

# ESPIROMETRÍA

Gerardo Vázquez López-Lomo, Soledad Alonso Viteri, Alicia Ferreira Moreno

## RESUMEN

La espirometría es una herramienta básica en la práctica de la Neumología, sin la que difícilmente se puede valorar y tratar gran parte de la patología del aparato respiratorio. Su realización conlleva dificultades y circunstancias especiales que no existen en otras técnicas médicas y que hacen que, si no se efectúan una serie de controles, su realización no tenga resultados válidos.

Desde 1979 las distintas sociedades científicas han elaborado normativas para su correcta realización e interpretación. La mayoría han perdido vigencia, en parte por la evolución tecnológica de los propios espirómetros. Otras no contemplan todos los aspectos necesarios para que siguiéndolas se puedan contestar todas las dudas que supone la realización correcta de la espirometría. Por último, la vigente normativa conjunta de la *European Respiratory Society* (ERS) y la *American Thoracic Society* (ATS) del 2005 es de tal magnitud que pierde validez para el trabajo diario, máxime en colectivos no especializados como la Atención Primaria, sobre el que recae el cribaje y primera valoración de la patología del aparato respiratorio.

En este documento, basándose en la normativa de la ERS/ATS, se revisan las bases fisiológicas de los volúmenes pulmonares, los tipos de espirómetros y las condiciones técnicas que deben cumplir, su calibración, mantenimiento y las medidas a tomar para evitar la transmisión de enfermedades. Se proponen las tablas de valores teóricos a usar y la cualificación del técnico que realizará la prueba. Se enumeran las indicaciones así como las contraindicaciones y posibles complicaciones, las condiciones para realizar la maniobra en sí,

la representación numérica y gráfica de los resultados y su interpretación. Se describe la prueba broncodilatadora, así como los hallazgos en la espirometría de la obstrucción de la vía aérea superior.

## INTRODUCCIÓN

La espirometría es una prueba básica en la práctica de la Neumología, ya sea para neumólogos o para médicos de Atención Primaria.

Sin embargo, es una prueba no lo suficientemente extendida y usada en la práctica clínica diaria en parte porque, para su correcta realización, depende de varios factores esenciales: el aparataje, su correcta calibración y mantenimiento, el conocimiento y entrenamiento del personal que realiza la prueba, la colaboración del paciente y, por último, los conocimientos por parte del médico para su correcta interpretación.

La espirometría es la prueba que mide la cantidad de aire que un individuo es capaz de inhalar y exhalar en función del tiempo.

Desde que Hutchinson desarrollase el primer espirómetro en 1846, la espirometría se ha generalizado y, en la actualidad, es esencial en el diagnóstico y seguimiento de las enfermedades respiratorias.

A lo largo del tiempo, las distintas sociedades científicas han realizado normativas para estandarizar la técnica de su realización y su interpretación. En 1979 la ATS publicó el primer documento de Estandarización de los test de función pulmonar<sup>(1)</sup>, que se actualizaron posteriormente en 1987<sup>(2)</sup> y 1994<sup>(3)</sup>. En Europa, la “Comisión Europea del Carbón y el Acero” publicó su normativa en 1983<sup>(4)</sup> y su actualización en 1993<sup>(5)</sup>. Finalmente, en

2005, se publicó por la “ATS / ERS Task Force: *Standardisation of Lung Function Testing*” las Consideraciones generales para las pruebas de función pulmonar<sup>(6)</sup> y la estandarización de la espirometría<sup>(7)</sup>.

En España, la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) publicó su primera Normativa de Espirometría en 1985<sup>(8)</sup>, que se actualizó posteriormente en 2002<sup>(9)</sup>.

La intención de esta revisión es el exponer las normas que deben reunir los equipos de medida, la realización de la prueba y la interpretación de la misma, de tal forma que cualquier profesional sanitario (neumólogos, médicos de Atención Primaria, enfermeros), pueda realizar una espirometría con unos estándares que aseguren la exactitud y la correcta interpretación de los datos obtenidos.

## PRINCIPIOS FISIOLÓGICOS

### Generalidades

La cantidad de aire que se moviliza entre la inspiración máxima (capacidad pulmonar total o TLC) y la espiración máxima (volumen residual o RV) se denomina capacidad vital (VC). Si la espiración se realiza de forma brusca y forzada, se conoce como capacidad vital forzada (FVC). Si se mide la cantidad de aire que se exhala en el primer segundo de una maniobra forzada se obtiene el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV<sub>1</sub>).

En algunos pacientes, la maniobra de medir la VC lenta o la VC inspiratoria (IVC) puede dar valores superiores a la FVC. En pacientes con obstrucción grave del flujo aéreo, la VC puede ser hasta 1 litro mayor que la FVC<sup>(5)</sup>. En sujetos mayores sanos, la VC es algo mayor que la FVC<sup>(10)</sup>.

En los primeros espirómetros, que constaban de una campana sellada con agua, se inhalaba y exhalaba en su interior a través de una tubuladura, lo que determinaba el desplazamiento de la campana. Mediante un sistema de registro, se obtenía una representación de los volúmenes movilizados respecto al tiempo (gráfica volumen / tiempo). La aparición del neumotacógrafo (Fleisch, 1925) y su posterior de-

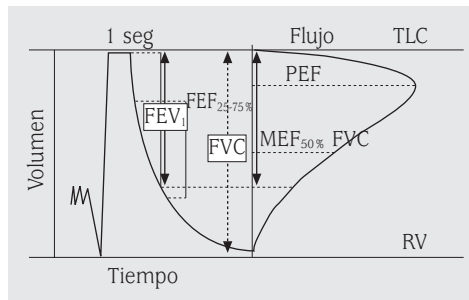
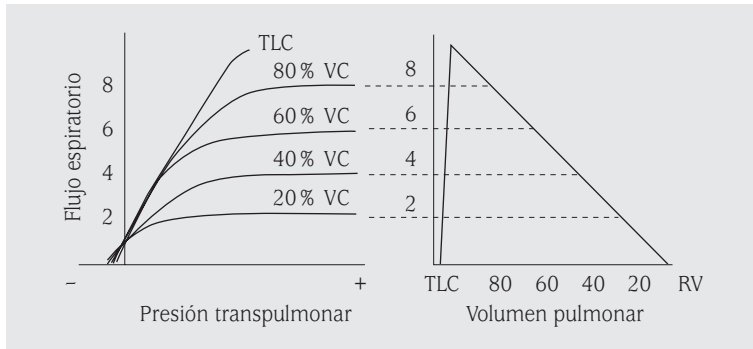


FIGURA 1. Representación conjunta de las gráficas volumen-tiempo y flujo-volumen.

sarrollo, permitió la medida directa de los flujos espiratorios e inspiratorios, así como el cálculo de los volúmenes y su representación conjunta (gráfica flujo-volumen). En los espirómetros con neumotacógrafo, se calcula el flujo del aire a partir de la diferencia de presiones que se genera al paso de una resistencia conocida.

La medida de los flujos espiratorios e inspiratorios de forma instantánea permite visualizar, no solo el volumen exhalado, sino la morfología de la curva de los flujos máximos que el sujeto ha conseguido en los diferentes volúmenes pulmonares (desde TLC hasta RV, para la curva espiratoria) (Fig. 1).

El flujo de aire está determinado por la diferencia de presión existente entre los alvéolos y la boca, (donde se considera 0), y la resistencia de las vías aéreas. Si las vías aéreas fueran rígidas, en la espiración forzada, a mayor presión se conseguiría mayor flujo. Si bien a volúmenes altos, al inicio de la espiración desde TLC, el aumento de presión conlleva un aumento del flujo, esto no ocurre según se va exhalando volumen pulmonar. Existe un límite máximo del flujo para los distintos volúmenes pulmonares que no es posible sobrepasar. A volúmenes medianos y bajos, el flujo es independiente del esfuerzo (Fig. 2). Esta condición es la que confiere su característica forma triangular a la curva flujo-volumen y viene determinada por la compresión dinámica de la vía aérea. En la maniobra de inspiración forzada, a mayor presión, se obtiene mayor flujo, independientemente del volumen pulmonar.



**FIGURA 2.** Representación de las presiones transpulmonares a distintos volúmenes pulmonares y de los flujos espiratorios obtenidos y su correlación con la gráfica flujo-volumen.

### La compresión dinámica de las vías aéreas

La limitación al flujo se produce por la compresión dinámica de las vías aéreas. Éstas son colapsables y su diámetro está condicionado, básicamente, por la diferencia de presión dentro y fuera de la misma (presión intratorácica).

Por otra parte, el flujo se genera como consecuencia de la diferencia de presión existente entre los alvéolos y la boca. La presión intralveolar viene dada por la suma de la presión pleural y la presión elástica del pulmón o retroceso elástico.

En reposo respiratorio, al final de la espiración espontánea (capacidad funcional residual o FRC), el retroceso elástico es mínimo y aumenta hasta un máximo al inspirar hasta TLC. Al hacer una espiración máxima, la presión pleural aumenta por la fuerza de la musculatura espiratoria y se mantiene estable hasta el final de la espiración. Así, la presión alveolar es muy alta, ya que es la suma de la presión pleural y del retroceso elástico del pulmón. Dada la diferencia de presión entre el alveolo y la boca, se genera el flujo aéreo. A lo largo de las vías aéreas y, como consecuencia de la resistencia de las mismas, la presión va descendiendo hasta llegar a ser cero en la boca.

Se conoce como punto de igual presión (PIP o EPP) el lugar donde la presión dentro de las vías aéreas es igual a la presión pleural. A alto volumen pulmonar, este punto se encuentra en la zona extratorácica.

Según disminuye el volumen pulmonar, se va perdiendo el retroceso elástico del pulmón y, por lo tanto, la presión alveolar desciende y también lo hace el gradiente de presión de la vía aérea. En estas circunstancias, el PIP se desplaza hacia las vías más distales, encontrándose dentro de la vía intratorácica. A partir del PIP, la vía tiende al colapso dado que la presión en su interior es inferior a la del exterior, produciéndose la limitación al flujo. Según va descendiendo el volumen pulmonar, va descendiendo la presión de retroceso elástico del pulmón y el PIP se sigue desplazando más hacia la vía distal, limitando en mayor grado el flujo<sup>(11,12)</sup> (Fig. 3).

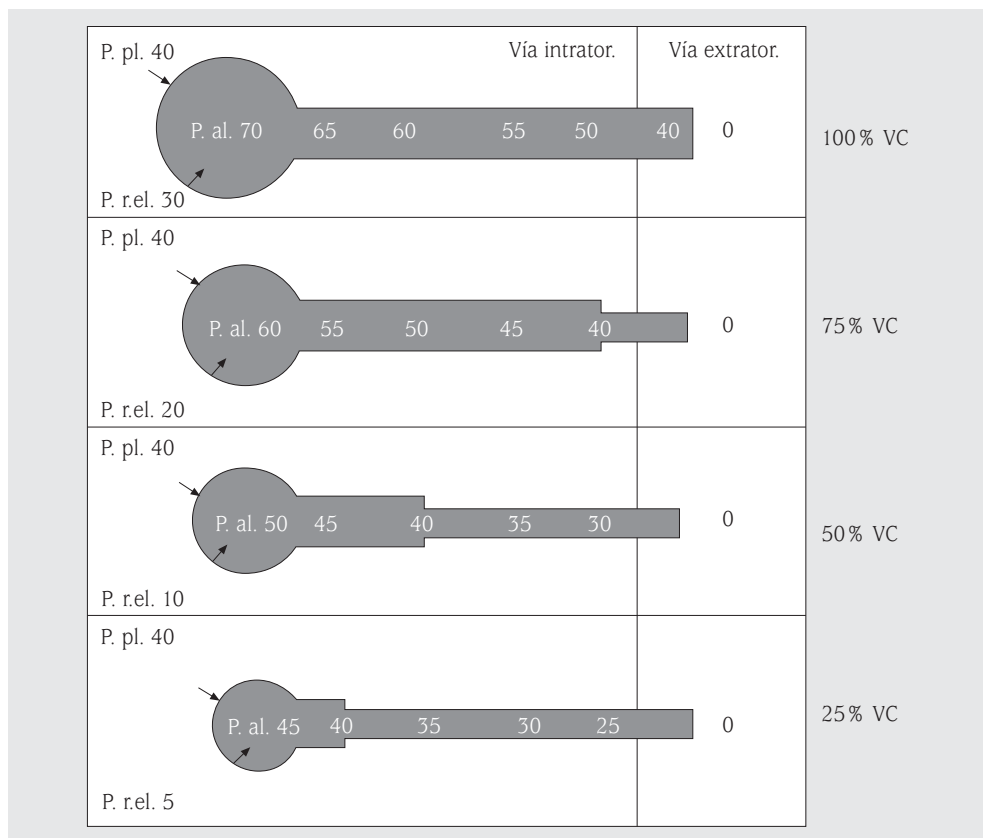
### FUNDAMENTOS TÉCNICOS

La realización de la espirometría requiere de un espirómetro, una estación meteorológica, sistema de medida de talla y peso, valores de referencia y personal capacitado para su correcta realización.

#### Tipos de espirómetros

##### *Espirómetros de sistema cerrado o de volumen*

Son los espirómetros iniciales, compuestos por una campana sellada mediante agua y conectada a un sistema de registro sobre un papel que se desplaza a una velocidad determinada. El movimiento de ascenso / descenso de la campana en respuesta a la exhalación / inhalación del sujeto dibuja una gráfica volumen / tiempo. Posteriormente, se desarrollaron los



**FIGURA 3.** Limitación del flujo por la compresión dinámica de la vía aérea. Al inicio de la espiración forzada, se asume que la presión pleural es de 40 cmH<sub>2</sub>O y que permanece constante durante toda la espiración. En inspiración máxima, la retracción elástica del pulmón genera una presión de 30 cmH<sub>2</sub>O, por lo que la presión alveolar, que es la suma de ambas, es de 70 cm. Las presiones dentro de la vía aérea van disminuyendo hasta alcanzar 0 a nivel de la boca. El punto en el que la presión dentro de la vía aérea es igual a la presión pleural (EPP) se sitúa en la región extratorácica, que no soporta la presión pleural. Al ir disminuyendo el volumen pulmonar, disminuye el retroceso elástico y, por lo tanto, la presión alveolar. De esta forma, el EPP se desplaza hacia la vía intratorácica y, al alcanzarla, se limita el flujo. Este fenómeno se acentúa a medida que disminuye el volumen pulmonar.

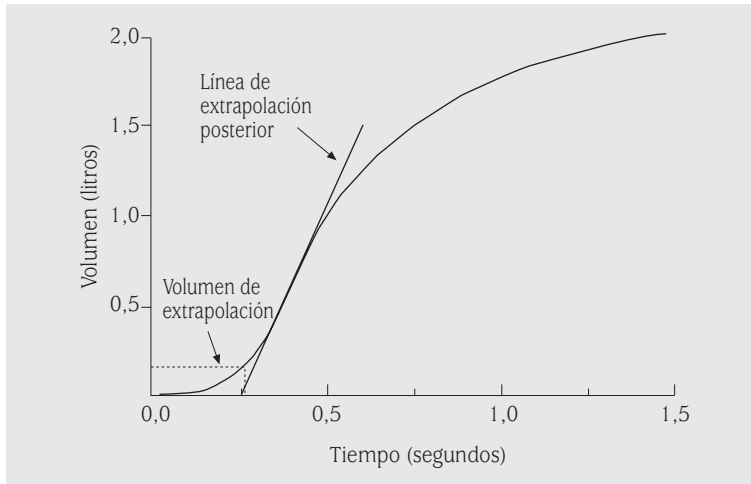
espirómetros cerrados basados en el mismo principio, pero con fuelles, que los hicieron menos voluminosos y portátiles. Actualmente, estos espirómetros han caído en desuso en nuestro medio.

**Espirómetros de sistema abierto o de flujo**

Basados en el neumotacógrafo de Fleisch y sus posteriores modificaciones. Son sistemas donde se respira a través de una resistencia conocida, intercalada en el sistema, que pro-

duce una diferencia de presión a ambos lados de la misma. La medida del gradiente de presiones con un transductor de presión permite obtener una señal de flujo. A partir del flujo, y con un cronómetro incorporado, se calcula el volumen. De esta forma se puede obtener tanto representaciones gráficas de flujo-volumen como de volumen-tiempo.

En la actualidad, son los espirómetros utilizados de forma mayoritaria. Si bien, la medida del flujo se puede hacer por métodos distintos



**FIGURA 4.** Procedimiento de extrapolación retrógrada para determinar el inicio de la espiración.

al neumotacógrafo tipo Fleisch, como una turbina, un sensor térmico o ultrasonidos.

En relación al método de realizar la espirometría, se emplea el término de “circuito abierto o cerrado”<sup>(3)</sup>. Si el sujeto realiza una inspiración máxima antes de insertar la boquilla y después realiza la espiración, se denomina técnica de “circuito abierto”. Si, por el contrario, el sujeto inspira y expira a través del neumotacógrafo se denomina técnica de “circuito cerrado”. Este segundo procedimiento permite la obtención, tanto de curvas espiratorias como inspiratorias.

### Requerimientos mínimos de precisión de los espirómetros

La normativa de la ATS / ERS establece distintos rangos de precisión según los parámetros que se vayan a medir con el espirómetro. Aunque la medida del PEF se podría realizar con valores inferiores de exactitud y precisión, los requerimientos mínimos para la determinación de la FVC y del FEV<sub>1</sub> son:

Rango de medida:	0,5 - 8 litros
Precisión:	± 3% de la lectura o ± 0,050 L (la mayor de ambos)
Flujo:	0 - 14 L/s
Resistencia total:	< 1,5 cm H <sub>2</sub> O/L/s
Tiempo de lectura:	15 segundos (30 s para VC)
Tiempo cero:	Extrapolación retrógrada

La resistencia total debe ser medida a un flujo de 14 L/s con todos los tubos, válvulas o filtros que se inserten entre el sujeto y el espirómetro.

La extrapolación retrógrada es el procedimiento aceptado universalmente para establecer, en la ordenada de tiempo, el punto a partir del cual se mide el volumen movilizado. Si el inicio de la maniobra es brusco, el volumen de extrapolación retrógrada debe ser menor del 10% de la FVC y de 100 ml. Los espirómetros actuales lo calculan de forma automática (Fig. 4).

Los espirómetros deben proporcionar una representación gráfica, preferiblemente mediante una pantalla y posterior impresión gráfica, para poder revisar las curvas flujo-volumen y volumen-tiempo. La representación flujo-volumen aporta mayor información sobre la porción inicial de la maniobra espiratoria, particularmente del PEF, que se correlaciona con la presión pleural e indica la magnitud de esfuerzo que ha realizado el sujeto durante una espiración forzada. La representación de la curva volumen-tiempo o espirograma facilita más información sobre la parte final de la maniobra. Normalmente, los espirómetros presentan en pantalla la grafica flujo-volumen.

En la representación gráfica, la relación del flujo respecto al volumen suele ser 2:1.

Además, debe cumplir unos requisitos mínimos.

	Presentación pantalla		Impresión gráfica	
	Resolución	Escala	Resolución	Escala
Volumen	0,050 L	5 mm/L	0,025 L	10 mm/L
Flujo	0,200 L/s	2,5 mm/L/s	0,100 L/s	5 mm/L/s
Tiempo	0,2 s	10 mm/s	0,2 s	20 mm/s

### Condiciones BTPS

Todos los volúmenes medidos por los espirómetros son obtenidos en condiciones ATPS (volumen del gas en condiciones ambientales de temperatura, presión atmosférica y presión del vapor de agua a temperatura del espirómetro). Para su normalización y comparación con otros registros, estos valores deben ser transformados a condiciones BTPS (volumen de gas a temperatura corporal [37°C], presión atmosférica ambiental y presión del vapor de agua a temperatura corporal [ $P_{H_2O}$  47 mmHg]), según la fórmula:

$$VBTPS = \frac{(VATPS \times P_B - P_{H_2O} / P_B - 47) \times 310}{273 + T}$$

Donde  $P_B$  es presión barométrica,  $P_{H_2O}$  es presión del vapor de agua a temperatura ambiente y  $T$  representa la temperatura ambiente.

La mayoría de los espirómetros modernos ya llevan incorporados en su interior medidores de temperatura y de presión barométrica, por lo que realizan la conversión de forma automática. En caso de equipos más sencillos, es necesario disponer de una estación meteorológica e introducir las condiciones ambientales de cada día.

No se deben realizar espirometrías por debajo de 17° o por encima de 40°C de temperatura ambiental<sup>(3)</sup>, dado que la corrección a BTPS puede llegar a tener un error de hasta el 1%, en especial en neumotacógrafos no calentados, así como diferir entre flujos medidos en espiración o inspiración. En algunos casos, el factor de corrección a BTPS puede llegar al 10%<sup>(3)</sup>. Por otra parte, si la temperatura ambiental varía a lo largo de la jornada de trabajo con el espirómetro, las condiciones ambientales deben ser

reintroducidas<sup>(7)</sup>. Por ejemplo, la presión del vapor de agua a 20° es de 17,5 mmHg mientras que a 35°C es de 42,2 mmHg.

### Datos antropométricos del paciente y valores de referencia

Para la valoración de los datos de la espirometría se necesita disponer de la edad, talla y peso del sujeto explorado. A tal efecto, es preciso disponer de un tallímetro y una báscula. Las medidas antropométricas se tomarán con ropa ligera y sin calzado. En ningún caso, se debe aceptar la talla o el peso autodeclarados por el paciente.

En pacientes con deformidades de la caja torácica, como cifoescoliosis, o incapacidad para la bipedestación, la talla puede ser calculada a partir de la envergadura entre los dedos de las manos con los brazos hiperextendidos en cruz. Diversas ecuaciones de regresión estiman la talla a partir de la envergadura con un error de 3 a 3,7 cm, que se magnifica en sujetos con alturas extremas<sup>(13-15)</sup>. Con la fórmula: Talla = envergadura/1,06 se obtienen valores razonablemente correctos, si bien algo inferiores a los de las ecuaciones de regresión. En caso de no poder medir la envergadura, también es posible calcular la talla a partir de la altura de la rodilla en sedestación<sup>(16)</sup>.

Para su valoración, los datos obtenidos de la espirometría son comparados con unos valores de referencia, que deben corresponder al mismo grupo étnico. Los valores de referencia más utilizados en el momento actual en nuestro país para la evaluación de adultos son los de Roca<sup>(17)</sup> (Tabla 1) y los generados por la ERS a partir de la fusión de varias ecuaciones de referencia<sup>(4)</sup>. En otras circunstancias, deben seleccionarse valores de referencia específicos para niños o ancianos. Es fundamental que se utilicen los mismos valores de referencia en los distintos espirómetros, tanto en Atención Especializada como en Primaria, a fin de que se puedan comparar los resultados. Dada la variedad étnica actual de nuestro país, también sería de desear la utilización de ecuaciones de referencia para otras razas distintas a la caucá-

TABLA 1. Ecuaciones para el cálculo de los valores de referencia de Roca<sup>(17)</sup>

	Ecuación	R	SEE
<b>Sexo masculino (6-20 años)</b>			
FVC (L)	$0,0280A + 0,03451P + 0,05728E - 3,21$	0,947	0,443
FEV <sub>1</sub> (L)	$0,02483A + 0,02266P + 0,07148E - 2,91$	0,945	0,378
FEF <sub>25-75%</sub> (L/s)	$0,038A + 0,140E - 4,33$	0,832	0,796
PEF (L/s)	$0,075A + 0,275E - 9,08$	0,907	1,073
FEF <sub>50%FVC</sub> (L/s)	$0,017A + 0,157E + 0,029P - 2,17$	0,856	0,811
<b>Sexo femenino (6-20 años)</b>			
FVC (L)	$0,03049A + 0,02220P + 0,03550E - 3,04$	0,935	0,313
FEV <sub>1</sub> (L)	$0,02866A + 0,01713P + 0,02955E - 2,87$	0,64	0,263
FEF <sub>25-75%</sub> (L/s)	$0,046A + 0,051E - 4,30$	0,789	0,651
PEF (L/s)	$0,073A + 0,134E - 7,57$	0,879	0,831
FEF <sub>50%FVC</sub> (L/s)	$0,046A + 0,067E - 4,17$	0,803	0,669
<b>Sexo masculino (&gt; 20 años)</b>			
FVC (L)	$0,0678A - 0,0147E - 6,0548$	0,72	0,53
FEV <sub>1</sub> (L)	$0,0514A - 0,0216E - 3,9548$	0,75	0,451
FEV <sub>1</sub> /FVC, %	$-0,1902E + 85,58$	0,40	5,36
FEF <sub>25-75%</sub> (L/s)	$0,0392A - 0,0430E - 1,1574$	0,55	1,0
PEF (L/s)	$0,0945A - 0,0209E - 5,77$	0,47	1,47
FEF <sub>50%FVC</sub> (L/s)	$0,0517A - 0,0397E - 2,4$	0,47	1,30
<b>Sexo femenino (&gt; 20 años)</b>			
FVC (L)	$0,0454A - 0,0211E - 2,8253$	0,75	0,403
FEV <sub>1</sub> (L)	$0,0326A - 0,0253E - 1,2864$	0,82	0,315
FEV <sub>1</sub> /FVC, %	$-0,2240E - 0,1126P + 94,88$	0,54	5,31
FEF <sub>25-75%</sub> (L/s)	$0,0230A - 0,0456E + 1,1055$	0,70	0,68
PEF (L/s)	$0,0448A - 0,0304E + 0,350$	0,47	1,04
FEF <sub>50%FVC</sub> (L/s)	$0,0242A - 0,0418E + 1,62$	0,56	0,925

A: altura en cm; E: edad en años; P: peso en kg; R: coeficiente de correlación múltiple; SEE: error estándar estimado.

sica. Por ejemplo, los valores de la población asiática y afro-caribeña pueden ser un 10 % menores a los de los caucásicos<sup>(18)</sup>.

### Cualificación del personal

La espirometría debe ser realizada por personal con cualificación técnica acreditada. Deberá tener un entrenamiento suficiente para conocer los fundamentos de la técnica, el mantenimiento y calibración del equipo, la

maniobra de la espirometría, el reconocimiento de trazados inaceptables o no reproducibles que invalidan la prueba, tomar actitudes encaminadas a que el paciente mejore la maniobra y conocimientos suficientes para detectar problemas del equipo que alteren los datos obtenidos. El factor más determinante de la exactitud de los datos proporcionados por una espirometría es, sin duda, la dedicación y la capacitación del técnico.

La SEPAR y la ATS recomiendan un mínimo de entrenamiento supervisado de 6 meses para poder obtener las capacidades necesarias para la correcta realización de una espirometría. Además, se recomiendan cursos de actualización cada 3-5 años. En cualquiera de los casos, al responsable de cada laboratorio le corresponde comprobar la idoneidad del personal que realiza las pruebas. No tiene ningún sentido la realización de espirometrías por personal sin la capacitación adecuada.

### **CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL ESPIRÓMETRO**

La calibración es el procedimiento que establece la relación entre los valores de flujo o volumen que determina el sensor del espirómetro y el valor real de los mismos. La calibración de volumen debe ser efectuada a diario mediante una jeringa de 3 litros con una exactitud de  $\pm 15$  ml, que debe ser comprobada periódicamente para valorar posibles fugas, intentando vaciarla con la salida obturada. La jeringa debe almacenarse cerca del equipo a calibrar.

Para determinar la exactitud del volumen, se debe llevar a cabo la calibración al menos con tres maniobras en rangos de flujo distintos, que varíen entre 0,5 y 12 L/s. Esto se consigue con distintas velocidades de vaciado de la jeringa, con tiempos en la maniobra que vayan de unos 6 segundos a menos de 0,5 segundos. Los volúmenes obtenidos para cada flujo deberán tener una exactitud de  $\pm 3,5\%$ . Para la linealidad, se debe realizar una calibración semanal con la jeringa produciendo tres flujos relativamente constantes, a flujo bajo, medio y alto. Los volúmenes obtenidos con estos flujos deben tener una exactitud del 3,5%.

Otro sistema de calibración se efectúa mediante un descompresor explosivo, consistente en una cámara de 4-5 L presurizada a 1 atmósfera con apertura brusca. A la salida del aire se intercalan distintas resistencias con diferentes grados de obstrucción. También se puede comprobar la exactitud del espiróme-

tro mediante la realización de exploraciones a controles sanos, que realicen correctamente la maniobra y determinar así la variabilidad intra-sujeto.

Asimismo, la ATS/ERS recomienda evaluar los espirómetros con una jeringa con un mecanismo de descarga controlado por ordenador que genera 24 curvas flujo-volumen preestablecidas, semejantes a diversas maniobras de FVC. Sin embargo, este procedimiento todavía no ha sido incorporado en la mayoría de los laboratorios de función pulmonar.

La calibración de la medida del tiempo era necesaria en equipos mecánicos, pero ya no se precisa en los espirómetros actuales que disponen de microprocesador.

Se debe llevar un libro de registro de calibraciones e incidencias del espirómetro.

### **HIGIENE Y CONTROL DE LAS INFECCIONES**

La realización de la espirometría conlleva el riesgo de la transmisión de infecciones a los pacientes y al personal del laboratorio, bien sea por transmisión por contacto directo o indirecto. Pese a la utilización, con la técnica de circuito cerrado, de piezas comunes para los distintos pacientes, que inspiran y espiran a través de ellas, el número documentado de casos de transmisión de infecciones es muy pequeño, si bien el riesgo es potencial. Los antiguos equipos de campana sellada por agua tenían mayor riesgo que los basados en neumotacógrafos, máxime si se calienta la resistencia para evitar la condensación del aire espirado. Existe el riesgo de transmisión de enfermedades del tracto respiratorio superior, hepatitis y VIH (a través de heridas de la mucosa oral) así como otras enfermedades como la tuberculosis, si bien los equipos de espirometría no están directamente implicados en la transmisión de enfermedades. Se han recogido microorganismos del tracto respiratorio de los pacientes en distintas piezas del espirómetro y se ha documentado un caso de conversión tuberculosa tras exponerse a un espirómetro usado previamente por un paciente con enfermedad activa<sup>(19)</sup>.



Según el nivel de riesgo de infección, los instrumentales o dispositivos se clasifican en 1) críticos: elevado riesgo de infección si el objeto está contaminado (en este apartado, se incluye el instrumental quirúrgico); 2) semicríticos: objetos que entran en contacto con membranas mucosas o piel no intacta; y 3) no críticos: objetos que entran en contacto con piel intacta.

Las categorías de recomendación son IA y II. La primera señala un procedimiento altamente recomendable y se basa en estudios experimentales o epidemiológicos bien diseñados. La recomendación II considera recomendable la introducción de la medida y se basa en hechos clínicos o estudios epidemiológicos, evidencia racional clara, o estudios definitivos aplicables a algunos pero no a todos los hospitales.

Según esta clasificación, los distintos dispositivos que se utilizan en la espirometría serían<sup>(20)</sup>:

- Pinzas nasales: dispositivo no crítico. Riesgo: desconocido. Categoría de recomendación: II. Recomendable que sean de un solo uso, al menos las almohadillas. Si no es así, se recomienda lavar las almohadillas con agua y detergente, con una frecuencia no establecida, poniendo entre la almohadilla y la piel una gasa o papel de algodón desechable.
- Boquillas: dispositivo semicrítico. Riesgo: bajo. Categoría de recomendación: IA. Recomendable de un solo uso. En caso de ser reutilizables (boquillas de caucho tipo submarinista), se recomienda lavarlas con agua y detergente, secarlas y esterilizarlas con óxido de etileno. Si no es factible, la desinfección con glutaraldehído al 2% puede ser una alternativa aceptable.
- Circuito, conexiones y válvulas: dispositivo no crítico. Riesgo: bajo. Categoría de recomendación: II. Al final de la jornada, deben desensamblarse y airearse para evitar el condensado de agua. Una vez por semana, se deberían esterilizar con óxido de etileno.
- Neumotacógrafo: dispositivo no crítico. Riesgo: bajo. Categoría de recomenda-

ción: II. Se deben desmontar diariamente al igual que las válvulas. Una vez por semana, como mínimo, se deben limpiar con agua y detergente, enjuagarlo con agua corriente, después con agua destilada y secarlo. Existen neumotacógrafos y tamices del neumotacógrafo desechables.

La frecuencia óptima de desinfección o esterilización de las distintas piezas no se ha establecido. En cualquier caso, cualquier pieza que muestre condensación debe ser desinfectada o esterilizada antes de su reutilización.

Cuando se utiliza la técnica de “circuito abierto”, sin inspiración a través del circuito de medida, sólo se deberá cambiar o desinfectar la boquilla. No obstante, no se puede asegurar que, por error, el paciente inhale a través de la boquilla.

El sistema más efectivo de prevenir la contaminación del equipo es el empleo de filtros colocados entre la boquilla y el neumotacógrafo. Su utilización es controvertida. Previenen el depósito de microorganismos de la corriente de aire espirado y, por tanto, disminuyen el riesgo. Sin embargo, no todos los filtros son capaces de excluir todos los microorganismos, sobre todo a los altos flujos que se producen en la maniobra de FVC. Existen filtros con un alto porcentaje de efectividad sobre la transmisión de bacterias, pero se desconoce su utilidad sobre los virus.

La utilización regular de los filtros no es obligatoria siempre que se tomen las medidas descritas de higiene y desinfección. El uso de los filtros no elimina la necesidad de la limpieza y descontaminación del equipo. Además, si se van a emplear, es necesario incluirlos en las maniobras de calibración y en los requisitos mínimos del espirómetro<sup>(6)</sup>.

## INDICACIONES, CONTRAINDICACIONES, COMPLICACIONES<sup>(7)</sup>

### Indicaciones

#### *Diagnóstico*

- Evaluar la función pulmonar ante síntomas, signos y datos anormales de laboratorio (disnea, cianosis, hipoxemia).

- Medir el efecto de las enfermedades respiratorias en la función pulmonar (EPOC, enfermedades intersticiales difusas,...).
  - Medir el efecto de enfermedades de otros órganos en la función pulmonar (conectivopatías, artritis reumatoide...).
  - Valorar a sujetos en riesgo de tener enfermedades respiratorias (tabaquismo, exposición a polvo inorgánico...).
  - Evaluar los riesgos preoperatorios (riesgo anestésico, reacciones pulmonares...).
  - Valorar el pronóstico de la enfermedad respiratoria (valoración de trasplante pulmonar...).
  - Valorar el estado de salud antes de realizar ejercicio físico de alto nivel (deportistas de alto nivel...).
- Falta de colaboración / comprensión en la realización de la maniobra.
  - Infarto de miocardio reciente (1 mes).
  - Desprendimiento de retina, cirugía de cataratas, neumotórax, hemoptisis reciente.
  - Dolor torácico o abdominal de cualquier causa (traumatismos, fracturas...).
  - Traqueostomía.
  - Problemas bucales, hemiparesias, intolerancia a la boquilla.

### **Seguimiento**

- Valorar la intervención terapéutica.
- Valorar la evolución de las enfermedades respiratorias.
- Monitorizar la función pulmonar en sujetos expuestos a agentes nocivos.
- Monitorizar la función pulmonar en sujetos con medicación con toxicidad pulmonar.

### **Evaluación de discapacidad e incapacidad laboral**

- Valorar la función pulmonar como medida de incapacidad laboral.
- Valorar la función pulmonar como peritaje legal.

### **Salud pública**

- Estudios epidemiológicos.
- Investigación clínica.

### **Contraindicaciones<sup>(6)</sup>**

Son siempre relativas y suelen estar en función de la incapacidad para realizar una correcta maniobra de espiración máxima forzada, bien por incapacidad física o psíquica, que hace que los datos obtenidos no sean valorables y en enfermedades con contraindicación de maniobras que aumenten la presión intra-torácica.

### **Complicaciones**

- Accesos de tos.
- Incontinencia urinaria.
- Broncoespasmo.
- Dolor torácico.
- Neumotórax.
- Mareo / síncope.

La competencia del técnico que realiza la espirometría 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 posponer la espirometría para otro día.

### **RECOMENDACIONES PREVIAS Y PREPARACIÓN DEL PACIENTE**

Antes de acudir a realizarse una espirometría el paciente debe conocer y tener presente algunas recomendaciones, para que la validez de los resultados sea óptima. Preferiblemente estas indicaciones se deben facilitar por escrito<sup>(6,9)</sup>. El paciente debe acudir:

- Sin fumar.
- No haber realizado ejercicio físico intenso al menos media hora antes de la espirometría.
- Evitar ropa ajustada o que impida las maniobras respiratorias.
- Evitar comidas copiosas en las 2 horas previas.
- Evitar las bebidas alcohólicas en las 4 horas previas y las de alto contenido en cafeína.
- No es preciso acudir en ayunas.

La espirometría se puede realizar, dependiendo de la intencionalidad de la prueba, con fines diagnósticos o para valorar la función pulmonar de un paciente previamente diagnosticado y bajo tratamiento.

Si es con fines diagnósticos, se debe dejar un intervalo de tiempo libre sin medicación, que varía para los distintos fármacos broncodilatadores:

- Para los de acción corta (terbutalina o salbutamol), al menos 6 horas.
- Para los de acción prolongada (salmeterol o formoterol), al menos 12 horas.
- Para los de acción muy prolongada (tiotropio o indacaterol), al menos 24 horas.
- En el caso de las teofilinas de liberación sostenida, sería recomendable suspenderlas a menos 12 horas antes de la prueba.

Es importante que el paciente conozca de antemano la finalidad de la espirometría y su procedimiento. Ello mejorará su colaboración y la calidad de los resultados obtenidos.

Una vez el paciente ha llegado a la sala de espirometría, se debe comprobar el cumplimiento de las indicaciones. Posteriormente, se procederá a medir y pesar al paciente y, en el caso de sujetos con gran deformidad de la caja torácica, se empleará la envergadura en vez de la altura, y se hará constar este dato. Asimismo, se debe introducir la edad del paciente, el género y, si el espirómetro dispone de la posibilidad, la raza, para acceder a las tablas de valores teóricos según etnia.

Antes de la prueba, el paciente permanecerá sentado y relajado al menos 5 minutos. Durante este tiempo, el técnico incidirá en la maniobra de realización, para mejorar su colaboración.

Es importante tener un conocimiento mínimo de la historia clínica del paciente. Esto ayudará a interpretar resultados y facilitará la toma de medidas de limpieza, en caso de infecciones potencialmente transmisibles.

Una vez preparado el paciente y con el conocimiento del procedimiento, se procederá al inicio de la prueba.

## PREPARACIÓN DEL EQUIPO

El equipo debe cumplir las normas de calibración e higiene-desinfección correctas, según se ha expuesto.

## PROCEDIMIENTO

### Generalidades

El paciente debe conocer previamente la finalidad y, a grandes rasgos, la maniobra de la espirometría. De aquí la importancia de las indicaciones y explicación por parte del médico que la solicita. El paciente se debe encontrar cómodo, tranquilo y concentrado. Se colocará sentado en la silla, evitando cruzar las piernas y liberando la presión de aquellas prendas de ropa que puedan oprimir. Se debe evitar la inclinación del paciente hacia adelante al espirar.

En caso de no poder realizar la prueba en sedestación, se puede efectuar en decúbito o en bipedestación. En decúbito, los volúmenes pueden ser hasta un 10% inferior a los obtenidos en sedestación<sup>(9)</sup>. Esta diferencia aumenta hasta un 60% en aquellos pacientes con enfermedad diafragmática o neuromuscular. Si la espirometría se realiza en bipedestación, es importante prestar especial atención a la posibilidad de caídas por mareo o síncope. En individuos obesos, se obtienen volúmenes y flujos mayores al realizar la maniobra en bipedestación.

Al introducir la boquilla, y antes de iniciar las maniobras, se debe comprobar el sellado, con los labios, de la boquilla y la no obstrucción de la misma. En caso de requerir la extracción de una prótesis dental removible, se procederá a ello antes del inicio de la maniobra. Si no es necesario, se evitará su retirada.

### Maniobra correcta

Antes de iniciar la maniobra, siempre se debe colocar la pinza nasal ocluyendo ambos orificios.

Si se realiza la técnica de circuito cerrado, el sujeto se colocará la boquilla dentro de la boca, comprobando el cierre labial alrededor de la misma. Se indicará al paciente que realice

una espiración máxima forzada, hasta vaciar completamente el volumen.

Posteriormente, se le solicitará al paciente que realice una inspiración rápida y máxima. En este momento, de manera clara y contundente, se le indicará que expulse todo el aire de forma rápida y forzada hasta alcanzar el volumen residual (RV). Al llegar al punto de máxima inspiración, o TLC, el paciente debe iniciar de forma inmediata la espiración, no permaneciendo en dicha situación más de 1 segundo. Si la inspiración es lenta y se realiza una pausa de 4-6 segundos antes de iniciar la espiración, el FEV<sub>1</sub> y el PEF serán menores de los obtenidos sin pausa<sup>(21)</sup>.

Esta maniobra de espiración forzada no debería tener una duración inferior a los 10 segundos, durante los cuales el técnico indicará de forma continua al paciente que mantenga la expulsión del aire.

Si se realiza la técnica de circuito abierto, se hará primero la maniobra de inspiración máxima, se colocará la boquilla y, en menos de 1 segundo, se realizará la espiración máxima hasta que no se pueda exhalar más aire.

En la representación gráfica volumen-tiempo (Fig. 1), debe observarse una caída brusca inicial, con un trazado posterior en forma de curva con concavidad hacia arriba. El trazado debe ser continuo y la finalización debe ser asintótica y no brusca ni perpendicular.

Las recomendaciones vigentes establecen el número máximo de intentos en 8 maniobras y no aconsejan efectuar menos de 3. Para que la espirometría sea considerada válida, deben existir un mínimo de 3 maniobras satisfactorias y al menos 2 de ellas serán reproducibles<sup>(9)</sup>.

Para considerar una maniobra como reproducible se debe cumplir que la diferencia de la FVC y del FEV<sub>1</sub> entre las dos mejores maniobras resulte inferior a 200 ml o al 5%<sup>(1,6)</sup>.

Los criterios para la selección de maniobras son<sup>(6,7)</sup>:

- Los trazados no deben contener artefactos. Ocasionalmente pueden aparecer pequeñas melladuras o dientes de sierra en el trazado. Esto es más frecuente con los es-

pirómetros de agua. Ocasionalmente, estas alteraciones se asocian a ciertas patologías como síndromes extrapiramidales.

- Inicio brusco de la maniobra, identificado por un volumen de extrapolación retrógrada menor del 10% de la FVC y de 100 ml.
- Un tiempo de espiración superior a 6 segundos.
- No debe producirse amputación en el final de la espiración.
- La maniobra debe finalizar cuando el cambio de volumen por segundo es inferior a 25 ml.

### Errores frecuentes

A la hora de realizar la prueba, existen errores frecuente que pueden invalidarla. Entre ellos, se encuentran la falta de esfuerzo máximo por parte del paciente, la tos en el primer segundo, la obstrucción involuntaria de la boquilla (lengua, prótesis), la finalización brusca, el inicio errático en la maniobra o la duración inferior a 6 segundos.

## PRUEBA BRONCODILADORA

### Generalidades

El estudio de la función pulmonar se puede realizar en condiciones basales o tras la administración de fármacos broncodilatadores. En la población general sana, sin antecedentes de patología respiratoria, la administración de un broncodilatador consigue un aumento en los valores de la espirometría, tanto de la FVC como del FEV<sub>1</sub> en unos rangos que varían del 5 al 10%<sup>(22,23)</sup>. La prueba broncodilatadora refleja la existencia de reversibilidad bronquial, pero no discrimina claramente entre enfermedades como asma o EPOC. Por otra parte, no identifica qué pacientes con obstrucción crónica al flujo aéreo se pueden beneficiar del tratamiento broncodilatador<sup>(24)</sup>.

### Procedimiento

Como fármaco broncodilatador se debe usar un broncodilatador de acción rápida, por lo que se suele optar por salbutamol o terbu-

talina. En caso de intolerancia a los agonistas beta-2 adrenérgicos, se podría considerar el empleo de bromuro de ipratropio.

Una vez realizada la espirometría basal, se administran al sujeto 4 inhalaciones de 100 µg de salbutamol. La administración se debe hacer con una cámara de inhalación, manteniendo la respiración una vez realizada la inhalación 10 seg. Las sucesivas dosis se deben realizar con intervalos de 30 segundos. Si se utiliza bromuro de ipratropio, se administrarán 160 µg en 4 dosis de 40 µg<sup>(25)</sup>.

La segunda espirometría se ha de hacer, si se usa salbutamol, a los 15 minutos y, si se emplean anticolinérgicos, a los 30 minutos.

### Interpretación

La respuesta broncodilatadora considera el cambio con respecto a los valores previos, expresado en valor absoluto y en porcentaje. También se ha propuesto expresar la respuesta como porcentaje de cambio con respecto al valor teórico. En pacientes con bajos volúmenes pulmonares, el porcentaje con respecto al previo sobreestima la respuesta, mientras que el cambio en valor absoluto la infraestima.

La respuesta broncodilatadora se calcula, tanto para la FVC como para el FEV<sub>1</sub>, según las siguientes fórmulas:

$$\Delta \text{ absoluto} = \text{valor postBd} - \text{valor preBd}$$

$$\% \text{ previo} = (\text{valor postBd} - \text{valor preBd} / \text{valor preBD}) \times 100$$

Se considera una prueba broncodilatadora positiva si el incremento del FEV<sub>1</sub> o de la FVC es mayor de 200 ml y superior al 12 % con respecto al previo<sup>(25)</sup>. Este criterio de reversibilidad no siempre se acompaña de capacidad diagnóstica y, de hecho, se ha propuesto que otros puntos de corte (15 % o 400 ml) podrían discriminar mejor el asma de la EPOC<sup>(26)</sup>.

### CÁLCULOS Y REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Cada modelo de espirómetro lleva instalado un *software* de ecuaciones que se incorporan al protocolo de funcionamiento del sistema. Esto permite el análisis rápido de resultados

y la comparación con respecto a los valores de referencia.

La selección del mejor esfuerzo no puede determinarse únicamente por la morfología de la curva. Si el sistema no proporciona los datos, se deben realizar cálculos y medidas para determinar los valores máximos. El valor del FEV<sub>1</sub> y de la FVC está sometido a una mayor variabilidad dado que pueden verse influenciados por el entrenamiento o práctica en la realización de la prueba, el cansancio, el espasmo bronquial en espiración, etc. El FEF<sub>25-75</sub> % se ve influenciado por la FVC de la maniobra seleccionada; si ésta es menor que la real del paciente, va a proporcionar un valor de FEF<sub>25-75</sub> % anómalamente elevado.

A la hora de realizar cálculos, lo más práctico es seleccionar la maniobra correcta con un mayor valor de FVC + FEV<sub>1</sub>.

### EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la espirometría una vez realizada correctamente, deben expresarse de forma numérica y gráfica.

Se suelen representar en tres columnas adyacentes, el valor predicho, el medido y el porcentaje del medido con respecto al predicho. Además, en los últimos años, se recomienda incorporar una cuarta columna con el límite inferior de la normalidad (LIN) de cada parámetro, que puede resultar especialmente útil en la interpretación de algunos casos.

Los valores numéricos deben acompañarse de una representación gráfica, utilizándose fundamentalmente la curva flujo-volumen y la curva volumen-tiempo (Fig. 5).

### INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de la espirometría tiene utilidad en el diagnóstico y seguimiento de la patología respiratoria, así como para valorar la gravedad y la progresión en el tiempo de alteraciones ventilatorias. Por tanto, su interpretación debería ser extremadamente concisa, ya que va a determinar la toma de decisiones clínicas. Los valores deben interpretarse siempre de forma individualizada y teniendo en

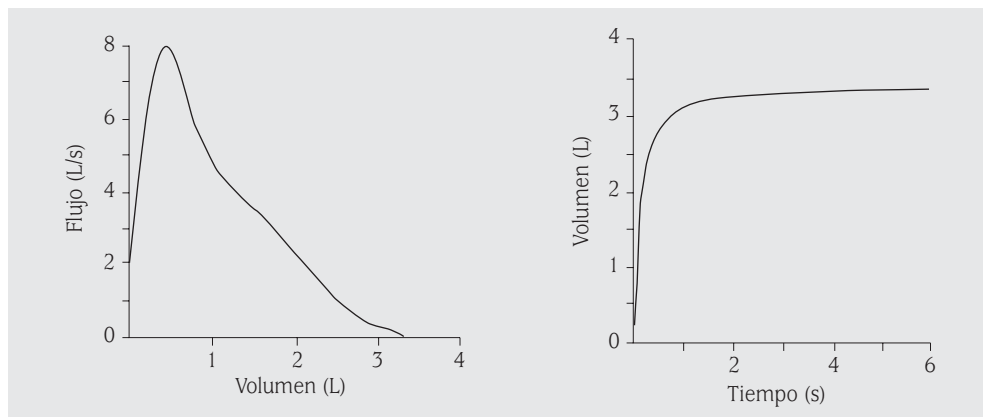


FIGURA 5. Representación gráfica de la espirometría: curvas flujo-volumen y volumen-tiempo.

cuenta la calidad de la maniobra y los comentarios realizados por el personal que efectúa la prueba<sup>(25)</sup>.

Desde el punto de vista espirométrico, las alteraciones ventilatorias pueden clasificarse en:

### Alteraciones obstructivas

Implican estrechamiento de la vía aérea durante la exhalación y se definen por un cociente  $FEV_1/FVC$  reducido (menor del percentil 5° del valor de referencia).

En general, el uso ha impuesto la definición de obstrucción a partir de un cociente  $FEV_1/FVC < del 70\%$ , aunque este criterio es menos preciso. Se recomienda usar el límite inferior de la normalidad del  $FEV_1/FVC$  para evitar falsos negativos en jóvenes y falsos positivos en ancianos<sup>(27-29)</sup>.

En los trastornos obstructivos, la curva flujo-volumen típicamente muestra una morfología cóncava. El cambio más precoz asociado a la obstrucción de la pequeña vía aérea es el enlentecimiento en la porción terminal del espirograma, que se traduce cuantitativamente en una mayor reducción de los flujos instantáneos y mesoespiratorios ( $FEF_{25-75\%}$ ). No obstante, estas alteraciones no son específicas de las enfermedades de la pequeña vía aérea<sup>(30)</sup>.

En pacientes con patología obstructiva avanzada se pueden encontrar valores de  $FEV_1$

y FVC disminuidos, por lo que el cociente  $FEV_1/FVC$  mejora e incluso puede llegar a normalizarse. En este caso, puede ser útil sustituir la FVC por la VC lenta y calcular el cociente  $FEV_1/VC$  o índice de Tifeneau.

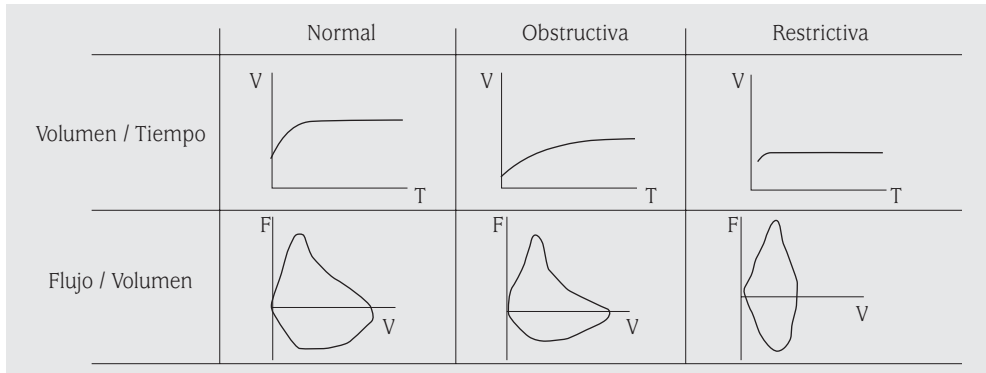
### Alteraciones restrictivas

Se definen por un cociente  $FEV_1/FVC$  normal con descenso de la TLC (< percentil 5° del valor de referencia)<sup>(25)</sup>, circunstancia que sólo es posible confirmar mediante la determinación de los volúmenes pulmonares estáticos.

Con una espirometría, se debe sospechar la existencia de un trastorno restrictivo cuando la FVC esté reducida, el cociente  $FEV_1/FVC$  sea normal y la curva flujo-volumen presente una morfología convexa. Sin embargo, estas alteraciones también pueden ser debidas a un esfuerzo espiratorio submáximo, por lo que una medida aislada de la FVC no resulta suficiente para establecer un diagnóstico de alteración ventilatoria restrictiva. De hecho, se ha comprobado que las alteraciones espirométricas descritas sólo se corresponden a una TLC baja en la mitad de las ocasiones<sup>(31)</sup>.

### Alteraciones mixtas

Implican la coexistencia de obstrucción y restricción. Dado que la FVC puede estar disminuida tanto en los cuadros obstructivos como en los restrictivos, la presencia de un



**FIGURA 6.** Morfología típica de las curvas volumen-tiempo y flujo-volumen en condiciones normales y en un patrón obstructivo o restrictivo.

componente restrictivo en un paciente obstructivo no puede inferirse de los resultados de la espirometría aislada, siendo necesaria la confirmación mediante medición de la TLC, ya que el descenso en la FVC puede deberse a hiperinsuflación (Fig. 6).

La gravedad de las alteraciones ventilatorias se clasifica en función del valor del FEV<sub>1</sub>, según las recomendaciones de la ATS/ERS (Tabla 2)<sup>(25)</sup>.

Estos puntos de corte de gravedad son arbitrarios y generalmente derivan de estudios que relacionan la función pulmonar con variables independientes como la capacidad para el trabajo o para realizar las actividades de la vida diaria, la morbilidad y otros factores pronósticos<sup>(32-34)</sup>.

Los valores de la FVC no son considerados en la evaluación de la gravedad de los trastornos restrictivos, debiéndose utilizar la TLC.

### OBSTRUCCIÓN DE LA VÍA AÉREA CENTRAL

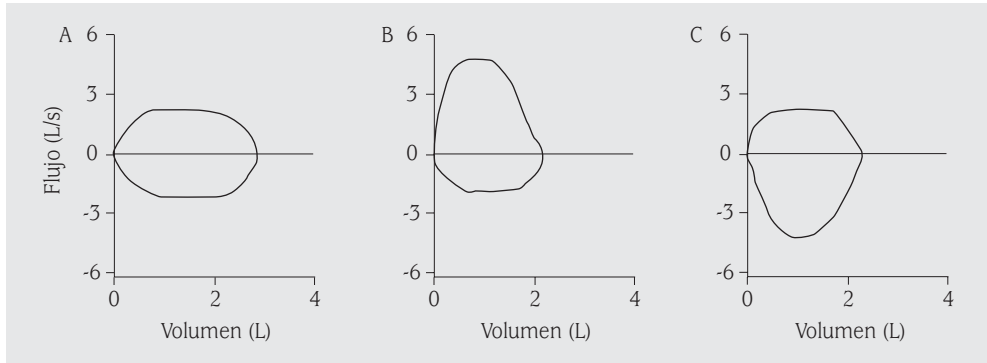
Las obstrucciones de la vía aérea superior (OVAS) pueden presentarse en las vías aéreas extratorácicas (faringe, laringe y tráquea extratorácica) o en las intratorácicas (tráquea intratorácica y bronquios principales). Es frecuente que estas alteraciones no afecten de forma significativa ni al FEV<sub>1</sub> ni a la FVC, pero sí produzcan una alteración del flujo espiratorio pico (PEF). Por tanto, una relación FEV<sub>1</sub>/PEF

**TABLA 2. Clasificación de gravedad de las alteraciones ventilatorias**

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

> 8 (FEV<sub>1</sub> en ml, PEF en L/min) identificada en repetidas maniobras puede alertar sobre la presencia de una estenosis de la vía aérea central, una vez descartado un esfuerzo inicial insuficiente<sup>(35)</sup>. En estos casos, 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 (Fig. 7B). Por el contrario, una meseta en la espiración que se produce sin afectación inspiratoria sugiere una obstrucción variable intratorácica de la vía aérea superior (Fig. 7C). Si tanto la rama inspiratoria como la espiratoria muestran una morfología en meseta, es probable que exista una estenosis fija de al vía aérea superior (Fig. 7A).

El efecto de las lesiones o alteraciones funcionales en los flujos máximos dependerá de la localización de la obstrucción, del tipo (fija o



**FIGURA 7.** Tipos de obstrucción de la vía aérea superior en función de la morfología de la curva flujo-volumen. A) Estenosis fija; B) Estenosis variable extratorácica; C) Estenosis variable.

variable), así como de la extensión anatómica. La ausencia de afectación de los parámetros espirométricos clásicos no descarta la existencia de una OVAS, por lo que será básica la sospecha clínica para detectar estas patologías. Por supuesto, ante cualquier sospecha de OVAS es necesaria la evaluación diagnóstica con técnicas de imagen o endoscopia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ATS statement. Snowbird workshop on standardization of spirometry. *Am Rev Respir Dis.* 1979; 119 (5): 831-8.
2. Standardization of spirometry, 1987 Update. Statement of the American Thoracic Society. *Am Rev Respir Dis.* 1987; 136 (5): 1285-98.
3. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995; 152 (3): 1107-36.
4. Standardized lung function testing. Report working party. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 1983; 19 (Suppl 5): 1-95.
5. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J Suppl.* 1993; 16: 5-40.
6. 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 (1): 153-61.
7. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005; 26 (2): 319-38.
8. Sanchis Aldas J, Casan Clara P, Castillo Gómez J, González Mangado N, Palenciano Ballesteros L, Roca Torrent J. Normativa para la práctica de la espirometría forzada. *Archivos de Bronconeumología.* 1989; 25 (4): 132-42.
9. Puente Maestú L. Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica. Procedimientos de evaluación de la función pulmonar. Manual SEPAR de procedimientos Madrid: Luzán 5; 2010. p. 1-80.
10. Paoletti P, Pistelli G, Fazzi P, Viegi G, Di Pede F, Giuliano G, et al. Reference values for vital capacity and flow-volume curves from a general population study. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 1986; 22 (5): 451-9.
11. West JB. Fisiología respiratoria. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1977.
12. Navajas Navarro D, Farre Ventura R, Rotger Estape M. Factores limitantes del flujo respiratorio. En: Pino JM, García Río F, eds. Estudio de la Función Respiratoria: mecánica respiratoria I Madrid: Sanitaria; 2000; 2004.
13. Martín Escribano P, Palomera Frade J, López Encuentra A, Ignacio García JM, Domínguez Lozano JM. Arm span and standing body height. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 1985; 21: 28A.
14. Parker JM, Dillard TA, Phillips YY. Arm span-height relationships in patients referred for spirometry. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154 (2 Pt 1): 533-6.
15. Aggarwal AN, Gupta D, Jindal SK. Interpreting spirometric data: impact of substitution of arm span for standing height in adults from North India. *Chest.* 1999; 115 (2): 557-62.



16. Chumlea WC, Guo SS, Steinbaugh ML. Prediction of stature from knee height for black and white adults and children with application to mobility-impaired or handicapped persons. *J Am Diet Assoc.* 1994; 94 (12): 1385-8, 1391; quiz 1389-90.
17. Roca J, Sanchís J, Agustí-Vidal A, Segarra F, Navajas D, Rodríguez-Roisin R, et al. Spirometric reference values from a Mediterranean population. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 1986; 22 (3): 217-24.
18. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). *Spirometry Guide.* 2010; Available at: <http://www.goldcopd.org/other-resources-gold-spirometry-guide.html>. Accessed 09/21, 2011.
19. Hazaleus RE, Cole J, Berdichewsky M. Tuberculin skin test conversion from exposure to contaminated pulmonary function testing apparatus. *Respir Care.* 1981; 26 (1): 53-5.
20. Torres Martí A, Burgos Rincón F, Casan Clara P, Gravalos Guzmán J, Martínez Moratalla J, Pi-Sunyer T. Normativa SEPAR: Control microbiológico en los equipos de función y terapia respiratoria. Available at: [http://www.separ.es/publicaciones/normativa/normativa\\_018.aspx](http://www.separ.es/publicaciones/normativa/normativa_018.aspx). Accessed 09/21, 2011.
21. D'Angelo E, Prandi E, Milic-Emili J. Dependence of maximal flow-volume curves on time course of preceding inspiration. *J Appl Physiol.* 1993; 75 (3): 1155-9.
22. Lorber DB, Kaltenborn W, Burrows B. Responses to isoproterenol in a general population sample. *Am Rev Respir Dis.* 1978; 118 (5): 855-61.
23. Dales RE, Spitzer WO, Tousignant P, Schechter M, Suissa S. Clinical interpretation of airway response to a bronchodilator. Epidemiologic considerations. *Am Rev Respir Dis.* 1988; 138 (2): 317-20.
24. 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 (9): 1949-52.
25. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J.* 2005; 26 (5): 948-68.
26. National Collaborating Centre for Chronic Conditions. Chronic obstructive pulmonary disease. National clinical guideline on management of chronic obstructive pulmonary disease in adults in primary and secondary care. *Thorax.* 2004; 59 (Suppl 1): 1-232.
27. Hardie JA, Buist AS, Vollmer WM, Ellingsen I, Bakke PS, Morkve O. Risk of over-diagnosis of COPD in asymptomatic elderly never-smokers. *Eur Respir J.* 2002; 20 (5): 1117-22.
28. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999; 159 (1): 179-87.
29. Wilt TJ, Niewoehner D, Kim C, Kane RL, Linabery A, Tacklind J, et al. Use of spirometry for case finding, diagnosis, and management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Evid Rep Technol Assess (Summ).* 2005; (121): 1-7.
30. Flenley DC. Chronic obstructive pulmonary disease. *Dis Mon.* 1988; 34 (9): 537-99.
31. Aaron SD, Dales RE, Cardinal P. How accurate is spirometry at predicting restrictive pulmonary impairment? *Chest.* 1999; 115 (3): 869-73.
32. Becklake MR, Rodarte JR, Kalica AR. NHLBI workshop summary. Scientific issues in the assessment of respiratory impairment. *Am Rev Respir Dis.* 1988; 137 (6): 1505-10.
33. Kanner RE, Renzetti AD, Jr, Stanish WM, Barkman HW, Jr, Klauber MR. Predictors of survival in subjects with chronic airflow limitation. *Am J Med.* 1983; 74 (2): 249-55.
34. Anthonisen NR, Wright EC, Hodgkin JE. Prognosis in chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis.* 1986; 133 (1): 14-20.
35. Miller MR, Pincock AC, Oates GD, Wilkinson R, Skene-Smith H. Upper airway obstruction due to goitre: detection, prevalence and results of surgical management. *Q J Med.* 1990; 74 (274): 177-88.