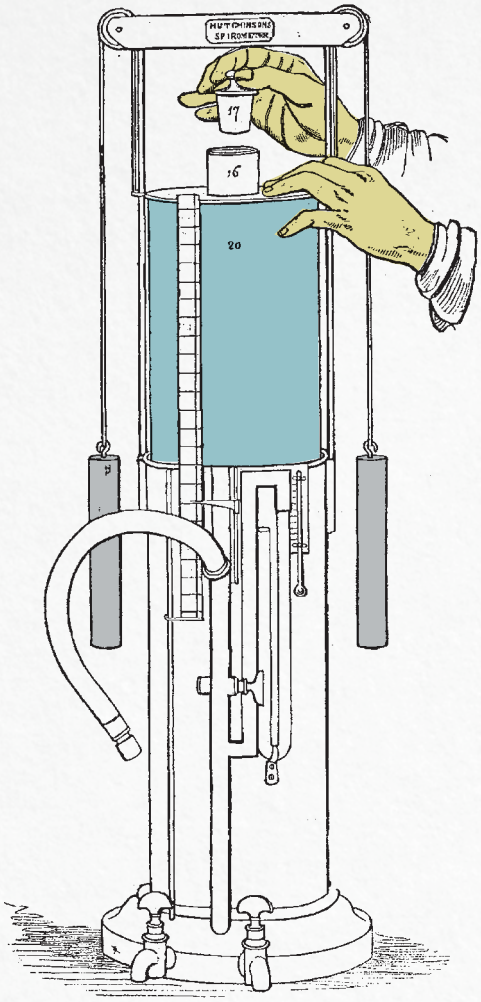

Guía de procedimiento para la ESPIROMETRÍA en Atención Primaria

GdT de Enfermedades Respiratorias de la semFYC

semFYC
Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria

Guía de procedimiento para la ESPIROMETRÍA en Atención Primaria

GdT de Enfermedades
Respiratorias de la semFYC

semFYC
Sociedad Española de Medicina
de Familia y Comunitaria

© 2016, Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria
Diputació, 320
08009 Barcelona
www.semfyc.es

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, sin la autorización por escrito del titular del *copyright*.

Coordinación y dirección editorial:

CONGRESOS Y EDICIONES SEMFYC

Carrer del Pi, 11, 2.ª planta, of. 13
08002 Barcelona
ediciones@semfyc.es

Foto de la portada: Wellcome Library, London.

Diseño: Glòria Garcia Falcó

ISBN: 978-84-15037-63-7

Printed in Spain

Autores

Coordinador

Juan Enrique Cimas Hernando
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria. CS Contrueces-Vega, Gijón (Asturias)

Autores

Eduardo Calvo Corbella
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Pozuelo Estación, Pozuelo de Alarcón (Madrid)

Araceli Fernández Revuelta
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Delicias Sur, Zaragoza

Jaime Gonzálvez Rey
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Matamá, Vigo (Pontevedra)

Miguel Ángel Lobo Álvarez
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Gandhi, Madrid

Enrique Mascarós Balaguer
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Fuente de San Luis, Valencia

Jesús Molina París
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Francia, Fuenlabrada (Madrid)

Daniel Ocaña Rodríguez
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Norte, Algeciras (Cádiz)

Javier Pérez Fernández
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS La Calzada II, Gijón (Asturias)

Manuel Pimentel Leal
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Torito, Madrid

Miguel Román Rodríguez
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Son Pisá, Palma de Mallorca (Baleares)

Gabriel Romero de Ávila Cabezón
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS de A Guarda, Pontevedra

Pere Simonet Aineto
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
EAP Viladecans 2, Gavá (Barcelona)

Rosario Timiraos Carrasco
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Acea da Ma, Culleredo (A Coruña)

Cristóbal Trillo Fernández
Especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.
CS Puerta Blanca, Málaga

Ana Uréndez Ruiz
Enfermera Urgencias Atención Primaria 061 Baleares

En representación del GdT Enfermedades Respiratorias de la semFYC.

Índice

INTRODUCCIÓN 6

INSTALACIONES, CONDICIONES AMBIENTALES Y ESPACIO FÍSICO 7

TIPOS DE ESPIRÓMETROS 8

FORMACIÓN DE LOS PROFESIONALES Y ASPECTOS ORGANIZATIVOS 11

PREPARACIÓN DE LA PRUEBA 13
Preparación del paciente 13
Preparación del equipo 14

TÉCNICA DE LA MANIOBRA DE ESPIROMETRÍA FORZADA 16
Antes de comenzar la maniobra 16
Durante la maniobra 17
Después de la maniobra 17

PRINCIPALES MEDIDAS ESPIROMÉTRICAS 18
Principales variables 18
- Capacidad vital forzada (FVC) 18
- Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV_1) 18
- Relación FEV_1/FVC (FEV_1%) 18
- Volumen espiratorio forzado en el sexto segundo (FEV_6) 19
- Flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC ($FEF_{25-75\%}$) 19
- Flujo espiratorio máximo (FEM) o pico de flujo espiratorio (PEF) 19
- Volumen extrapolado (V_{ext}, EV o BEV, *back extrapolated volume*) 20
- Tiempo de espiración forzada (FET, *forced expiratory time*) 20
- Edad pulmonar estimada (ELA, *estimated lung age*) 20

Otras variables 20
Lectura de las medidas obtenidas según las condiciones ambientales 20

VALORES NORMALES Y VALORES DE REFERENCIA 21

TIPOS DE CURVAS 23
Curvas de volumen–tiempo 23
Curvas de flujo–volumen 23

CALIDAD DE LA ESPIROMETRÍA: ACEPTABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD **25**
Criterios de aceptabilidad 25
Criterios de reproducibilidad 29
Mensajes de calidad 29

PATRONES ESPIROMÉTRICOS **32**
Patrón normal 32
Patrón obstructivo 33
Patrón restrictivo 33
Patrón mixto 34
Resumen de patrones espirométricos 35

INTERPRETACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA **36**

PRUEBA BRONCODILATADORA **38**
Realización 38
Contraindicaciones 38
Concepto de reversibilidad 38
Ensayo terapéutico 39

MANTENIMIENTO DEL ESPIRÓMETRO **40**
Calibración 40
Limpieza 41

BIBLIOGRAFÍA **43**

Introducción

En ocasiones sucede en medicina que, por una extraña confluencia de circunstancias, una innovación o un procedimiento tarda en ser adoptado por el común de los profesionales. A veces esta adopción tardía afecta a la mayoría de los profesionales y, en otras ocasiones, solo a un grupo determinado de ellos. Los motivos son múltiples: resistencia al cambio, desconfianza respecto a la innovación, temor a la dificultad de la prueba, simple rechazo por el esfuerzo suplementario, etc.

Ciento setenta años después de que John Hutchinson diese a conocer el primer espirómetro moderno[1], y 70 años después de la publicación de los primeros trabajos de Robert Tiffeneau[2], la espirometría se sigue viendo como una práctica compleja y difícil por buena parte de los profesionales de la Atención Primaria (AP). A pesar de los esfuerzos que se han hecho desde hace más de 20 años para su difusión en el primer nivel[3-7], lo cierto es que su implantación es escasa e irregular. Una de las alegaciones, cuando se pregunta por qué razón no se realiza, es que se trata de una técnica difícil, que requiere mucha formación y que consume mucho tiempo[8].

Esta idea viene alimentada desde algunos ámbitos profesionales por la insistencia en situar la espirometría como un arcano que solo los elegidos y formados más o menos exhaustivamente pueden llegar a utilizar con destreza. Por fortuna, esta situación comenzó a cambiar rápidamente hace unos años. La publicación de la guía *GOLD* (*Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*)[9,10] puso de manifiesto la necesidad de que la espirometría sea una herramienta de uso común en el primer nivel de atención, para poder garantizar una atención de calidad a pacientes con enfermedades de alta prevalencia, como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) o el asma.

En realidad, la espirometría es una prueba altamente accesible, fácil de usar e interpretar y de gran rendimiento clínico. Solo deben cumplirse dos condiciones: *saber* usarla y *querer* usarla.

Este es el motivo de la publicación de la presente *Guía de procedimiento para la espirometría en Atención Primaria*. Supone un esfuerzo de síntesis, rigor metodológico y espíritu docente para facilitar la práctica de esta técnica en todos los centros de salud. En sus diferentes apartados define las necesidades de infraestructura y equipamiento, la forma de realizar la prueba y de asegurar una calidad suficiente, las bases de su interpretación y cómo mantener y cuidar los aparatos. En definitiva aporta, de una forma sencilla y clara, toda la información necesaria para poder hacer espirometrías de calidad en el ámbito de la AP, definiendo al mismo tiempo las normas y procedimientos que deben seguirse en este nivel asistencial.

En esta guía solo se describe la realización e interpretación de la maniobra de espirometría forzada, sin entrar en la realización del bucle completo, con la rama inspiratoria. Creemos que en este momento es necesario promover la realización de la maniobra más simple y útil, y solo a medida que la espirometría forzada tenga una buena implantación en toda la AP, se deben empezar a introducir otros aspectos de la técnica. Tal vez en futuras ediciones de esta guía aparezca la realización de la técnica completa, espiratoria e inspiratoria.

Es obvio que la técnica en sí tiene unos requerimientos y procedimientos que no dependen del nivel asistencial; sin embargo, las características de organización, distribución del trabajo y abordaje de la enfermedad en AP son completamente diferentes de los de otros niveles, por lo que las normativas existentes[11,12], en ocasiones, son de difícil seguimiento en nuestro ámbito. Por este motivo decidimos realizar una guía específica que aclarase dudas y facilitase la generalización de la prueba en todos los centros de salud.

En definitiva, pretendemos aportar el *saber*, y abrir la puerta (si puede ser, de par en par) a que todos los profesionales de AP sientan que *quieren* utilizar la espirometría.

Instalaciones, condiciones ambientales y espacio físico

Actualmente para realizar una espirometría en los centros de salud no se necesitan las estrictas condiciones de un laboratorio de función pulmonar[13-16]. La simplificación y portabilidad de los equipos actuales permite hacer espirometrías no solo en el centro de salud, sino también en el domicilio del paciente.

La sala donde se ubique el espirómetro debe tener un tamaño que permita realizar una espirometría de calidad, con comodidad para el paciente y para el personal que hace la prueba[5,7,12]. Dadas las condiciones existentes en la mayor parte de los centros de salud, no es necesario que se trate de una sala específica (aunque esto sería lo ideal); la zona de espirometría se puede situar en la sala de técnicas u otro lugar similar de cada centro, si bien es importante que el espirómetro tenga un espacio propio y específico. Sería deseable que las características de la sala y su uso permitiesen realizar la técnica sin interrupciones. Las medidas de la puerta deben permitir la entrada de un paciente en silla de ruedas.

Es recomendable cierto grado de aislamiento acústico para que las órdenes emitidas durante la maniobra no molesten al resto de personal o a los pacientes del centro.

La sala debe contar con una mesa para colocar el espirómetro, el ordenador y la impresora, si son necesarios, con una toma de corriente cercana, y al menos una silla de respaldo recto y sin brazos para el paciente, dejando suficiente espacio para que el técnico que realiza la espirometría se sitúe a su lado.

En caso de que sea posible la integración automática de la espirometría en la historia electrónica del paciente, debe disponerse de una conexión a la red informática del centro cercana al espirómetro. En todo caso, siempre hay que intentar que el resultado de la espirometría se integre en la historia electrónica, aunque sea como archivo PDF.

Se debe disponer en la misma sala, o en una zona próxima, de tallímetro y báscula. El material complementario (boquillas, guantes, cámaras, pinzas, jeringa de calibración, etc.) ha de guardarse en un lugar —armario o estantería— de fácil acceso.

Deben medirse las condiciones de presión, humedad y temperatura de la sala mediante una estación meteorológica portátil, si bien con algunos modelos de espirómetro no es necesario, puesto que la llevan incorporada.

En cada centro de salud debe haber un cuaderno de mantenimiento o un registro informático para anotar todas las incidencias referidas al espirómetro, así como las fechas de calibración.

En la tabla 1 se resume todo el material del que se debe disponer para realizar espirometrías en un centro de salud.

Tabla 1. Inventario del equipo

1	Espirómetro con libro de mantenimiento y procedimiento con anexos
2	Mesa para colocar el equipo
3	Silla para el paciente
4	Jeringa de calibración
5	Pinzas nasales (si solo se va a hacer espirometría forzada no son necesarias)
6	Boquillas indeformables desechables o sensores desechables
7	Estación meteorológica: termómetro, barómetro e higrómetro (puede llevarlo incorporado el propio espirómetro)
8	Báscula y tallímetro
9	Inhalador de cartucho presurizado con beta-2-agonista de acción corta
10	Cámaras espaciadoras compatibles
11	Jabón enzimático y agua bidestilada para limpieza
12	Desinfectante de alto nivel, como ácido peracético u otro producto similar, para desinfección, si es necesario

Tipos de espirómetros

Básicamente, existen dos tipos de espirómetros: cerrados o volumétricos, y abiertos o por sensor de flujo. En la tabla 2 pueden verse los sistemas más empleados[5].

Los **espirómetros cerrados** o **volumétricos** se basan en el principio de que al entrar aire en un circuito cerrado se produce un desplazamiento del mecanismo (campana, fuelle, etc.) que se puede registrar en una gráfica, relacionándolo con el tiempo transcurrido. Se obtienen así curvas de volumen-tiempo.

En los **espirómetros abiertos** o **por sensor de flujo**, el paciente respira en un dispositivo abierto en el que hay un cabezal con un sensor que determina el flujo de aire que pasa por él en cada instante. El flujo obtenido puede relacionarse con el tiempo, y mediante integración, que realiza un microprocesador, permite obtener los volúmenes. Así, se pueden representar tanto las curvas de flujo-volumen como las de volumen-tiempo.

Los más usados en AP, por su tamaño y facilidad de uso, son los espirómetros abiertos. A la hora de elegir un espirómetro, debe considerarse si tiene suficiente calidad técnica[11,12] y si se adapta a las necesidades previamente establecidas. En la tabla 3 se indican las características y condiciones básicas que debe reunir un espirómetro adecuado para AP.

Existen pequeños equipos «de cribado» (COPD6®, Piko-6®, etc.)[17,18], que son en realidad espirómetros con las funciones reducidas al mínimo, ya que solo muestran el volumen espiratorio forzado en el sexto segundo (FEV_6), volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV_1) y relación FEV_1/FEV_6, y sin posibilidad de ver las

Tabla 2. Tipos de espirómetros

Cerrados o de volumen	De agua	De campana	El aire mueve una campana sellada en agua; el desplazamiento de la misma se registra en papel
	Secos	De fuelle	El aire mueve un fuelle cuyo movimiento se registra en papel
		De pistón	El aire mueve un pistón en un cilindro cerrado, registrándose el desplazamiento del mismo en papel
Abiertos o de flujo	Neumotacógrafos	De Fleisch	Se mide la diferencia de presiones en los dos extremos de una resistencia de múltiples tubos paralelos. Un microprocesador calcula el flujo
		De Lilly	Se mide la diferencia de presiones en los dos extremos de una resistencia de malla. Un microprocesador calcula el flujo
	De turbina		El aire hace girar una pequeña hélice cuyo movimiento es detectado por un sensor óptico
	De ultrasonidos		Los ultrasonidos que van en el mismo sentido que el flujo tardan menos en llegar al receptor que aquellos que van en sentido contrario al del flujo. Esta diferencia de tiempo es tanto mayor cuanto mayor sea el flujo
	De tubo de Pitot		Diferencia de presiones medida mediante el tubo de Pitot
	De Venturi		Diferencia de presiones en un estrechamiento del tubo, según el principio de Bernouilli
	De hilo caliente (Termistor)		Una resistencia de platino se mantiene constante a 220°; al pasar el flujo de aire por el sensor se enfría (más cuanto mayor sea el flujo), por lo que debe aumentarse la corriente eléctrica para mantener la temperatura constante. La corriente consumida sirve para calcular el flujo

curvas o imprimir los resultados. Estos no permiten, pues, verificar la calidad de la prueba. Si bien pueden ser útiles para una primera aproximación en algunos contextos, como oficinas de farmacia o consultas con escasa dotación, no se recomiendan como herramienta diagnóstica en AP, donde siempre ha de realizarse una espirometría completa con un equipo adecuado.

Tabla 3. Características de un espirómetro para Atención Primaria

CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS
Características básicas de la técnica[12]	
Rango de volumen	0 a 8 litros (+/- 3% o 50 ml)
Rango de flujo	-14 a +14 l/s (+/- 5% o 0,2 l/s)
Resistencia	a 14 l/s <1,5 cm H_2O/l/s
Registro de tiempo en la espiración forzada	Al menos 15 segundos
Hardware	
Portátil/sobremesa	Preferible un dispositivo portátil o de sobremesa ligero. Los portátiles son, invariablemente, de tipo abierto
Alimentación	Preferiblemente a través de la red eléctrica convencional o con batería recargable. Algunos funcionan con pilas de larga duración
Sensor	Los espirómetros de volumen (cerrados) disponen de sensores mecánicos que registran el volumen directamente. Los espirómetros de flujo (abiertos) están disponibles con diversos tipos de sensores: de presión (neumotacógrafos —de Fleisch, de Lilly—), por ultrasonidos, de tubo de Pitot, de turbina, de efecto Venturi, etc. Actualmente todos ellos garantizan una buena calidad de la espirometría
Necesidad de PC	La mayor parte de los espirómetros se pueden utilizar independientemente, sin necesidad de ser conectados a un PC Muchos de los dispositivos actuales pueden conectarse a un PC de manera opcional. De este modo incrementan su potencia, permitiendo el almacenamiento de un número infinito de registros o conectándose a un ***software*** que permita determinar parámetros especiales o integrar el resultado de la espirometría en la historia clínica electrónica del centro sanitario Por último, para abaratar precios, algunos espirómetros solo pueden operar conectándose a un PC
Pantalla	Son preferibles los espirómetros que posean una pantalla de tamaño adecuado y visible durante la maniobra, y que presenten en tiempo real la curva de flujo-volumen que esté realizando el paciente, para poder ver instantáneamente la calidad de la prueba Si no poseen pantalla, o esta es demasiado pequeña, o no es accesible durante la maniobra, es imprescindible que se puedan conectar en tiempo real con el ordenador para ver la curva en la pantalla de este mientras se realiza la maniobra
Impresora	Muchos espirómetros disponen de una pequeña impresora integrada que permite obtener el registro del resultado de la espirometría en el momento y lugar donde se realiza. La posibilidad de conexión del espirómetro a un PC hace posible, entre otras ventajas, evitar los gastos correspondientes a la impresora del dispositivo, así como los consumibles específicos correspondientes (rollos de papel termosensible; este, además, se borra con el tiempo)
Garantía	Es importante asegurarse de que el fabricante y el distribuidor disponen de servicio estable en España y que dan una garantía mínima de 2 años. También es importante que el servicio técnico ofrezca accesibilidad para el asesoramiento o la solución de problemas
Precio	
Del espirómetro	El precio presupuestado debe incluir todo el equipo necesario para obtener las prestaciones que se consideren imprescindibles. Si se opta por un equipo con conexión a ordenador, se debe incluir en el precio todo lo necesario para conseguir dicha conexión para su pleno funcionamiento (cables, *software*, etc.)
De los consumibles	La mayor parte de los espirómetros permiten el uso de boquillas de cartón, baratas y fáciles de conseguir. Algunos requieren boquillas especiales, más caras y, en ocasiones, no accesibles a través del servicio de suministros del sistema público de salud. Sin embargo, al ser desechables, suelen evitar problemas de transmisión de infecciones
De otras piezas del equipo	Además del espirómetro son necesarias la jeringa de calibración, con el material de conexión preciso para el espirómetro de que se disponga, y la estación meteorológica. Algunos espirómetros llevan incorporados sensores de temperatura, presión atmosférica y humedad relativa; en estos casos no se requiere estación meteorológica externa

(Continúa)

Tabla 3. Características de un espirómetro para Atención Primaria *(Cont.)*

CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS
Software	
Capacidad de almacenamiento	Los espirómetros actuales permiten el almacenamiento de múltiples registros. Esta capacidad se puede incrementar de manera infinita cuando es posible la conexión a un ordenador
Base de datos	La mayor parte de los espirómetros con conexión a ordenador permiten el almacenamiento en sistemas compatibles con SQL o Access, a su vez compatibles con la mayor parte de sistemas de almacenamiento de registros
Conexión con la historia clínica electrónica	La integración directa de la espirometría realizada en el sistema de historia clínica electrónica del centro sanitario es fundamental, por lo que debería soportar algún protocolo de conexión de datos para aparatos biomédicos, como DICOM y HL7
Indicador de calidad de la prueba	Muchos espirómetros actuales clasifican la calidad de cada prueba individual (aceptabilidad) y del conjunto de las tres maniobras aceptables (reproducibilidad). Esto puede ser de ayuda para el técnico
Características generales del aparato	
Índices medidos	Actualmente, todos los espirómetros del mercado miden al menos FEV_1, FVC, FEV_1/FVC y PEF. También es conveniente asegurarse de que disponen de una función que permita el cálculo automático de la prueba broncodilatadora
Configuración posible del resultado impreso	Debe valorarse la posibilidad de configurar los parámetros que se imprimirán en el registro de la prueba espirométrica, así como su orden en la tabla de valores y si se desea o no que se impriman los valores de referencia
Necesidad de calibración	En todos los espirómetros es necesario comprobar periódicamente su adecuada calibración. Para ello se debe utilizar una jeringa certificada (preferentemente de 3 l) Algunos fabricantes declaran que sus espirómetros no requieren calibración, especialmente los de turbina. No obstante, debe comprobarse periódicamente la exactitud de la medición y ante cualquier discordancia enviar el espirómetro al servicio técnico para recalibrar
Curvas en tiempo real	Debe poder representar *en tiempo real* la curva de flujo-volumen (e idealmente también la de volumen-tiempo), bien en la pantalla del propio dispositivo o en la pantalla del ordenador conectado al mismo
Impresión de ambas curvas	Todos los dispositivos actuales permiten la impresión de las dos curvas (flujo-volumen y volumen-tiempo)
Medidas contra la infección	Aunque la maniobra exclusivamente espiratoria minimiza el riesgo de contagio, lo ideal es disponer de filtros o de transductores desechables que permitan disponer de un circuito limpio para cada nuevo paciente sin necesidad de lavar el espirómetro
Manual de usuario	Lo ideal es que el fabricante facilite un manual detallado, que incluya soporte para el registro de las actividades de mantenimiento (libreta o tabla de mantenimiento), así como un breve manual de uso rápido

FEV_1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; PEF: pico de flujo espiratorio.

Formación de los profesionales y aspectos organizativos

Tanto los médicos como el personal de enfermería de los centros de AP deben conocer cómo se realiza una espirometría de calidad y ser capaces de evaluarla e interpretarla.

La formación de los profesionales es uno de los pilares básicos para la normalización de esta técnica en los centros de salud y debe cumplir los siguientes requisitos[12,16]:

- Conocimientos básicos de fisiología pulmonar.
- Indicaciones y contraindicaciones de la prueba.
- Conocimientos sobre las medidas necesarias para conseguir maniobras correctas.
- Reconocer los errores de la técnica y saber cómo evitarlos.
- Valoración de las curvas realizadas y elección de la más adecuada según criterios de aceptabilidad y reproducibilidad.
- Conocimientos para interpretar los patrones espirométricos.
- Capacidad para evaluar las circunstancias del paciente, físicas o intelectuales, que modifiquen los requerimientos técnicos de la maniobra, tales como pacientes en silla de ruedas, problemas mentales, etc.

Aspectos organizativos

Se debe promover la formación en espirometría entre el personal de enfermería de cada centro de salud, e integrar esta técnica en el conjunto de todas las que se realizan en el centro, asegurando que no haya tiempos de espera desproporcionados.

Si bien la mayoría de las espirometrías se realizan de forma programada, no es raro que sea necesario llevar a cabo una durante la visita de un paciente; por ello se **debe asegurar en cada centro la disponibilidad de realizar una espirometría tanto si es de forma programada (un plazo razonable sería 1 semana) como si es en el mismo día.**

Desde las guías basadas en el ámbito hospitalario[12] se ha propuesto que en los centros de salud haya una persona bien formada, con una rotación mínima de 3 meses en un servicio de función pulmonar, encargada de realizar todas las espirometrías de su centro, a semejanza de lo que ocurre en los servicios de neumología. Sin embargo, este modelo no es eficiente en AP, dada la distribución de tareas por cupos y la multiplicidad de labores que debe realizar cada profesional. Por tanto, debe existir en cada centro de salud un grupo más o menos numeroso de personal de enfermería (idealmente todo aquel que haya en el centro) que sepan realizar correctamente la técnica y llevarla a cabo sin esperas.

No obstante, es recomendable que en cada equipo haya una o dos personas de referencia para todo lo relacionado con la espirometría, siendo lo ideal que cada una sea de un estamento: un especialista en Medicina y otro en enfermería. Estas personas tendrían una mayor formación en la técnica y serían los referentes en su centro para resolver dudas o dificultades a la hora de realizarla o interpretarla. También serían los responsables del cuidado y mantenimiento del espirómetro y sus accesorios.

La formación en espirometría para su uso en AP no requiere de largas rotaciones en servicios de función pulmonar. En la mayoría de países se ha optado por el aprendizaje mediante cursos y talleres acreditados[14,19-21], de entre 5 y 12 horas de duración, que capacitan para realizar adecuadamente esta técnica en el centro de salud, donde la mayoría de las veces solo se llevan a cabo espirometrías forzadas con un espirómetro computadorizado. En este sentido, se han puesto en marcha iniciativas para la acreditación de «espirometristas», tanto en el ámbito internacional (Spirometry Driving Licence de la European Respiratory Society [ERS])[22] como nacional (Curso de Capacitación en Espirome-

tría de la Sociedad Española de Medicina Familiar y Comunitaria [semFYC] y Federación de Asociaciones de Enfermería Comunitaria y Atención Primaria [FAECAP]).

Como con cualquier otra técnica, debe garantizarse el adecuado reciclaje y mantenimiento de las habilidades, mediante la realización periódica de cursos o talleres[19,23].

Un buen ejemplo de formación integral en espirometría en AP es el Programa Balear de Espirometría en Atención Primaria, donde se establecieron algunas claves para la implantación de la espirometría (tabla 4).

Este Programa surgió por iniciativa de un grupo de profesionales de AP, médicos y personal de enfermería, y contó con el apoyo institucional de la Gerencia de AP de Mallorca y del Gabinete de Función Pulmonar del Hospital Son Dureta de Palma de Mallorca. Comenzó su implantación en la Comunidad Balear el año 2000. Desde entonces se ha conseguido una clara mejora tanto en aspectos relacionados con el proceso (dotación de espirómetros, implantación del programa de formación continuada, conexión con los responsables de los centros, planes de mantenimiento de los dispositivos) como de resultado (incremento del número de espirometrías en todos los centros, de la proporción de pacientes diagnosticados de asma y EPOC con espirometría, y de la proporción de espirometrías de calidad).

Tabla 4. Claves del programa de implantación de la espirometría en Atención Primaria

Existencia de un **equipo coordinador** de responsables del programa que aseguran la continuidad del proyecto.
Existencia de un **plan formativo** específico operativo basado en la participación y en los aspectos prácticos de la realización y la interpretación de la espirometría.
Designación de **responsables-referentes** (médico y personal de enfermería) en los centros de AP para el mantenimiento de los aparatos, la formación específica y la coordinación en la realización de la prueba.
Existencia en cada centro de la **infraestructura** necesaria para hacer de forma adecuada la espirometría y favorecer su integración en la actividad asistencial de los equipos de AP.
Integración digital de la información y los parámetros funcionales en la historia clínica electrónica.
Incentivación en la realización de espirometría de calidad y el diagnóstico adecuado de enfermedades respiratorias crónicas.
Formación y evaluación continuadas.
Jornadas formativas anuales de espirometría para todos los responsables-referentes de los diferentes centros de AP, para la puesta en común y la realización de diversas actividades docentes.

Preparación de la prueba

Preparación del paciente

Para la correcta realización de la espirometría es fundamental la participación activa del paciente, por lo que es necesario darle una información clara y efectuar una buena preparación previa.

Hay que asegurarse de que el paciente no tiene ninguna patología o problema que contraindique la espirometría[12,16] (tabla 5).

En el mismo momento en que se solicita la prueba debe explicarse al paciente la razón del estudio y en qué consiste la maniobra. Es recomendable facilitar la información por escrito (ver instrucciones al final del capítulo). Debe utilizarse un lenguaje claro y sencillo, evitando tecnicismos. Por ejemplo, se le podría decir: «Vamos a medir cómo funcionan sus pulmones, y para ello necesitamos que haga todo el esfuerzo que le sea posible, soplando lo más fuerte y rápido que pueda, desde el principio hasta que ya no pueda más». Además, es importante asegurarnos de que lo comprende, y responder a sus dudas o temores en relación con la técnica.

Para hacer una espirometría no es necesario solicitar el consentimiento informado por escrito.

Hay que tener en cuenta algunas situaciones, fármacos o sustancias que puedan interferir en la prueba:

- **Fármacos:** cualquier fármaco que altere la dinámica bronquial puede modificar los valores que se obtengan en la prueba. Los más importantes que debemos tener en cuenta, por su acción sobre el músculo liso, son los broncodilatadores. En la tabla 6 se reseña cuánto tiempo debe transcurrir des-

Tabla 5. Contraindicaciones de la espirometría

ABSOLUTAS
Cualquier situación que ponga en grave riesgo la salud del paciente al realizar un esfuerzo importante, por ejemplo: ▶ Hemoptisis importante de origen desconocido ▶ Neumotórax activo o reciente. Haber tenido un neumotórax en el pasado no contraindica la espirometría ▶ Enfermedad cardiovascular inestable (ángor inestable, infarto de miocardio reciente o tromboembolismo pulmonar) ▶ Aneurismas cerebrales, torácicos o abdominales ▶ Desprendimiento de retina reciente o cirugía del ojo reciente (cataratas) ▶ Cirugía reciente de tórax o abdomen
RELATIVAS
Situaciones que no permiten obtener trazados de una calidad mínimamente aceptable, pero en algunos casos, y en situaciones controladas (servicios de función pulmonar), podría llevarse a cabo la espirometría: ▶ No comprender bien la maniobra (niños menores de 5-6 años, deterioro psíquico, algunos ancianos, etc.) ▶ Estado físico muy deteriorado (caquexia, etc.) ▶ Presencia de traqueotomía. Si se considera necesario realizar una espirometría a un portador de traqueotomía, debe derivarse a un servicio de función pulmonar ▶ Problemas bucales y/o faciales que impidan el correcto sellado de la boca alrededor de la boquilla ▶ Parálisis facial ▶ Náuseas incontrolables al introducir la boquilla ▶ Falta de colaboración

Tabla 6. Tiempo mínimo entre la toma de fármacos y una espirometría

FÁRMACO	TIEMPO DE ABSTINENCIA MÍNIMO ADMISIBLE
Salbutamol Terbutalina	6 horas
Formoterol Salmeterol	12 horas
Indacaterol Olodaterol Vilanterol	24 horas
Ipratropio	6 horas
Aclidinio	12 horas
Tiotropio Glicopirronio Umeclidinio	24 horas
Teofilinas de acción corta	8 horas
Teofilinas de liberación sostenida	12 horas
Cromonas	24 horas

de la última toma de cada inhalador hasta la realización de la espirometría programada[5,12].

Se instruirá al paciente, de forma oral y por escrito, sobre qué tipo de medicación no puede tomar y desde cuánto tiempo antes es necesaria la abstención. Para evitar complicaciones al paciente, podría ser útil explicarle que simplemente debe dejar de tomar la última dosis previa de cada uno de sus fármacos, dado que el tiempo de abstinencia necesario coincide aproximadamente con la vida media de cada fármaco. Para trabajos de investigación, sin embargo, se debe ser muy estricto con los tiempos de abstinencia.

No es necesario retirar otro tipo de medicamentos que no actúen a este nivel, como los antiinflamatorios inhalados u orales.

- **Alimentación:** no es preciso ayunar antes de una espirometría, aunque sí se recomienda evitar comidas copiosas.
- **Bebidas:** es aconsejable no ingerir bebidas que contengan cafeína en las horas previas, dado su ligero efecto broncodilatador. No obstante, el grado de broncodilatación que produce la cafeína de un café es tan escaso que prácticamente no interfiere en la valoración de la prueba, salvo que se precise una gran exactitud, como en trabajos de investigación.
- **Tabaco:** debe evitarse su uso al menos 1 hora antes de prueba[11], dado que es un potente irritante y puede provocar broncoconstricción.
- **Ejercicio:** es recomendable que el paciente permanezca unos 15 minutos en reposo antes de realizar la maniobra; basta con que esté ese tiempo sentado en la sala de espera.
- **Ropa:** el paciente debe acudir a la prueba con ropa no excesivamente ajustada.

Preparación del equipo

Debe comprobarse que la calibración o verificación del aparato se ha realizado correctamente según la frecuencia establecida.

Se anotarán en el espirómetro los datos del paciente: nombre y/o clave de identificación, sexo, edad, talla y peso, y si es necesario, corrección étnica.

En caso de que este no lleve incorporada una estación meteorológica propia, deben introducirse manualmente los datos de: temperatura, presión atmosférica y, en algunos espirómetros, humedad relativa del aire.

Se seleccionará a continuación el tipo de prueba que se va a realizar, que habitualmente es la maniobra de capacidad vital forzada (FVC), y se colocará la boquilla en el dispositivo.

INSTRUCCIONES PREVIAS A UNA ESPIROMETRÍA

¿QUÉ ES LA ESPIROMETRÍA?

Es una prueba que sirve para conocer cómo funcionan sus bronquios y sus pulmones.

No es peligrosa, ya que consiste básicamente en soplar por un tubo.

Para su correcta realización es necesario que usted:

- Sople lo más fuerte y rápido que pueda, y durante todo el tiempo que aguante, hasta quedarse sin aire en el pecho. Cualquier otra maniobra (soplido débil, corto o con tos entre medias) no será útil y habrá que repetir la prueba.
- Realice un esfuerzo para que los resultados sean válidos. Por ello, durante la prueba se le darán indicaciones de viva voz y se le animará para que continúe soplando con fuerza.

CONDICIONES ADECUADAS

- No fume al menos 1 hora antes de la prueba.
- Deberá acudir con ropa ligera que no le apriete, evitando corbatas o fajas, con el fin de que pueda respirar y moverse con naturalidad.
- Si lleva usted prótesis dental, comuníquelo antes de realizar la espirometría.
- Es conveniente que haga la prueba habiendo estado en reposo al menos 15 minutos antes; por ello, intente evitar hacer ejercicio antes de acudir y preséntese con antelación suficiente para permanecer un rato sentado antes de realizar la prueba.
- No es preciso acudir en ayunas para soplar, pero procure evitar comidas abundantes antes de la espirometría.
- Evite en lo posible el consumo de sustancias como alcohol, cafeína o teína, así como de fármacos tranquilizantes, como mínimo 4 horas antes de la prueba.
- Si utiliza algún tratamiento para sus pulmones, con uno o varios inhaladores o pastillas, suspenda la medicación antes de la espirometría, no tomando la última dosis que le correspondería de cada uno de ellos antes de la prueba. En caso de haber necesitado usar algún inhalador por aparición de ahogo, tos, etc., dígaselo a la persona que le realizará esta.

Técnica de la maniobra de espirometría forzada

Antes de comenzar la maniobra

- Asegurarse de que el paciente no tiene ningún problema que contraindique la espirometría.
- Asegurarse de que no ha tomado medicación broncodilatadora durante las horas previas a la prueba, ni ha fumado en la última hora, y si es así, registrarlo.
- Verificar que no lleva ninguna prenda de ropa que comprima el tórax y que pueda interferir en la expansión forzada de la caja torácica.
- Preguntar si lleva prótesis dental. En caso de que la lleve, hay que asegurarse de que encaja bien y que no va a interferir en la salida del aire por la boca; si se cree que va a interferir, hay que retirarla.
- Pesar y medir al paciente y anotar todos los datos en el espirómetro. Si no se puede tallar al paciente (por ejemplo, una persona en silla de ruedas), puede usarse como alternativa la envergadura[24]. Para medirla, se pide al paciente que extienda completamente los brazos en el plano frontal (abducción), formando un ángulo de 90º con el tronco; se mide entonces la distancia entre la punta del tercer dedo de la mano izquierda y la punta del tercer dedo de la mano derecha. Esta medida equivale aproximadamente a la altura de la persona, por lo que se anotará en el apartado «talla».
- Si el paciente es de etnia negra o asiática, hay que tenerlo en cuenta a la hora de aplicar las correcciones oportunas en el espirómetro para ajustar los valores teóricos.

Explicar la maniobra:

- Es muy importante explicar bien la prueba antes de comenzar, pues no hay que olvidar que la espirometría es una maniobra forzada en la que el paciente tiene un papel activo y, por tanto, si entiende lo que tiene que hacer y los objetivos, lo hará mejor.
- Explicar primero que se realizará una espirometría basal, con al menos tres maniobras correctas, después inhalará el broncodilatador y tendrá que esperar unos 15-20 minutos para realizar otra espirometría con, al menos, tres maniobras correctas más para poder valorar los cambios tras la broncodilatación.
- Advertirle que durante la prueba se le animará enérgicamente para que realice el mayor esfuerzo posible.

Realización de la maniobra[11,12,16]:

- Sentar al paciente en una silla, con la espalda apoyada en el respaldo y con los dos pies colocados en el suelo sin cruzar; se le indicará que no debe inclinarse hacia delante mientras sopla.
- Si solo se va a realizar la maniobra de espiración forzada, **no es necesario utilizar la pinza nasal**[25-27]. Pero si se va a hacer el registro de la capacidad vital lenta, del volumen corriente o de la fase inspiratoria del asa espirométrica, siempre debe usarse pinza nasal.
- Dar al paciente el espirómetro con la boquilla desechable puesta para que lo tenga en sus manos y pueda practicar durante la explicación. El profesional debe tener otra boquilla para mostrarle visualmente cómo ponerla en la boca y cómo soplar. No obstante, **justo antes de iniciar la prueba, el transductor debe estar apoyado en la mesa sin moverse o con la boquilla tapada** para evitar flujos involuntarios que afecten a la línea de base del registro.
- Es fundamental hacer una explicación sencilla, en el orden cronológico en el que se va a realizar la prueba, usando palabras que el paciente entienda fácilmente.
- Debe explicarse de manera sistemática y repetir siempre la misma explicación, para no olvidar ningún paso. Un ejemplo es el siguiente:

«Vamos a medir cuánto aire le cabe en los pulmones y cuánta fuerza tiene usted para soplar. Por eso es muy importante que, cuando yo le diga que tome aire, tome todo el aire que pueda; y cuando yo le diga ¡sople!, sople con todas sus fuerzas.

No se preocupe, no tiene que memorizar nada, yo le avisaré de todo. Primero le diré que tome aire y usted tome todo el aire que pueda (hacer una inspiración profunda para que el paciente lo vea a modo de ejemplo)*, después le diré que se ponga el medidor en la boca así* (poner la boquilla de prueba en la boca para que el paciente vea cómo ha de hacerlo)*, tiene que sujetar la boquilla con los dientes, dejando la lengua debajo de la boquilla para que no estorbe la salida del aire y sellar la boquilla cerrando los labios alrededor de ella.*

Entonces le diré que sople con todas sus fuerzas. ***Tiene que soplar desde el principio lo más fuerte y rápido que pueda, y luego, sin coger aire, seguir soplando lo más fuerte que pueda hasta que ya no le quede nada de aire en los pulmones o yo le mande parar.*** *Hasta que yo no se lo diga, no se quite el medidor de la boca ni respire. Tiene que ser un solo soplido fuerte y mantenido.* ***Muy importante: dentro del medidor no se respira, solo se sopla****.»*

- Después de la explicación, mostrar al paciente cómo realizar la maniobra completa con nuestra boquilla (una imagen vale más que mil palabras).

Durante la maniobra

- El profesional debe colocarse al lado del paciente, con la mano en su hombro para evitar que se incline hacia delante mientras sopla, y de forma que pueda ver la pantalla del espirómetro.
- Se le indicará al paciente que tome todo el aire que pueda hasta llenar sus pulmones; es en ese momento cuando debe colocarse la boquilla en la boca y comenzar a soplar cuando se le ordene.
- Debe darse al paciente una orden enérgica y tajante para que inicie la espiración forzada. No debe pasar más de 1 segundo entre el final de la inspiración y el comienzo de la maniobra de espiración forzada (fase de apnea).
- Debe observarse la curva flujo-volumen en la pantalla en todo momento, por si se detecta cualquier artefacto en la curva que la invalide; si esto ocurre, debe detenerse la prueba.
- **Animar enérgicamente al paciente durante toda la maniobra,** con expresiones insistentes y en voz alta, como: «¡Siga, siga!» o «¡Sople, sople!».
- Controlar el tiempo que dura la maniobra para asegurarse de que tiene una duración correcta; esta debe ser de al menos 6 segundos en adultos y de 3 segundos en niños menores de 10 años. No obstante, al observar la curva puede decidirse si una maniobra de menor duración es válida, siempre que cumpla el resto de los criterios de aceptabilidad.
- La prueba debe repetirse hasta conseguir tres curvas aceptables y reproducibles, sin exceder de ocho maniobras, ya que podrían agotar al paciente. Si con este número no se consiguen las tres maniobras correctas, se citará al paciente para otro momento.
- Es importante señalar que en un 10-20% de los casos, será imposible obtener una maniobra correcta, a pesar de que el técnico actúe perfectamente y consiga una buena colaboración por parte del paciente[12].

Después de la maniobra

- Una vez que se hayan conseguido tres maniobras correctas, se seleccionará la mejor, que será aquella en la que, siendo la curva aceptable, sea mayor la suma de los valores de FVC y FEV_1, y debe memorizarse en el espirómetro como «maniobra pre» para después poder compararla con la maniobra posbroncodilatador, si se realiza esta.
- Debe anotarse cualquier incidencia ocurrida durante la prueba, como esfuerzo incompleto, aparición de tos, esfuerzo submáximo, etc.
- Si se va a realizar una prueba broncodilatadora, deben aplicarse a la espirometría posbroncodilatación las mismas condiciones explicadas anteriormente.

Principales medidas espirométricas

Aunque los espirómetros modernos ofrecen resultados de multitud de variables, habitualmente se usan solo tres: FVC, FEV_1 y la relación entre ambas (FEV_1/FVC)[5,11,12,16], ya que estas son suficientes para poder interpretar una espirometría forzada.

En la tabla 7 se muestran las equivalencias en español e inglés de las abreviaturas más frecuentes utilizadas en espirometría. Se recomienda internacionalmente el uso de las siglas inglesas.

Principales variables

■ **Capacidad vital forzada (FVC):** *volumen de aire exhalado durante una espiración tan rápida y tan completa como sea posible, partiendo desde una situación de inspiración máxima.*

Es una medida de capacidad pulmonar. Se expresa en litros, con al menos dos decimales. Se considera normal cuando es igual o mayor del 80% de su valor teórico, o igual o mayor que el límite inferior de la normalidad (LIN).

Se selecciona la mayor FVC obtenida entre todas las maniobras aceptables, aunque no corresponda a la mejor maniobra[11,12].

■ **Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV_1):** *volumen de aire exhalado durante el primer segundo de la maniobra de espiración forzada.*

Es una medida de flujo. Se mide en litros, con al menos dos decimales. Se considera normal cuando es igual o mayor del 80% de su valor teórico, o es igual o mayor que el LIN.

Se selecciona el mayor FEV_1 obtenido entre todas las maniobras aceptables, aunque no corresponda a la mejor maniobra[11,12].

En niños preescolares, que no suelen soplar más de 1 segundo, se ha propuesto sustituir el FEV_1 por el $FEV_{0,5}$. Sin embargo, la utilidad real del $FEV_{0,5}$ no está bien documentada[11,12].

El FEV_1 es una de las medidas más adecuadas para valorar el pronóstico y para seguir la evolución de las enfermedades obstructivas.

■ **Relación FEV_1/FVC (FEV_1%):** *porcentaje de la FVC que se espira durante el primer segundo de la maniobra de espiración forzada.*

En ocasiones se denomina en inglés *forced expiratory ratio* (FER).

Tabla 7. Abreviaturas y símbolos de uso habitual en espirometría

	CASTELLANO	INGLÉS
Capacidad vital forzada	CVF	FVC
Volumen espiratorio forzado en el primer segundo	VEMS	FEV_1
Volumen espiratorio forzado en el sexto segundo	VEF_6	FEV_6
Relación FEV_1/FVC	VEMS/CVF	FEV_1/FVC o FEV_1% o FER
Flujo espiratorio forzado entre el 25-75% de la FVC	$FEF_{25-75\%}$	$FEF_{25-75\%}$
Flujo espiratorio máximo	FEM	PEF
Volumen extrapolado	V_{ext} o VE	V_{ext} o EV o BEV
Tiempo de espiración forzada	-	FET
Edad pulmonar estimada	-	ELA
Límite inferior de la normalidad	LIN	LLN

Se representa, dependiendo del espirómetro utilizado, como $FEV_1\%$ o FEV_1/FVC, y se calcula según la siguiente fórmula:

$$FEV_1\% = \frac{FEV_1}{FVC} \times 100$$

Si el índice está disminuido, significa que existe obstrucción.

Se selecciona el FEV_1/FVC obtenido de la mejor curva de todas las maniobras aceptables[11,12], es decir, aquella en la que, siendo técnicamente aceptable, la suma de los valores de FVC y FEV_1 sea mayor[11].

En condiciones normales, durante el primer segundo de la espiración forzada se expulsa más del 70% de la FVC. Si el $FEV_1\%$ es menor de ese porcentaje, significa que existe una obstrucción al flujo espiratorio. En ocasiones se expresa como proporción y no como porcentaje: 0,7 equivale al 70%.

La relación FEV_1/FVC varía con la edad[28-30], siendo mayor en personas jóvenes que en edades más avanzadas. Por ello, se ha postulado que el uso del 70% como valor límite para valorar si existe obstrucción en todas podría no ser adecuado, ya que en jóvenes este valor es mayor y, por tanto, habría infradiagnóstico, y en ancianos es menor del 70%, lo que conduciría a sobrediagnóstico[31]. Para evitarlo se ha propuesto el uso del LIN, que evitaría este problema[32,33]; no obstante, este valor no está actualmente disponible en casi ningún *software* de espirometría, y por otro lado se han descrito algunos problemas de infradiagnóstico de obstrucción con su uso[34]. Por todo ello, para poder manejarnos cómodamente, consideraremos que existe obstrucción cuando el $FEV_1\%$ es menor del 70%, aunque siempre tendremos en cuenta que en niños y jóvenes los valores normales son muy superiores, y en ancianos mayores de 70 años, son inferiores.

Si el LIN está disponible, se recomienda su uso para establecer si existe o no obstrucción.

Es importante reseñar que esta relación FEV_1/FVC no es el índice de Tiffeneau; este último se calcula usando la capacidad vital lenta (SVC o VC) en vez de la FVC; de hecho, Tiffeneau la describió usando la capacidad vital inspiratoria (IVC)[2].

En la tabla 8 pueden verse las ecuaciones para calcular el LIN de la relación FEV_1/FVC en los valores de referencia más utilizados en España.

■ **Volumen espiratorio forzado en el sexto segundo (FEV_6):** *volumen de aire que se expulsa en los primeros 6 segundos de la maniobra de espiración forzada.*

Se ha propuesto esta variable como sustitutiva de la FVC para permitir una maniobra más cómoda a los pacientes, siendo además más reproducible que la FVC[35].

También se sustituiría el índice FEV_1/FVC por el índice FEV_1/FEV_6[36,37], cuyo punto de corte debe ser algo mayor (0,73-0,80) si se usa con los pequeños dispositivos dirigidos a realizar cribados para detectar obstrucción (COPD6®, Piko-6®, etc.)[17,18].

■ **Flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC ($FEF_{25-75\%}$):** *flujo de aire expulsado entre el 25 y el 75% de la FVC.*

Se expresa en litros/segundo y como porcentaje del valor teórico de referencia.

El $FEF_{25-75\%}$ refleja el estado de las pequeñas vías aéreas (aquellas con un diámetro inferior a 2 mm), que son las que antes se ven afectadas en la enfermedad obstructiva.

Sin embargo, su interpretación, cuando la FVC es anormal, es complicada[11,12], y en cualquier caso, tiene una gran variabilidad[38,39], lo que dificulta el establecimiento de límites de normalidad. Casi no se usa en la práctica.

■ **Flujo espiratorio máximo (FEM) o pico de flujo espiratorio (PEF):** *máximo flujo alcanzado durante la maniobra de espiración forzada.*

Tabla 8. Ecuaciones para el cálculo del LIN de la relación FEV_1/FVC según los valores de referencia utilizados

VALORES DE REFERENCIA		LIN PARA FEV_1/FVC
Roca[50]	Mujeres	– 0,244 E – 0,1126 P + 86,14505
	Hombres	– 0,1902 E + 76,7628
García-Río[53]	Mujeres	– 0,155 T – 0,184 E + 107,052777
	Hombres	– 0,0198 E^2 + 78,8102525

Para calcular el LIN de las ecuaciones de Roca se ha utilizado el error estándar de la estimación (SEE), y para las de García-Río, la desviación estándar (SD).

E: edad; FEV_1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; LIN: límite inferior de la normalidad; P: peso; T: talla.

Se mide en litros/segundo y como porcentaje del valor teórico de referencia. Normalmente se alcanza antes de 120 ms[12,40-42], y antes de haber expulsado el 20% de la FVC[43,44].

Se trata de un parámetro muy condicionado por el esfuerzo, pero una vez realizada una maniobra correcta, tiene menos variabilidad que otros parámetros no esfuerzo-dependientes.
Su medida no requiere hacer la maniobra espiratoria completa.

■ **Volumen extrapolado (V_{ext}, EV o BEV, *back extrapolated volume*):** *volumen de aire que se desecha de la maniobra de espiración forzada, por el inicio lento de la maniobra.*

Para que la maniobra sea válida, el V_{ext} debe ser menor de 150 ml o menor del 5% de la FVC (lo que sea mayor)[11]. En niños preescolares, debe ser menor de 80 ml o del 12,5% de la FVC[12].

Un V_{ext} más elevado indica un inicio demasiado lento y afecta a la medida del FEV_1, por lo que la maniobra no sería aceptable.

En la mayor parte de los espirómetros actuales, el cálculo del V_{ext} lo hace automáticamente el propio aparato. La forma de calcular el V_{ext} por extrapolación retrógrada se explica más adelante, en el apartado de aceptabilidad de la maniobra.

■ **Tiempo de espiración forzada (FET, *forced expiratory time*):** *tiempo que permanece el paciente expulsando aire durante la maniobra de espiración forzada. Se mide en segundos.*

Un FET mayor de 6 segundos, o de 3 segundos en menores de 10 años[11,12], constituye uno de los parámetros para establecer la correcta finalización de la prueba; no obstante, trabajos recientes[45] abogan por reconsiderar su utilidad a este respecto, ya que obliga a desechar, por tiempo insuficiente, maniobras cuyos valores variarían muy poco con un FET mayor.

■ **Edad pulmonar estimada (ELA, *estimated lung age*).** Es un parámetro que ofrecen algunos espirómetros que consiste en que a partir del FEV_1 obtenido por el paciente, se calcula, mediante determinadas ecuaciones, a qué edad correspondería en condiciones normales ese FEV_1, según los valores de referencia[46].

Se ha propuesto su uso como herramienta motivacional para dejar de fumar[46,47]. Fuera de esa circunstancia, tiene muy escasas aplicaciones[48].

Otras variables

Se han descrito multitud de variables para analizar la espiración forzada. Aunque pueden tener interés en investigación o en estudios fisiológicos, en la práctica clínica su relevancia es escasa o nula, por lo que no se utilizan.

Lectura de las medidas obtenidas según las condiciones ambientales

El aire en los pulmones tiene unas condiciones de presión, temperatura y saturación determinadas, y diferentes de las del aire ambiente. Al soplar en el espirómetro, el aire se enfría, y la diferencia de condiciones físicas hace que la medición del volumen obtenido en el dispositivo sea menor que la exhalada desde los pulmones. A las condiciones atmosféricas se les denomina ATPS (*ambient temperature and pressure-saturated*), y a las corporales, BTPS (*body temperature and pressure-saturated*).

Tras obtener una medida de volumen en el espirómetro, hay que transformarla a BTPS[11,12]. La mayor parte de los espirómetros modernos hacen directamente la conversión, de forma que las medidas que ofrecen ya se reseñan en BTPS. Para ello, algunos espirómetros solicitan que se anote mediante el teclado la temperatura, la presión barométrica, e incluso en ciertos modelos el grado de humedad relativa del aire, por lo que se debe contar con una pequeña estación meteorológica junto al espirómetro. Otros aparatos incorporan una estación meteorológica interna, y no hará falta introducir ningún dato manualmente.

Valores normales y valores de referencia

Los resultados obtenidos en la espirometría deben ponerse en relación con el valor que debería presentar una persona sana que fuera del mismo sexo que el paciente y tuviese las mismas características de talla, peso y edad; es lo que se conoce como **valores teóricos** o **valores de referencia**[5,11,12,49].

Para obtener esos valores teóricos se estudia una población de referencia compuesta de personas sanas no fumadoras, y se elaboran ecuaciones de predicción en las que el parámetro espirométrico es la variable dependiente, y el peso, la edad y la talla, son las variables independientes.

De esta manera se obtiene una tabla de valores teóricos que sirven de referencia a aquellos obtenidos en la espirometría de un paciente concreto. El valor obtenido en cada paciente se compara con el teórico para su edad, sexo, talla y peso, y se expresa en porcentaje del valor observado respecto del teórico; es decir, se divide el valor observado por el teórico y se multiplica por 100. Un valor del 100% implica que el parámetro observado es igual al teórico.

Para la FVC y el FEV_1, se considera normal un valor igual o superior al 80% del teórico, y se considera patológico cuando es menor del 80%.

El establecimiento del LIN en el 80% del valor teórico es cómodo, pero no tiene base estadística, pudiendo sobreestimar o infraestimar los resultados del paciente en algunos casos[49]. Se han propuesto diversos métodos estadísticos para establecer con mayor precisión el LIN (percentil 5, *z-score*)[12], aunque actualmente no están recogidos en la mayor parte de los valores de referencia ni en el *software* de los espirómetros. **A medida que vaya estando disponible el LIN por estos métodos, se recomienda su uso.** Hasta entonces, por cuestiones de simplicidad, se puede seguir utilizando como LIN el 80% del valor teórico, siempre teniendo en cuenta sus limitaciones.

Se deben escoger tablas de valores teóricos obtenidos de una población lo más similar posible a aquella a la que pertenece el paciente que se está estudiando. En España se utilizan las tablas de Roca J y col.[50], adoptadas por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). Estas tablas, obtenidas inicialmente en personas sanas de Barcelona, fueron posteriormente validadas para el conjunto de la población española[51]. Sin embargo, las ecuaciones de referencia de Roca J y col. solo son válidas, en teoría, para el rango de edad en el que fueron obtenidas, es decir, de 20 a 70 años. Para la población española de 6 a 20 años, pueden usarse los valores obtenidos mediante las ecuaciones de Casán P y col.[52], y para mayores de 65 años, los de García-Río F y col.[53].

Recientemente, la Global Lung Function Initiative ha creado unas ecuaciones de referencia multiétnicas y para un rango de edad de 3 a 95 años denominadas GLI-2012[54], realizadas a partir de los datos de función pulmonar de 74.187 individuos blancos europeos, afroamericanos y asiáticos. Se recomienda su uso una vez que se validen estas ecuaciones para las diferentes poblaciones, pues permitirán simplificar y unificar la interpretación de la espirometría, independientemente del origen étnico y de la edad.

Hoy en día, la mayor parte de los espirómetros computadorizados permiten escoger la tabla de valores de referencia, y calculan automáticamente los valores teóricos para cada paciente en función de las tablas seleccionadas. También expresan en los resultados el porcentaje del valor observado respecto al teórico. Para alguna serie de valores de referencia, se recoge igualmente el LIN.

Si nuestro espirómetro permite estos ajustes, deberían elegirse los valores de referencia GLI-2012, una vez que estén validados para la población española. Si no están implementados en el espirómetro, en España se recomienda escoger las siguientes tablas[12]:

- De 6-20 años: Casán.
- De 20-65 años: SEPAR (denominada también como Roca o Barcelona).
- Mayores de 65 años: García-Río.

Sin embargo, en el *software* de muchos espirómetros no están disponibles tampoco todas estas ecuaciones, por lo que, de no ser así, aconsejamos escoger la combinación de valores SEPAR (Roca) para adultos, y las que estén disponibles para niños, generalmente las de Quanjer PH[55] , Polgar G[56] o Zapletal A[57].

En algunos espirómetros se solicita la introducción de un factor de corrección según la etnia del paciente, tomando como 100% a los caucasianos. Ello se debe a que se ha comprobado que otras etnias tienen valores ligeramente más bajos, que según diferentes trabajos[49,58-60] serían:

- Negros: –15%. Se debe poner en el espirómetro 85%.
- Asiáticos: –6%. Se debe poner en el espirómetro 94%.

Si bien antiguamente se añadía como etnia diferenciada a la población hispana (personas procedentes de Centroamérica y determinados países de América del Sur), la mayor parte de trabajos no encuentran diferencias entre este grupo y los caucasianos[54,61].

Algunos investigadores[62] han señalado que las diferencias entre etnias no se explicarían solo por factores étnicos, y que probablemente sean tanto o más importantes los factores socioeconómicos, que no suelen estudiarse en este tipo de trabajos.

Las ecuaciones GLI-2012 también constatan diferencias étnicas[54]; en su caso, los caucasianos son quienes tienen los valores más altos, e identifican cinco agrupaciones de etnias:

- Caucasianos: incluye Europa, Israel, Australia, Estados Unidos, Canadá, México (incluyendo los estadounidenses de origen mexicano), Brasil, Chile, Uruguay, Venezuela y países árabes (Argelia y Túnez).
- Negros (afroamericanos).
- Asiáticos del sureste asiático: Tailandia, Taiwán y China (incluyendo Hong Kong).
- Asiáticos del noreste asiático: Corea y norte de China.
- Otras etnias: mestizajes y etnias sin estudiar todavía.

El *software* del GLI-2012 solicita para el cálculo de valores teóricos el sexo del paciente, la edad, la altura y el grupo étnico al que pertenece, y establece el LIN para FEV_1, FVC y FEV_1/FVC. Puede descargarse libremente en:

http://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative/tools/excel-individual-calculator.aspx.

Tipos de curvas

Los espirómetros actuales registran dos tipos de curvas: curvas de volumen-tiempo (V-T) y curvas de flujo-volumen (F-V).

Curvas de volumen-tiempo

El volumen se mide en litros, en el eje de ordenadas (vertical), y el tiempo, en segundos, en el eje de abscisas (horizontal) (figura 1).

Una curva de V-T normal tiene un ascenso rápido, ya que se expulsa más del 70% de todo el aire en el primer segundo; posteriormente, la pendiente se va haciendo cada vez menos pronunciada hasta que se aplana y llega al máximo volumen (FVC). El volumen de aire expulsado en el primer segundo es el FEV_1.

Curvas de flujo-volumen

En este tipo de curva, el flujo se mide en litros/segundo, en el eje de ordenadas (vertical) y el volumen, en litros, en el eje de abscisas (horizontal) (figura 2).

La curva de F-V normal tiene un ascenso muy rápido, cercano al eje de ordenadas (flujo) hasta alcanzar un pico (PEF). A partir de ahí, desciende en línea más o menos recta, con una pendiente menos pronunciada que el ascenso, hasta acabar contactando, de forma asintótica, con el eje de abscisas (volumen), marcando así la FVC.

En la figura 3 podemos ver la relación entre ambos tipos de curvas, representadas unidas por el eje que comparten, el de volumen. Se puede observar en qué zona de la curva F-V se encuentra el FEV_1 .

Ambos tipos de curvas son complementarios y aportan información útil; se recomienda tener en pantalla, en tiempo real, los dos tipos. Si solo se puede tener una, recomendamos que sea la curva de F-V, ya que es la que más información aporta acerca de la calidad de la prueba realizada, especialmente durante el primer segundo de la maniobra.

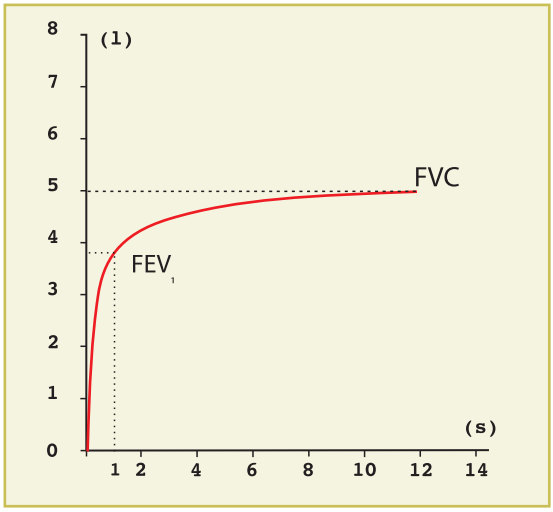

Figura 1. Curva de volumen-tiempo.

En el eje de abscisas se representa el tiempo transcurrido (en segundos) y en el de ordenadas, el volumen espirado (en litros). El punto más alto de la curva indica la FVC y el volumen espirado en el primer segundo es el FEV_1.

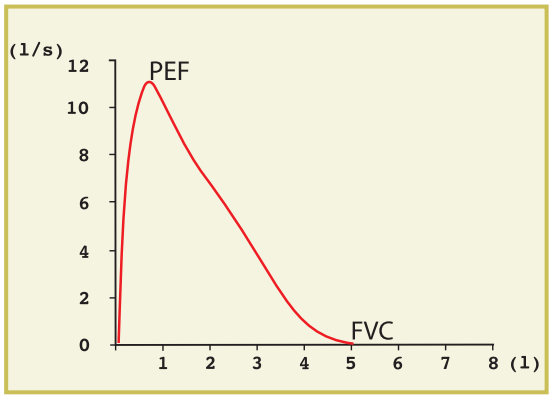

Figura 2. Curva de flujo-volumen.

En el eje de abscisas se representa el volumen espirado (en litros) y en el de ordenadas el flujo (en litros/segundo). El punto más alto representa el PEF, y el lugar donde la curva toca el eje de volumen señala la FVC.

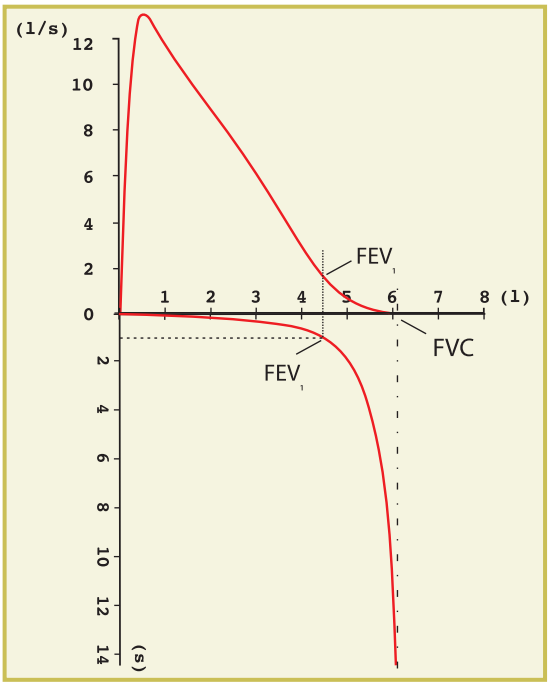

Figura 3. Curvas volumen-tiempo y flujo-volumen unidas por el eje de volumen.

Se ve cómo la FVC coincide en ambas, y la forma de averiguar dónde está el FEV_1 en la curva de F-V.

En la curva de F-V pueden verse algunas variantes de la normalidad[5] (figura 4):

A. «Hombro» o «joroba»: aparece generalmente en jóvenes, sobre todo en mujeres, y se produce por tener mesoflujos altos. Se puede confundir con una maniobra incorrecta por esfuerzo variable, pero las dudas se despejan cuando todas las curvas que se realizan presentan el mismo trazado.

B. Convexidad de la parte descendente: es una variedad del caso anterior, pero con mesoflujos menos elevados. Suele darse también en jóvenes.

C. «Capuchón»: en la parte del PEF se aprecia una elevación marcada, que simularía un capuchón de bolígrafo. Se da en hombres jóvenes y con bastante fuerza muscular; como el PEF depende en parte de ello, alcanza valores muy altos. Una vez que la curva deja la fase más dependiente del esfuerzo y comienza la fase dependiente de la elasticidad pulmonar (lo que sucede cuando queda por espirar aproximadamente el 70% de la FVC), la curva se normaliza.

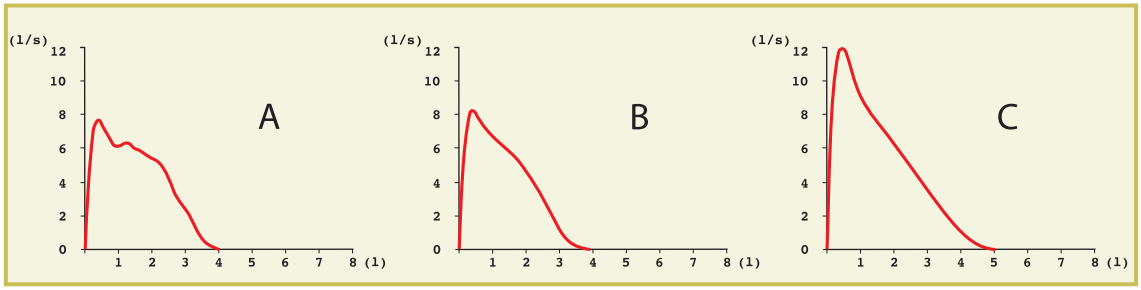

Figura 4. Variantes de la normalidad en la curva flujo-volumen.

A. «Hombro» o «joroba»; B. Convexidad de la parte descendente; C. «Capuchón».

Calidad de la espirometría: aceptabilidad y reproducibilidad

Criterios de aceptabilidad

La calidad de la espirometría se determina por el análisis de la curva realizada, debiendo valorar siempre el inicio, la morfología y la finalización de la misma[11,12].

Inicio de la maniobra

Debe ser tan rápido como sea posible, evitando un comienzo lento o con vacilaciones que artefacte a la medida del FEV_1.

Se determina por el V_{ext}, que **debe ser inferior a 150 ml o menor del 5% de la FVC (lo que sea mayor)**[11]. Los espirómetros computadorizados calculan automáticamente el V_{ext}.

En la figura 5 se expone la forma de calcular el V_{ext} mediante el método de la extrapolación retrógrada (*back extrapolation*).

Otro criterio accesorio es la observación del PEF en la curva F-V. Este debe conseguirse de forma muy temprana tras el inicio de la espiración forzada (en un tiempo inferior a los 120 ms, generalmente antes de haber expulsado el 20% de la FVC)[11,41,44].

En la figura 6 se muestran las dos curvas cuando hay un inicio lento de la maniobra de espiración forzada.

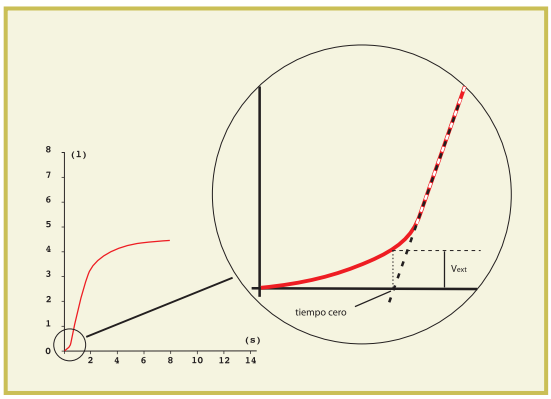

Figura 5. Cálculo del V_{ext} con el método de la extrapolación retrógrada.

Cuando se inicia la espiración, se hace progresivamente más rápida hasta lograr el máximo esfuerzo (máxima pendiente). Para averiguar el punto teórico donde hubiese empezado a soplar el paciente, si fuese capaz de lograr el máximo esfuerzo instantáneamente, trazamos una línea que prolongue hacia abajo la máxima pendiente de la curva y la llevamos hasta el eje de tiempo: el punto donde corta dicho eje es el **tiempo cero**. Sin embargo, en la realidad, en ese tiempo cero el paciente ya ha soplado una cierta cantidad de aire: el **V_{ext}**, que será mayor cuanto más haya tardado el paciente en lograr el máximo esfuerzo.

Morfología de la curva

La inspección de la curva F-V nos informa sobre el esfuerzo realizado y la presencia de artefactos que afecten la calidad de la maniobra, espe-

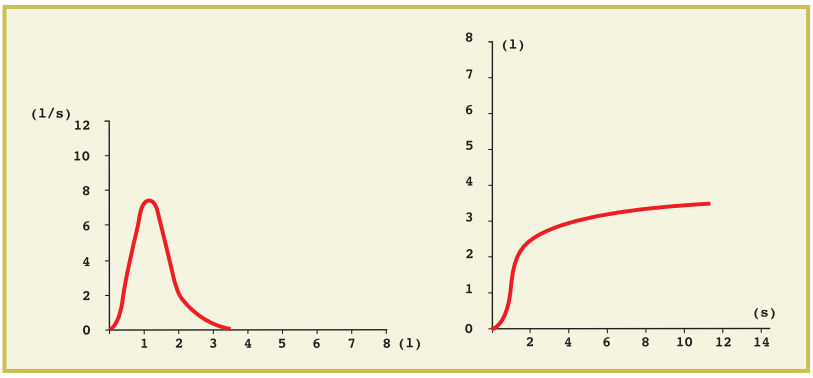

Figura 6. Inicio lento de la maniobra de espiración forzada.

En la curva F-V se observa que el pico de flujo se alcanza de forma tardía, por lo que la curva adquiere la típica forma de campana. En la curva V-T se aprecia una forma sinusoidal en el inicio, lo que da a la curva aspecto de «S».

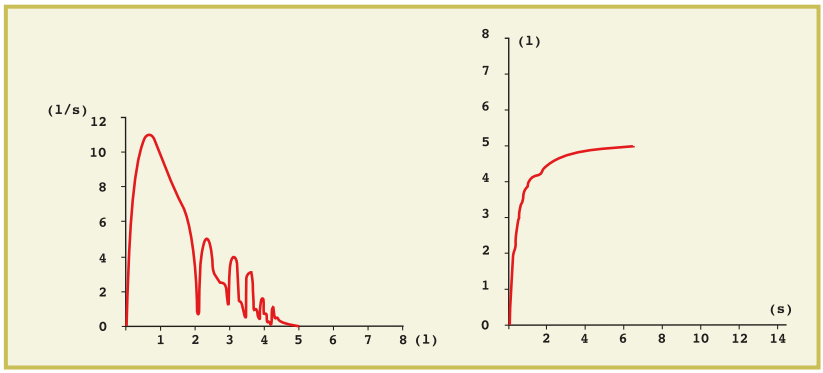

Figura 7. Tos en el primer segundo de la espiración forzada.

En la curva F-V es muy evidente, mientras que en la de V-T se aprecian pequeñas muescas menos visibles.

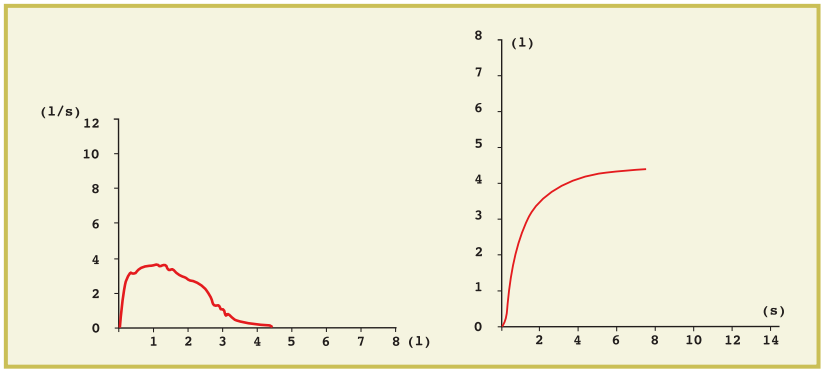

Figura 8. Esfuerzo insuficiente.

En la curva de F-V no hay pico de flujo. La curva V-T puede ser aparentemente normal.

cialmente durante el primer segundo de la espiración forzada; no obstante, es conveniente valorar ambas curvas, ya que se complementan y lo que se ve mal en una puede verse mucho mejor en la otra.

En la curva de F-V debe observarse la existencia de un PEF que aparece precozmente, antes del 20% de la FVC, y que debe ser único; a partir de él, la curva debe tener un descenso suave, sin artefactos.

Las alteraciones más típicas son[5,11,63]:

- **Tos en el primer segundo:** la presencia de esta interfiere en la medición del FEV_1 e invalida la lectura de la espirometría[11,12,63]. Para su detección se debe analizar la curva F-V, donde se observaría una o más espículas en la parte descendente de la curva (figura 7). Si la tos aparece después del primer segundo de la maniobra de espiración, podría realizarse la lectura de la espirometría en ciertas ocasiones.
- **Esfuerzo insuficiente:** el paciente realiza un esfuerzo submáximo durante la maniobra; en este caso no se alcanza el PEF, que es el valor más condicionado por el esfuerzo. Se visualiza en la curva F-V como una curva aplanada sin el pico característico[5,63] (figura 8).
- **Esfuerzo variable:** el paciente, en vez de realizar un máximo esfuerzo, continuo y mantenido, desde el inicio de la prueba hasta su finalización, efectúa varios esfuerzos submáximos de distinta intensidad. Se observa en la curva F-V como varias ondulaciones o picos sucesivos[5,63] (figura 9).

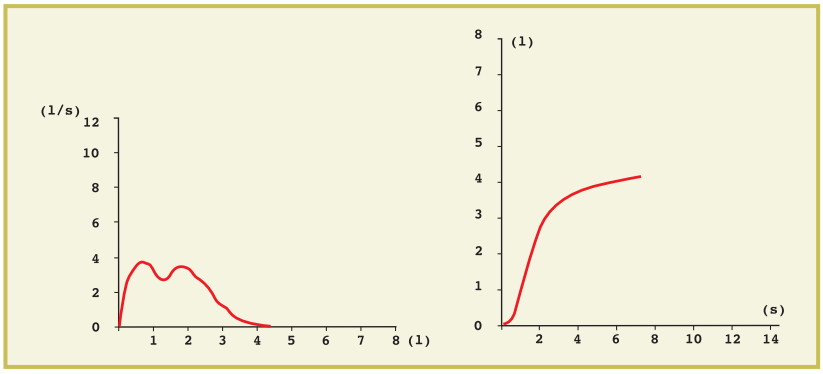

Figura 9. Esfuerzo variable.

Se aprecia un doble esfuerzo en la curva F-V, mientras que la curva V-T puede aparentar normalidad.

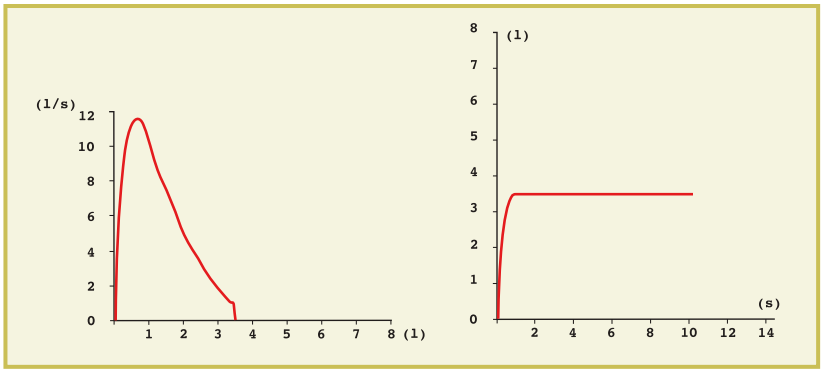

Figura 10. Cierre de glotis.
Se produce al cerrar la glotis mientras el paciente sigue soplando; en ese momento deja de expulsarse volumen.

- **Cierre de glotis:** se produce al realizar una maniobra de Valsalva o un cierre de glotis durante la espiración forzada. En la curva V-T se ve una planicie perfecta que forma un ángulo con la parte ascendente de la curva, mientras que en la de F-V se ve una caída brusca al final de la curva[11,12,63] (figura 10).
- **Pérdida de volumen:** se da casi exclusivamente en espirómetros cerrados (o volumétricos). Ocurre cuando se produce una pérdida de aire por el sistema (fuelle, tubuladuras, mala oclusión labial, etc.) durante una maniobra realizada correctamente. En la curva V-T se ve una caída lenta de la curva tras alcanzar la fase de meseta, y en la curva F-V, una caída en la parte final descendente seguida de un retroceso[11,63] (figura 11).
- **Error de «punto cero» o de «línea de base»:** este tipo de error[63] solo se produce en espirómetros abiertos con sensor de flujo. Estos aparatos calculan previamente a la prueba el punto de «no flujo» (punto cero o línea de base). Algunos lo hacen antes de cada esfuerzo del paciente, y otros al inicio de la primera prueba. Si por cualquier circunstancia hay flujo en ese momento de la medición, por respirar el paciente en el sensor o simplemente por moverlo, el aparato no calculará bien el punto cero y puede dar este tipo de error.

  Puede ser de dos tipos (figura 12):

  – **Error de punto cero positivo:** en la curva V-T se ve cómo al sobrepasar el primer segundo la curva sigue subiendo de forma lineal, incluso aunque el paciente deje de soplar.

  – **Error de punto cero negativo:** en la curva V-T se ve cómo al sobrepasar el primer segundo la curva comienza a bajar de forma lineal, incluso aunque el paciente deje de soplar. El trazado resultante es similar al que se vería en la pérdida de volumen en un espirómetro cerrado.

  Para evitar este error, el técnico debe tapar la boquilla o dejar el sensor apoyado sin moverlo para impedir el flujo cuando el aparato mide el punto cero.

Finalización de la maniobra

Criterio de duración de la maniobra[11,12]:

- Debe durar **como mínimo 6 segundos**, aunque se debe animar hasta que se haya espirado todo el aire posible. Los jóvenes suelen espirar todo el aire en menos de 6 segundos; en estos casos debe comprobarse que la finalización de la curva F-V sea asintótica.

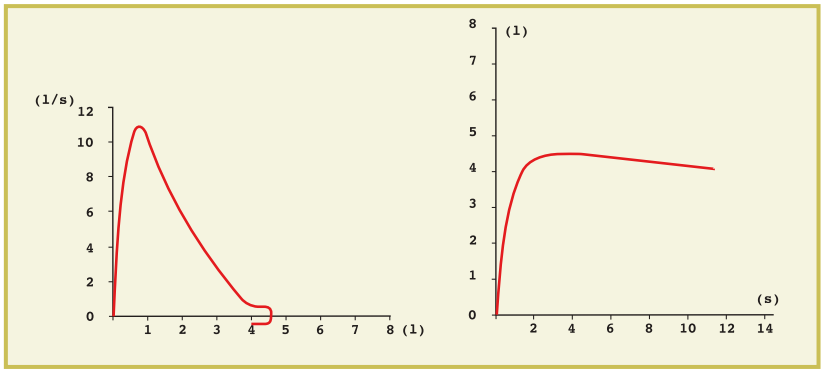

Figura 11. Pérdida de volumen.

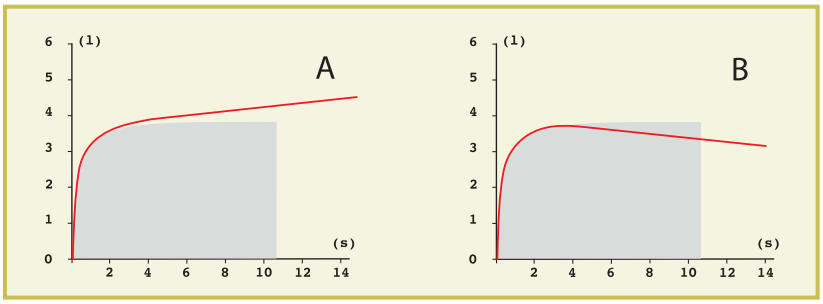

Figura 12. Error de punto cero positivo (A) y error de punto cero negativo (B), visibles en la curva de V-T.

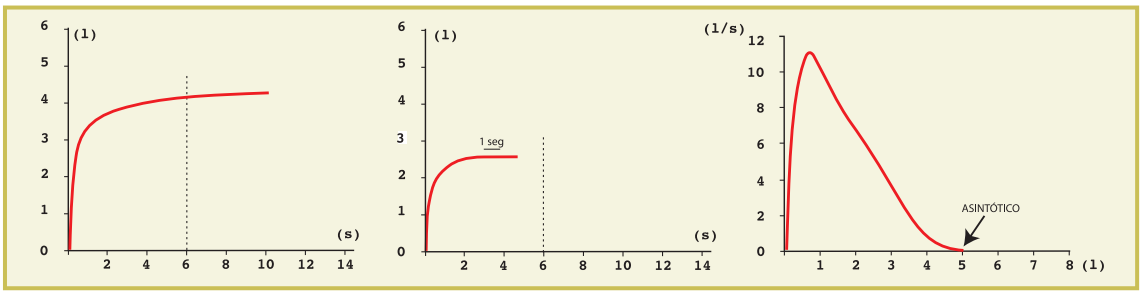

Figura 13. Criterios de finalización correcta de la maniobra espiratoria.

- En niños menores de 6 años (preescolares), como mínimo 1 segundo[12].
- En niños de 6 a 8 años, como mínimo 2 segundos[12].
- En niños de 8 a 10 años, como mínimo 3 segundos[12].

Criterios de finalización de la maniobra (figura 13):

- En la curva F-V, la finalización de la curva debe ser progresiva, de forma que la línea del trazado descendente se acerque de manera asintótica al eje de volumen. Esto ocurre cuando el flujo espiratorio es menor de 0,025 l/s[11,12]. En este caso, la curva es aceptable independientemente de la duración de la maniobra.
- En la curva V-T se ve una meseta estable. Este criterio se basa en la ausencia de cambio en el volumen (menos de 0,025 litros) durante al menos 1 segundo[11,12].

En la figura 14 se ven ambos tipos de curvas en un caso de finalización precoz de la maniobra.

Hay que señalar que actualmente comienza a ponerse en cuestión el criterio del tiempo de espiración forzada (FET), dado que las normativas actuales obligan a rechazar muchas espirometrías, por otra parte aceptables, que no mostrarían variaciones de importancia si hubiesen completado el tiempo establecido[45]; por ejemplo, los pacientes jóvenes frecuentemente llegan a expulsar toda su FVC en apenas 4 segundos, mientras que los pacientes con obstrucción grave pueden tardar hasta 14-15 segundos en espirar todo el aire. No se debe prolongar la espiración más allá de los 15 segundos, pues el volumen espirado apenas varía de ahí en adelante[12].

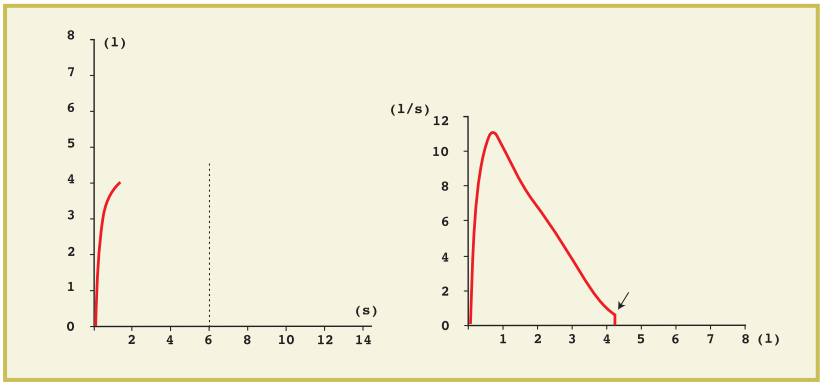

Figura 14. Finalización precoz de la espiración.

En la curva V-T se aprecia que no llega a los 6 segundos, y en la curva F-V se observa una caída brusca al final (finalización no asintótica).

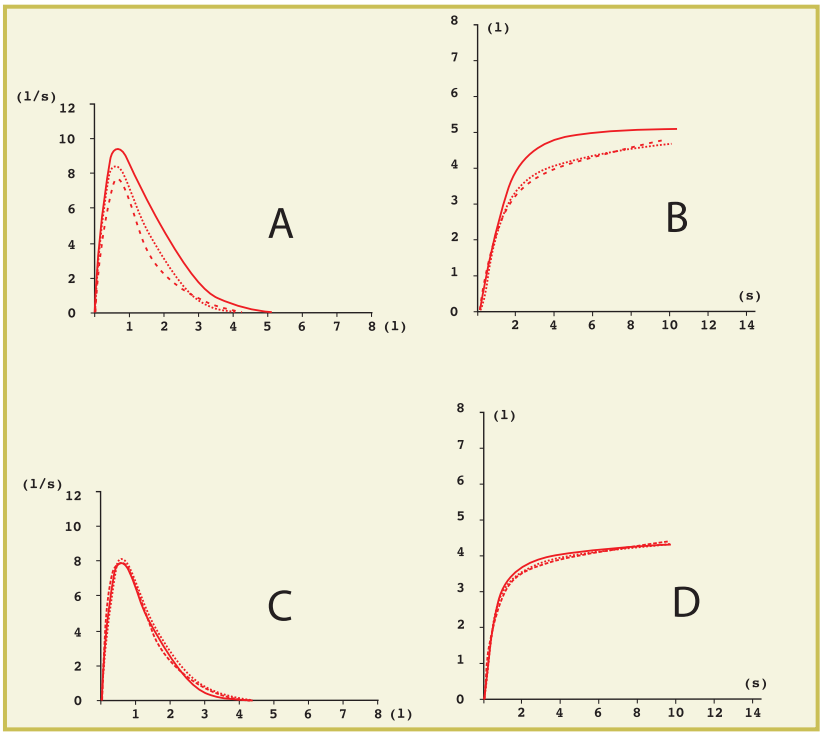

Figura 15. Curvas no reproducibles (A y B) y curvas reproducibles (C y D).

Criterios de reproducibilidad

La segunda condición que debe cumplir una espirometría es ser reproducible, es decir, el paciente ha de realizar al menos dos maniobras muy similares entre sí. Para ello, se requieren tres curvas aceptables: de ellas, las dos mejores FVC no deben diferir entre sí más de 150 ml, y la diferencia entre los dos mejores FEV_1 no debe ser tampoco mayor de 150 ml[11,12] (figura 15). En pacientes con una FVC menor de 1 l se recomienda que estas diferencias no sean mayores de 100 ml[12].

En niños se consideran reproducibles dos maniobras cuando la diferencia en la FVC y el FEV_1 sean menores del 10% o menor de 100 ml[12].

La mayoría de los espirómetros calculan este dato de forma automática. En caso contrario, es tarea del técnico que realiza la prueba el calcular esta variación.

Mensajes de calidad

Los equipos pueden mostrar mensajes de advertencia sobre el cumplimiento o incumplimiento de los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad de maniobras. Esas advertencias pueden verse bien en la pantalla, bien en el informe impreso, o bien en ambos, que es lo ideal.

En la tabla 9 se expone un resumen de los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad.

Algunos espirómetros presentan los resultados junto con una gradación de la calidad de la espirometría[11,12,64], basada en la reproducibilidad,

Tabla 9. Resumen de los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad

ACEPTABILIDAD
Buen inicio
▶ V_{ext} < 150 ml o < 5% de la FVC
Buena morfología de la curva de flujo-volumen
▶ Presencia de un solo pico, inicial y precoz (PEF) ▶ Ausencia de artefactos
Buena finalización de la maniobra
Debe cumplir al menos uno de los siguientes criterios: ▶ Duración de la curva de volumen-tiempo de al menos 6 segundos (3 segundos en niños < 10 años) ▶ Presencia de una meseta de más de 1 segundo de duración en la curva de volumen-tiempo ▶ Finalización asintótica de la curva de flujo-volumen, tocando el eje de volumen, independientemente del tiempo transcurrido.
REPRODUCIBILIDAD
La diferencia de valores entre las dos mejores curvas (de al menos tres realizadas que cumplan criterios de aceptabilidad) debe ser menor de 150 ml, tanto para la FVC como para el FEV_1.

FEV_1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; PEF: pico de flujo espiratorio; V_{ext}: volumen extrapolado.

Tabla 10. Grados de calidad de la espirometría forzada

GRADO	DESCRIPCIÓN	CALIDAD
A	Tres maniobras aceptables (sin errores) y entre las dos mejores FVC y FEV_1 una diferencia igual o inferior a 0,15 l	Buena calidad
B	Tres maniobras aceptables (sin errores) y entre las dos mejores FVC y FEV_1 una diferencia igual o inferior a 0,2 l	
C	Dos maniobras aceptables (sin errores) y entre las dos mejores FVC y FEV_1 una diferencia igual o inferior a 0,2 l	Calidad suficiente
D	Dos o tres maniobras aceptables (sin errores) y entre las dos mejores FVC y FEV_1 una diferencia igual o inferior a 0,25 l	No válidas para la interpretación
E	Una maniobra aceptable (sin errores)	
F	Ninguna maniobra aceptable (sin errores)	

FEV_1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo;
FVC: capacidad vital forzada; PEF: pico de flujo espiratorio;

que ha mostrado ser útil en algunos estudios. Es una forma simple de evaluar la calidad y puede ser de ayuda para la valoración de la prueba. Se puede ver la clasificación en la tabla 10.

En la tabla 11 se resumen los principales errores y la manera de evitarlos[63]. Una forma de comprobar que todo se hace correctamente puede ser utilizar una lista de comprobación (ver ejemplo más abajo).

Hay que señalar que hasta en un 10-20% de los casos no es posible obtener una maniobra con buena calidad, a pesar de que el técnico haga todo correctamente y de que el paciente colabore bien[12].

Lista de comprobación del técnico de espirometría

- ▶ Realizada calibración o verificación de medida del espirómetro (según modelo de espirómetro y protocolo del centro) ☐
- ▶ Recogidas presión atmosférica y temperatura (no es necesario si el espirómetro tiene estación meteorológica interna) ☐
- ▶ Comprobadas contraindicaciones en el paciente ☐
- ▶ Comprobada preparación del paciente (abstinencia de fármacos inhaladores, ejercicio, no haber fumado en la hora previa) ☐
- ▶ Hecha la explicación de la maniobra al paciente ☐
- ▶ Buen inicio (V_{ext} < 150 ml o del 5% de la FVC) ☐
- ▶ Buen esfuerzo (presencia de PEF precoz) ☐
- ▶ Ausencia de artefactos (tos en el primer segundo, esfuerzo variable, cierre de glotis, error de punto cero) ☐
- ▶ Finalización correcta de la maniobra (la curva flujo-volumen termina asintótica, espiración de más de 6 segundos en adultos o 3 segundos en menores de 10 años, o presencia de una meseta de más de 1 segundo en la curva de volumen-tiempo) ☐
- ▶ Realizadas al menos tres maniobras aceptables ☐
- ▶ Los dos mejores FEV_1 y las dos mejores FVC difieren menos de 150 ml entre sí ☐

COMENTARIOS:

_____

_____

_____

_____

Tabla 11. Principales errores en la espirometría y cómo solucionarlos

FASE EN QUE SE PRODUCE	ERROR	CONSECUENCIA	SOLUCIÓN
Previa a la espirometría	No calibración/verificación	Medidas incorrectas	Calibración o verificación según normativa
	Mala preparación del paciente (abstinencia de fármacos, tabaco, reposo)	Mediciones alteradas	Entregar siempre la hoja de información e instrucciones previas al paciente
	Instrucciones deficientes del técnico	Maniobra no aceptable o medidas alteradas	Formación adecuada del técnico; instrucciones normalizadas
Previa al inicio de la maniobra de espiración forzada	Obstrucción parcial de la boquilla (mala colocación, interposición de dientes o lengua)	Errores diversos en ambos tipos de curvas Alteración de FVC y FEV_1	Fijar o retirar dentadura postiza Colocar la boquilla sujetándola con los dientes (sin morder) por encima de la lengua, y cerrar los labios a su alrededor para sellarla
	Llenado incompleto del volumen pulmonar (inspiración incompleta)	Valores de FVC y FEV_1 falsamente reducidos	Insistir al paciente en que debe llenar completamente sus pulmones, y comprobar visualmente que lo hace
Durante la maniobra de espiración forzada	Inclinación excesiva del tronco hacia delante	Aumento de la presión abdominal que actúa sobre el diafragma, lo que incrementa el flujo, y, por tanto, el FEV_1	Además de explicar al paciente que no debe inclinarse, el técnico debe sujetarle el hombro suavemente
	Inicio lento o titubeante de la espiración forzada	V_{ext} > 150 ml o del 5% de la FVC FEV_1 reducido Pico de flujo tardío en la curva de flujo-volumen Trazado sigmoideo en el inicio de la curva de volumen-tiempo	Dar una orden tajante para que el paciente inicie la espiración. Indicarle que debe intentar expulsar todo el aire de golpe al principio, y con la máxima fuerza posible
	Esfuerzo insuficiente	FEV_1 disminuido FEV_1/FVC disminuido Ausencia de pico de flujo en la curva de flujo-volumen	Insistir al paciente en que debe soplar lo más fuerte y rápido que pueda. Animarle enérgicamente durante toda la maniobra
	Esfuerzo variable	FEV_1 alterado FEV_1/FVC alterado Varios picos en la curva de flujo-volumen, por esfuerzos submáximos de distinta intensidad	Recordar al paciente que debe hacer una sola espiración, fuerte y rápida, y que ha de mantener el esfuerzo durante toda la maniobra
	Tos en el primer segundo de la espiración forzada	FEV_1 alterado FEV_1/FVC alterado Espículas en la parte descendente de la curva de flujo-volumen Muescas en la curva de volumen-tiempo	Difícil de remediar. Tratar de tranquilizar al paciente, darle agua, esperar un tiempo, etc. Tratar de que sople fuerte, pero relajadamente
	Cierre de glotis o maniobra de Valsalva	Disminución de la FVC Alteración del FEV_1/FVC En la curva de flujo-volumen caída brusca (terminación no asintótica) En la curva de volumen-tiempo se produce de forma brusca una meseta perfecta	Suele ser involuntario. Difícil de solucionar. Tratar de que el paciente esté calmado, darle tiempo Insistir en que debe soplar hasta que le mandemos parar o ya no pueda más
	Pérdida de volumen	Solo aparece con espirómetros cerrados (de volumen) Hay pérdida de aire por las conexiones, las tubuladuras o la boquilla En la curva de flujo-volumen se ve una caída brusca con un retroceso En la curva de volumen-tiempo se aprecia cómo, tras alcanzar la fase de meseta, comienza a caer	Revisar la colocación de la boquilla, las conexiones, las tubuladuras y el mecanismo de desplazamiento (fuelle, pistón, campana, etc.)
	Error de punto cero o de línea de base	Solo aparece con sensores de flujo Puede ser de tipo positivo (la curva de volumen-tiempo asciende continuamente, aunque el paciente deje de soplar) o negativo (la curva de volumen-tiempo desciende continuamente)	Mantener el sensor de flujo apoyado y sin moverlo antes de empezar la maniobra, mientras detecta el flujo cero Otra opción es tapar ambos extremos de la boquilla para que no haya flujo
	Finalización precoz	FVC disminuido Alteración de FEV_1/FVC En la curva de flujo-volumen, caída brusca al final (terminación no asintótica) La curva de volumen-tiempo no alcanza el tiempo requerido (6 segundos en adultos, 3 segundos en menores de 10 años) y no tiene meseta	Insistir al paciente en que debe soplar hasta que le mandemos parar o ya no pueda más Animarle enérgicamente durante toda la maniobra para que no deje de soplar
Después de la maniobra de espiración forzada	Menos de tres maniobras aceptables	No se cumple la normativa de reproducibilidad	Aunque en ocasiones se pueden admitir solo dos maniobras aceptables, en caso necesario hay que hacer volver al paciente en otro momento para repetir la espirometría
	Los dos mejores FEV_1 y/o las dos mejores FVC difieren entre sí más de 150 ml	No se cumple la normativa de reproducibilidad	Aunque en ocasiones se pueda admitir hasta 200 ml, se debe seguir haciendo maniobras hasta que la diferencia sea menor de 150 ml (con un máximo de 8 esfuerzos)

FEV_1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; V_{ext}: volumen extrapolado.

Patrones espirométricos

Es importante recordar que la espirometría, por sí sola, no diagnostica nada; solamente apoya (o no) un diagnóstico de presunción previo. Por tanto, encontrar una alteración espirométrica no equivale a un diagnóstico, ya que este vendrá dado, además de por la misma prueba, por otra serie de datos clínicos.

Sin embargo, la espirometría sí proporciona pistas importantes, y el análisis de sus datos permite clasificarla en cuatro patrones espirométricos[49,64]: normal, obstructivo, restrictivo y mixto.

Si bien algunos autores[12] defienden que solo puede hablarse de patrón normal, patrón obstructivo y patrón no obstructivo, esa clasificación se hace sin tener en cuenta la diferencia entre «patrón» y «diagnóstico». Un patrón es una forma determinada de presentar los datos, que se puede dar en varias circunstancias; mientras que un diagnóstico es el establecimiento de la presencia de una enfermedad o condición concreta. Por tanto, **hablar de «patrón restrictivo» en espirometría no significa diagnosticar una «patología restrictiva».**

Además, existe un argumento epidemiológico para hablar de patrón espirométrico restrictivo. Es tan prevalente en la población general como el patrón obstructivo[65,66]. Además, la presencia de un patrón restrictivo en la espirometría, incluso en ausencia de otras pruebas de volúmenes pulmonares (capacidad vital y capacidad pulmonar total), se ha relacionado con la existencia de síndrome metabólico, diabetes e inflamación sistémica, no siendo un simple marcador de obesidad; también está asociado a diversos eventos cardiovasculares y a un incremento de mortalidad[65,66]. Todo ello lleva a que haya aumentado el interés por su estudio y caracterización.

Patrón normal

Patrón que se da en una persona con función pulmonar normal donde todos los parámetros espirométricos están dentro de la normalidad:

- $FEV_1/FVC \geq 70\%$ (o ≥ que el LIN).
  El FEV_1/FVC se considera normal si es mayor del 70% si hablamos de adultos. Dado que es un parámetro que disminuye con la edad, normalmente es mayor del 80-90% en niños, y menor del 70% en personas mayores; estas son circunstancias que se deben tener en cuenta. Todo ello puede obviarse si utilizamos el LIN.
- FVC ≥ 80% del teórico (o ≥ LIN).
- $FEV_1 \geq 80\%$ del teórico (o ≥ LIN).

Curva de flujo-volumen: curva de inicio rápido, con un ascenso cercano al eje de flujo, hasta alcanzar el PEF; luego un descenso más o menos rectilíneo con una pendiente menos pronunciada que el ascenso, hasta terminar de forma asintótica tocando al eje de volumen, marcando así la FVC (figura 16).

Curva de volumen-tiempo: curva de inicio rápido, ascenso igualmente rápido, con una pendiente muy marcada hasta sobrepasar el primer segundo, para posteriormente irse aplanando hasta llegar al punto más alto, que corresponde a la FVC (figura 17).

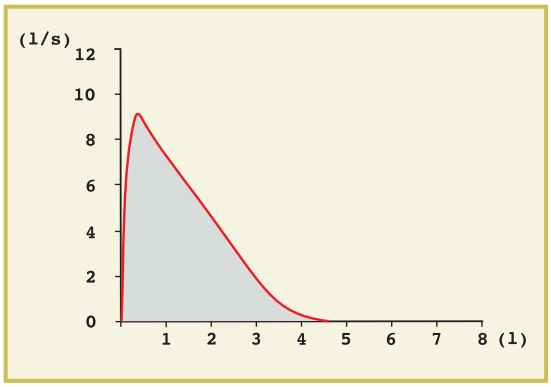

Figura 16. Curva de flujo-volumen en el patrón normal.

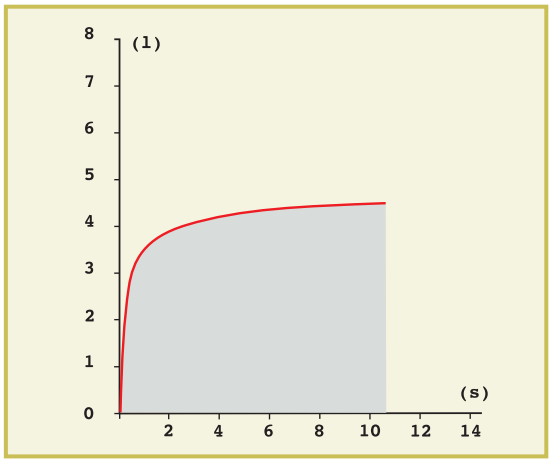

Figura 17. Curva volumen-tiempo en el patrón normal.

Patrón obstructivo

Patrón que se da en una persona con función pulmonar alterada por un problema de tipo obstructivo. En caso de una obstrucción, el flujo disminuye y existe un vaciamiento prolongado, ya que el paciente tarda más tiempo en expulsar el aire.

El parámetro que señala la existencia de obstrucción es el FEV_1/FVC disminuido:

- $FEV_1/FVC < 70\%$ (o menor que el LIN).
- $FVC \geq 80\%$ del teórico (o $\geq$ LIN).
- $FEV_1 < 80\%$ del teórico (o < LIN). En obstrucciones muy leves, el FEV_1 puede ser normal.

Curva de flujo-volumen: curva de inicio rápido, con un ascenso próximo al eje de flujo, hasta alcanzar el PEF, que suele ser menor de lo normal; luego un descenso que presenta una concavidad hacia arriba y hacia la derecha. Esta concavidad es tanto más acusada cuanto mayor sea el grado de obstrucción. Termina de forma asintótica tocando al eje de volumen, marcando así la FVC, que tendrá un valor normal o próximo a la normalidad (figura 18).

Curva de volumen-tiempo: curva de inicio rápido, pero la pendiente de ascenso es menos pronunciada que en la curva normal (es decir, está más tumbada hacia la derecha), y generalmente se mantiene ascendente hasta alcanzar la FVC (figura 19), si bien esto sucede más tarde que en la curva normal (vaciamiento prolongado).

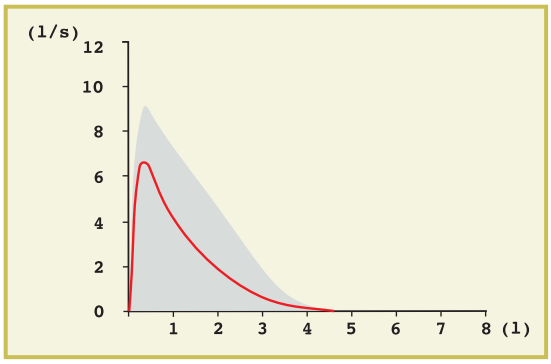

Figura 18. Curva flujo-volumen en el patrón obstructivo.

Se aprecia su característica concavidad en la parte descendente.

Patrón restrictivo

Patrón que se da en una persona con una función pulmonar alterada por un problema de tipo restrictivo. El patrón restrictivo se caracteriza por la FVC disminuida; dado que el flujo es dependiente del volumen, el FEV_1 estará disminuido de forma más o menos proporcional a la pérdida de volumen, por lo que la relación FEV_1/FVC permanece normal:

- $FEV_1/FVC \geq 70\%$ (o $\geq$ LIN).
- $FVC < 80\%$ del teórico (o < LIN).
- $FEV_1 < 80\%$ del teórico (o < LIN).

Curva de flujo-volumen: curva de inicio rápido, con un ascenso cercano al eje de flujo, hasta alcanzar el PEF; luego un descenso más o menos rectilíneo con una pendiente menos

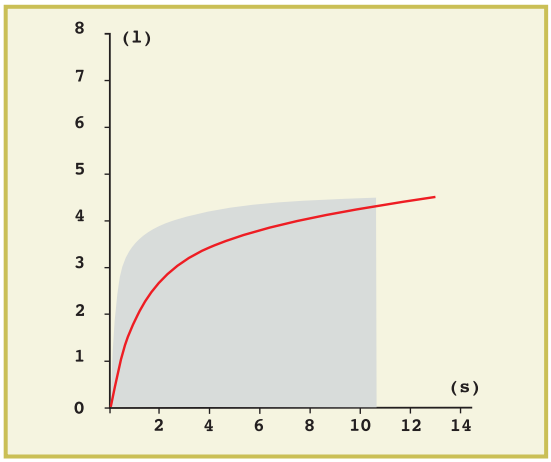

Figura 19. Curva volumen-tiempo en el patrón obstructivo.

Se puede ver su típica forma ascendente, alcanzando la FVC de forma tardía.

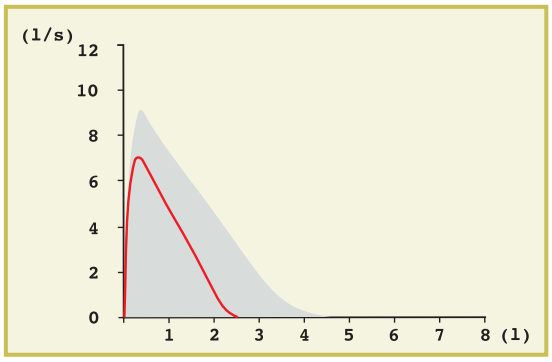

Figura 20. Curva flujo-volumen en el patrón restrictivo.

Su forma se asemeja a la del patrón normal, pero es más estrecha.

pronunciada que el ascenso, hasta terminar de forma asintótica tocando al eje de volumen, marcando así la FVC. Al estar la FVC disminuida, la curva será más estrecha que una normal (figura 20).

Curva de volumen-tiempo: curva de inicio rápido, con una fuerte pendiente de ascenso; alcanza rápidamente una meseta que representa la FVC, con valores más bajos de lo normal (figura 21).

El hallazgo de un patrón restrictivo no significa necesariamente que el paciente presente un problema de tipo restrictivo; para poder afirmarlo con seguridad se deberían medir los volúmenes completos, y muy especialmente el volumen residual y la capacidad pulmonar total. Estas medidas no se pueden hacer con el espirómetro, y requieren realizar una pletismografía o una prueba de dilución de gases con helio.

Patrón mixto

Patrón que combina las características de los patrones obstructivo y restrictivo. Este se da en personas que presentan un problema restrictivo (por ejemplo, una neumoconiosis con fibrosis) y, además, un problema obstructivo (por ejemplo, una EPOC). Sin embargo, el caso más frecuente de patrón mixto se debe a la obstrucción con atrapamiento aéreo. Así, el aire atrapado se comporta como volumen residual, y por tanto hace que disminuya la capacidad vital. Como en el espirómetro no podemos medir el volumen residual, solo vemos una FVC disminuida, por lo que apreciamos un patrón restrictivo, además del obstructivo. Para determinar si existe o no restricción, debe realizarse un estudio de volúmenes completos

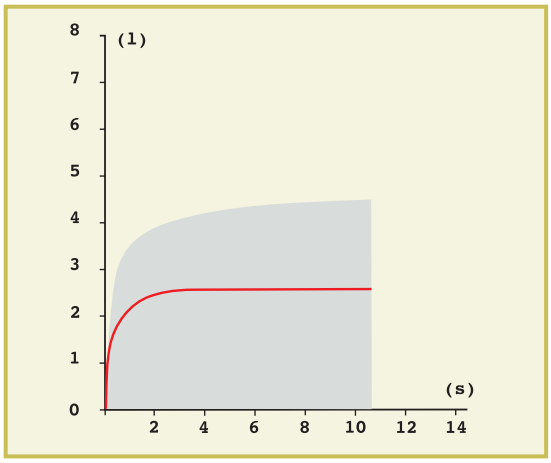

Figura 21. Curva volumen-tiempo en el patrón restrictivo.

Su forma recuerda a la normal, pero es más pequeña.

mediante pletismografía o dilución de gases con helio.

En el patrón mixto, tanto la FVC como el FEV_1 están disminuidos, pero el FEV_1 es mucho menor de lo que le correspondería por la pérdida de volumen, perdiendo pues la proporcionalidad entre ambos; esto conlleva que la relación FEV_1/FVC esté igualmente disminuida:

- $FEV_1/FVC < 70\%$ (o menor que el LIN).
- $FVC < 80\%$ del teórico (o < LIN).
- $FEV_1 < 80\%$ del teórico (o < LIN).

Curva de flujo-volumen: curva de inicio rápido, con un ascenso próximo al eje de flujo, hasta alcanzar el PEF; luego un descenso con una concavidad, más pronunciada cuanto mayor sea el grado de obstrucción, hasta terminar de forma asintótica tocando al eje de volumen, marcando así la FVC. Al estar la FVC disminuida, la curva será más estrecha que una normal. Es, por tanto, cóncava y estrecha (figura 22).

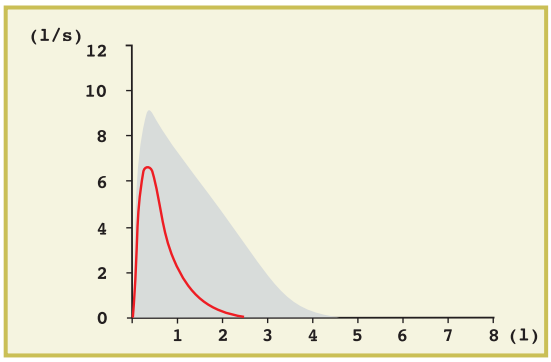

Figura 22. Curva flujo-volumen en el patrón mixto.

Su forma es cóncava y estrecha.

Curva de volumen-tiempo: curva de inicio rápido, con una pendiente disminuida; el trazado se mantiene ascendente hasta alcanzar la FVC, que es menor de lo normal. Se trata, por tanto, de una curva ascendente y que alcanza valores de FVC bajos (figura 23).

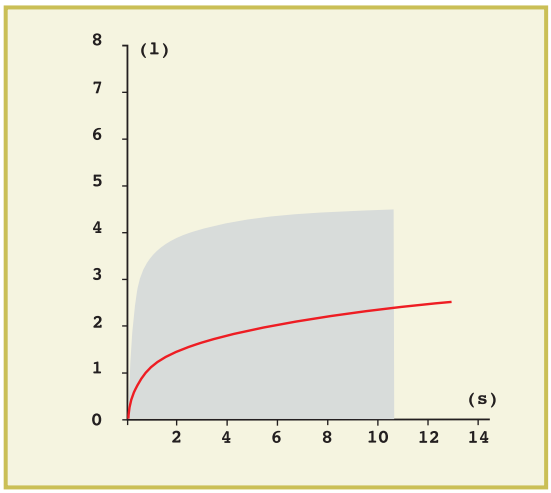

Figura 23. Curva volumen-tiempo en el patrón mixto.

Se trata de una curva pequeña y ascendente.

Resumen de patrones espirométricos

En la tabla 12 se resumen, de una forma esquemática, las características de cada patrón en función de los tres principales parámetros espiratorios. Únicamente se reseña si el valor de la variable es normal o bajo, pues se considera, a efectos prácticos, que no tiene interés el que esté por encima de lo normal.

Por motivos de simplificación se indica una sola posibilidad por casilla (normal o bajo), es importante señalar que en obstrucciones leves el FEV_1 puede ser normal o bajo.

Tabla 12. Resumen de patrones espirométricos

TIPO	FEV_1/FVC	FVC	FEV_1
Patrón normal	Normal	Normal	Normal
Patrón obstructivo	↓	Normal	↓[a]
Patrón restrictivo	Normal	↓	↓
Patrón mixto	↓	↓	↓

[a] En obstrucción muy leve, el FEV_1 puede ser normal.
FEV_1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada.

Interpretación de la espirometría

A la hora de interpretar una espirometría, debe seguirse siempre el siguiente método:

- Comprobar si las curvas son aceptables.
- Comprobar si las curvas son reproducibles.
- Observar la forma de las curvas.
- Leer los valores en el siguiente orden:
  1. FEV_1/FVC.
  2. FVC.
  3. FEV_1.

La relación FEV_1/FVC nos informa de si existe o no obstrucción; la FVC nos dice si hay o no una posible restricción, y nos informa de su gravedad; por último, el FEV_1 nos informa de la gravedad de la obstrucción, en caso de que esta exista.

Algunos espirómetros presentan un resultado de forma automática, basándose en el llamado cuadrante de Miller[67] (figura 24); aconsejamos desactivar esta característica, ya que se calcula tomando en cuenta solo los valores espirométricos, sin considerar la calidad de la prueba.

En la figura 25 se presenta el algoritmo recomendado para la interpretación de la espirometría[5].

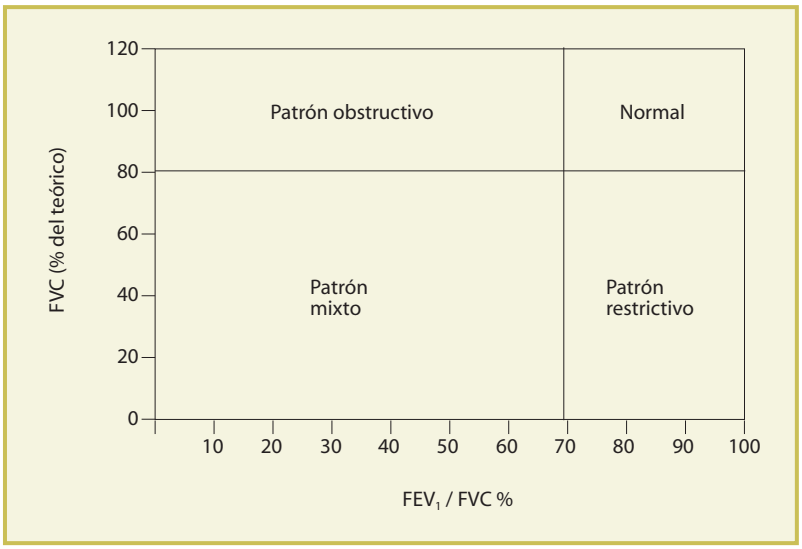

Figura 24. Cuadrante de Miller para determinar el patrón espirométrico.

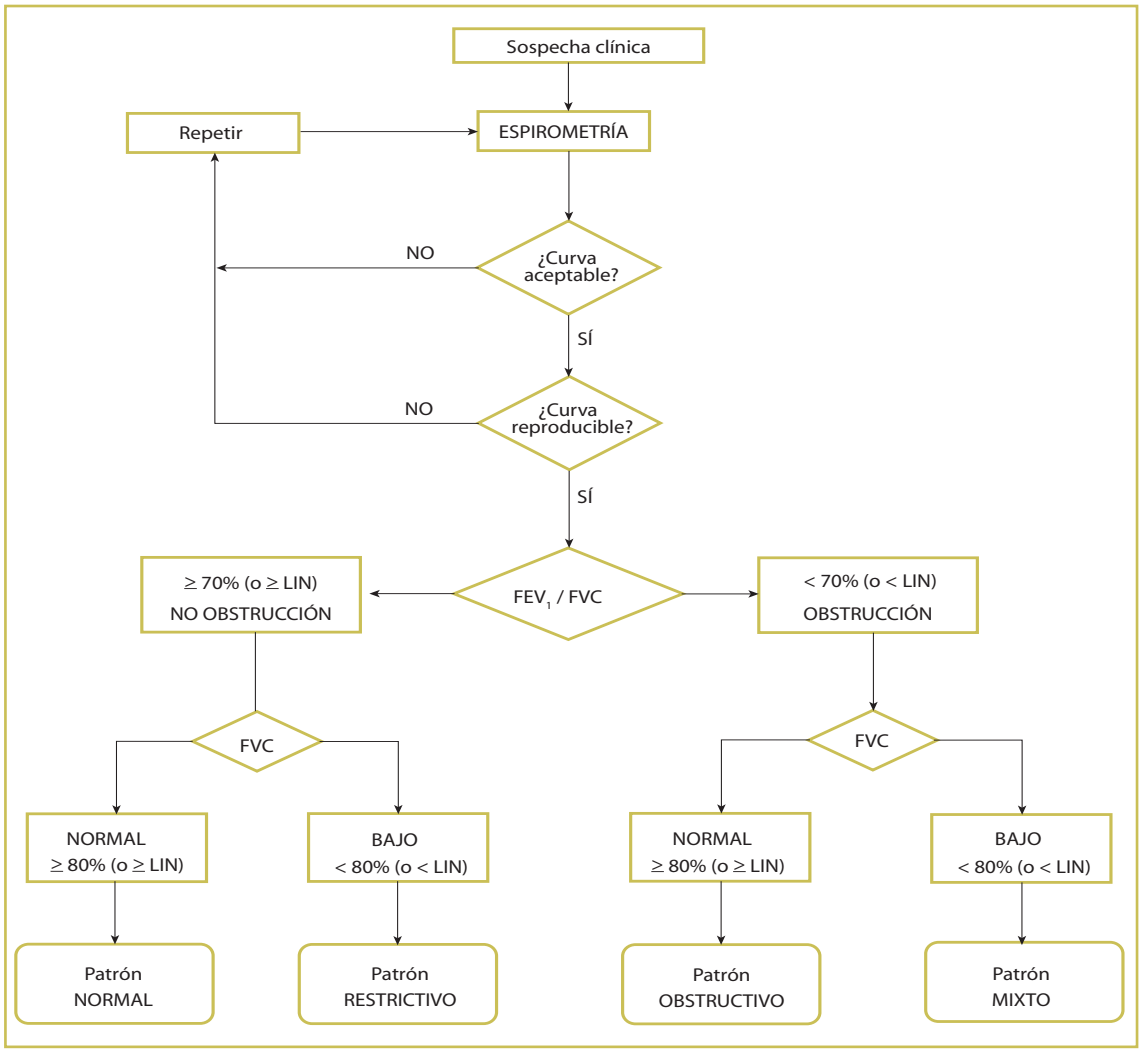

Figura 25. Algoritmo para determinar el patrón de una espirometría.

FEV_1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; LIN: límite inferior de la normalidad.

Modificada de: Cimas JE, Pérez J. Técnica e interpretación de la espirometría en atención primaria. [Internet.] IDEAP. Madrid: Luzán 5; 2003.

Prueba broncodilatadora

La prueba broncodilatadora (PBD) aporta información sobre la **reversibilidad** de la obstrucción bronquial[11,12,49]. Se considera **imprescindible** en toda espirometría diagnóstica, y **altamente recomendable** en las de seguimiento, en todos los pacientes con patología respiratoria, fundamentalmente en aquellos con sospecha clínica de asma o EPOC[12,49].

Realización

1. Espirometría forzada basal, también denominada prebroncodilatación.
2. Administrar un **broncodilatador de acción rápida**. Generalmente se usa **salbutamol** en dosis de 400 μg: cuatro disparos de 100 μg mediante cartucho presurizado, separados cada uno de ellos por un intervalo de 30 segundos aproximadamente siendo recomendable el uso de una cámara de inhalación, y realizando una inspiración profunda después de cada disparo. En caso de que no se pueda utilizar salbutamol, usaremos **bromuro de ipratropio**, a dosis de 160 μg: ocho disparos de 20 μg mediante cartucho presurizado, en cámara, según la misma secuencia que en el caso del salbutamol.
3. Debe esperarse 15-20 minutos antes de realizar la prueba posbroncodilatación (30-40 minutos en caso de que se utilice bromuro de ipratropio), ya que es el tiempo que tarda el fármaco en alcanzar su máximo efecto.
4. Realizar una segunda espirometría forzada, llamada posbroncodilatación, que cumpla los mismos criterios de aceptabilidad y reproducibilidad que cualquier otra espirometría.
5. Análisis de la respuesta: en la práctica, aunque son varios los parámetros que se pueden evaluar, el más aceptado, por ser el más reproducible, es el cambio en el **FEV_1**, y también en la **FVC**, sobre todo en pacientes con enfisema e hiperinsuflación[68].
6. Se considera que la prueba es positiva cuando cumple estos dos criterios (debe cumplir los dos)[12,49]:
   - Se produce un incremento del FEV_1 de **al menos un 12%**. Para su cálculo se aconseja emplear el denominado porcentaje ponderado:

$$\frac{FEV_1\ pos - FEV_1\ pre}{(FEV_1\ pos + FEV_1\ pre)\ /\ 2} \times 100$$

   - Dicho aumento debe ser **además ≥ 200 ml**:

$$FEV_1\ pos - FEV_1\ pre$$

En pacientes con enfisema y atrapamiento aéreo, es más adecuado valorar la reversibilidad de la FVC con los mismos criterios: mejoría de más del 12% y más de 200 ml, ya que se correlaciona mejor con los cambios que se producen en estos pacientes (hiperinsuflación por atrapamiento aéreo)[12,68].

Contraindicaciones

Son las mismas que las de cualquier espirometría basal, y además las propias del fármaco usado para la broncodilatación.

Concepto de reversibilidad

Si bien se habla de reversibilidad para referirse a la broncodilatación obtenida en la PBD, es un concepto que lleva a confusión. Recomendamos hablar de **PBD positiva** o **negativa**, y reservar el término de **reversibilidad completa** para comunicar si un patrón obstructivo deja de serlo o no; así, una espirometría completamente reversible sería aquella que tuviera un patrón obstructivo o mixto en la basal, y que tras la PBD mostrase un patrón no obstructivo. Por

tanto, ante un patrón obstructivo en la espirometría basal, podrían darse las siguientes circunstancias tras realizar la espirometría posbroncodilatación:

- PBD negativa no reversible.
- PBD negativa (el FEV_1 no llega a mejorar el 12% y 200 ml), pero reversible (el patrón deja de ser obstructivo).
- PBD positiva no completamente reversible (persiste el patrón obstructivo posbroncodilatación).
- PBD positiva completamente reversible (el patrón posbroncodilatación deja de ser obstructivo).

Ensayo terapéutico

En el caso de encontrar una espirometría obstructiva no reversible, es decir, que siga siendo obstructiva tras la PBD, o si queremos valorar la máxima broncodilatación que podemos obtener, se puede hacer un ensayo con corticoides orales[69]: 30 mg diarios, por la mañana, de prednisona oral durante 10-14 días, sin hacer pauta descendente, y repetir la espirometría con PBD. Se compara entonces la obtenida tras el ciclo de corticoides con la obtenida antes de él, valorando la PBD y la reversibilidad del patrón.

Mantenimiento del espirómetro

El mantenimiento del espirómetro es uno de los aspectos clave para tener el sistema en perfecto estado de funcionamiento.

Es recomendable que las personas que se encarguen de realizar la espirometría tengan instrucciones concretas de qué tipo de procedimientos deben seguir[11,12]. En primer lugar, es conveniente que la sala donde se realiza la prueba disponga del manual de funcionamiento del espirómetro, que permita consultar y resolver dudas propias de su funcionamiento (definidas en las instrucciones del fabricante), así como determinar las actuaciones recomendadas por el mismo para su mantenimiento.

Además, es importante disponer de una **libreta de mantenimiento** diseñada por los usuarios del espirómetro, donde se realicen anotaciones, con fechas, sobre cualquier incidencia con el espirómetro y las acciones llevadas a cabo relacionadas con cada incidencia. Esta libreta se puede sustituir por un registro informático.

La libreta de mantenimiento, o el registro informático en su caso, debe incluir al menos los siguientes aspectos:

- Instrucciones técnicas sobre cómo realizar cada una de las maniobras.
- Registro de la calibración y de las fechas en las que se ha realizado.
- Registro de las operaciones de limpieza y desinfección del aparato.
- Incidencias sobre la aparición de errores o deficiencias en su funcionamiento.
- La periodicidad, con fechas, de mantenimiento del aparato.

Las personas encargadas del mantenimiento del espirómetro deben estar perfectamente identificadas, y con sus tareas y obligaciones bien delimitadas.

Calibración

Para calibrar el sistema es necesario aplicar de forma externa volúmenes de aire mediante una jeringa con una capacidad conocida y certificada, siendo las más recomendables las de 3 litros, y comprobar con ella la exactitud de la medición del espirómetro[11,12].

Debe comprobarse la **linealidad** de la medición del espirómetro, es decir, que el volumen medido sea igual cuando se introduce a diferentes flujos. Para ello se debe vaciar el volumen de la jeringa de calibración varias veces, aplicando cada vez distinta velocidad al émbolo, y comprobar que el aparato siempre mide el mismo volumen.

La mayor parte de los espirómetros modernos incorporan una función de calibración automatizada, que va dando instrucciones sobre lo que hay que hacer en cada momento, y que, una vez vaciada la jeringa dos o tres veces, corrige automáticamente la calibración.

La jeringa que se vaya a usar se debe mantener en las mismas condiciones de humedad y temperatura del lugar donde se va a realizar la calibración. Igualmente, es necesario comprobar de forma periódica que la jeringa no tiene fugas en su estructura.

Siempre debe anotarse en la libreta de mantenimiento la fecha en que se realiza la calibración, si bien la mayoría de los espirómetros computadorizados registra este dato en su memoria y la señala en el informe escrito.

Se recomienda calibrar el espirómetro cada día antes de comenzar su uso. Si esto no fuese posible, hacerlo al menos semanalmente.

En espirómetros que no precisen calibración según su fabricante —por lo general, espirómetros de turbina y otro tipo de transductores—, es aconsejable comprobar periódicamente el funcionamiento del aparato mediante una medición usando una jeringa de volumen conocido, para evitar que errores del sistema lleven a

realizar interpretaciones incorrectas. Si no mide correctamente, debe remitirse al fabricante para que sea calibrado de nuevo.

Limpieza

La espirometría es una práctica muy segura, y es muy raro que se produzcan contagios de enfermedades por su realización, especialmente con equipos abiertos[70]; no obstante, es importante evitar riesgos potenciales mediante un lavado cuidadoso y posterior desinfección de cada una de las partes expuestas a secreciones o en contacto con el paciente si se sospecha posible contaminación [12,71].

Antes de hacer la prueba, el médico debe valorar a cada paciente y determinar si es sospechoso de padecer alguna infección respiratoria, en cuyo caso se debe evitar su realización. Pero si es estrictamente necesaria, puede realizarse al final de la jornada e, inmediatamente después, limpiar y desinfectar el sistema para evitar que lo use ningún otro paciente. Por el contrario, las espirometrías a pacientes inmunocomprometidos deben programarse a primera hora del día y con un equipo recién sometido a alta desinfección[12].

Si se trata de pacientes con sospecha de tuberculosis activa, se desaconseja hacer la espirometría; en caso de que por algún motivo sea imprescindible realizarla, debe comprobarse previamente que tienen baciloscopia negativa en el esputo.

El personal que realice la espirometría se debe lavar cuidadosamente las manos antes de manipular el sistema, y siempre que exista contacto con secreciones del paciente durante el desarrollo de la prueba.

Limpieza y desinfección de las diferentes partes del espirómetro[72]:

- **Carcasa y partes externas:** se recomienda seguir las instrucciones del fabricante. En general, basta con limpiar con un paño humedecido.
- **Boquillas:** como norma, se aconseja la utilización de boquillas desechables de un solo uso para cada paciente, o de transductores desechables.
- **Filtros antibacterianos y antivíricos:** cuando se utilizan filtros, estos deben ser desechables. Si la espirometría se realiza con los filtros instalados, la calibración previa debe haberse hecho con ellos también colocados para evitar errores en la medida de la función pulmonar[12]. El uso de filtros no es necesario en el caso de los transductores desechables de un solo uso.
- **Tubos y conexiones (espirómetros de volumen):** se aconseja la limpieza de cada una de estas piezas con agua y detergente al menos una vez por semana. Es recomendable, si se han hecho varias espirometrías, dejar desmontadas estas partes al final de la jornada para que se elimine el vapor de agua acumulado.
- **Pinzas nasales:** en caso de que sea preciso su uso (maniobra de capacidad vital lenta o realización de la fase inspiratoria), se pueden utilizar pinzas desechables. Si no son de este tipo, se aconseja colocar una gasa o un trozo de papel entre la almohadilla y la piel y de forma periódica proceder a su lavado con agua y detergente.
- **Cabezal de flujo:** se trata de una pieza muy delicada y sensible, y se debe manipular con mucho cuidado para su limpieza, tanto si es cabezal de neumotacógrafo como un cabezal de turbina o de otro tipo.

  Para la limpieza del cabezal del neumotacógrafo o del espirómetro de turbina, deben seguirse escrupulosamente las instrucciones del fabricante; en general, se recomienda un ligero cepillado para retirar las partículas más gruesas, seguido de una limpieza con agua y jabón enzimático, manteniendo el cabezal en remojo en esa solución durante 10 minutos para desincrustar la suciedad. Posteriormente se debe aclarar con agua destilada para evitar el depósito de sales en el cabezal. Después se deja secar por sí solo al aire, o se puede acelerar el secado usando un secador eléctrico normal.

  Aunque con un uso normal en AP raramente es necesario, en caso de desear desinfectarlo requiere una «alta desinfección»[71,72], especialmente si se realiza la fase inspiratoria. Tras sacar el cabezal del jabón enzimático y aclararlo, lo sumergimos en una solución de desinfectante de alto poder, como ácido peracético, agua electrolizada ácida o similares (se desaconseja el uso de glutaraldehído, por los riesgos de su manipulación), durante el tiempo requerido para una alta desinfección, que dependiendo del producto utilizado puede ser unos 20 minutos. Posteriormente, se saca, se aclara con agua abundante (mejor destilada) y se deja secar por sí solo o usando un secador.

Lógicamente, los espirómetros con transductor desechable no requieren ningún tipo de cuidado del cabezal.

Debe señalarse que, en sistemas abiertos, si solo se realiza la maniobra espiratoria (no la inspiratoria), el riesgo de contaminación es prácticamente nulo[70], por lo que solo sería necesario el cambio de boquilla para cada paciente y una limpieza periódica del sistema. Si se hace además la maniobra inspiratoria, sería conveniente una desinfección, dependiendo del tipo de cabezal.

En AP se recomienda desmontar y limpiar al menos una vez a la semana el espirómetro. En caso de poco uso, puede ampliarse algo este periodo. En cuanto a la desinfección, si esta fuese necesaria, no se ha establecido con qué frecuencia debe realizarse, aunque lo más práctico posiblemente sea hacerlo a la vez que se limpia el cabezal y, en cualquier caso, siempre que se sospeche una posible contaminación.

Bibliografía

1. Hutchinson J. On the capacity of the lungs, and on the respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. Med chir trans (London). [Internet.] 1846 [acceso el 31 de octubre de 2015];29: 137-252. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2116876/
2. Tiffeneau R, Pinelli A. Air circulant et air captif dans l'exploration de la fonction ventilatrice pulmonaire. Paris Med. 1947;133:624-31.
3. Cimas JE, Pérez J. Espirometría. Taller práctico. [Internet.] V Congreso Nacional de Medicina del Mar, Gijón, 1999 [acceso el 31 de octubre de 2015]. Disponible en: http://www.semm.org/espir.html
4. Sánchez JI, Brotons F, González LJ, Jorro A, Larnia A, Montejano J, et al. Recomendaciones de la SVMFiC sobre espirometría en atención primaria. Valencia: SVMFiC; 2001.
5. Cimas JE, Pérez J. Técnica e interpretación de la espirometría en atención primaria. [Internet.] IDEAP. Madrid: Luzán 5; 2003 [acceso el 31 de octubre de 2015]. Disponible en: http://www.samfyc.org/index.php?option=com_content&view=article&id=283:ideap-tecnica-e-interpretacion-de-las-espirometrias-en-ap&catid=36:ultimas-actividades&Itemid=61
6. Neumosur, SAMFYC y SEMERGEN Andalucía. Documento de consenso sobre espirometría en Andalucía. Revista Neumosur. [Internet.] 2009 [acceso el 31 de octubre de 2015];21(2):116-32. Disponible en: http://www.neumosur.net/files/consenso_ESPIROMETRIA.pdf
7. Romero de Ávila G, Gonzálvez J, Rodríguez C, Timiraos R, Molina MA, Galego MI, et al. Las 4 reglas de la espirometría. Cad Aten Primaria. [Internet.] 2013 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 20: 7-50. Disponible en: http://www.agamfec.com/wp/wp-content/uploads/2014/07/20-7-50-het.pdf
8. Molina J. Espirometría en atención primaria. Una necesidad inexcusable. Aten Primaria. [Internet.] 2004 [acceso el 31 de octubre de 2015];34(7):333-5. Disponible en: http://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-espirometria-atencion-primaria-una-necesidad-13067767
9. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. [Internet.] (Updated 2015) [acceso el 31 de octubre de 2015]. Disponible en: http://www.goldcopd.org/guidelines-global-strategy-for-diagnosis-management.html
10. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Spirometry guide: Spirometry for health care providers. [Internet.] (Update 2010) [acceso el 31 de octubre de 2015]. Disponible en: http://www.goldcopd.org/other-resources-gold-spirometry-guide.html
11. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. ATS-ERS taskforce: Standardisation of Lung Function Testing. Standardisation of spirometry. Eur Respir J. [Internet.] 2005 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 26: 319-38. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/-26/2/319.long
12. García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, Del Campo F, Galdiz JB, et al. Espirometría. Arch bronconeumol. [Internet.] 2013 [acceso el 31 de octubre de 2015];49(9):388-401. Disponible en: http://www.archbronconeumol.org/es/espirometria/articulo/90224086/
13. Ferguson GT, Enright PL, Buist AS, Higgins MW. Office spirometry for lung health assessment in adults: a consensus statement from the National Lung Health Education Program. Respir Care. 2000; 45(5):513-0.
14. Derom E, Van Weel C, Liistro G, Buffels J, Shermer T, Lammers E, et al. Primary care spirometry. Eur Respir J. [Internet.] 2008 [acceso el 31 de octubre de 2015];31:197-203. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/31/1/197
15. Coates A, Graham B, McFadden R, McParland C, Moosa D, Provencher S, et al. Spirometry in primary care. Can Respir J. [Internet.] 2013 [acceso el 31 de octubre de 2015];20(1):13-21. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3628641/
16. Levy ML, Quanjer PH, Booker R, Cooper BG, Holmes S, Small I, et al. Diagnostic spirometry in primary care: Proposed standards for general practice compliant with American Thoracic Society and European Respiratory Society recommendations. Prim Care Resp J. [Internet.] 2009 [acceso el 31 de octubre de 2015];18(3):130-47. Disponible en: http://www.nature.com/articles/pcrj200954
17. Represas C, Botana M, Leiro V, González AI, Del Campo V, Fernández-Villar A. Validación del dispositivo portátil COPD-6 para la detección de patologías obstructivas de la vía aérea. Arch Bronconeumol. [Internet.] 2010[acceso el 31 de octubre de 2015];46(8):426-32. Disponible en: http://www.archbronconeumol.org/es/content/articulo/13153920/
18. Frith P, Crockett A, Beilby J, Marshall D, Attewell R, Ratnanesan A, et al. Simplified COPD screening: validation of the PiKo-6® in primary care. Prim Care Respir J. [Internet.] 2011 [acceso el 31 de octubre de 2015];20(2):190-8. Disponible en: http://www.nature.com/articles/pcrj201140

19. Eaton T, Withy S, Garret JE, Mercer J, Withlock RM, Rea HH. Spirometry in Primary Care Practice. The Importance of Quality Assurance and the Impact of Spirometry Workshops. Chest. [Internet.] 1999 [acceso el 31 de octubre de 2015];116:416-23. Disponible en: http://journal.publications.chestnet.org/article.aspx?articleid=1078111
20. O'Dowd LC, Fife D, Tenhave T, Panettieri RA Jr. Attitudes of physicians toward objective measures of airway function in asthma. Am J Med. 2003;114: 391-6.
21. Bellia V, Pistelli R, Catalano F, Antonelli-Incalzi R, Grassi V, Melillo G, et al. Quality control of spirometry in the elderly. The SA.R.A. study. Am J Respir Crit Care Med. 2000;161:1094-100.
22. European Respiratory Society [sede web]. Lausanne: ERSnet.org. HERMES: ERS Training Programme and awarding of the ERS Spirometry Driving Licence [acceso el 31 de octubre de 2015]. Disponible en: http://hermes.ersnet.org/european-spirometry-training-programme-test.html
23. Thuyns AV, Schermer TRJ, Jacobs JE, Folgering HTM, Bottema BJAM, Van Weel C. Effect of periodic outreach visits by lung function technicians on the validity of general practice spirometry. Eur Respir J. [Internet.] 2003 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 22 (suppl 45):2803. Disponible en: http://www.ers-education.org/home/browse-all-content.aspx?idParent=23177
24. Parker JM, Dillard TA, Phillips VY. Arm span-height relationships in patients referred for spirometry. Am J Respir Crit Care Med. 1996;154:533-6.
25. Verrall AB, Julian JA, Muir DC, Haines AT. Use of noseclips in pulmonary function test [Abstract]. J Occup Med. [Internet.] 1989 [acceso el 31 de octubre de 2015];31:29-31. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2738747
26. Chavasse R, Johnson P, Francis J, Balfour-Lyn I, Rosenthal M, Bush A. To clip or not to clip? Noseclips for spirometry. Eur Respir J. [Internet.] 2003 [acceso el 31 de octubre de 2015];21:876-8. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/21/5/876.long
27. Newall C, McCauley TM, Shakespeare J, Cooper BG. Is it necessary to use a noseclip in the performance of spirometry using a wedge bellows device? Chron Respir Dis. 2007;4(1):53-7.
28. Enright PL, Kronmal RA, Higgins M, Schenker M, Haponik EF. Spirometry reference values for women and men 65 to 85 years of age. Cardiovascular health study. Am Rev Respir Dis. 1993;147:125-33.
29. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. Eur Respir J. 1993;6(Suppl 16):5s-40s.
30. Gólczewski T, Lubiński W, Chciałowski A. A mathematical reason for FEV_1/FVC dependence on age. Respir Res. [Internet.] 2012 [acceso el 31 de octubre de 2015];13:57. Disponible en: http://www.respiratory-research.com/content/13/1/57
31. Hardie JA, Buist AS, Vollmer WM, Ellingsen I, Bakke PS, Mørkve O. Risk of over-diagnosis of COPD in asymptomatic elderly never-smokers. Eur Respir J. [Internet.] 2002 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 20:1117-22. Disponible en: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.507.6214&rep=rep1&type=pdf
32. Mohamed Hoesein FA, Zanen P, Lammers JW. Lower limit of normal or FEV1/FVC < 0.70 in diagnosing COPD: an evidence-based review. Respir Med. [Internet.] 2011 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 105(6): 907-915. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954611111000230
33. Van Dijk W, Tan W, Li P, Guo B, Li S, Benedetti A, et al. Clinical Relevance of Fixed Ratio vs Lower Limit of Normal of FEV_1/FVC in COPD: Patient-Reported Outcomes From the CanCOLD Cohort. Ann Fam Med. [Internet.] 2015 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 13:41-8. Disponible en: http://www.annfammed.org/content/13/1/41.full
34. Guder G, Brenner S, Angermann CE, Ertl G, Held M, Sachs AP, et al. GOLD or lower limit of normal definition? A comparison with expert-based diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease in a prospective cohort-study. Respir Res. [Internet.] 2012 [acceso el 31 de octubre de 2015];13:13. Disponible en: http://www.respiratory-research.com/content/13/1/13
35. Swanney MP, Jensen RL, Crichton DA, Beckert LE, Cardno LA, Crapo RO. FEV_6 is an acceptable surrogate for FVC in the spirometric diagnosis of airway obstruction and restriction. Am J Respir Crit Care Med. [Internet.] 2000 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 162:917-9. Disponible en: http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/ajrccm.162.3.9907115#.ViQQxaRJvWQ
36. Enright PL, Connett JE, Bailey WC. The FEV_1/FEV_6 predicts lung function decline in adult smokers. Respir Med. [Internet.] 2002 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 96: 444-9. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954611101912703
37. Vandevoorde J, Verbanck S, Schuermans D, Kartounian J, Vincken W. FEV_1/FEV_6 and FEV_6 as an alternative for FEV_1/FVC and FVC in the spirometric detection of airway obstruction and restriction. Chest. [Internet.] 2005 [acceso el 31 de octubre de 2015];127:1560-4. Disponible en: http://journal.publications.chestnet.org/article.aspx?articleid=1083305
38. Miller MR, Grove DM, Pincock AC. Time domain spirogram indices: their variability and reference values in nonsmokers. Am Rev Respir Dis. 1985;132: 1041-8.
39. Hansen JE, Sun XG, Wasserman K. Discriminating measures and normal values for expiratory obstruction. Chest. [Internet.] 2006 [acceso el 31 de octubre de 2015];129:369-77. Disponible en: http://journal.publications.chestnet.org/article.aspx?articleid=1084287
40. Enright PL, Johnson LR, Connett JE, Voelker H, Buist AS. Spirometry in the Lung Health Study. 1. Methods and quality control. Am Rev Respir Dis. 1991;143: 1215-23.
41. Quanjer PH, Lebowitz MD, Gregg I, Miller MR, Pedersen OF. Peak expiratory flow: conclusions and recommendations of a Working Party of the European Respiratory Society. Eur Respir J. [Internet.] 1997 [acceso el 31 de octubre de 2015];10(Suppl. 24):2s-8s. Disponible en: http://www.spirxpert.com/spirxpertnl/ERSstatement.pdf

42. Ferguson GT, Enright PL, Buist AS, Higgins MW. Office spirometry for lung health assessment in adults: A consensus statement from the National Lung Health Education Program. Chest. 2000;117: 1146-61.
43. Pedersen OF, Brackel HJL, Bogaard JM, Kerrebijn KF. Wave-speed-determined flow limitatio at peak flow in normal and asthmatic subjects. J Appl Physiol. [Internet.] 1997 [acceso el 31 de octubre de 2015];83:1721-32. Disponible en: http://jap.physiology.org/content/jap/83/5/1721.full.pdf
44. Cloutier MM, Thrall RS. El aparato respiratorio. En: Koeppen BM, Stanton BA (eds.). Berne y Levy Fisiología, 6ª ed. Barcelona: Elsevier; 2009. p. 415-84.
45. Hakinson JL, Eschenbacher B, Townsend M, Stocks J, Quanjer PH. Use of forced vital capacity and forced expiratory volume in 1 second quality criteria for determining a valid test. Eur Respir J. [Internet.] 2015 [acceso el 31 de octubre de 2015];45: 1283-92. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/erj/45/5/1283.full.pdf
46. Morris JF, Temple W. Spirometric «Lung age» estimation for motivating smoking cessation. Prev Med. [Internet.] 1985 [acceso el 31 de octubre de 2015];14:655-62. Disponible en: https://mdspiro.com/image/data/articles/Estimated%20Lung%20Age.pdf
47. Parkes G, Greenhalgh T, Griffin M, Dent R. Effect on smoking quit rate of telling patients their lung age: the Step2Quit randomised controlled trial. BMJ. [Internet.] 2008 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 336:598-600. Disponible en: http://www.bmj.com/content/336/7644/598
48. Ogawa F, Satoh Y, Iyoda A, Amano H, Kumagai Y, Majima M. Clinical impact of lung age on postoperative readmission in non—small cell lung cáncer [Abstract]. J Surg Res. [Internet.] 2015 [acceso el 31 de octubre de 2015];193(1):442-8. Disponible en: http://www.journalofsurgicalresearchcom/article/S0022-4804%2814%2900793-8/abstract
49. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi REA, et al. Interpretative strategies for lung function tests. Eur Respir J. [Internet.]. 2005 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 26(5):948-68. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/26/5/948.short
50. Roca J, Sanchís J, Agustí-Vidal A, Segarra F, Navajas D, Rodríguez-Roisin R, et al. Spirometric reference values from a Mediterranean population. Bull Eur Physiopathol Respir. 1986;22(3):217-24.
51. Castellsaguer J, Burgos F, Roca J, Sunyer J. Prediction equations for forced spirometry from European origin population. Respir Med. [Internet.] 1998 [acceso el 31 de octubre de 2015];92:401-7. Disponible en: http://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111%2898%2990282-7/abstract
52. Casán P, Roca J, Sanchís J. Spirometric response to a bronchodilator. Reference values for healthy children and adolescents. Bull Eur Physiopathol Respir. 1983;19:567-9.
53. García-Río F, Pino JM, Dorgham A, Alonso A, Villamor J. Spirometric reference equations for European females and males aged 65-85 yrs. Eur Respir J. [Internet.] 2004 [acceso el 31 de octubre de 2015];24:397-405. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/24/3/397.short
54. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver B, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95 year age range: The global lung function 2012 equations. Eur Respir J. 2012;40:1324-43. [acceso el 31 de octubre de 2015] Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/40/6/1324.short
55. Quanjer PH, Borsboom GJ, Brunekreef B, Zach M, Forche G, Cotes JE, et al. Spirometric reference values for white European children and adolescents: Polgar revisited. Pediatr Pulmonol. 1995;19(2):135-42.
56. Polgar G, Promadhat V (eds.). Pulmonary function testing in children: Techniques and standars. Philadelphia: WB Saunders; 1971.
57. Zapletal A, Chalupová J. Forced expiratory parameters in healthy preschool children (3-6 years of age). Pediatr Pulmonol. 2003;35(3):200-7.
58. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am J Respir Crit Care Med. 1991;144: 1202-18.
59. Korotzer B, Ong S, Hansen JE. Ethnic differences in pulmonary function in healthy nonsmoking Asian-American and European-Americans. Am J Respir Crit Care Med. [Internet.] 2000 [acceso el 31 de octubre de 2015];161(4):1101-8. Disponible en: http://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/ajrccm.161.4.9902063#.VjUYCKSn3WR
60. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general US population. Am J Respir Crit Care Med. [Internet.] 1999 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 159(1):179-87. Disponible en: http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/ajrccm.159.1.9712108
61. Crapo RO, Jensen RL, Lockey JE, Aldrich V, Elliott CG. Normal spirometric values in healthy Hispanic Americans. Chest. 1990 [acceso el 31 de octubre de 2015];98(6):1435-9. Disponible en: http://www.researchgate.net/publication/20909758_Normal_spirometric_values_in_healthy_Hispanic_Americans
62. Braun L, Wolfgang M, Dickersin K. Defining race/ethnicity and explaining difference in research studies on lung function. Eur Respir J. [Internet.] 2013 Acceso el 31 de octubre de 2015;41:1362-70. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/erj/41/6/1362.full.pdf
63. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Garantía de calidad de la espirometría: los errores más comunes y su impacto en los resultados de la prueba. [Internet.] DHHS (NIOSH) Publicación No. 2012-116. Cincinnati: Enero 2012 [acceso el 31 de octubre de 2015]. Disponible en: http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2012-116_sp/pdfs/2012-116_sp.pdf
64. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Respiratory Health. Spirometry procedures manual. [Internet.] Centers for Disease Control and Prevention, Hyattsville; 2011 [acceso el 31 de octubre de 2015]. Disponible en: http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes_11_12/spirometry_procedures_manual.pdf
65. Stansbury RC, Mannino DM. Diseases associated with restrictive lung impairment. Eur Respir Mon. 2009;43:142-9.
66. Godfrey MS, Jankowich MD. The Vital Capacity is

Vital: Epidemiology and Clinical Significance of the Restrictive Spirometry Pattern. Chest 2015 Sep 10. doi:10.1378/chest.15-1045. [Epub ahead of print].
67. Miller WF, Wu N, Johnson RL. Miller's Prediction Quadrant. Anesthesiol. 1956;17:480-93.
68. Han MK, Wise R, Mumford J, Sciurba F, Criner GJ, Curtis JL, et al. Prevalence and clinical correlates of broncho-reversibility in severe emphysema. Eur Respir J. [Internet.] 2010 [acceso el 31 de octubre de 2015];35:1048-56. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/35/5/1048
69. Guía Española para el Manejo del Asma (GEMA) 4.0. [Internet.] Madrid; Luzán 5: 2014 [acceso el 31 de octubre de 2015]. Disponible en: http://portalsemes.org/ubicuadocumentos/GEMA_4_Asma.pdf
70. Burgos F, Torres A, González J, Puig de la Bellacasa J, Rodríguez-Roisin R, Roca J. Bacterial colonization as a potential source of nosocomial respiratory infections in two types of spirometers. Eur Respir J. [Internet.] 1996 [acceso el 31 de octubre de 2015]; 2612-7. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/9/12/2612
71. Clausen JL. Lung volume equipment and infection control. Eur Respir J. [Internet.] 1997 [acceso el 31 de octubre de 2015];10:1928-32. Disponible en: http://erj.ersjournals.com/content/erj/10/8/1928.full.pdf
72. Torres A, Burgos F, Casán P, Gravalós J, Martínez Moratalla J, Pi-Sunyer T. Normativa sobre el control microbiológico en los equipos de función y terapia respiratoria (1995). Recomendaciones SEPAR. [Internet.] Barcelona: Doyma; 1998 [acceso el 31 de octubre de 2015]. Disponible en: http://issuu.com/separ/docs/normativa_018?e=3049452/2568951%E2%80%9D