

# ESPIROMETRÍA. TEST DE BRONCODILATACIÓN Y DE BRONCOCONSTRICCIÓN

G. García de Vinuesa Broncano

Jefe de Sección. Hospital SES. Mérida

## RESUMEN

La espirometría constituye una prueba básica para el estudio funcional de las enfermedades respiratorias. Hoy día se obtiene de forma práctica y sencilla mediante la espirometría forzada realizada por un neumotacógrafo. Su realización, aunque simple, es laboriosa, requiriendo colaboración y esfuerzo por parte del paciente y una preparación técnica por parte del personal de enfermería que la realiza. Permite clasificar las alteraciones funcionales ventilatorias y especificar su grado de severidad. Es imprescindible para: el diagnóstico y valoración terapéutica de las enfermedades obstructivas; el estudio de hiperreactividad bronquial mediante los test de broncodilatación y broncoconstricción; evaluar la capacidad respiratoria; control evolutivo de las enfermedades neumológicas; valoración preoperatoria y monitorización de la eficacia de tratamientos fundamentalmente. Las complicaciones y las contraindicaciones son mínimas.

**Palabras clave:** espirometría, espirometría forzada, neumotacografía, prueba brocodilatadora, test de broncoconstricción, test de provocación bronquial

## SPIROMETRY; BRONCHODILATION AND BRONCHOCONSTRICTION TEST

### ABSTRACT

Spirometry constitutes a basic test for the functional study of respiratory diseases. Today, this is done in a practical and simple manner through forced spirometry carried out using a pneumotachograph. Doing this, though simple, is arduous, requiring collaboration and effort on the patient's part and technical preparation on behalf of the nursing staff carrying out the task. This allows for classification of the functional ventilatory disorders and their level of severity. It is essential for: diagnosis and therapeutic evaluation of obstructive diseases; the study of bronchial hyperactivity through the use of bronchodilation and bronchoconstriction tests; to evaluate respiratory capability; for evolute control of respiratory diseases; for preoperative evaluation and fundamental monitoring of treatments efficiency. The complications and contraindications are minimal.

**Key words:** Spirometry, forced spirometry, pneumotachograph, bronchodilation test, bronchoconstriction test, bronchial provocation test

## ESPIROMETRÍA

Podemos definir la espirometría como el análisis de los volúmenes pulmonares y flujos aéreos bajo circunstancias controladas<sup>1</sup>. Constituye una técnica básica e imprescindible para la valoración del enfermo respiratorio.

Existen dos tipos de espirometría: simple y forzada. La espirometría simple es aquella que se realiza haciendo que el paciente, tras una inspiración forzada, expulse todo el volumen de aire posible sin límite de tiempo. La espirometría forzada es aquella es aquella en que se pide al paciente que expulse todo el aire contenido en los pulmones en un tiempo determinado. Hoy día la espirometría forzada es la que tiene mas importancia desde el punto de vista clínico, y de ella nos ocuparemos en adelante. La espirometría simple actualmente solo vale para algunos aspectos concretos que pueden

complementar los datos funcionales obtenidos mediante la espirometría forzada<sup>1,2</sup>.

Se han utilizado para la espirometría dos tipos de equipos: espirómetro y neumotacógrafo. El espirómetro es un instrumento capaz de medir volúmenes pulmonares. El neumotacógrafo es un instrumento capaz de medir flujos aéreos. Hoy día los aparatos utilizados en la práctica integran ambos.

## TÉCNICA

Se obtiene pidiendo al paciente que realice una espiración lo más intensa, rápida y prolongada posible, tras una inspiración forzada. Una vez realizada esta maniobra podemos obtener una gráfica de volumen/tiempo. (Fig. 1) y una gráfica de flujo/volumen (Fig. 2) que nos van a ofrecer los parámetros espirométricos.

Recibido: 20 de noviembre de 2006. Aceptado: 29 de enero de 2007.

Correspondencia:  
Germán García de Vinuesa Broncano  
Hospital SES de Mérida  
Santa Lucía 4, 31  
06800. Mérida

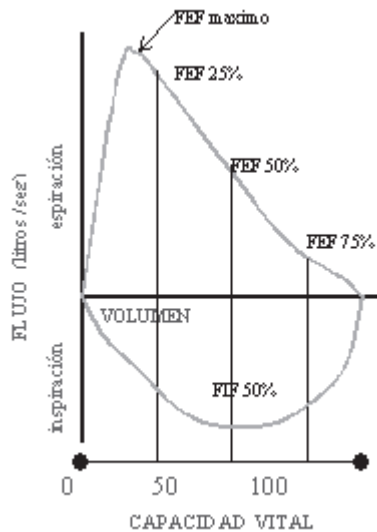


Fig. 1: Curva flujo-volumen

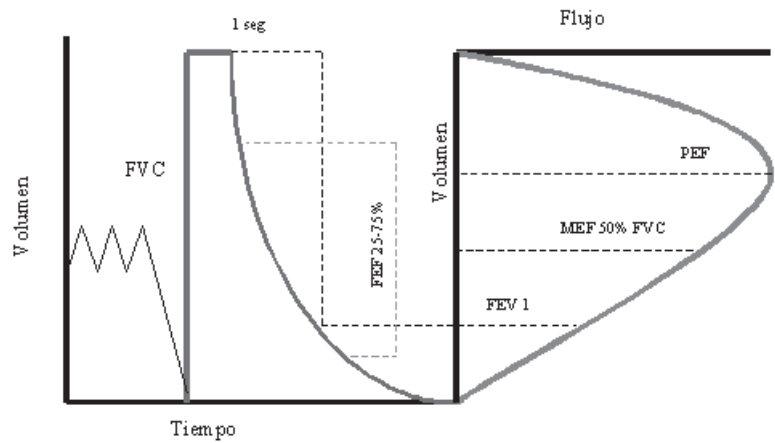


Fig. 2: Relación de las gráficas

Es importante recordar una característica fundamental de estas gráficas: salvo en su primera porción, la morfología es independiente de la voluntad del paciente, aunque varíe el esfuerzo que realice. Esto ocurrirá a partir del momento en que se igualen las presiones dentro y fuera de la vía aérea. Este dato es de una gran importancia en la práctica<sup>3</sup>.

## REQUISITOS MÍNIMOS

Para que un espirometría tenga validez debe cumplir una serie de requisitos desde el punto de vista técnico y de su realización<sup>3,4,5</sup>.

- Desde el punto de vista técnico deben utilizarse equipos que cumplan las normas de estandarización establecidas por los organismos científicos (SEPAR, ATS) que habitualmente cumplen y han de estar debidamente calibrados<sup>6</sup>.
- La maniobra de la realización debe cumplir los siguientes requisitos:
  - Comienzo brusco y expulsión continuada hasta alcanzar un flujo cero (menor de 25 ml/seg) incentivando al paciente para que el esfuerzo sea máximo. Si no se consiguiera se efectuará la medida del FEV<sub>1</sub> y FEF<sub>25/75</sub> por extrapolación retrógrada de la curva de volumen/tiempo<sup>4</sup>. El volumen extrapolado no deberá exceder el 5% respecto al valor de la FVC ó 150 ml para ser considerado válido<sup>4,5</sup>.
  - El tiempo de espiración debe de ser de 6 segundos como mínimo.
  - No debe producirse amputación al final de la espiración

- La calidad de la realización debe ser constatada mediante el análisis gráfico de la espirometría; es imprescindible para detectar fallos en la realización y saber si la maniobra ha sido correcta.
- Son precisas al menos dos maniobras cuya variabilidad de FVC y FEV<sub>1</sub> sea menor del 5% o 200 ml.

Hasta no cumplir estos requisitos no debemos realizar la interpretación de la prueba, dándola por no válida<sup>4</sup>.

## PARÁMETROS

- Capacidad vital forzada (Forced Vital Capacity) (FVC): volumen de aire expulsado mediante una espiración forzada
- Volumen espiratorio máximo espirado en el primer segundo (Forced Expiratory Volume) (FEV<sub>1</sub>): volumen de aire expulsado en el primer segundo de la espiración forzada.
- Relación FEV<sub>1</sub>/FVC: relación porcentual entre FEV<sub>1</sub> y FVC. No debe ser confundido con el índice de Tiffeneau (relación FEV<sub>1</sub>/VC), dado que en circunstancias patológicas la FVC puede ser inferior a la VC debido al colapso dinámico de la vía aérea.
- Flujo espiratorio máximo entre el 25% y el 75% de la FVC (Forced Expiratory Flow 25-75) (FEF<sub>25/75</sub>): relación entre el volumen expulsado entre el 25% y 75% de la FVC y el tiempo que se ha tardado en expulsarlo.
- Flujo espiratorio máximo o flujo pico (Peak Expiratory Flow) (PEF): máximo flujo conseguido durante la espiración forzada.

TABLA 1  
PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS

PARAMETRO	INDICA:	MODO DE EXPRESION	
FVC	VOLUMEN	L ó ml	% del valor de referencia
FEV1	FLUJO	L ó ml/seg	% del valor de referencia
FEV1/FVC	VALOR ABSOLUTO	% simple	
PEF	FLUJO	L ó ml/seg	% del valor de referencia
FEV 25-75%	FLUJO	L ó ml/seg	% del valor de referencia

## EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de la espirometría deben expresarse en forma numérica y gráfica. Para la expresión numérica suelen utilizarse tres columnas: en la primera se anotan los valores de referencia para cada variable, en la segunda, los valores obtenidos en el paciente, y en la tercera, el porcentaje de los valores medidos con relación a los de referencia. Para la representación gráfica es mejor el trazado de flujo/volumen, con el bucle completo.

No existe un valor único para los diferentes parámetros de la espirometría. A partir de estudios epidemiológicos se han hecho ecuaciones de predicción para los diferentes parámetros espirométricos a través de las cuales obtenemos los valores de referencia que varían en razón de sexo, edad, talla, raza y peso del paciente (7).

Los valores de la espirometría se pueden expresar como valor absoluto o en porcentaje sobre el valor teórico de referencia. Se considerarán patológicos cuando se encuentren por debajo de los valores que se establecen como normales. Estos valores son distintos para los diferentes parámetros estudiados. Para FVC y FEV<sub>1</sub> el 80%; para FEV<sub>1</sub>/FVC entre el 70 y el 85% y para el FEF<sub>25/75</sub> el 60%.

Es importante recordar que, aunque para el diagnóstico es importante el porcentaje sobre el valor de referencia, para el seguimiento y evolución de los pacientes enfermos son importantes los valores absolutos y sus variaciones<sup>1,8</sup>.

## INTERPRETACIÓN CLÍNICA

El análisis de la espirometría nos permite establecer la existencia o no de una alteración ventilatoria significativa (Fig. 3) y, caso de existir, clasificarlas en tres tipos: obstructiva, restrictiva y mixta.

### Alteración ventilatoria obstructiva

Se produce en las enfermedades que cursan con limitación al flujo aéreo, bien causada por aumento de la resistencia de la vía aérea, como es el caso de la EPOC o el asma, o por disminución de la retracción elástica del pulmón, como ocurre en el enfisema, o por la combinación de ambas causas.

La gráfica espirométrica de estos pacientes adquiere una forma característica con disminución del pico máximo y retardo en la caída.

Se caracteriza por disminución de FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC (el valor hallado ha de ser menor del 70%) y FEV<sub>25/75</sub>%. La FVC se encontrará normal o ligeramente disminuida. Dependiendo de la intensidad de la alteración se establecen los grados de gravedad de la obstrucción según la clasificación propuesta por el American Collage of Chest Physicians limitada a FEV<sub>1</sub> y FVC<sup>3</sup> (Tabla 2)

TABLA 2  
INTERPRETACIÓN

OBSTRUCCION		RESTRICCIÓN	
PARÁMETROS		PARÁMETROS	
FVC	Normal o ligeramente disminuido	FVC	Disminuido (<80%)
FEV 1	Disminuido (<80%)	FEV 1	Normal o ligeramente disminuido
FEV1 /FVC	< 70%	FEV1 /FVC	> 85%
FEF25-75	Disminuido (<60%)	FEF25-75	Normal o disminuido
GRADO DE ALTERACIÓN		GRADO DE ALTERACIÓN	
Ligero	FEV1 65-80% ref	Ligero	TLC 70-80% referencia
Moderado	FEV1 50-64% ref	Moderado	TLC 60-70% referencia
Severa	FEV1 35-49% ref	Severo	TLC < 60% referencia
Muy severa	FEV1< 35% ref		

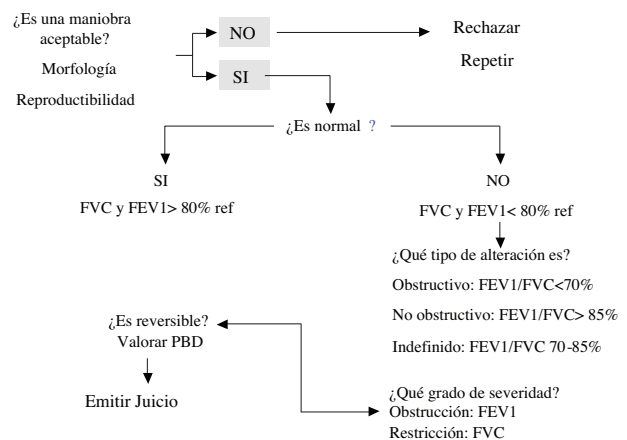


Fig. 3: Interpretación de la espirometría

*Alteración ventilatoria restrictiva*

Se produce en las enfermedades que cursan con disminución del volumen pulmonar que puede ser debida a alteraciones del parénquima pulmonar, de la caja torácica o de la musculatura respiratoria y su innervación.

La gráfica espirométrica muestra una disminución global de tamaño con una morfología normal.

Se caracteriza por disminución de la FVC y aumento de la relación  $FEV_1/FVC$  (ha de ser mayor del 85%). Los flujos pueden estar normales o ligeramente disminuidos.

En la alteración restrictiva es donde los volúmenes estáticos aportan datos suplementarios valorables. Según la intensidad de la alteración se establecen los grados de gravedad de la restricción<sup>3,4</sup>. (TABLA 2)

*Alteración ventilatoria mixta*

Se mezclan características de los dos patrones anteriormente comentados. Para saber con más precisión el grado de alteración de cada componente debemos utilizar los volúmenes pulmonares estáticos.

**INDICACIONES**

- Detección y evaluación de la disfunción. Rastreo de enfermedades obstructivas crónicas desde sus fases iniciales.
- Evaluar la capacidad respiratoria ante la presencia de síntomas relacionados con la respiración (tos, expectoración, disnea, sibilancias, etc.) o signos de enfermedad (malformaciones torácicas, radiografía de tórax alterada, etc.). Control evolutivo de la enfermedad. Para ello utilizaremos fundamentalmente valores absolutos
- Monitorización del tratamiento. Las espirometrías seriadas nos van a permitir valorar la eficacia del tratamiento
- Evaluación preoperatoria, fundamental en pacientes con historia de tabaquismo, sintomatología respiratoria o procesos patológicos respiratorios establecidos
- Valoración de incapacidad laboral
- Estudio de hiperreactividad bronquial (HRB) presente en muchas enfermedades respiratorias, fundamentalmente asma y EPOC
- Detección de estenosis de vías altas (laringe y tráquea), tanto por afectación intratorácica como extratorácica.
- Valoración de la afectación respiratoria de enfermedades de otros órganos o sistemas.

**CONTRAINDICACIONES**

- Imposibilidad de realización de maniobra correcta (niños, ancianos, estado físico o mental deteriorado, falta de colaboración).
- TBC pulmonar activa.
- Angor reciente.
- Neumotórax reciente.
- Desprendimiento de retina o cirugía de cataratas reciente.
- Como impedimentos relativos se cuentan la traqueostomía, en particular la que está mal cuidada, con exceso de secreciones, los problemas bucales, las hemiparesias faciales, y el caso raro en que la introducción de la boquilla provoca náuseas e intolerancia en el paciente.

**COMPLICACIONES**

- Broncoespasmo y accesos de tos
- Dolor torácico.
- Aumento de presión intracraneal.
- Neumotórax.
- Síncope.

**TEST DE BRONCODILATACIÓN**

Entendemos por hiperreactividad bronquial (HRB) la respuesta aumentada ante múltiples estímulos (debida a una disminución de umbral de respuesta del músculo liso bronquial ante dichos estímulos). Esa hiperrespuesta se expresa clínicamente como broncoespasmo.

La prueba broncodilatadora (PBD) consiste en la realización de una segunda espirometría 15 minutos después de la inhalación de un broncodilatador betaadrenérgico de acción rápida a dosis terapéuticas. La técnica es igual a la utilizada en la espirometría basal.

Estará indicada siempre que queramos valorar HRB o respuesta terapéutica a broncodilatadores. Hoy día se aconseja su incorporación rutinaria a la espirometría.

*Interpretación*

La consideraremos positiva cuando:

- FVC obtenga un aumento mayor de 7% del valor en la espirometría basal
- $FEV_1$  obtenga un aumento mayor de 11% del valor en la espirometría basal
- $FEF_{25/75}$  obtenga un aumento mayor de 35% del valor en la espirometría basal

La PBD es de gran especificidad pero de baja sensibilidad (1). Así pues es importante considerar que:

- una PBD positiva siempre habla de HRB (que habrá de valorarse a la luz de la información clínica)

- una PBD negativo no excluye la existencia de HRB (así mismo debe ser valorada con la clínica, pudiendo precisar otras pruebas de HRB inespecífica)

## TEST DE PROVOCACIÓN

Este test está indicado para el estudio de HRB en pacientes con clínica sugerente que presentan espirometría normal y PBD negativa. Pretende provocar un broncoespasmo controlado y detectable mediante la inhalación de diferentes sustancias o la realización de determinadas maniobras que tienen como consecuencia una acción broncoconstrictora conocida.

Según si el test investiga o no el agente etiológico específico que produce la HRB los test de provocación se clasifican en específicos e inespecíficos.

Los test específicos utilizan como estímulo el agente probablemente responsable de la etiología de la HRB (alergeno). Proporciona una información de tipo cualitativo y entraña riesgo en su hiperrespuesta inmediata o retardada, por lo que debe realizarse en adecuado ambiente hospitalario con las debidas precauciones.

Los test inespecíficos utilizan como estímulos sustancias farmacológicas (metacolina, histamina, adenosina, sustancias hiperosmolares) o agentes físicos (esfuerzo, aire frío y seco). Existe una buena correlación entre los distintos sistemas<sup>9,10,11</sup>. La información es sólo cuantitativa, es decir nos dice si existe HRB y, si es así, cuanta existe. La elección de una u otra sustancia va a depender de cada laboratorio, aunque el más extendido es el test de metacolina. En general existe buena correlación entre los diferentes test.

### Técnica

Para realizar este test se realiza una espirometría basal; posteriormente se administra la sustancia, o se realiza la maniobra, y se hace una nueva espirometría comparando los resultados.

Los parámetros habitualmente utilizados son el FEV<sub>1</sub>, muy reproducible y poco sensible o la conductancia específica (SGaw), muy sensible y poco reproducible, aunque se han utilizado otros como el V<sub>50</sub> o FEF<sub>25/75</sub> y otros<sup>12</sup>.

El más extendido es el test de metacolina y a él nos referiremos en adelante.

### Interpretación

En este test la respuesta puede establecerse de dos maneras: como dosis de provocación o como curva dosis-respuesta.

En el primer caso tendremos en cuenta la dosis de metacolina capaz de producir una broncoconstricción

significativa<sup>12,13,14</sup>. Esta dosis suele indicarse con las siglas PD (provocation dose) seguida de un número, a modo de índice que expresa el valor, en %, de caída de FEV<sub>1</sub> establecido como significativo para considerar la prueba positiva.

La aceptada PD<sub>20</sub> pondría de manifiesto la cantidad de metacolina necesaria para reducir un 20% el FEV<sub>1</sub> desde su valor basal. La dosis empleada suele expresarse como unidades inhalatorias (inhalación de una solución que contenga 1 mg de agente activo por ml). Cuanto más hiperreactivo es el individuo, más pequeña será la dosis necesaria para alcanzar el PD<sub>20</sub>.

Cuando se utiliza el valor de la Sgaw, que es más variable, se utiliza como porcentaje el 35%<sup>15</sup>.

En el segundo caso, si analizamos la curva dosis-respuesta, analizaremos la sensibilidad (dosis de provocación) y la reactividad (intensidad y progresión de la respuesta broncoconstrictora una vez que se ha desencadenado).

Los valores de referencia, dada la variabilidad de la metodología deben establecerse con exactitud en cada laboratorio. Es muy importante tener en cuenta que no existan factores que puedan alterar la HRB al realizar la prueba (betaadrenérgicos, anticolinérgicos, infecciones respiratorias, sensibilizantes externos,...)<sup>13,14</sup>.

La interpretación final del test sería la siguiente:

- una respuesta positiva confirma el diagnóstico de HRB. Recordar que se trata de un fenómeno muy inespecífico y plurietiológico (asma, EPOC, bronquiectasias, infecciones respiratorias, tóxicos, ...).
- una respuesta negativa indica que la HRB no es causa de los síntomas del paciente.

## INDICACIONES

1. Diagnóstico de pacientes con historia clínica indicativa de asma y cuya espirometría muestra valores de referencia normales o ligeramente obstructivos y test broncodilatador negativo.

2. Evaluación de la eficacia de medidas preventivas y terapéuticas en diversas enfermedades respiratorias que cursan con HRB: asma, EPOC, etc.

4. Estimación de la hiperrespuesta bronquial tras infección respiratoria o inmunización reciente.

5. Estudio del componente de hiperrespuesta bronquial en enfermedades de otros órganos o sistemas

6. Estudio de la hiperrespuesta secundaria al tabaco y otros irritantes (Ozono SO<sub>2</sub>, polivinilo, dimetiletanol amina).

7. Estudios epidemiológicos de agentes laborales y polucionantes. Valoración médico-laboral previa al empleo expuesto a TDI (disocianato de tolueno), pino rojo, etcétera.

**CONTRAINDICACIONES***Absolutas*

- Limitación basal al flujo aéreo severa (FEV1 < 40% valor referencia).
- Infarto de miocardio reciente (< 3 meses) o angor inestable.
- Accidente cerebrovascular reciente (< 3 meses).
- Enfermedad aneurismática arterial.
- Hipersensibilidad a la histamina o fármacos colinómiméticos (cuando se empleen dichos fármacos).
- Arritmia severa.

*Relativas*

- Obstrucción de la vía aérea inducida por las maniobras forzadas de la espirometría.

- Moderada limitación al flujo aéreo con FEV1 < 60% del valor de referencia.
- Asma agudizado.
- Hipertensión arterial no controlada.
- Infección reciente del tracto respiratorio superior (4-6 semanas).
- Embarazo.
- Epilepsia que requiere tratamiento.

**COMPLICACIONES**

Habitualmente son muy raras, pudiendo aparecer sobre todo por el frío y el esfuerzo: espasmos de glotis y coronario. Es de destacar la ausencia de complicaciones cuando se utilizan fármacos broncoconstrictores. Los mayores descensos en los parámetros espirométricos se observan en niños y en pacientes con clínica previa. El tratamiento con broncodilatadores de acción rápida es muy eficaz.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. GN. Agustí A. Función pulmonar aplicada. Editorial Mosby/Doyma, S.A. Barcelona 1995:16-42.
2. Procedimientos de evaluación de la función pulmonar SEPAR 2002. Luzán S, S.A. de Ediciones. Módulo 3: 84-7989-155-6.
3. Sanchis J, Casan P, Castillo J, González N, Palenciano L, Roca J. Normativa para la espirometría forzada. Recomendaciones SEPAR núm. 1. Barcelona: Ediciones Doyma S.A.; 1985. Arch Bronconeumol 1989; 25: 132-142.
4. American Thoracic Society. Standardization of spirometry 1994 update. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152: 1107-1136.
5. Quanjer PhH. Standardization of lung function tests-1993 update. Report working party for the European Community for Steel and Coal. Eur Respir J 1993; 5 Suppl 16: 195-213.
6. Casan P, Giner J, Miralda RM, Canet J, Navajas D, Sanchis J. Calibrador de espirómetros por descompresión explosiva. Arch Bronconeumol 1983; 19, 94-99.
7. Roca J, Sanchis J, Agustí-Vidal A, et al. Spirometric reference values for a mediterranean population. Bull Eur Physiopathol Respir 1986; 22: 217-224.
8. Snider GL, Kory RC, Lyons HA. Grading of pulmonary function impairment by means of pulmonary function tests. Dis Chest 1967; 52: 270-271.
9. Alan T. Aquilina. Comparison of airway reactivity induced by histamine, methacholine and isocapnic hyperventilation in normal and asthmatic subjects. Thorax 1983; 38: 766-770.
10. Heaton RW, Henderson AF, Castello JF. Cold air as bronchial provocation technique. Reproducibility and comparison with histamine and methacholine inhalation. Chest 1984; 86: 811-814.
11. Standardized challenged testing with pharmacological, physical and sensitivity stimuli in adults. Eur Respir J 1993; 6 (Supl 16): 53-83.
12. Guidelines for bronchial inhalation challenges with pharmacologic and antigenic agents. American Thoracic Society News Spring, 1980; 11-19.
13. Eiser NM, Kerrebijn KF, Quanjer Ph. Guidelines for standardization of bronchial challenges with nonspecific bronchoconstricting agents. Bull Europ Physiopath Resp 1983; 19: 495-514.
14. Sterk PJ, Fabbri LM, Quanjer PhH, Cockcroft DW, O'Byrne PM, Anderson SD et al. Airway responsiveness.
15. A Valencia Rodríguez, P Casan Clarà, M Perpiñá Tordera y MD Sebastián Gil. Recomendaciones SEPAR para las pruebas de provocación bronquial inespecífica. Arch Bronconeumol 1998; 34: 36-44.