



# Ideap

**Técnica e Interpretación de  
Espirometría en Atención Primaria**  
Programa de Formación

**Juan Enrique Cimas Hernando**  
*Médico de Familia*  
*Centro de Salud de Contrueces. Gijón. Asturias*

**Javier Pérez Fernández**  
*Médico de Familia*  
*Centro de Salud de La Calzada. Gijón. Asturias*

# 3.1

## **Mantenimiento del espirómetro**

- 17. Mantenimiento y calibración del espirómetro**
- 18. Limpieza y desinfección del espirómetro**
- 19. Material desechable en espirometría**

# 17

## Mantenimiento y calibración del espirómetro

### MANTENIMIENTO DEL ESPIRÓMETRO

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

Es recomendable que las personas que se dediquen a esta tarea tengan instrucciones concretas de qué tipo de procedimientos deben seguir. En primer lugar es conveniente que en la sala donde se realiza la prueba se disponga del manual de funcionamiento del espirómetro que se está usando; esto permite consultar y resolver dudas propias del funcionamiento, que vendrán resueltas en las instrucciones del fabricante, así como determinar las actuaciones recomendadas por el mismo para su mantenimiento.

Además, es importante que se disponga de una *libreta de mantenimiento* diseñada por los usuarios del espirómetro, donde se realicen anotaciones (con fechas) sobre cualquier incidencia con el espirómetro y las acciones llevadas a cabo relacionadas con cada incidencia.

La libreta de mantenimiento debería incluir, al menos, los siguientes aspectos:

- Instrucciones técnicas sobre cómo realizar cada una de las maniobras.

- Registro de la técnica de calibración y de las fechas en que se ha realizado.
- Registro de las operaciones de limpieza y desinfección del aparato.
- Incidencias sobre la aparición de errores o deficiencias en su funcionamiento.
- Definir la periodicidad, con fechas, de mantenimiento del aparato.

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

### CALIBRACIÓN

El control de calidad de los equipos y la calibración de los espirómetros son aspectos esenciales para asegurar la validez de las medidas obtenidas.

Para calibrar el sistema es necesario aplicar de forma externa volúmenes o flujos conocidos mediante sistemas mecánicos y comprobar la exactitud de su medición con el espirómetro. Para ello se utilizan dos tipos de sistemas: para comprobar el volumen se usan jeringas con varios litros de capacidad, y para comprobar la



- Las personas encargadas del mantenimiento deben estar perfectamente identificadas.
- Debe llevarse un registro de las incidencias en la libreta de mantenimiento.

exactitud de la medición de los flujos se usan los generadores de flujo.

Tanto la ATS como la SEPAR recomiendan calibrar diariamente, en el caso de los neumotacómetros, mediante una jeringa que debe contener al menos un volumen de 3 litros, mientras que para los espirómetros volumétricos se debe hacer semanalmente (figs. 1 y 2).

En Atención Primaria tal vez la frecuencia de calibración pueda ser algo más espaciada, dado que la utilización del espirómetro es menos intensiva que en los servicios de función pulmonar. Puede ser suficiente una calibración semanal, siempre que no varíen las condiciones del lugar donde está situado el espirómetro. De todas formas, lo ideal es la calibración diaria.

En cada espirómetro se deben seguir las indicaciones que suministra el fabricante, pero básicamente se trata de introducir el volumen de la jeringa a través de la boquilla del sistema, y comprobar que la medida que ofrece el espi-

rómetro se corresponde con el volumen efectivamente introducido (fig. 3).

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

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

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

## i

### Linealidad

La medición de un volumen a distintos flujos siempre debe dar la misma medida de volumen.



Fig. 1. Jeringa de calibración de tres litros. Este modelo concreto lleva un pistón graduado con un tope que permite variar el volumen introducido.



Fig. 2. Jeringa de calibración de un litro.

Para la comprobación de los flujos el mejor sistema es el llamado *descompresor explosivo* (fig. 4). Se trata de una cámara con un volumen de 4-5 litros, presurizada a una atmósfera y que permite liberar de forma brusca un volumen idéntico al de la cámara; de esta forma se simula la espiración forzada de una persona. Pueden simularse diversos grados de obstrucción colocando unos diafragmas con orificios de distintos diámetros en la salida del sistema. El descompresor explosivo permite comprobar tanto los flujos como los volúmenes.

Si no se dispone del descompresor explosivo, puede utilizarse para hacer la comprobación a "individuos control", que son personas conocidas que colaboren bien, realicen una espirometría correcta y con poca variabilidad. Así pueden compararse las mediciones obtenidas de estos sujetos en diferentes momentos, y valorar la exactitud de las medidas de flujo. Se trata de un sistema bastante grosero, por lo que sólo debe utilizarse si no hay otras alternativas.

Si el espirómetro usado es un sistema automático, el cálculo del tiempo lo realiza el sistema de forma muy exacta, pero si se usan espirómetros con temporizador o cronómetro, es necesario también comprobar su funcionamiento mediante un cronómetro manual, aunque esto suponga una medida algo grosera. Se considera aceptable si no hay una diferencia mayor del 2% en el tiempo.

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

Debemos señalar que algunos fabricantes afirman que su espirómetro "no requiere calibración"; esto sucede generalmente con los espirómetros de turbina. A pesar de esa advertencia, debe comprobarse regularmente el funcionamiento del aparato mediante una calibración, para evitar que posibles errores del sistema nos lleven a realizar interpretaciones incorrectas.



- La calibración regular del espirómetro es imprescindible para asegurar la calidad de la lectura de los valores obtenidos.
- Debe anotarse siempre la fecha de la última calibración.



Fig. 3. Maniobra de calibración de un neumotacógrafo.



Fig. 4. Descompresor explosivo.

## Limpieza y desinfección del espirómetro

Durante la realización de la espirometría se ponen en contacto varias partes del sistema con el sujeto que la ejecuta; esto hace posible que puedan depositarse gérmenes en las diferentes piezas del espirómetro. La espirometría es una práctica muy segura, y es muy raro que se comuniquen contagios de enfermedades tras su realización; no obstante, es importante evitar riesgos potenciales mediante un lavado cuidadoso y posterior desinfección de cada una de las partes expuestas a secreciones o en contacto con el paciente.

Previamente a la realización de la prueba, el médico debe valorar a cada paciente y determinar si es sospechoso de padecer alguna infección respiratoria, en cuyo caso se debe evitar la realización de la prueba. En caso de ser estrictamente necesaria, puede realizarse al final de la jornada, limpiando y desinfectando el sistema inmediatamente después, evitando que lo use ningún otro paciente.

Si se trata de pacientes con sospecha de tuberculosis activa, previamente se comprobará que tienen baciloscopia negativa en el esputo.

Si se tratase de pacientes con historia de hepatitis reciente, se esterilizará el equipo tras su utilización.

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

### CONCEPTOS SOBRE DESINFECCIÓN Y ESTERILIZACIÓN

Para tratar de estandarizar los procedimientos de desinfección, Earle H. Spaulding propuso en 1961 una clasificación de los distintos dispositivos médicos en función del riesgo de infección que presentan (tabla I), y los dividió en tres categorías: *dispositivos críticos*, *semicríticos* y *no críticos*.

Aprovechando los niveles de desinfección de Spaulding, se han propuesto los mismos niveles en función de los microorganismos implicados (tabla II).

De acuerdo con la clasificación de Spaulding, determinadas partes del espirómetro serían dispositivos semicríticos, ya que están en contacto con mucosas, y requieren una desinfección de alto nivel, mientras que otras partes son no críticas, y bastaría con una baja desinfección.

### LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE LAS DISTINTAS PARTES DEL ESPIRÓMETRO

#### Boquillas (fig. 1)

Se trata de un dispositivo semicrítico. En general es recomendable la utilización de boquillas desechables de un solo uso para cada paciente.

También se pueden usar boquillas reutilizables (aunque no son recomendables); en este caso se deben lavar, cada vez que se usen, con agua y detergente y esterilizarlas o bien

**i****Limpieza**

Eliminación de todo material extraño (tierra, polvo, materia orgánica...) de los objetos. Se realiza normalmente con agua a chorro, acción mecánica (cepillado) y detergentes. Debe preceder siempre a los procesos de desinfección y esterilización.

**Asepsia**

Ausencia de microorganismos que causan enfermedad; libre de microorganismos. La técnica aséptica se refiere al conjunto de medidas destinadas a disminuir la contaminación microbiológica de pacientes y equipos.

**Antisepsia (antiséptico)**

Utilización de sustancias químicas para inhibir o destruir microorganismos en piel o tejidos. No debe usarse en objetos inanimados.

**Desinfección**

Es el proceso que permite destruir la mayoría (o todos) los microorganismos patógenos en objetos inanimados, con excepción de las esporas bacterianas. Se realiza generalmente mediante productos químicos líquidos. Los niveles de desinfección se exponen en la tabla II.

**Esterilización**

Es la completa eliminación o destrucción de todas las formas de vida microbiana, incluyendo esporas. Se consigue por medio de procedimientos físicos, químicos o gaseosos.



Fig. 1. Boquillas desechables.

desinfectarlas con glutaraldehído al 2% durante 20 minutos (alta desinfección).

**Tubos y conexiones (fig. 2)**

Dispositivos no críticos.

Se recomienda la limpieza de cada una de estas piezas con agua y detergente al menos una vez por semana. Es recomendable, si se han hecho varias espirometrías, dejar desmontadas estas partes al final de la

**TABLA I**  
**Clasificación de Spaulding**

Contacto con...	Tipo de dispositivo	Características	Requerimientos de desinfección
Cavidades estériles	Crítico	Dispositivos en contacto con cavidades estériles. Presentan alto riesgo de infección si están contaminados por cualquier microorganismo. Ejemplo: material quirúrgico, catéteres, agujas...	Esterilización
Membranas mucosas o piel no intacta	Semicrítico	Dispositivos que entran en contacto con membranas mucosas o piel no intacta. Deben estar libres de cualquier microorganismo, salvo esporas. Ejemplo: endoscopios, boquillas...	Alto nivel de desinfección
Piel intacta	No crítico	Dispositivos que entran en contacto con la piel intacta, pero no con mucosas. Ejemplo: cuñas, electrodos de ECG, fonendoscopios...	Bajo nivel de desinfección

jornada para que se elimine el vapor de agua acumulado.

#### **Pinzas nasales (fig. 3 del cap. 7)**

Dispositivo no crítico.

Sería recomendable colocar una gasa o un trozo de papel entre la almohadilla y la piel y de forma periódica proceder a su lavado con agua y detergente.

#### **Filtros antibacterianos (fig. 8 del cap. 7)**

Dispositivo no crítico.

Su función es la de evitar tanto la aspiración de secreciones y agua condensada en el sistema como el depósito de gérmenes.



*Fig. 2. Tubo de un espirómetro de fuelle.*

Es recomendable, si se utilizan filtros, que éstos sean desechables.

En la normativa SEPAR sobre el control microbiológico en los equipos de función respiratoria, el uso de filtros antibacterianos y

**TABLA II**  
**Niveles de desinfección**

Nivel	Microorganismos a destruir	Procedimiento
Esterilización	· Todos, incluyendo esporas.	· Rayos gamma. · Óxido de etileno. · Glutaraldehído al 2% durante más de 10 horas.
Desinfección de alto nivel	· Todos, excepto esporas.	· Glutaraldehído al 2% durante 20 o 30 minutos.
Desinfección de nivel intermedio	· Bacilo de la tuberculosis. · Pequeños virus y virus no lipídicos (Coxsackie, hepatitis A, polio, rinovirus).	· Hipoclorito sódico.
Desinfección de bajo nivel	· Hongos. · Bacterias Gram + y Gram – (Pseudomonas, Salmonella, Estafilococo...). · Virus medianos y virus lipídicos (citomegalovirus, hantavirus, herpes simple, hepatitis B, VIH, virus respiratorio sincitial...).	· Etil. · Alcohol al 70%. · Cloruro de benzalconio.



Fig. 3. Neumotacógrafo completamente desmontado para la limpieza de sus partes. La pieza del centro es el cabezal de tipo Fleisch.

antivíricos no se considera obligado, dada la ausencia de evidencias claras de transmisión de enfermedades durante la realización de la prueba. A pesar de ello, son recomendables, sobre todo en caso de que se vaya a realizar la maniobra inspiratoria.

La normativa de la ATS recomienda que si la espirometría se realiza con los filtros instalados, es necesario que la calibración previa se haya realizado también con ellos colocados, para así evitar errores en la medida de la función pulmonar.

Tanto si se colocan los filtros como si se ejecuta la prueba sin ellos, es necesario llevar a cabo la limpieza del sistema y tomar las precauciones descritas en este capítulo para prevenir la transmisión de enfermedades.

### Cabezal de flujo del espirómetro

En los neumotacógrafos no se produce condensación de agua en la rejilla, dado que la mayor parte de los aparatos llevan el cabezal termostatzado para evitarlo, y además son sistemas abiertos; este hecho hace muy difícil el crecimiento bacteriano. Por el contrario, el problema en los espirómetros volumétricos es que es frecuente la condensación, por lo que deben dejarse desmontadas las tubuladuras para facilitar la evaporación y secado.

La pieza que se debe manipular con cuidado para su limpieza es el cabezal de flujo, tanto si se trata de un neumotacógrafo como si se trata de un cabezal de turbina o de otro tipo. Aunque no están en contacto directo con las mucosas, por lo que son dispositivos no críticos, sí están en relación muy cercana con ellas, por lo que pueden recibir y transmitir gérmenes, especialmente si no se usa filtro antibacteriano. De esta manera, pueden considerarse dispositivos semicríticos, que requieren una alta desinfección, especialmente si se realiza la maniobra inspiratoria.

Para el cabezal del neumotacógrafo o del espirómetro de turbina se recomienda una limpieza con agua y jabón enzimático (p. ej., Cidezime®), manteniéndolo en remojo en esa solución durante 10 minutos para desincrustar la suciedad. Posteriormente se debe aclarar con agua destilada, para evitar el depósito de sales en el cabezal. Después se deja secar por sí solo al aire, o se puede acelerar el secado usando un secador eléctrico normal.

En caso de desear desinfectarlo, tras sacarlo del jabón enzimático y aclararlo, lo introducimos en una solución de glutaraldehído al 2% (p. ej., Cidex®) en inmersión durante 20 minutos. Posteriormente se saca, se aclara con agua abundante (mejor, destilada) y se deja secar por sí solo. De esta manera obtenemos una alta desinfección; si quisiéramos una esterilización, deberíamos dejar el cabezal sumergido en glutaraldehído al 2% al menos 10 horas, y aclararlo con agua estéril. Algunos fabricantes permiten esterilizar estas piezas en autoclave (consultar el manual de cada aparato).

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

En general, bastaría hacer regularmente una limpieza del cabezal, dependiendo del uso que se le dé al aparato. En Atención Primaria, si el uso es intenso, se debe desmontar y limpiar semanalmente (figs. 3 y 4), y si el uso es menor, bastaría con hacerlo cada dos o tres semanas. En cuanto a la



Fig. 4. Espirómetro de turbina con el cabezal desmontado para su limpieza.

## IV

### Mantenimiento del espirómetro

desinfección, en caso de ser necesaria, no se ha establecido con qué frecuencia debe realizarse, aunque lo más cómodo posible fuese hacerlo a la vez que se limpia el cabezal.

Siempre que se sospeche de una posible contaminación, debe procederse al desmontaje y desinfección del cabezal.

Recientemente se han comercializado cabezales desechables de neumotacógrafo (fig. 5), que evitan tener que limpiarlos o desinfectarlos.

#### Parte externa del espirómetro

El espirómetro se mantendrá limpio externamente mediante la aplicación de paños húmedos y jabones. Para realizar una desinfección externa se puede usar un trapo empapado en alcohol al 70%.



Fig. 5. Cabezal desechable de neumotacógrafo.



Debe procederse a la limpieza regular de las distintas partes del espirómetro, aplicando procedimientos de desinfección cuando sea necesario.

Determinadas partes y accesorios del espirómetro están más expuestas que otras a contaminarse o ensuciarse. Ello ha llevado a que se fabriquen esos dispositivos en material desechable, para ser cambiados en cada uso.

### PINZAS NASALES

Si bien las pinzas propiamente dichas no son desechables, sí lo son las almohadillas de los extremos de sus brazos, que suelen ser de goma (ver fig. 3 del cap. 7). En teoría, deberían cambiarse y lavarse con cada paciente, pero como se trata de dispositivos de muy bajo riesgo de infección, bastará con intercalar entre la almohadilla y la piel un poco de gasa o un trozo de papel. La pinza de plástico debe cambiarse cuando haya perdido fuerza y la oclusión nasal no sea completa.

### BOQUILLAS

Las boquillas desechables de cartón rígido son uno de los elementos imprescindibles para la práctica de la espirometría (ver fig. 1 del cap. 18). Deben cambiarse con cada paciente, y son baratas.

Debe tenerse cuidado al comprarlas, pues existen dos medidas: unas con diámetro externo de 28 mm y otras con diámetro externo de 30 mm. Se debe comprobar cuál de los dos tipos encaja perfectamente en el cabezal de nuestro espirómetro, o en el filtro bacteriano, si es que lo utilizamos. En caso de duda, escoger las de 28 mm, pues siempre se podrán adap-

tar forrando un extremo con esparadrapo de papel hasta que ajuste en el orificio más ancho, mientras que las de 30 mm no se podrán introducir en un orificio más estrecho.

Existe igualmente un tamaño más estrecho para su uso en niños, que requiere un adaptador para el cabezal, generalmente suministrado por el fabricante del espirómetro.

Otro tipo de boquillas, de reciente introducción, poseen en el extremo que se introduce el paciente en la boca una sencilla válvula unidireccional de acetato, que permite la espiración del aire del paciente hacia el espirómetro, pero no la inspiración desde el espirómetro hacia el paciente. Son un poco más caras que las normales, y no permiten, lógicamente, realizar la maniobra inspiratoria (fig. 1).

### FILTROS BACTERIANOS Y VÍRICOS (FBV)

Se trata de dispositivos que se colocan entre el cabezal del espirómetro y la boquilla, y cuya función es retener las secreciones y filtrar las bacterias y los virus, así como evitar el paso de saliva o del líquido de condensación. Los más modernos tienen una efectividad de más del 99,9% para filtrar bacterias y virus.

Para que puedan ser aceptables, los FBV deben tener una baja resistencia al flujo, menor de 1,5 cm de H<sub>2</sub>O/l/s. Cumpliendo estas condiciones, la diferencia de medidas usando o no el filtro es clínicamente despreciable. Sí es importante que, en caso de que se vaya a usar FBV, la calibración se realice con él colocado.

Existen dos tipos de filtros: semidesechables y desechables:

- *Semidesechables*: se trata de una carcasa de plástico, con forma de disco, que consta de dos piezas unidas por medio de una rosca, y en cuyo interior se encuentra el filtro intercambiable, que suele ser de metal prensado, similar a un estropajo de alambre prensado (fig. 2). Esta pieza de metal es la que se desecha cuando ya está sucia, cambiándose por otra dentro de la misma carcasa. La aparición de los filtros desechables ha hecho que los semidesechables prácticamente no se utilicen ya.
- *Desechables* (fig. 3): similares al anterior, pero contruidos en plástico que no se puede abrir. Tienen un filtro en su interior

de material poroso (generalmente derivado de la celulosa) que posee características de filtro mecánico y electrostático, manteniendo una baja resistencia al flujo.

La utilización de filtros desechables con cada paciente permitiría no tener que usar la boquilla; sin embargo, los filtros tienen un precio bastante más elevado que las boquillas. Por ello, y dado el bajo riesgo de la maniobra de espiración forzada, se puede usar el mismo filtro para varios pacientes, junto con una boquilla para cada uno. Si se va a hacer la maniobra de inspiración, o el paciente presenta riesgo de infectividad, debe utilizarse un filtro para él y luego desecharse.



Fig. 1. Boquillas desechables con válvula unidireccional (SafeTway®).



Fig. 2. Filtro semidesechable desmontado.



Fig. 3. Filtros desechables.

Todos los filtros tienen dos extremos de conexión: uno para el paciente (para la boquilla o directamente la boca) y otro para el espirómetro. Al igual que en el caso de las boquillas, debe comprobarse que el diámetro de la conexión encaja en nuestro espirómetro. De no ser así, habría que utilizar un adaptador (se trata de un pequeño anillo de plástico). Algunos FBV tienen el extremo de conexión al espirómetro de forma cónica, por lo que se adaptan a cualquier diámetro.

#### **NEUMOTACÓGRAFO DESECHABLE**

Se trata de un cabezal de espirómetro, en concreto de un neumotacógrafo de tipo Lilly

(ver capítulo 2), en el que se ha sustituido la carcasa metálica por una de plástico, y la malla metálica por otra de material desechable (ver fig. 5 del cap. 18).

#### **ADAPTADORES PARA PIEZAS DE CONEXIÓN**

Debido a que no todos los fabricantes hacen con el mismo diámetro sus piezas de conexión, existen en el mercado multitud de adaptadores, que no son sino piezas de plástico con un extremo de un diámetro y otro extremo de otro diámetro diferente.

# 3.2

## Anexos

1. Fase inspiratoria de la espirometría
2. Utilidad del asa de flujo/volumen
3. Valores espirométricos de referencia
4. Requisitos que debe cumplir un espirómetro para Atención Primaria
5. Breve historia de la espirometría



## Anexo 1

# Fase inspiratoria de la espirometría

Durante la espirometría simple, el paciente realiza el ciclo completo de la ventilación, es decir, inspiración y espiración. De esta forma, se registran ambas fases en la gráfica.

De la misma manera, podemos registrar en la espirometría forzada, a continuación de la fase espiratoria, una inspiración forzada.

La representación gráfica de espirometría forzada sólo se hace mediante la curva de flujo/volumen, ya que en la de volumen/tiempo sólo alcanza a verse una caída casi vertical desde la FVC.

De esta forma obtenemos por debajo de la gráfica de flujo/volumen de la espiración una curva, generalmente semicircular, y que acaba donde comienza la curva espiratoria. A esta figura cerrada se la denomina *asa de flujo-volumen* (fig. 1).

Recordemos que la capacidad vital de una persona puede registrarse de tres maneras (fig. 2):

- Mediante una inspiración lenta, partiendo desde el volumen residual hasta la máxima capacidad pulmonar. Es la capacidad vital inspiratoria (IVC).
- Partiendo desde la capacidad pulmonar máxima hasta el volumen residual, de

forma lenta. Es la capacidad vital lenta (SVC) o, simplemente, capacidad vital (VC).

- Igual que la anterior, pero de manera forzada y no lenta. Se trata de la capacidad vital forzada (FVC).

En condiciones normales, las tres son similares, si bien suele ser algo mayor la FVC que la IVC, y ésta, a su vez, mayor que la SVC.

Sin embargo, en obstrucciones de cierta gravedad, la IVC será más de un 10% mayor que la FVC, debido a que durante la espiración forzada se produce atrapamiento aéreo por la compresión dinámica de las vías aéreas, situación que no se produce durante la inspiración. Cuando la IVC es mayor en más de 1.000 ml, suele haber evidencia radiológica de enfisema (fig. 3).

En los espirómetros modernos bidireccionales podemos realizar una espirometría simple; es lo que se denomina *espirometría de circuito cerrado (CCS)*. En este tipo de espirómetros se puede registrar la CCS como la clásica curva de volumen/tiempo (similar a la de un espirómetro de agua), o bien como un asa de flujo/volumen.

### i

Para obtener la fase inspiratoria, debe explicarse al paciente, antes de comenzar la prueba, que cuando finalice de soplar y ya no pueda más, coja todo el aire que pueda lo más rápido y profundo que le sea posible, *sin sacarse la boquilla de la boca*. Esta maniobra suele durar uno o dos segundos.

En este último caso, se obtiene un gráfico similar al de la figura 4. El paciente respira normalmente, lo que hace que aparezcan flujos pequeños de forma ovalada (inspiración – espiración); es el *volumen tidal*. Si partiendo desde una espiración normal el paciente coge todo el aire que puede, se obtiene la *capacidad inspiratoria (IC)*. Una vez alcanzada la máxima inspiración posible, el paciente realiza la maniobra

de espiración forzada, seguida de una inspiración máxima. Se cierra de esta manera el asa de flujo/volumen, y se obtiene la *capacidad vital inspiratoria forzada (FIVC)*, que es muy similar a la IVC.

### PARÁMETROS QUE SE ESTUDIAN EN LA FASE INSPIRATORIA

Además de los volúmenes ya reseñados (IVC e IC), el estudio de la rama inspiratoria del asa de flujo/volumen considera otros volúmenes y determinados puntos de flujo instantáneo (fig. 5), de forma similar a lo que ocurre en la rama espiratoria. Los más importantes son:

- *Flujo inspiratorio forzado al 50% de la IVC (FIF 50%)*: es el flujo que se alcanza cuando se llega al 50% de la IVC. Normalmente está muy próximo al PIF.
- *Flujo inspiratorio máximo (PIF)*: es el flujo máximo que se alcanza durante la inspiración, y viene determinado por el punto más bajo del trazado inspiratorio en el asa de flujo/volumen.
- *Volumen inspiratorio forzado en el primer segundo (FIV<sub>1</sub>)*: es el volumen de aire inspirado en el primer segundo de la maniobra de inspiración forzada.
- *Capacidad vital inspiratoria forzada (FIVC)*: es el máximo volumen que se puede inspirar en una inspiración forzada, partiendo desde el volumen residual (exhalación

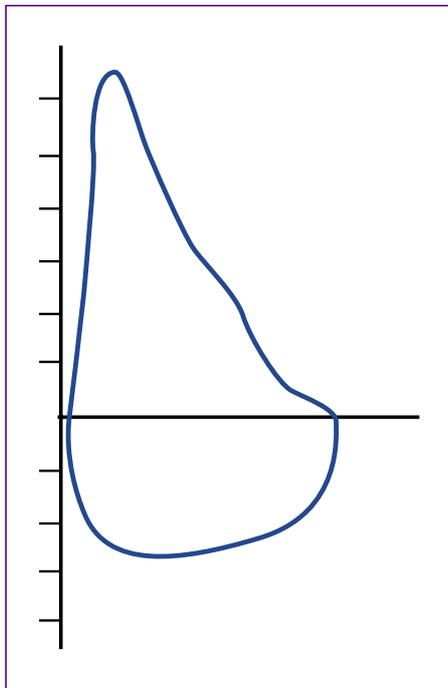


Fig. 1. Asa de flujo/volumen.

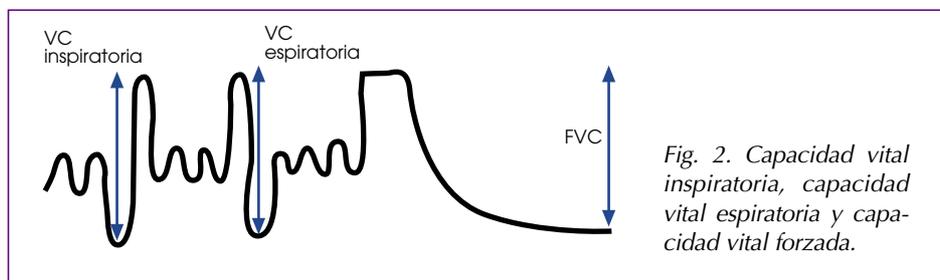


Fig. 2. Capacidad vital inspiratoria, capacidad vital espiratoria y capacidad vital forzada.

completa) hasta la máxima capacidad pulmonar.

### UTILIDAD DE LA FASE INSPIRATORIA

Los pacientes con obstrucción moderada grave tienen una capacidad residual funcional (FRC) elevada, ya que se trata de esta manera de aumentar la presión de retracción elástica ( $P_{st}$ ) para mantener flujos adecuados. En consecuencia, al aumentar la FRC y mantenerse el volumen tidal (TV), se reduce la capacidad inspiratoria (IC) (fig. 6).

Cuando el paciente hace un esfuerzo, se incrementa la demanda ventilatoria (aumenta la frecuencia respiratoria) y, en consecuencia, se reduce el tiempo de espiración, lo que hace que

aumente la cantidad de aire que el paciente no puede exhalar; aumenta, pues, el atrapamiento aéreo y se desarrolla la hiperinsuflación dinámica. Esta circunstancia hace que ese aire atrapado limite la capacidad efectiva de los pulmones, y como consecuencia se produce una restricción funcional. Para tratar de mantener la respiración, se aumenta aún más la frecuencia respiratoria, reduciéndose aún más el tiempo espiratorio y aumentando así la hiperinsuflación.

El parámetro que mejor indica el límite para la expansión de volumen durante el ejercicio es la IC. Una IC reducida en un paciente con EPOC sugiere la existencia de hiperinsuflación dinámica, que agrava la disnea y limita la capacidad de ejercicio.

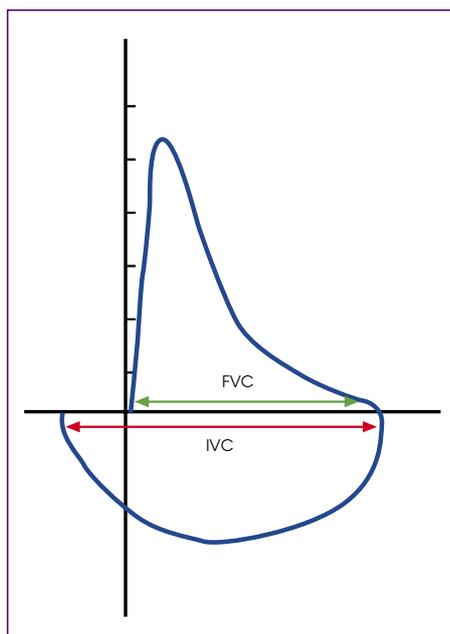


Fig. 3. Capacidad vital inspiratoria mayor que la capacidad vital forzada.

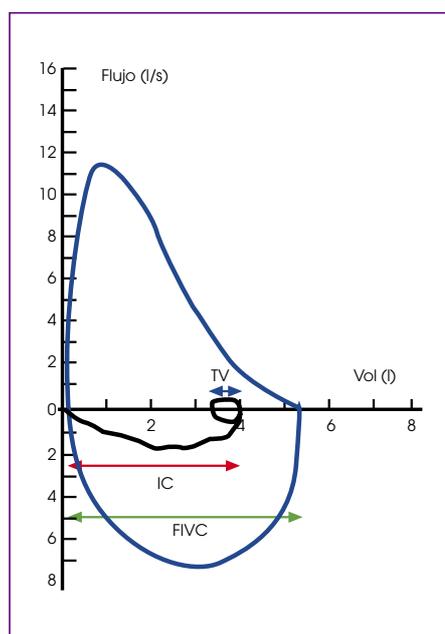


Fig. 4. Forma de calcular el volumen tidal (TV), la capacidad inspiratoria (IC) y la capacidad vital inspiratoria forzada en una espirometría de circuito cerrado (CCS) de flujo/volumen.

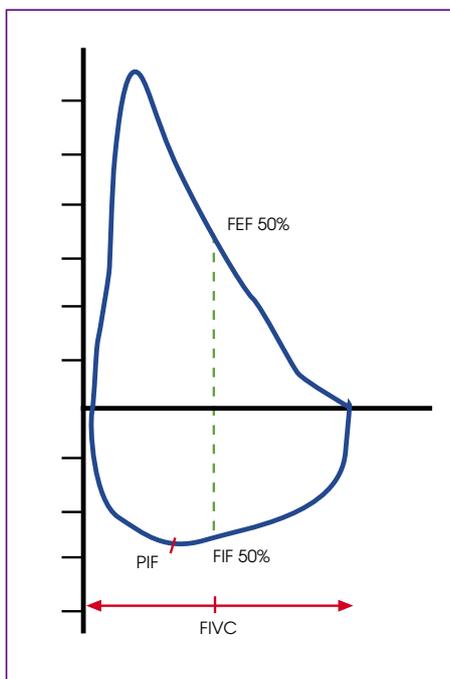


Fig. 5. Flujos instantáneos en la inspiración forzada.

La IC es, pues, el parámetro de elección para valorar el atrapamiento aéreo, y ha demostrado una buena relación con la capacidad de ejercicio y con el grado de disnea en estos pacientes (mucho más que el  $FEV_1$ ). También es el parámetro de elección para valo-

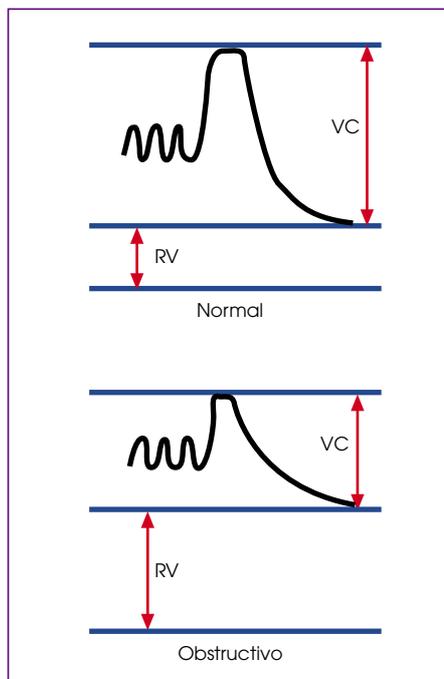


Fig. 6. Aumento del volumen residual por hiperinsuflación en la obstrucción grave.

rar la respuesta al tratamiento en cuanto a la disnea y la capacidad de ejercicio.

Estudios recientes indican que el  $FIV_1$  podría ser mejor predictor que la IC en cuanto a la respuesta al tratamiento de la disnea.



La capacidad inspiratoria (IC) es el parámetro de elección en obstrucción moderada-grave para:

- Valorar el grado de hiperinsuflación.
- Valorar el grado de tolerancia al ejercicio.
- Valorar el grado de disnea.
- Valorar la respuesta al tratamiento broncodilatador en cuanto a la disnea y la capacidad de ejercicio.



## Anexo 2

# Utilidad del asa de flujo/volumen de flujo/volumen

La valoración del asa de flujo/volumen se utiliza fundamentalmente para estudiar la posible existencia de una obstrucción de vías aéreas altas, intra o extratorácica.

Las vías aéreas altas (tráquea y bronquios) pueden obstruirse, sin que repercuta en el FEV<sub>1</sub>, hasta que el orificio sea menor de 6 mm de diámetro. Sin embargo, antes de esa circunstancia, la morfología del asa de flujo/volumen puede darnos alguna pista.

Existen tres tipos de obstrucción de vías altas: *variable intratorácica*, *variable extratorácica* y *fija* (fig. 1).

La etiología de la obstrucción puede ser múltiple (tumores intra y extraluminales, cicatrices, procesos inflamatorios...), siendo variable o no en función de la colapsabilidad en respuesta a las presiones pulmonares. Si la estructura de la lesión es lo suficientemente rígida como para no verse afectada por dichas presiones, la obstrucción será fija.

### OBSTRUCCIÓN VARIABLE INTRATORÁCICA

Es la estenosis que se produce a partir de 2 cm por debajo del manubrio esternal, comprendiendo la parte inferior de la tráquea o un bronquio principal. El colapso se produce en la espiración forzada por la compresión dinámica de las vías aéreas.

En el asa de flujo/volumen se aprecia un PEF bajo, seguido de una meseta y posteriormente una caída brusca hasta la FVC, siendo la rama inspiratoria normal (fig. 1a).

### OBSTRUCCIÓN VARIABLE EXTRATORÁCICA

Es la obstrucción que se produce por encima del manubrio esternal, pero de carácter variable. Se observa en parálisis de las cuerdas vocales, bocio compresivo o en quemados.

Se aprecia una meseta en la rama inspiratoria (fig. 1b).

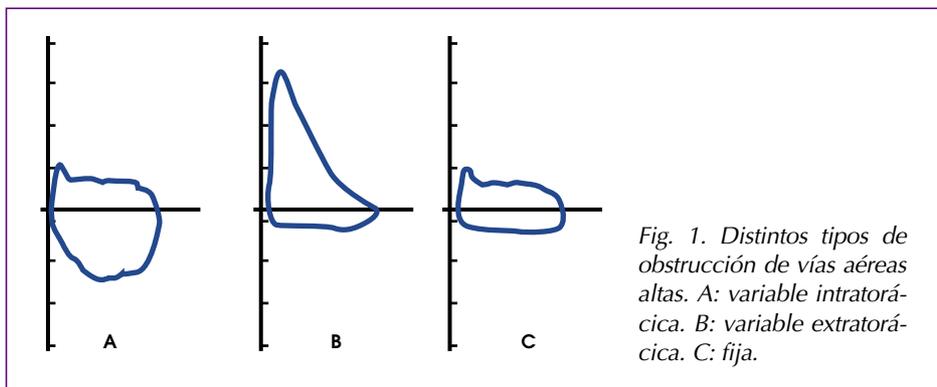


Fig. 1. Distintos tipos de obstrucción de vías aéreas altas. A: *variable intratorácica*. B: *variable extratorácica*. C: *fija*.



## Anexos

---

### **OBSTRUCCIÓN FIJA**

Existe una meseta tanto en la fase espiratoria como en la inspiratoria. Puede

verse este tipo de curva en caso de estenosis postintubación, tumores endotraqueales o estenosis de ambos bronquios principales (fig. 1c).



## Anexo 3

# Valores espirométricos de referencia

**TABLA I**  
**Valores de referencia de la SEPAR**

Variable	Sexo	Ecuación (20-70 años)	R	SEE
FVC	M	0,0678 T - 0,0147 E - 6,05	0,72	0,530
	F	0,0454 T - 0,0211 E - 2,83	0,75	0,403
FEV <sub>1</sub>	M	0,0499 T - 0,0211 E - 3,84	0,75	0,444
	F	0,0317 T - 0,0250 E - 1,23	0,82	0,307
FEF <sub>25%-75%</sub>	M	0,0392 T - 0,0430 E - 1,16	0,55	1,000
	F	0,0230 T - 0,0456 E + 1,11	0,70	0,680
PEF	M	0,0945 T - 0,0209 E - 5,77	0,47	1,470
	F	0,0448 T - 0,0304 E + 0,35	0,47	1,040

M: masculino; F: femenino

R: coeficiente de correlación múltiple; SEE: error típico de la estimación

T: talla (cm); E: edad (años).

**Referencia:** Roca J, Sanchís J, Agustí-Vidal A, Segarra F, Navajas D, Rodríguez-Roisin R *et al.* Spirometric reference values from a Mediterranean population. Bull Eur Physiopathol Resp 1986; 22: 217-224.

**TABLA II**  
**Valores teóricos de la ERS (ECCS) para hombres**

Edad	Altura (cm)	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
18-25	FVC	3,65	3,94	4,23	4,51	4,80	5,09	5,38	5,67	5,95	6,24
25	FEV <sub>1</sub>	3,24	3,45	3,67	3,88	4,10	4,31	4,53	4,74	4,96	5,17
25	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%
25	FEF <sub>25-75%</sub>	4,54	4,63	4,73	4,83	4,92	5,02	5,12	5,21	5,31	5,41
25	PEF	497	516	534	552	571	589	608	626	644	663
26-29	FVC	3,55	3,83	4,12	4,41	4,70	4,99	5,27	5,56	5,85	6,14
29	FEV <sub>1</sub>	3,12	3,33	3,55	3,76	3,98	4,19	4,41	4,62	4,84	5,05
29	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%
29	FEF <sub>25-75%</sub>	4,36	4,46	4,56	4,65	4,75	4,85	4,95	5,04	5,14	5,24
29	PEF	487	505	524	542	560	579	597	616	634	653
29-33	FVC	3,44	3,73	4,02	4,31	4,59	4,88	5,17	5,46	5,75	6,03
33	FEV <sub>1</sub>	3,00	3,22	3,43	3,65	3,86	4,08	4,29	4,51	4,72	4,94
33	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%
33	FEF <sub>25-75%</sub>	4,19	4,29	4,39	4,48	4,58	4,68	4,77	4,87	4,97	5,06
33	PEF	476	495	513	532	550	569	587	605	624	642
34-37	FVC	3,34	3,63	3,91	4,20	4,49	4,78	5,07	5,35	5,64	5,93
37	FEV <sub>1</sub>	2,89	3,10	3,32	3,53	3,75	3,96	4,18	4,39	4,61	4,82
37	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%
37	FEF <sub>25-75%</sub>	4,02	4,12	4,21	4,31	4,41	4,50	4,60	4,70	4,80	4,89
37	PEF	466	485	503	521	540	558	577	595	614	632
38-41	FVC	3,23	3,52	3,81	4,10	4,39	4,67	4,96	5,25	5,54	5,83
41	FEV <sub>1</sub>	2,77	2,99	3,20	3,42	3,63	3,85	4,06	4,28	4,49	4,71
41	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
41	FEF <sub>25-75%</sub>	3,85	3,94	4,04	4,14	4,24	4,33	4,43	4,53	4,62	4,72
41	PEF	456	474	493	511	530	548	566	585	603	622
42-45	FVC	3,13	3,42	3,71	3,99	4,28	4,57	4,86	5,15	5,43	5,72
45	FEV <sub>1</sub>	2,66	2,87	3,09	3,30	3,52	3,73	3,95	4,16	4,38	4,59
45	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%
45	FEF <sub>25-75%</sub>	3,68	3,77	3,87	3,97	4,06	4,16	4,26	4,35	4,45	4,55
45	PEF	446	464	482	501	519	538	556	574	593	611
46-49	FVC	3,03	3,31	3,60	3,89	4,18	4,47	4,75	5,04	5,33	5,62
49	FEV <sub>1</sub>	2,54	2,75	2,97	3,18	3,40	3,61	3,83	4,04	4,26	4,47
49	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%
49	FEF <sub>25-75%</sub>	3,50	3,60	3,70	3,79	3,89	3,99	4,09	4,18	4,28	4,38
49	PEF	435	454	472	490	509	527	546	564	583	601
50-53	FVC	2,92	3,21	3,50	3,79	4,07	4,36	4,65	4,94	5,23	5,51
53	FEV <sub>1</sub>	2,42	2,64	2,85	3,07	3,28	3,50	3,71	3,93	4,14	4,36
53	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%
53	FEF <sub>25-75%</sub>	3,33	3,43	3,53	3,62	3,72	3,82	3,91	4,01	4,11	4,20
53	PEF	425	443	462	480	499	517	535	554	572	591
54-57	FVC	2,82	3,11	3,39	3,68	3,97	4,26	4,55	4,83	5,12	5,41
57	FEV <sub>1</sub>	2,31	2,52	2,74	2,95	3,17	3,38	3,60	3,81	4,03	4,24
57	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%
57	FEF <sub>25-75%</sub>	3,16	3,26	3,35	3,45	3,55	3,64	3,74	3,84	3,94	4,03
57	PEF	415	433	451	470	488	507	525	543	562	580
58-61	FVC	2,71	3,00	3,29	3,58	3,87	4,15	4,44	4,73	5,02	5,31
61	FEV <sub>1</sub>	2,19	2,41	2,62	2,84	3,05	3,27	3,48	3,70	3,91	4,13
61	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%
61	FEF <sub>25-75%</sub>	2,99	3,08	3,18	3,28	3,38	3,47	3,57	3,67	3,76	3,86
61	PEF	404	423	441	459	478	496	515	533	552	570
62-65	FVC	2,61	2,90	3,19	3,47	3,76	4,05	4,34	4,63	4,91	5,20
65	FEV <sub>1</sub>	2,08	2,29	2,51	2,72	2,94	3,15	3,37	3,58	3,80	4,01
65	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%
65	FEF <sub>25-75%</sub>	2,82	2,91	3,01	3,11	3,20	3,30	3,40	3,49	3,59	3,69
65	PEF	394	412	431	449	468	486	504	523	541	560
66-69	FVC	2,51	2,79	3,08	3,37	3,66	3,95	4,23	4,52	4,81	5,10
69	FEV <sub>1</sub>	1,96	2,17	2,39	2,60	2,82	3,03	3,25	3,46	3,68	3,89
69	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
69	FEF <sub>25-75%</sub>	2,64	2,74	2,84	2,93	3,03	3,13	3,23	3,32	3,42	3,52
69	PEF	384	402	420	439	457	476	494	513	531	549

Referencia: Standardised Lung Function Testing, Report working party "Standardization of Lung Function Tests", Official Statement of the European Respiratory Society & European Community for Coal and Steel (ECCS), Luxembourg, Eur Respir J 1993; 6 (suppl 16).

**TABLA III**  
**Valores teóricos de la ERS (ECCS) para mujeres**

Edad	Altura (cm)	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
18-25	FVC	3,11	3,33	3,55	3,77	3,99	4,21	4,43	4,66	4,88	5,10
25	FEV <sub>1</sub>	2,70	2,90	3,10	3,29	3,49	3,69	3,89	4,08	4,28	4,48
25	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%
25	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	3,95	4,01	4,07	4,13	4,20	4,26	4,32	4,38	4,45	4,51
25	PEF	383	400	416	433	449	466	482	499	515	532
26-29	FVC	3,00	3,22	3,44	3,67	3,89	4,11	4,33	4,55	4,77	4,99
29	FEV <sub>1</sub>	2,60	2,80	3,00	3,19	3,39	3,59	3,79	3,98	4,18	4,38
29	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%	84%
29	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	3,81	3,87	3,93	4,00	4,06	4,12	4,18	4,25	4,31	4,37
29	PEF	376	393	409	426	442	459	475	492	508	525
29-33	FVC	2,90	3,12	3,34	3,56	3,78	4,00	4,23	4,45	4,67	4,89
33	FEV <sub>1</sub>	2,50	2,70	2,90	3,09	3,29	3,49	3,69	3,88	4,08	4,28
33	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%
33	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	3,67	3,74	3,80	3,86	3,92	3,99	4,05	4,11	4,17	4,24
33	PEF	369	386	402	419	435	452	468	485	501	518
34-37	FVC	2,79	3,01	3,24	3,46	3,68	3,90	4,12	4,34	4,57	4,79
37	FEV <sub>1</sub>	2,40	2,60	2,80	2,99	3,19	3,39	3,59	3,78	3,98	4,18
37	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%
37	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	3,54	3,60	3,66	3,72	3,79	3,85	3,91	3,97	4,04	4,10
37	PEF	362	378	395	411	428	444	461	477	494	510
38-41	FVC	2,69	2,91	3,13	3,35	3,58	3,80	4,02	4,24	4,46	4,68
41	FEV <sub>1</sub>	2,30	2,50	2,70	2,89	3,09	3,29	3,49	3,68	3,88	4,08
41	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%
41	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	3,40	3,46	3,53	3,59	3,65	3,71	3,78	3,84	3,90	3,96
41	PEF	355	371	388	404	421	437	454	470	487	503
42-45	FVC	2,59	2,81	3,03	3,25	3,47	3,69	3,91	4,14	4,36	4,58
45	FEV <sub>1</sub>	2,20	2,40	2,60	2,79	2,99	3,19	3,39	3,58	3,78	3,98
45	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%	81%
45	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	3,27	3,33	3,39	3,45	3,52	3,58	3,64	3,70	3,77	3,83
45	PEF	347	364	380	397	413	430	446	463	479	496
46-49	FVC	2,48	2,70	2,92	3,15	3,37	3,59	3,81	4,03	4,25	4,47
49	FEV <sub>1</sub>	2,10	2,30	2,50	2,69	2,89	3,09	3,29	3,48	3,68	3,88
49	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
49	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	3,13	3,19	3,25	3,32	3,38	3,44	3,50	3,57	3,63	3,69
49	PEF	340	357	373	390	406	423	439	456	472	489
50-53	FVC	2,38	2,60	2,82	3,04	3,26	3,48	3,71	3,93	4,15	4,37
53	FEV <sub>1</sub>	2,00	2,20	2,40	2,59	2,79	2,99	3,19	3,38	3,58	3,78
53	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%	79%
53	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	2,99	3,06	3,12	3,18	3,24	3,31	3,37	3,43	3,49	3,56
53	PEF	333	350	366	383	399	416	432	449	465	482
54-57	FVC	2,27	2,49	2,72	2,94	3,16	3,38	3,60	3,82	4,05	4,27
57	FEV <sub>1</sub>	1,90	2,10	2,30	2,49	2,69	2,89	3,09	3,28	3,48	3,68
57	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%
57	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	2,86	2,92	2,98	3,04	3,11	3,17	3,23	3,29	3,36	3,42
57	PEF	326	342	359	375	392	408	425	441	458	474
58-61	FVC	2,17	2,39	2,61	2,83	3,06	3,28	3,50	3,72	3,94	4,16
61	FEV <sub>1</sub>	1,80	2,00	2,20	2,39	2,59	2,79	2,99	3,18	3,38	3,58
61	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%
61	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	2,72	2,78	2,85	2,91	2,97	3,03	3,10	3,16	3,22	3,28
61	PEF	319	335	352	368	385	401	418	434	451	467
62-65	FVC	2,07	2,29	2,51	2,73	2,95	3,17	3,39	3,62	3,84	4,06
65	FEV <sub>1</sub>	1,70	1,90	2,10	2,29	2,49	2,69	2,89	3,08	3,28	3,48
65	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%
65	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	2,59	2,65	2,71	2,77	2,84	2,90	2,96	3,02	3,09	3,15
65	PEF	311	328	344	361	377	394	410	427	443	460
66-69	FVC	1,96	2,18	2,40	2,63	2,85	3,07	3,29	3,51	3,73	3,95
69	FEV <sub>1</sub>	1,60	1,80	2,00	2,19	2,39	2,59	2,79	2,98	3,18	3,38
69	FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%	76%
69	FEF <sub>25-75%</sub> <sup>1%</sup>	2,45	2,51	2,57	2,64	2,70	2,76	2,82	2,89	2,95	3,01
69	PEF	304	321	337	354	370	387	403	420	436	453

**Referencia:** Standardised Lung Function Testing, Report working party "Standardization of Lung Function Tests", Official Statement of the European Respiratory Society & European Community for Coal and Steel (ECCS), Luxembourg, Eur Respir J 1993; 6 (suppl 16).

**TABLA IV**  
**Valores de referencia de Polgar para niños y niñas**

<b>Altura (cm)</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>104</b>	<b>106</b>	<b>108</b>	<b>110</b>	<b>112</b>	<b>114</b>	<b>116</b>	<b>118</b>
FVC	0,96	1,01	1,07	1,12	1,18	1,24	1,30	1,37	1,43	1,50
FEV <sub>1</sub>	0,84	0,88	0,93	0,98	1,04	1,09	1,15	1,21	1,27	1,33
FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	87%	87%	87%	88%	88%	88%	88%	88%	89%	89%
FEF <sub>25-75%</sub>	0,91	0,99	1,08	1,17	1,26	1,34	1,43	1,52	1,61	1,69
PEF	100	110	121	131	142	152	163	173	184	194
<b>Altura (cm)</b>	<b>120</b>	<b>122</b>	<b>124</b>	<b>126</b>	<b>128</b>	<b>130</b>	<b>132</b>	<b>134</b>	<b>136</b>	<b>138</b>
FVC	1,57	1,64	1,71	1,78	1,86	1,94	2,02	2,10	2,19	2,27
FEV <sub>1</sub>	1,39	1,46	1,53	1,60	1,67	1,74	1,82	1,90	1,98	2,06
FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	89%	89%	89%	89%	90%	90%	90%	90%	90%	91%
FEF <sub>25-75%</sub>	1,78	1,87	1,95	2,04	2,13	2,22	2,30	2,39	2,48	2,57
PEF	205	215	226	236	247	257	268	278	289	299
<b>Altura (cm)</b>	<b>140</b>	<b>142</b>	<b>144</b>	<b>146</b>	<b>148</b>	<b>150</b>	<b>152</b>	<b>154</b>	<b>156</b>	<b>158</b>
FVC	2,36	2,46	2,55	2,64	2,74	2,84	2,94	3,05	3,16	3,26
FEV <sub>1</sub>	2,14	2,23	2,32	2,41	2,51	2,60	2,70	2,80	2,90	3,01
FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	91%	91%	91%	91%	91%	92%	92%	92%	92%	92%
FEF <sub>25-75%</sub>	2,65	2,74	2,83	2,92	3,00	3,09	3,18	3,27	3,35	3,44
PEF	310	320	331	341	352	362	373	383	394	404
<b>Altura (cm)</b>	<b>160</b>	<b>162</b>	<b>164</b>	<b>166</b>	<b>168</b>	<b>170</b>	<b>172</b>	<b>174</b>	<b>176</b>	<b>178</b>
FVC	3,38	3,49	3,61	3,73	3,85	3,97	4,10	4,22	4,35	4,49
FEV <sub>1</sub>	3,12	3,23	3,34	3,46	3,57	3,69	3,82	3,94	4,07	4,20
FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	92%	92%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	94%
FEF <sub>25-75%</sub>	3,53	3,61	3,70	3,79	3,88	3,96	4,05	4,14	4,23	4,31
PEF	415	425	436	446	456	467	477	488	498	509
<b>Altura (cm)</b>	<b>180</b>	<b>182</b>	<b>184</b>	<b>186</b>	<b>188</b>	<b>190</b>	<b>192</b>	<b>194</b>	<b>196</b>	<b>198</b>
FVC	4,62	4,76	4,90	5,05	5,19	5,34	5,49	5,65	5,80	5,96
FEV <sub>1</sub>	4,33	4,47	4,61	4,75	4,90	5,04	5,19	5,35	5,50	5,66
FEV <sub>1</sub> <sup>1%</sup>	94%	94%	94%	94%	94%	94%	95%	95%	95%	95%
FEF <sub>25-75%</sub>	4,40	4,49	4,58	4,66	4,75	4,84	4,92	5,01	5,10	5,19
PEF	519	530	540	551	561	572	582	593	603	614

**Referencias:** Polgar G, Promadhat U. Pulmonary Function Testing in Children: Techniques and Standards, Philadelphia: W, B, Saunders and Co; 1971.

Quanjer H, Polgar G, Wise M, Karlberg J, Borsboom G. Compilation of reference values for lung function measurement in children, Eur Respir J 1989; 2 (Supl 4): 184s-261s.

**TABLA V**  
**Valores de referencia de Bilbao**

**Para niños:**

$$FVC = -1,968 + 0,020 \text{ talla (cm)}$$

$$R^2 = 0,893$$

$$FEV_1 = -1,831 + 0,018 \text{ talla (cm)}$$

$$R^2 = 0,868$$

**Para niñas:**

$$FVC = -1,879 + 0,019 \text{ talla (cm)}$$

$$R^2 = 0,893$$

$$FEV_1 = -1,809 + 0,018 \text{ talla (cm)}$$

$$R^2 = 0,871$$

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación.

**Referencia:** Morato Rodríguez MD, González Pérez-Yarza E, Empananza Knörr JI, Pérez Legorburu A, Aguirre Conde A, Delgado Rubio A. Valores espirométricos en niños sanos de un área urbana de la Comunidad Autónoma Vasca. An Esp Pediatr 1999; 51: 17-21.



## Anexo 4

# Requisitos que debe cumplir un espirómetro para Atención Primaria

A pesar de que la espirometría no es una técnica excesivamente compleja, sí podemos encontrar espirómetros de una gran complejidad, que no son adecuados para su utilización en Atención Primaria, dado que en este nivel asistencial se requieren instrumentos de manejo sencillo y que nos proporcionen únicamente lo necesario para los objetivos marcados, que no son sino el diagnóstico y seguimiento de determinadas patologías de alta prevalencia, como el asma o la EPOC. No nos servirían de gran cosa, desde este punto de vista, espirómetros con módulos de medida de presión o de saturación de oxígeno.

Otros datos importantes a considerar deben ser la facilidad de mantenimiento, dado que no va a haber personal específicamente dedicado a ello a tiempo completo, y el tamaño del aparato, pues la mayor parte de los centros no andan sobrados de espacio. Por último, pero no menos importante, debemos considerar el precio del equipo y de sus consumibles.

Las características técnicas que debe cumplir un espirómetro para Atención Primaria son las mismas que para cualquier otro ámbito, y se exponen en la tabla I, de acuerdo con lo especificado por la SEPAR (ver tabla I del anexo 3).

Pero además de esos requisitos técnicos, un espirómetro debe tener otra serie de cualidades para poder ser recomendado para su utilización en un centro de salud. Serían principalmente las siguientes:

- Utilización sencilla.
- Pequeño tamaño y robustez; debe tener una vida útil estimada de 5-6 años, como mínimo.
- Facilidad de calibración sin necesidad de operarios externos.
- Mantenimiento sencillo, con cabezal desmontable para su limpieza y desinfección.
- Pantalla para ver en tiempo real la curva (preferentemente la de flujo/volumen), o al menos la posibilidad de conexión a ordenador para ver en tiempo real la curva.
- Mostrar en tiempo real los criterios de reproducibilidad de la maniobra.
- Posibilidad de imprimir las curvas y las medidas obtenidas.
- Posibilidad de configurar qué valores teóricos de referencia se van a utilizar.
- Incorporar la medida automática de temperatura (e idealmente de presión barométrica) para la conversión automática a valores BTPS.
- Acompañarse de un manual de operaciones completo, incluyendo la manera de limpiarlo y calibrarlo.
- Ser de un proveedor solvente, que pueda dar formación y servicio técnico adecuado.
- Tener un precio razonable; debe considerarse en este aspecto no sólo el precio del espirómetro, sino también de los accesorios y consumibles.



Con estos requisitos quedan fuera de la posible elección los espirómetros de agua; los de fuelle o pistón podrían ser útiles para Atención Primaria, pero no son recomendables por su tamaño y mantenimiento algo más complejo; y los recomendados serían claramente los neumotacógrafos y los espirómetros de turbina. Los de hilo caliente son difícilmente accesibles en Europa, y los de ultrasonidos tienen un precio algo elevado.

Con ánimo únicamente de información, ofrecemos a continuación un ejemplo de espirómetros útiles para Atención Primaria en cada categoría. Esta lista no agota, ni mucho menos, las posibilidades, y otras marcas y modelos que

cumplan los requisitos anteriormente expuestos pueden ser igualmente útiles.

- Espirómetro de fuelle:

Vitalograph Gold Standard + (permite conexión a ordenador en tiempo real).

- Neumotacógrafos:

- Con pantalla en tiempo real:

Sibelmed Datospir 120C o 120D (este último incorpora estación meteorológica).

**TABLA I**  
**Requisitos que debe cumplir un espirómetro, según la SEPAR**

**Lectura:**

- Volumen mínimo: 8 litros, con una resolución de 25 ml.
- Tiempo mínimo de registro: 10 segundos, preferible 15 segundos.
- Diferencia máxima entre dos señales de calibración:

$\pm 3\%$  y 50 ml para FVC y FEV<sub>1</sub>  
 $\pm 4\%$  y 0,07 l/s en FEF<sub>25-75%</sub>

- Resistencia  $< 0,1 \text{ kpal} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$ .

- Cálculos:

Inicio por extrapolación retrógrada.

Fin de la maniobra:

Volumen:  $< 0,25 \text{ ml}$  en 0,5 s

Flujo:  $< 50 \text{ ml/s}$  en 0,5 s

- Calibración con jeringa o señal dinámica.

**Neumotacógrafo:**

- Lectura de flujo de 0 a 12 l/s.
- Dispositivos para evitar condensación de agua.
- Diferencia máxima entre lecturas de flujo:  $\pm 4\%$  y 0,07 l/s.

Vitalograph alpha (la pantalla muestra la curva de volumen-tiempo).

Jaeger Flowscreen Pro.

- Con conexión a ordenador en tiempo real:

Vitalograph 2120.

Sibelmed Datospir 120C o 120D.

- Con cabezal desechable:

Sibelmed Datospir 120.

- Espirómetro de turbina

- Con pantalla en tiempo real:

Cosmed Pony Graphic.

Sibelmed Datospir 120A o 120B.

MIR Spirolab.

- Con conexión a ordenador en tiempo real:

MIR Spirobank.

Sibelmed Datospir 120A o 120B.

MIR Spirolab.

Sibelmed Datospir 70.

- Espirómetro de ultrasonidos:

NDD Spiroson.

Se deben tener claros una serie de criterios para escoger entre estos modelos: las mediciones más exactas las da el espirómetro de fuelle, pero es mucho más engorroso de utilizar. De elección es el neumotacógrafo, por su exactitud y portabilidad; el espirómetro de turbina tampoco es mala elección, y aunque es

algo menos exacto a flujos bajos, tiene la ventaja de que es más barato.

Debe escogerse un espirómetro que permita ver la curva (preferentemente la de flujo/volumen) de la maniobra que se está realizando en tiempo real, bien mediante pantalla propia, bien mediante la pantalla de un ordenador al que esté conectado. Si no se dispone de ordenador dedicado a la espirometría, se deben desechar los modelos que no tienen pantalla y decantarse por alguno que sí la tenga.

Los modelos portátiles denominados “de uso personal”, “de uso domiciliario” o “de seguimiento” son pequeños dispositivos portátiles, sin pantalla para ver la curva, ni conexión al ordenador en tiempo real. Pueden ser neumotacógrafos o de cabezal de turbina. A pesar de que se han propuesto como herramienta de *screening* en Atención Primaria, **no** son adecuados para el centro de salud, pues ofrecen parámetros y opciones limitadas, y no puede valorarse correctamente en el mismo momento el esfuerzo obtenido. La mayoría de ellos son de bajo precio, pero no aportan las características precisas para un espirómetro de diagnóstico. En algunos países son utilizados como un *peak flow meter* electrónico, para el autocontrol del paciente o para la monitorización en su domicilio de su capacidad ventilatoria.



## Anexo 5

# Breve historia de la espirometría

A pesar de que el invento del espirómetro se atribuye a John Hutchinson (1811-1861), antes y después de él muchos otros investigadores han contribuido al desarrollo

de la espirometría. Veamos una breve relación cronológica de los principales eventos históricos relacionados con esta técnica.

129-200 a. C.	Galeno describe, tras hacer respirar durante un tiempo a un muchacho en una vejiga, que el volumen de la respiración no cambia en ese periodo. No aporta ninguna medida.
1718	J. Jurin mide los volúmenes pulmonares soplando en una vejiga y evaluando el volumen por medio del principio de Arquímedes. Obtuvo un volumen tidal de 600 ml y una espiración máxima de 3.610 ml.
1727	Stephen Hales describe un aparato para recoger gases sobre agua ("cubeta neumática"). También confirma la medición de Jurin para la espiración máxima, pero no detalla la forma en que lo hace.
1749	Daniel Bernouilli expone un método para medir el volumen respiratorio.
1789	Antoine L. Lavoisier descubre y da nombre al oxígeno. También introduce el término <i>espirometría</i> (medida del aliento o la respiración).
1793	Abernethy intenta determinar el consumo de oxígeno en el aire espirado, para lo que recoge los gases espirados sobre mercurio. Midió una capacidad vital de 3.150 ml.
1796	R. Menzies utiliza un rudimentario método de pletismografía, que consiste en meter a un hombre en un barril lleno de agua, con un agujero en la tapa para el cuello, de forma que dentro del barril queda todo el cuerpo hasta la barbilla. Por otro pequeño orificio sobresale un pequeño cilindro de cristal con agua. De esta manera, viendo cuánto sube o baja el agua del cilindro al respirar el sujeto, se puede deducir el volumen respirado. Con este método, Menzies describió el volumen tidal.



## Anexos

- 1813 Edward Kentish utiliza un *pulmómetro* para medir la ventilación en las enfermedades. Se trata de una simple campana invertida, con un tubo en su parte superior para soplar, y metida en un recipiente con agua. La campana tenía unas marcas en la parte baja que permitían comprobar cuánto subía o bajaba el agua al respirar.
- 1831 C. T. Thackrah describe un pulmómetro similar al de Kentish, pero con la entrada de aire por abajo.
- 1844 A. B. Maddock publica una carta al director en *Lancet* acerca de su propio pulmómetro, que dice basado en los trabajos de Abernethy. No nombra ni a Kentish ni a Thackrah.
- 1845 Vierordt publica un libro (*Physiologie des Athmens mit besonderer Rücksicht auf die Auscheidung der Kohlensäure*) sobre el aire exhalado, en el que mide con bastante exactitud los volúmenes pulmonares por medio de un *espirador*. Introduce igualmente algunos conceptos usados aún hoy en día, como el volumen residual y la capacidad vital.
- 1846 John Hutchinson publica sus primeros artículos en *Lancet* explicando cómo medir los volúmenes pulmonares. Acuña el término *capacidad vital*.
- 1852 John Hutchinson publica el artículo acerca de su espirómetro de agua. Con este aparato realizó espirometrías a más de 4.000 sujetos, determinando la capacidad vital, y encontrando que ésta guardaba relación con la altura (pero no con el peso).
- 1854 Wintrich desarrolla un espirómetro modificado, más simple de usar que el de Hutchinson. Estudió a 4.000 personas, y dedujo que la capacidad vital estaba determinada por la altura, el peso y la edad.
- 1866 Salter añade el quimógrafo al espirómetro, permitiendo el registro gráfico y relacionar el volumen con el tiempo.
- 1868 P. Bert introduce la pletismografía corporal, pero sólo en animales; nunca lo utilizó en humanos.
- 1902 T. G. Brodie es el primero en usar un espirómetro con campana sellada en seco.
- 1904 Tissot introduce el espirómetro de circuito cerrado.
- 1925 Fleish inventa el neumatocógrafo.

1933	Hermannsen describe el concepto de <i>máxima capacidad respiratoria (MBC)</i> , también conocido como <i>máxima ventilación voluntaria (MVV)</i> .
1939	Courmand describe la notable disminución de la espiración que se produce en los enfermos de enfisema.
1947	R. Tiffeneau y Pinelli describen la <i>capacidad pulmonar utilizable en esfuerzo (CPUE)</i> , más adelante conocido como VEMS) y el coeficiente de utilización de la capacidad vital.
1947-1957	Entre estos años, Tiffeneau y su grupo describieron la CPUE, su relación con la edad, la relación CPUE/VC (normal entre el 76% y el 92%), la relación entre la gravedad de la enfermedad y el grado de afectación de la CPUE, las alteraciones de la fase espiratoria, de la CPUE y de la relación CPUE/CV en bronquitis, asma, enfisema, etc.
1954	Sadoul <i>et al.</i> cambian el término <i>CPUE</i> por el de <i>volumen espiratorio máximo en el primer segundo (VEMS)</i> , y recomiendan la utilización del VEMS/CV x 100.
1955	Leuallen y Fowler introducen el flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75% de la capacidad vital forzada ( $FEF_{25-75\%}$ ).
1956	La British Thoracic Society (BTS) establece una nueva terminología: el VEMS pasa a denominarse <i>volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV<sub>1</sub>)</i> , estableciéndose la relación FEV <sub>1</sub> /FVC %.
1958	Hyatt <i>et al.</i> describen las curvas de flujo/volumen.
1959	B. M. Wright y C. B. McKerrow inventan el medidor de flujo máximo ( <i>peak flow meter</i> ).
1969	A. B. DuBois y K. P. van de Woestijne presentan el pletismógrafo corporal para humanos.
1974	Campbell <i>et al.</i> presentan un medidor de flujo máximo espiratorio mucho más ligero y barato. Variaciones de este tipo de medidor son las utilizadas hoy en día en las consultas y en los domicilios.

## 3.3

## Bibliografía

1. A short history of spirometry and lung function tests. <http://spirometer.ch/spirometer-history.html>
2. AARC Clinical Practice Guideline. Spirometry, 1996 update. *Respir Care* 1996; 41(7): 629-36. Accesible en: [http://www.rcjournal.com/online\\_resources/cpgs/spirupdatecpg.html](http://www.rcjournal.com/online_resources/cpgs/spirupdatecpg.html)
3. Allende González J. Prueba broncodilatadora. VII Curso SOCALPAR de fisiología respiratoria. <http://www.socalpar.es>
4. American Thoracic Society (ATS). Standardization of spirometry (1994 update). *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 1107-36.
5. Ancic P. Espirometría y mecánica pulmonar. En: Ancic P (ed.). *Enfermedades respiratorias. Utilidad del laboratorio (2.ª ed.)*. Facultad de Medicina, Universidad de Chile, 1989. Accesible en [http://med.uchile.cl/otros/dra\\_ancic/capitulo4.html](http://med.uchile.cl/otros/dra_ancic/capitulo4.html)
6. Biring MS, Madison S, Mohsenifar Z. Use of forced inspiratory vital capacity to identify bronchodilator reversibility in obstructive lung disease. *J Asthma* 2001; 38(6): 495-500.
7. Burgos F, Torres A, González J, Puig de la Bellacasa J, Rodríguez-Roisin R, Roca J. Bacterial colonization as a potential source of nosocomial respiratory infections in two types of spirometers. *Eur Respir J* 1996; 2612-17.
8. Carrera Lamarca M, Togores Solivellas B. Pruebas funcionales respiratorias. *Medicine* 1997; 7(42): 1805-12.
9. Carrera M, Muñoz A, Togores B, Agustí AGN. Pruebas de función pulmonar. En: Caminero Luna JA, Fernández Fau L (eds.). *Manual de Neumología y Cirugía Torácica*. Madrid: Editores Médicos; 1998.
10. Carretero JL. ¿Por qué medimos la función pulmonar? Introducción histórica. VII Curso SOCALPAR de fisiología respiratoria. <http://www.socalpar.es>.
11. Cimas JE, Pérez J. Espirometría. c@p. Sesiones clínicas. <http://www.cap-semfyc.com/Sesclin/Sc0013/Sc0013.htm>
12. Clausen JL. Lung volume equipment and infection control. *Eur Respir J* 1997; 10: 1928-32.
13. Cooper BG, Madsen F. Spirometry. *ERS The buyer's guide* 2000; 3: 40-3. Accesible en <http://www.personal.u-net.com/~ersj/Buyers%20Guide%20for%20the%20Internet/cooper40-43.html.htm>
14. Cotes JE. *Lung function. Assessment and application in medicine*. 5.ª ed. Londres: Blackwell Scientific Publications; 1993.
15. De Lucas Ramos P. Patrones diagnósticos en la espirometría. VII Curso SOCALPAR de fisiología respiratoria. <http://www.socalpar.es>



## Bibliografía

16. Den Otter JJ, Knitel M, Akkermans RPM, Van Schayck CP, Folgering HTM, Van Weel C. Spirometry in general practice: the performance of practice assistants scored by lung function technicians. *Br J Gen Practice* 1997; 47: 41-2.
17. Díez Herranz A. Espirometría. Valores de referencia. VII Curso SOCALPAR de fisiología respiratoria. <http://www.socalpar.es/>
18. Domingo Morera JA. Utilización e interpretación de las pruebas ventilatorias en Atención Primaria. *Medicina Integral* 1999; 33(2): 111-22.
19. Eaton T, Withy S, Garrett JE, Mercer J, Whitlock RML, Rea HH. Spirometry in Primary Care Practice. The importance of quality assurance and the impact of spirometry workshops. *Chest* 1999; 116: 416-23.
20. Ferguson GT, Enright PL, Buist AS, Higgins MW. Office Spirometry for Lung Health Assessment in Adults: A Consensus Statement from the National Lung Health. *Chest* 2000; 117(4): 1146-61. Accesible en: <http://www.aarc.org/headlines/spirometry/05.00.0513.pdf>
21. Fletcher C, Peto R, Tinker CM, Speizer FE. The natural history of chronic bronchitis and emphysema. Oxford: Oxford University Press; 1976.
22. Fletcher C, Peto R. The natural history of chronic airflow obstruction. *BMJ* 1977; 1(6077): 1645-8.
23. Gáldiz JB. Espirometría: indicaciones y evaluación. En: Buendía E (ed.). AERIS. Guías de actuación en Patología respiratoria, módulo 4. Técnicas diagnósticas y esquemas terapéuticos habituales. Madrid: Luzán 5; 2002.
24. García Benito C, García Río F, Prados C, Pino JM. Espirometría y curva flujo-volumen. Su utilidad en Atención Primaria. *Medicina integral* 1992; 20(6): 312-20.
25. García Río F. Principales parámetros espirométricos en la valoración del paciente con EPOC. En: Viejo Bañuelos JL, Molina Paris J (eds.). Parámetros de valoración de la EPOC. La espirometría en la EPOC. Madrid: Medical & Marketing Communications; 2002.
26. García Río F. Técnica de realización de la espirometría. Criterios de aceptabilidad y reproducibilidad. Problemas más comunes. VII Curso SOCALPAR de fisiología respiratoria. <http://www.socalpar.es>
27. González de Vega JM, Romero A, Cañizares F, Linares MJ. Anatomía de la vía aérea. En: Caminero Luna JA, Fernández Fau L (eds.). Manual de Neumología y Cirugía Torácica. Madrid: Editores Médicos; 1998.
28. Grupo de trabajo de la SEPAR para la práctica de la espirometría en clínica. Recomendaciones SEPAR. Normativa para la práctica de la espirometría forzada. *Arch Bronconeumol* 1989; 25: 132-41.
29. Guyton AC. Ventilación Pulmonar. En: Guyton AC. Tratado de fisiología médica (5.ª ed. en español). Madrid: Interamericana; 1977.
30. Hadcroft J, Calverley PM. Alternative methods for assessing bronchodilator reversibility in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2001; 56(9): 713-20.
31. Hankinson JL. Office Spirometry. Does poor quality render it impractical? *Chest* 1999; 116: 276-7.

32. Hnatiuk OW, Sierra A, Chang AS. Evaluation of the normal inspiratory flow-volume curve. *Respir Care* 1998; 43(12): 1058-63.
33. Is this pulmonary function test interpretable? *Pulmonary Perspectives* 2001; 18(3). Accesible en: <http://www.chesnet.org/publications/Pulmonary.Perspectives/vol18n3B.html>
34. López de Santa María E, Gutiérrez L, Legórburu C, Valero M, Zabala M, Sobradillo V *et al.* Calidad de la espirometría en las consultas neumológicas de un área jerarquizada. *Arch Bronconeumol* 2002; 38(5): 204-8.
35. Lum E, Gross T. Interpretation of pulmonary function test: Spirometry. *Virtual Hospital*, 1998. Accesible en: <http://www.vh.org/Providers/Simulations/Spirometry/SpirometryHome.html>
36. Martín Luján F, Donado-Mazarrón A, Daniel J, Basora J. Pruebas funcionales respiratorias en atención primaria. Interpretación informatizada de espirometrías. *FMC* 1999; 6(3): 161-72.
37. Méndez Lanza A, Rodríguez Cocina B, Mosquera Pestaña JA. Fisiología respiratoria en el EPOC. En: Mosquera Pestaña JA (ed.). *Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Actualización integrada.* Madrid: Ergon; 1997.
38. Miller WF, Scacci R, Gast LR. Forced Spirometry. En: Miller WF (ed.). *Laboratory evaluation of pulmonary function.* Philadelphia: JB Lippincott; 1987.
39. Morato Rodríguez MD, González Pérez-Yarza E, Emparanza Knörr JI, Pérez Legorburu A, Aguirre Conde A, Delgado Rubio A. Valores espirométricos en niños sanos de un área urbana de la Comunidad Autónoma Vasca. *An Esp Pediatr* 1999; 51: 17-21.
40. Muñoz X, Guerra J. Estudio de la reactividad bronquial. Prueba broncodilatadora. Prueba de metacolina. [http://www.epocnet.com/area\\_m/metdiag/prueba\\_04.html](http://www.epocnet.com/area_m/metdiag/prueba_04.html)
41. Muñoz X. Espirometría simple y forzada. [http://www.epocnet.com/area\\_m/metdiag/prueba\\_01.html](http://www.epocnet.com/area_m/metdiag/prueba_01.html)
42. Nelson SB, Gardner RM, Crapo RO, Jensen RL. Performance evaluation of contemporary spirometers. *Chest* 1990; 97: 288-97.
43. Newton MF, O'Donnell DE, Forkert L. Response of Lung Volumes to Inhaled Salbutamol in a Large Population of Patients With Severe Hyperinflation. *Chest* 2002; 121: 1042-50.
44. NHBLI/WHO workshop report. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. National Institutes of Health. National Heart, Blood and Lung Institute. Publication number 2701. March 2001. Accesible en: <http://www.goldcopd.com>
45. O' Donnell DE. Assessment of bronchodilator efficacy in symptomatic COPD. Is spirometry useful? *Chest* 2000; 117: 42S-47S.
46. Para Cabello J. Espirometría: calidad, mantenimiento, infecciones. VII curso SOCALPAR de fisiología respiratoria. <http://www.socalpar.es>
47. Pellegrino R, Brusasco V. Lung hyperinflation and flow limitation in chronic airway obstruction. *Eur Respir J* 1997; 10(3): 543-9.
48. Petty TL. John Hutchinson's Mysterious Machine Revisited. *Chest* 2002; 121: 219S-223S.
49. Pierce R, Johns DP. Spirometry. The measurement and interpretation of ventilatory function in clinical practice. National Asthma Council Australia, 1995. Accesible en: <http://www.nationalasthma.org.au/publications/spiro/print/index.htm>



## Bibliografía

50. Polgar G, Promadhat U. Pulmonary Function Testing in Children: Techniques and Standards. Philadelphia: W. B. Saunders and Co.; 1971.
51. Quanjer H, Polgar G, Wise M, Karlberg J, Borsboom G. Compilation of reference values for lung function measurement in children. *Eur Respir J* 1989; 2(Supl 4): 184s-261s.
52. Quanjer H, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report working party "standardization of lung function tests". European Community for steel and coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993; 6(suppl 16): 5-40.
53. Roca J, Sanchís J, Agustí-Vidal A, Segarra F, Navajas D, Rodríguez-Roisin R *et al*. Spirometric reference values from a Mediterranean population. *Bull Eur Physiopathol Resp* 1986; 22: 217-24.
54. Roca J. Aplicaciones clínicas de las pruebas de función pulmonar. En: Ancic P (ed.). *Enfermedades respiratorias. Utilidad del laboratorio (2.ª ed.)*. Facultad de Medicina, Universidad de Chile, 1989. Accesible en [http://med.uchile.cl/otros/dra\\_ancic/capitulo13.html](http://med.uchile.cl/otros/dra_ancic/capitulo13.html)
55. Sanchís J. Espirometría: cómo realizarla e interpretarla. En: Sobradillo V, Molina J (eds.). *Aspectos prácticos neumológicos en atención primaria*. Barcelona: Permanyer; 1996.
56. Torres A, Burgos F, Casan P, Gravalos J, Martínez J, Pi-Sunyer T. Recomendaciones SEPAR: Control microbiológico en los equipos de función y terapia respiratoria. Barcelona: Doyma; 1995. Accesible en: <http://www.separ.es/servicios/publicaciones/recomen/rec15.pdf>
57. Torres A, Burgos F. Infection control and spirometry. *ERS The buyer's guide 2000*; 3: 39. Accesible en: <http://www.personal.u-net.com/~ersj/Buyers%20Guide%20for%20the%20Internet/torres39.html.htm>
58. Valencia A, Casan P, Díaz M, Perpiñá M, Sebastián MD. Normativa para los test de provocación bronquial inespecífica. *Arch Bronconeumol* 1991; 27: 153-361.
59. Wensley D, Pickering D, Silverman M. Can peak expiratory flow be measured accurately during a forced vital capacity manoeuvre? *Eur Respir J* 2000; 16: 673-6.
60. Zapletal A, Samanek M, Paul T. Upstream and total airway conductance in children and adolescents. *Bull Europ Physiopath Resp* 1982; 18: 31-7.

## 3.4

## Cuestionario

- 1. Se denomina *punto de igual presión* al punto en que se igualan:**
  - a) La presión transpulmonar y la presión de retracción elástica.
  - b) La presión pleural y la presión atmosférica.
  - c) La presión alveolar y la presión pleural.
  - d) La presión pleural y la presión de retracción elástica.
- 2. La capacidad inspiratoria está compuesta de los siguientes volúmenes:**
  - a) Volumen tidal + volumen de reserva espiratorio + volumen residual.
  - b) Volumen tidal + volumen de reserva inspiratorio + volumen de reserva espiratorio.
  - c) Volumen tidal + volumen de reserva inspiratorio + volumen de reserva espiratorio + volumen residual.
  - d) Volumen tidal + volumen de reserva inspiratorio.
- 3. Una de las siguientes no es una ventaja de la curva de flujo/volumen:**
  - a) Es muy sensible a los errores.
  - b) Es difícil simular flujos.
  - c) Es fácil calcular el  $FEV_1$ .
  - d) Es fácil calcular el PEF.
- 4. Uno de los siguientes parámetros no se utiliza para la determinación de los patrones espirométricos:**
  - a) FVC.
  - b)  $FEV_1$ .
  - c)  $FEV_{1\%}$ .
  - d)  $FEF_{25-75\%}$ .
- 5. Los valores normales para la FVC son mayores o iguales al:**
  - a) 100% de su valor teórico.
  - b) 80% de su valor teórico.
  - c) 70% de su valor teórico.
  - d) 60% de su valor teórico.
- 6. Los valores normales para la relación  $FEV_1/FVC$  en una persona de 60 años serían:**
  - a) 70%.
  - b) 70% del teórico.
  - c) 80%.
  - d) 80% del teórico.
- 7. Los resultados de la espirometría deben reseñarse en medidas:**
  - a) ATS.
  - b) ATPS.
  - c) BTS.
  - d) BTPS.



- 8. Son contraindicaciones absolutas de espirometría todas las siguientes, excepto:**
- a) Traqueotomía.
  - b) Hemoptisis de origen desconocido.
  - c) Aneurisma cerebral.
  - d) Desprendimiento de retina.
- 9. ¿Cuál de las siguientes instrucciones previas a la realización de la espirometría no considera fundamental?:**
- a) Evitar fármacos broncodilatadores en las horas previas al estudio.
  - b) No fumar antes del estudio.
  - c) Acudir a la prueba en ayunas.
  - d) Evitar el consumo de cafeína y derivados.
- 10. El papel del técnico en la realización de la espirometría consiste en:**
- a) Controlar el desarrollo de la maniobra.
  - b) Animar al paciente durante su desarrollo.
  - c) Corregir los errores de ejecución.
  - d) Todas son ciertas.
- 11. Se considera que el número de maniobras óptimas deben ser:**
- a) Por lo menos tres, aunque no se haya realizado un esfuerzo máximo.
  - b) Una o dos si el técnico está seguro de que el paciente ha hecho todo el esfuerzo que ha podido.
  - c) Mínimo de tres maniobras aceptables.
  - d) Las que se consigan mientras el paciente no se cansa.
- 12. ¿Cuál de los siguientes son criterios de aceptabilidad de una espirometría?:**
- a) El volumen extrapolado menor de 100 ml.
  - b) La duración de la espiración de al menos 6 segundos.
  - c) La finalización de la curva de flujo/volumen debe ser asintótica.
  - d) Todas las anteriores.
- 13. Se considera una finalización correcta de una maniobra si:**
- a) El paciente se ha cansado aunque haya espirado menos de 6 segundos.
  - b) Se ha alcanzado el valor de la FVC teórica para su edad y sexo.
  - c) La curva de volumen/tiempo muestra una clara meseta.
  - d) Se produce un descenso brusco en la curva de flujo/volumen.
- 14. ¿Cuál de los siguientes no es un artefacto que afecte a la interpretación de la espirometría?:**
- a) Tos en el primer segundo.
  - b) Cierre de glotis.
  - c) Pérdida de volumen.
  - d) Terminación asintótica de la curva de flujo/volumen.
- 15. Una curva es reproducible según la SEPAR si cumple:**
- a) La diferencia de la FVC entre las dos mejores curvas es menor del 5% ó 100 ml.
  - b) Entre las tres curvas la diferencia de la FVC es menor del 5% ó 100 ml.

- c) Entre todas las curvas realizadas la diferencia entre el  $FEV_1$  y el FVC es menor de 150 ml.
- d) La diferencia entre el  $FEV_1$  de las dos mejores está entre el 5% y el 10%.

**16. Flujos normales o escasamente reducidos con una disminución de la FVC es lo que caracteriza al patrón:**

- a) Obstrutivo.
- b) Restrictivo.
- c) Mixto.
- d) Normal.

**17. Flujos reducidos con una FVC normal es lo que caracteriza al patrón:**

- a) Obstrutivo.
- b) Restrictivo.
- c) Mixto.
- d) Normal.

**18. La disminución del  $FEV_1/FVC$  es característica de la presencia de:**

- a) Obstrucción.
- b) Restricción.
- c) Ambas.
- d) Ninguna de ellas.

**19. Una disminución del  $FEV_1$  puede corresponder a:**

- a) Patrón obstructivo.
- b) Patrón restrictivo.
- c) Patrón mixto.
- d) Todos los anteriores.

**20. En la hiperinsuflación:**

- a) La VC y la FVC son iguales.

- b) La VC es mayor que la FVC.
- c) La VC es menor que la FVC.
- d) Tanto la VC como la FVC están aumentadas.

**21. En relación a la hiperreactividad bronquial (HRB), señale la verdadera:**

- a) No puede medirse mediante la espirometría.
- b) Los sujetos sanos no tienen HRB.
- c) Es exclusiva del asma bronquial.
- d) Una forma sencilla de medirla es mediante una prueba broncodilatadora.

**22. Se considera respuesta broncodilatadora positiva si:**

- a) El  $FEV_1$  mejora entre el 12%-15% del valor basal.
- b) El  $FEV_1$  mejora como mínimo el 10%.
- c) Mejoran todos los parámetros medidos al menos el 15%.
- d) La FVC y el  $FEV_1$  se normalizan en relación al teórico del paciente.

**23. La administración de fármacos para realizar la PBD se puede realizar con:**

- a) Cartucho presurizado acoplado a cámara de inhalación.
- b) Inhalador de polvo seco.
- c) Nebulizador.
- d) Todos los anteriores.

**24. Diga cuál de las siguientes afirmaciones es falsa:**

- a) La PBD debe realizarse en todos los pacientes con sospecha diagnóstica de asma.



## Cuestionario

- b) Una PBD negativa descarta el diagnóstico de asma.
- c) Es aconsejable realizar una PBD al menos una vez en el diagnóstico de la EPOC.
- d) Algunos pacientes con EPOC pueden tener PBD positiva.

### 25. El test de metacolina:

- a) Sirve para demostrar HRB en pacientes con espirometría normal.
- b) Se utiliza como test de confirmación tras obtener una PBD positiva.
- c) Debe hacerse en todos los pacientes en los que se sospeche asma.
- d) Es un test de provocación específico.

### 26. Una vez analizada la aceptabilidad y reproducibilidad de las curvas, el orden más lógico para leer los valores es:

- a) FVC,  $FEV_1$  y  $FEV_1/FVC$ .
- b)  $FEV_1$ , FVC y  $FEV_1/FVC$ .
- c)  $FEV_1/FVC$ ,  $FEV_1$  y FVC.
- d)  $FEV_1/FVC$ , FVC y  $FEV_1$ .

### 27. Respecto a la calibración:

- a) Se debe calibrar el sistema antes de usarlo con cada paciente.
- b) No es necesaria la calibración: el aparato lo hace de forma automática.
- c) Si se usa el sistema de forma regular, debería hacerse diariamente.

- d) Con una calibración al año es suficiente.

### 28. La linealidad es:

- a) Al introducir el aire de la jeringa de calibración, el volumen aumenta linealmente.
- b) El volumen llega a un tope, y a partir de ahí hace una línea plana aunque introduzcamos más aire.
- c) El espirómetro y la jeringa de calibración deben estar alineados para una calibración completa.
- d) Al introducir aire a distintos flujos con la misma jeringa, siempre obtenemos el mismo volumen.

### 29. El uso de filtros bacterianos:

- a) Es obligatorio en todos los pacientes.
- b) Debe usarse si se sospecha que el paciente pueda tener una infección respiratoria activa.
- c) No debe utilizarse si se va a realizar la maniobra de inspiración forzada.
- d) Nunca debe calibrarse el espirómetro con el filtro puesto.

### 30. Una de las siguientes partes del espirómetro no requiere limpieza:

- a) Tubos de conexión.
- b) Cabezal del neumatocógrafa.
- c) Boquillas de usos múltiples.
- d) Todas las anteriores deben ser limpiadas regularmente.