Лекция 9. Должные величины

В качестве должных величин в спирометрии используют статистически обработанные результаты измерений в репрезентативных группах здоровых лиц. Другими словами, должные величины - статистически наиболее вероятные результаты спирометрии у здорового человека. Было установлено, что эти показатели коррелируют с данными обследованных лиц: расой, полом, ростом и возрастом, однако практически не зависят от других факторов.

Должные величины могут приводиться в виде таблиц или номограмм, а могут быть рассчитаны, если известны данные пациента. Для этого применяют простую формулу:

$$ДВ = k_1 Рост + k_2 Возраст + k_3,$$

где $к_{1,2,3}$-коэффициенты для каждого отдельного параметра *(ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ$_1$*и т.п.), которые зависят от популяции, на которой они были получены, и пола обследуемого. Поскольку с возрастом объемные и скоростные показатели внешнего дыхания претерпевают определенную динамику (см. рис. 9), увеличиваясь приблизительно до 25 лет, а затем плавно снижаясь, то для разных возрастных групп $к_2$будет иметь не только разное значение, но и отрицательный знак для людей в возрасте старше приблизительно 25 лет.

Как правило, для каждого показателя у взрослых приводятся 4 группы коэффициентов: по 2 для мужчин и женщин в возрастных группах старше и моложе 25 лет.

У детей должные величины в наибольшей степени зависят от роста и меньше - от возраста и пола. Это учитывается в соответствующих уравнениях и увеличивает число групп коэффициентов.

Разработка систем должных величин - очень длительный и трудоемкий процесс, требующий обследования больших репрезентативных выборок практически здоровых лиц в широком диапазоне возрастов и скрупулезного статистического анализа полученных данных. Кроме этого, необходимо так подобрать коэффициенты в уравнениях регрессии, чтобы при переходе от одной возрастной группы к другой не происходило существенного изменения рассчитанной должной величины.

Разработаны несколько десятков систем должных величин , однако не все из них широко используются и применимы к популяции жителей России. Наиболее известными и применяемыми в нашей стране являются системы

нормативов Р.Ф. Клемента и соавт. (Санкт-Петербург) с модификациями для детей, R.J. Knudson, Европейского общества угля и стали (ECCS).

Таблица 5. Допустимые диапазоны возраста и роста пациентов в некоторых системах должных величин показателей ФВД

Система	Пол	Допустимый диапазон	
		Возраст, лет	Рост, см
Клемент	Мужчины	6-17	100-199
		18-70	149-203
	Женщины	6-17	100-199
		18-70	140-185
ECCS	Мужчины	18-70	153-200
	Женщины	18-70	143-182
Knudson	Мужчины	6-11	110-155
		12-25	138-200
		26-85	151-200
	Женщины	6-10	105-148
		11-20	130-185
		21-85	144-180

При работе со спирометрами зарубежного производства необходимо уточнить, какая система должных величин в них используется и возможен ли выбор одной из указанных выше систем. Особенно это важно для спирометров, произведенных в Азии (Япония, Корея, Китай, другие страны), поскольку должные величины для представителей азиатских народов значительно отличаются от европейских.

Известно, что различия одной и той же величины, например *ЖЕЛ* или *ФЖЕЛ,* между разными системами должных величин могут превышать 15% (физиологическую вариабельность параметров ФВД). Это необходимо учитывать при оценке динамики спирометрических показателей. Оценки результатов спирометрии в разных системах должных величин вполне могут оказаться различными, что может привести к заблуждениям относительно динамики состояния пациента и диагностическим ошибкам.

Системы должных величин могут различаться по числу вентиляционных параметров, для которых в ней имеются нормативы. В большинстве систем нормативов имеются должные величины для: *ЖЕЛ*, *ФЖЕЛ*, $ОФВ_1$, индексов $ОФВ_1/ЖЕЛ$ или $ОФВ_1/ФЖЕЛ$, *ПОС*, $МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$, в некоторых системах дополнительно $СОС_{25-75}$. Сопоставления именно этих величин с должными достаточно для клинической интерпретации результатов рутинных исследований ФВД. Вместе с тем, системы должных величин могут включать разное число показателей, поэтому обследование одного и того же пациента даже на одном

приборе может сопровождаться разными результатами в терминах «процентов от должных», если переключить систему должных величин.

Каждая система должных величин характеризуется диапазонами возраста и роста пациентов, к которым она применима (табл. 5). Это существенно, поскольку при выходе роста или возраста пациента за пределы этих диапазонов должная величина либо не будет рассчитана, либо полученное значение, корректное с математической точки зрения, может иметь значительную ошибку. Причина ошибки заключается в том, что расчеты по уравнениям регрессии статистически корректны лишь в пределах изменения независимых факторов (возраст, рост) в группах пациентов, обследованных при разработке системы должных величин. Другими словами, если были обследованы пациенты ростом до 170 см, то расчеты будут выполняться для пациентов включительно до этого роста. За границей обследованного диапазона данные будут слишком ненадежны.

При обследовании пациентов старше, чем предельный возраст, для которого имеются должные величины, в качестве исключения допускается использование должных для самого старшего возраста в системе.

Лекция 10. Оценка спирометрических показателей и построение заключения по спирометрическому исследованию на основе рекомендаций ATS/ERS (2005)

Анализ спирометрических показателей строится на сравнении зарегистрированных (наилучших значений) объемных и скоростных показателей с должными величинами. Анализ проводится в несколько этапов:

1. Сначала оценивается правильность выполнения тестов ЖЕЛ и ФЖЕЛ. В случае некачественного их выполнения дальнейших анализ теряет смысл. Оценка качества спирометрического исследования рассмотрена в гл. 12.

2. Оценка отклонения спирометрических показателей у обследованного по отношению к должным величинам.

3. Выявление признаков обструктивного и возможного (только предположительно) рестриктивного синдромов (рис. 24).

4. Оценка наличия обструктивных нарушений по уменьшению показателя $ОФВ_1$ /*ЖЕЛ* или $ОФВ_1$/*ФЖЕЛ*, если выполнена только проба *ФЖЕЛ* (у лиц среднего и пожилого возраста этот показатель в норме не менее 70%).

5. Степень обструкции оценивается по уменьшению *ОФВ*? к должной (табл. 6)

6. Оценка степени изменения остальных спирометрических показателей (табл. 7).

7. Если проводился бронходилатационный тест, то проводится оценка обратимости бронхиальной обструкции и степени выраженности бронходилатационного ответа.

Выявление основных синдромов: обструктивного и рестриктивного

На рис. 24 представлена схема выявления обструктивного и рестриктивного синдромов по спирометрическим показателям. Анализ начинается с оценки величины $ОФВ_1/ЖЕЛ$ (индекса Тиффно) по отношению к нижней границе нормы этого показателя. Для лиц среднего и пожилого возраста в качестве нижней границы нормы может быть использована величина в 70%. Если $ОФВ_1/ЖЕЛ$ не снижена, то анализируют показатель *ЖЕЛ* (отношение к должной). При ее нормальном значении следует заключение о нормальных значениях спирометрических показателей.

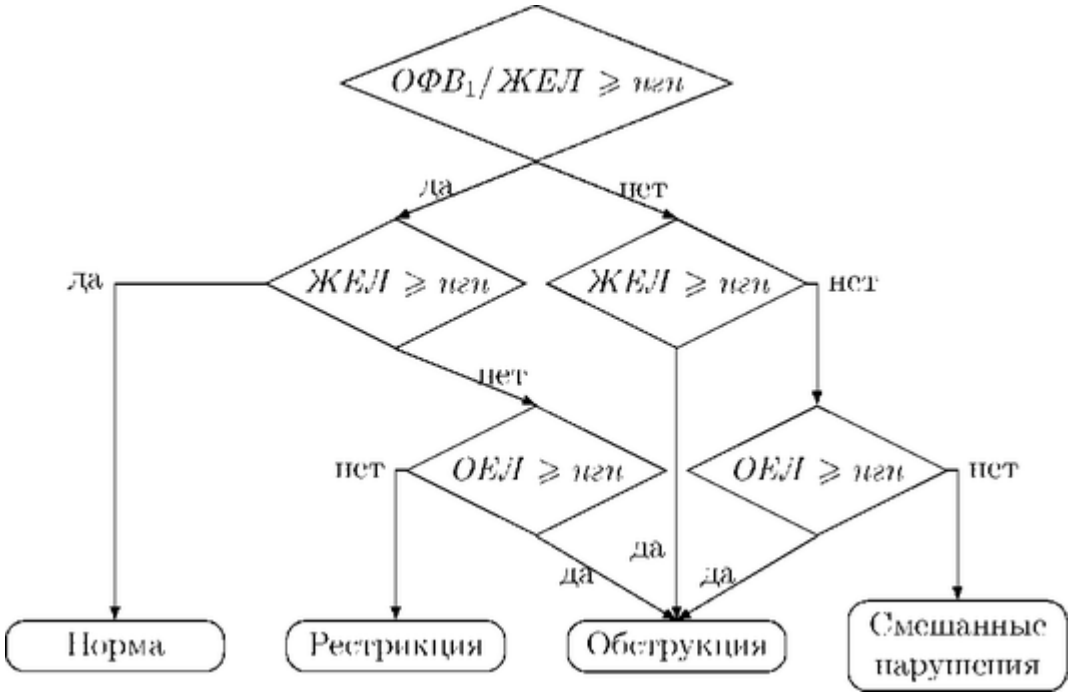

Рис. 24. Схема анализа спирометрических показателей по ATS/ERS (2005). *нгн* - нижняя граница нормы

При сниженном значении *ЖЕЛ* необходим анализ структуры общей емкости легких. При уменьшении *ОЕЛ* делается заключение о рестриктивных нарушениях. Заключение о рестриктивных нарушениях без анализа *ОЕЛ* только по снижению *ЖЕЛ* является некорректным. При сниженном значении $ОФВ_1/ЖЕЛ$ имеются обструктивные нарушения. При малоизмененной величине *ЖЕЛ* преобладающим нарушением является обструктивный синдром. При снижении *ЖЕЛ* необходим анализ *ОЕЛ:* ее

увеличение характерно для обструкции, а уменьшение в данном случае отражает смешанные нарушения, т. е. сочетание обструкции и рестрикции.

Оценка степени обструктивных нарушений

Оценка степени выраженности обструктивных нарушений строится на анализе степени уменьшения величины *ОФВ* по отношению к должной величине. В табл. 6 представлены градации нарушений по ATS/ERS (2005). Приводятся английские термины и их примерный перевод.

Таблица 6. Оценка степени обструктивных нарушений по *ОФВ?* по ATS/ERS (2005)

Степень тяжести	*ОФВí,* % к ДВ
Легкие (mild)	>70%
Умеренные (moderate)	60-69%
Средней тяжести (moderate severe)	50-59%
Выраженные (severe)	35-49%
Резко выраженные (very severe)	<35%

Таблица 7. Границы нормы и градации отклонения показателей внешнего дыхания (по Л.Л. Шику, Н.Н. Канаеву)

Показатели	Норма	Условная	Изменения		
% к *ДВ*		норма	умеренные	значительные	резкие
ОФВ$_1$	>85	75-85	55-74	35-54	<35
ЖЕЛ, ФЖЕЛ	>90	85-90	70-84	50-69	<50
ОФВ$_1$ */ЖЕЛ* %	>70	65-70	55-64	40-54	<40
МВЛ	>85	75-85	55-74	35-54	<35
ОЕЛ	90-110	110-115	116-125	126-140	>140
		85-90	75-84	60-74	<60
ООЛ	90-125	126-140	141-175	176-225	>225
		85-89	70-84	50-69	<50
ПОС, МОС		< 60	40-60	20-40	<20

Следует подчеркнуть, что сам факт наличия обструкции устанавливается по факту снижения *ОФВ*$_1$*/ЖЕЛ*, а степени обструкции - по степени снижения *ОФВ*$_1$Иногда при начальных обструктивных нарушениях могут быть нормальные значения *ОФВ*$_1$*/ЖЕЛ* (более 70%) и *ОФВ*$_1$(более 70%) при сниженном значении показателя *СОС25-75* (менее 60%). Степень снижения *ЖЕЛ, ФЖЕЛ*, изменений *ОЕЛ* и ее составляющих может быть оценена по табл. 7.

Оценка рестрикции

Факт наличия рестрикции устанавливается по снижению *ОЕЛ*, степень уменьшения *ОЕЛ* может быть оценена по табл. 7. Если исследование *ОЕЛ* не проводилось, а при наличии обструкции выявлено уменьшение *ЖЕЛ* и/или *ФЖЕЛ,* то после описания степени обструкции описывается степень уменьшения каждого из этих *(ЖЕЛ* и *ФЖЕЛ*) показателей, но без указания наличия рестрикции и, тем более, смешанных нарушений.

Примеры заключений приводятся в гл. 16.

Лекция 11. Критерии качества и дефекты спирометрического исследования

Оценка качества выполнения маневров - обязательный этап как проведения исследования, так и его описания. Ошибки при проведении дыхательных маневров являются серьезной проблемой при интерпретации результатов исследования ФВД. Исследования, выполненные с ошибками, должны быть отбракованы, а заключения, сформированные на их основе, будут, скорее всего, ошибочными и не будут отражать актуального состояния пациента.

Наиболее частыми дефектами при исследовании *ЖЕЛ* являются:

1. Попытки приложить форсирующие усилия на вдохе или выдохе.
2. Задержка дыхания на высоте вдоха.
3. Попытка максимальной вентиляции (частое, неглубокое дыхание).
4. Кашель.
5. Утечка воздуха из углов рта или поступление воздуха на вдохе, в том числе и при отсутствии носового зажима или неправильном его наложении.
6. Закрытие мундштука языком, сжатие мундштука зубами.
7. Отсутствие воспроизводимости *ЖЕЛ* как минимум в трех попытках.

Наиболее частыми дефектами при исследовании форсированного выдоха (пробы *ФЖЕЛ)* являются:

1. Медленное развитие экспираторного усилия.
2. Преждевременное завершение маневра (менее 3-6с).
3. Кашель.
4. Маневр Вальсальвы.
5. Утечка воздуха из углов рта.
6. Закрытие мундштука языком, сжатие мундштука зубами.
7. «Довдыхание» во время маневра.
8. Отсутствие воспроизводимости как минимум в трех попытках.

Ниже эти дефекты рассматриваются подробно. Персонал, непосредственно проводящий исследования, должен своевременно выявлять ошибки выполнения маневров и корректировать действия обследуемого. Это требование в полной мере относится к среднему медицинскому персоналу.

Типичные дефекты определения *ЖЕЛ* представлены на рис. 25. Ошибочное приложение форсирующих усилий на вдохе и выдохе приводит к формированию спирограммы с нехарактерно острым пиком, часто сопровождается уменьшением $PO_{выд}$, а *ЖЕЛ* чаще всего снижается.

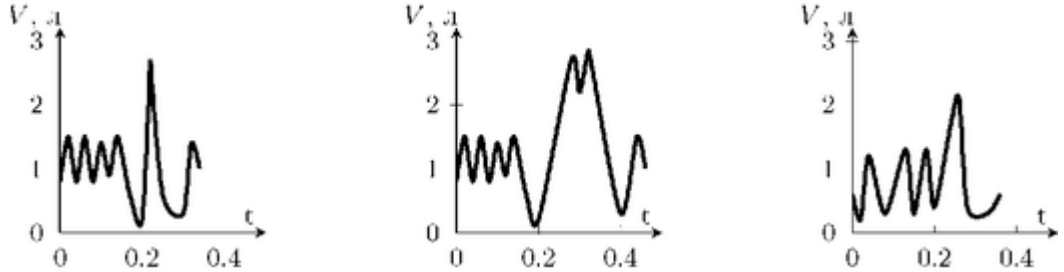

Рис. 25. Некоторые дефекты определения ЖЕЛ. Слева: приложение форсирующих усилий; посередине: задержка дыхания на вдохе с «довдыханием»; справа: попытка максимальной вентиляции (справа). Время по оси абсцисс - в минутах.

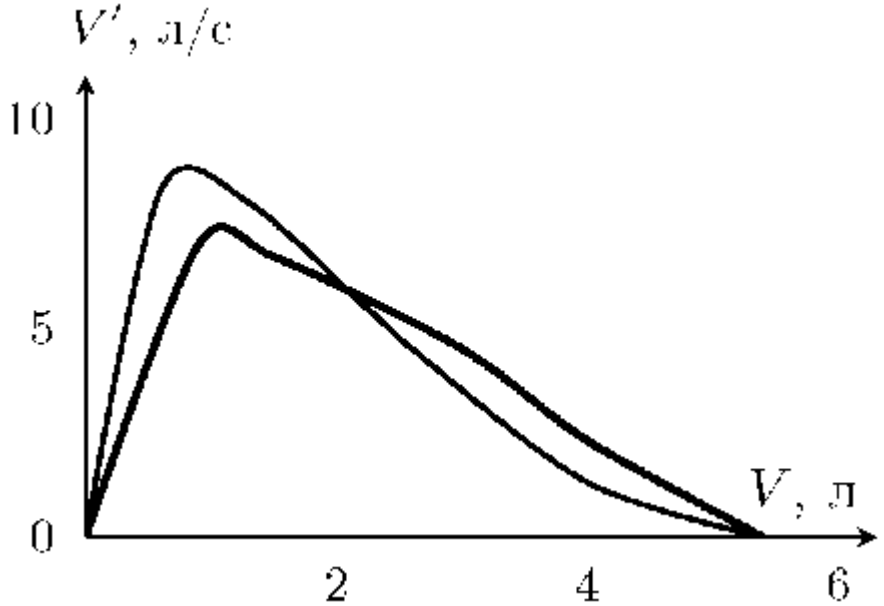

Рис. 26. Правильное выполнение маневра ФЖЕЛ (тонкая линия) и медленное развитие усилия с поздним достижением пика скорости (толстая линия)

Задержка дыхания, напротив, характеризуется широкой, плоской вершиной спирограммы, часто с «довдыханием», нередко со значительным уменьшением $PO_{выд}$. Утечка или подсос воздуха, как и неправильное положение мундштука, приводят к монотонному тренду спирограммы вверх

или вниз, при этом часто возникают аппаратные ошибки в определении *ДО, ЖЕЛ* и резервных объемов, которые обусловлены невозможностью однозначной трактовки точек перегибов спирограммы при вычислениях. Максимальная вентиляция вместо выполнения маневра ЖЕЛ характеризуется увеличением ДО, снижением $РО_{вд}$и $РО_{выд}$, при нормальном или несколько сниженном значении *ЖЕЛ.*

Ошибки при маневре форсированного выдоха более многообразны.

Медленное развитие экспираторного усилия проявляется в задержке достижения пиковой скорости форсированного выдоха. Она достигается позднее первых 0,1 с от начала выдоха. Пример представлен на рис. 26.

Для оценки правильности выполнения начальной части маневра *ФЖЕЛ* может использоваться показатель *обратно-экстраполированный объем* (EV).

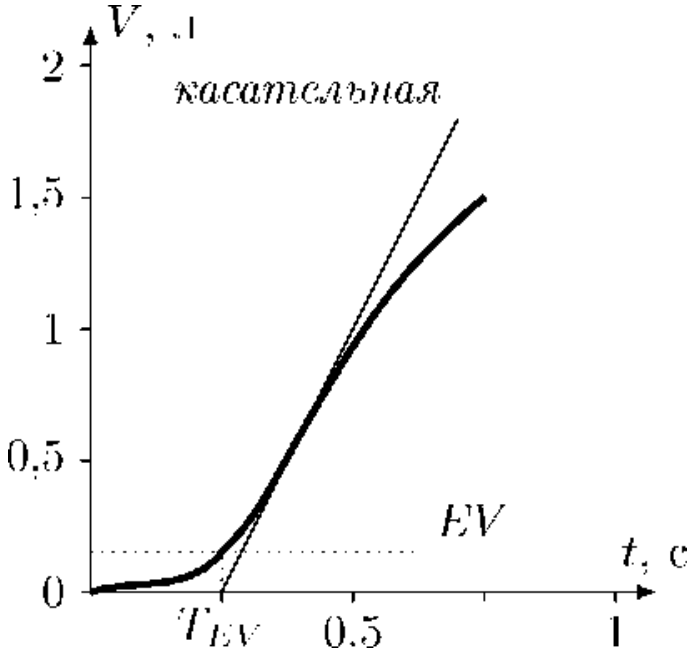

Рис. 27. Схема определения обратно-эксраполированного объема (EV)

На графике в координатах объем-время проведена касательная к наиболее крутой части кривой ФЖЕЛ, пересечение касательной с осью времени дает показатель T_{ev} . Из этой точки проводится перпендикуляр до кривой объем-время. На ней отсекается искомая величина EV.

Он находится как значение объема, отсекаемого касательной к наиболее крутой части кривой *ФЖЕЛ* в координатах объем-время. Графическое представление этого показателя показано на рис. 27. Определение обратно-экстраполированного объема используется также для однозначного определения момента начала форсированного выдоха, что является стандартом в современных спирометрах.

В норме EV не должен превышать 150 мл или 5% *ФЖЕЛ*. При увеличении EV можно констатировать медленное развитие экспираторного усилия. Этот показатель представляется в некоторых спироанализаторах как один из критериев качества спирометрического исследования.

Преждевременное завершение маневра может быть определено по общей продолжительности форсированного выдоха. В норме оно должно быть не менее 6 с у взрослых. Другим критерием правильного завершения маневра *ФЖЕЛ* является отсутствие потока выдоха или его скорость менее 25 мл/с в течение последней секунды маневра *ФЖЕЛ*. В противном случае отмечается преждевременный «обрыв» форсированного выдоха. На кривой поток-объем это выглядит как ступенька в конечной части кривой (рис. 28).

Для снижения вероятности преждевременного завершения маневра ФЖЕЛ, если это не противоречит инструкции по эксплуатации конкретного флоуспирометра, оправдано рекомендовать пациенту делать следующий после маневра вдох через трубку спирометра. Этот прием гарантирует наиболее точное определение продолжительности форсированного выдоха.

Кашель во время маневра *ФЖЕЛ* проявляется множественными пиками на кривой поток-объем. Примеры представлены на рис. 29.

Маневр Вальсальвы, приводящий к резкому повышению давления в верхних дыхательных путях, при пробе ФЖЕЛ определяется при непосредственном наблюдении за пациентом. При этом отмечается преждевременное прекращение выдоха через спироанализатор.

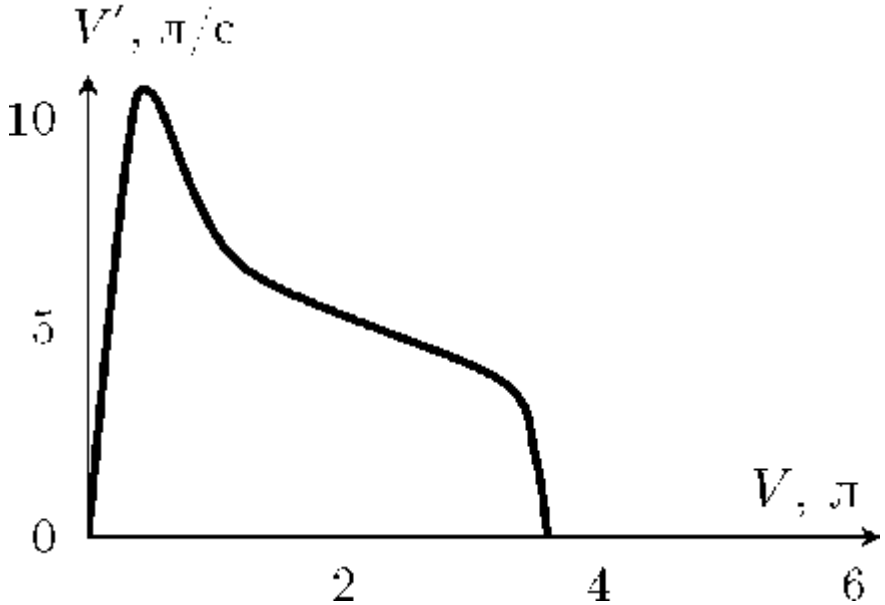

Рис. 28. Преждевременное прекращение маневра ФЖЕЛ

Видна ступень в конце форсированного выдоха. Время выполнении маневра ФЖЕЛ составило всего 1,5 с.

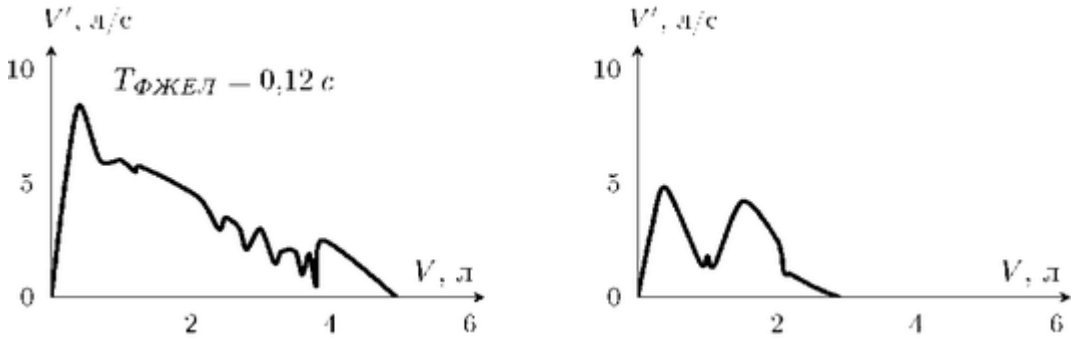

Рис. 29. Кашель в конце маневра ФЖЕЛ (слева) и вариабельность усилий во время пробы (справа)

Утечка воздуха из углов рта возможна при неправильном захвате мундштука, когда он неплотно охватывается губами. Может наблюдаться уменьшение объемных показателей или сочетанное уменьшение и объемных, и скоростных показателей.

Закрытие мундштука языком или чрезмерное сжатие одноразового бумажного мундштука зубами может приводить к изменениям спирометрических показателей, аналогичным различным вариантам обструктивного синдрома. Выявляется при непосредственном наблюдении за пациентом, когда пациент напряжен или не понял поставленной задачи, или целенаправленно искажает результаты исследования.

«Довдыхание» во время маневра. Пример представлен на рис. 30. В целом график «довдыхания» напоминает записи кашля во время исследования. Представленный на данном рисунке пример демонстрирует, что на практике часто встречаются ситуации, когда в одном исследовании наблюдаются сразу несколько дефектов. В данном случае имеется позднее приложение форсирующих усилий, что проявляется как смещением вправо пика скорости, так и величиной *Тпос* = 0,23 с.

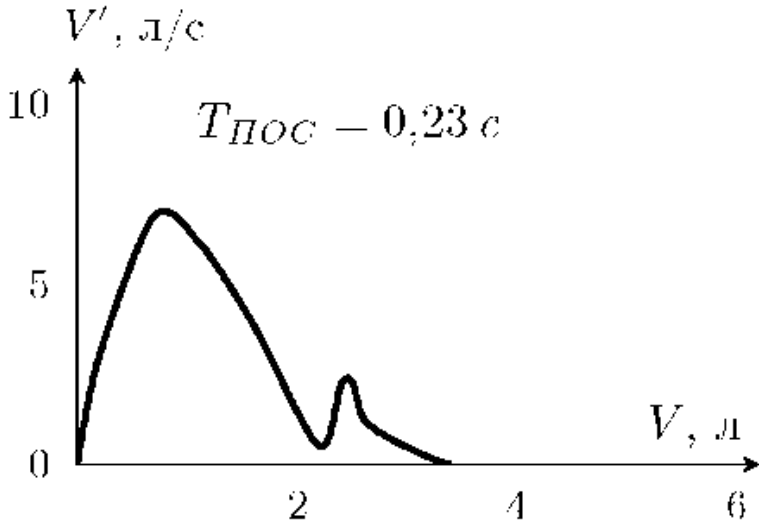

Рис. 30. «Довдыхание» во время маневра. Неровности кривой поток-объем

Отсутствие воспроизводимости результатов как минимум в трех попытках маневра ФЖЕЛ. Пример представлен на рис. 31. Необходимо обратить внимание на отсутствие закономерности в динамике показателей.

Вместе с тем, *постепенное последовательное* уменьшение объемных и скоростных показателей от пробы к пробе может встречаться при бронхиальной астме, когда обструкция провоцируется форсированными дыхательными маневрами. Этот феномен может быть отражением симптома «обструкции от спирометрии» (см. рис. 38). При плохой же воспроизводимости наблюдается случайная последовательность разных по качеству проб.

Во всех случаях дефектного выполнения спирометрических проб их *дальнейший анализ теряет смысл,* поскольку заключение будет неверным. Даже при формально удовлетворительных значениях показателей могут быть сделаны существенные диагностические ошибки.

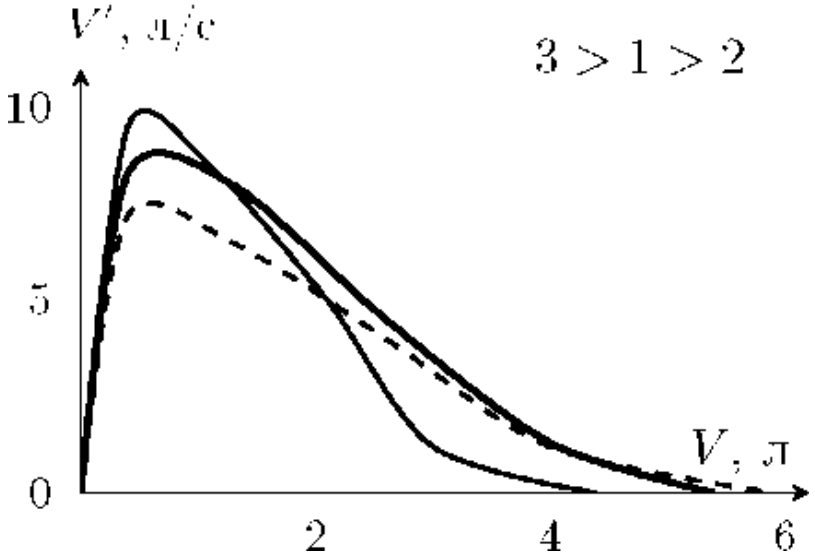

Рис. 31. Плохая воспроизводимость кривых

Первая попытка - толстая линия, вторая - пунктир, третья - тонкая линия.

Контроль качества выполнения спирометрического исследования включает визуальный контроль и оценку ряда показателей.

Визуальный контроль качества подразумевает оценку формы спирограммы и основных показателей кривой поток-объем:

1. Продолжительность маневра *ФЖЕЛ* у взрослого не менее 6 с.

2. Отсутствие изломов и неровностей на кривых поток-объем и объем-время. Иногда у молодых здоровых людей при выпуклых формах кривой поток-объем могут выявляться изломы на кривой.

3. Постепенное плавное приближение кривой объем-время к оси времени, выдохнутый объем за последнюю секунду не должен превышать 25 мл.

4. Должно быть не менее трех воспроизводимых попыток, когда показатели *ФЖЕЛ, ОФВ*\ различаются не более, чем на 150 мл (в случае значительного снижения *ФЖЕЛ* до уровня менее 1 л различия не должны превышать 100 мл).

Для количественной оценки качества выполнения дыхательного маневра в различных приборах могут использоваться следующие показатели:

1. Число произведенных попыток соответствующего маневра.

2. Разница между величинами *ОФВ*\, *ЖЕЛ*, *ФЖЕЛ* и другими в разных попытках в норме не должна превышать 150 мл.

3. Скорость потока воздуха за последнюю секунду пробы *ФЖЕЛ* не должна превышать 25 мл/с.

4. Обратно экстраполированный объем не должен превышать 150 мл или 5 % *ФЖЕЛ.*

5. Соотношение $ПОС > МОС_{25} > МОС_{50} > МОС_{75}$не должно быть нарушено.

Принципиально важно научить средний медицинский персонал *устойчивым* навыкам контроля качества выполнения дыхательных маневров. Медсестра, проводящая спирометрию, обязана уметь своевременно выявлять ошибки и максимально мотивировать пациентов на правильное выполнение маневра. В случае затруднений в выполнении проб она обязана прервать исследование, дать пациенту время на отдых и пригласить к проведению исследования врача или, в крайнем случае, более опытную медсестру. Во всех случаях дефектного проведения маневра исследование должно быть повторено. Особенно важно добиваться правильного выполнения маневров во время медикаментозных и иных проб, поскольку неправильное выполнение маневров в разных сериях является существенной причиной диагностических ошибок.

Важно проверять качество выполнения проб при сопоставлении результатов спирометрии в динамике. При невозможности сопоставить графики в координатах объем-время и поток-объем всех исследований к сравнению надо подходить очень осторожно, поскольку нельзя исключить ошибочные интерпретации как динамики, так и неизменности показателей. Тем более осторожно надо относиться к сравнению результатов спирометрии лишь на основании числовых значений, особенно при отсутствии сведений об абсолютных величинах показателей, а только при наличии данных в «процентах от должных».

Лекция 12. Бронходилатационные тесты

Цель проведения бронходилатационного теста - оценить обратимость бронхиальной обструкции (что в некоторой степени помогает в разграничении БА и ХОБЛ), максимально «раскрыть» функциональные возможности легких для исследования диффузионной способности, выявить максимально возможное значение *ОФВ*? и других функциональных показателей при ХОБЛ. Кроме того, тест с использованием разных препаратов позволяет подобрать наиболее эффективное бронхолитическое средство для конкретного пациента.

Принцип теста заключается в сравнении спирометрических показателей до и после ингаляции бронхолитика. Рекомендуется использовать 4 дозы препарата, если нет противопоказаний (ATS/ERS (2005). Лучше использовать ингаляцию через спейсер (рис. 32) для уменьшения токсичного действия препарата. У детей оправдано использование спейсера с дыхательной маской, позволяющей производить вдох и через рот, и через нос.

Используются:

• вч-агонисты короткого действия - Сальбутамол (Вентолин) или Фенотерол (последний менее предпочтителен в силу его более выраженного кардиотоксичного действия) 400 мкг (4 дозы), с оценкой бронходилатационного ответа через 15-30 мин (в среднем через 20 мин);

• антихолинэргические препараты - обычно ипратропиум бромид (Атровент) 80 мкг (4 дозы) с оценкой бронходилатационного ответа через 30-45 мин (в среднем через 40 мин).

Использование разных препаратов проводится в разные дни.

Для правильной оценки результатов теста необходимо отменить: β_2-агонисты короткого действия за 6 ч до теста, β_2-агонисты длительного действия за 12-24 ч в зависимости от длительности действия препарата, пролонгированные теофиллины за 24 ч.

Проводится сравнение двух основных показателей - *ОФВ*? и *ФЖЕЛ* - до и после теста при одновременном выполнении двух условий: абсолютном приросте показателя и относительном приросте показателя по отношению к исходным величинам [16]. Тест рассматривается как положительный в случае прироста показателя *ОФВ*? или *ФЖЕЛ* не менее, чем на 200 мл, и не менее, чем на 12% по сравнению с исходным значением:

$$\Delta ОФВ_1 = ОФВ_{1\ после\ пробы} - ОФВ_{1\ исх}$$

(в случае положительной пробы - не менее 200 мл).

$$\Delta ОФВ_{1\ (\%исх)} \quad \frac{ОФВ_{1\ после\ пробы} - ОФВ_{1\ исх}}{ОФВ_{1\ исх}} \times 100\%$$

(в случае положительной пробы - не менее 12%).

Аналогично рассчитывается прирост показателя *ФЖЕЛ*. Прирост показателей *ФЖЕЛ* должен превысить предел вариабельности: 150 мл и 8%.

Пример положительной пробы представлен на рис. 33. Кроме указания на положительный или отрицательный ответ желательно указать, до какой степени улучшились функциональные показатели: до нормальных значений или до уровня бронхиальной обструкции меньшей степени. В случае невыполнения одновременно двух условий хотя бы по одному показателю проба не может рассматриваться как положительная, однако указывается степень прироста показателей, что может иметь значение при лечении больного. Такой неопределенный ответ нередко встречается при использовании не 4 рекомендованных доз, а 2 доз ингалируемого препарата или предварительном использовании бронхолитического средства.

Рис. 32. Использования спейсера

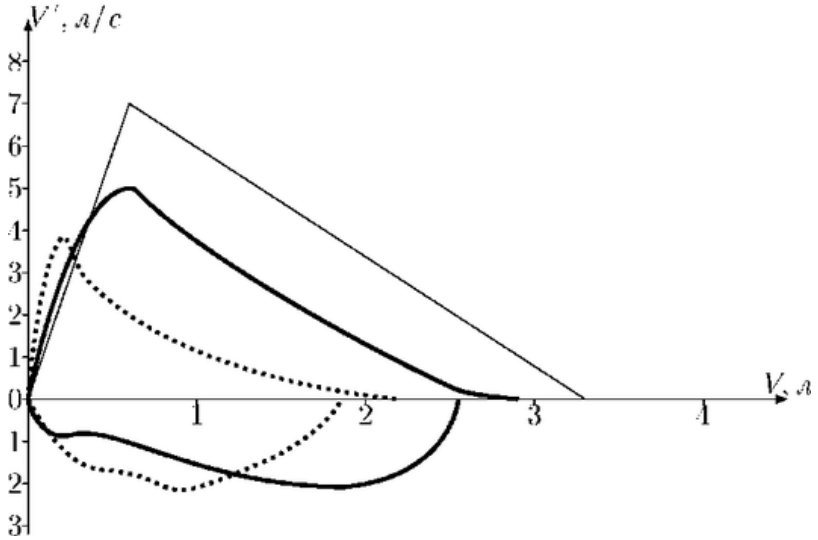

Рис. 33. Пример положительного бронходилатационного теста.

На графике кривой поток-объем: наружный контур - должные значения, пунктирные кривые - исходные показатели, обструкция выраженной степени *(ОФВ$_1$* = 48% от должной), сплошная линия - после ингаляции 4 доз Вентолина, бронхиальная обструкция легкой степени (ОФВ$_1$ = 89% от должной). Отмечен прирост обоих показателей ОФВ$_1$ и *ФЖЕЛ*.

Лекция 13. Бронхопровокационные тесты

Бронхиальная астма характеризуется бронхиальной гиперреактивностью. Для детей, имеющих симптомы БА, но показатели пневмотахометрии которых остаются в пределах нормы, могут оказаться полезными исследования реакции дыхательных путей на фармакологические или физические раздражители. Тесты полезны как в установлении диагноза, так и в оценке степени тяжести. Эти тесты в основном имеют высокую чувствительность, хотя и низкую специфичность. Исследования гиперреактивности бронхов показаны больным с интермиттирующими симптомами, при многолетней ремиссии заболевания, а также у детей с кашлевым вариантом течения БА.

Тест с дозированной физической нагрузкой - хорошо стандартизированный метод, он широко используется в педиатрической функциональной диагностике. Наиболее распространенный критерий посленагрузочного бронхоспазма (ПНБ) - снижение *ОФВ$_1$* на 10% по сравнению с исходным после физической нагрузки.

Частота возникновения ПНБ коррелирует с тяжестью течения бронхиальной астмы. У детей с ограничением повседневной физической активности посленагрузочный бронхоспазм выявляется достоверно чаще, также как и у пациентов с клиническими проявлениями неспецифической гиперреактивности бронхов в анамнезе.

В педиатрии широко используются исследования с физической нагрузкой в отличие от тестов на гиперрективность с ингаляциями гистамина или метахолина. Гиперреактивные дыхательные пути обычно развивают обструкцию в ответ на значительно меньшие дозы любого провокационного агента, чем дыхательные пути с нормальной реактивностью.

Используя в качестве диагностического метода фармакологические бронхопровокационные тесты, необходимо помнить, что повышенная восприимчивость дыхательных путей, как правило, обусловлена

патологическим процессом в респираторном тракте, однако ее нельзя идентифицировать с какой-либо определенной нозологической единицей.

Бронхопровокационный тест (БПТ) с метахолином (гистамином) может быть использован для выявления возможности преходящей обструкции бронхов у тех пациентов, у которых это невозможно подтвердить другим методом. К ним относятся пациенты с исходно нормальными показателями ФВД и пациенты с длительной, в течение нескольких лет, ремиссией болезни. Измерение у них восприимчивости дыхательных путей дает ценную информацию в дополнение к клиническим симптомам и сведениям из анамнеза.

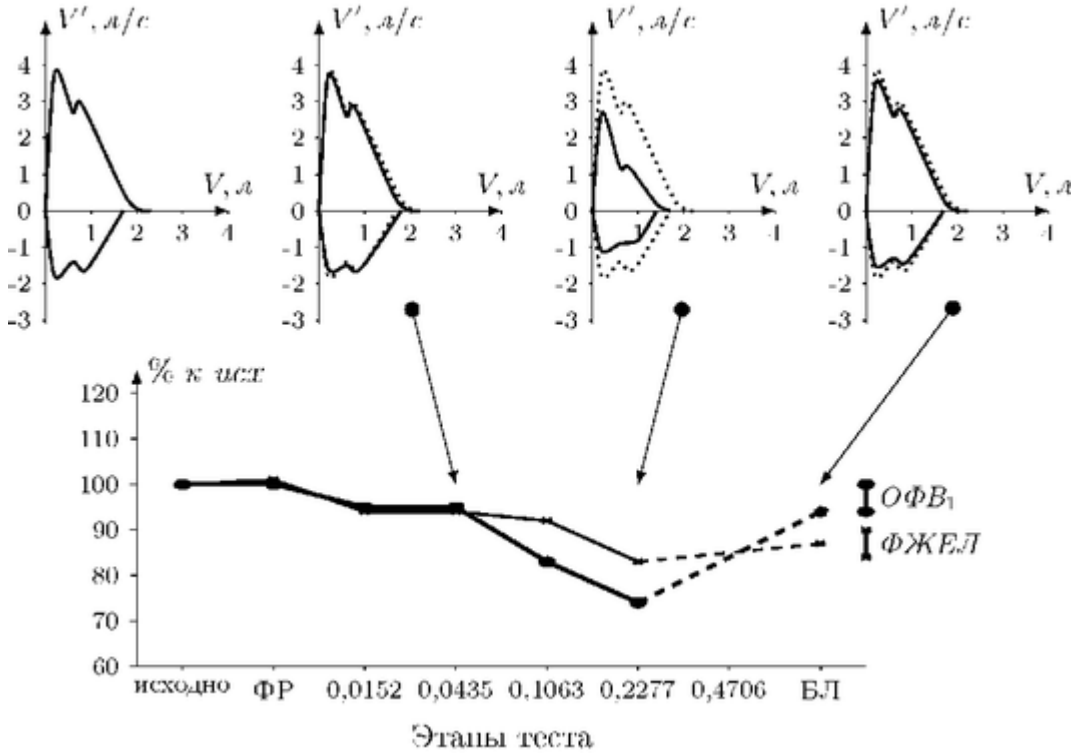

Рис. 34. Этапы проведения БПТ с метахолином (низкая степень гиперреактивности бронхов, $ПД_{20}$= 0,227 мг)

Сверху - кривые поток-объем разных этапов пробы. Внизу - кривая доза-эффект, пунктиром показана кривая до пробы. По оси абсцисс - этапы проведения теста: до теста, ингаляция физиологического раствора (ФР), 5 ингаляций метахолина (указана кумулятивная доза), восстановление проходимости после введения бронхолитика (БЛ). Пунктирная линия указывает пропущенные ингаляции метахолина.

БПТ - лишь дополнительный метод диагностики, который может использоваться наряду с пневмотахометрией и исследованием суточных колебаний *ПОС* форсированного выдоха. Положительный БПТ не дает оснований для диагностики БА или какого-либо иного заболевания легких.

Сейчас нет провокационных агентов, которые бы позволили отчетливо дифференцировать бронхиальную астму и ХОБЛ.

БПТ не рекомендуется проводить в период обострения БА или сопутствующих заболеваний, при обструкции от спирометрии, при величине *ОФВ*\ ниже 70% от должного значения.

Во избежание искаженных результатов БПТ не рекомендуется проводить ранее 6 нед после острой респираторной инфекции. В детском возрасте после перенесенного коклюша может сохраняться повышенная восприимчивость бронхов к неспецифическим агентам до 6 мес. Невозможность соблюдения условий проведения теста и непонимание пациентом процедуры исследования служат причиной отказа от проведения БПТ.

Абсолютным противопоказанием к проведению БПТ является эпилепсия.

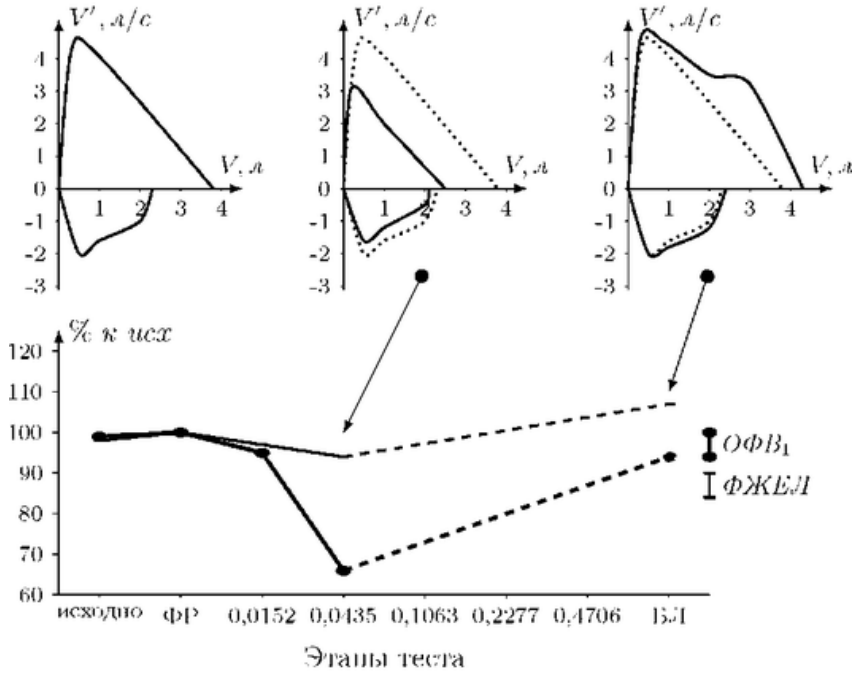

Рис. 35. Этапы проведения БПТ с метахолином (средняя степень гиперреактивности бронхов, $ПД_{20}$= 0,075 мг)

Сверху - кривые поток-объем разных этапов пробы, внизу - кривая доза-эффект. Обозначения аналогичны рис. 34.

Необходимым условием обеспечения безопасности БПТ является специальная подготовка персонала. Тест проводится под контролем и при участии врача, при соблюдении протокола исследования. В кабинете обязательны наличие средств для купирования индуцированного

бронхоспазма, подводка кислорода, другие средства экстренной помощи. Необходимо строго соблюдать условия завершения теста. По его окончании важно убедиться, что бронхо-обструкция разрешилась и показатель *ОФВ?* превышает 90% от исходного значения. Примеры приведены на рис. 34 и 35.

До проведения БПТ необходимо убедиться, что у пациента нет синдрома «бронхообструкции от спирометрии», и в хорошей воспроизводимости кривой поток-объем.

Гипервосприимчивость (hyperresponsiveness) дыхательных путей проявляется в чрезмерной реакции на бронхоконстриктор. Гиперчувствительность (hypersensitivity) и гиперреактивность (hyperreactivity) обозначают смещение влево и увеличение угла наклона кривой доза-реакция.

Показатель чувствительности бронхов *ПД* (провокационная доза, provocation dose *PD)* или *ПК* (провокационная концентрация, provocation concentration *PC*) при заданном изменении легочной функции (например, доза метахолина, вызывающая снижение $ОФВ_1$на 20% обозначается $ПД_{20}$ $ОФВ_1$метахолина).

Чем ниже *ПД* или *ПК*, тем выше степень гиперчувствительности бронхов к данному стимулу.

Хорошо зарекомендовал себя дозовый метод с использованием дополнительного резервуара. При этом струйный распылитель (небулайзер) генерирует аэрозоль с известным количеством метахолина в заданном исследователем объеме. Пациент вдыхает аэрозоль не из небулайзера, а из специального резервуара. Для ингаляций используется полуоткрытый контур: выдыхаемый пациентом воздух перед попаданием в атмосферу проходит через специальный фильтр, что обеспечивает безопасность метода для персонала.

Перед тестированием пациента информируют о порядке проведения исследования, возможных субъективных признаках обструкции (першение в горле, покашливание, кашель, затруднение дыхания). После каждого этапа о появлении этих симптомов всегда спрашивают пациента и их появление отражают в протоколе.

Протокол исследования предусматривает несколько этапов: регистрация исходного значения функции легких *(ОФВ\),* ингаляция растворителя (если тест проводится с метахолином, то проводят ингаляцию физиологическим раствором), затем следуют ингаляции 0,33% раствора метахолина (рис. 34 и 35).

После каждого этапа проводят измерение *ОФВ*\. В современных спирографах предусмотрены программы проведения провокационных тестов и тестов с бронхолитиками, когда последующие измерения *ОФВ*\ соотносятся с исходной его величиной и выражаются в процентном отношении к ней. Это дает возможность контролировать степень падения *ОФВ*\ и прекращать тестирование в случае уменьшения показателя на 20 % (или более).

Если после последней, пятой, ингаляции метахолина нет падения *ОФВ*\ на 20%, исследование прекращают.

Для исключения отсроченной реакции через 10 мин повторно исследуют функцию легких и при отсутствии дальнейшего снижения *ОФВ*\ тест оценивают как отрицательный, при этом кумулятивная доза метахолина составляет 0,4706 мг.

При тестировании нужно соблюдать время между ингаляциями, оно не должно превышать 5 мин. При положительном тесте и возникновении индуцированного бронхоспазма, тест прекращают. Кумулятивная доза, приведшая к падению *ОФВ*\ на 20%, рассматривается как провокационная ($ПД_{20}$). Индуцированный бронхоспазм купируют в зависимости от возраста 1-2 дозами сальбутамола (вентолина) через спейсер.

Сопоставление клинической картины БА и результатов функциональных исследований показывает высокую корреляцию частоты симптомов болезни и объективно определяемой степени гиперреактивности бронхов. Величина $ПД_{20}$ коррелирует с выраженностью клинических проявлений неспецифической гиперреактивности бронхов. Клинически гиперреактивность проявляется приступами затрудненного дыхания на резкие запахи, смех, эмоциональное напряжение, изменение погоды, вдыхание холодного или сухого воздуха, табачного дыма. Провокационная доза метахолина соответствует также ограничению физической активности в повседневной жизни. Практика показывает, что БПТ с метахолином (гистамином) может быть полезным при оценке эффективности противовоспалительного лечения БА.

Современные стандартизованные процедуры определения реактивности бронхов являются безопасными при учете противопоказаний и при выполнении этих исследований квалифицированным персоналом по стандартизированным методикам.

Результат БПТ должен оцениваться как соотношение доза/эффект. Для определения степени гиперреактивности бронхов используются следующие критерии:

- высокая степень: $ПД_{20}$до 30мкг,
- средняя степень: $ПД_{20}$от 30 до 120 мкг,
- низкая степень: $ПД_{20}$выше 120 мкг.

Результаты БПТ показывают, что средние значения провокационной дозы (*ПД*20) у детей с различной клинической тяжестью течения бронхиальной астмы существенно различаются (рис. 36).

Чувствительность различных БПТ существенно различается у больных с различной степенью тяжести БА рис. 37. Отмечена высокая корреляция между выраженностью постнагрузочного бронхоспазма в тесте с дозированной физической нагрузкой и провокационной дозой метахолина у больных с тяжелым течением БА, в то время как при легком течении БА корреляция ниже.

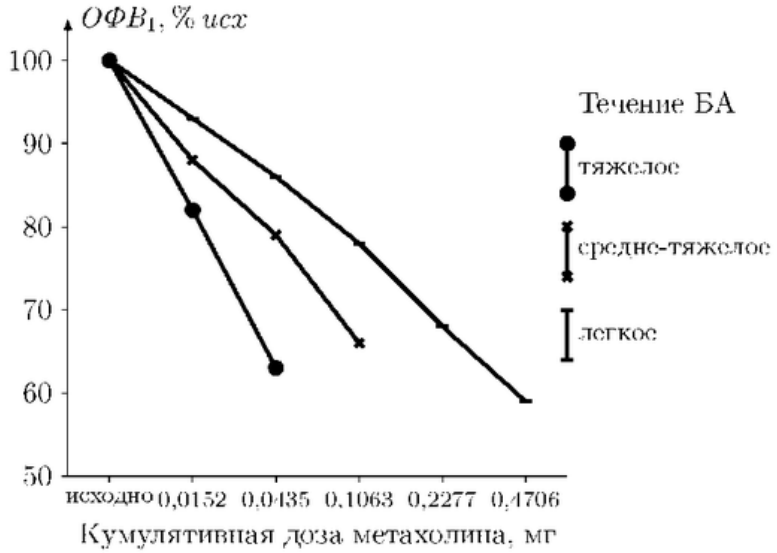

Рис. 36. Кривые доза-ответ в БПТ с метахолином у детей 6-15 лет с различной степенью тяжести БА

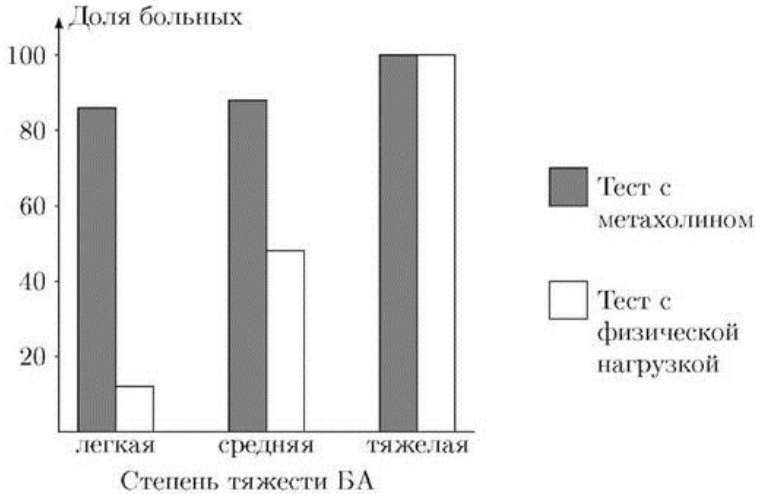

Рис. 37. Результаты БПТ с метахолином и дозированной физической нагрузкой в зависимости от степени тяжести БА у детей