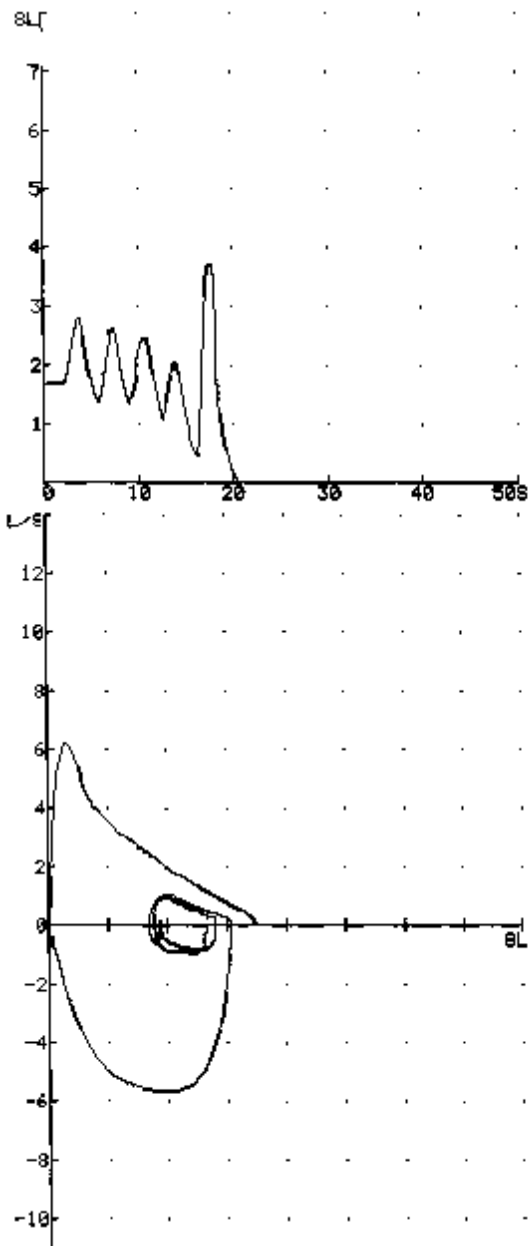


Рис. 12. Результаты спирографического обследования больного X.

1.6. Оценка полученных результатов спирограммы

В процессе оценки спирографического исследования врач отвечает на 3 последовательных вопроса:

1. Есть ли изменения функции внешнего дыхания?
2. Если эти изменения есть, то они протекают по обструктивному, рестриктивному или смешанному типу.
3. Выявленные изменения являются минимальными, умеренными или значительными.

Для ответа на 1 вопрос нужно сравнить полученные результаты исследования с нормативами. Нормативы или должная величина соответствующего показателя вводится в память спирографа и результат сравнения приводится в распечатке исследования в % отношении. Большинство приборов производства Японии и США ориентированы на нормы Knudsen или Polgar, в Европе на нормативы Европейского общества угля и стали, а в России пользуются данными Клемента или Ширяевой (см. приложение).

Таблица 1.1

Основные функциональные показатели спирографического исследования

Функциональные Показатели	Вентиляционные нарушения			Нижняя граница условной нормы
	Обструктивные	Рестриктивные**	Смешанные	
ЖЕЛ вдоха (VC)	↓ или норма *	↓	↓	80
ФЖЕЛ (FVC)	↓	↓	↓	80
ОФВ1 (FEV1)	↓	↑ или норма	норма	80
Тест Тиффно FEV1/VC × 100	↓	↑ или норма	↑ или норма	85–95***
Индекс Генслера FEV1/FVC × 100	↓	↑ или норма	норма	85–95***
ПСВ (PEF)	↓	↓	↓	70
МОС 25 (MEF ₂₅)	↓	↓	↓	65
МОС 50 (MEF ₅₀)	↓	↓	↓	60
МОС 75 (MEF ₇₅)	↓	↓	↓	55
СОС25-75 (MEF ₇₅₋₂₅)	↓	↓	↓	70
МВЛ (MVV)	↓	↓	↓	80
ФОЕ (FRC)	↑	↓	норма	80
ООЛ (RV)	↑	↓	норма	80
ОЕЛ (TLC)	Норма или ↑	↓	норма	80

* – снижение показателя при выраженной обструкции;

** – снижение всех «скоростных» показателей при выраженных рестриктивных изменениях;

*** – для индексов Тиффно и Генслера указана нижняя и верхняя границы условной нормы;

ЖЕЛ – жизненная ёмкость лёгких;

ФЖЕЛ – форсированная ЖЕЛ;

ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 сек.;

Тест Тиффно – соотношение ОФВ1 к ЖЕЛ;

Индекс Генслера – соотношение ОФВ1 к ФЖЕЛ;
 ПСВ – пиковая скорость выдоха;
 МОС 25 – максимальная объёмная скорость в точке 25% ФЖЕЛ;
 МОС 50 – максимальная объёмная скорость в точке 50% ФЖЕЛ;
 МОС 75 – максимальная объёмная скорость в точке 75% ФЖЕЛ;
 СОС25-75 – средняя объёмная скорость на участке от 25% до 75% ФЖЕЛ;
 МВЛ – минутная вентиляция лёгких;
 ФОЕЛ – функциональная остаточная ёмкость лёгких;
 ООЛ – остаточный объём;
 ОЕЛ – общая ёмкость лёгких.

Спирометрия может быть использована для определения двух основных патофизиологических типов отклонения от нормы: обструктивного и рестриктивного (рис.13).

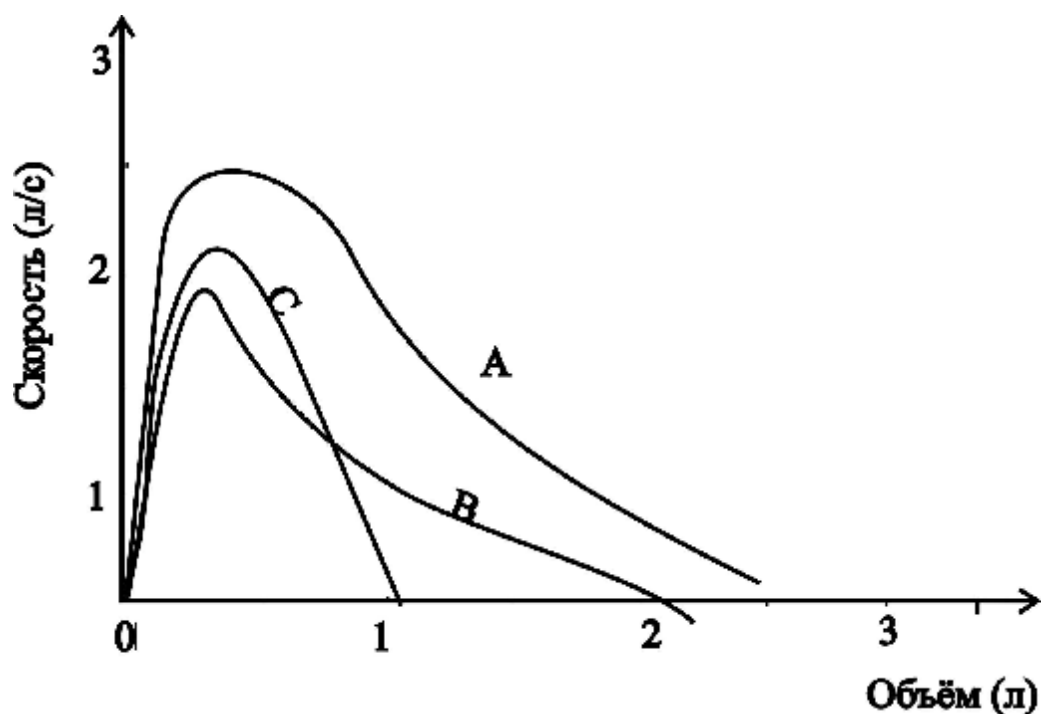


Рис.13. Кривые поток-объём в норме (А), при обструктивных болезнях лёгких (В) и фиброзных изменениях легочной ткани (С).

При обструктивных изменениях ведущим патофизиологическим феноменом является увеличение бронхиального сопротивления. При бронхиальной астме легочная паренхима не изменена, но выявляется сужение бронхов. Следовательно, ЖЕЛ может быть сохранена, но воздушный поток снизится, и скоростные показатели должны уменьшиться. Минимальные изменения бронхиальной проходимости по обструктивному типу в первую очередь будут характеризоваться снижением МОС 75. При умеренной степени нарушения бронхиальной проходимости по обструктивному типу будут сопровождаться сни-

жением МОС 25, 50 и 75, ОФВ1, СОС 25-75, ФЖЕЛ, ПСВ, теста Тиффно и Генслера. При выраженных нарушениях помимо выше указанных показателей снижается ЖЕЛ и МВЛ.

Таблица № 1.2

**Градации нормы и снижение основных параметров спирограммы
в % от должествующей величины для детей до 18 лет.
(Клемент Р.Ф., Зильбер Н.А., 1994)**

Показатели	Границы нормы	Градации снижения		
		Легкое	Умеренное	Значительное
ЖЕЛ	79,3-112,6	66,8	60,6	54,4
ФЖЕЛ	78,1-113,3	67,6	62,4	57,2
ОФВ1	78,1-113,6	67,3	61,9	56,5
ПОС	72,0-117,0	54,9	46,4	37,8
МОС	71,7-117,2	54,7	46,2	37,7
МОС	71,5-117,3	51,1	40,9	30,7
МОС	61,2-123,6	44,5	36,1	27,8
СОС	59,7-124,5	38,6	28,1	17,5

При обструктивных изменениях следует провести тест на обратимость обструкции с бронходилататорами. Повышение объёмной скорости воздушного потока после ингаляции с β_2 -адреномиметиком может означать, что обструкция, по крайней мере, частично, вызвана бронхоспазмом. **Прирост показателя ОФВ1 более 12% говорит в пользу бронхиальной астмы.**

Рестриктивные расстройства характеризуются ограничением наполнения грудной клетки воздухом: легочная паренхима изменена таким образом, что легкие становятся жесткими и с трудом расправляются.

Деление спирограммы на обструктивный и рестриктивный тип относительно условно, так как при многих заболеваниях отмечаются сочетанные нарушения. Хронические обструктивные заболевания легких при длительном течении постепенно приводят к вовлечению в патологический процесс паренхимы легких, что, безусловно, отразится на спирографических показателях с появлением признаков рестрикции на фоне ранее имеющихся обструктивных признаков.

Обструктивный тип спирограммы	Рестриктивный тип спирограммы
Бронхиальная астма, ХОБЛ, обструктивный бронхит, муковисцидоз, инородные тела дыхательных путей, опухоли гортани, трахеи и бронхов, бронхолегочная дисплазия, облитерирующий бронхиолит, сдавление бронхов объёмными процессами в средостенье	Сливные пневмонии, ателектаз, отек легкого, интерстициальные поражения легких, экссудативный плеврит, пневмоторакс, травматическое поражение грудной клетки с ограничением экскурсии легких, нервно-мышечные заболевания, сопровождающиеся нарушением дыхательной мускулатуры, асцит

Данные, полученные при анализе кривой поток-объём, наиболее полно отражают обструктивные изменения бронхов и лишь косвенно позволяют оценить наличие рестриктивных изменений. Выраженная рестрикция в первую очередь будет характеризоваться снижением объёмных показателей. Поскольку ЖЕЛ нередко снижается при выраженной обструкции, а уменьшение функциональной остаточной емкости и остаточного объёма легких наблюдается лишь при выраженной рестрикции, наиболее характерным признаком рестриктивной вентиляционной недостаточности принято считать уменьшение общей ёмкости легких. Значения теста Тиффно при рестрикции увеличены или нормальны. У пациентов с рестриктивными болезнями петля поток–объем выглядит как уменьшенный вариант нормальной. Спирограмма в ее экспираторной части имеет нормальную форму. Все величины, включая объемную скорость воздушного потока, снижены, поскольку снижен и объем легких.

Анализируя форму петли можно выявить уровень, степень и стойкость обструкции дыхательных путей. При этом нужно учитывать, что при *фиксированной* (т.е. постоянное сужение, не зависящее от фазы дыхания) обструкции ограничивается воздушный поток как на вдохе, так и на выдохе. При *динамической (переменной)* обструкции происходит различное воздействие на внутригрудные и внегрудные дыхательные пути. Просвет бронхов во время вдоха поддерживается отрицательным плевральным давлением. При *переменной внегрудной* обструкции (например, при параличе или опухоли голосовых связок) во время вдоха внутритрахеальное давление меньше атмосферного и инспираторный поток снижается (появляется плато на кривой вдоха). Во время форсированного выдоха внутритрахеальное давление становится

выше атмосферного и диаметр дыхательных путей близок к нормальному. При *переменной внутригрудной* обструкции (опухоль выше бифуркации) во время форсированного выдоха происходит увеличение внутриплеврального давления, которое повышает внутритрахеальное давление. При этом внутригрудные дыхательные пути суживаются и формируется обструкция на выдохе. Во время вдоха внутритрахеальное давление превышает внутриплевральное и сужение дыхательных путей уменьшается. При *фиксированной внутри и внегрудной* обструкции (стеноз трахеи) кривые вдоха и выдоха уплощены. Как при фиксированной, так и при переменной внутригрудной обструкции выявляется уменьшение тестов Тиффно, Генслера и MOC_{25-75} , однако вид кривой поток–объем существенно отличается. При фиксированной внутригрудной обструкции петля имеет плато как в экспираторной, так и в инспираторной части. При переменной внутригрудной обструкции – плато только в экспираторной части. В случае переменной внегрудной обструкции снижается только скорость вдоха по типу плато (см. рис.14.).



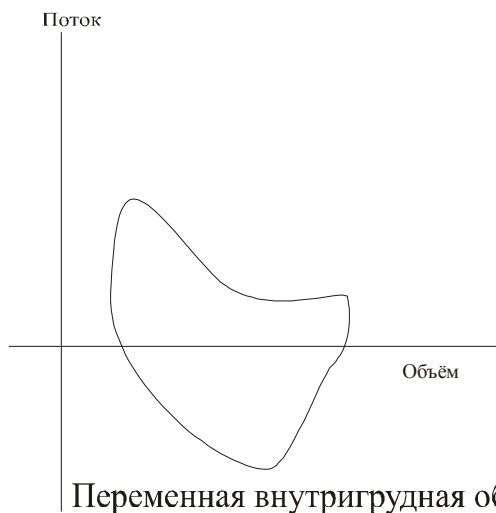


Рис.14 Кривые поток–объем при фиксированной и переменной обструкции дыхательных путей.

1.7. Проба с бронходилататорами

Бронхолитические тесты проводят с целью:

1. выявления обратимости бронхиальной обструкции;
2. выявления «скрытого бронхоспазма»;
3. индивидуального подбора бронхолитика.

Проведение пробы и корректная оценка результатов возможна только в том случае, если больной до этого не получал лекарств, влияющих на бронхиальный тонус, как минимум, в течение 12 ч, а для пролонгированных β_2 -адреномиметиков и М-холинолитиков в течение суток.

Основной путь использования медикаментов при проведении бронхолитической пробы, безусловно, ингаляционный, но можно использовать и иные пути введения лекарств.

После ингаляции β_2 -адреномиметиков повторное спирографическое исследование проводят через 15-20 минут, а М-холинолитиков через 30 минут. При парентеральном способе введения бронхолитиков как правило эффект наступает от нескольких минут до получаса, поэтому повторное спирографическое исследование проводят несколько отсрочено. При приеме препарата внутрь спирографию повторяют через 1 час. Исключение составляет использование таблетированных форм глюкокортикоидов, когда повторное исследование проводят минимум через 2 дня. Если провести контрольное спирографическое исследование ещё через 4–6 часов (как правило, это длительность действия ингалируемого непролонгируемого бронхолитика), то можно оценить и эффективность используемого медикамента у конкретного

больного в данный временной отрезок. Для проведения бронхолитического теста препараты применяют в стандартной лечебной дозе. При проведении проб с разными фармакологическими препаратами необходимо проводить их в разные дни.

Таблица 2

Характеристика наиболее часто используемых аэрозольных бронхолитиков при проведении бронхолитической пробы

Препарат	Торговое название	Группа	Время достижения максимального действия(мин.)	Длительность действия (ч.)	Время проведения оценки пробы
Орципреналин	Алупент	β_2 адрено-миметик	10–20	3–5	Через 15 мин после ингаляции
Сальбутамол	Вентолин, Сальбутамол	β_2 адрено-миметик	10–15	4–5	Через 15 мин после ингаляции
Фенотерол	Беротек	β_2 адрено-миметик	20–30	6–7	Через 15 мин после ингаляции
Тербуталин	Бриканил	β_2 адрено-миметик	20–30	4–6	Через 15 мин после ингаляции
Ипротропиум бромид	Атровент	M- холинолитик	20–40	7–8	Через 30-40 мин. после ингаляции
Ипротропиум бромид + Фенотерол	Беродуал	M-холинолитик + β_2 адрено-миметик	20–30	7–8	Через 10 мин и через 30 мин после ингаляции

Методика проведения

1. Проводится исходное спирографическое исследование.
2. Ингалируется лекарственный препарат.
3. Проводится повторное спирографическое исследование через промежуток времени, необходимый для действия данного лекарственного препарата.

Оценка результатов

Броходилатационный ответ на препарат зависит от того, к какой группе он принадлежит, от путей введения, а в случае использования ингаляторов — от техники ингаляции. Ответ также зависит от назначаемой дозы, времени, прошедшего после ингаляции, бронхиальной лабильности во время исследования, состояния легочной функции, воспроизводимости показателей, используемых для сравнения.

Большинство специалистов оценивают бронхолитический тест по кривой поток-объём с оценкой показателей FEV1, FVC или PEF.

Существенной положительной динамикой обычно считают повышение FEV1 на 12 % от исходного значения и более при одновременном повышении FVC или такое же повышение FVC, если FEV1 не понизилось (3,6).

Согласно стандартам, изданным совместно Европейским Респираторным Обществом и Европейским Сообществом Стали и Угля, бронходилатационный ответ можно считать достоверным, если отмечается повышение ОФВ1 и/или ФЖЕЛ более чем на 12% от должного или же превышает 200 мл (Standardization of lung function tests, 1993).

Если контроль теста проводят по данным пикфлоуметрии с оценкой PEF, то тест считается положительным при приросте показателя на 20% и более.

Повышение показателя FEV1 менее 10% после ингаляции бронхолитика возможно и у здорового человека. Это объясняют не уменьшением бронхоспазма, а снижением бронхиального тонуса.

Иногда после приема бронхолитика показатели не улучшаются, а ухудшаются. Причин для такой реакции на бронхолитик несколько.

Парадоксальная реакция на β_2 адреномиметик может иметь место у больных бронхиальной астмой, имеющих в данный конкретный момент времени частичную или полную блокаду β_2 -адренорецептора.

Адреномиметики, снижая мышечный бронхиальный тонус и уменьшая сопротивление стенок бронхов, могут способствовать их коллапсу и ухудшить спирографические и другие функциональные показатели.

У очень тяжелых больных обструкция может быть преимущественно необратимой и пробы с ингаляционными бронходилататорами будут отрицательные.

В случае отрицательной бронхолитической пробы у больного с бронхиальной астмой необходимо провести тест с глюкокортикоидами перорально 0,5 мг/кг массы тела (но не более 40 мг в сутки) в течение 10 дней и затем провести повторное спирографическое исследование с бронхолитической пробой.

При БА отсутствие существенного улучшения после введения бронхолитика может быть обусловлено также неэффективностью препарата. В этих случаях проводят пробу с антихолинергическими препаратами, и если они уменьшают обструкцию, то их и назначают для лечения больного. Уменьшить отек стенки крупных бронхов можно с

помощью ингаляции мезатона или эфедрина, но этот тест в диагностике распространения не получил.

Проба с бронхолитиком показана и больным для выявления так называемого «скрытого бронхоспазма». Термин «скрытый бронхоспазм» используется тогда, когда у больного отсутствуют клинические признаки бронхообструкции, а по данным спирометрического исследования, отмечается достоверный прирост оцениваемых показателей после проведенного теста с бронхолитиком.

Дискутируется и вопрос о возможности использования для оценки реакции больного на бронхолитик кроме показателей FEV₁, FEV, PEF и других скоростных показателей, таких как МОС 25(MEF 25), МОС 50(MEF50), МОС 75(MEF75), СОС25-75 (MEF75-25).

Несомненно, что показатели форсированного экспираторного потока не могут сопоставляться, если легочные объемы изменяются за время исследования. В связи с этим другие показатели кривой поток-объем обычно не используются, однако эти индексы могут применяться, если показатели потока после лекарственной пробы рассчитываются так же, как и начальные по отношению к исходным легочным объемам, например, MEF 50% от исходной FVC (6). Кроме того, отсутствует общепринятая интерпретация пробы и в том случае, когда FEV₁ и FVC увеличиваются мало, а конечные скорости петли поток-объем растут значительно, что свидетельствует о преимущественной дилатации периферических бронхов.

Несмотря на то, что оценка пробы проводится на основании изменения показателя FEV₁, мы считаем, что оценивать результаты бронхолитического теста следует по совокупности всех скоростных показателей, полученных по кривой поток-объем.

В настоящее время установлено, что ограничение воздушного потока обратимо не только у больных бронхиальной астмой, но, в некоторой степени, и при других ХОЗЛ (Kenebijn, 1991, Kesten & Rebeck, 1994). Дифференциальный диагноз астмы должен базироваться на целом ряде клинических и функциональных критериев и этот процесс у некоторых пациентов может быть весьма сложным (Sluiter et al., 1991; Nugent, 1994). Для оценки результатов необходимо знать прирост ОФВ₁. Проведение теста измерения обратимости бронхиальной обструкции технически несложно, однако интерпретация результатов проведения этого исследования и по сегодняшний день служит предметом дискуссии (Van Noord et al., 1994).

Положительный (диагностически значимый) бронходилатационный тест должен превышать спонтанное изменение тонуса бронхов и реакцию на бронхолитики, отмечаемую у здоровых. Пороговым значением считается $\Delta\text{ОФВ1} > 12\%$. Однако при соответствующей симптоматике о наличии бронхоспазма можно думать уже при повышении FEV1 на 7—10 %. Существует несколько вариантов расчета бронходилатационного теста.

Можно измерить бронходилатационный ответ по абсолютному приросту FEV1 в мл.

$$\Delta \text{FEV1}_{\text{абс.}}(\text{мл}) = \text{FEV1}_{\text{дилат.}}(\text{мл}) - \text{FEV1}_{\text{исх.}}(\text{мл})$$

Однако этот способ расчета имеет существенный недостаток, так как не учитывает величины ни исходного, ни достигнутого показателя.

Самым распространенным способом расчета является измерение обратимости отношением абсолютного прироста показателя FEV1, выраженного в процентах к исходному ($\Delta\text{FEV1}\%$ исх.):

$$\Delta \text{FEV1}_{\text{исх.}}(\%) = \frac{(\text{FEV1}_{\text{дилат.}} - \text{FEV1}_{\text{исх.}})}{\text{FEV1}_{\text{исх.}}} \cdot 100\%$$

Основным недостатком этого метода у больных, имеющих исходно низкий показатель FEV1, является несоответствие незначительному абсолютному приросту ΔFEV1 высокий процент ΔFEV1 .

Следующим методом расчета ответа больного на бронхолитик является расчет прироста FEV1 в % к должному значению FEV1 ($\Delta \text{FEV1}_{\text{долж.}}\%$) или к максимально возможному значению FEV1 ($\Delta \text{FEV1}_{\text{возможн.}}\%$).

$$\Delta \text{FEV1}_{\text{долж.}}(\%) = \frac{(\text{FEV1}_{\text{дилат.}} - \text{FEV1}_{\text{исх.}})}{\text{FEV1}_{\text{долж.}}} \cdot 100\%$$

$$\Delta \text{FEV1}_{\text{возм.}}(\%) = \frac{(\text{FEV1}_{\text{дилат.}} - \text{FEV1}_{\text{исх.}})}{\text{FEV1}_{\text{долж.}} - \text{FEV1}_{\text{исх.}}} \cdot 100\%$$

где FEV1_{исх.} – исходный показатель;
FEV1_{дилат.} – показатель после бронходилатационной пробы;
FEV1_{долж.} – должный показатель;
FEV1_{возмож.} – максимально возможный показатель FEV1 у данного больного.

REVIEWED BY: _____ DATE: _____
 HOSPITAL- S.MARIT MADDOLINI

PULMONARY FUNCTION TEST REPORT
 Ver 3.0

TESTED BY: _____
 DATE : Jul/01/84
 NAME : NATUEEUA
 PT.NO. : 5205 TEMP. : 22 °C
 AGE : 16 yrs BARD PRES : 750 mmHg
 HEIGHT : 170 cm RACE ADJ : 100 %
 WEIGHT : 73 kg RACE : WHITE
 SEX : FEMALE Pnd. : KNUDSON

		** INDICATIONS **				
		PRE-BRONC	POST-BRONC	%		
	PRED	ACT	%PRED	ACT	%PRED CHG	
VC	4.07	4.52	111	4.61	113	1
ERV	---	1.51	---	1.78	---	17
IRV	---	2.42	---	2.28	---	-7
TU	---	0.59	---	0.58	---	-1
FVC	4.07	3.61	93	4.56	112	19
FEV.5	2.62	2.14	81	2.73	104	27
FEV1	3.60	2.97	82	3.78	105	27
FEV3	---	3.01	---	4.56	---	19
FEV1/FVC	86.7	77.9	89	82.8	95	6
FEV3/FVC	---	100.0	---	100.0	---	0
FEF.2-1.2	---	3.08	---	6.67	---	31
FEF25-75%	4.21	2.53	60	3.69	87	44
FEF75-95%	---	1.02	---	1.49	---	48
BEST FVC	4.07	3.61	93	4.56	112	19
BEST FEV1	3.60	2.97	82	3.78	105	27
EX TIME	---	2.59	---	2.56	---	-1
U ext	---	2.05	---	6.11	---	120
FVC	---	---	---	---	---	---
FIU.5	---	---	---	---	---	---
E.5/1.5	---	---	---	---	---	---
PEF	7.31	6.28	85	7.48	102	19
FEF25%	6.77	4.62	68	6.17	91	33
FEF50%	4.69	3.07	66	4.10	89	33
FEF75%	2.68	1.31	49	1.90	70	45
PIF	---	---	---	---	---	---
FIF50%	---	---	---	---	---	---
E50/150	---	---	---	---	---	---

NOTE: LITERS EXPRESSED BTPS.
 PRE BD UC : #1 test, 1 accepted.
 PRE BD FVC : #1 test, 1 accepted.
 POST BD UC : #1 test, 1 accepted.
 POST BD FVC : #1 test, 1 accepted.

----- INTERPRETATION DIAG -----

RESTRICTIVE	NORMAL	75% (FEV1/FVC)
COMBINED	OBSTRUCTIVE	

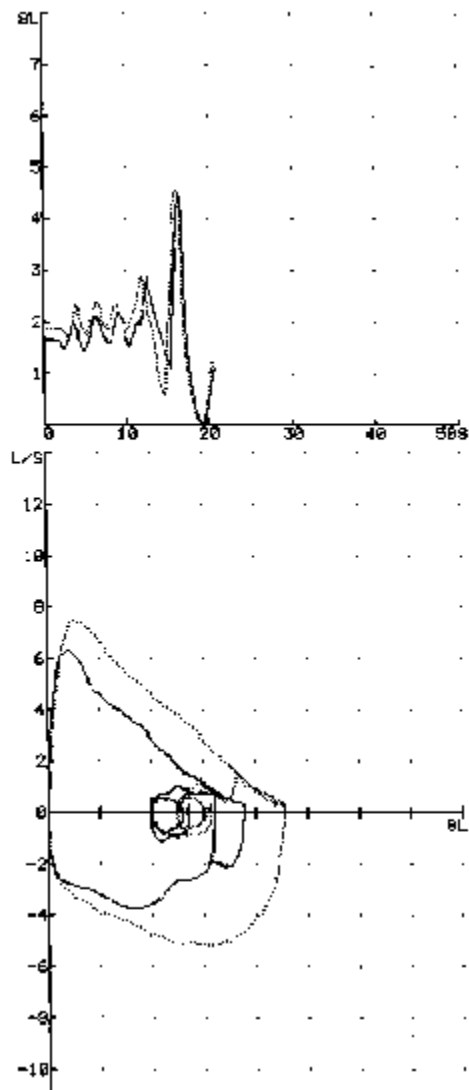


Рис. 15. Результаты спирографического обследования больного X при проведении бронхолитического теста.

Таким образом, необходимо выделить некоторые характерные свойства кривых поток-объем:

1. *Контуры инспираторных и экспираторных кривых неодинаковы.*
2. *Пик экспираторного потока появляется в ранней фазе петли.*
3. *Отношение между потоком и объемом линейно на протяжении нижних трех четвертей форсированной жизненной емкости.*
4. *Во время вдоха большее инспираторное усилие вызывает больший поток при всех уровнях жизненной емкости.*
5. *Во время выдоха меньшее усилие вызывает меньший поток, но как только достигнуто минимальное «пороговое» усилие, дальнейшее его повышение вызывает рост потока только во время начальной четверти экспираторной жизненной емкости. При низких и средних объемах легких увеличенное сверх порога усилие не дает прироста потока. Поток максимален (при данном объеме легких) и независим от усилия.*
6. *У больного бронхиальной астмой при форсированном выдохе ТРД сдвигается к альвеолам и воздухоносные пути спадаются на большем протяжении.*
7. *Для определения обструкции воздухоносных путей наиболее чувствительными параметрами являются МОС 25,50,75, ОФВ1, тест Тиффно, тест Генслера, бронхиальное сопротивление и пиковая скорость выдоха.*
8. *Для больных с бронхиальной астмой характерно повышение ОФВ1 после ингаляции с β -2 адреномиметика более чем на 12%.*

II. Пикфлоуметрия

Первый пикфлоуметр был разработан английским доктором В.М.Райтом в 1958 г. Однако из-за большого размера созданный прибор нельзя было использовать в ежедневной практической работе. В дальнейшем усилиями автора изобретения и фирмой Клемент Кларк (Clement Clarke Int.) удалось создать пикфлоуметр для массового производства. Первая модель пикфлоуметра была создана в 1976 г. и получила название Мини-Райт. Пикфлоуметр – это портативный прибор, который измеряет только один показатель пиковой скорости выдоха (ПСВ). Пиковая скорость выдоха (ПСВ или PEF) определяется при выполнении пациентом маневра форсированного выдоха на кривой поток-объем. Измерять параметр ПСВ можно с помощью либо спирометра или пикфлоуметра. Спирографическое исследование проводят в медицинских учреждениях, в то время как пикфлоуметр в первую очередь предназначен для домашнего использования.

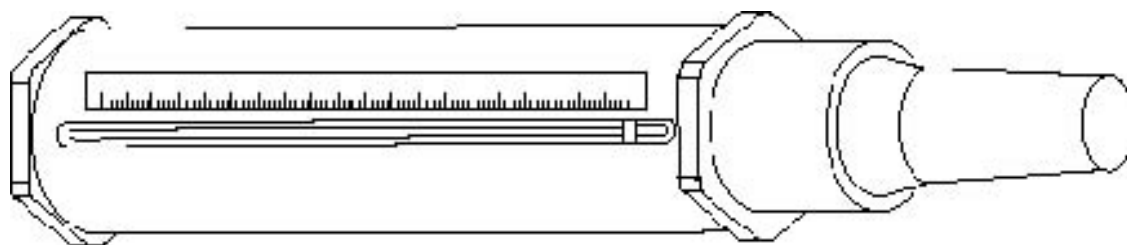


Рис.16 Пикфлоуметр фирмы *Clement Clarke*.

Измерение пиковой скорости выдоха с помощью портативных приборов сегодня стал основным методом контроля за состоянием пациента в домашних условиях. Нередко и врачи при обращении пациента с бронхиальной астмой за помощью с целью скрининга оценки состояния проводят пикфлоуметрию. Прибор прост в применении и стоит относительно недорого. При проведении исследования больной вдыхает максимально возможный объем и затем производит максимальный выдох в прибор. Следует внимательно относиться к технике проведения исследования, так как измерение производится в течение первых 100 мсек. и резкое дыхательное движение при искусственном

сужении загубника языком испытуемого может привести к существенному искажению результата. Измерение следует провести три раза подряд и выбрать максимальное значение из трёх. Измерение возможно только у детей старше 5 лет, так как технически обучить детей младшего возраста не представляется возможным.

Фирма Clement Clarke Int. выпускает специальное тренажерное приспособление "Ветряная мельница" для обучения и контроля правильности выполнения маневра форсированного выдоха. Принцип этого устройства основан на детской игрушке-вертушке: "Ветряная мельница" одевается на пикфлоуметр и ее лопасти будут крутиться только в том случае, если пациент делает форсированный выдох, при спокойном выдохе мельница не крутится.

Больной самостоятельно в домашних условиях ведет график динамики изменения показателей ПСВ день за днем, отмечая утренние и вечерние замеры.

График изменения ПСВ оценивается по нескольким параметрам: визуально оценивается форма графика, вычисляется максимальное значение ПСВ и суточное колебание ПСВ. Очень важно оценить нормальное значение ПСВ для данного пациента.

Существует 2 точки зрения на определение нормы:

1. Во многих пособиях рекомендуется брать должное значение ПСВ, которое определяется по росту, возрасту и полу.

2. В качестве нормального значения брать усредненное наилучшее значение ПСВ, которое измеряется в период ремиссии заболевания.

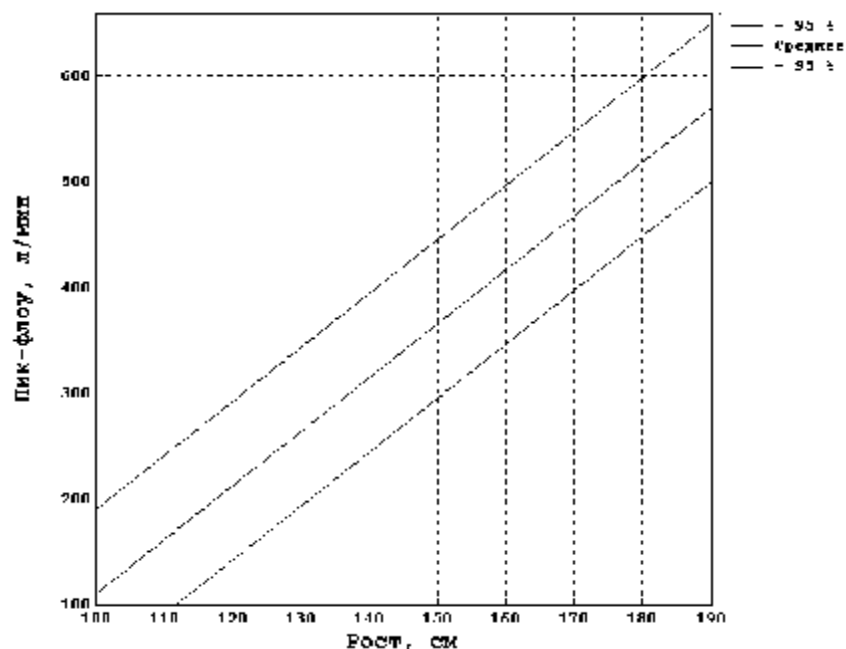


Рис 17. Номограмма показателей пикфлоуметрии у детей в зависимости от роста (по S.Godfrey, 1972).

Определение персонального наилучшего показателя ПСВ (PEF).

Наилучший для данного больного показатель ПСВ может быть оценен за 2–3-недельный период, во время которого пациент записывает показатели пикфлоуметрии минимум один раз в день сразу после полудня. После каждого применения ингаляционного бета-агониста для купирования симптомов должно быть проведено дополнительное измерение. Наилучшие персональные показатели обычно достигаются при измерении сразу после полудня после максимального объема терапии, стабилизовавшей состояние пациента (Quackenboss et al., 1991). Иногда для определения наилучшего показателя ПСВ может потребоваться курс пероральных кортикостероидов. Периодически наилучший персональный показатель следует переоценивать, учитывая прогрессирование заболевания у детей и взрослых и рост детей. Иногда какой-либо из показателей оказывается намного выше, чем другие. Это может быть результатом попадания в пикфлоуметр слюны (особенно когда его загубник мал) или кашля в пикфлоуметр, а также по другим причинам, которые не могут быть точно определены. Поэтому при определении наилучшего показателя следует соблюдать настороженность, если вдруг одно из измерений окажется намного лучше остальных. Детям с умеренной персистирующей астмой следует проводить повторные краткосрочные измерения персональной

наилучшей величины каждые 6 месяцев, чтобы выявить изменения в результатах пикфлоуметрии, связанные с ростом.

Пациенты самостоятельно отмечают измеряемые показатели ПСВ в динамике на специально подготовленном шаблоне. В результате получается график изменения показателей ПСВ. На рис.18 изображен график ПСВ, который представляет собой кривую с некоторыми колебаниями.

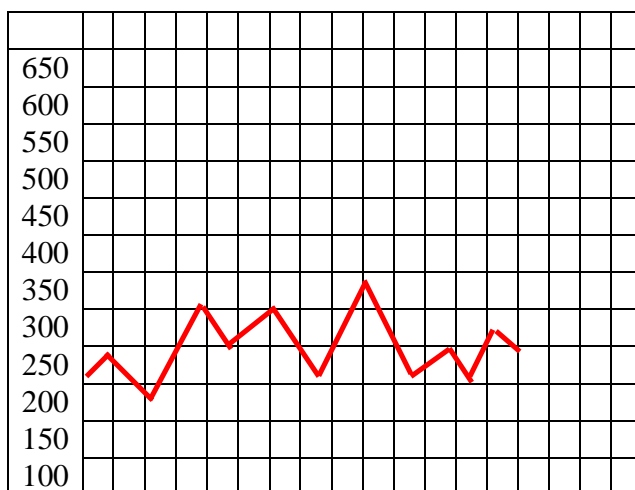


Рис. 18. Показания пикфлоуметра у больного с бронхиальной астмой.

Согласно официальным документам по диагностике и лечению бронхиальной астмы измерение ПСВ является необходимым условием динамического наблюдения за состоянием больных. По полученным данным проводят расчет ряда вторичных показателей.

Показатель среднесуточной проходимости бронхов (СПБ):

$$\frac{\text{ПСВ утро} + \text{ПСВ вечер}}{2 \times \text{ПСВ норма}} \times 100 = \%$$

Показатель среднесуточной проходимости бронхов может быть рассчитан за неделю, месяц? для чего в числителе используют среднеарифметические величины минимальных и максимальных значений ПСВ за данный отрезок времени.

Показатель изменчивости (суточный разброс) ПСВ:

$$\frac{\text{ПСВ вечером} - \text{ПСВ утром}}{\frac{1}{2} (\text{ПСВ вечером} + \text{ПСВ утром})} \times 100 = \%$$

Показатель суточных колебаний ПСВ (Δ):

$$\frac{\text{ПСВ макс.} - \text{ПСВ мин.}}{\text{ПСВ макс.}} \times 100\% = \quad \%$$

Показатель амплитуды суточной вариабельности ПСВ (Quackenboss J.J. et al., 1991):

$$\frac{\text{ПСВ утро} - \text{ПСВ вечер}}{\text{среднесуточная норма ПСВ}} \times 100 = \quad \%$$

Показатель амплитуды суточной вариабельности ПСВ (Reddel H.K. et al., 1995):

$$\frac{\text{ПСВ минимальное за неделю}}{\text{ПСВ максимальное за неделю}} \times 100 = \quad \%$$

Показатель среднесуточной проходимости бронхов может быть рассчитан за неделю, месяц, для чего в числителе используют среднеарифметические величины минимальных и максимальных значений ПСВ за данный отрезок времени. При стереотипности кривой ПСВ такой расчет не приводит к существенным искажениям результата (Коростовцев Д.С., Макарова И.В., 1998). При значениях СПБ более 80% и Δ более 15–20% астма считается «под контролем» – зеленая зона. При значениях СПБ до 60% и Δ до 30% имеет место обострение заболевания – «зона внимания», и при СПБ ниже 60% и Δ выше 30% – «зона тревоги».

Полученные данные графики ПСВ позволяют более объективно судить о динамически меняющейся проходимости дыхательных путей и оценить в целом состояние больного бронхиальной астмой.

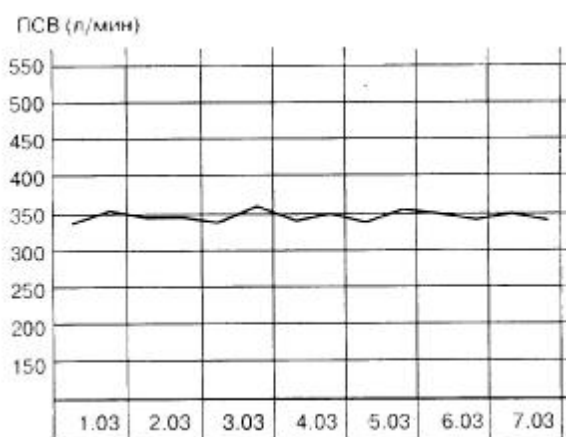


Рис.19. График ежедневной пикфлоуметрии.

Как и многие функциональные показатели организма (ЧСС, температура тела, АД и т.д.) проходимость дыхательных путей подвержена колебаниям в течение определенного отрезка времени (циркадные колебания). Эти изменения, безусловно, отражаются и на данных ПСВ. Для наиболее объективной оценки проходимости бронхов требуется обязательно учитывать эти колебания. Кроме того, дополнительные данные, полученные при анализе динамически меняющейся проходимости дыхательных путей, могут существенно повлиять и на оценку в целом функционирования дыхательной системы.

2.1 Математический метод анализа суточных ритмов проходимости бронхов

Специалисты, занимающиеся лечением больных бронхиальной астмой, хроническими заболеваниями легких давно обратили внимание на ухудшение состояния своих пациентов в ночное или в раннее утреннее время. Без какого-либо влияния внешних факторов (контакт с аллергеном, физическая нагрузка, резкий запах и т.п.) больные закономерно жалуются на периодически наступающее ухудшение дыхания.

Работами Godfrey (1965), Hetzel (1980), Henderson (1989) были продемонстрированы суточные колебания пиковой скорости выдоха у здоровых и больных бронхиальной астмой. Большинство специалистов, занимающихся хронобиологией, придерживаются мнения об усилении нормального циркадианного ритма бронхов и легких у больных бронхиальной астмой (Hetzel, 1980; Burnes, 1985; Г.Б.Федосеев, 1987). Постепенно с возрастом у здоровых людей происходит увеличение амплитуды суточного ритма колебания бронхов, а затем постепенное угасание акрофаз.

У больных бронхиальной астмой происходит значительное усиление колебаний проходимости бронхов, что выражается в увеличении амплитуды, в уменьшении среднесуточных значений проходимости бронхов, дезорганизации ритма с появлением дополнительных батифаз, в фазовом смещении кривых, отражающих суточное колебание просвета бронхов (Halberg, 1970; М.А.Меншутина, 1986; Quackenboss, 1991).

Чем тяжелее астма, тем более выражена дезорганизация ритма, тем труднее подобрать противорецидивную терапию для больного. Циркадианные колебания функции дыхания обусловлены как внешними, так и внутренними причинами.

Большинство практикующих врачей, использующих пикфлоуметрию для оценки состояния проходимости бронхов, пользуются ведением дневника с графическим изображением каждого значения.

Ряд специалистов рекомендует использовать показатели, которые в какой-то степени могут отразить значительные, грубые изменения показателей пиковой скорости. В первую очередь это разница между максимальным и минимальным значением (амплитуда), отношение между амплитудой и средним значением за все время наблюдения, отношение амплитуды к максимальному значению, отношение амплитуды к минимальному значению (Higgins, 1989; Philip-Joet, 1992; Gannon, 1993).

В результате стандартного подхода с ведением ежедневного графика получается ломанная кривая, имеющая либо вид монотонных изменений, либо значительные колебания. Оценить эффективность проводимой терапии по полученным данным довольно сложно. Отсутствие видимых закономерностей не позволяет с уверенностью вносить изменения в лечение больного.

У больных, имеющих показатели вариабельности PEF = или $< 10\%$, в клинических признаках заболевания никаких существенных изменений не происходит (отсутствуют ночные приступы затрудненного дыхания или кашель, исчезает потребность в бета₂агонистах и т.д.).

Относительно низкая чувствительность показателя пикфлоуметрии, не позволяющая обнаружить умеренные изменения просвета бронхов, определяет границы использования его в ежедневном контроле астмы (Giannini-D et al., 1997). Возникла насущная потребность в создании системы контроля за эффективностью проводимой терапии, ориентированной на другие критерии или показатели (Nathan-RA et al., 1999).

Сравнение циркадианных изменений ритма тонуса бронхов с синусоидальной кривой привел к созданию «Косинор» метода (Halberg, 1965). Синусоидальная аппроксимация построения периодикограммы в дальнейшем очень широко используется для анализа суточных колебаний пиковой скорости выдоха у больных с бронхиальной астмой (Hetzl, 1980; Burnes, 1985; Higgins, 1989). Однако синусоидальная аппроксимация кривой может привести к некоторому искажению модели изменения проходимости бронхов во временном отрезке. Показатели пиковой скорости выдоха могут значительно колебаться в течение суток, в то время как синусоидальная кривая будет жестко ограничивать эти колебания на кривой, тем самым искажая истинные показатели проходимости бронхов.

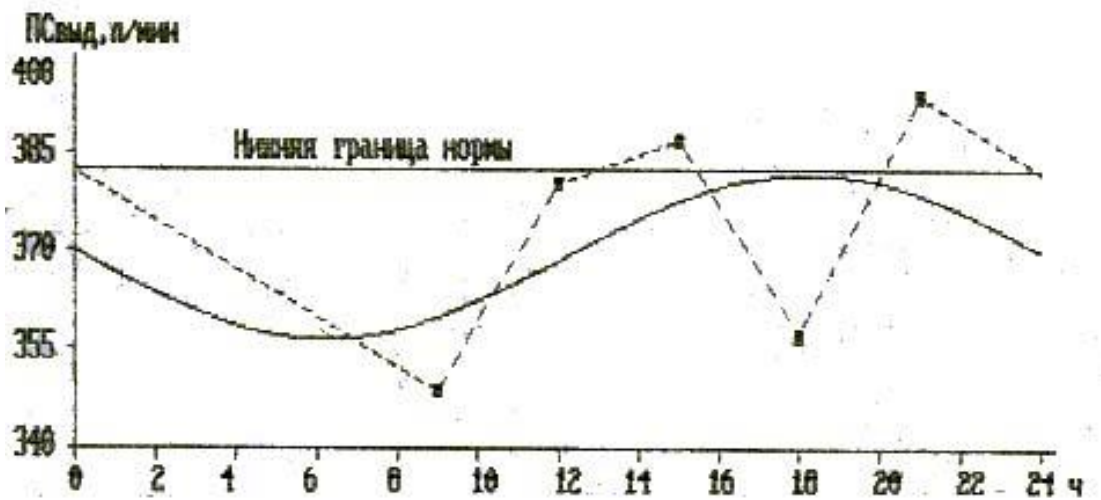


Рис.20 Синусоидальная модель периодикограммы.

Как видно из графика на рис.20, в 18 часов пиковая скорость выдоха существенно снизилась, в то время как аппроксимирующая функция возрасла. Данная модель не позволяет выявить патологию ритма (флуктуацию).

Поэтому наиболее информативна несинусоидальная методика аппроксимации периодикограммы.

На рис.21 представлено графическое изображение несинусоидальной модели периодикограммы.

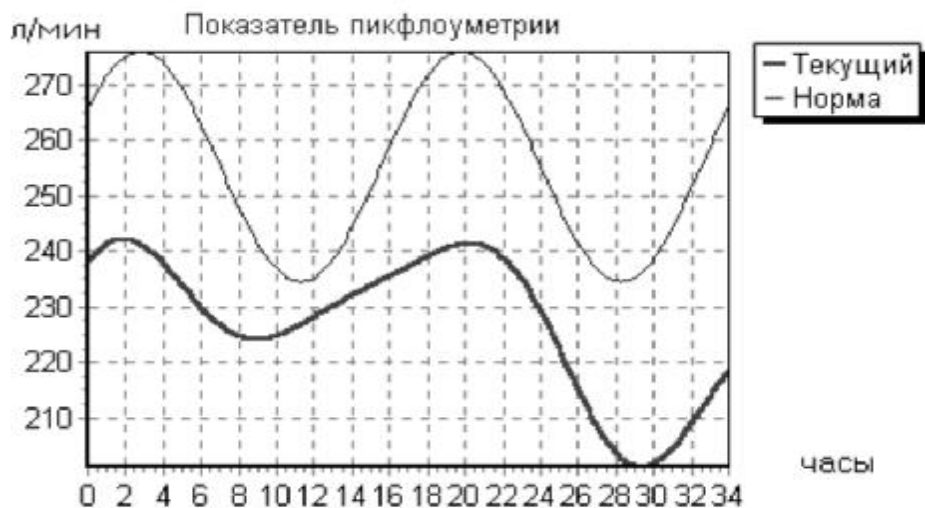


Рис. 21. Графическое изображение несинусоидальной модели дыхательного мониторингирования больного А.

Полученные данные графики ПСВ позволяют более объективно судить о динамически меняющейся проходимости дыхательных путей и оценить в целом состояние больного бронхиальной астмой.

Общие рекомендации по проведению исследования с использованием дыхательного монитрования

Исследование циркадианного ритма проходимости бронхов проводится на основании определения пиковой скорости выдоха с помощью пикфлоуметра. Обследование проводится у детей старше 5–6 лет, так как для осуществления измерения требуется волевое усилие и активное обучение пациента. Выбор временных точек:

1. Для точного исследования необходимы от 4 до 6 замеров на протяжении 2–3 суток).
2. Равномерно распределить временные точки на протяжении всех измеряемых суток. При этом ночной период не должен превышать 8 часов. Следует признать нецелесообразным пробуждение пациента ночью с целью измерения у него показателя ПСВ.
3. В случае приема пациентом медикаментов, влияющих на тонус бронхов, производить замер показателей до приема медикамента.

После ввода данных по фактическим измеряемым точкам проводится обсчет результатов на компьютере с построением аппроксимирующей кривой и расчетом ряда вторичных показателей.

Расчет вторичных показателей:

СПб – среднесуточная проходимость бронхов;

СПб% – отношение СПб к средненормальному среднесуточному значению проходимости бронхов, выраженное в процентах;

СЛб – размах колебаний между максимальными и минимальными точками кривой, выраженный в процентах по отношению к СПб;

мах НПС выд – определяется по пробе с ингаляционным селективным В2-адреномиметиком или вычисляется исходя из средненормального среднесуточного значения проходимости бронхов;

Мст – стандартизированный показатель, равный отношению СПб к максимальной ПСВ выд в процентах;

ПСмах – максимальное значение ПСВ, рассчитанное по кривой аппроксимации;

ПС min – минимальное значение ПСВ, рассчитанное по кривой аппроксимации;

T мин – время, соответствующее ПСВ мин.

При наличии флюктуирующего ритма рассчитываются дополнительные параметры:

СПбф – среднее значение проходимости бронхов на временном отрезке флюктуирующего ритма,

СПбф % – отношение СПбф к СПб, выраженное в процентах;

СЛбф – размах колебаний между максимальными и минимальными точками кривой на отрезке с флюктуирующим ритмом в процентах по отношению к СПбф;

Зр- зона риска – временной интервал, ограниченный точками аппроксимируемой кривой ПСВ на оси времени при ее выходе за пределы диапазона условной нормы в часах;

T-период – наиболее близкая к 24 часам составляющая спектра ПСВ;

A – среднее значение измеренных больным данных ПСВ.

В результате оценки аппроксимированной кривой, рассчитанных показателей, делается вывод об амплитуде ритма, наличии флюктуаций, оценивается среднесуточная проходимость бронхов, выделяется зона риска, когда угроза возникновения приступа реальна, оценивается хронотип. Ночной хронотип соответствует периоду зоны риска от 0 до 6 часов, утренний – от 6 до 12 часов, вечерний – от 18 до 24 часов.

Заключение дается на основании разработанного алгоритма анализа статистических показателей, анализа кривой аппроксимации, полученных характеристик изучаемого ритма, позволяющее объективно говорить о стадии ремиссии или обострения заболевания, о стабильности состояния и угрозе обострения, наступления астматического состояния или выхода из него, достоверно оценить эффективность проводимой терапии.

Особый интерес представляет собой сравнительный анализ заключений, полученных при стандартном подходе (оценка лишь СПб и суточного разброса) и при использовании методики дыхательного мониторинга.

В таблице 4 представлены данные пикфлоуметрического контроля больного Д., 9 лет.

Таблица 4

**Показатели ПСВ больной Д., 9 лет, рост 123 см
(норма СПб-275 л/мин, норма СЛб<20%)**

Дата замеров	Время замеров			Средне-суточная проходимость бронхов (СПб) (%)	Суточный разброс (%)	Стандартное заключение	Заключение «ДУНА»
	8.00	14.00	18.00				
1.03.03	250	260	255	91,8	2	Зеленая зона]Ремиссия заболевания]Нестабильная ремиссия]Нестабильная ремиссия]Период обострения заболевания с дезорганизацией ритма
2.03.03	250	230	240	89	4	Зеленая зона	
3.03.03	240	230	230	85,4	4	Зеленая зона	
4.03.03	230	200	220	81,8	4	Зеленая зона	
5.03.03	220	200	180	72,7	18	Желтая зона	
6.03.03	175	150	150	59	15	Красная зона	

Показатели ПСВ в дальнейшем анализировались с расчетом стандартных показателей и последующим построением графиков. Кроме того, эти же показатели ПСВ были обчислены с помощью программы дыхательного мониторинга с получением стандартного заключения.

По данным пикфлоуметрического контроля, больной Д. находился в «зелёной» зоне с 1.03.03 до 4.03.03 и лишь 5.03.03 сместился в зону повышенного внимания – «желтая» зона. С 6.03.03 отмечались существенное ухудшение показателей и смещение показателей в «красную» зону.

Обследование больного по программе дыхательного мониторинга 1.03.03 и 2.03.03 свидетельствовало о том, что показатели ПСВ соответствуют периоду ремиссии заболевания (см. рис.22.1).

АНАЛИЗ ЦИРКАДНОГО РИТМА ПРОХОДИМОСТИ БРОНХОВ

12. Д. Илья Дата рождения 10/18/94 Рост 123 см.

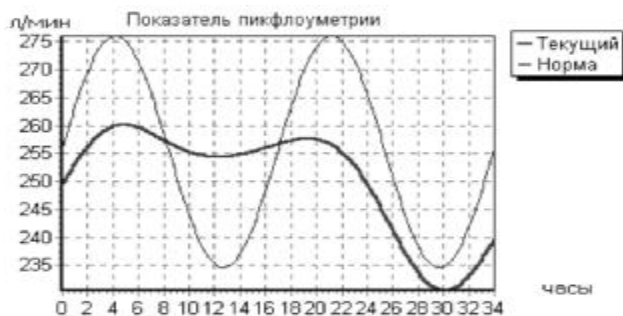
Измерения произведены на пикфлоуметре Ferraris

1

Дата Время замеров 8:00:00 AM 2:00:00 PM 6:00:00 PM

3/1/03 Показатель 250 260 255

3/2/03 250 230 240



СПб 255,4 СПб% 92,5 СЛб 11,6 ЗР 0 Мст. 80,5 ПС max 260,1 ПС min 230

Tmin 0 max N ПС выд. 317.4 Мср. 252.6 A 9.08 T 17

S1 = 1.42 S2 = 1.12 S3 = 0,19 T1 = 34 T2 = 17 T3 = 11.3

Циркадный ритм с нормальной амплитудой. Среднесуточная проходимость бронхов нормальная, с минимальной зоной риска и ночным хронотипом. Отсутствуют клинические и физикальные признаки бронхообструкции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Больной в стадии ремиссии заболевания

Рис.22.1. Результаты дыхательного мониторинга больного Д.

АНАЛИЗ ЦИРКАДНОГО РИТМА ПРОХОДИМОСТИ БРОНХОВ

12. Д. Илья Дата рождения 10/18/94 Рост 123 см,

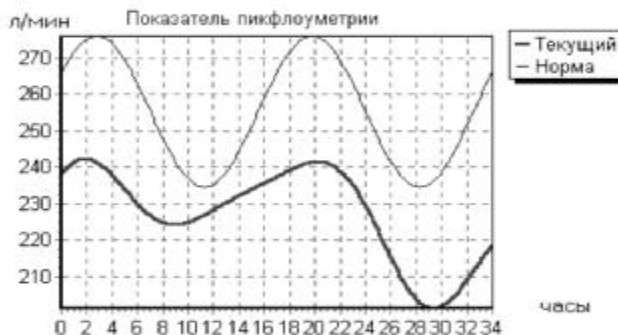
Измерения произведены на пикфлоуметре Ferraris

2

Дата Время замеров 8:00:00 AM 2:00:00 PM 6:00:00 PM

3/3/03 Показатель 240 230 225

3/4/03 230 200 220



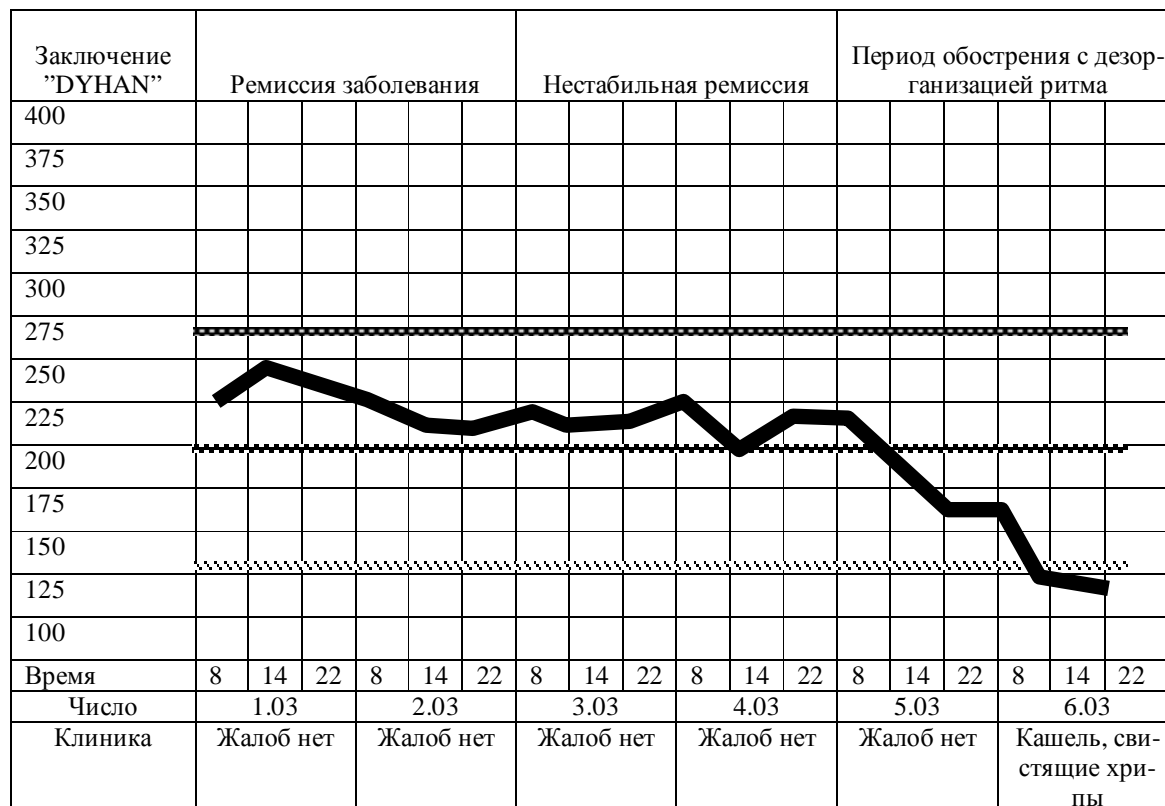
СПб 237,2 СПб% 85,9 СЛб 17,3 ЗР% 81,4 Мст. 71,7 ПС max 242,2 ПС min 201,2

Tmin 0 max N ПС выд. 317,4 Мср 234.4 A 11.2 T 17 S1 = 1.34 S2 = 1,83 S3 = 0.67 T1 = 34 T2 = 17 Циркадный ритм с повышенной амплитудой. Среднесуточная проходимость бронхов сниженная, с тотальной зоной риска и ночным хронотипом. Отсутствуют клинические и физикальные признаки бронхообструкции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Больной в стадии нестабильной ремиссии

Рис.22.2 Результаты дыхательного мониторинга больного Д.

Проведенный анализ периодикограммы уже 3.03.03 выявил неблагоприятные тенденции в дыхательном ритме больного Д. и общим заключением о переходе больного в стадию нестабильной ремиссии заболевания (рис.22.2; 22.3).



- – Показатели ПСВ у больного Д., 9 лет с бронхиальной астмой
- ▬ – Границы «зеленого» коридора (100-80% нормального СПб)
- ▬ – Нижняя граница «желтого» коридора (60% нормального СПб)

Рис. 22.3. Графическое изображение динамики показателей ПСВ у больного Д., 9 лет.

В то время, когда больной по данным стандартной пикфлоуметрии пребывал в «желтой» зоне, требующей обратить внимание на пациента, по данным дыхательного мониторинга больной уже находился в периоде обострения заболевания, что предусматривает применение неотложных мер по нормализации состояния пациента (рис.22.4).

Следует обратить внимание и на отсутствие жалоб у пациента вплоть до 6.03.03., когда появились признаки явной обструкции.

АНАЛИЗ ЦИРКАДНОГО РИТМА ПРОХОДИМОСТИ БРОНХОВ

12. Д. Илья Дата рождения 10/18/94 Рост 123см.

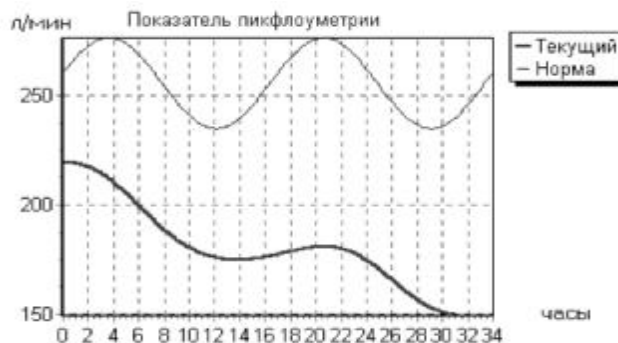
Измерения произведены на пикфлоуметре Ferraris

3

Дата Время замеров 8:00:00 AM 2:00:00 PM 6:00:00 PM

3/5/03 Показатель 220 200 180

3/6/03 175 150 150



СПб 213,9 СПб% 77,5 СЛб 32,8 ЗР 0 Мст. 67,4 ПС max 219,3 ПС min 149.1 Tmin 13,8
 max N ПС выд 317,4 Мср 214,9 А 11.09 Т 17 S1 = 1.33 S2 = 124 S3 = 0.26 T1 = 34 T2 = 17 T3 = 11.3
 Циркадный ритм с резко повышенной амплитудой. Среднесуточная проходимость бронхов сниженная, с
 тотальной зоной риска и не выраженным хронотипом. Отмечаются клинические и физикальные призна-
 ки бронхообструкции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Больной в периоде обострения бронхиальной астмы с минимальными признаками дезорганизации циркадного ритма бронхов

Рис.22.4. Результаты дыхательного мониторинга больного Д.

Представленные данные являются наглядным примером преимущества дыхательного мониторинга с последующим моделированием проходимости бронхов в не измеряемых точках и структурным анализом аппроксимированной кривой над стандартным подходом оценки данных пикфлоуметрии.

Таким образом, знание циркадианного ритма проходимости бронхов позволяет объективно оценить состояние пациента с бронхолегочным заболеванием, распознать болезнь на очень ранних стадиях, постоянно, неинвазивно контролировать состояние бронхов, исключить нередко ложно ощущаемые больными с бронхиальной астмой удушья. Благодаря изучению суточной периодики колебания просвета бронхов можно оптимизировать схему лечения больного, оценить эффективность любого медикаментозного и немедикаментозного метода лечения, обосновать длительность любого курса лечения. Изучая суточные колебания проходимости бронхов, можно выделить группу риска с бронхолегочными заболеваниями и с помощью профилактических мероприятий предотвратить развитие болезни.

Тестовый контроль

1. VC – это

- А) форсированная жизненная ёмкость лёгких.
- Б) жизненная ёмкость лёгких.
- В) объём форсированного выдоха за 1 сек.
- Г) пиковая скорость выдоха.

2. FVC – это

- А) форсированная жизненная ёмкость лёгких.
- Б) жизненная ёмкость лёгких.
- В) объём форсированного выдоха за 1 сек.
- Г) пиковая скорость выдоха.

3. FEV1- это

- А) форсированная жизненная ёмкость лёгких.
- Б) жизненная ёмкость лёгких.
- В) объём форсированного выдоха за 1 сек.
- Г) пиковая скорость выдоха.

4. Индекс Тиффно – это

- А) отношение объёма форсированного выдоха за 1 сек. к жизненной ёмкости лёгких, выраженное в процентах, и рассчитывается по формуле: $FEV1/VC \times 100$.
- Б) отношение объёма форсированного выдоха за 1 сек. к форсированной жизненной ёмкости лёгких, выраженное в процентах и рассчитывается по формуле: $FEV1/FVC \times 100$.
- В) отношение объёма форсированного выдоха за 3 сек. к жизненной ёмкости лёгких, выраженное в процентах и рассчитывается по формуле: $FEV3/VC \times 100$.
- Г) отношение объёма форсированного выдоха за 3 сек. к форсированной жизненной ёмкости лёгких, выраженное в процентах и рассчитывается по формуле: $FEV3/FVC \times 100$.

5. индекс Генслера – это

- А) отношение объёма форсированного выдоха за 1 сек. к жизненной ёмкости лёгких, выраженное в процентах и рассчитывается по формуле: $FEV1/VC \times 100$.

Б) отношение объема форсированного выдоха за 1 сек. к форсированной жизненной ёмкости лёгких, выраженное в процентах и рассчитывается по формуле: $FEV1/FVC \times 100$.

В) отношение объема форсированного выдоха за 3 сек. к жизненной ёмкости лёгких, выраженное в процентах и рассчитывается по формуле: $FEV3/VC \times 100$.

Г) отношение объема форсированного выдоха за 3 сек. к форсированной жизненной ёмкости лёгких, выраженное в процентах и рассчитывается по формуле: $FEV3/FVC \times 100$.

6. **PEF, или PEFR – это**

А) форсированная жизненная ёмкость лёгких.

Б) объём форсированного выдоха за 1 сек.

В) пиковая скорость форсированного выдоха.

Г) пиковая или максимальная скорость форсированного выдоха.

7. **MEF₇₅₋₂₅**

А) форсированная жизненная ёмкость лёгких.

Б) объём форсированного выдоха за 1 сек.

В) средняя объемная скорость на участке от 25 до 75% выдыхаемой форсированной жизненной ёмкости лёгких.

Г) пиковая или максимальная скорость форсированного выдоха на участке от 25 до 75% выдыхаемой форсированной жизненной ёмкости лёгких.

8. **MEF₂₅, MEF₅₀, MEF₇₅ — это**

А) максимальная объемная скорость в точке 25, 50 и 75% форсированной жизненной ёмкости лёгких.

Б) максимальная объемная скорость в точке 25, 50 и 75% жизненной ёмкости лёгких.

В) вместо обозначения MEF нередко используют обозначение FEF.

Г) вместо обозначения MEF нередко используют MOC₂₅, MOC₅₀, MOC₇₅.

9. **Жизненная ёмкость лёгких — это**

А) изменения объема легких в диапазоне от полного вдоха до полного выдоха (ЖЕЛВыдоха).

Б) изменения объема легких в диапазоне от полного выдоха до полного вдоха (ЖЕЛвдоха).

В) полный глубокий выдох, но с максимальным усилием, которое должно быть достигнуто в начале маневра и поддерживаться на всем его протяжении.

Г) полный глубокий вдох, но с максимальным усилием, которое должно быть достигнуто в начале маневра.

10) Форсированная жизненная емкость легких – это

А) Показатель, характеризующий максимальное количество воздуха, выдыхаемого форсированно после максимально глубокого вдоха.

Б) Полный глубокий выдох, но с максимальным усилием, которое должно быть достигнуто в начале маневра и поддерживаться на всем его протяжении.

В) Полный глубокий вдох, но с максимальным усилием, которое должно быть достигнуто в начале маневра.

Г) Медленный выдох, но максимально длинный.

11. В случае формирования обструкции у больного

А) показатель FVC существенно ниже VC.

Б) показатель FVC существенно выше VC.

В) показатель FVC сравнивается с VC.

Г) показатель FVC не меняется.

12. Снижение МОС указывает на:

А) наличие рестриктивных изменений в легких.

Б) наличие обструктивных изменений в легких.

В) сочетанные нарушения (обструкция и рестрикция).

Г) на сдавление бронхов извне.

13. Снижение МОС₇₅ (или МОС₇₅ если началом выдоха считать 0% FVC)

указывает на обструкцию:

А) в мелких бронхах (9–10 генерация и ниже)

Б) обструкцию средних бронхов.

В) обструкцию крупных бронхов (выше 6 генерации).

Г) на сдавление бронхов извне.

14. Снижение $МОС_{50}$ (или $МОС_{50}$ если началом выдоха считать 0% FVC)

указывает на обструкцию:

- А) в мелких бронхах (9-10 генерация и ниже).
- Б) обструкцию средних бронхов.
- В) обструкцию крупных бронхов (выше 6 генерации).
- Г) на сдавление бронхов извне.

15. Снижение $МОС_{25}$ (или $МОС_{25}$ если началом выдоха считать 0% FVC)

указывает на обструкцию:

- А) в мелких бронхах (9-10 генерация и ниже).
- Б) обструкцию средних бронхов.
- В) обструкцию крупных бронхов (выше 6 генерации).
- Г) на сдавление бронхов извне.

16. При правильно выполненном маневре ФЖЕЛ

- А) отсутствуют на кривой поток-объём резкие спады и подъёмы, «ступеньки» и провалы.
- Б) максимальный поток должен достигаться до выдоха 20% ФЖЕЛ, а затем по мере выполнения маневра поток прогрессивно уменьшается.
- В) Время достижения пиковой объёмной скорости выдоха $T_{пос}$ не меньше 0,2 сек. и не больше 1,1 сек.
- Г) обязательно должно быть соблюдаться следующее условие:

$$*PEF > \text{или} = MEF_{25} > MEF_{50} > MEF_{75}$$

*начало форсированного выдоха обозначают не как 100 % FVC, а как 0 % FVC

17. Обструктивные изменения на спирограмме характеризуются:

- А) в первую очередь снижением объёмных показателей.
- Б) в первую очередь снижением скоростных показателей.
- В) всегда снижением ЖЕЛ.
- Г) всегда снижением $МОС_{25,50}$ и 75.

18. При минимальной степени обструктивных изменений отмечается снижение:

- А. ЖЕЛ
- Б.ФЖЕЛ
- В.ООЛ
- Г.МОС75

19. При умеренной степени обструктивных изменений отмечается снижение:

- А. ФЖЕЛ
- Б.МОС25,50,75
- В.СОС25-75
- Г. Теста Тиффно

20. При выраженной степени обструктивных изменений отмечается снижение

- А. ЖЕЛ
- Б.ФЖЕЛ
- В.ООЛ
- Г.МОС75

21. При рестриктивных изменениях на спирограмме отмечается:

- А) снижение ЖЕЛ
- Б) снижение ФЖЕЛ
- В) повышение ООЛ
- Г) повышение МОС75

22. При рестриктивных изменениях на спирограмме отмечается :

- А) снижение теста Тиффно
- Б) снижение теста Генслера
- В) снижение ООЛ
- Г) снижение ФОЕ

23. Обструктивный тип спирограммы отмечается при:

- А) бронхиальной астме

- Б) ХОБЛ
- В) муковисцидозе
- Г) ателектазе

24. Обструктивный тип спирограммы отмечается при:

- А) инородных телах дыхательных путей
- Б) сливных пневмониях
- В) бронхолегочной дисплазии
- Г) сдавление бронхов объёмными процессами в средостенье

25. Рестриктивный тип спирограммы при:

- А) инородных телах дыхательных путей
- Б) сливных пневмониях
- В) облитерирующим бронхиолите
- Г) интерстициальных поражениях легких

26. Положительный бронхолитический тест характеризуется :

- А) повышением ОФВ1 на 12%
- Б. повышением ОФВ1 на 20%
- В. повышением ОФВ1 на 25%
- Г. повышением ОФВ1 на 30%

27. Положительный бронхолитический тест характеризуется :

- А) повышением ФЖЕЛ на 12%, если ОФВ1 не понизилось
- Б) повышением ОФВ1 на 20%, если ОФВ1 не понизилось
- В) повышением ОФВ1 на 25%, если ОФВ1 не понизилось
- Г) повышением ОФВ1 на 30%, если ОФВ1 не понизилось

28. Бронхолитический тест проводят:

- А) антигистаминными препаратами
- Б) с адреномиметиками
- В) с М-холинолитиками
- Г) с эуфиллином

29. Пикфлоуметр – это портативный прибор, который измеряет:

- А) только один показатель пиковой скорости выдоха (ПСВ).
- Б) ПСВ и ФЖЕЛ
- В) ОФВ1
- Г) МОС25

30. Астма считается «под контролем»- зеленая зона при значениях:

- А) среднесуточной проходимости бронхов (СПБ) более 80% и Δ более 15-20%.
- Б) СПБ до 60% и Δ до 30%
- В) СПБ ниже 60% и Δ выше 30%
- Г) СПБ ниже 60%

Номер вопроса	Правильный ответ	Номер вопроса	Правильный ответ
1	Б	16	АБВГ
2	А	17	БГ
3	В	18	Г
4	А	19	АБВГ
5	Б	20	АБГ
6	ВГ	21	АБ
7	В	22	ВГ
8	АВГ	23	Г
9	АБ	24	АВГ
10	АБ	25	БГ
11	А	26	А
12	Б	27	А
13	А	28	БВГ
14	Б	29	А
15	В	30	А

Приложение

Основные параметры спирограммы

VC	Vital Capacity Expiratory Reserved Volume Inspiratory Reserved Volume Tidal Volume	FEF-x VC ERV IRV TV	MEF-x* VC ERV IRV TV
FVC	Forced Vital Capacity Forced Expiratory Volume in 0.5 sec Forced Expiratory Volume in 1 sec Forced Expiratory Volume in 3 sec FEV1 ratio against FVC (Gaensler) FEV1 ratio against VC (Tilleneau) FEV3 ratio against FVC (Gaensler) FEV1 ratio against VC (Tiffeneau) Forced Expiratory Flow at 200- Forced Expiratory Flow in 25%-75% Forced Expiratory Flow in 75%-85% The largest FVC value The largest FEV1 value Expiratory Time Extrapolated Volume Forced Inspiratory Vital Capacity Forced Inspiratory Volume at 0.5 sec Ratio between FEV.5 and FIV.5	FVC FEV.5 FEV1 FEV3 FEV1/FVC% FEV1/VC% FEV3/FVC% FEV3/VC% FEF.2-1.2 FEF25-75% FEF75-85% BEST FVC BEST FEV1 EX TIME V ext FIVC FIV.5 FEV.5/FIV.5	FVC FEV.5 FEV1 FEV3 FEV1/FVC% FEV1/VC% FEV3/FVC% FEV3/VC% FEF.2-1.2 FEF25-75% FEF75-85% BEST FVC BEST FEV1 EX TIME V ext FIVC FIV.5 FEV.5/FIV.5
F-V	Peak Expiratory Flow Forced Expiratory flow at 25% Forced Expiratory flow at 50% Forced Expiratory flow at 75% Peak Inspiratory Flow Forced Inspiratory Flow at 50% Ratio between FEF50% and FIF50%	PEF FEF25% FEF50% FEF75% PIF FIF50% FEF50%/FIF50%	PEF MEF75% MEF50% MEF25% PIF MIF50% MEF50%/MIF50%
MVV	Maximum Voluntary Ventilation Respiration Rate Mean Tidal Volume	MVV RR MTV	MVV RR MTV

*European Factor

4.1 ПАРАМЕТРЫ

ОПИСАНИЕ	СРЕДНЯЯ ОБЪЕМНАЯ СКО- РОСТЬ (FEF _x)	МГНОВЕННАЯ ОБЪ- ЕМНАЯ СКОРОСТЬ ВЫДОХА (MEF _x)
		ВЫДОХА ^ MEF _x) VC ERV IRV TV
VC Жизненная емкость	VC	
Резервный объем выдоха	ERV	
Резервный объем вдоха	IRV	TV
Дыхательный объем	TV	
FVC Форсированная жизненная емкость легких	FVC	FVC
Объем форсированного выдоха за 0.5 сек	FEV.5	FEV.5
Объем форсированного выдоха за 1 сек	FEV1	FEV1
Объем форсированного выдоха за 3 сек	FEV3	FEV3
Индекс Gaensler (Генслера)	FEV1/FVC%	FEV1/FVC%
Индекс Tiffeneau(Тиффно)	FEV1/VC%	FEV3/VC%
Объемная скорость форсированного выдоха в интервале 200-1200 мл	FEF.2-1.2	FEF.2-1.2
Объемная скорость форсированного выдоха в интервале 25-75% FVC	FEF25-75%	FEF25-75%
Объемная скорость форсированного выдоха в интервале 75-85% FVC	FEF75-85%	FEF75-85%
Максимальное значение форсированной емкости легких	BEST FVC	BEST FVC
Максимальное значение форсированного выдоха за 1 сек.	BEST FEV1	BEST FEV1
Время выдоха	EX TIME	EX TIME
Экстраполированный объем	V ext	V ext
Форсированная жизненная емкость вдоха	FIVC	FIVC
Фосированный объем вдоха за 0,5 сек	FIV.5	FIV.5
Отношение FEV.5 к FIV.5	FEV.5/FIV.5	FEV.5/FIV5
F-V Пиковая объемная скорость выдоха	PEF	PEF
Мгновенная объемная скорость после выдоха 25% FVC	FEF25%	MEF75Z
Мгновенная объемная скорость после выдоха 50% FVC	FEF50%	MEF50%
Мгновенная объемная скорость после выдоха 75% FVC	FEF75%	MEF25%

7.1 ITS (Intermountain Thoracic Society)

Parameter	Sex	Ages	Predicted Equation	95%CI	Source
VC	(all)		Pred VC = Pred FVC		
FVC	M(W)	7 – 17	$3.58 * H^{3.18} * 10^{-4} / 1000$	SD=13%	Hsu
	M(B)	7 – 17	$1.07 * H^{2.93} * 10^{-3} / 1000$	SD=17%	Hsu
	M	18 –	$0.06 * H - 0.0214 * A - 4.650$	1.12	Crp
	F(W)	7 – 17	$2.57 * H^{2.78} * 10^{-3} / 1000$	SD=14%	Hsu
	F(B)	7 – 17	$8.34 * H^{2.98} * 10^{-4} / 1000$	SD=15%	Hsu
	F	18 –	$0.0491 * H - 0.0216 * A - 3.590$	0.68	Crp
FEV0.5	M	7 – 17	none		
	M	18 –	$0.0327 * H - 0.0152 * A - 1.914$	0.71	Crp
	F	7 – 17	none		
	F	18 –	$0.0238 * H - 0.0185 * A - 0.809$	0.51	Crp
FEV1.0	M(W)	7 – 17	$7.74 * H^3 * 10^{-4} / 1000$	SD=13%	Hsu
	M(B)	7 – 17	$1.03 * H^{2.92} * 10^{-3} / 1000$	SD=17%	Hsu
	M	18 –	$0.0414 * H - 0.0244 * A - 2.190$	0.84	Crp
	F(W)	7 – 17	$3.79 * H^{2.68} * 10^{-3} / 1000$	SD=14%	Hsu
	F(B)	7 – 17	$1.14 * H^{2.89} * 10^{-3} / 1000$	SD=15%	Hsu
	F	18 –	$0.0342 * H - 0.0255 * A - 1.578$	0.56	Crp
FEV3.0	M	7 – 17	none		
	M	18 –	$0.0535 * H - 0.0271 * A - 3.512$	1.02	Crp
	F	7 – 17	none		
	F	18 –	$0.0442 * H - 0.0257 * A - 2.745$	0.62	Crp
FEV1/FVC%	M	7 – 17	none		
	M	18 –	$-0.13 * H - 0.152 * A + 110.49$	8.30	Crp
	F	7 – 17	none		
	F	18 –	$-0.202 * H - 0.252 * A + 126.58$	9.10	Crp
FEV3/FVC%	M	7 – 17	none		
	M	18 –	$-0.0627 * H - 0.145 * A + 112.09$	4.60	Crp
	F	7 – 17	none		
	F	18 –	$-0.0937 * H - 0.163 * A + 118.16$	5.40	Crp
FEF25-75%	M(W)	7 – 17	$7.98 * H^{2.46} * 10^{-4} / 60$	SD=26%	Hsu
	M(B)	7 – 17	$3.61 * H^{2.60} * 10^{-4} / 60$	SD=36%	Hsu
	M	18 –	$0.0204 * H - 0.038 * A + 2.133$	1.67	Crp

F(W)	7 – 17	$3.79 * H^{2.16} * 10^{-3} / 60$	SD=28%	Hsu
F(B)	7 – 17	$1.45 * H^{2.34} * 10^{-3} / 60$	SD=30%	Hsu
F	18 –	$0.0154 * H - 0.046 * A + 2.683$	1.36	Crp

Parame-	Sex	Ages	Predicted Equation	95%CI	Source
PEF	M(W)	7-17	$3.35 * H^{2.79} * 10^{-4} / 60$	SD=18%	Hsu
		7-17	$1.74 * H^{2.92} * 10^{-4} / 60$	SD=22%	Hsu
	M(B)	18 –	$-0.026 * A + 2.38 * BSA + 4.63$		Bass
	F(W)	7-17	$2.58 * H^{2.37} * 10^{-3} / 60$	SD=18%	Hsu
	F(B)	7-17	$5.51 * H^{2.68} * 10^{-4} / 60$	SD=20%	Hsu
	F	18 –	$-0.028 * A + 3.93 * BSA - 0.0374 * H + 2.72$		Bass
FEF25%	M	7-17	none		
(HEF75%)	M	18 –	$-0.031 * A + 2.88 * BSA + 3.38$		Bass
	F	7-17	none		
	F	18 –	$-0.024 * A + 0.0413 * H - 0.30$		Bass
FEF50*	M	7-17	none		
(MEF50%)	M	18 –	$-0.038 * A + 2.35 * BSA - 0.0421 * H + 9.45$		Bass
	F	7-17	none		
	F	18 –	$-0.029 * A + 5.37$		Bass
FEF75%	M	7-17	none		
(MEF25%)	M	18 –	$-0.024 * A + 0.613 * BSA + 1.61$		Bass
	F	7-17	none		
	F	18 –	$-0.023 * A + 2.59$		Bass
MVV	M	7-17	none		
	M	18 –	$1.340 * H - 1.26 * A - 21.4$	56.8	Kory
	F	7-17	none		
	F	18 –	$0.807 * H - 0.57 * A - 5.50$	21.0	Lin

[Площадь поверхности тела : $BSA(m^2) = W^{0.425} * H^{0.725} * 7.184 * 10^{-4}$]

(W) :Белый	H Рост(cm)
(B) :Черный	W Вес(kg)
	A Возраст

7.2 KNUDSON

Parameter	Sex	Ages	Predicted Equation	(LLN)	Source
VC		(all)	Pred VC = Pred FVC		
FVC	M	6 - 11	$0.0409 * H$	-3.38	K2
	M	12 - 24	$0.0590 * H + 0.0739 * A$	-6.89	K2
	M	25 -	$0.0844 * H - 0.0298 * A$	-8.78	K2
	F	6 - 10	$0.0430 * H$	-3.75	K2
	F	11 - 19	$0.0416 * H + 0.0699 * A$	-4.45	K2
	F	20 - 69	$0.0444 * H - 0.0189 * A$	-3.19	K2
	F	70 -	$0.0313 * H - 0.0296 * A$	-0.19	K2
FEV0.5	M	6 - 24	$0.0300 * H + 0.0430 * A$	-3.05	K1
	M	25 -	$0.0370 * H - 0.0170 * A$	-2.75	K1
	F	6 - 19	$0.0190 * H + 0.0810 * A$	-1.74	K1
	F	20 -	$0.0190 * H - 0.0140 * A$	-0.41	K1
FEV1	M	6 - 11	$0.0348 * H$	-2.81	K2
	M	12 - 24	$0.0519 * H + 0.0636 * A$	-6.12	K2
	M	25 -	$0.0665 * H - 0.0292 * A$	-6.51	K2
	F	6 - 10	$0.0336 * H$	-2.76	K2
	F	11 - 19	$0.0351 * H + 0.0694 * A$	-3.76	K2
	F	20 - 69	$0.0332 * H - 0.0190 * A$	-1.82	K2
	F	70 -	$0.0143 * H - 0.0397 * A$	+2.65	K2
FEV1/FVC%	M	6 - 24	$-0.0813 * H$	+100.4	K2
	M	25 -	$-0.1050 * A$	+80.7	K2
	F	6 - 19	$-0.1909 * H + 0.6655 * A$	+110.0	K2
	F	20 -	$-0.1852 * H - 0.1886 * A$	+121.7	K2
FEF25-75%	M	6 - 11	$0.0338 * H$	-2.32	K2
	M	12 - 24	$0.0538 * H + 0.0749 * A$	-6.20	K2
	M	25 -	$0.0579 * H - 0.0363 * A$	-4.52	K2
	F	6 - 10	$0.0220 * H$	-0.81	K2
	F	11 - 19	$0.0279 * H + 0.1275 * A$	-2.80	K2
	F	20 - 69	$0.0300 * H - 0.0309 * A$	-0.41	K2
	F	70 -	$-0.0615 * A$	+6.37	K2

Parameter	Sex	Ages	Predicted Equation	(LLM)	Source	
PEF	M	6 - 24	$0.0780 * H + 0.1680 * A - 8.06$		K1	
	M	25 -	$0.0840 * H - 0.0350 * A - 5.89$		K1	
	F	6 - 19	$0.0490 * H + 0.1570 * A - 3.92$		K1	
	F	20 -	$0.0490 * H - 0.0250 * A - 0.74$		K1	
FEF25% (MEF75%)	M	6 - 24	$0.0700 * H + 0.1470 * A - 7.05$		X1	
	M	25 -	$0.0880 * H - 0.0350 * A - 5.82$		K1	
	F	6 - 19	$0.0440 * H + 0.1440 * A - 3.37$		K1	
	F	20 -	$0.0430 * H - 0.0250 * A - 0.13$		K1	
FEF50% (MEF50%)	M	6 - 11	$0.0378 * H$		-2.55	K2
	M	12 - 24	$0.0543 * H + 0.1150 * A - 6.39$			K2
	M	25 -	$0.0684 * H - 0.0366 * A - 5.54$			K2
	F	6 - 10		$0.1846 * A + 0.74$		K2
	F	11 - 19	$0.0288 * H + 0.1111 * A - 2.30$			K2
	F	20 - 69	$0.0321 * H - 0.0240 * A - 0.44$			K2
	F	70 -	$0.0118 * H - 0.0755 * A + 6.24$			K2
	F	70 -	$0.0118 * H - 0.0755 * A + 6.24$			K2
FEF75% (MEF25%)	M	6 - 11	$0.0171 * H$		-1.01	K2
	M	12 - 24	$0.0387 * H - 0.0057 * A - 4.24$			K2
	M	25 -	$0.0210 * H - 0.0230 * A - 2.48$			K2
	F	6 - 10	$0.0109 * H$		-0.17	K2
	F	11 - 19	$0.0243 * H + 0.2923 * A - 4.40 - 0.0075 * A^2$			K2
	F	20 - 69	$0.0174 * H - 0.0254 * A - 0.18$			K2
F	70 -	$-0.0172 * A + 1.89$			K2	
MVV	M	6 - 24	$1.8400 * H + 1.8000 * A - 192.3$			K3
	M	25 -	$2.0800 * H - 1.0800 * A - 168.1$			K3
	F	6 - 19	$1.0900 * H + 3.4000 * A - 108.1$			K3
	F	20 -	$1.0900 * H - 0.8400 * A - 31.8$			K3

7.3 ECCS (European Community for Coal and Steel)

Parameter	Sex	Ages	Predicted Equation	RSD _m	R	RSD _y	Source
VC	M	6 - 17	Pred VC = Pred FVC				
	M	25 -	$6.103H - 0.028A - 4.654$	0.251	0.94	0.56	
	F	6 - 17	Pred VC = Pred FVC				
	F	25 -	$4.684H - 0.024A - 3.284$	0.270	0.90	0.42	
FVC	M	6 - 17	1.000H				
	M	25 -	$5.757H - 0.026A - 4.345$	0.304	0.92	0.61	
	F	6 - 17	0.950H				
	F	25 -	$4.426H - 0.026A - 2.867$	0.234	0.93	0.43	
FEV1.0	M	6 - 17	0.840H				
	M	25 -	$4.301H - 0.029A - 2.492$	0.258	0.93	0.51	
	F	6 - 17	0.810H				
	F	25 -	$3.953H - 0.025A - 2.604$	0.205	0.94	0.38	
FEV1/VC%	M	6 - 17	0.84				
	M	25 -	$-0.178A + 87.21$	3.850	0.53	7.17	
	F	6 - 17	0.84				
	F	25 -	$-0.192A + 89.10$	3.730	0.59	6.51	
FEF25-75%	M	6 - 17	none				
	M	25 -	$1.944H - 0.043A + 2.699$	0.883	0.66	1.04	
	F	6 - 17	none				
	F	25 -	$1.252H - 0.034A + 2.924$	0.437	0.73	0.85	
PEF	M	6 - 17	$8.200 * H - 6.80$				
	M	25 -	$8.146 * H - 0.043 * A + 0.154$	0.787	0.74	1.21	
	F	6 - 17	$6.700 * H - 5.30$				
	F	25 -	$5.501 * H - 0.030 * A - 1.106$	0.707	0.69	0.90	
MEF75% (FEF25%)	M	6 - 17	none				
	M	25 -	$5.459 * H - 0.029 * A - 0.470$	0.534	0.80	1.71	
	F	6 - 17	none				
	F	25 -	$3.218 * H - 0.025 * A + 1.596$	0.230	0.90	1.35	
MEF50% (FEF50%)	M	6 - 17	$5.600 * H - 4.40$				
	M	25 -	$3.794 * H - 0.031 * A - 0.352$	0.934	0.54	1.32	
	F	6 - 17	$4.600 * H - 3.30$				
	F	25 -	$2.450 * H - 0.025 * A + 1.158$	0.532	0.53	1.10	
	M	18 -	$1.34 * H * 100 - 1.26 * A - 21.40$				
	F	8 - 17	none				

Parameter	Sex	Age	Predicted Equation	RSD _m	R	RSD ₂	Source
MEF25%	M	6 - 17	none				
(FEF75%)	M	25 -	$2.605 * H - 0.026 * A - 1.338$	0.721	0.54	0.78	
	F	6 - 17	none				
	F	25 -	$1.050 * H - 0.025 * A + 1.107$	0.512	0.58	0.69	
MVV	M	6 - 17	none				
	M	18 -	$1.34 * H + 100 - 1.26 * A - 21.40$				Kory
	F	6 - 17	none				
	F	18 -	$0.607 * H * 100 - 0.57 * A - 5.5$				Lindalf

Номограммы для пикфлоуметров различных фирм

Vitalograp Vitaloeraph

Возраст	5	8	11	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Рост																		
100	24	24	24															
105	51	51	51															
110	77	77	77															
115	104	104	104															
120	130	130	130															
125	156	156	156															
130	183	183	183															
135	209	209	209															
140	236	236	236	414	456	481	494	499	497	491	480	467	452	436	418	400	381	362
145	262	262	262	423	466	491	504	509	508	501	491	477	462	445	427	408	389	370
150	289	289	289	432	475	501	514	519	518	511	500	487	471	454	436	417	397	378
155	315	315	315	440	484	510	524	529	527	520	510	496	480	463	444	425	405	385
160	342	342	342	448	492	519	533	538	536	530	519	505	489	471	452	432	412	392
165	368	368	368	456	500	527	542	547	545	538	527	513	497	479	460	440	419	399
170	394	394	394	463	508	535	550	555	554	546	535	521	504	486	467	447	426	405
175	421	421	421	469	515	543	558	563	561	554	543	528	512	493	474	453	432	411
180	-	-	-	476	522	551	566	571	569	562	550	536	519	500	480	459	438	417
185	-	-	-	482	529	558	573	578	576	569	557	543	525	506	486	465	444	422
190	-	-	-	488	536	564	580	585	583	576	564	549	532	513	492	471	450	428

(мужчины)

Номограммы для пикфлоуметров различных фирм

Vitalograph Vitalograph (мужчины)

Возраст	5	8	11	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Рост																		
100	24	24	24														
105	51	51	51														
ПО	77	77	77														
115	104	104	104														
120	130	130	130														
125	156	156	156														
130	183	183	183														
135	209	209	209														
140	236	236	236	414	456	481	494	499	497	491	480	467	452	436	418	400	381	362
145	262	262	262	423	466	491	504	509	508	501	491	477	462	445	427	408	389	370
150	289	289	289	432	475	501	514	519	518	511	500	487	471	454	436	417	397	378
155	315	315	315	440	484	510	524	529	527	520	510	496	480	463	444	425	405	385
160	342	342	342	448	492	519	533	538	536	530	519	505	489	471	452	432	412	392
165	368	368	368	456	500	527	542	547	545	538	527	513	497	479	460	440	419	399
170	394	394	394	463	508	535	550	555	554	546	535	521	504	486	467	447	426	405
175	421	421	421	469	515	543	558	563	561	554	543	528	512	493	474	453	432	411
180	-	-	-	476	522	551	566	571	569	562	550	536	519	500	480	459	438	417
185	-	-	-	482	529	558	573	578	576	569	557	543	525	506	486	465	444	422
190	-	-	-	488	536	564	580	585	583	576	564	549	532	513	492	471	450	428

Vitalograph (женщины)

Возраст	5	8	11	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Рост																		
75	80	85																
100	39	39	39															
105	65	65	65															
ПО	92	92	92															
115	118	118	118															
120	145	145	145															
125	171	171	171															
130	197	197	197															
135	224	224	224															
140	250	250	250	348	369	380	384	383	379	371	362	352	340	328	316	302	289	276
145	276	276	276	355	376	387	391	390	385	378	369	358	347	334	321	308	294	281
150	303	303	303	360	382	393	397	396	391	384	375	364	352	340	327	313	300	286
155	329	329	329	366	388	399	403	402	397	390	381	370	358	345	332	318	304	290
160	356	356	356	371	393	405	409	408	403	396	386	375	363	350	337	323	309	295
165	382	382	382	376	398	410	414	413	408	401	391	380	368	355	341	327	313	299
170	408	408	408	381	403	415	419	418	413	406	396	385	372	359	346	331	317	303
175	435	435	435	385	408	420	424	423	418	411	401	389	377	364	350	335	321	307
180				390	413	425	429	428	423	415	405	394	381	368	354	339	325	310
185				394	417	429	433	432	427	419	409	398	385	372	358	343	328	314
190				398	421	433	438	436	432	424	414	402	389	375	361	347	332	317

Yaeger (женщины)

Возраст	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
140	314	305	296	287	278	26	260	251	242	233	224	215	206	197
145	331	322	313	304	295	28	277	268	259	250	241	232	223	214
150	347	338	329	320	311	30	293	284	275	266	257	248	239	230
155	364	355	346	337	328	31	310	301	292	283	274	265	256	247
160	380	371	362	353	344	33	326	317	308	299	290	281	272	263
165	397	388	379	370	361	35	343	334	325	316	307	298	289	280
170	413	404	395	386	377	368	359	350	341	332	323	314	305	296
175	430	421	412	403	394	385	376	367	358	349	340	331	322	313
180	446	437	428	419	410	401	392	383	374	365	356	347	338	329
185	463	454	445	436	427	418	409	400	391	382	373	364	355	346
190	479	470	461	452	443	434	425	416	407	398	389	380	371	362
195	496	487	478	469	460	451	442	433	424	415	406	397	388	379
200	512	503	494	485	476	467	458	449	440	431	422	413	404	395

Yaeger (дети и подростки)

Рост	100	105	110	115	120	125	130	135
Показатель ПСВ	106	132	159	185	212	238	265	291

Ferraris Ferraris

(мужчины)

Возраст	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
160	518	568	598	612	613	606	592	578	565	555	544	534
168	530	580	610	623	623	617	603	589	577	566	556	546
175	540	590	622	636	635	627	615	601	588	578	568	558
183	552	601	632	645	646	638	626	612	600	589	578	568
190	562	612	643	656	656	649	637	623	611	599	589	579

Ferraris (женщины)

Возраст	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
145	438	445	450	452	452	449	444	436	426	415	400	385
152	450	456	461	463	463	460	456	448	437	425	410	396
160	461	467	471	474	473	470	467	458	449	437	422	407
168	471	478	482	485	484	482	478	470	460	448	434	418
175	481	488	493	496	496	493	488	480	471	458	445	428

Ferraris (дети и подростки)

Рост	91	99	107	114	122	130	137	145	152	160	168	175
Показатель ПСВ	100	120	140	170	210	250	285	325	360	400	440	480

Продолжение

Mini Wright Mini

Wright (женщины)

Возраст Рост	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
155	44	463	474	478	477	472	465	456	445	433	420	407	393	379	365
160	44	468	480	484	483	478	471	461	450	438	425	412	398	384	370
165	45	473	485	489	488	483	476	466	455	443	430	416	402	388	374
170	45	478	490	494	493	488	481	471	460	447	434	421	406	392	378
175	46	483	495	499	498	493	486	476	464	452	439	425	410	396	382

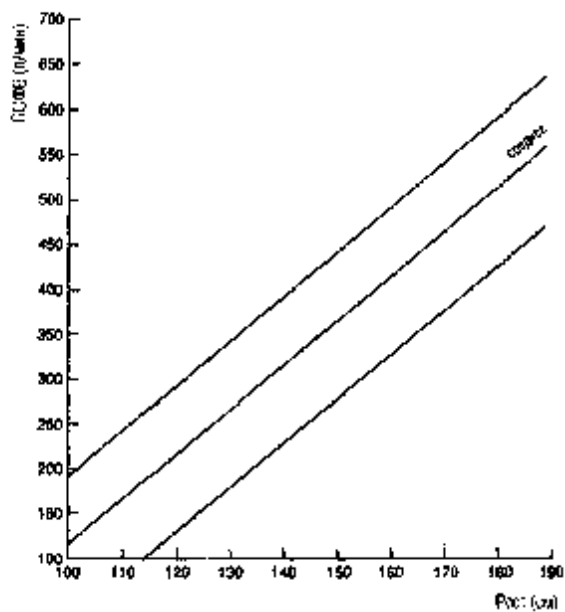
Mini Wright (мужчины)

Возраст Рост	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
160	52	567	594	608	613	611	605	594	580	564	546	527	507	487	467
165	53	575	602	617	622	620	613	602	588	572	554	535	515	494	474
170	53	583	610	625	630	629	621	610	596	579	561	542	522	501	480
175	54	590	618	633	638	636	629	618	603	587	568	549	528	507	486
180	55	597	626	641	646	644	637	625	611	594	575	555	534	513	492
185	55	604	633	648	653	651	644	632	618	600	581	561	540	519	497
190	56	611	639	655	660	658	651	639	624	607	588	567	546	525	503

Mini Wright (дети и подростки)

Рост	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
Пол																	
мальчики	106	132	159	185	212	238	265	291	318	344	370	397	423	450	476	503	529
девочки	105	132	158	185	211	237	264	290	317	343	369	396	422	449	475	501	528

Мисто Medical (дети и подростки)



GREGG I. and NUNN A. J. BMJ 1973, 3, 282-284

Мужчины

Возраст	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Рост (см)											
120	459	510	540	554	555	547	534	520	509	505	512
125	467	517	548	561	562	554	541	528	517	513	519
130	474	525	555	569	569	561	549	535	524	520	527
135	481	53	562	576	577	569	556	542	531	527	534
140	489	539	570	563	584	576	563	550	539	535	541
145	496	547	577	590	591	583	571	557	546	542	549
150	503	554	584	598	599	591	578	564	553	549	556
155	511	561	591	605	606	598	585	571	561	557	563
160	518	569	599	612	613	605	592	579	568	564	571
165	525	576	606	620	621	613	600	586	575	571	578
170	532	583	613	627	628	620	607	593	582	578	585
175	540	590	621	634	635	627	614	601	590	586	592
180	547	598	628	642	642	634	622	608	597	593	600
185	554	605	635	649	650	642	629	615	604	600	607
190	562	612	643	656	657	649	636	623	612	608	614

Женщины

Возраст	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Рост (см)											
120	404	411	415	418	417	415	410	403	393	381	366
125	411	418	423	425	425	422	417	410	400	388	374
130	418	425	430	432	432	429	424	417	407	395	381
135	425	432	437	439	439	436	431	424	414	402	388
140	432	439	444	446	446	443	438	431	421	409	395
145	439	446	451	453	453	450	446	438	429	416	402
150	446	453	458	460	460	458	453	445	436	424	409
155	453	460	465	467	467	465	460	452	44	431	416
160	461	468	472	474	474	472	467	460	45	438	423
165	469	475	479	482	481	479	474	476	457	445	430
170	475	482	486	489	488	486	481	474	464	452	437
175	482	489	494	496	496	493	488	481	471	459	445
180	489	496	501	503	503	500	495	483	47	466	452
185	496	503	508	510	510	507	502	495	48	473	459
190	503	510	515	517	517	514	509	502	49	480	466

Дети

GODFREY ET AL BRIT. J. DIS. CHEST 64,15 (1970)

Рост(см)	PEF(L/M)	Рост (см)	PEF (L/M)
100	106	145	344
105	132	150	370
110	159	155	397
115	185	160	423
120	212	165	450
125	238	170	476
135	291	175	503
		180	529

ЛИТЕРАТУРА

1. Аллергология /Под ред. Федосеева Г.Б. – Нормед, СПб.: 2001. – Т. 2, – 464 с.
2. Бронхиальная астма у детей / Под ред. Каганова С.Ю. – М., Медицина, 1999, – 368 с.
3. Глобальная стратегия лечения и профилактики бронхиальной астмы. Национальный институт здоровья США. Пересмотр 2002. – М., Атмосфера, 2002, – 157 с.
4. Гриппи М.А. Патофизиология легких. – М, Бином,1997. – 325 с.
5. Национальная программа «Бронхиальная астма у детей. Стратегия лечения и профилактика» – М.: 1997, – 93 с.
6. Чучалин А.Г. Бронхиальная астма., М. – Изд. дом Русский врач, 2001. – 144 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Спирометрия	3
1.2. Петля поток—объем	5
1.3. Модель дыхательной системы	6
1.4. Процедура оценки функции дыхательной системы с помощью кривой поток-объем	10
1.5. Оценка правильности проведения спирографического маневра	18
1.6. Оценка полученных результатов спирографии	20
1.7. Проба с бронходилататорами.....	26
2. Пикфлоуметрия	33
2.1. Математический метод анализа суточных ритмов проходимости бронхов	38
Тестовый контроль	47
Приложение	54
Литература.....	66

Новик Г.А., Боричев А.В.

СПИРОМЕТРИЯ И ПИКФЛОУМЕТРИЯ ПРИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЕ У ДЕТЕЙ

Учебное пособие

Лицензия № 020383 от 14 апреля 1998 г.

Подписано в печать 28.10.2004 г. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Объем 4,25 печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 80.

Издание ГПМА, 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д.2.
Отпечатано в ЦМТ СПбГПМА

