

ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ С. М. КИРОВА

---

Кафедра военно-морской терапии



**Д. В. Черкашин, Н. В. Шарова, А. Н. Кучмин**

# **СПИРОГРАФИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ**

Электронный аналог печатного издания: Черкашин, Д. В. Спирография в клинической практике: Учебное пособие / Д. В. Черкашин, Н. В. Шарова, А. Н. Кучмин / Под ред. А. С. Свистова. — СПб.: Политехника, 2014. — 139 с.: ил.

УДК 616.23; 616.24

ББК 55.4

Ч-48



**ПОЛИТЕХНИКА**  
**ИЗДАТЕЛЬСТВО**

Санкт-Петербург

[www.polytechnics.ru](http://www.polytechnics.ru)

Рекомендовано Ученым Советом Военно-медицинской Академии им. С. М. Кирова в качестве учебного пособия для курсантов и слушателей факультетов первичной подготовки врачей.

**А в т о р ы:** **Д. В. Черкашин** — начальник кафедры военно-морской терапии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, доктор медицинских наук, профессор; **Н. В. Шарова** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры военно-морской терапии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова; **А. Н. Кучмин** — доктор медицинских наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова.

**Р е ц е н з е н т:** **М. А. Харитонов** — доктор медицинских наук, профессор 1-й кафедры (терапии усовершенствования врачей) Военно-медицинской Академии им. С. М. Кирова.

**Черкашин, Д. В.**

Ч-48 Спирография в клинической практике: Учебное пособие / Д. В. Черкашин, Н. В. Шарова, А. Н. Кучмин / Под ред. А. С. Свистова. — СПб.: Политехника, 2014. — 139 с.: ил.  
ISBN 978-5-7325-1039-3

В учебном пособии с учетом международных рекомендаций освещаются основные вопросы, посвященные одному из наиболее распространенных инструментальных методов исследования ФВД — спирографии. В связи с широким распространением метода нельзя не отметить и тенденции к преувеличению в отдельных случаях диагностической значимости спирографического исследования, что указывает на необходимость более четкого определения места спирографии среди других методов оценки функционального состояния дыхательной системы.

Учебное пособие призвано оказать помощь курсантам факультетов первичной подготовки в овладении методикой записи спирограмм, расшифровки спирографических показателей и оценки данных функции внешнего дыхания в клинической практике.

УДК 616.23; 616.24

ББК 55.4

ISBN 978-5-7325-1039-3

© Д. В. Черкашин, Н. В. Шарова,  
А. Н. Кучмин, 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Сокращения . . . . .	5
Введение . . . . .	7
<b>Глава 1. Краткие сведения о функции внешнего дыхания. . . . .</b>	<b>8</b>
1.1. Понятие о функции внешнего дыхания . . . . .	8
1.2. Основные легочные объемы и емкости. . . . .	8
<b>Глава 2. Spiрография. . . . .</b>	<b>11</b>
2.1. Определение, история изобретения . . . . .	11
2.2. Показания к проведению Spiрографии . . . . .	12
2.3. Противопоказания к проведению Spiрографии. . . . .	12
2.4. Аппаратура для проведения Spiрографии . . . . .	13
2.5. Условия проведения Spiрографии. . . . .	15
2.6. Правила гигиены при проведении Spiрографии . . . . .	15
2.7. Правила эксплуатации Spiрографов . . . . .	16
<b>Глава 3. Методика записи Spiрограммы . . . . .</b>	<b>17</b>
3.1. Запись обычной Spiрограммы в режиме «объем—время»	18
3.2. Запись Spiрограммы в режиме «поток—объем» . . . . .	19
3.3. Критерии правильности выполнения дыхательных маневров . . . . .	20
3.4. Типичные ошибки при записи маневра ФЖЕЛ . . . . .	21
<b>Глава 4. Основные Spiрографические показатели и их клиническое значение . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>Глава 5. Основные этапы анализа результатов Spiрографии . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>Глава 6. Варианты нарушений вентиляционной способности легких по результатам Spiрографического исследования . . . . .</b>	<b>30</b>
6.1. Нарушения вентиляционной способности легких по обструктивному типу при патологии бронхолегочной системы . . . . .	30
6.2. Обструктивные нарушения при патологии верхних дыхательных путей . . . . .	33
6.3. Кривая «поток—объем» при трахеобронхиальной дискинезии . . . . .	34
6.4. Нарушения вентиляционной способности легких по рестриктивному типу. . . . .	35
6.5. Нарушения вентиляционной способности легких по смешанному типу. . . . .	37

<b>Глава 7. Бронходилатационные тесты для выявления обратимости бронхиальной обструкции . . . . .</b>	<b>41</b>
7.1. Цели проведения бронходилатационного теста . . . . .	41
7.2. Условия проведения бронходилатационного теста . . . . .	42
7.3. Выбор бронхолитика и его дозы для проведения бронходилатационного теста . . . . .	42
7.4. Модификация проведения бронходилатационного теста. . .	43
7.5. Интерпретация полученных результатов бронходилатационного теста. . . . .	43
7.6. Степени выраженности изменений показателей бронходилатационного теста. . . . .	46
<b>Глава 8. Пример расчета показателей и интерпретации результатов спирограммы . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>Глава 9. Примеры оформления клинических заключений по данным спирографического исследования . . . . .</b>	<b>52</b>
Заключение. . . . .	67
Литература . . . . .	68
<b>Приложение . . . . .</b>	<b>70</b>
Таблица П1. Коэффициенты для расчета должных величин (значений) показателей ФВД для взрослых («Standardisedlung Function testing by European Community for Coaland Steel, 1983) . . . . .	70
Таблица П2. Коэффициенты для расчета должных величин легочных объемов и параметров петли «поток — объем» (Р. Ф. Клемент, 1986) . . .	71
Формулы для определения должных величин легочных объемов и показателей бронхиальной проходимости (ВНИИ пульмонологии МЗ РФ) . .	72
Таблица П3. Значения должных величин для легочных объемов и показателей форсированного выдоха (Р. Ф. Клемент и соавт.) . . . . .	73
Таблица П4. Расчет основного обмена (по Харрису и Бенедикту) . . . . .	131
Основное число по данным веса . . . . .	131
Второе число по данным роста и возраста . . . . .	133

# Глава 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

## 1.1. ПОНЯТИЕ О ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

**Функция внешнего дыхания** состоит в адекватном обеспечении кислородом кровеносной системы легких и выведении углекислого газа в покое и при выполнении физических нагрузок.

Для обеспечения этой функции существует определенный морфо-функциональный аппарат ФВД, в который входят следующие составляющие:

- система бронхов и альвеол;
- позвоночно-реберно-мышечный каркас грудной клетки;
- плевральная полость с ее присасывающими свойствами;
- периферическая нервная система, иннервирующая дыхательные мышцы;
- система кровообращения легких;
- нейрогуморальный аппарат, регулирующий работу всех перечисленных звеньев.

Функционирование аппарата внешнего дыхания определяется тремя физиологическими процессами:

- 1) вентиляцией или воздухообменом между вдыхаемым воздухом и альвеолами;
- 2) диффузией газов через альвеолярно-капиллярную мембрану;
- 3) состоянием легочного кровотока (перфузией и адекватностью кровотока и вентиляции).

В клинической практике, как правило, ограничиваются определением вентиляционной способности легких. Это объясняется как наиболее частым нарушением именно этого первого этапа внешнего дыхания при патологии бронхолегочной системы, так и относительно простым исследованием воздухообмена в легких.

## 1.2. ОСНОВНЫЕ ЛЕГОЧНЫЕ ОБЪЕМЫ И ЕМКОСТИ

К собственно вентиляционным показателям относятся частота, глубина, ритмичность дыхания, дыхательный объем, минутный объем дыхания, максимальная вентиляция легких, альвеолярная вентиляция легких и ряд других показателей. Большинство из них имеют большую зависимость от внелегочных причин — выраженности сердечной недостаточности, угнетения дыхательного

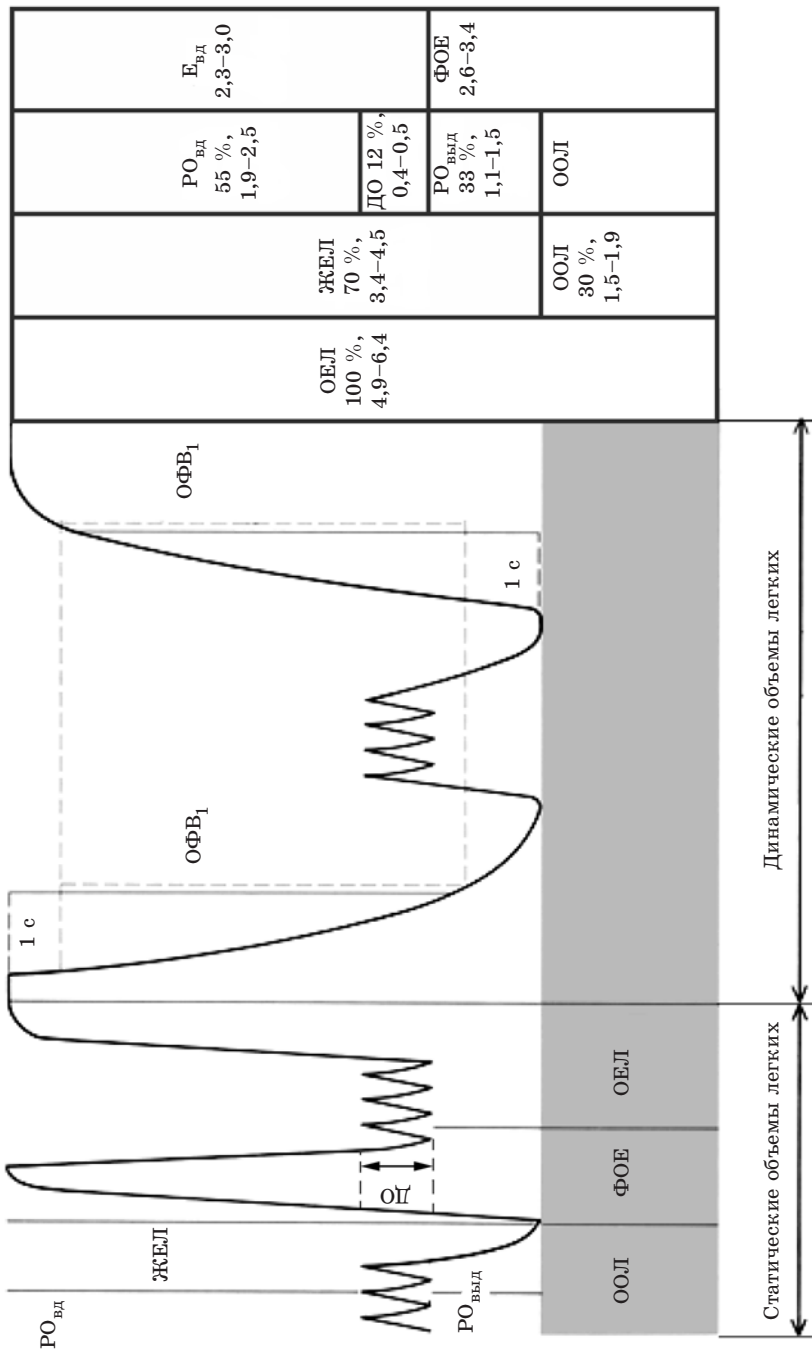


Рис. 1. Соотношение легочных объемов и емкостей и спирограммы

центра, состояния эндокринной системы и т. д. В связи с этим в обычной клинической практике изучение функции внешнего дыхания начинают с определения показателей, объединенных терминами «легочные объемы» и «легочные емкости».

Различают четыре легочных объема и четыре легочных емкости, которые являются производными от объемов.

**Дыхательный объем (ДО)** — объем воздуха, поступающий в легкие в течение одного дыхательного цикла при спокойном дыхании.

**Резервный объем вдоха ( $PO_{вд}$ )** — объем, который можно вдохнуть после спокойного вдоха при максимальном инспираторном напряжении.

**Резервный объем выдоха ( $PO_{выд}$ )** — объем, который можно выдохнуть после спокойного выдоха при максимальном экспираторном напряжении.

**Остаточный объем легких (ООЛ)** — объем воздуха, остающийся в легких после максимально глубокого выдоха.

**Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)** — максимальный объем воздуха, который может быть выдохнут после максимально глубокого вдоха. ЖЕЛ включает ДО,  $PO_{вд}$ ,  $PO_{выд}$ .

**Общая емкость легких (ОЕЛ)** — объем легких, содержащийся в легких после максимально глубокого вдоха. ОЕЛ состоит из ЖЕЛ и ООЛ.

**Функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ)** состоит из ООЛ и  $PO_{выд}$ . ФОЕ поддерживает постоянный уровень кислорода и углекислого газа в артериальной крови, а также постоянный температурный и влажностный режимы воздуха в легких.

**Емкость вдоха ( $E_{вд}$ )** — максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после спокойного выдоха. В состав  $E_{вд}$  входят ДО и  $PO_{вд}$ .

Соотношения легочных объемов и емкостей и спирограммы представлены на рис. 1.

## Г л а в а 2. СПИРОГРАФИЯ

### 2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ИСТОРИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

**Спирография** — метод графической регистрации изменения легочных объемов при выполнении естественных дыхательных движений и волевых форсированных дыхательных маневров.

Спирометр и метод спирографии предложил в **1846 г. британский врач Джон Гетчинсон (John Hutchinson)**. Основные его статьи по спирометрии были опубликованы в 1844–1852 гг. и содержали не только описание спирометра, но и методические указания по правильному использованию прибора при исследованиях, проводимых на людях.

Доктор Гетчинсон измерил статические объемы у четырех тысяч здоровых и больных людей. Исследуя здоровых людей, он сравнивал влияние на спирометрические объемы легких пола, возраста, роста, массы тела, профессии. «Среди изученных им людей были мужчины и женщины, карлики и гиганты, полисмены и пожарные, военные и моряки, бедные ремесленники, простые люди и наследники британской короны, боксеры и борцы. Были и больные — туберкулезом и другими легочными и внелегочными болезнями». Автором метода была установлена зависимость между статическими объемами легких и ростом, возрастом, полом (зависимости объемов от массы тела он не обнаружил), а также связь легочных объемов с тяжестью легочной патологии.

Названия статических объемов и емкостей легких, предложенные Дж. Гетчинсоном, не изменились и до настоящего времени. Так, **ЖЕЛ** — жизненная емкость легких — имеет такое «нефункциональное» название, в отличие от остальных объемов и емкостей, по следующей причине. Доктор Гетчинсон считал, что по объему максимального выдоха после максимального вдоха (это и есть жизненная емкость легких) можно судить о прогнозе и продолжительности жизни, а также о тяжести течения болезни. Гетчинсон рекомендовал страховым компаниям использовать **ЖЕЛ** в качестве важнейшего критерия для установления суммы страховых взносов.

Первая спирография в России была проведена в 1880 г. в Казани А. Добрыниным.

Спирография — самый простой и распространенный метод функциональной диагностики, который можно рассматривать как первый, начальный, этап в выявлении вентиляционных нарушений функции внешнего дыхания.



## 2.2. ПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПИРОГРАФИИ

Спирографическое исследование позволяет:

- 1) выявить и документировать нарушения вентиляции легких (объективизировать жалобы больного);
- 2) установить степень выраженности этих нарушений (умеренная, значительная, резкая);
- 3) определить тип вентиляционных нарушений (обструктивный, рестриктивный, смешанный);
- 4) уточнить вариативность (лабильность) обструкции;
- 5) подобрать наиболее эффективный бронхолитик для конкретного больного;
- 6) мониторировать функциональные изменения в процессе лечения и течения заболевания;
- 7) оценить прогноз больного;
- 8) оценить физическое состояние больного для проведения экспертизы трудоспособности или военно-врачебной экспертизы (см. Приказ № МО РФ № 200 от 20 августа 2003 г. «О порядке проведения военно-врачебной экспертизы в вооруженных силах Российской Федерации»);
- 9) определить риск оперативного вмешательства;
- 10) объективизировать жалобы больного и документировать нарушения вентиляционной способности легких при профессиональной патологии.

## 2.3. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ СПИРОГРАФИИ

Абсолютных противопоказаний к проведению спирометрии нет. Однако в процессе исследования следует с осторожностью выполнять форсированный выдох в следующих случаях:

- тяжелая или острая патология сердечно-сосудистой системы (инфаркт миокарда в острой стадии);
- тяжелая ортопедическая патология;
- в первые две недели после офтальмологических операций, а также операций на брюшной полости;
- выраженное продолжающееся кровохарканье;
- нетренированность больного (например, после длительного постельного режима);
- тяжелая форма бронхиальной астмы.

Относительным противопоказанием являются туберкулез легких и другие заболевания, передающиеся воздушно-капельным путем.

Проведение спирографии невозможно при отсутствии понимания со стороны испытуемого (маленькие дети, умственно отсталые лица, наличие языкового барьера, нежелание больного сотрудничать с медперсоналом).

#### 2.4. АППАРАТУРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПИРОГРАФИИ

Спирограф позволяет исследовать лишь одно звено системы легочного дыхания — аппарат вентиляции, но при этом, учитывая, что подавляющее большинство легочных заболеваний характеризуется именно нарушением вентиляции легких, позволяет получать достаточно много важной информации.

В техническом выполнении спирографы делятся на приборы закрытого и открытого типа и спироскопы. В приборах закрытого типа испытуемый дышит в герметическую емкость, которая имеет подвижную часть — легко уравновешенный колокол или мех. Спирографы могут быть водяными, в которых колокол погружен в воду (рис. 2, а) и сухими (используется мех). Изменения объема



Рис. 2. Схема работы водяного спирографа закрытого типа (а); современный диагностический спирограф Spirolab (MIR, Италия) с оксиметрической приставкой (б)

легких в процессе дыхания регистрируются на движущейся ленте колокола.

В аппаратах открытого типа испытуемый дышит атмосферным воздухом (выдох осуществляется в определенную емкость).

Современные компьютерные спирографические системы значительно упростили и ускорили диагностические исследования и, что очень важно, современный спирограф измеряет такие функции объема легких, как объемная скорость инспираторного и экспираторного воздушных потоков, т. е., по сути, является пневмотахографом.

Спирограф-пневмотахограф анализирует и регистрирует данные петли «поток—объем». Преобразователь аппарата — пневмотахографическая трубка Флейша (Лилли и др.), которая обеспечивает высокую точность измерения дифференциального манометра с малой инерционностью при низком сопротивлении потока. Получаемые результаты исследования можно оценивать на экране или распечатать с помощью присоединенного к аппарату печатающего устройства (рис. 2, б). Прибор также располагает возможностью архивировать данные и использовать их для сравнения.

К спирографам (пневмотахографам), автоматизированным и разрешенным к практическому применению в Российской Федерации, относятся: спирографы «MasterScreen-Pneumo» (Германия), «Диамант-С» (Россия), «Пневмоскрин» (фирма «Yaeger», Германия), «Пульмомент», «Спиrolаб» (Италия) и многие другие.

Такие аппараты имеют несколько режимов работы:

- измерение при статической жизненной емкости легких;
- измерение при максимальной вентиляции;
- измерение минутного объема дыхания;
- измерение при форсированном вдохе и выдохе с построением кривой «поток—объем»;
- измерение при форсированном выдохе;
- измерение при ингаляционных тестах.

Порядок и особенности работы конкретного аппарата подробно излагаются в прилагаемой к нему документации.

**Обязательным требованием при проведении спирографии является использование методик, «соответствующих опубликованным стандартам»:**

- 1) рекомендации GOLD 2011;
- 2) рекомендации по проведению спирографии, утвержденные МЗ РФ;
- 3) рекомендации Европейского респираторного общества и Американского торакального общества — Eur.Respir.J. 2005; 6,2:319-968.

## 2.5. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ СПИРОГРАФИИ

При проведении спирографии необходимо соблюдать определенные условия.

1. Пациент должен быть заинтересован в проведении исследования и настроен на сотрудничество с оператором.

2. Результаты спирографии в значительной степени зависят от активного сотрудничества испытуемого, поэтому перед исследованием оператор проводит подробный инструктаж о способе выполнения дыхательных маневров (при необходимости — с показом).

3. Для получения сравнимых результатов исследование должно проводиться в первой половине дня, лучше на одном и том же приборе и одним и тем же оператором.

4. В день исследования пациент не должен курить. Злостным курильщикам следует воздержаться от курения минимум за 1 ч до начала исследования.

5. Следует исключить употребление алкогольных напитков минимум за 4 ч до исследования.

6. Исследование должно проводиться не менее чем через 2 ч после «плотного обеда».

7. Спирографии должен предшествовать 30-минутный отдых.

8. Одежда должна быть свободной, чтобы не стеснять движений и не мешать пациенту выполнять дыхательные маневры.

9. При необходимости определения исходного состояния проходимости дыхательных путей следует:

– проводить исследование до или не менее, чем через 7 дней после бронхоскопии;

– исключить применение:

а)  $\beta_2$ -агонистов короткого действия — за 6–8 ч до исследования;

б)  $\beta_2$ -агонистов пролонгированного действия — за 12 ч до исследования;

в) пролонгированных теофиллинов — за 24 ч до исследования.

## 2.6. ПРАВИЛА ГИГИЕНЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПИРОГРАФИИ

При проведении спирографии следует соблюдать некоторые правила.

1. С целью предотвращения передачи инфекции от испытуемого к медицинскому работнику и наоборот оператор должен работать в маске.

2. Загубники и другие съемные части прибора снимаются и заменяются после каждого пациента оператором в перчатках.

3. Гигиеническая обработка съемных частей прибора должна включать в себя несколько этапов: очистку, замачивание в моющих средствах (например, 0,3 % раствор люмакса), обеззараживание, мойку в проточной воде и сушку.

4. Исследование должно проводиться в хорошо вентилируемом помещении. В случае непрерывной работы более 2 ч необходим 30-минутный перерыв на проветривание.

## 2.7. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ СПИРОГРАФОВ

Для осуществления обязательного периодического контроля качества измерений следует проводить ежедневную и еженедельную калибровку прибора. Обязательная повторная калибровка должна проводиться при большом потоке исследований, а также при резком изменении окружающей температуры и давления.

При исследовании взрослых пациентов необходим механический калибровочный шприц объемом 3 л с точностью  $\pm 0,5$  % (15 мл). Калибровка должна производиться с разной скоростью движения поршня — от 0,5 до 1,2 л/с, повторяться трижды — с медленной, средней и высокой скоростью. Различия в результатах должны составлять не более  $\pm 3,5$  %.

В кабинетах спирографии обязательным является ведение журналов регистрации результатов калибровки, неполадок прибора и замены неисправных деталей.

Для точной работы аппаратуры необходимо соблюдать рекомендации изготовителя прибора.

### Г л а в а 3. МЕТОДИКА ЗАПИСИ СПИРОГРАММЫ

Перед записью спирограммы необходимо провести некоторые подготовительные действия, к которым относятся следующие.

1. Калибровка прибора.
2. Ввод паспортных данных пациента.
3. Измерение и запись роста и массы тела пациента.
4. Разъяснение пациенту цели и порядка проведения исследования. Оператор разъясняет и при необходимости показывает, как выполняются необходимые дыхательные маневры.

5. Запись спирограммы производится в вертикальном положении грудной клетки, пациент может сидеть или стоять, что должно быть указано в протоколе исследования. Загубник лучше укрепить на высоте, соответствующей росту пациента, на нос исследуемого надевается специальный зажим (рис. 3). При нарушениях, свя-



Рис. 3. Положение больного во время проведения спирографии

занных с патологией диафрагмы, можно дополнительно провести исследование в положении больного лежа.

6. В процессе исследования необходимо соблюдение определенной последовательности выполнения спирографических тестов.

- спокойное дыхание, запись ДО (режим «МОД»);
- запись ЖЕЛ (три раза с паузами в 1 мин на вдохе и выдохе);
- запись ФЖЕЛ три раза;
- запись МВЛ (по показаниям).

Современная методика проведения спирографии состоит из выполнения двух последовательных маневров: 1) спокойной жизненной емкости легких; 2) форсированной ЖЕЛ.