

Normativa SEPAR

## Espirometría

Francisco García-Río<sup>a,\*</sup>, Myriam Calle<sup>b,1</sup>, Felip Burgos<sup>c</sup>, Pere Casan<sup>d</sup>, Félix del Campo<sup>e</sup>,  
Juan B. Galdiz<sup>f</sup>, Jordi Giner<sup>g</sup>, Nicolás González-Mangado<sup>h</sup>, Francisco Ortega<sup>i</sup> y Luis Puente Maestu<sup>j</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Neumología, Hospital Universitario La Paz-IdiPaz, Universidad Autónoma de Madrid, CIBERES, Madrid, España

<sup>b</sup> Servicio de Neumología, Hospital Clínico San Carlos, Universidad Complutense, Madrid, España

<sup>c</sup> Servei de Pneumologia, Hospital Clínic, IDIBAPS, CIBERES, Universitat de Barcelona, Barcelona, España

<sup>d</sup> Servicio de Neumología, Hospital Universitario Central de Asturias, Universidad de Oviedo, Oviedo, España

<sup>e</sup> Servicio de Neumología, Hospital Río Hortega, Universidad de Valladolid, Valladolid, España

<sup>f</sup> Servicio de Neumología, Hospital Universitario Cruces, CIBERES, Bilbao, España

<sup>g</sup> Servicio de Neumología, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona, España

<sup>h</sup> Servicio de Neumología, Fundación Jiménez Díaz-CAPIO, CIBERES, Madrid, España

<sup>i</sup> Unidad Médico-Quirúrgica de Enfermedades Respiratorias, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, España

<sup>j</sup> Servicio de Neumología, Hospital Universitario Gregorio Marañón, Universidad Complutense, Madrid, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

## Historia del artículo:

Recibido el 12 de febrero de 2013

Aceptado el 1 de abril de 2013

On-line el 28 de mayo de 2013

## Palabras clave:

Espirometría

Pruebas de función respiratoria

Procedimientos y técnicas diagnósticas

Enfermedades respiratorias

## RESUMEN

La espirometría es la principal prueba de función pulmonar, y resulta imprescindible para la evaluación y el seguimiento de las enfermedades respiratorias. Su utilidad trasciende el ámbito de la neumología, adquiere una creciente importancia en atención primaria e incluso se han descrito aplicaciones fuera del campo de las enfermedades respiratorias. Por ello, este documento pretende servir de apoyo a todos los profesionales de la salud que utilicen la espirometría, proporcionando recomendaciones basadas en las mejores evidencias científicas disponibles.

Se propone una actualización de las indicaciones y contraindicaciones de la prueba. El documento establece recomendaciones sobre los requerimientos necesarios para los espirómetros convencionales y los equipos portátiles de oficina, así como sobre las medidas de higiene y de control de calidad de los espirómetros. Se definen los parámetros espirométricos que deben ser considerados, la realización de las maniobras, los criterios de aceptabilidad y repetibilidad de las medidas y su control de calidad. También se establece una propuesta para la presentación de los resultados y se recomienda una evaluación e interpretación acorde a la información generada en los últimos años. Por último, se consideran las líneas de adaptación e integración de la espirometría en el campo de las nuevas tecnologías.

© 2013 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

## Spirometry

## ABSTRACT

Spirometry is the main pulmonary function test and is essential for the evaluation and monitoring of respiratory diseases. Its utility transcends the field of Respiratory Medicine, is becoming increasingly important in primary care and applications have even been described outside the field of respiratory diseases. This document is therefore intended to serve as support for all health professionals who use spirometry, providing recommendations based on the best scientific evidence available.

An update of the indications and contraindications of the test is proposed. The document sets out recommendations on the requirements necessary for conventional spirometers and portable office equipment, as well as on spirometer hygiene and quality control measures. Spirometric parameters that must be considered, performance of manoeuvres, criteria for acceptability and repeatability of measurements and their quality control are defined. A proposal is also established for presentation of the results and an evaluation and interpretation is proposed according to information generated in recent years. Finally, lines of adaptation and integration of spirometry in the field of new technologies are considered.

© 2013 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Keywords:

Spirometry

Respiratory function tests

Diagnostic procedures and techniques

Respiratory diseases

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fgr01m@gmail.com (F. García-Río).

<sup>1</sup> Coordinador.

## Introducción

La espirometría es una prueba básica para el estudio de la función pulmonar, y su realización es necesaria para la evaluación y el seguimiento de las enfermedades respiratorias. Su utilidad trasciende el ámbito de la neumología, y en los últimos años se está incorporando progresivamente en atención primaria y otras disciplinas médicas.

Consciente de su importancia, la primera normativa de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) se dedicó a la espirometría<sup>1</sup>. La necesidad de incorporar los avances tecnológicos y los cambios en la realización, en la evaluación y en la interpretación del procedimiento en el tiempo transcurrido desde entonces ha planteado la necesidad de esta nueva versión. En este documento se incluyen análisis y propuestas de toma de posición sobre las características y los requerimientos de los espirómetros convencionales y de los equipos portátiles de oficina actuales, así como sobre los criterios de calidad exigibles y los parámetros que deben ser analizados. También se propone una evaluación y una interpretación acordes con la información generada en los últimos años, considerando las líneas de adaptación y de integración de la espirometría en el campo de las nuevas tecnologías.

La presente normativa va dirigida a la totalidad de los profesionales de la salud que utilicen esta prueba y tiene por objetivo servirles de referencia para la toma de decisiones basadas en las mejores evidencias científicas disponibles.

## Aplicaciones. Indicaciones y contraindicaciones

Al margen de su utilidad para el diagnóstico y la monitorización de muchas enfermedades respiratorias, la espirometría tiene otras potenciales aplicaciones. Existe evidencia que la determinación de la edad funcional pulmonar puede potenciar el éxito del abandono del tabaquismo<sup>2</sup> y que la espirometría resulta de utilidad para estimar el riesgo de cáncer de pulmón, de deterioro cognitivo o de mortalidad de cualquier causa o de origen cardiovascular<sup>3-5</sup>.

Las principales indicaciones de la espirometría se resumen en la tabla 1<sup>1,6-9</sup>. Resulta imprescindible para el diagnóstico y el seguimiento de la mayoría de las enfermedades respiratorias. Además, permite valorar el impacto sobre la función pulmonar de enfermedades de otros órganos o sistemas (cardíacas, renales, hepáticas, neuromusculares, etc.). Por todo ello, debería formar parte de cualquier examen rutinario de salud, especialmente en los sujetos con riesgo de desarrollar enfermedades pulmonares. Se recomienda la realización sistemática de espirometría a personas mayores de 35 años con historia de tabaquismo (> 10 paquetes-año) y con algún síntoma respiratorio (calidad de la evidencia: moderada; fuerza de la recomendación: fuerte a favor)<sup>10</sup>.

En general, la espirometría se tolera bien, por lo que en la práctica cotidiana existen pocas limitaciones para su realización<sup>1,6-9,11,12</sup>. A partir de un análisis más detallado de la frecuencia de desarrollar complicaciones en determinadas situaciones de riesgo y de su gravedad<sup>13,14</sup>, se han establecido ciertas contraindicaciones de la espirometría (tabla 2), diferenciando las absolutas, en las que se desaconseja realizar la prueba, y las relativas, que requieren una evaluación individualizada de la relación entre los riesgos potenciales y los beneficios esperables.

En pacientes con embolismo pulmonar se recomienda no realizar la prueba hasta que se encuentren adecuadamente anticoagulados (generalmente tras recibir 2 dosis de heparina de bajo peso molecular) y en enfermos con neumotórax hasta 2 semanas después de alcanzar la re-expansión<sup>13</sup>. La evidencia actual sugiere que la espirometría resulta segura 7 días después de un infarto de miocardio no complicado, siempre y cuando el paciente permanezca estable<sup>13</sup>. Mientras que la angina inestable es una contraindicación

**Tabla 1**  
Indicaciones de la espirometría

### Diagnósticas

*Evaluación de síntomas o signos respiratorios*  
*Medición del efecto de la enfermedad sobre la función pulmonar*  
*Cribado de sujetos en riesgo de enfermedad pulmonar, principalmente:*  
– Fumadores de más de 35 años y al menos 10 paquetes-año  
– Persistencia de síntomas respiratorios, incluyendo disnea, tos, expectoración, sibilancias o dolor torácico  
– Exposición laboral u ocupacional a sustancias tóxicas que causan afectación respiratoria  
*Evaluación del riesgo de procedimientos quirúrgicos, especialmente torácicos o abdominales altos*  
*Estimación de gravedad y pronóstico en enfermedades respiratorias o de otros órganos que afecten a la función respiratoria*  
*Valoración del estado de salud antes del inicio de programas de actividad física intensa*  
*Examen físico rutinario*

### Monitorización

*Evaluación del efecto de intervenciones terapéuticas*  
*Monitorizar el curso de enfermedades que afecten a la función pulmonar*  
*Monitorizar a personas expuestas a sustancias potencialmente tóxicas para los pulmones, incluyendo fármacos*

### Evaluación del deterioro/discapacidad

*Programas de rehabilitación*  
*Evaluación de disfunción por seguro médico y valoraciones legales (seguridad social, peritajes, etc.)*

### Salud pública

*Estudios epidemiológicos*  
*Generación de ecuaciones de referencia*

### Investigación clínica

absoluta, en ocasiones se requiere realizar una espirometría en la valoración preoperatoria de un paciente con angina estable crónica. En dicho caso se recomienda considerar la administración previa de nitroglicerina sublingual<sup>13</sup>.

En diversos estudios se han realizado espirometrías a partir de las 2 h de la toracotomía, sin complicaciones destacadas<sup>14</sup>. Sin embargo, la limitación establecida por el dolor puede condicionar la utilidad de los datos obtenidos. Se recomienda posponer la realización de la prueba al menos una semana después de la cirugía abdominal y 3-6 semanas después de la cirugía cerebral<sup>13</sup>. En el caso de cirugía ocular, se debe demorar la exploración 2 semanas después de cirugía oculoplástica, 2 meses después de cirugía vitreoretinal (vitrectomía o cirugía de glaucoma) y 3 meses para cirugía del segmento anterior (cataratas o queratomía)<sup>15</sup>. En el caso de crisis hipertensiva, también es aconsejable aplazar la

**Tabla 2**  
Contraindicaciones de la espirometría

### Absolutas

Inestabilidad hemodinámica  
Embolismo pulmonar (hasta estar adecuadamente anticoagulado)  
Neumotórax reciente (2 semanas tras la reexpansión)  
Hemoptisis aguda  
Infecciones respiratorias activas (tuberculosis, norovirus, influenza)  
Infarto de miocardio reciente (7 días)  
Angina inestable  
Aneurisma de la aorta torácica que ha crecido o de gran tamaño (> 6 cm)  
Hipertensión intracraneal  
Desprendimiento agudo de retina

### Relativas

Niños menores de 5-6 años  
Pacientes confusos o demenciados  
Cirugía abdominal o torácica reciente  
Cirugía cerebral, ocular u otorrinolaringológica reciente  
Diarrea o vómitos agudos, estados nauseosos  
Crisis hipertensiva  
Problemas bucodentales o faciales que impidan o dificulten la colocación y la sujeción de la boquilla

exploración hasta que se haya alcanzado una presión arterial media inferior a 130 mmHg<sup>13</sup>.

En cualquier caso, las complicaciones de la espirometría forzada son infrecuentes. Las más habituales son accesos tusígenos, broncoespasmo, dolor torácico, mareo, incontinencia urinaria o aumento de la presión intracraneal. Muy raramente, el paciente puede sufrir un cuadro sincopal. La competencia del personal sanitario que realiza la espirometría (técnico a partir de ahora) es fundamental para detectar problemas y detener la prueba. La insistencia para obtener datos valorables una vez que el paciente presenta alguna de estas complicaciones está contraindicada, debiéndose retrasar la espirometría para otro día.

## Variables

Las principales variables de la espirometría forzada son la capacidad vital forzada (FVC) y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV<sub>1</sub>). La FVC representa el volumen máximo de aire exhalado en una maniobra espiratoria de esfuerzo máximo, iniciada tras una maniobra de inspiración máxima, expresado en litros. El FEV<sub>1</sub> corresponde al volumen máximo de aire exhalado en el primer segundo de la maniobra de FVC, también expresado en litros. A su vez, el cociente FEV<sub>1</sub>/FVC muestra la relación entre ambos parámetros. No debe confundirse con el índice de Tiffeneau, que se define como cociente entre el FEV<sub>1</sub> y la capacidad vital (VC) lenta.

El FEV<sub>6</sub>, o volumen máximo de aire exhalado en los 6 primeros segundos de la maniobra de FVC, y la relación FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub> pueden constituir parámetros alternativos a los anteriores en la interpretación de la espirometría, sobre todo cuando se usan equipos portátiles simplificados<sup>16</sup>. El FEV<sub>t</sub> corresponde al volumen máximo de aire exhalado en un tiempo «t». Se ha sugerido que en niños que no sean capaces de realizar una maniobra forzada durante un segundo podrían utilizarse el FEV<sub>0,5</sub> o el FEV<sub>0,75</sub> como equivalentes del FEV<sub>1</sub><sup>17</sup>, aunque no se dispone de suficientes datos al respecto.

Además de volúmenes, también se deben considerar diversos flujos. El flujo espiratorio medio (FEF<sub>25-75%</sub> o MMEF) se define como el flujo medido entre el 25% y el 75% de la maniobra de espiración forzada (expresado en l s<sup>-1</sup>). El flujo espiratorio máximo (PEF) se obtiene del valor pico en la rama espiratoria de la curva flujo-volumen y también se expresa en litros s<sup>-1</sup>. Los flujos espiratorios instantáneos (FEF<sub>x%</sub>) se refieren al flujo cuando el porcentaje correspondiente de la FVC (x%) ha sido exhalado. Los más utilizados son el FEF<sub>25%</sub>, el FEF<sub>50%</sub> y el FEF<sub>75%</sub> (l s<sup>-1</sup>). Entre los parámetros inspiratorios, debe considerarse la capacidad vital forzada inspiratoria (IFVC), o volumen máximo de aire inspirado, en una maniobra inspiratoria de esfuerzo máximo iniciada tras una maniobra de inspiración máxima; el volumen inspiratorio forzado en el primer segundo (FIV<sub>1</sub>), o volumen máximo de aire inspirado en el primer segundo de la maniobra de IFVC; el flujo inspiratorio medio (FIF<sub>25-75%</sub> o MMIF), o flujo entre el 25% y el 75% de la maniobra de inspiración forzada; el flujo inspiratorio máximo (PIF), o pico de flujo en la maniobra de inspiración forzada; y los flujos inspiratorios instantáneos (FIF<sub>25%</sub>, FIF<sub>50%</sub> y FIF<sub>75%</sub>), o flujos inspiratorios cuando ha sido inhalado el 25%, el 50% o el 75% de la IFVC, respectivamente.

En la espirometría no forzada o lenta (no existen criterios de estandarización para definir una maniobra no forzada, pero debe ser más lenta que una maniobra forzada) debe evaluarse la capacidad vital (VC), o volumen máximo de aire exhalado en una maniobra espiratoria no forzada iniciada tras una maniobra de inspiración máxima, y la capacidad inspiratoria (IC), que es la máxima inspiración realizada al final de la espiración corriente y se corresponde con la suma del volumen circulante o corriente (V<sub>T</sub>) y del volumen de reserva inspiratorio (IRV)<sup>18</sup>. En algunas circunstancias también es de utilidad la determinación de volumen de reserva espiratorio (ERV).

## Equipamiento

### Espacio físico

Es necesario un espacio suficiente para poder colocar cómodamente al paciente, teniendo en cuenta la necesidad de maniobrar en silla de ruedas. Por ello, el espacio mínimo recomendable es de 2,5 × 3 m, con puertas de 120 cm de ancho. En laboratorios donde se contemple la posibilidad de hacer espirometrías en decúbito, el tamaño debería permitir la colocación de una camilla<sup>19</sup>. El espirómetro debe estar colocado en una mesa o mostrador que permita trabajar al técnico en diversas posiciones con respecto al paciente. El espacio debe contar con el mobiliario necesario para guardar todo el material.

Es preciso disponer de un tallímetro y una báscula certificados. Cuando los equipos no los lleven incorporados, se precisa un termómetro, un barómetro y un higrómetro que pasen verificaciones periódicas de exactitud o calibración.

### Equipos

Se diferencian 2 grandes clases de espirómetros: los cerrados y los abiertos. Dentro de los cerrados están los húmedos y los secos, que constan de un sistema de recogida de aire que puede ser de pistón (caja que contiene en su interior un émbolo móvil) o de fuelle (más manejable) y de un sistema de inscripción montado sobre un soporte que se desplaza a la velocidad deseada. La mayoría de los espirómetros modernos también son capaces de derivar el valor del flujo a partir del volumen medido.

En la actualidad, los espirómetros más utilizados corresponden a los denominados sistemas abiertos, por carecer de campana o recipiente similar para recoger el aire<sup>9,20</sup>. Estos equipos miden directamente el flujo aéreo e, integrando la señal, calculan el volumen. Existen distintos sistemas, pero los más conocidos son los neumotacógrafos, que miden la diferencia de presión que se genera al pasar un flujo laminar a través de una resistencia conocida. En la actualidad la mayoría de los equipos usan una resistencia de tamiz, ya sea metálica y calentada para evitar la condensación o de tejidos sintéticos. Puesto que el cabezal transforma el flujo turbulento que pasa a su través en laminar, la diferencia de presión existente entre los extremos del neumotacógrafo es directamente proporcional al flujo. Un transductor de presión transforma la señal de presión diferencial en señal eléctrica, que luego es ampliada y procesada. La integración electrónica del valor del flujo proporciona el volumen movilizado<sup>6</sup>.

Existen otros sistemas abiertos, que utilizan otros principios<sup>2,20</sup>. El más empleado actualmente es el medidor de turbina, que se basa en que la velocidad de giro de las aspas, registrada mediante sensores ópticos, es proporcional al flujo que pasa a través del dispositivo<sup>20</sup>. Los espirómetros de hilo caliente, o termistores, presentan en su cabezal un hilo metálico (generalmente de platino) calentado a temperatura constante por medio de corriente eléctrica. Al pasar el flujo de aire enfría el hilo y se calcula el flujo. Los espirómetros de ultrasonidos se basan en una propiedad de estos, de modo que cuando forman un determinado ángulo con la dirección del flujo los ultrasonidos que van en el mismo sentido que el flujo tardan menos tiempo en llegar al receptor que los que van en sentido contrario. Esta diferencia de tiempo es tanto mayor cuanto mayor sea el flujo<sup>20</sup>. La elección del equipo depende del tipo de uso, pero también puede variar en función de otras circunstancias, como el desarrollo tecnológico o el coste. En general, los sistemas cerrados pueden considerarse más fiables, ya que son precisos y exactos en toda la gama de volúmenes, pero tienen el inconveniente de ser más voluminosos, tener más inercia y resultar más caros. Uno de sus mayores problemas son las dificultades de limpieza y de esterilización<sup>21</sup>.

**Tabla 3**  
Especificaciones mínimas que debe cumplir un espirómetro y para la representación gráfica de la espirometría

| Parámetro               | Rango                   | Precisión (BTPS)                                  | Rango flujo (l·s <sup>-1</sup> ) | Tiempo (s)                           | Resistencia  | Señal de calibración   |
|-------------------------|-------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------|
| VC                      | 0,5-8 l                 | ± 3% de la medición o ± 0,05 l, el que sea mayor  | 0-14                             | 30                                   |  | Jeringa 3 l            |
| FVC                     | 0,5-8 l                 | ± 3% de la medición o ± 0,05 l, el que sea mayor  | 0-14                             | 15                                   | < 1,5 cmH <sub>2</sub> O l <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> (0,15 kPa l <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )                           | Jeringa 3 l, 24 curvas |
| FEV <sub>1</sub><br>PEF | 0,5-8 l                 | ± 10% de la medición o ± 0,30 l, el que sea mayor | 0-14<br>0-14                     | 1                                    | < 1,5 cmH <sub>2</sub> O l <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> (0,15 kPa l <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )                           | Jeringa 3 l, 24 curvas |
| Flujos instantáneos     |                         | ± 5% de la medición o ± 0,20 l, el que sea mayor  | 0-14                             |                                      | < 2,5 cmH <sub>2</sub> O l <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> , a 600 l m <sup>-1</sup> (0,25 kPa l <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ) |                        |
| Representación gráfica  |                         |   |                                  |                                      |  |                        |
| Parámetro               | Pantalla                |   | Papel                            |                                      |  |                        |
|                         | Resolución              | Escala  | Resolución                       | Escala                               |  |                        |
| Volumen                 | 0,050 l                 | 5 mm l <sup>-1</sup>                              | 0,025 l                          | 10 mm l <sup>-1</sup>                |  |                        |
| Flujo                   | 0,200 l s <sup>-1</sup> | 2,5 mm l <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup>            | 0,100 l s <sup>-1</sup>          | 5 mm l <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> |  |                        |
| Tiempo                  | 0,2 s                   | 10 mm s <sup>-1</sup>                             | 0,2 s                            | 20 mm s <sup>-1</sup>                |  |                        |

BTPS: temperatura corporal y presión saturada con vapor de agua; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; PEF: flujo espiratorio máximo; VC: capacidad vital lenta.

Los sistemas abiertos, sin embargo, son de fácil limpieza y tienen muy bajo riesgo de contaminación<sup>21</sup>. Son precisos y exactos, una vez efectuados los ajustes necesarios, pero necesitan la comprobación de una adecuada calibración y de las condiciones de medida. Aunque inicialmente a los espirómetros de turbina se les achacaban problemas de falta de linealidad en la respuesta y cierto grado de inercia, hoy en día se dispone de espirómetros de turbina de muy alta fiabilidad<sup>20</sup>. A estas características unen su estabilidad, poca o nula necesidad de calibración —aunque esta debe comprobarse periódicamente—, fácil limpieza y bajo precio. Además, recientemente se han comercializado turbinas desechables.

#### Especificaciones mínimas

Se establecen unas recomendaciones mínimas para todos los equipos (tabla 3). Las principales especificaciones que debe cumplir cualquier espirómetro son que la resistencia total (incluyendo toda la tubuladura, la boquilla y los filtros) para un flujo aéreo de 14 l s<sup>-1</sup> sea inferior a 1,5 cmH<sub>2</sub>O l<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> (0,15 kPa l<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>), que mida un volumen superior a 8 l con una exactitud de ± 3% o ± 50 ml y que alcance un rango de medición de flujo de ± 14 l s<sup>-1</sup>, con una sensibilidad de 200 ml/s<sup>7,9,20</sup>. También es recomendable que registre un tiempo de espiración para la maniobra forzada de al menos 15 s.

#### Presentación de los resultados

Para controlar la calidad de la prueba es necesario que pueda verse en tiempo real para así evaluar la calidad de las maniobras y detectar artefactos. Por ello, la pantalla debe tener un tamaño y una resolución suficientes (tabla 3). Se recomienda que los fabricantes incluyan un periodo de al menos 0,25 s antes del inicio de la maniobra (tiempo cero) para poder valorar la extrapolación retrógrada; asimismo es conveniente visualizar bien el final de la maniobra para estar seguro de que el tiempo de vaciado ha sido suficiente.

Es necesario que el informe cuente con gráficos flujo-volumen y volumen-tiempo, ya que aportan información complementaria. Para la representación gráfica del informe se recomienda una escala de volumen ≥ 10 mm/l y de tiempo ≥ 20 mm/s (tabla 3).

#### Higiene y control de infección

Los equipos cerrados son más complejos en cuanto a limpieza y desinfección que los espirómetros abiertos. Se recomienda utilizar boquillas individuales, ya sean desechables o esterilizadas, con filtro antimicrobiano desechable, en situaciones de riesgo de contaminación del equipo, lo que además ayuda a mantener la limpieza de la membrana del neumotacógrafo y de este modo

su estabilidad<sup>21</sup>. Son recomendables la limpieza y la desinfección entre pacientes de las membranas y piezas del medidor de flujo si no es desechable y el paciente inhala del equipo. Si se usan filtros antibacterianos esta desinfección puede ser diaria o cuando se sospeche contaminación. En casos de alto riesgo de transmisión puede ser necesaria la limpieza y la desinfección de alto nivel o la esterilización completa del medidor de flujo<sup>21</sup>. Periódicamente y cuando haya material biológico (manchas de sangre o secreciones), debe limpiarse la superficie de cada equipo según sus características y las indicaciones del fabricante. En caso de usar filtros antimicrobianos, la calibración o verificación del equipo debe realizarse con el filtro incorporado en la jeringa de calibración. Es recomendable que se usen pinzas nasales limpias para cada paciente. Estas pueden ser desechables o disponer de un juego de pinzas suficientes para la labor diaria que se limpian con agua y jabón al final del día.

#### Control de calidad: calibraciones de volumen y flujo

Además de los procedimientos de auto-calibración que pueda llevar incorporados el espirómetro, se debe poder comprobar la calibración del aparato mediante la aplicación de señales externas que deben parecerse, tanto en la magnitud de flujos como de volúmenes y tiempos, a la propia señal biológica de la espiración forzada. En este sentido, las jeringas certificadas de varios litros de capacidad proporcionan una señal de volumen adecuada y los generadores de flujo sirven para valorar la precisión y los errores en la medición del flujo. La jeringa debe guardarse en la misma habitación donde se realiza la calibración y no debe estar expuesta a fuentes de calor o de frío.

Se debe verificar, con una jeringa de 3 l certificada, que la precisión en la medición de volumen se mantenga dentro del rango recomendado (± 3%). Las jeringas de calibración deben tener una precisión de ± 15 ml o ± 0,5% de la escala completa, y es necesario controlarlas periódicamente para descartar fugas y comprobar su estabilidad. En condiciones normales de trabajo la calibración de volumen con una jeringa de 3 l certificada se realizará diariamente en los neumotacógrafos y semanalmente en los espirómetros cerrados secos. En caso de sensores desechables, la calibración debe hacerse en cada uso si no son pre-calibrados (calibrados en fábrica), en cuyo caso se efectuará diariamente.

La calibración del flujo es más compleja, ya que para realizarla con precisión requiere un equipamiento especializado (descompresor explosivo). La mejor alternativa es aplicar la jeringa manual a diferentes flujos, desde los muy bajos a los muy altos, tratando de simular el rango habitual en pacientes. Se recomienda realizar



diariamente la calibración a diferentes flujos y siempre que existan dudas de que el equipo esté midiendo correctamente. Se recomienda la inclusión de este procedimiento de control de calidad en los sistemas de calibración por ordenador.

En los equipos modernos controlados por ordenador, en principio, no es necesario controlar el medidor del tiempo, pero en el caso de espirómetros con temporizador o cronómetro para la obtención de la curva flujo-tiempo debe verificarse mensualmente su funcionamiento mediante un cronómetro manual. En general, el error en la medición del tiempo deberá ser inferior al 2%.

Un procedimiento complementario de control de calidad es usar controles biológicos, es decir, personas sanas y no fumadoras cuya cooperación sea asequible y que realicen una espirometría correctamente, con facilidad y escasa variabilidad<sup>22</sup>. Se recomienda el uso de controles biológicos mensualmente o cuando existan dudas, y se espera que la medición no varíe más de un 5% o 100 ml<sup>23</sup>.

#### Mantenimiento

El mantenimiento se llevará a cabo de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el fabricante del equipo. Es recomendable llevar un libro de registro donde se recojan tanto los cambios en las calibraciones diarias como todos los ajustes o reparaciones efectuados.

#### Capacitación del técnico

La espirometría es una técnica aparentemente sencilla pero de compleja ejecución, que necesita de expertos para su realización y para el control de calidad. Recientemente, la *European Respiratory Society* (ERS) ha diseñado un procedimiento de entrenamiento, el *European Spirometry Driving License*, que se ha iniciado durante 2012<sup>24</sup>. Hasta su instauración, es recomendable realizar cursos estructurados, y se necesitan al menos 3 meses de experiencia específica, guiada por técnicos expertos, para garantizar la solvencia mínima en la realización de la prueba. El conocimiento de los aparatos y soluciones a problemas comunes requiere hasta un año de experiencia. Según las recomendaciones de la *American Thoracic Society* (ATS) y la ERS, el técnico debe tener formación suficiente para comprender los fundamentos técnicos y fisiológicos de las pruebas, así como los signos comunes de las enfermedades respiratorias y el manejo de los datos recogidos por los equipos de función. Dado que el procedimiento de broncodilatación incluye la administración de fármacos, es recomendable que el técnico tenga una titulación de graduado sanitario o, en su defecto, esté directamente supervisado por un graduado sanitario experto en función pulmonar, que asumirá la responsabilidad directa. El personal a cargo de la espirometría debe tener continuidad, posibilidad de reciclaje periódico y contacto con un laboratorio de referencia.

#### Procedimiento

##### Preparación del paciente y del equipo

Al presentarse en el laboratorio, los pacientes deben traer (o debe figurar en la agenda electrónica) un volante con las pruebas requeridas. En el momento de la citación se deben entregar instrucciones por escrito en las que consten la pauta de retirada de los broncodilatadores (tabla 4), así como la abstención de fumar y realizar ejercicio físico en las horas previas a la prueba.

Antes de iniciar la exploración se debe explicar la prueba al paciente y resaltar la importancia de su colaboración. También se preguntará sobre la retirada de fármacos, posibles contraindicaciones o enfermedades infecciosas que requieran medidas especiales, en cuyo caso se recomienda retrasar la espirometría al final de la jornada, justo antes de la limpieza del equipo y la utilización de filtros antimicrobianos.

**Tabla 4**

Tiempo de espera aconsejado para realizar la espirometría forzada después de haber tomado medicación broncodilatadora

| Fármaco   | Horas |
|---|-------|
| Agonistas $\beta_2$ -adrenérgicos de acción corta       | 6     |
| Agonistas $\beta_2$ -adrenérgicos de acción larga       | 12    |
| Agonistas $\beta_2$ -adrenérgicos de acción ultra-larga | 24    |
| Anticolinérgicos de acción corta                        | 6     |
| Anticolinérgicos de acción larga                        | 24    |
| Teofilinas retardadas                                   | 36-48 |

El paciente será medido descalzo y con la espalda apoyada en el tallímetro, pesado con ropa ligera, y se preguntará su fecha de nacimiento para calcular la edad en el día en que se realiza la prueba. En caso de deformidades torácicas se recomienda medir la envergadura (brazos en cruz de dedo corazón a dedo corazón) y estimar la altura a partir de la siguiente relación: talla = envergadura/1,06<sup>25</sup>. Otra posibilidad es utilizar las ecuaciones propuestas por Parker et al.<sup>25</sup> válidas para diferentes grupos étnicos.

La prueba se realizará con el individuo sentado erguido, sin cruzar las piernas y sin ropa ajustada. En el caso de niños, puede realizarse indistintamente de pie o sentado, indicando la forma en que se efectúa y utilizando siempre el mismo procedimiento para un mismo individuo. Durante la maniobra la espalda estará apoyada en el respaldo, vigilando que no se incline hacia delante durante su realización. No es necesario retirar la dentadura postiza, salvo que dificulte la realización de las maniobras.

La utilización de pinza nasal en la espirometría forzada es controvertida, aunque resulta imprescindible en la medición de la VC, para evitar posibles fugas por la respiración nasal. Pese a que algunos autores no han identificado diferencias entre maniobras realizadas con o sin pinza nasal,<sup>26,27</sup> se recomienda su utilización en adultos<sup>9</sup>.

Antes de iniciar la exploración, se comprobará que se ha verificado la calibración en el día de la prueba. También se introducirá o verificará, en caso de utilizar una estación meteorológica incorporada al equipo, la presión atmosférica, la humedad y la temperatura ambiental.

##### Descripción de la maniobra

Antes de empezar, se darán al sujeto instrucciones precisas, claras y concisas. Tras colocar la boquilla en la boca y comprobar que no hay fugas y que el paciente no la obstruye o deforma se le pedirá que: a) inspire todo el aire que pueda con una pausa a capacidad pulmonar total (TLC) inferior a 1 s<sup>28</sup>; b) sople rápido y fuerte, y c) prolongue la espiración seguido y sin parar hasta que se le indique. En los casos en los que solo se pretenda medir una espiración forzada o no se disponga de filtros antibacterianos, el paciente se colocará la boquilla tras el paso (a) y se procurará que no inspire del tubo. El técnico deberá controlar al paciente y visualizar la maniobra durante su realización. En caso de apreciar defectos que puedan alterarla, parará la maniobra para no cansar al paciente y corregirlos. Si se realiza también la inspirometría, sin sacar la boquilla de la boca se pedirá al paciente que inspire enérgicamente hasta TLC. En el caso de niños, es de utilidad el uso de incentivos gráficos para lograr una mayor colaboración, sobre todo en el tiempo y el volumen de la maniobra, así como realizar antes alguna maniobra de prueba<sup>29</sup>.

Para llevar a cabo la espirometría lenta, se indicará al paciente que debe: a) respirar tranquilamente a través de la boquilla, al menos 3 respiraciones hasta verificar que la línea de base (capacidad residual funcional [FRC]) es estable; b) inspirar hasta TLC, y c) soplar lentamente hasta volumen residual (RV). Como alternativa, se puede realizar una espiración lenta hasta RV, antes de la inspiración hasta TLC, lo que suele facilitar la maniobra en caso de

atrapamiento aéreo. En la espirometría lenta siempre se utilizará pinza nasal, para evitar posibles fugas de aire al respirar por la nariz. Se realizarán un mínimo de 3 maniobras separadas 1 min<sup>7</sup>.

#### Criterios de aceptabilidad

La decisión sobre la aceptabilidad de una maniobra de espirometría forzada considerará su inicio, su transcurso y su finalización.

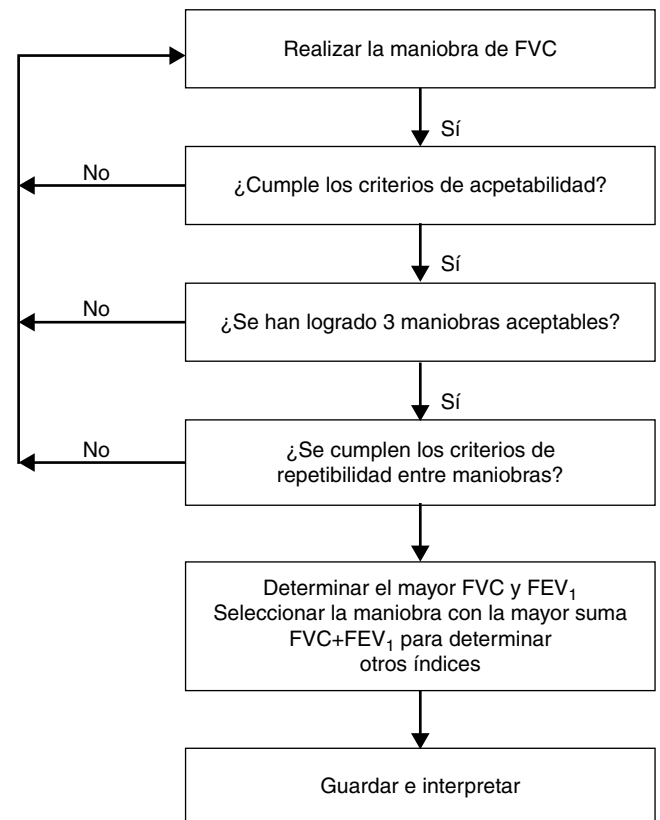
1. El inicio debe ser rápido y sin vacilaciones. El principal criterio de inicio adecuado exige un volumen de extrapolación retrógrada (VBE) inferior a 0,15 l o al 5% de la FVC (0,08 l o 12,5% FVC en preescolares)<sup>29,30</sup>. Como criterio adicional para valorar el inicio de la maniobra se puede utilizar el tiempo en alcanzar el flujo espiratorio máximo (PET), que debe ser inferior a los 120 ms<sup>2</sup>. Si es mayor, se indicará al paciente que sople más rápido al inicio.
2. El transcurso de la maniobra espiratoria debe ser continuo, sin artefactos ni evidencias de tos en el primer segundo que podrían afectar el FEV<sub>1</sub>. Para verificarlo, debe observarse tanto la gráfica de volumen-tiempo como la de flujo-volumen. En caso de no obtener un transcurso de la maniobra correcto, generalmente debido a tos o a una excesiva presión y cierre de la glotis, se pedirá al paciente que la realice más relajado (sin dejar de soplar fuerte) y que no disminuya la fuerza generada hasta el final de la espiración.
3. La finalización no debe mostrar una interrupción temprana ni abrupta de la espiración, por lo que los cambios de volumen deben ser inferiores a 0,025 l durante  $\geq 1$  s. El final «plano» de la maniobra solo se ve en la curva volumen-tiempo. La maniobra debe tener una duración no inferior a 6 s. Los adultos jóvenes pueden tener dificultad para mantener la espiración más de 4 s, a veces menos. En estos casos hay que verificar que el final no haya sido abrupto. En niños menores de 6 años debe intentarse que la duración no sea inferior a 1 s; entre 6-8 años, será igual o superior a los 2 s<sup>30</sup>, y entre los 8-10 años, a 3 s<sup>29</sup>. En caso de una mala finalización, se pedirá al paciente que no pare hasta que se le indique, aunque le parezca que no sale aire.

Si se produce alguno de los errores detallados, los equipos suelen indicarlo. Una maniobra será considerada *útil* (de ella se derivarán los parámetros espirométricos) cuando tenga un buen inicio y no existan artefactos en el primer segundo. Se considerará que es *aceptable* (deberán tenerse en cuenta los errores para determinar si pueden utilizarse los parámetros espirométricos obtenidos) cuando no existan errores en el inicio, en el transcurso ni en la finalización.

#### Principales fuentes de error

Las circunstancias que con mayor frecuencia provocan maniobras incorrectas son:

- Falta o incorrección de la calibración/verificación o de los datos ambientales.
- Mala preparación del paciente, con incumplimiento de las recomendaciones farmacológicas y no farmacológicas.
- Instrucciones deficientes, antes y durante la maniobra, por parte del técnico que la dirige.
- Finalización precoz de la espiración (tiempo de espiración inferior al requerido, flujo final excesivo o morfología de finalización brusca); inicio titubeante, poco enérgico; presencia de tos o cierre de la glotis durante la maniobra; o fuga de aire durante la espiración forzada.
- Poca colaboración del paciente. Si no mejora, tras advertirle que sin ella es imposible conseguir buenas maniobras, deberá indicarse junto con los resultados.



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la aplicación de los criterios de aceptabilidad y repetibilidad. Modificada de Miller et al.<sup>9</sup>.

#### Repetibilidad

La diferencia entre las 2 mejores VC, IC, FVC y FEV<sub>1</sub> aceptables debe ser inferior a 0,15 l. En pacientes con una FVC menor de 1 l se recomienda utilizar un criterio de repetibilidad  $< 0,10$  l<sup>9</sup>. En niños, se considerarán repetibles 2 maniobras cuando la diferencia en la FVC y el FEV<sub>1</sub> sean  $< 0,10$  l o  $< 10\%$ . Se realizarán un mínimo de 3 maniobras aceptables, con un máximo de 8, dejando entre ellas el tiempo suficiente para que el paciente se recupere del esfuerzo. En niños se considera adecuado un mínimo de 2 maniobras aceptables, sin un máximo recomendado.

#### Análisis de las mediciones

##### Selección de los resultados

Se seleccionará las mayores VC, IC, FVC y el mejor FEV<sub>1</sub> de todas las maniobras aceptables y sin artefactos, aunque sus valores no provengan de la misma maniobra. El resto de los parámetros se obtendrán de aquella curva aceptable donde la suma de los valores de FVC y FEV<sub>1</sub> alcance su máximo valor (fig. 1).

En la actualidad, prácticamente todos los espirómetros incorporan algoritmos matemáticos que permiten evaluar de forma automática la calidad de la maniobra, seleccionando la mejor maniobra realizada. A pesar de su utilidad, es recomendable que sea el técnico quien verifique que la selección es la adecuada o que realice la selección de los mejores resultados de forma manual.

##### Indicadores/clasificación de calidad de las medidas

Se ha propuesto la utilización de un sistema de graduación para valorar la calidad de la espirometría en función del número

**Tabla 5**  
Grados de calidad de la espirometría forzada

| Grado | Descripción  |
|-------|--|
| A     | Tres maniobras aceptables (sin errores) y entre las 2 mejores FVC y FEV <sub>1</sub> una diferencia igual o inferior a 0,15 l    |
| B     | Tres maniobras aceptables (sin errores) y entre las 2 mejores FVC y FEV <sub>1</sub> una diferencia igual o inferior a 0,2 l     |
| C     | Dos maniobras aceptables (sin errores) y entre las 2 mejores FVC y FEV <sub>1</sub> una diferencia igual o inferior a 0,2 l      |
| D     | Dos o 3 maniobras aceptables (sin errores) y entre las 2 mejores FVC y FEV <sub>1</sub> una diferencia igual o inferior a 0,25 l |
| E     | Una maniobra aceptable (sin errores)   |
| F     | Ninguna maniobra aceptable (sin errores)   |

de maniobras aceptables y la repetibilidad del FEV<sub>1</sub> y la FVC (tabla 5)<sup>9,31,32</sup>. Se consideran espirometrías de buena calidad las de los grados A y B, de calidad suficiente las C. Las espirometrías de los grados D y superiores no son válidas para interpretación. Esta clasificación de la calidad se ha mostrado útil tanto en estudios epidemiológicos como en la práctica clínica, habiéndose implementado de forma automática en algunos espirómetros y referenciada en muchas publicaciones<sup>2,23,31,33</sup>.

No obstante, se debe tener en cuenta que en torno al 10-20% de los casos no es posible conseguir maniobras con buena calidad a pesar del esfuerzo del técnico y la buena colaboración del paciente<sup>31,33</sup>.

### Presentación de los resultados

En la tabla 6 se recoge una propuesta de presentación de los resultados básicos de una espirometría forzada, con una selección de las principales variables y datos de control de calidad (apéndice 1). La elección de los valores de referencia y la expresión de los resultados requieren una consideración específica.

### Valores de referencia

Los parámetros de las pruebas de función pulmonar presentan una gran variabilidad interindividual y dependen de las características antropométricas de los pacientes (sexo, edad, talla, peso y raza). La interpretación de la espirometría se basa en la comparación de los valores producidos por el paciente con los que teóricamente le corresponderían a un individuo sano de sus mismas características antropométricas. Este valor teórico o valor de referencia se obtiene a partir de unas ecuaciones de predicción<sup>34</sup>.

En general, se recomienda utilizar el conjunto de ecuaciones de predicción que mejor se ajuste a nuestra área. Sin embargo, lo más habitual es seleccionar unas ecuaciones próximas a nuestra población, y en este sentido la anterior normativa SEPAR recomendaba las ecuaciones de Roca et al.<sup>1,35,36</sup>. Pero estas ecuaciones no contaban con suficientes sujetos con edades superiores a los 70 años

**Tabla 6**  
Ejemplo de tabla para la presentación de los resultados básicos de una espirometría forzada con prueba broncodilatadora

| Parámetro                         | Basal                | VR   | LIN  | %VR | Post                 | %VR | %Cambio |
|-----------------------------------|----------------------|------|------|-----|----------------------|-----|---------|
| FVC (l)                           | 4,87                 | 4,93 | 4,06 | 99  | 4,93                 | 100 | +1      |
| FEV <sub>1</sub> (l) <sup>a</sup> | 3,78                 | 3,95 | 3,20 | 96  | 3,95                 | 100 | +4,5    |
| FEV <sub>1</sub> /FVC             | 0,78                 | 0,8  | 0,71 |     | 0,8                  |     |         |
| PEF (l/s)                         | 8,3                  | 9,0  | 7,55 | 92  | 8,5                  |     | +3,5    |
| FEF <sub>25-75%</sub> (l/s)       | 3,65                 | 3,78 | 2,12 | 97  |                      | 100 | +3,5    |
| Control de calidad                | Errores <sup>b</sup> |      |      |     | Errores <sup>b</sup> |     |         |
| Grado de calidad                  | A                    |      |      |     | B                    |     |         |

FEF<sub>25-75%</sub>: flujo espiratorio medio; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; LIN: límite inferior de la normalidad; PEF: flujo espiratorio máximo; Post: post-broncodilatador; VR: valor de referencia; %VR: porcentaje del valor de referencia.

<sup>a</sup> Sustituir el FEV<sub>1</sub> por el FEV<sub>0,5</sub> en pediatría.

<sup>b</sup> Errores detectados: VEB (extrapolación retrógrada > 0,150 l), PET (tiempo superior a 120 ms), Texp (tiempo inferior a 6 segundos), Fexp (finalización con > 0,025 l/s durante 1 s).

y, por tanto, introducen sesgos en su interpretación. Además, cada vez existe una proporción más importante y creciente de pacientes subsidiarios de hacerse una espirometría mayores de esa edad o de ancestros no europeos. Recientemente, García-Río et al.<sup>37</sup> publicaron ecuaciones en el rango de 65-85 años que permiten cubrir adecuadamente esa franja de edad.

Desde esta normativa se recomienda considerar la utilización de los valores de referencia de Casan et al.<sup>35</sup> para niños (rango 6-20 años), los de Roca et al.<sup>36</sup> para adultos (rango 20-65 años) y los de García-Río et al.<sup>37</sup> para ancianos (rango 65-85 años) (tabla 7). Estas ecuaciones de referencia solo se deberían utilizar en sujetos de raza caucásica.

Hace apenas unos meses se han publicado nuevas ecuaciones de referencia multiétnicas en un rango de edad entre los 8 y los 95 años de edad que han utilizado 97.759 espirometrías pertenecientes a 72 centros en 33 países<sup>38</sup>, que pueden tener un gran impacto en el futuro tanto por el número de sujetos incluidos en las ecuaciones como por el amplio rango de edad y que se pueden aplicar a diferentes etnias. Sin embargo, no se han efectuado comparaciones con los valores que hemos utilizado tradicionalmente en nuestro país, pero abren sin lugar a duda una gran esperanza para alcanzar la unificación internacional.

### Expresión de los resultados

#### Porcentaje fijo del predicho

El valor fijo del 80% del valor predicho como límite de normalidad no tiene ninguna base estadística. Aunque en sujetos de edad y estatura promedio el 80% del predicho se acerca al percentil 5, en sujetos mayores o de baja estatura este valor fijo los puede clasificar erróneamente como «anormales», mientras que sujetos jóvenes de alta estatura pueden ser clasificados erróneamente como «normales»<sup>34</sup>. Por ello se recomienda añadir al valor del porcentaje fijo del predicho el límite inferior de la normalidad.

#### Límite inferior de la normalidad

Para la espirometría los valores inferiores al percentil 5 son considerados inferiores al rango esperado (debajo del límite inferior de la normalidad [LIN]). En caso de no ser incluidos en las ecuaciones de predicción que proveen los espirómetros, los percentiles pueden ser calculados con el error estándar estimado (SEE) de la ecuación. El LIN es igual al valor predicho menos (1,645 × SEE). De esta forma, para cada parámetro (FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC, PEF y FEF<sub>25-75%</sub>), y según el sexo, edad y altura, se obtendrá un LIN.

Últimamente, se ha propuesto que sería más correcto informar con el «z score» ( $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ ), donde x es el valor obtenido,  $\mu$  la media poblacional para las características antropométricas del sujeto y  $\sigma$  la desviación estándar<sup>39,40</sup>. El «z score» permite interpretar las alteraciones y cambios funcionales con un número que es proporcional a  $\sigma$  (2 $\sigma$  es equivalente al percentil 5)<sup>39,40</sup>.

**Tabla 7**

Valores de referencia espirométricos recomendados en nuestro medio

| Autor (rango edad)                    | Sexo | Parámetro                                  | Ecuación  | r                  | SEE    |
|---------------------------------------|------|--|---|--------------------|--------|
| Casan (6-20 años) <sup>35</sup>       | M    | FVC (l)                                    | 0,02800 T + 0,03451 P + 0,05728 E - 3,21  | 0,947              | 0,443  |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> (l)                       | 0,02483 T + 0,02266 P + 0,07148 E - 2,91  | 0,945              | 0,378  |
|                                       |      | PEF (l s <sup>-1</sup> )                   | 0,075 T + 0,275 E - 9,06  | 0,907              | 1,073  |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> /FVC (%)                  |   |                    |        |
|                                       |      | FEF <sub>25-75%</sub> (l s <sup>-1</sup> ) | 0,038 T + 0,140 E - 4,33  | 0,832              | 0,796  |
|                                       | F    | FVC (l)                                    | 0,03049 T + 0,02220 P + 0,03550 E - 3,04  | 0,935              | 0,313  |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> (l)                       | 0,02483 T + 0,02266 P + 0,07148 E - 2,91  | 0,945              | 0,378  |
|                                       |      | PEF (l s <sup>-1</sup> )                   | 0,073 T + 0,134 E - 7,57  | 0,879              | 0,831  |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> /FVC (%)                  |   |                    |        |
|                                       |      | FEF <sub>25-75%</sub> (l s <sup>-1</sup> ) | 0,046 T + 0,051 E - 4,30  | 0,789              | 0,651  |
| Roca (20-65 años) <sup>36</sup>       | M    | FVC (l)                                    | 0,0678 T - 0,0147 E - 6,0548  | 0,72               | 0,53   |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> (l)                       | 0,0514 T - 0,0216 E - 3,9548  | 0,75               | 0,451  |
|                                       |      | PEF (l s <sup>-1</sup> )                   | 0,0945 T - 0,0209 E - 5,7732  | 0,47               | 1,47   |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> /FVC (%)                  | - 0,1902 E + 85,58  | 0,4                | 5,36   |
|                                       |      | FEF <sub>25-75%</sub> (l s <sup>-1</sup> ) | 0,0392 T - 0,043 E - 1,1574   | 0,55               | 1,0    |
|                                       | F    | FVC (l)                                    | 0,0454H - 0,0211A - 2,8253  | 0,75               | 0,403  |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> (l)                       | 0,0326H - 0,0253A - 1,2864  | 0,82               | 0,315  |
|                                       |      | PEF (l s <sup>-1</sup> )                   | 0,0448H - 0,0304A + 0,3496  | 0,47               | 1,04   |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> /FVC (%)                  | -0,244 E - 0,1126 P + 94,88   | 0,54               | 5,31   |
|                                       |      | FEF <sub>25-75%</sub> (l s <sup>-1</sup> ) | 0,023 T - 0,0465 E - 1,1055   | 0,70               | 0,68   |
| García-Río (65-85 años) <sup>37</sup> | M    | FVC (l)                                    | 0,0001572 T <sup>2</sup> - 0,00000268 E <sup>3</sup> + 0,223                      | 0,477 <sup>a</sup> | 0,4458 |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> (l)                       | 0,0001107 T <sup>2</sup> - 0,0445 E + 2,886                                       | 0,464 <sup>a</sup> | 0,3797 |
|                                       |      | PEF (l s <sup>-1</sup> )                   | 0,07092 T - 0,000939 E <sup>2</sup> + 0,347                                       | 0,221 <sup>a</sup> | 1,7378 |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> /FVC (%)                  | - 00198 E <sup>2</sup> + 87,472   | 0,083 <sup>a</sup> | 5,2655 |
|                                       |      | FEF <sub>25-75%</sub> (l s <sup>-1</sup> ) | 0,02635 T - 0,0604 E + 2,042  | 0,219 <sup>a</sup> | 0,7241 |
|                                       | F    | FVC (l)                                    | 0,0003171 T <sup>2</sup> - 0,0351 E - 6,368 BSA + 0,05925 P + 3,960               | 0,589 <sup>a</sup> | 0,3046 |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> (l)                       | 0,0001726 T <sup>2</sup> - 0,0326 E - 2,303 BSA + 0,000122 P <sup>2</sup> + 3,398 | 0,527 <sup>a</sup> | 0,2741 |
|                                       |      | PEF (l s <sup>-1</sup> )                   | 0,0002283 T <sup>2</sup> - 0,0644 E + 4,001                                       | 0,209 <sup>a</sup> | 1,1932 |
|                                       |      | FEV <sub>1</sub> /FVC (%)                  | -0,155 T - 0,184 E + 116,096  | 0,048 <sup>a</sup> | 5,4974 |
|                                       |      | FEF <sub>25-75%</sub> (l s <sup>-1</sup> ) | 0,02030 T - 0,0440 E + 1,538  | 0,202 <sup>a</sup> | 0,5828 |

BSA: área de superficie corporal (en m<sup>2</sup>); E: edad (en años); F: femenino; FEF<sub>25-75%</sub>: flujo espiratorio medio; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; M: masculino; P: peso (en kg); PEF: flujo espiratorio máximo; T: talla (en cm).

<sup>a</sup> Valores correspondientes a r<sup>2</sup>.

## Interpretación

La espirometría es útil para el diagnóstico, para la valoración de la gravedad y para la monitorización de la progresión de las alteraciones ventilatorias. Su interpretación debe ser clara, concisa e informativa y su evaluación debe ser individualizada, teniendo en cuenta la representación gráfica y los valores numéricos<sup>34</sup>.

Se considera que la espirometría es *normal* cuando sus valores son superiores al límite inferior del intervalo de confianza (LIN). El LIN está alrededor del 80% del valor teórico del FEV<sub>1</sub>, FVC y VC, de 0,7 para la relación FEV<sub>1</sub>/FVC, y aproximadamente el 60% para el FEF<sub>25-75%</sub> en sujetos menores de 65 años y de tallas no extremas. Sin embargo, estos valores son solo aproximaciones, por lo que se recomienda utilizar el LIN determinado a partir de las ecuaciones de referencia.

La *alteración ventilatoria obstructiva* se define por una relación FEV<sub>1</sub>/FVC reducida (menor del LIN)<sup>41,42</sup>. En la práctica clínica el uso ha impuesto, por su sencillez, la definición de obstrucción a partir de una relación FEV<sub>1</sub>/FVC menor de 0,7<sup>43</sup>, aunque este criterio es menos preciso y da lugar a falsos negativos en jóvenes y falsos positivos en ancianos<sup>44,45</sup>.

La obstrucción del flujo aéreo provoca una disminución desproporcionada de los flujos a bajos volúmenes que se refleja en una forma cóncava en la curva flujo-volumen, y cuantitativamente se manifiesta en una reducción proporcionalmente mayor del FEF<sub>75%</sub> o del FEF<sub>25-75%</sub> que del FEV<sub>1</sub><sup>46</sup>.

Una circunstancia inusual es cuando disminuyen el FEV<sub>1</sub> y la FVC de forma concomitante y la FEV<sub>1</sub>/FVC es normal o casi normal. Este patrón puede reflejar la incapacidad del paciente para inhalar o exhalar completamente, o bien un colapso irregular de las pequeñas vías aéreas en las fases iniciales de la espiración. En esta situación puede ser útil sustituir la FVC por la VC lenta y calcular el cociente de Tiffeneau (FEV<sub>1</sub>/VC), que en esta alteración se encontrará por

debajo de su LIN<sup>6,47</sup>. La gravedad de las alteraciones ventilatorias obstructivas se clasifica en función del valor del FEV<sub>1</sub> según las recomendaciones de la ATS/ERS<sup>34</sup> (tabla 8), aunque también existen clasificaciones específicas de enfermedad, como la propuesta por la GOLD<sup>43</sup>. Estos puntos de corte de gravedad son arbitrarios<sup>48,49</sup>.

La *alteración ventilatoria «no obstructiva»* se define por una FVC reducida con una relación FEV<sub>1</sub>/FVC por encima del LIN o incluso al valor medio de referencia. Se debe sospechar un trastorno restrictivo cuando la FVC esté por debajo del LIN, la relación FEV<sub>1</sub>/FVC supere su LIN y la curva flujo-volumen presente una morfología convexa. Sin embargo, solo es posible confirmar esta circunstancia si se objetiva una reducción de la TLC (< percentil 5 del valor de referencia)<sup>50</sup>.

La coexistencia de un defecto obstructivo y no obstructivo en un paciente se define cuando tanto la FVC como la relación FEV<sub>1</sub>/FVC están por debajo de sus respectivos LIN. Para dilucidar si el origen es atrapamiento aéreo (hiperinsuflación) o auténtica restricción, se debe realizar una medición de TLC<sup>51,52</sup>. En general, esta normativa recomienda confirmar la presencia de restricción cuando la FVC o la VC estén bajas midiendo la TLC<sup>53</sup>.

Muchas veces no es fácil determinar cuándo una modificación de una variable a lo largo de un periodo de tiempo refleja un cambio real de la función ventilatoria o es solo el resultado de la

**Tabla 8**

Clasificación de la gravedad de las alteraciones ventilatorias obstructivas

| Nivel de gravedad   | FEV <sub>1</sub> (% valor de referencia) |
|---------------------|--|
| Leve                | > 70%                                    |
| Moderada            | 60-69%                                   |
| Moderadamente grave | 50-59%                                   |
| Grave               | 35-49%                                   |
| Muy grave           | < 35%                                    |

Tomada de Pellegrino et al.<sup>34</sup>.



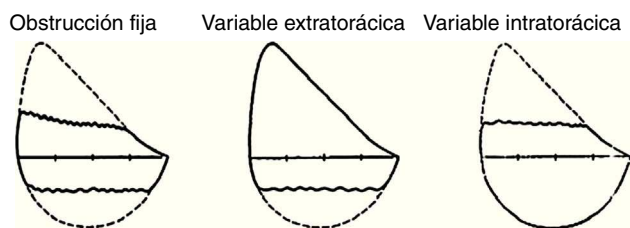
**Tabla 9**  
Cambios significativos en el tiempo de parámetros espirométricos (%)

|                    | FVC  | FEV <sub>1</sub> | FEF <sub>25-75%</sub> |
|--------------------|------|------------------|-----------------------|
| <i>Diario</i>      |      |                  |                       |
| Sujeto normal      | ≥ 5  | ≥ 5              | ≥ 13                  |
| Pacientes con EPOC | ≥ 11 | ≥ 13             | ≥ 23                  |
| <i>Semanal</i>     |      |                  |                       |
| Sujeto normal      | ≥ 11 | ≥ 12             | ≥ 21                  |
| Pacientes con EPOC | ≥ 20 | ≥ 20             | ≥ 30                  |
| <i>Anual</i>       |      |                  |                       |
|                    | ≥ 15 | ≥ 15             |                       |

Tomada de Pellegrino et al.<sup>34</sup>.

variabilidad de la prueba. La significación de los cambios varía para cada parámetro, para cada periodo de tiempo y según el tipo de paciente (tabla 9). Las mediciones para el seguimiento de una enfermedad deben hacerse en fase estable, aunque en algunas entidades como el asma puede resultar conveniente evaluar la función pulmonar durante las agudizaciones. Es más probable que el cambio sea real cuando ocurre en más de una variable, cuanto más grande sea y cuando se acompañe de cambios en la sintomatología del paciente<sup>54,55</sup>.

La evaluación diagnóstica de las obstrucciones de la vía aérea superior a través de la espirometría ha sido relegada por las técnicas de imagen y endoscópicas. A veces estas alteraciones no disminuyen ni el FEV<sub>1</sub> ni la FVC, aunque sí producen importantes alteraciones del PEF. Una relación FEV<sub>1</sub>/PEF > 8 indica la presencia de una estenosis en las vías aéreas superiores, una vez descartado el esfuerzo inicial insuficiente. La observación de una meseta del flujo inspiratorio forzado con o sin meseta en el flujo espiratorio sugiere obstrucción variable extratorácica de la vía aérea superior. Una meseta en la espiración sin afectación inspiratoria sugiere una obstrucción variable intratorácica. La presencia de una meseta tanto en la rama inspiratoria como en la espiratoria sugiere la existencia de una estenosis fija de la vía aérea superior<sup>56</sup>. La repercusión de estas lesiones sobre los flujos máximos dependerá de la localización de la obstrucción, del tipo (fija o variable) y de la extensión anatómica (tabla 10) (fig. 2).



**Figura 2.** Patrones de la curva flujo-volumen sugestivos de obstrucción de las vías aéreas altas.

**Tabla 10**  
Parámetros de la curva flujo-volumen recomendados para diferenciar obstrucciones de las vías aéreas altas<sup>34</sup>

|  | Obstrucción extratorácica |                     | Obstrucción intratorácica |
|--|---------------------------|---------------------|---------------------------|
|  | Fija                      | Variable            |                           |
| PEF                                    | Disminuido                | Normal o disminuido | Disminuido                |
| FIF <sub>50%</sub>                     | Disminuido                | Disminuido          | Normal o disminuido       |
| FIF <sub>50%</sub> /FEF <sub>50%</sub> | ~ 1                       | < 1                 | > 1                       |

FEF<sub>50%</sub>: flujo espiratorio forzado cuando ha sido exhalado el 50% de la capacidad vital;  
FIF<sub>50%</sub>: flujo inspiratorio forzado cuando ha sido inhalado el 50% de la capacidad vital;  
PEF: flujo espiratorio máximo.  
Tomada de Pellegrino et al.<sup>34</sup>.

## Prueba broncodilatadora

La prueba de reversibilidad de la limitación al flujo aéreo, comúnmente denominada prueba de broncodilatación, consiste en la medición de la función pulmonar antes y después de administrar un broncodilatador de acción rápida. Aunque la prueba tiene utilidad diagnóstica, pronóstica y terapéutica, la asunción de que la respuesta a una única prueba de broncodilatación es adecuada para determinar la reversibilidad y los beneficios terapéuticos de los fármacos es erróneamente simplista, ya que un mismo individuo puede presentar diferente respuesta en distintos momentos y según el broncodilatador<sup>49,57-62</sup>.

El estudio de la reversibilidad bronquial está indicado ante la sospecha de asma, en la obtención de una espirometría obstructiva por primera vez<sup>34,50,51,63</sup>, para evaluar la posible respuesta adicional o regímenes alternativos de tratamiento en pacientes con reversibilidad conocida y cuyo FEV<sub>1</sub> permanece por debajo del 80% del predicho (o del valor basal conocido) a pesar del tratamiento<sup>64</sup>, para determinar el grado de discapacidad<sup>65</sup> y para la evaluación preoperatoria cuando existe limitación al flujo aéreo<sup>66</sup>.

Además de las contraindicaciones de la espirometría (tabla 2), no debe realizarse en caso de reacciones adversas conocidas o probables al broncodilatador que se pretende utilizar<sup>67</sup>.

### Administración del broncodilatador

El tipo de broncodilatador, la dosis y el momento de medir el efecto influyen sobre la respuesta obtenida. Se recomienda la utilización de agonistas β<sub>2</sub>-adrenérgicos de acción rápida (SABA) o bromuro de ipratropio<sup>9</sup>, aunque el inicio de acción de formoterol es también suficientemente rápido para ser empleado<sup>68</sup>. Pese a existir un pequeño grupo de pacientes asmáticos que responden más al ipratropio<sup>69,70</sup>, en general el efecto broncodilatador de los SABA es mayor que el del ipratropio en estos enfermos<sup>69-71</sup>. Sin embargo, en muchos pacientes diagnosticados de EPOC el bromuro de ipratropio es más eficaz<sup>69,72</sup>, y la asociación de un SABA y bromuro de ipratropio todavía más<sup>73,74</sup>.

Salvo que alguna circunstancia —arritmias conocidas, temblor o reacciones adversas previas— haga preferible dar dosis más bajas, se recomienda la administración de 400 μg de salbutamol en 4 puffs (100 μg por puff) separados por intervalos de 30 s. Si se usa bromuro de ipratropio se dará a una dosis total de 160 μg (8 × 20 μg). En ambos casos es preferible el uso de cartuchos presurizados con cámara de inhalación, siguiendo una técnica adecuada. La administración de terbutalina, tanto en cartucho presurizado como en polvo seco, puede constituir una alternativa al salbutamol. El uso de dosis altas, como las mencionadas, casi siempre asegura que el efecto del broncodilatador se aproxime a la zona máxima de la curva dosis-respuesta, minimizándose así la variabilidad debida a la distribución del aerosol y a la técnica del paciente<sup>9,75,76</sup>.

Quince minutos después de la inhalación de salbutamol o 30 min tras la inhalación de bromuro de ipratropio se debe realizar una segunda serie de maniobras espirométricas, siguiendo los mismos criterios de calidad y repetibilidad anteriormente expuestos<sup>9</sup>. La administración de ambos fármacos midiendo la respuesta a los 30 min aumenta la proporción de pacientes con EPOC que tienen una prueba broncodilatadora positiva<sup>77</sup>. No hay ninguna evidencia indicativa de la secuencia en la que se deben administrar ambos fármacos, o si deben darse consecutivamente o separados por un intervalo<sup>69</sup>.

El broncodilatador se puede administrar por cualquiera de los medios habituales (nebulizador, cartucho presurizado, inhalador de polvo seco). Cada laboratorio debe estandarizar el procedimiento y conocer las características de deposición del fármaco y sistema en la vía aérea. Esta normativa recomienda realizar la prueba de broncodilatadores con un agonista β<sub>2</sub>-adrenérgico de

acción corta, a dosis equivalentes a 400 µg de salbutamol en cartucho presurizado con cámara de inhalación<sup>19</sup>. La administración de un agonista β<sub>2</sub>-adrenérgico de acción corta y bromuro de ipratropio podría aumentar la sensibilidad de la prueba, particularmente en pacientes con EPOC<sup>73,73,77</sup>. Si se hace así debe reflejarse en el informe.

### Análisis de la respuesta

Los 3 índices más comunes para evaluar la respuesta broncodilatadora son el porcentaje de cambio sobre el valor basal<sup>78-80</sup>, el porcentaje de cambio sobre el valor predicho<sup>30,74</sup> y el cambio absoluto<sup>79,80</sup>. Por su mayor sensibilidad, se recomienda utilizar como criterio de reversibilidad una mejoría del FEV<sub>1</sub> o de la FVC ≥ 12% y ≥ 0,2 l<sup>63,81</sup>. La expresión del cambio como porcentaje del valor predicho normaliza el resultado para el sexo, el FEV<sub>1</sub> inicial y la edad, y elimina el sesgo matemático (cuanto menor sea el FEV<sub>1</sub> basal, mayor será el porcentaje de respuesta)<sup>23,58,82</sup>, pero tiene menor sensibilidad<sup>49,59,83</sup>, sobre todo en pacientes con una función más deteriorada<sup>59</sup>. En pacientes con enfisema, la FVC ha demostrado ser más sensible que el FEV<sub>1</sub><sup>84,85</sup> y su respuesta parece correlacionarse más con los cambios clínicos y la tolerancia al esfuerzo de enfermos con hiperinsuflación<sup>84-88</sup>.

Se desaconseja el uso del FEF<sub>25-75%</sub> o de los flujos instantáneos para valorar la reversibilidad. Aunque se ha descrito que un aumento del 20% en el PEF puede resultar indicativo de reversibilidad<sup>89,90</sup>, tampoco se recomienda su utilización para la valoración de la reversibilidad en los laboratorios de función pulmonar o cuando la prueba de reversibilidad se realice con finalidad diagnóstica.

En muchos pacientes con limitación al flujo aéreo en los que no mejora significativamente el FEV<sub>1</sub> o la FVC se observa, sin embargo, un aumento relevante de la IC<sup>75,88,91,92</sup>, que muestra una mejor relación con la mejoría clínica y de la capacidad de esfuerzo que los cambios en FEV<sub>1</sub><sup>86-88,93,94</sup>. Por ello, también se propone como criterio de reversibilidad un aumento en la IC del 10% con respecto al valor previo<sup>75</sup>. No obstante, este criterio de respuesta significativa no está suficientemente probado para recomendar su uso de forma generalizada.

### Utilidad y limitaciones

La reversibilidad es una característica del asma, y por tanto la prueba de reversibilidad es útil y está indicada en todos los pacientes con sospecha de asma<sup>63,89,95,96</sup>. Sin embargo, la ausencia de reversibilidad significativa no permite descartar el diagnóstico de asma<sup>63,89,95,96</sup>.

La respuesta a broncodilatadores no permite diferenciar entre EPOC y asma<sup>43,97</sup>, aunque mejorías de más de 0,4 l sugieren asma<sup>97</sup> o, por lo menos, un fenotipo mixto<sup>98</sup>. Un concepto que ha cambiado en los últimos años, a raíz de los grandes ensayos clínicos, es que la presencia o ausencia de broncodilatación no parece predecir con suficiente exactitud ni el alivio sintomático, ni cambios en la capacidad de ejercicio, ni la respuesta a largo plazo a corticosteroides o broncodilatadores<sup>59,99</sup> y, por tanto, la prueba de broncodilatadores no tiene valor como guía del tratamiento. Se ha encontrado que la reversibilidad se asocia a una disminución acelerada de la FEV<sub>1</sub><sup>100</sup>, pero no todos los estudios confirman esta asociación.

### Situaciones especiales

#### Espirómetros de oficina

Actualmente existen espirómetros que pueden utilizarse tanto en el ámbito de atención especializada como a nivel de «oficina»<sup>2,101-104</sup>. Sus principales ventajas radican en el menor

coste y tamaño, aunque algunas de sus características pueden presentar limitaciones para su uso generalizado<sup>105-107</sup>. Los requisitos generales que deben poseer estos equipos son los siguientes<sup>2,108,109</sup>:

1. *Los espirómetros de oficina «pueden» proporcionar solo valores de FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>6</sub> y relación FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub>.* La utilización del FEV<sub>6</sub> presenta diversas ventajas<sup>16,110</sup>: a) es más fácil para el paciente y el técnico cuando las maniobras duran solo 6 s; b) evita problemas técnicos de los sensores de flujo relacionados con la precisión al tener que medir flujos muy bajos; c) el FEV<sub>6</sub> es más repetible que la FVC en pacientes con obstrucción de vías respiratorias, y d) utilizando el FEV<sub>6</sub>, se reduce el tiempo total de realización de la prueba. Una limitación, sin embargo, es la existencia de menos valores de referencia que para la FVC y la posibilidad de infravalorar la capacidad real del paciente<sup>45</sup>. Se identificará la existencia de obstrucción cuando el FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub> y el FEV<sub>1</sub> se encuentren por debajo de su LIN.
2. *Estándares de calidad en la maniobra.* Muchos de los estándares fundamentales para valorar la fiabilidad de las señales<sup>2,111,112</sup> ya están incluidos en estos dispositivos. Es importante que exista la posibilidad de comprobaciones adicionales para evaluar la aceptabilidad de las maniobras en los espirómetros que no posean impresión o visualización de las curvas. El espirómetro debe mostrar los criterios de control de calidad, que deben estar monitorizados electrónicamente, junto con mensajes cuando se detectan errores. Los dispositivos deben presentar los resultados de la espirometría en valores numéricos y solo serán interpretados si todas las maniobras reúnen los criterios de calidad.
3. *La existencia de pantallas y de representación gráfica de la curva flujo-volumen podrá ser opcional.* La expresión gráfica de la espirometría implica la posibilidad de que los técnicos que realizan las pruebas, así como los médicos que interpretan los resultados, puedan reconocer si existen problemas respecto a la calidad de la prueba<sup>113</sup>. Sin embargo, una pantalla gráfica aumenta el tamaño, el coste y la complejidad de los espirómetros, reduciendo su aceptación en el ámbito de atención primaria. La mayoría de los dispositivos de oficina no muestran la curva flujo-volumen ni la curva volumen-tiempo durante la maniobra<sup>107</sup>.
4. *Los materiales para explicar el funcionamiento de los espirómetros de oficina deben ser de fácil comprensión.* Estos materiales deben incluir manuales de procedimiento, ayuda de instrucción audiovisual (tales como una cinta de vídeo o multimedia CD-ROM), documentos que describan los riesgos y beneficios potenciales de la espirometría, así como la interpretación de los resultados y las limitaciones de la prueba.
5. *Deberían existir soluciones económicas que pudieran reemplazar el uso diario de jeringas de calibración de 3 l*<sup>2,109</sup>. Es recomendable la existencia de controles biológicos y, en dicho caso, el rango de las mediciones repetidas cada 10 días de FEV<sub>1</sub> y FEV<sub>6</sub> no debe exceder el 10% de la media. La mayoría de los fabricantes afirman que sus dispositivos portátiles no tienen que ser calibrados antes de realizar las mediciones. Aunque esto es una ventaja potencial, es razonable afirmar que la calibración periódica o comprobación de espirómetros portátiles, a ser posible diariamente, es de vital importancia para demostrar la estabilidad de las mediciones.
6. *Los parámetros deben corregirse a condiciones BTPS.* El dispositivo debe detectar la temperatura automáticamente, haciendo la corrección automática a unidades BTPS (apéndice 2).
7. *Medidas de higiene.* El personal que realiza las espirometrías debe ser instruido en lavarse las manos antes y después de asistir a cada paciente. La utilización de boquillas desechables es suficiente para minimizar el riesgo de la transmisión de infecciones, no siendo preceptiva la utilización de filtros ajustables a la boqui-

**Tabla 11**  
Condiciones para la interpretación de los resultados de una espirometría forzada de oficina

1. La calidad de la prueba debe ser correcta
2. Se utilizarán valores de referencia adecuados para calcular los valores predichos y los LIN del FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>6</sub> y FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub> (deben ser proporcionados por el equipo)
3. Si en una prueba de buena calidad el FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub> y el FEV<sub>1</sub> se encuentran por debajo del LIN, se acepta la existencia de limitación al flujo aéreo
4. Debe referirse el FEV<sub>1</sub> como porcentaje del predicho del paciente. Opcionalmente es posible clasificar la gravedad de la obstrucción
5. La aceptabilidad de la maniobra debe estar automatizada y deben mostrarse mensajes de repetibilidad

lla siempre que el paciente solo haga la maniobra forzada y no inspire del aparato.

En definitiva, los fabricantes de espirómetros de oficina deben centrarse especialmente en la mejora de la precisión de las mediciones de la FVC, en los problemas de calibración y en la capacidad de mostrar curvas flujo-volumen y volumen-tiempo, con el fin de evaluar la calidad de las maniobras. Aunque el software de los espirómetros portátiles permite la expresión de volúmenes y flujo medidos como porcentaje del valor predicho, es esencial que el usuario tenga la posibilidad de utilizar valores de referencia que se corresponden con las características de la población de los pacientes estudiados (tabla 11).

#### Monitorización diaria con espirómetros de bolsillo

Además de los medidores del flujo espiratorio máximo<sup>114</sup>, el desarrollo de espirómetros de bolsillo proporciona sistemas que incorporan medidas como el FEV<sub>1</sub> y el FEV<sub>6</sub><sup>115</sup>. Se recomienda su utilización para la monitorización domiciliar de diversas enfermedades, como el asma, pero no como método diagnóstico. Las ventajas de estos espirómetros radican en que se trata de dispositivos simples, seguros y portátiles que normalmente son de bajo coste. Sin embargo, en comparación con la espirometría estándar, son relativamente insensibles para la detección de obstrucción leve y miden parámetros muy dependientes del esfuerzo, presentando una mayor variabilidad, lo cual, en caso de estudio anormal, obliga a confirmar dichos hallazgos mediante la prueba convencional.

#### Integración en sistemas de historia electrónica

En los últimos años las tecnologías de la información y de la comunicación aplicadas al ámbito sanitario están experimentando un desarrollo muy importante. Los nuevos sistemas, instalados habitualmente tanto en los centros de atención primaria como en el hospital, almacenan las prescripciones de un paciente en un único punto y permiten el intercambio de información. Según las leyes españolas es ilegal tener bases de datos en equipos que no cumplan la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, y esta cuestión debe plantearse a los gestores y a los fabricantes antes de adquirir un equipo. En el ámbito sanitario, para facilitar la integración de las aplicaciones se han desarrollado diversos estándares, como el XML, el DICOM o el HL7<sup>116</sup>. Estos estándares nacen de la necesidad de comunicar los diferentes sistemas periféricos sanitarios, cada vez más informatizados, con un único sistema central que permita mantener un historial común del paciente. De esta forma se logra una mayor fluidez de la información y más seguridad en todo el proceso.

Cada vez es mayor la demanda de integración de la información obtenida en la espirometría en documentos que utilizan formatos interoperativos (como HL7 o CDA R2) para tener acceso al historial de la espirometría del paciente a través de la historia clínica electrónica. La definición de estos estándares es impres-

cindible para asegurar su adopción por parte de los fabricantes de espirómetros<sup>117</sup>. Mediante este proceso se ponen las bases para facilitar el acceso a la espirometría desde todos los ámbitos asistenciales, y a su vez es un elemento técnico fundamental para diseñar los programas de control de calidad de las exploraciones<sup>118</sup>.

La utilización de estas tecnologías permite que los informes puedan compartirse a través de sistemas de información y que el médico pueda ver la espirometría digitalmente desde su estación de trabajo y acceder al historial de pruebas para cada paciente. Para completar este proceso también es necesario que los espirómetros de oficina tengan la capacidad de enviar los datos obtenidos, para funcionar no como un elemento aislado sino integrado en un sistema operativo común. Una vez que los espirómetros dispongan de salida digital de información, la forma de integración de la misma puede variar, existiendo diferentes experiencias desarrolladas en los últimos años (*web-based system*, *TechEd's network*, soporte telefónico o disquetes)<sup>119-122</sup>.

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

#### Apéndice 1. Relación de variables espirométricas que se sugiere registrar

- ID (identificación del paciente)
- Nombre del paciente
- Tipo de datos (SP seguida por E5espiratoria o I5inspiratoria, seguida por S5única o B5mejor curva)
- Presión atmosférica (mmHg)
- Temperatura (°C) usada en la conversión a unidades BTPS
- Humedad relativa (%)
- Grado de calidad para FVC (A, B, C, D, E o F)
- Grado de calidad para FEV<sub>1</sub> (A, B, C, D, E o F)
- Código de interpretación (según esquema de interpretación de la ATS)
- Maniobra borrada (S o N)
- Maniobra aceptable (S o N)
- Código de control de la calidad según técnico (A, B, C, D, E o F)
- Código de control de calidad automatizado (A, B, C, D, E o F)
- Alcanza meseta (S o N)
- Revisada (N o R para «necesita revisión» o «revisada»)
- Fecha de revisión (DD/MM/AAAA)
- Iniciales del revisor
- Factor BTPS (x,xxx)
- Fabricante del espirómetro
- Modelo del espirómetro
- Número de serie del espirómetro
- Tipo del espirómetro
- Nombre del proveedor
- Ciudad
- Estado/región
- Código postal
- País
- E-mail
- Número de teléfono
- Fecha de calibración (DD/MM/AAAA)
- Hora de calibración (HH:MM)
- Resultado de la calibración (C o F para «correcta» o «fallida»)
- Fecha (DD/MM/AAAA)
- Hora (HH:MM)
- ID técnico (iniciales o código de identificación del técnico)
- Número de la maniobra
- Edad (años enteros)
- Talla (cm)

Peso (kg)  
 Sexo (M o F)  
 Raza (código de 2 caracteres)  
 Fecha de nacimiento (DD/MM/AAAA)  
 Fuente de los valores de referencia (apellido primer autor y fecha de publicación; por ejemplo, «Knudson 1983»)  
 Factor de corrección para valores de referencia (x,xx, 1,00 para no corrección)  
 Posición durante la prueba (decúbito, sentado o supino)  
 Tipo de prueba (pre-, post-, broncodilatador, concentración o dosis de metacolina)  
 FVC (x,xx l)  
 Volumen extrapolado (x,xx l)  
 FEV<sub>1</sub> (x,xx l)  
 FEV<sub>6</sub> (x,xx l)  
 PEF (xx,xx l·s<sup>-1</sup>)  
 FEF<sub>25-75%</sub> (xx,xx l·s<sup>-1</sup>)  
 VC (x,xx l)  
 Tiempo de espiración forzada (s)  
 Tiempo para alcanzar el PEF (s)  
 FVC predicha (x,xx l)  
 FEV<sub>1</sub> predicho (x,xx l)  
 FEV<sub>6</sub> predicho (x,xx l)  
 FEV<sub>1</sub>/FVC predicho (x,xx)  
 FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub> predicho (x,xx)  
 FEF<sub>25-75%</sub> predicho (xx,xx l·s<sup>-1</sup>)  
 LIN para FVC (x,xx l)  
 LIN para FEV<sub>1</sub> (x,xx l)  
 LIN para FEV<sub>6</sub> (x,xx l)  
 LIN para FEV<sub>1</sub>/FVC (x,xx)  
 LIN para FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub> (x,xx)  
 LIN para FEF<sub>25-75%</sub> (xx,xx l·s<sup>-1</sup>)  
 FEF<sub>25%</sub>(xx,xx l·s<sup>-1</sup>)  
 FEF<sub>50%</sub>(xx,xx l·s<sup>-1</sup>)  
 FEF<sub>75%</sub>(xx,xx l·s<sup>-1</sup>)  
 FEF<sub>90%</sub>(xx,xx l·s<sup>-1</sup>)

## Apéndice 2. Corrección a condiciones estándar (BTPS)

Los resultados obtenidos en la espirometría son medidos en condiciones de temperatura y presión ambientales (ATPS). Sin embargo, estas condiciones son distintas a las presentes dentro de los pulmones, en donde el aire se encuentra a una temperatura de 37 °C y una saturación de vapor de agua del 100% que corresponde a 47 mmHg, condiciones que son denominadas BTPS (temperatura corporal [BT] y presión saturada con vapor de agua [PS]). Puesto que el volumen de un gas varía en relación con la temperatura y la presión, para evitar una infraestimación en las mediciones realizadas debe aplicarse un factor de corrección que convierta los valores obtenidos (ATPS) a las condiciones BTPS. La corrección debe aplicarse tanto a los flujos como al volumen, y dependerá del tipo de neumotacógrafo y de la colocación de un filtro. La mayoría de los espirómetros actuales disponen de medición automática de la temperatura con una buena precisión ( $\pm 1\%$ ), y en algunos casos registran igualmente la presión atmosférica y la humedad relativa, lo que permitirá realizar de forma automática la corrección a condiciones BTPS.

Si el espirómetro no realiza de forma automática la corrección a BTPS, debe ofrecer la posibilidad de introducir manualmente los datos de temperatura y presión. En general, el rango de temperatura oscila entre 17-37 °C y el de presión atmosférica entre 440-775 mmHg. Si se producen variaciones importantes de temperatura en una misma sesión se realizarán correcciones más frecuentes de las condiciones BTPS. Es recomendable que los fabricantes de los espirómetros especifiquen los rangos de temperatura

y de presión en los que puede emplearse cada equipo. En este sentido, la norma ISO 26782;2009 establece que para la validación del espirómetro se le someta a pruebas con diferentes niveles de presión y humedad remediando las diferentes situaciones en las que pueda utilizarse.

## Bibliografía

- Sanchís Aldás J, Casan Clará P, Castillo Gómez J, González Mangado N, Palenciano Ballesteros L, Roca Torrent J. Normativa SEPAR. Espirometría. Barcelona: Doyma; 1997. p. 1-19.
- 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.
- Neas LM, Schwartz J. Pulmonary function levels as predictors of mortality in a national sample of US adults. *Am J Epidemiol*. 1998;147:1011-8.
- Schunemann HJ, Dorn J, Grant BJB, Winkelstein Jr W, Trevisan M. Pulmonary function is a long-term predictor of mortality in the general population: 29-year follow-up of the Buffalo Health Study. *Chest*. 2000;118:656-64.
- Chyou PH, White LR, Yano K, Sharp DS, Burchfiel CM, Chen R, et al. Pulmonary function measures as predictors and correlates of cognitive functioning in later life. *Am J Epidemiol*. 1996;143:750-6.
- Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault J-C. Lung volumes and forced ventilatory flows. *Eur Respir J*. 1993;6 Suppl 16:5-40.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry, 1994 Update. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152:1107-36.
- Crapo RO. Pulmonary-function testing. *N Engl J Med*. 1994;331:25-30.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardization of spirometry. *Eur Respir J*. 2005;26:319-38.
- Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) - Guía Española de la EPOC (GesEPOC). *Arch Bronconeumol*. 2012;48 Supl 1:2-58.
- ATS-ERS. Statement on respiratory mechanics in infants: Physiologic evaluation in health and disease. *Eur Respir J*. 1993;6:279-310.
- Kanengiser S, Dozor A. Forced expiratory manoeuvres in children aged 3-5 years. *Pediatr Pulmonol*. 1994;18:144-9.
- Cooper BG. An update on contraindications for lung function testing. *Thorax*. 2011;66:714-23.
- AARC clinical practice guidelines. Spirometry. Contraindications for use of spirometry. 1996 Update. *Respir Care*. 1996;41:629-36.
- Butler FK. Diving and hyperbaric ophthalmology. *Surv Ophthalmol*. 1995;39:347-66.
- Jing JY, Huang TC, Cui W, Xu F, Shen HH. Should FEV<sub>1</sub>/FEV<sub>6</sub> replace FEV<sub>1</sub>/FVC ratio to detect airway obstruction? A metaanalysis. *Chest*. 2009;135:991-8.
- Aurora P, Stocks J, Oliver C, Saunders C, Castle R, Chaziparasidis G, et al. Quality control for spirometry in preschool-children with and without lung disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;169:1152-9.
- O'Donnell DE, Bertley JC, Chau LKL, Webb KA. Qualitative aspects of exertional breathlessness in chronic airflow limitation: Pathophysiological mechanisms. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;155:109-15.
- Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J*. 2005;26:153-61.
- Van Schalkwyk EM, Schultz C, Joubert JR, White NW. South African Thoracic Society Standards of Spirometry Committee. Guideline for office spirometry in adults, 2004. *S Afr Med J*. 2004;94:576-87.
- Torres Martí A, Burgos Rincón F, Casan Clarà P, Gravalos Guzmán J, Martínez Moratalla J, Pi-Sunyer T. Normativa SEPAR. Control microbiológico en los equipos de función y terapia respiratoria. Barcelona: Doyma; 1998. p. 1-23.
- Jensen RL, Teeter JG, England RD, Howell HM, White HJ, Pickering EH, et al. Sources of long-term variability in measurements of lung function: Implications for interpretation and clinical trial design. *Chest*. 2007;132:396-402.
- Enright PL, Beck KC, Sherrill DL. Repeatability of spirometry in 18,000 adult patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;169:235-8.
- Steenbruggen I, Mitchell S, Severin T, Palange P, Cooper BG, Spirometry HERMES Task Force. Harmonising spirometry education with HERMES: Training a new generation of qualified spirometry practitioners across Europe. *Eur Respir J*. 2011;37:479-81.
- Parker JM, Dillard TA, Phillips YY. Arm span-height relationships in patients referred for spirometry. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;154:533-6.
- Verrall AB, Julian JA, Muir DC, Haines AT. Use of noseclips in pulmonary function test. *J Occup Med*. 1989;31:29-31.
- Chavesse R, Johnson P, Francis J, Balfour-Lynn I, Rosenthal M, Bush A. To clip or not to clip? Nose clips for spirometry. *Eur Respir J*. 2003;21:876-8.
- D'Angelo E, Prandi I, Milic-Emilij J. Dependence of maximal flow-volume curves on time course preceding inspiration. *J Appl Physiol*. 1993;75:1155-9.
- Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Allen JL, Arets HG, Aurora P, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: Pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007;175:1304-45.
- Arets HGM, Brackel HJL, van der Ent CK. Forced expiratory manoeuvres in children: Do they meet ATS and ERS criteria for spirometry? *Eur Respir J*. 2001;18:655-60.



31. Pérez-Padilla R, Vázquez-García JC, Márquez MN. Spirometry quality-control strategies in a multinational study of the prevalence of chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care*. 2008;53:1019–26.
32. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Respiratory Health. Spirometry procedures manual. Centers for Disease Control and Prevention, 2008 [consultado 10 Feb 2013]. Disponible en: [http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes.07\\_08/spirometry.pdf](http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes.07_08/spirometry.pdf)
33. Enright PL, Skloot GS, Cox-Ganser JM, Udassin IG, Herbert R. Quality of spirometry performed by 13,599 participants in the World Trade Center Worker and Volunteer Medical Screening Program. *Respir Care*. 2010;55:303–9.
34. Pellegrino R, Viegi G, Enright P, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005;26:948–68.
35. Casan P, Roca J, Sanchis J. Spirometric response to a bronchodilator. Reference values for healthy children and adolescents. *Bull Eur Physiopathol Respir*. 1983;19:567–9.
36. Castellsaguer J, Burgos F, Roca J, Sunyer J. Prediction equations for forced spirometry from European origin population. *Respir Med*. 1998;92:401–7.
37. 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*. 2004;24:397–405.
38. Quanjer PhH, 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.
39. Vaz Fragoso CA, Gill TM, McAvay G, van Ness PH, Yaggi HK, Concato J. Use of lambda-mu-sigma-derived Z score for evaluating respiratory impairment in middle-aged persons. *Respir Care*. 2011;56:1771–7.
40. Vaz Fragoso CA, Gill TM. Respiratory impairment and the aging lung: A novel paradigm for assessing pulmonary function. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2012;67:264–75.
41. Mohanka MR, McCarthy K, Xu M, Stoller JK. A survey of practices of pulmonary function interpretation in laboratories in Northeast Ohio. *Chest*. 2012;141:1040–6.
42. Culver BH. How should the lower limit of the normal range be defined? *Respir Care*. 2012;57:136–43.
43. Global Initiative for Chronic Lung Disease. GOLD spirometry guide–2010 update [consultado 10 Feb 2013]. Disponible en: [http://www.goldcopd.org/uploads/users/files/GOLD\\_Report.2011.Feb21.pdf](http://www.goldcopd.org/uploads/users/files/GOLD_Report.2011.Feb21.pdf)
44. Schermer TRJ, Smeele IJM, Thoonen BPA, Lucas AEM, Grootens JG, van Boxem TJ, et al. Current clinical guideline definitions of airflow obstruction and COPD overdiagnosis in primary care. *Eur Respir J*. 2008;32:945–52.
45. Vollmer WM, Gíslason T, Burney P, Enright PL, Gulsvik A, Kocabase A, et al. Comparison of spirometry criteria for the diagnosis of COPD: Results from the BOLD study. *Eur Respir J*. 2009;34:588–97.
46. Flenley DC. Chronic obstructive pulmonary disease. *Dis Mon*. 1988;34:537–99.
47. Bon JM, Weissfeld JL, Sciruba FC. A unique spirometric phenotype in COPD. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;178:431–2.
48. Kanner RE, Renzetti AD, Stanish WM, Barkman HW, Klauber MR. Predictors of survival in subjects with chronic airflow limitation. *Am J Med*. 1983;74:249–55.
49. Anthonisen NR, Wright EC, Hodgkin JE. Prognosis in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 1986;133:14–20.
50. Aaron SD, Dales RE, Cardinal P. How accurate is spirometry at predicting restrictive pulmonary impairment? *Chest*. 1999;115:869–73.
51. Gladly CA, Aaron SD, Lunau M, Clinch J, Dales RE. A spirometry-based algorithm to direct lung function testing in the pulmonary function laboratory. *Chest*. 2003;123:1939–46.
52. Hong Y, Ra SW, Shim TS, Lim CM, Koh Y, Lee SD, et al. Poor interpretation of pulmonary function tests in patients with concomitant decreases in FEV1 and FVC. *Respirology*. 2008;13:569–74.
53. Aggarwal AN, Agarwal R. The new ATS/ERS guidelines for assessing the spirometric severity of restrictive lung disease differ from previous standards. *Respirology*. 2007;12:759–62.
54. Burrows B, Lebowitz MD, Camilli AE, Knudson RJ. Longitudinal changes in forced expiratory volume in one second in adults. Methodologic considerations and findings in healthy nonsmokers. *Am Rev Respir Dis*. 1986;133:974–80.
55. Spencer DA, Marshall T, Weller PH, Williams J. A superior method of assessing the reproducibility of pulmonary function measurements. *Am Rev Respir Dis*. 1992;145:A253.
56. Miller MR, Pedersen OF. Peak flow meter resistance decreases peak expiratory flow in subjects with COPD. *J Appl Physiol*. 2000;89:283–90.
57. American Thoracic Society. Pulmonary Function Laboratory Management and Procedure Manual. Bronchial Reversibility Test. 2009.
58. Brand PL, Quanjer PhH, Postma DS, Kerstjens HA, Koeter GH, Dekhuijzen PN, et al. Interpretation of bronchodilator response in patients with obstructive airways disease. The Dutch Chronic Non-Specific Lung Disease (CNSLD) Study Group. *Thorax*. 1992;47:429–36.
59. Calverley PM, Burge PS, Spencer S, Anderson JA, Jones PW. Bronchodilator reversibility testing in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*. 2003;58:659–64.
60. Guyatt GH, Townsend M, Nogradi S, Pugsley SO, Keller JL, Newhouse MT. Acute response to bronchodilator. An imperfect guide for bronchodilator therapy in chronic airflow limitation. *Arch Intern Med*. 1988;148:1949–52.
61. Hanania NA, Sharafkhaneh A, Celli B, Decramer M, Lystig T, Kesten S, et al. Acute bronchodilator responsiveness and health outcomes in COPD patients in the UPLIFT trial. *Respir Res*. 2011;12:6.
62. Mendella LA, Manfreda J, Warren CP, Anthonisen NR. Steroid response in stable chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med*. 1982;96:17–21.
63. Enright PL, Lebowitz MD, Cockcroft DW. Physiologic measures: Pulmonary function tests. Asthma outcome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149:59–18.
64. National Asthma Education Program. Expert panel report–guidelines for diagnosis and management of asthma. NIH. 1991. Publication 91-3042A.
65. Real Decreto 1971/1999 de 23 de diciembre, de reconocimiento, declaración y calificación del grado de minusvalía. Capítulo 4. 1999.
66. Zibrak JD, O'Donnell CR, Marton K. Indications for pulmonary function testing. *Ann Intern Med*. 1990;112:763–71.
67. Lim TK, Ang SM, Rossing TH, Ingenito EP, Ingram Jr RH. The effects of deep inhalation on maximal expiratory flow during intensive treatment of spontaneous asthmatic episodes. *Am Rev Respir Dis*. 1989;140:340–3.
68. Celli BR, Tashkin DP, Rennard SI, McElhattan J, Martin UJ. Bronchodilator responsiveness and onset of effect with budesonide/formoterol pMDI in COPD. *Respir Med*. 2011;105:1176–88.
69. Gross NJ. Ipratropium bromide. *N Engl J Med*. 1988;319:486–94.
70. Burge PS, Harries MG, l'Anson E. Comparison of atropine with ipratropium bromide in patients with reversible airways obstruction unresponsive to salbutamol. *Br J Dis Chest*. 1980;74:259–62.
71. Ruffin RE, Fitzgerald JD, Rebeck AS. A comparison of the bronchodilator activity of Sch 1000 and salbutamol. *J Allergy Clin Immunol*. 1977;59:136–41.
72. Chapman KR. Anticholinergic bronchodilators for adult obstructive airways disease. *Am J Med*. 1991;91:135–65.
73. COMBIVENT Inhalation Aerosol Study Group. In chronic obstructive pulmonary disease, a combination of ipratropium and albuterol is more effective than either agent alone. An 85-day multicenter trial. *Chest*. 1994;105:1411–9.
74. Gross N, Tashkin D, Miller R, Oren J, Coleman E, Linberg S. Inhalation by nebulization of albuterol-ipratropium combination (Dey combination) is superior to either agent alone in the treatment of chronic obstructive pulmonary disease. Dey Combination Solution Study Group. *Respiration*. 1998;65:354–62.
75. Smith HR, Irvin CG, Cherniack RM. The utility of spirometry in the diagnosis of reversible airways obstruction. *Chest*. 1992;101:1577–81.
76. Eiser NM, Phillips C, Wooler PA. Does the mode of inhalation affect the bronchodilator response in patients with severe COPD? *Respir Med*. 2001;95:476–83.
77. Rodríguez-Carballeira M, Heredia JL, Gomez L, Quintana S, Vinas C. Contribution of ipratropium bromide to the bronchodilator test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Pulm Pharmacol Ther*. 1999;12:43–8.
78. Criteria for the assessment of reversibility in airways obstruction. Report of the Committee on Emphysema American College of Chest, Physicians. *Chest*. 1974; 65:552–3.
79. Eliasson O, Degraff Jr AC. The use of criteria for reversibility and obstruction to define patient groups for bronchodilator trials. Influence of clinical diagnosis, spirometric, and anthropometric variables. *Am Rev Respir Dis*. 1985;132:858–64.
80. Tweeddale PM, Alexander F, McHardy GJ. Short term variability in FEV1 and bronchodilator responsiveness in patients with obstructive ventilatory defects. *Thorax*. 1987;42:487–90.
81. Sourk RL, Nugent KM. Bronchodilator testing: Confidence intervals derived from placebo inhalations. *Am Rev Respir Dis*. 1983;128:153–7.
82. Kainu A, Lindqvist A, Sarna S, Lundback B, Sovijarvi A. FEV1 response to bronchodilation in an adult urban population. *Chest*. 2008;134:387–93.
83. Tashkin DP, Celli B, Decramer M, Liu D, Burkhardt D, Cassino C, et al. Bronchodilator responsiveness in patients with COPD. *Eur Respir J*. 2008;31:742–50.
84. Han MK, Wise R, Mumford J, Sciruba F, Criner GJ, Curtis JL, et al. Prevalence and clinical correlates of broncho-reversibility in severe emphysema. *Eur Respir J*. 2010;35:1048–56.
85. Hughes JA, Tobin MJ, Bellamy D, Hutchison DC. Effects of ipratropium bromide and fenoterol aerosols in pulmonary emphysema. *Thorax*. 1982;37:667–70.
86. Martínez FJ, de Oca MM, Whyte RI, Stetz J, Gay SE, Celli BR. Lung-volume reduction improves dyspnea, dynamic hyperinflation, and respiratory muscle function. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;155:1984–90.
87. O'Donnell DE, Lam M, Webb KA. Measurement of symptoms, lung hyperinflation, and endurance during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158:1557–65.
88. O'Donnell DE, Lam M, Webb KA. Spirometric correlates of improvement in exercise performance after anticholinergic therapy in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;160:542–9.
89. Guía Española para el Manejo del Asma (GEMA). *Arch Bronconeumol*. 2009;45 Suppl 7:2–35.
90. Dekker FW, Schrier AC, Sterk PJ, Dijkman JH. Validity of peak expiratory flow measurement in assessing reversibility of airflow obstruction. *Thorax*. 1992;47:162–6.
91. Pellegrino R, Rodarte JR, Brusasco V. Assessing the reversibility of airway obstruction. *Chest*. 1998;114:1607–12.
92. O'Donnell DE. Assessment of bronchodilator efficacy in symptomatic COPD: Is spirometry useful? *Chest*. 2000;117:425–75.
93. Boggs PB, Bhat KD, Vekovius WA, Debo MS. The clinical significance of volume-adjusted maximal mid-expiratory flow (Iso-volume FEF25–75%) in assessing airway responsiveness to inhaled bronchodilator in asthmatics. *Ann Allergy*. 1982;48:139–42.
94. Berger R, Smith D. Acute postbronchodilator changes in pulmonary function parameters in patients with chronic airways obstruction. *Chest*. 1998;93:541–6.

95. Global Strategy for Asthma Management and Prevention, Global Initiative for Asthma (GINA). 2011 [consultado 10 Feb 2013]. Disponible en: <http://www.ginasthma.org>
96. McCormack MC, Enright PL. Making the diagnosis of asthma. *Respir Care*. 2008;53:583–90.
97. National Clinical Guideline Centre. Chronic obstructive pulmonary disease: Management of chronic obstructive pulmonary disease in adults in primary and secondary care. 2010 [consultado 10 Feb 2013]. Disponible en: <http://guidance.nice.org.uk/CG101/Guidance/pdf/English>
98. Soler-Cataluña JJ, Cosío B, Izquierdo JL, López-Campos JL, Marín JM, Agüero R, et al. Documento de consenso sobre el fenotipo mixto EPOC/asma. *Arch Bronconeumol*. 2012;48:331–7.
99. Tashkin D, Kesten S. Long-term treatment benefits with tiotropium in COPD patients with and without short-term bronchodilator responses. *Chest*. 2003;123:1441–9.
100. Vestbo J, Edwards LD, Scanlon PD, Yates JC, Agustí A, Bakke P, et al. Changes in forced expiratory volume in 1 second overtime in COPD. *N Engl J Med*. 2011;365:1184–92.
101. Boushey H, Enright P, Samet J. Spirometry for chronic obstructive pulmonary disease case finding in primary care? *Am J Respir Crit Care Med*. 2005;172:1481–2.
102. Hueto J, Cebollero P, Pascal I, Cascante JA, Eguía VM, Teruel F, et al. La espirometría en atención primaria en Navarra. *Arch Bronconeumol*. 2006;42:326–31.
103. Johns DP, Burton D, Walters JA, Wood-Baker R. National survey of spirometer ownership and usage in general practice in Australia. *Respirology*. 2006;11:292–8.
104. White P. Should we use spirometry in the early detection of COPD? *Eur Respir J*. 2005;26:558–9.
105. Enright P. Does screening for COPD by primary care physicians have the potential to cause more harm than good? *Chest*. 2006;129:833–5.
106. Han MK, Kim MG, Mardon R, Renner P, Sullivan S, Diette GH, et al. Spirometry utilization for COPD: How do we measure up? *Chest*. 2007;132:403–9.
107. Liistro G, Vanwelde C, Vincken W, Vandevoorde J, Verleden G, Buffels J. Technical and functional assessment of 10 office spirometers: A multicenter comparative study. *Chest*. 2006;130:657–65.
108. Derom E, van Weel C, Liistro G, Buffels J, Schermer T, Lammerse E, et al. Primary care spirometry. *Eur Respir J*. 2008;31:197–203.
109. Petty TL. Simple office spirometry. *Clin Chest Med*. 2001;22:845–59.
110. Swanney MP, Jensen RL, Crichton DA, Beckert LE, Cardno LA, Crapo RO. FEV<sub>6</sub> is an acceptable surrogate for FVC in the spirometric diagnosis of airway obstruction and restriction. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162:917–9.
111. Eaton T, Withy S, Garrett JE, Mercer J, Whitlock RM, Rea HH. Spirometry in primary care practice: The importance of quality assurance and the impact of spirometry workshops. *Chest*. 1999;116:416–23.
112. Levy ML, Quanjer PhH, Booker R, Cooper BG, Holmes S, Small I. Diagnostic spirometry in primary care: Proposed standards for general practice compliant with American Thoracic Society and European Respiratory Society recommendations. *Prim Care Respir J*. 2009;18:130–47.
113. Wanger J, Irvin CG. Office spirometry: Equipment selection and training of staff in the private practice setting. *J Asthma*. 1997;34:93–104.
114. Gardner RM, Crapo RO, Jackson BR, Jensen RL. Evaluation of accuracy and reproducibility of peak flow meters at 1.400 meters. *Chest*. 1992;101:948–52.
115. Fritha P, Crockettb A, Beilbyc J, Marshalld D, Attewelle R, Ratnanesanf A, et al. Simplified COPD screening: Validation of the PiKo-6® in primary care. *Prim Care Respir J*. 2011;20:190–8.
116. Dolin RH, Alschuler L, Boyer S, Beebe C, Behlen F, Biron PV, et al. HL7 Clinical Document Architecture, Release 2. *J Am Med Inform Assoc*. 2006;13:30–9.
117. Salas R, Rubies C, Gallego C, Muñoz P, Burgos F, Escarrabill J. Requerimientos técnicos de los espirómetros en la estrategia para garantizar el acceso a una espirometría de calidad. *Arch Bronconeumol*. 2011;47:466–9.
118. Lum EH, Gross TJ. Telemedical education: Teaching spirometry on the internet. *Am J Physiol*. 1999;276:S55–61.
119. Bellia V, Pistelli R, Catalano F, Antonelli-Incalzi R, Grassi V, Melillo G, et al. Quality control of spirometry in the elderly. The SARA study. *Salute Respiration nell' Anziano*. *Respiratory Health in the Elderly*. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161:1094–100.
120. Bonavia M, Averame G, Canonica W, Cricelli C, Fogliani V, Grassi C, et al. The Italian «Alliance» study. *Respir Med*. 2009;103:866–72.
121. Masa JF, González MT, Pereira R, Mota M, Riesco JA. On-line spirometry. Validity of spirometry performed online. *Eur Respir J*. 2011;37:911–8.
122. Burgos F, Disdier C, Lopez de Santamaria E, Galdiz JB, Roger N, Rivera ML, et al. Telemedicine enhances quality of forced spirometry in primary care. *Eur Respir J*. 2012;39:1313–8.