



# Содержание

<b>Предисловие</b>	<b>5</b>
<b>От авторов</b>	<b>6</b>
<b>1. История изучения показателей внешнего дыхания</b>	<b>9</b>
<b>2. Основы физиологии и патофизиологии внешнего дыхания. Обструктивный и рестриктивный синдромы</b>	<b>13</b>
2.1. Строение органов дыхания . . . . .	13
2.2. Механизмы газообмена в легких . . . . .	17
2.3. Дыхательная недостаточность . . . . .	18
<b>3. Легочные объемы и емкости. Оценка ФОЕ методами разведения гелия и вымывания азота</b>	<b>23</b>
<b>4. Показатели легочной вентиляции: ЧД, МОД, МАВ, проба ФЖЕЛ, МВЛ. Понятие о поглощении кислорода и эффективности вентиляции</b>	<b>30</b>
4.1. Понятие мертвого пространства . . . . .	31
4.2. Проба ФЖЕЛ . . . . .	33
4.3. Проба максимальной вентиляции легких . . . . .	36
4.4. Потребление кислорода и оценка эффективности вентиляции .	36
<b>5. Кривая поток–объем форсированного выдоха, основные показатели</b>	<b>38</b>
<b>6. Тест с форсированным вдохом. Подходы к выявлению обструкции верхних дыхательных путей</b>	<b>42</b>
<b>7. Технические аспекты спирометрии</b>	<b>45</b>
7.1. Основные типы спирометров . . . . .	45
7.2. Требования к спирометрам . . . . .	48
7.3. Калибровка . . . . .	50
7.4. Коррекция результатов измерений . . . . .	51
<b>8. Подготовка к исследованиям и обслуживание спирометрической аппаратуры</b>	<b>53</b>
<b>9. Методика проведения спирометрии. Маневры ЖЕЛ и ФЖЕЛ</b>	<b>56</b>
<b>10. Должные величины</b>	<b>63</b>

<b>11. Оценка спирометрических показателей</b>	<b>66</b>
11.1. Оценка спирометрических показателей и построение заключения на основе рекомендаций ATS/ERS (2005) . . . . .	66
11.2. Оценка результатов спирометрии по GLI-2012 . . . . .	68
11.3. Другие способы оценки результатов спирометрии . . . . .	71
<b>12. Критерии качества и дефекты спирометрического исследования</b>	<b>73</b>
<b>13. Бронходилатационные тесты</b>	<b>81</b>
<b>14. Бронхопровокационные тесты</b>	<b>84</b>
<b>15. Проведение спирометрии у детей</b>	<b>90</b>
<b>16. Примеры заключений спирометрических исследований</b>	<b>95</b>
<b>А. Обозначения основных параметров ФВД</b>	<b>108</b>
<b>Литература</b>	<b>110</b>

# Предисловие

Российская ассоциация специалистов функциональной диагностики приветствует выход в свет уже третьего издания практического руководства по спирометрии. Исследование внешнего дыхания многогранно, но современное комбинированное спирометрическое исследование является наиболее массовым и востребованным методом функциональной диагностики болезней органов дыхания. Тем важнее публикация краткого современного руководства, ориентированного на практическую работу. Быстро разошедшиеся первое издание в 2015 г. и второе издание в 2018 г. показали большой интерес к нему читателей и побудили авторов к подготовке третьего, дополненного и переработанного издания.

Книга содержит краткие сведения по клинической физиологии дыхания, подробное изложение спирометрических показателей, описание методик спирометрии и пневмотахометрии, ошибок проведения и контроля качества исследования, технических аспектов, методику проведения бронходилатационных и бронхоконстрикторных проб, особенности спирометрии у детей, примеры заключений. Особое внимание уделяется стандартизации подходов к проведению исследования, оценке результатов и формулированию заключений. Учтены новые международные стандарты 2019 г. Книга имеет небольшой объем, но краткость изложения не нарушила его цельности и всестороннего описания методики спирометрии. Значительное число иллюстраций делает изложение максимально наглядным и удобным для практической деятельности.

Работа написана известными специалистами в области функциональной диагностики внешнего дыхания: профессором П.В. Стручковым, канд. мед. наук Д.В. Дроздовым — специалистом в области технических аспектов функциональной диагностики, профессором О.Ф. Лукиной — ведущим в стране специалистом в области функциональной диагностики болезней органов дыхания у детей.

Книга может быть рекомендована в качестве руководства для врачей функциональной диагностики, пульмонологов, терапевтов, педиатров, может также использоваться в качестве учебного пособия для постдипломного образования.

*Президент РАСФД,  
доктор медицинских наук, профессор  
Наталья Федоровна Берестень*

# От авторов

Главный мотив авторов книги — помочь врачам, которые в повседневной работе сталкиваются с проведением спирометрии и оценкой ее результатов. Несмотря на наличие обширной литературы по клинической физиологии дыхания и функциональной диагностике заболеваний дыхательной системы, судя по нашему опыту общения со специалистами, ощущается явный дефицит изданий, адресованных именно *практикующим* врачам. По этой причине мы сочли целесообразным предложить читателям книгу, максимально ориентированную *на практику выполнения рутинных исследований*.

В 2015 г. такая книга была выпущена издательством «ГЭОТАР-Медиа». Она была отлично встречена читателями и быстро разошлась. Для того, чтобы книга сохраняла свою актуальность, во втором издании 2018 г. была переработана часть материала книги. Основные изменения коснулись глав 10 и 11, в которые был добавлены материалы о глобальной инициативе по исследованию функции легких (GLI-2012), новой системе должных величин и оценки результатов спирометрии. Также было существенно увеличено число клинических примеров в главе 16, в том числе приведены примеры исследования спортсменов.

В настоящем, третьем издании учтены требования Стандартов ATS/ERS 2019 г., которые дополняют Стандарты ATS/ERS 2005 г. Особое внимание уделено качеству выполнения спирометрии и правильной оценке результатов.

В основе руководства лежит лекционный материал кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России (ректор — профессор А.В. Троицкий). Но эта книга — не учебник, а в значительной степени развернутые ответы на типичные или наиболее сложные вопросы слушателей кафедры.

Основная цель работы над книгой — *повысить качество* проведения спирометрии, уменьшить количество ошибок при проведении исследований и интерпретации результатов. Для этого потребовалось кратко изложить сведения по клинической физиологии дыхания и истории изучения легочных функций, а также некоторые технические аспекты.

Однако *основное внимание сфокусировано* на методиках выполнения спирометрии, бронходилатационных и бронхоконстрикторных проб. Отдельно и подробно рассматриваются ошибки проведения исследований, критерии каче-

---

ства выполнения дыхательных маневров, особенности исследования детей. Основные положения по проведению спирометрического исследования гармонизированы с рекомендациями Американского торакального общества и Европейского респираторного общества (ATS/ERS 2005 г.), дополненными в 2019 г. Эти рекомендации фактически стали международным стандартом и приняты в нашей стране.

Важно подчеркнуть, что приводимые в книге рекомендации не привязаны к конкретному спирометрическому оборудованию и могут использоваться в качестве ориентира при работе с любыми приборами.

Мы надеемся, что обновленное руководство по спирометрии окажется полезным практикующим врачам функциональной диагностики, пульмонологам, терапевтам и другим медицинским специалистам, имеющим отношение к этому методу. Материал может быть использован студентами медицинских специальностей и специалистами по обслуживанию медицинской техники.

Авторы с благодарностью примут отзывы, замечания и пожелания по улучшению книги.

*П.В. Стручков, Д.В. Дроздов, О.Ф. Лукина  
Москва, декабрь 2019 г.*

# Список сокращений

БА	бронхиальная астма
БПТ	бронхопровокационный тест
ВД	внешнее дыхание
ДВ	должная(ые) величина(ы)
ДН	дыхательная недостаточность
ДО	дыхательный объем
ЖЕЛ	жизненная емкость легких
МП	мертвое пространство
НГН	нижняя граница нормы
ПНБ	постнагрузочный бронхоспазм
ТЭЛА	тромбоэмболия легочной артерии
ФВД	функция внешнего дыхания
ХОБЛ	хроническая обструктивная болезнь легких
ATS	American Thoracic Society Американское торакальное общество
ERS	European Respiratory Society Европейской респираторное общество
GLI	Global Lung Function Initiative Глобальная инициатива по исследованию функции легких

Обозначения параметров ФВД и их полные названия на русском и английском языках приведены в приложении А (с. 108).

# 1. История изучения показателей внешнего дыхания

Важность клинической оценки дыхания для диагностики подчеркивалась многими исследователями, но до середины XIX века медики не имели достаточно точных и удобных инструментов для измерения параметров дыхания в условиях рутинного исследования пациентов. В 1846 г. британский врач Дж. Хатчинсон (J. Hutchinson) [17] опубликовал сообщение об изобретенном им приборе для измерения объемов выдыхаемого воздуха — спирометре. Можно считать, что именно с этой даты берет начало история объективного исследования функции внешнего дыхания, хотя и до Хатчинсона были публикации о приборах, позволявших измерить дыхательные объемы или экскурсию грудной клетки.

Спирометр Хатчинсона представлял собой воздушный колокол, в который пациент производил максимальный выдох (на рис. 1 представлена схема относительно современного прибора с воздушным колоколом). Колокол поднимался пропорционально объему выдохнутого в него воздуха. Это позволяло определить жизненную емкость легких (*ЖЕЛ*) или, при изменении методики, дыхательный объем (*ДО*). Для уменьшения сопротивления дыханию колокол уравнивался системой противовесов, а герметизация осуществлялась водой. Усовершенствования спирометра Хатчинсона, которые производились в течение десятков лет, касались в основном способов уравнивания колокола и методов графической регистрации измеренных объемов. Спирометры с воздушным колоколом выпускались вплоть до вытеснения их микропроцессорными системами.

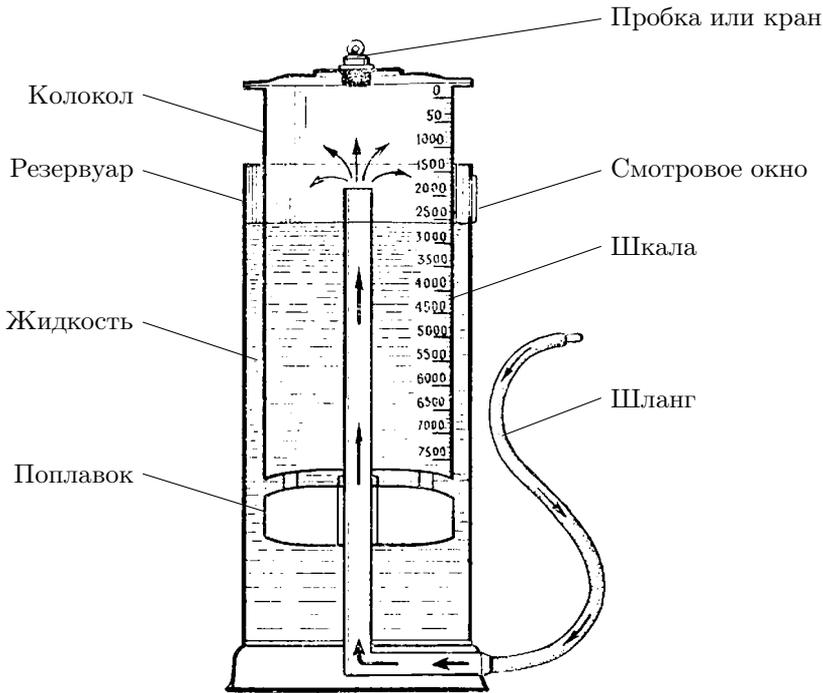
Использование спирометра позволило Хатчинсону выявить ряд актуальных и на сегодня положений в исследовании внешнего дыхания. Им определена структура *ЖЕЛ* как сумма дыхательного и резервных объемов вдоха и выдоха, сделаны ценные наблюдения изменения окружности грудной клетки при исследовании *ЖЕЛ* и *ДО*, сформулированы основные принципы методики клинического измерения *ЖЕЛ*, проведены исследования биомеханики межреберной мускулатуры. На основе измерений *ЖЕЛ* у нескольких тысяч здоровых лиц с разными антропометрическими данными Хатчинсон экспериментально выявил линейную корреляцию между ростом и *ЖЕЛ* и не обнаружил связи *ЖЕЛ* с массой тела пациента, фактически заложив основу для оценки параметров легочной вентиляции путем сравнения с ДВ (см. стр. 63).

В 1925 г. швейцарский физиолог и инженер А. Флейш (A. Fleisch [14]) ввел в практику прибор для регистрации объемной скорости потока воздуха в про-

цессе дыхания, получивший название «пневмотахограф». Прибор представлял собой трубку с пневмосопротивлением и дифференциальным манометром, измерявшим перепад давления на резистивном элементе. Перепад давления в таком устройстве определяется сопротивлением резистивного элемента и объемной скоростью потока.

Пневмосопротивление в конструкции Флейша образовано рядом параллельных узких каналов. В последующем был осуществлен ряд усовершенствований конструкции Флейша, однако основной принцип измерения объемной скорости потока по перепаду давления оставался неизменным. Удобство конструкции заключается в возможности измерения не только скорости потока, но и его направления, оценивая раздельно вдох и выдох.

В 1951 г. Х. Дайман (H. Deyman [13]), используя пневмотахограф, детально описал кривые поток–объем у пациентов с различной легочной и бронхиальной патологией, обосновал удобство графического представления взаимосвязи скорости потока и объема во время форсированного выдоха. Им также были сделаны важные наблюдения о сопротивлении легочной ткани в процессе форсированного выдоха у разных категорий пациентов. Вероятно, это было первое детальное исследование, продемонстрировавшее высокую диагности-



**Рис. 1.** Схема спирометра с воздушным колоколом  
Стрелками показано направление движения воздуха