



# 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*

# 2.1

## Interpretando la espirometría

- 9. Patrones espirométricos
- 10. Espirometría normal
- 11. Patrón obstructivo
- 12. Patrón restrictivo
- 13. Patrón mixto
- 14. Prueba broncodilatadora.  
Otras pruebas de hiperreactividad bronquial
- 15. Casos especiales
- 16. Orientación diagnóstica

# 9

## Patrones espirométricos

A la hora de interpretar una espirometría debemos tener en cuenta que sólo seremos capaces de hacerlo correctamente si tenemos muy presente que se trata de un método de ayuda al diagnóstico; la espirometría por sí sola no diagnostica nada, estando su interpretación en función de los datos clínicos que hayamos recabado del paciente. Por tanto, cuando una espirometría muestre una obstrucción, no diremos que el paciente tiene una obstrucción, sino que tiene un patrón obstructivo en la espirometría, que junto con la presencia de datos clínicos compatibles puede permitir diagnosticar un proceso obstructivo.

Lo anterior es especialmente cierto en el caso del patrón restrictivo, pues al no medir la espirometría forzada el volumen residual, no se puede en ningún caso afirmar la presencia de una restricción basándose únicamente en esta prueba; serían necesarias, además de la clínica compatible, otras pruebas como la ple-tismografía o la técnica de dilución con helio.

En cualquier caso, una vez que existe una sospecha clínica, la espirometría supone una inestimable ayuda para tratar de apoyar o confirmar el diagnóstico de presunción.

### CONCEPTOS DE OBSTRUCCIÓN Y RESTRICCIÓN

Si nos imaginamos un lavabo de un volumen determinado (por ejemplo, 10 litros), como el que se representa en la figura 1a, vemos fácilmente que al abrir el desagüe, el lavabo se vacía. El lavabo tarda en vaciarse

completamente un tiempo determinado, pongamos 5 segundos. Si recogemos en un recipiente la cantidad de agua que sale por el desagüe, al vaciarse completamente el lavabo podemos medir en el recipiente la capacidad del lavabo. Se trata, por tanto, de una medida de volumen, y nos da una idea estática del lavabo.

Si nosotros, una vez que el lavabo está lleno, abrimos durante un solo segundo el desagüe y ese líquido lo recogemos en un recipiente (fig. 1b), estamos midiendo el volumen que sale en un segundo, es decir, es una medida de flujo. Nos da una idea dinámica del funcionamiento del lavabo. También puede interesarnos saber qué porcentaje de la capacidad del lavabo sale en el primer segundo.

Pues bien, si en vez de un lavabo consideramos los pulmones, la medida de la capacidad recogida por espirometría sería la FVC, y la medida de flujo, el FEV<sub>1</sub>. El porcentaje sería la relación FEV<sub>1</sub>/FVC.

Imaginemos ahora que en el desagüe del lavabo se depositan pelos u otros detritus; el desagüe quedaría parcialmente obstruido (fig. 1c). Esa obstrucción deja todavía salir el agua, por lo que el lavabo podrá vaciarse completamente; pero tardará mucho más tiempo que si no existiese la obstrucción. Tiene, pues, un vaciamiento alargado.

De forma análoga, si sólo abrimos el desagüe durante un segundo, la cantidad de agua que saldrá en ese periodo será mucho menor que en condiciones normales; y la cantidad de agua que sale en el primer segundo represen-

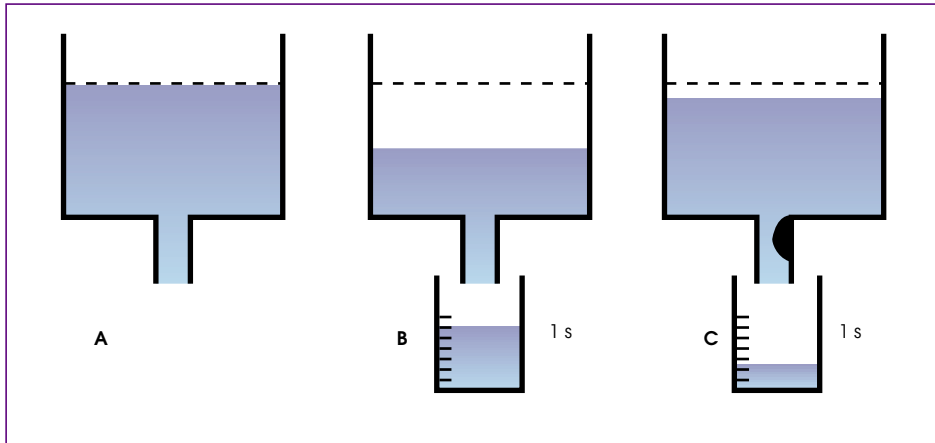


Fig. 1

tará un porcentaje de la capacidad total del lavado menor del que correspondería si no hubiese obstrucción.

Resulta fácil así comprender que en los procesos pulmonares obstructivos sucederá lo mismo: la FVC permanece normal ( $\geq 80\%$  de su valor teórico), si bien tarda más tiempo en alcanzarse (expiración alargada), mientras que el  $FEV_1$  estará disminuido ( $< 80\%$  de su valor teórico); como consecuencia de ambas circunstancias, la relación  $FEV_1/FVC$  estará disminuida (es decir, la cantidad de aire que sale en el primer segundo respecto al total de aire expulsado es menor cuando existe obstrucción). *Esta disminución de la relación  $FEV_1/FVC$  es lo que caracteriza a la obstrucción.*

El concepto de restricción es algo más complejo, pues implica una reducción de capacidad con una disminución proporcional de los flujos. O dicho de otra forma, la FVC está disminuida, lo que implica una menor presión de retracción elástica del pulmón, lo que a su vez condiciona que disminuya el  $FEV_1$ ; sin embargo, este último disminuye proporcionalmente a la disminución de la FVC, lo que

condiciona que la relación  $FEV_1/FVC$  se mantenga normal (es decir, si en el pulmón normal se expulsa el 75% de la FVC en el primer segundo, en la restricción también se expulsa el 75%, pero de una FVC menor).

Para comprenderlo mejor, pensemos en un globo hinchable de goma. Cuanto más volumen de aire metamos, más se distiende la goma y hay mayor fuerza de retracción, por lo que los flujos iniciales de salida serán altos. Si ese mismo globo lo hinchamos sólo hasta la mitad, la fuerza de retracción será menor y la velocidad de salida del aire también será menor, pero siempre en proporción al volumen que hayamos introducido (fig. 2).

Con todo lo anteriormente expuesto podemos deducir fácilmente las alteraciones que se presentan en cada uno de los patrones espirométricos.

### PATRONES ESPIROMÉTRICOS

(En la tabla I se resumen los patrones espirométricos).

Recordemos que consideramos normales los valores siguientes:

- $FVC \geq 80\%$  de su valor teórico.
- $FEV_1 \geq 80\%$  de su valor teórico.
- $FEV_1/FVC \geq 70\%$ .

### Patrón obstructivo

Existe un obstáculo a la salida del aire. Acordándonos del lavabo de la figura 1c, podemos deducir que tendremos una espiración alargada, por lo que se tardará más tiempo en alcanzar la FVC; el  $FEV_1$  estará disminuido (sale menos aire en el primer segundo) y el  $FEV_1/FVC$  estará igualmente disminuido, pues en el primer segundo se expulsa un menor porcentaje de la FVC que en condiciones normales. Por tanto, en la obstrucción tendremos:

- FVC normal.
- $FEV_1$  disminuido.
- $FEV_1/FVC$  disminuido.

Este tipo de patrón aparece en las enfermedades obstructivas, tales como el asma, EPOC, bronquiectasias, fibrosis quística, etcétera.

### Patrón restrictivo

Existe una disminución de la capacidad de los pulmones, bien sea por una alteración del parénquima pulmonar (fibrosis) o de la pared torácica, limitando su expansión (cifoescoliosis severa, parálisis muscular). Por tanto, se verá reducida la FVC, y proporcionalmente a ella, el  $FEV_1$ . Esta disminución proporcional lleva a que la relación  $FEV_1/FVC$  permanezca normal. Por tanto, en el patrón restrictivo tendremos:

- FVC disminuida.
- $FEV_1$  disminuido.
- $FEV_1/FVC$  normal.

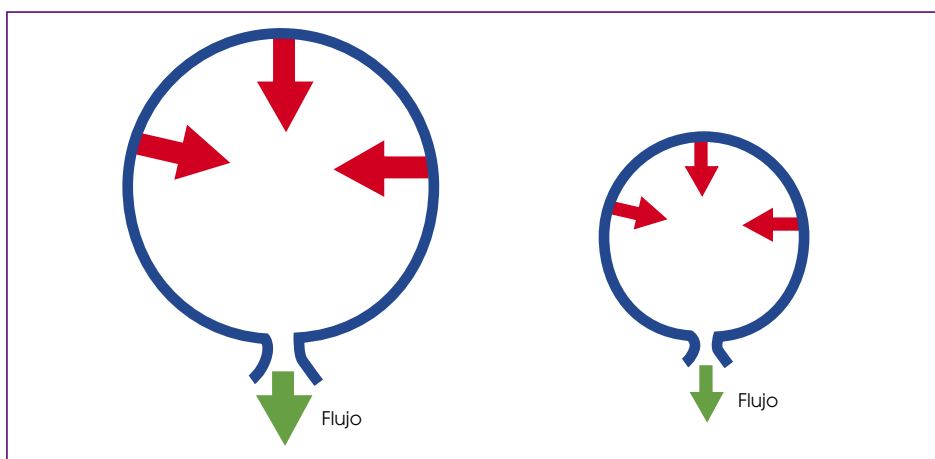


Fig. 2



En el patrón obstructivo están disminuidos el  $FEV_1/FVC$  y el  $FEV_1$ .



En el patrón restrictivo están disminuidos la FVC y el  $FEV_1$ , con el  $FEV_1/FVC$  normal.

Debemos recordar de nuevo que el hallazgo de un patrón restrictivo en la espirometría es sólo orientativo, y que la existencia de restricción pulmonar debe confirmarse, si se considera oportuno, mediante otras técnicas como la pletismografía.

Algunos procesos que pueden dar un patrón espirométrico restrictivo son la fibrosis pulmonar, enfermedades intersticiales, atelectasias, presencia de líquido en los alveolos, las amputaciones de parte del pulmón, las deformidades de la caja torácica como la cifoescoliosis, que limita la expansión del tórax, o las enfermedades neuromusculares, que causan una pérdida de fuerza de los músculos respiratorios.

#### Patrón mixto

El patrón mixto es una mezcla de los otros dos; es decir, combina la presencia de los indicadores de obstrucción y los de restricción. Así, en este patrón tendremos:

- FVC disminuida.
- $FEV_1$  disminuido.
- $FEV_1/FVC$  disminuido.

Este tipo de patrón aparece en aquellos procesos que combinan obstrucción y restricción, como por ejemplo la coincidencia en un

mismo paciente de una neumoconiosis y una EPOC, tal como puede verse con cierta frecuencia entre los mineros del carbón que además sean fumadores; también puede hallarse este patrón en algunos casos de insuficiencia cardíaca congestiva, fibrosis quística y bronquiectasias.

Sin embargo, este patrón aparece con mayor frecuencia en pacientes con una obstrucción grave sin enfermedad restrictiva asociada. Lo que sucede en estos casos es que se produce una hiperinsuflación dinámica del pulmón (ver capítulo 1) con atrapamiento aéreo, lo que hace que aumente el volumen residual y, por tanto, que el pulmón se comporte como si hubiera una restricción (restricción funcional) (ver fig. 2 del cap. 4). Para poder determinar esta circunstancia se debe hacer una espirometría simple para valorar la capacidad vital lenta (VC), que será mayor que la FVC y cercana a la normalidad.

#### FORMA DE LEER CORRECTAMENTE UNA ESPIROMETRÍA

Para poder interpretar correctamente una espirometría deben seguirse siempre unos pasos concretos, y en el mismo orden:

- 1.º *Mirar la forma y duración de las curvas:*



En el patrón mixto están disminuidos los tres parámetros ( $FEV_1/FVC$ , FVC y  $FEV_1$ ).

Leer una espirometría sin ver las curvas no sirve para nada, pues puede llevar a interpretar datos no válidos.

Se debe mirar si la curva es válida (duración correcta, esfuerzo adecuado, ausencia de artefactos...) y si es reproducible (ver capítulo 8). Valoraremos igualmente la forma de la curva para ver si nos orienta hacia alguno de los patrones espirométricos.

Para valorar las curvas, tanto las de volumen/tiempo como las de flujo/volumen son útiles, pero aportan mucha más información las de flujo/volumen.

2.º Leer los valores de las variables.

Debe empezarse por la relación FEV<sub>1</sub>/FVC, luego la FVC y por último el FEV<sub>1</sub>.



La obstrucción viene definida por la disminución de la relación FEV<sub>1</sub>/FVC, en tanto que la restricción lo es por la disminución de la FVC. Ello nos lleva a una secuencia lógica para leer los resultados numéricos de la espirometría:

- Primero, ver si existe obstrucción: mirar el FEV<sub>1</sub>/FVC.
- Luego, ver si existe restricción: mirar la FVC.
- Por último, ver el grado de afectación del FEV<sub>1</sub>.

**TABLA I**  
**Patrones espirométricos**

	FEV <sub>1</sub> /FVC	FVC	FEV <sub>1</sub>
<b>Obstructivo</b>	↓	Normal	↓
<b>Restrictivo</b>	Normal	↓	↓
<b>Mixto</b>	↓	↓	↓



Primero se debe mirar la forma y duración de las curvas; luego, leer los valores de los parámetros espiratorios (primero el FEV<sub>1</sub>/FVC, luego la FVC y por último el FEV<sub>1</sub>).

En ausencia de patología, la espirometría no muestra alteraciones, si bien en determinados sujetos puede haber algunas pequeñas variantes de la normalidad que no son patológicas.

Debe considerarse igualmente que, en sujetos sanos, los distintos parámetros presentan una variabilidad entre diferentes determinaciones de hasta un 5%.

#### CURVA DE VOLUMEN/TIEMPO

La curva de volumen/tiempo normal presenta una rápida subida en el primer segundo de la maniobra, para después suavizar el ascenso hasta alcanzar rápidamente la fase de meseta que marca la FVC (fig. 1).

Es importante señalar que, en sujetos deportistas, el desarrollo muscular incrementa la FVC más intensamente que el  $FEV_1$ , pudiéndose encontrar entonces una relación  $FEV_1/FVC$  falsamente reducida, lo que podría llevar a pensar erróneamente en obstrucción.

#### CURVA DE FLUJO/VOLUMEN

La curva de flujo/volumen muestra un rápido ascenso, casi vertical, hasta alcanzar el PEF (que debe alcanzarse en el primer 15% de la FVC, y debe durar al menos 10 ms). Posteriormente se produce un descenso del trazado en línea recta, con una pendiente mucho más suave que en la fase de ascenso; al final de la fase de descenso la pendiente se aplanan algo (finalización asintótica) hasta que

la curva corta el eje de volumen, marcando así la FVC (fig. 2).

En sujetos con mucha fuerza muscular, podemos encontrar un PEF muy elevado, dado que este tipo de personas logran generar flujos muy altos en la fase esfuerzo-dependiente de la curva; al llegar a la fase no dependiente del esfuerzo, los flujos se normalizan. Esta circunstancia produce en la curva de flujo/volumen de estas personas una especie de "capuchón" característico (fig. 3).

Es importante conocer esta variante, dado que la forma de la curva resultante, con el "capuchón" por un lado y la finalización asistólica por otro, puede hacer interpretar erróneamente el trazado como obstructivo.

Igualmente, en algunos sujetos jóvenes sanos puede aparecer una ligera "joroba" en la parte descendente de la curva, que no tiene significado patológico (fig. 4).

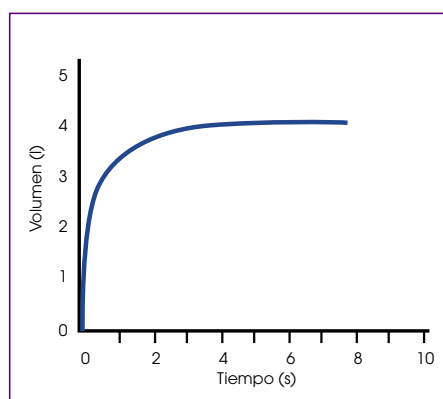
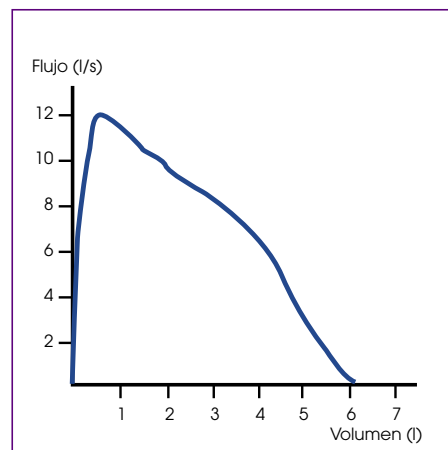
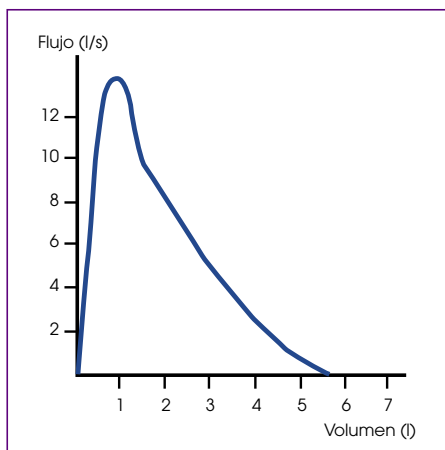
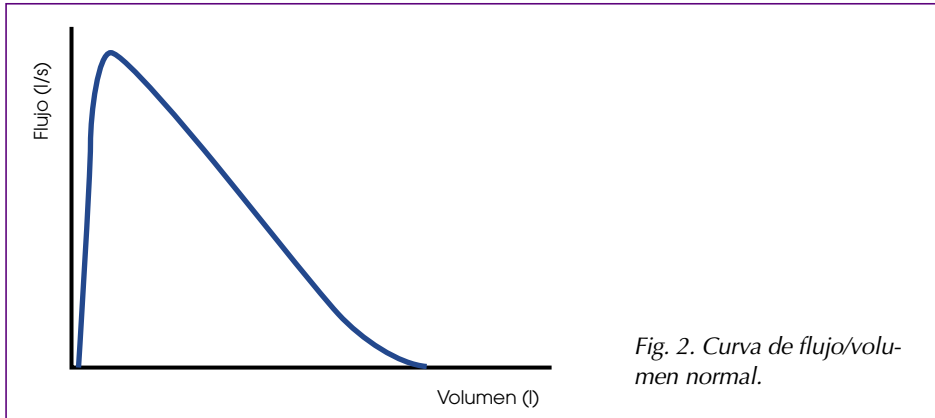


Fig. 1. Curva de volumen/tiempo normal.





### Valores espirométricos

Al tratarse de una espirometría normal, los parámetros considerados serán normales, es decir:

- $FEV_1/FVC \geq 70\%$ .
- $FVC \geq 80\%$  de su valor de referencia.

- $FEV_1 \geq 80\%$  de su valor de referencia.

Veamos a continuación algunos ejemplos de curvas normales (figs. 5, 6 y 7). Para acostumbrarnos al orden correcto para leer una espirometría, primero ponemos las curvas, y luego los resultados.

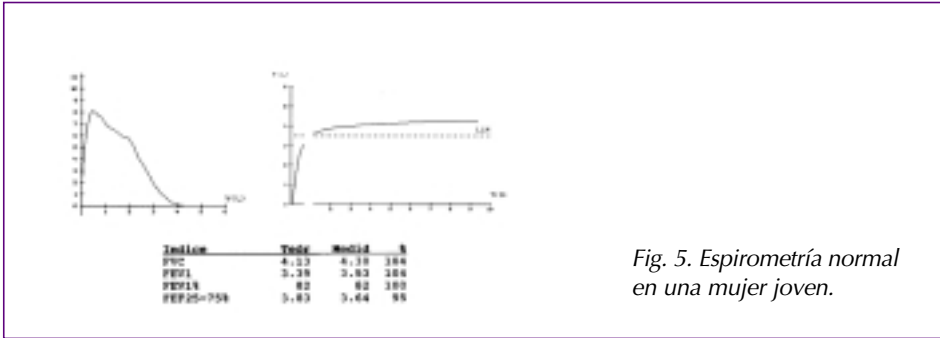


Fig. 5. Espirometría normal en una mujer joven.

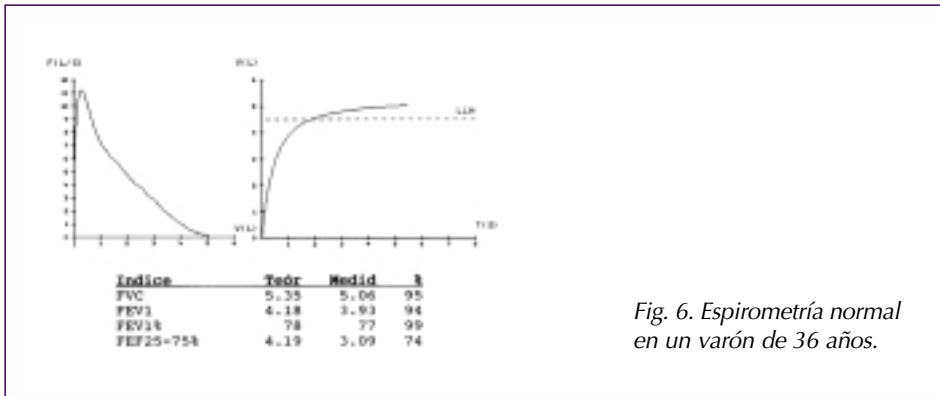


Fig. 6. Espirometría normal en un varón de 36 años.

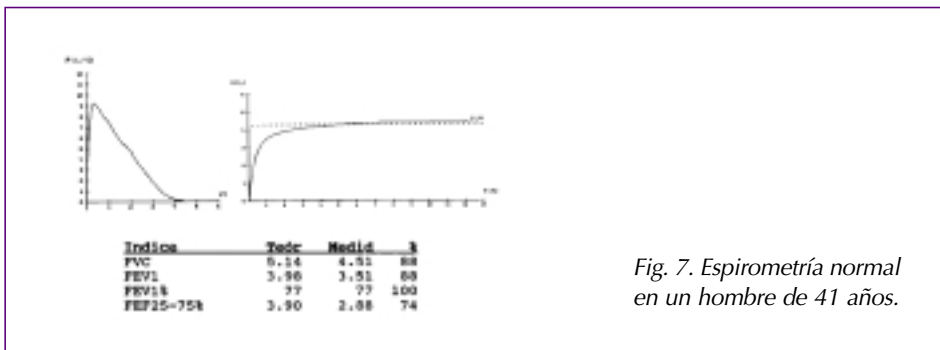


Fig. 7. Espirometría normal en un hombre de 41 años.

# 11

## Patrón obstructivo

En la patología obstructiva existe un obstáculo a la salida del aire contenido en los pulmones, lo que va a condicionar la existencia de menores flujos y un enlentecimiento de la salida del aire. Estos fenómenos serán tanto más acusados cuanto mayor sea el grado de obstrucción.

### CURVA DE VOLUMEN/TIEMPO

En este tipo de curva se aprecia perfectamente que el aire tarda más en expulsarse, lo que se manifiesta por una disminución de la pendiente de la curva (la curva se “desplaza” hacia la derecha). Como existe una espiración alargada, la fase de meseta no se alcanza o se alcanza muy tardíamente, alcanzándose la FVC mucho más tarde que en la curva normal (en casos de obstrucción grave puede tardar más de 12 segundos) (fig. 1).

La pendiente de la curva será tanto menor cuanto mayor sea el grado de obstrucción, alcanzándose más tarde la FVC (fig. 2).

Es esencial asegurarse de que el paciente ha realizado correctamente la maniobra, sin

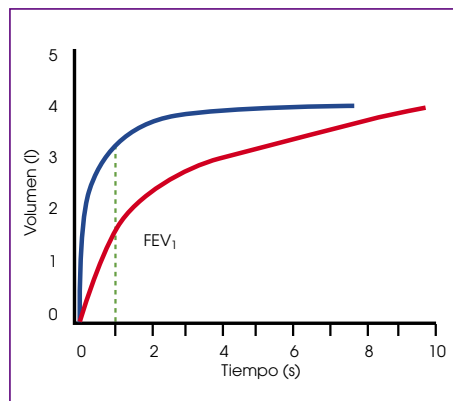


Fig. 1. Curva de volumen/tiempo obstructiva comparada con la curva normal.

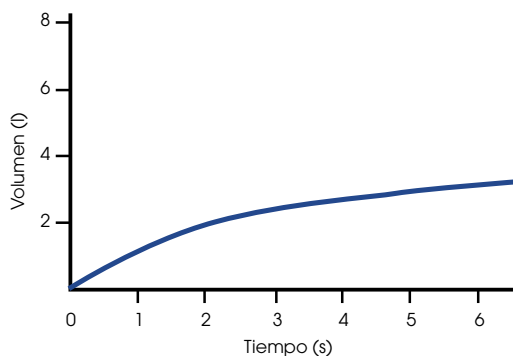


Fig. 2. Obstrucción grave en la curva de volumen/tiempo.

que haya habido una terminación prematura. El hecho de que algunos pacientes tengan una espiración muy alargada hace que, si cortamos la maniobra antes de tiempo, el valor de la FVC obtenido sea más bajo que el real, por lo que podríamos valorar que existe restricción asociada cuando esto no es así en realidad (fig. 3).

### CURVA DE FLUJO/VOLUMEN

La fase esfuerzo-dependiente de la curva de flujo/volumen es similar a la normal, es decir, tiene un ascenso rápido de los flujos hasta alcanzar el PEF; éste estará disminuido en relación directa con el grado de obstrucción. Al llegar a la fase no esfuerzo-dependiente, la parte descendente de la curva muestra una concavidad hacia arriba, que será tanto más pronunciada cuanto mayor sea el grado de obstrucción. Finalmente, la última parte de la curva muestra una pendiente muy suave hasta cortar el eje de volumen. Esta última será más larga cuanto mayor sea el grado de obstrucción (figs. 4 y 5).

La concavidad de la fase descendente de la curva de flujo/volumen se debe a la com-

presión dinámica del *downstream* (ver capítulo 1), es decir, de la parte de las vías aéreas que se encuentran por detrás del punto de igual presión (PIP). Cuanto mayor sea el grado de obstrucción, más cerca del alveolo se encontrará el PIP, produciéndose la compresión en una zona más cercana y con menos cartilago, y los flujos caerán de una manera más acusada.

### VALORES ESPIROMÉTRICOS

Lo que define la obstrucción es el enlentecimiento de la salida del aire; eso significa que en el primer segundo de la maniobra saldrá un menor porcentaje de aire que en condiciones normales. Sin embargo, aun tardando más tiempo de lo normal, se alcanza a expulsar todo el aire. Así pues, en el patrón obstructivo tendremos:

- $FEV_1/FVC < 70\%$ .
- $FVC \geq 80\%$  de su valor de referencia.
- $FEV_1 < 80\%$  de su valor de referencia.

(Ver resumen en la tabla I).

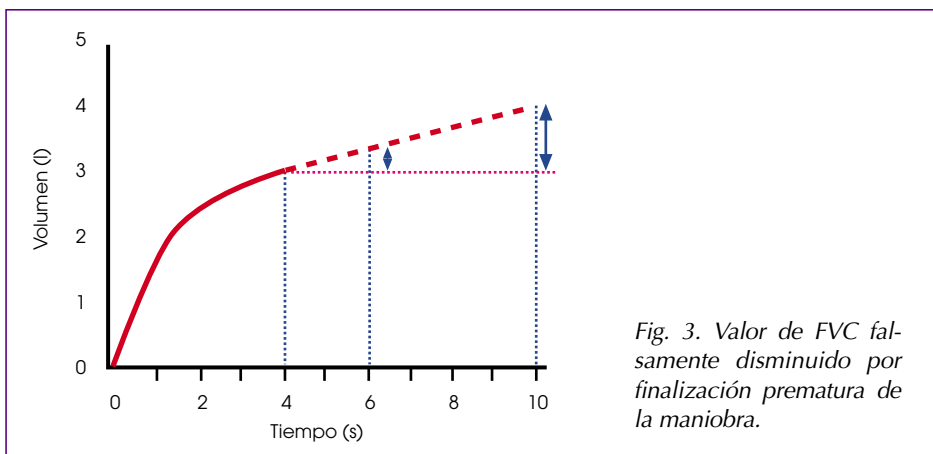
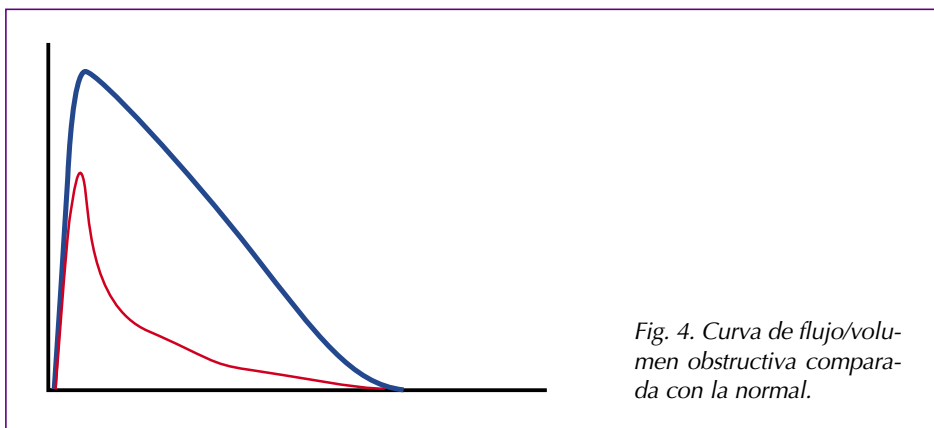


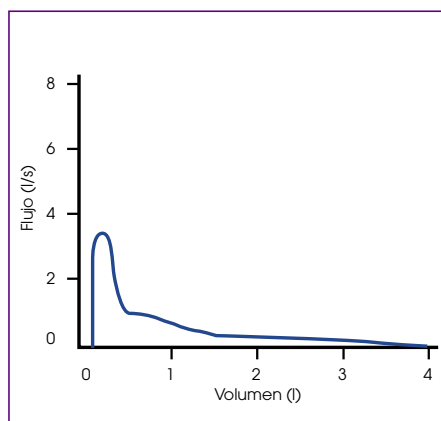
Fig. 3. Valor de FVC falsamente disminuido por finalización prematura de la maniobra.



También estará disminuido el PEF, tanto más cuanto mayor sea el grado de obstrucción.

El  $FEV_1$  nos sirve para cuantificar la gravedad de la obstrucción (ver tabla I del cap. 4) y para hacer el seguimiento de estos pacientes, comprobando la pérdida anual de  $FEV_1$ . En sujetos no fumadores o exfumadores, la pérdida anual de  $FEV_1$  es de unos 25 ml al año; pero en fumadores esa pérdida puede ser del doble o más. Es, pues, un parámetro importante para el seguimiento de pacientes con EPOC.

Lo ideal para el seguimiento es referir los objetivos al mejor valor de  $FEV_1$  del propio paciente, y no al  $FEV_1$  teórico.



**TABLA I**  
**Patrón obstructivo**

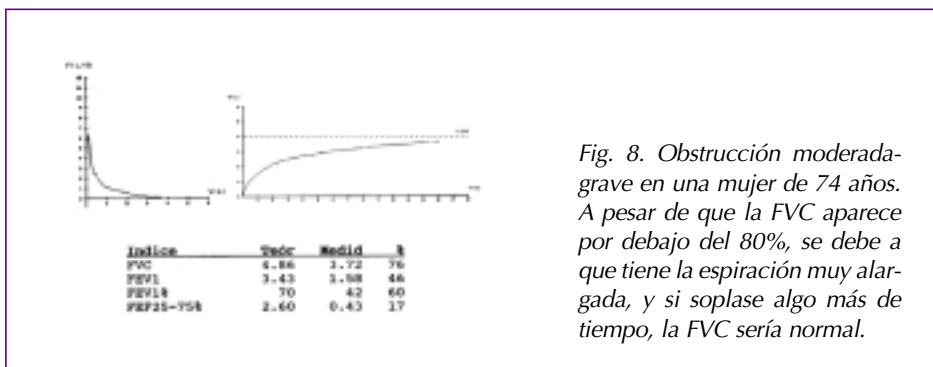
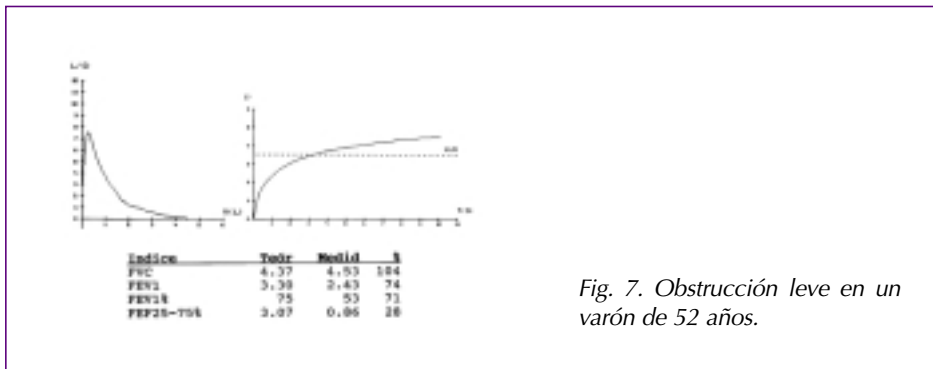
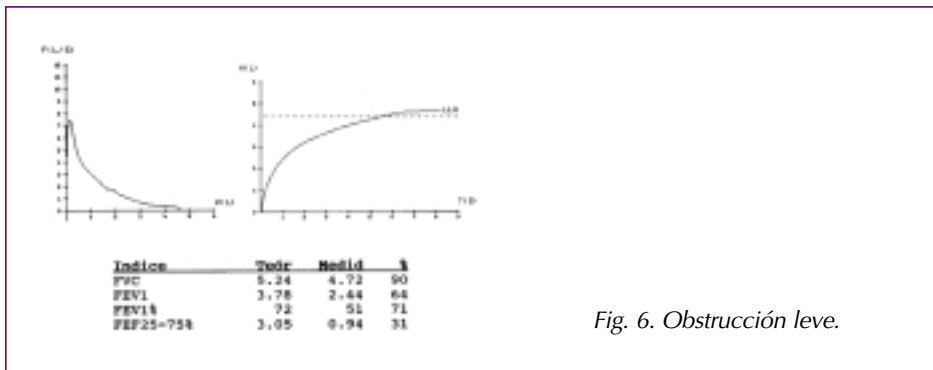
	$FEV_1/FVC$	FVC	$FEV_1$
<b>Obstructivo</b>	↓	Normal	↓
<b>Restrictivo</b>	Normal	↓	↓
<b>Mixto</b>	↓	↓	↓

### III

## Interpretando la espirometría

Veamos a continuación algunos ejemplos de curvas con patrón obstructivo (figs. 6, 7 y 8). Para acostumbrarnos al orden

correcto para leer una espirometría, primero ponemos las curvas y luego los resultados.



La restricción supone una incapacidad para mover la misma cantidad de aire que en circunstancias normales. Puede deberse a causas pulmonares (fibrosis, amputación quirúrgica de parte de un pulmón, atelectasias, ocupación de espacios alveolares por líquido...) o bien a causas relacionadas con la pared torácica que impidan la correcta expansión de la misma (cifoescoliosis severa, problemas neuromusculares...).

Cualquiera que sea la causa, el resultado es que se moviliza menos aire en los pulmones, lo que condiciona que los flujos generados se reduzcan en la misma proporción. Por tanto, la proporción de aire que sale en el primer segundo respecto del total permanece normal.

#### CURVA DE VOLUMEN/TIEMPO

La principal característica del patrón restrictivo es la limitación de la FVC, lo que condiciona que el FEV<sub>1</sub> se reduzca en parecida proporción. Así pues, la curva de volumen/tiempo será similar a una normal, pero con volúmenes reducidos; es decir, será como una curva normal "en miniatura" (fig. 1).

En este caso, el grado de la restricción viene dado por la limitación de volumen; por tanto, la curva será más pequeña cuanto mayor grado de restricción exista (fig. 2).

Es muy importante que la maniobra espiratoria esté bien realizada y colaborada, especialmente en lo tocante a su duración; si la duración es insuficiente, podemos encontrarnos con una FVC falsamente baja que nos haga interpretar como restrictiva una curva que no lo es.

#### CURVA DE FLUJO/VOLUMEN

Al igual que sucede en el caso de la curva de volumen/tiempo, la curva de flujo/volumen tiene una forma similar a la normal, pero más picuda. Tiene un rápido ascenso hasta llegar al PEF, que estará disminuido, y un descenso en línea recta hasta cortar el eje de volumen, marcando así la FVC (fig. 3).

Como puede verse, la curva es parecida a la normal, pero más estrecha por la disminución de la FVC, lo que le da su característico aspecto picudo. Como en el caso anterior, la curva será más estrecha cuanto mayor sea el grado de restricción (fig. 4).

Debe comprobarse en la curva de flujo/volumen que no existe una finalización temprana de la espiración, para no obtener valores falsamente reducidos de FVC.

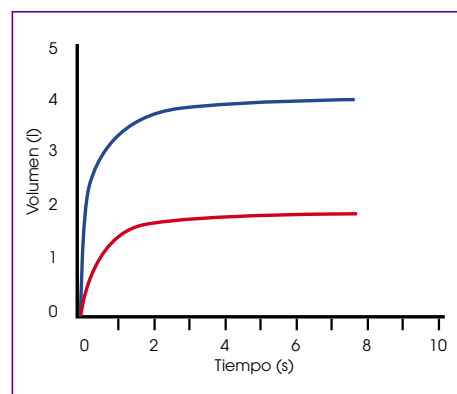
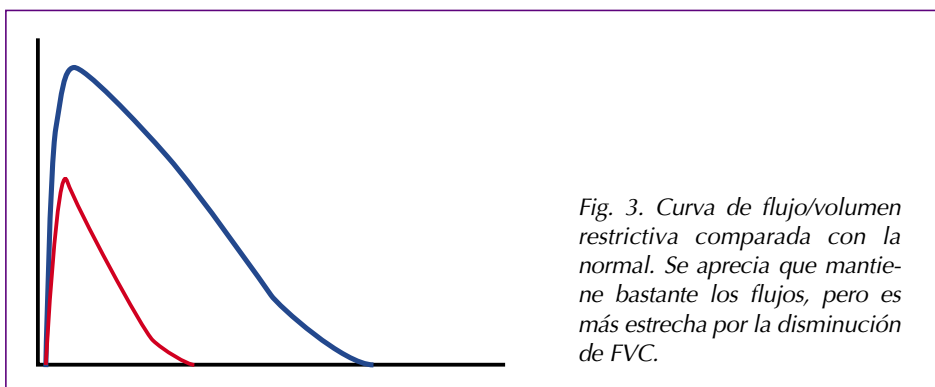
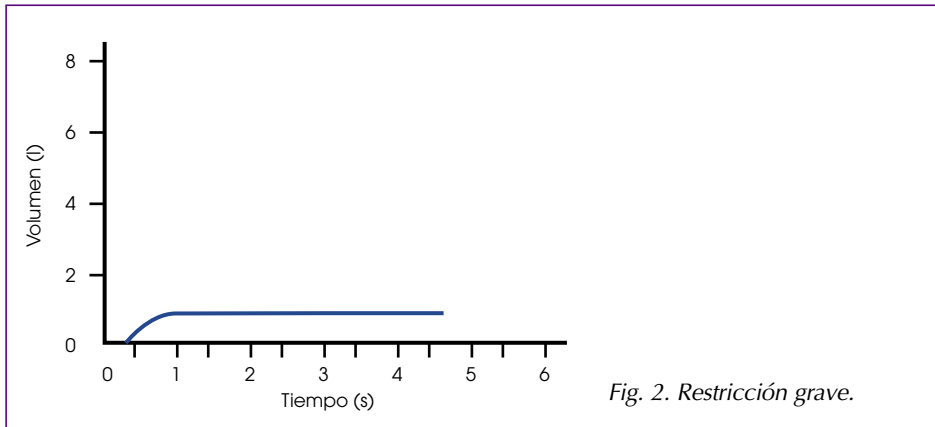


Fig. 1. Curva de volumen/tiempo restrictiva comparada con la normal.

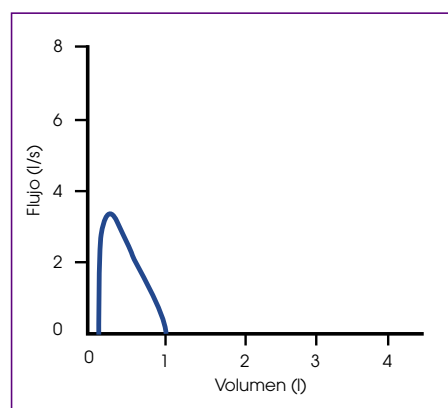


### VALORES ESPIROMÉTRICOS

El dato característico de la restricción es la limitación de la capacidad vital con una reducción proporcional de los flujos; esto condiciona que la proporción de aire que sale en el primer segundo respecto al total permanezca normal. Por tanto, en el patrón restrictivo tendremos:

- $FEV_1/FVC \geq 70\%$ .
- $FVC < 80\%$  del valor de referencia.
- $FEV_1 < 80\%$  del valor de referencia.

(Ver resumen en la tabla I).





Debemos señalar nuevamente que la existencia de un patrón restrictivo no permite afirmar que exista restricción, ya que desconocemos el volumen residual (la capacidad vital puede estar reducida por aumento del volumen residual). Para hacer, pues, un diagnóstico de enfermedad restrictiva sería necesario utilizar

otras técnicas, como la pletismografía o la dilución con helio.

Veamos a continuación algunos ejemplos de curvas con patrón restrictivo (figs. 5, 6 y 7). Para acostumbrarnos al orden correcto para leer una espirometría, primero ponemos las curvas y luego los resultados.

**TABLA I**  
**Patrón restrictivo**

	FEV <sub>1</sub> / FVC	FVC	FEV <sub>1</sub>
Obstrutivo	↓	Normal	↓
<b>Restrictivo</b>	Normal	↓	↓
Mixto	↓	↓	↓

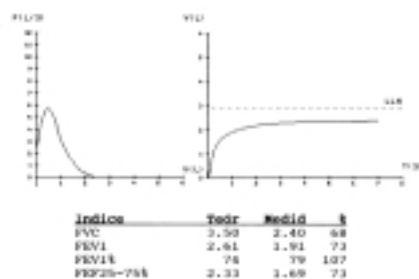


Fig. 5. Patrón restrictivo en una mujer de 57 años. Nótese la curva de flujo/volumen más estrecha.

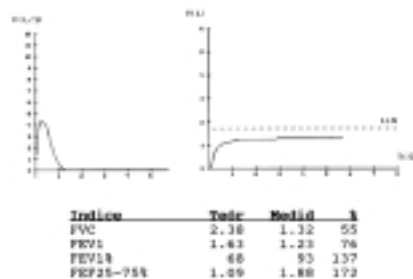
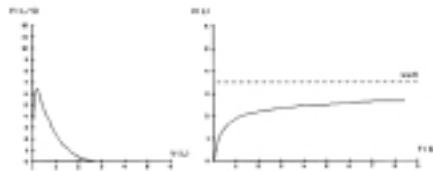


Fig. 6. Patrón restrictivo en una mujer de 76 años.

### III

## Interpretando la espirometría



Indice	Valor	Medida	%
FVC	4.24	2.99	62
FEV1	3.15	3.99	63
FEV1/FVC	72	72	101
FEF25-75%	2.90	3.96	43

Fig. 7. Patrón restrictivo en un varón de 68 años.

El patrón mixto combina los hallazgos del patrón obstructivo con los del patrón restrictivo. Se produce, pues, una limitación de capacidad con una obstrucción que genera una limitación en los flujos mayor que la que correspondería a la que aparece en la restricción. Encontraremos así una espiración alargada, una limitación del flujo aéreo y una limitación de la capacidad vital.

La aparición de un patrón mixto puede darse en pacientes en los que coexisten dos patologías, una obstructiva y otra restrictiva; un ejemplo sería un paciente con una neumoconiosis o una fibrosis, que además fuese fumador y hubiera desarrollado una EPOC. Puede encontrarse también este patrón en algunas enfermedades que originan, en fases más o menos avanzadas, tanto restricción como obstrucción, como puede ser la fibrosis quística.

Sin embargo, la causa más frecuente de aparición de un patrón mixto en la espirometría es un paciente con una obstrucción grave, en el cual se produce un fenómeno de atrapamiento aéreo que provoca la amputación funcional de una parte del pulmón, reduciéndose la FVC.

#### CURVA DE VOLUMEN/TIEMPO

La curva de volumen/tiempo presenta un tamaño reducido, por la disminución de la FVC, tal como sucede en el patrón restrictivo; pero además la curva tiene un ascenso lento (se "tumba" a la derecha) y tarda en alcanzar la FVC (espiración alargada), tal como sucede

en la curva obstructiva. De hecho, podemos decir que la curva del patrón mixto es como una obstructiva "en miniatura" (figs. 1 y 2).

#### CURVA DE FLUJO/VOLUMEN

Al igual que la curva de volumen/tiempo, la curva de flujo/volumen del patrón mixto tiene un tamaño reducido y una morfología obstructiva: rápido ascenso hasta alcanzar el PEF (que está reducido) y descenso más lento con una concavidad hacia arriba, finalizando con tendencia asintótica al eje de volumen. Como en el caso anterior, es una curva obstructiva "en miniatura" (figs. 3 y 4).

#### VALORES ESPIROMÉTRICOS

Obtendremos datos tanto de limitación del flujo aéreo como de restricción. Así pues, en el patrón mixto puede verse:

- $FEV_1/FVC < 70\%$ .
- $FVC < 80\%$  del valor de referencia.
- $FEV_1 < 80\%$  del valor de referencia.

(Ver resumen en la tabla I).

Es muy importante asegurarnos de que la maniobra está bien realizada y no hay terminación prematura, pues en caso contrario podríamos haber medido una FVC falsamente disminuida, lo que nos llevaría a pensar en restricción cuando realmente no existe.

Al igual que en el caso del patrón restrictivo, para confirmar la existencia de restricción debe-

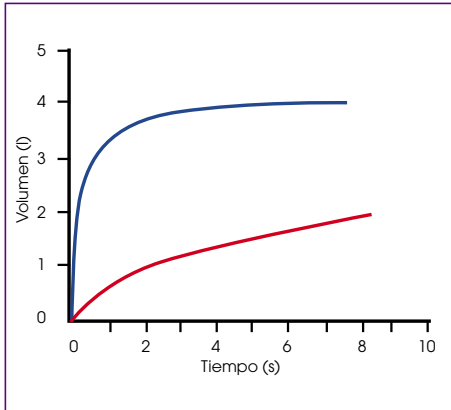


Fig. 1. Curva de volumen/tiempo con patrón mixto, comparada con la curva de volumen/tiempo normal.

ríamos completar los estudios con otras técnicas como la pletismografía; sin embargo, existe un método para tratar de averiguar si el patrón mixto es real (es decir, existe una restricción anatómica) o se trata sólo de un patrón obstructivo con hiperinsuflación y atrapamiento aéreo. Para ello realizamos una espirometría simple, pues la maniobra de VC lenta no provoca el cierre del *downstream* (ver capítulo 1) y nos dará el verdadero valor de la VC; si ésta es normal, podemos afirmar que no existe restricción, sino sólo obstrucción (ver fig. 2 del cap. 4).

Veamos algunos ejemplos de curvas con patrón mixto (figs. 5, 6 y 7). Para acostumbrarnos al orden correcto para leer una espirometría, primero ponemos las curvas y luego los resultados.

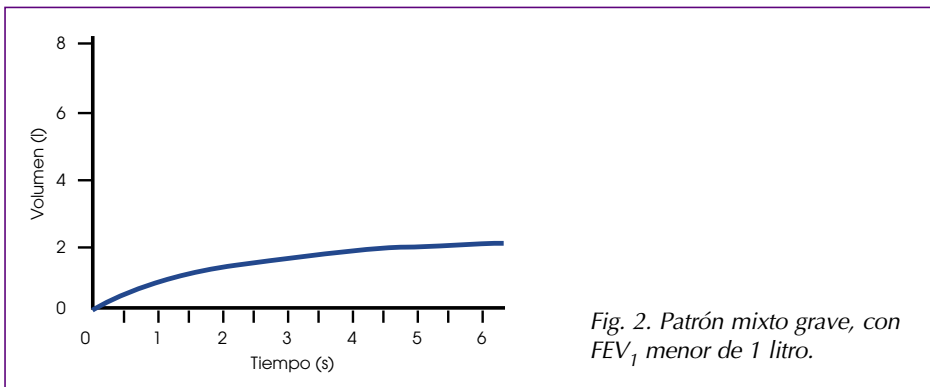
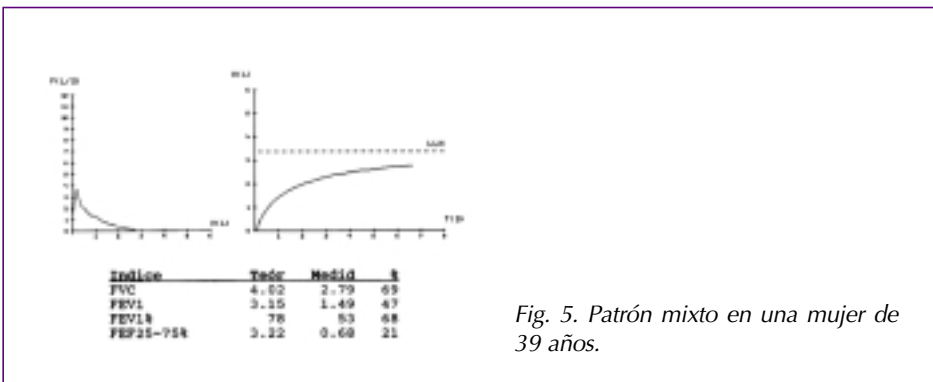
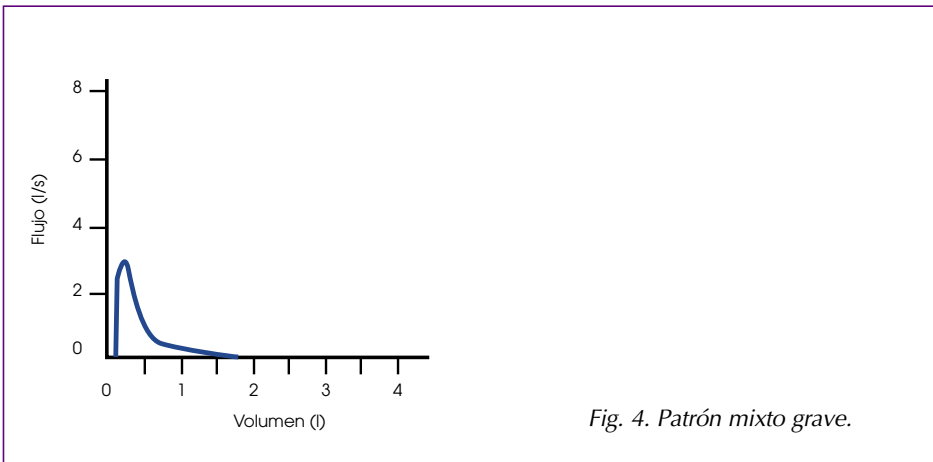
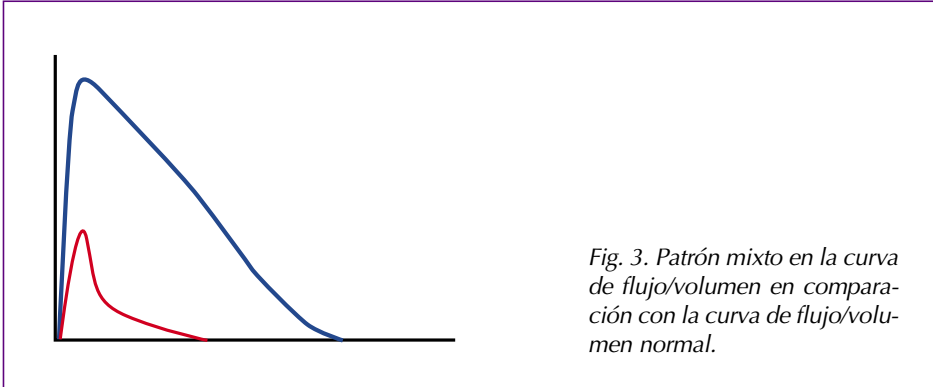


Fig. 2. Patrón mixto grave, con  $FEV_1$  menor de 1 litro.

TABLA I  
Patrón mixto

	$FEV_1 / FVC$	FVC	$FEV_1$
Obstructivo	↓	Normal	↓
Restrictivo	Normal	↓	↓
<b>Mixto</b>	↓	↓	↓



### III

## Interpretando la espirometría

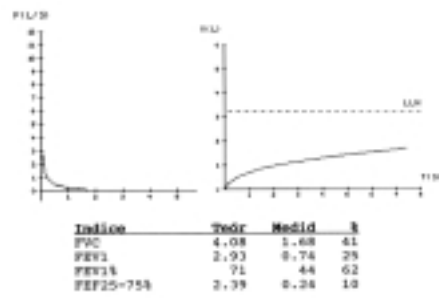


Fig. 6. Varón de 67 años con patrón mixto grave.

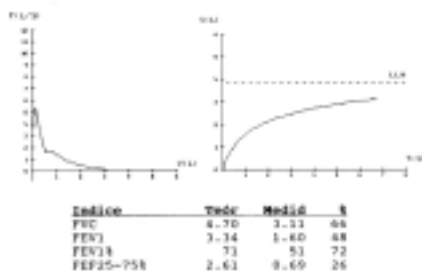


Fig. 7. Patrón mixto en un varón de 71 años y 1,74 m de estatura.

# 14

## Prueba broncodilatadora. Otras pruebas de hiperreactividad bronquial

### PRUEBA BRONCODILATADORA (PBD)

La *prueba broncodilatadora (PBD)* es el test más sencillo de los usados en clínica para medir la *hiperreactividad bronquial (HRB)*.

Básicamente, la PBD consiste en realizar una espirometría basal, administrar a continuación un broncodilatador inhalado y repetir nuevamente la espirometría al cabo de unos minutos; con ello se puede poner de manifiesto si revierte o no la obstrucción bronquial.

Es una técnica muy sencilla que puede y debe ser usada por todos los profesionales que atienden pacientes con patología respiratoria; no requiere ningún tipo de aparataje especial ni conlleva riesgos para el paciente, es fácilmente interpretable y es imprescindible para el diagnóstico de los cuadros respiratorios que cursan con obstrucción de la vía aérea.

En circunstancias normales, en sujetos sanos, el calibre de las vías aéreas no siempre es el mismo, sino que es cambiante en diferentes momentos del día y en distintas

ocasiones; a esto se le denomina *variabilidad intraindividual*.

Usando placebo en pacientes normales se consigue una reversibilidad de hasta el 10% para el FEV<sub>1</sub> y 5% para la FVC, y además se debe tener en cuenta que la variabilidad de los resultados también va a depender de las circunstancias y del técnico que realice la prueba.

Mediante la PBD se trata de medir la variabilidad aumentada por encima de las variaciones normales de cada individuo.

### Técnica de realización

Se darán las mismas instrucciones previas a la realización de la espirometría que ya se han expuesto en los capítulos 6 y 7.

Es muy importante que el paciente sea informado correctamente de qué tipo de fármacos debe evitar y desde cuánto tiempo antes, para impedir que interfieran con la medición de los parámetros respiratorios (tabla I).

## i

### Hiperreactividad bronquial (HRB)

Es la respuesta excesiva de la vía aérea a diversos tipos de estímulos, específicos o inespecíficos, que se manifiestan clínicamente en el paciente con los síntomas propios de la obstrucción bronquial: tos, sibilancias, disnea, etc. La HRB es muy característica del asma, aunque no es específica, puesto que puede presentarse en otras patologías obstructivas, como la EPOC, la fibrosis quística, la rinitis alérgica o la insuficiencia cardiaca congestiva.

**TABLA I**  
**Tiempo mínimo que debe dejarse transcurrir entre la toma de fármacos y una espirometría**

Fármaco	Tiempo de abstinencia recomendado	Tiempo de abstinencia mínimo admisible
Salbutamol y terbutalina	6 horas	6 horas
Formoterol y salmeterol	24 horas	12 horas
Bromuro de ipratropio	6 horas	6 horas
Bromuro de tiotropio	36 horas	24 horas
Teofilinas de acción corta	8 horas	8 horas
Teofilinas de acción larga	24 horas	12 horas
Cromonas	24 horas	12 horas

A continuación se seguirán los siguientes pasos:

- 1.º Realizar una espirometría en condiciones basales.
- 2.º Administrar el fármaco broncodilatador: Se usan los agonistas  $\beta_2$  por su potencia y rapidez de acción. Se puede utilizar de forma indistinta salbutamol o terbutalina. En cuanto a la dosis a administrar, se recomiendan 4 pulsaciones (400  $\mu\text{g}$ ) de salbutamol. Si se usa terbutalina, la dosis será de 500  $\mu\text{g}$ . Es posible mejorar la respuesta broncodilatadora utilizando dosis más altas, pero por encima de los 1.500  $\mu\text{g}$  ya no se consigue mayor efecto. La vía de administración será siempre inhalada, usando para ello los cartuchos presurizados acoplados a una cámara de inhalación; también se pueden usar

dispositivos de polvo seco o bien aplicar los fármacos mediante un nebulizador.

- 3.º Esperar 15 minutos y volver a realizar nuevamente otra espirometría.

Para que la PBD sea interpretable, tanto las maniobras pre como las postbroncodilatación deben cumplir todos los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad expuestos en el capítulo 8.

#### Parámetros de evaluación

Aunque son varios los parámetros que se pueden medir con la PBD, el más aceptado universalmente para valorar la reversibilidad, por ser el más reproducible, es el  $\text{FEV}_1$ . También es posible medir la respuesta de la FVC, pero tiene algunas desventajas en comparación con el  $\text{FEV}_1$ , como por ejemplo que su valor es dependiente del tiempo que el paciente mantenga la espiración (sobre todo



# i

## Reversibilidad

Este concepto se refiere al cambio que experimentan en sus parámetros funcionales los bronquios obstruidos cuando se administra un broncodilatador u otro tratamiento que permita que la obstrucción revierta.

si tienen patología obstructiva) y del esfuerzo realizado.

Se considera PBD positiva si el valor del FEV<sub>1</sub> mejora una determinada magnitud en relación al basal tras la administración del broncodilatador. A esa mejoría se la denomina *reversibilidad*.

El porcentaje de mejoría considerado como positivo será diferente dependiendo del método utilizado:

- La ATS define como prueba positiva una mejoría del FEV<sub>1</sub> post al menos del 12% en relación al FEV<sub>1</sub> pre del paciente, siempre que además el valor absoluto del cambio sea mayor de 200 ml.
- Para la ERS es positiva si la mejoría del FEV<sub>1</sub> y/o la FVC es del 12% sobre el valor teórico del paciente, y con una mejoría en términos absolutos mayor de 200 ml.
- La SEPAR recomienda que la diferencia debe expresarse en su valor absoluto en mililitros, así como en porcentaje respecto al basal, y preferiblemente utilizando el denominado *porcentaje ponderado*:

$$\frac{2 \times (\text{FEV}_1 \text{ post} - \text{FEV}_1 \text{ pre})}{(\text{FEV}_1 \text{ post} + \text{FEV}_1 \text{ pre})}$$

La PBD sólo se considera positiva cuando revierte el porcentaje adecuado y además la diferencia entre el FEV<sub>1</sub> basal y el postbroncodilatación es mayor de 200 ml. Esto último es importante especialmente en pacientes con obstrucción grave, que parten de un FEV<sub>1</sub> muy bajo, lo que hace que un incremento de unos pocos mililitros haga que el porcentaje de cambio sea elevado. Precisamente para evitar esto se exige que el incremento del FEV<sub>1</sub> sea al menos de 200 ml (figs. 1 y 2).

### Cálculo de la reversibilidad

Para el cálculo de la reversibilidad de la PBD se pueden usar varias fórmulas; vamos a ver las más sencillas y utilizadas:

#### Medición del incremento absoluto del FEV<sub>1</sub>:

$$\begin{aligned} & \text{FEV}_1 \text{ post} - \text{FEV}_1 \text{ pre} = \\ & = \text{incremento absoluto del FEV}_1 \end{aligned}$$

Este valor debe ser al menos de 200 ml.

*Cálculo del porcentaje de cambio del FEV<sub>1</sub> post con respecto al valor del FEV<sub>1</sub> basal mediante alguna de las siguientes fórmulas:*



- El parámetro que define la reversibilidad en una PBD es el FEV<sub>1</sub>.
- La PBD es positiva si el FEV<sub>1</sub> mejora al menos un 12% y 200 ml.

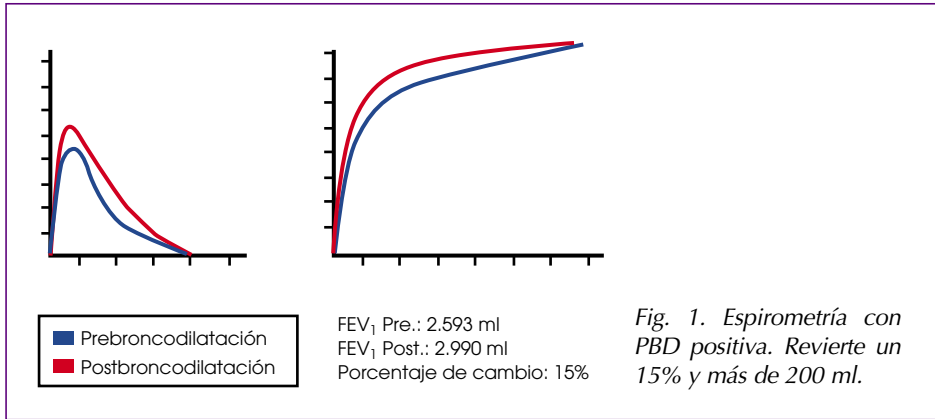


Fig. 1. Espirometría con PBD positiva. Revierte un 15% y más de 200 ml.

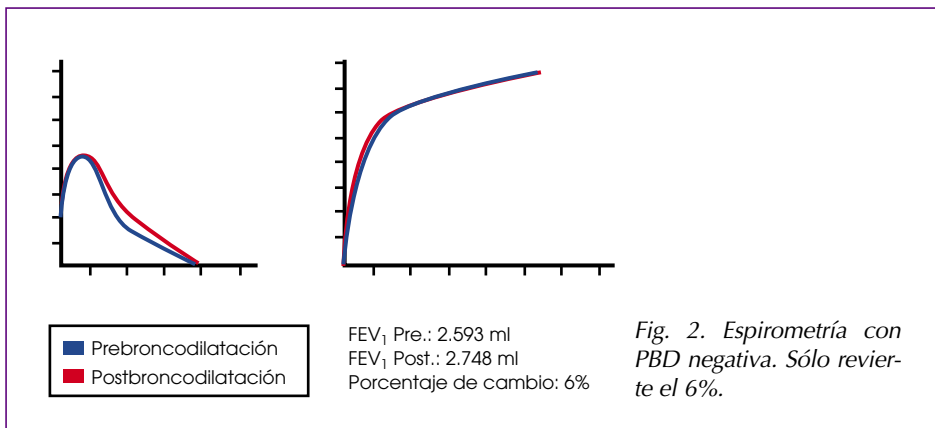


Fig. 2. Espirometría con PBD negativa. Sólo revierte el 6%.

$$\frac{FEV_1 \text{ post} - FEV_1 \text{ pre}}{FEV_1 \text{ pre}} \times 100$$

En este caso, se considera positivo si el FEV<sub>1</sub> mejora al menos el **15%**.

La SEPAR aconseja utilizar la fórmula del *porcentaje ponderado*, es decir, del porcentaje de mejora que se obtiene, no ya respecto del FEV<sub>1</sub> pre, sino de la media del FEV<sub>1</sub> y del FEV<sub>1</sub> post. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{FEV_1 \text{ post} - FEV_1 \text{ pre}}{\frac{FEV_1 \text{ post} + FEV_1 \text{ pre}}{2}}$$

o lo que es lo mismo:

$$\frac{2 \times (FEV_1 \text{ post} - FEV_1 \text{ pre})}{FEV_1 \text{ post} + FEV_1 \text{ pre}}$$

Se considera positivo si la reversibilidad es igual o mayor del **12%**.

La ERS propone otra fórmula, esta vez viendo el porcentaje de cambio respecto del FEV<sub>1</sub> teórico de ese paciente. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{FEV_1 \text{ post} - FEV_1 \text{ pre}}{FEV_1 \text{ teórico}} \times 100$$

## i

La mayor parte de los espirómetros computarizados indica en los resultados el porcentaje de cambio; sin embargo, algunos espirómetros no indican en sus resultados el porcentaje de cambio, sino el porcentaje que supone el FEV<sub>1</sub> post respecto del FEV<sub>1</sub> pre. Así, si ambos fuesen iguales, marcaría 100%; si el post es 1.200 ml y el pre es 1.000 ml, indicaría 120%.

Se considera la prueba positiva si la reversibilidad es al menos del **12%**.

- *Estudios epidemiológicos* en la investigación en la prevalencia del asma.

### Indicaciones

- *Diagnóstico de hiperreactividad bronquial* como en el caso del asma bronquial. Es importante destacar que la existencia de una prueba positiva permite afirmar la existencia de HRB (es muy específica); sin embargo, una prueba negativa no descarta su existencia. Puede ser que la negatividad sea temporal porque el paciente esté en una fase asintomática y con buen control del proceso, mientras que podrá ser positiva en otras fases en las que presente un empeoramiento.
- *Pronóstico*: existe relación entre la respuesta broncodilatadora y el grado de disminución anual del FEV<sub>1</sub> en pacientes con EPOC, de forma que se ha tenido en cuenta como un factor que podría indicar una mayor supervivencia entre estos pacientes, aunque falta por definir de forma clara su papel.

### Contraindicaciones

Son las mismas que las definidas para la espirometría forzada (ver capítulo 5).

### Ensayo terapéutico

En algunos pacientes con obstrucción bronquial potencialmente reversible, la PBD puede ser negativa; en estos casos se debe realizar un ensayo terapéutico con corticoides tanto orales como inhalados.

Se realiza una espirometría basal, y tras administrar  $\beta_2$ , si se comprueba la ausencia de reversibilidad (o reversibilidad no significativa), se instaura tratamiento durante 2-3 semanas a dosis plenas de esteroides (orales e inhalados), y pasado ese tiempo se vuelve a realizar una nueva espirometría en la que se mide si existe reversibilidad o no del FEV<sub>1</sub> respecto al obtenido antes del ensayo terapéutico.



Es conveniente realizar siempre la prueba broncodilatadora en todas las espirometrías que se realicen, para valorar la reactividad bronquial. Únicamente podría obviarse en espirometrías de seguimiento de pacientes ya conocidos con obstrucción poco o nada reversible.

co. Es conveniente que la espirometría tras el ensayo se haga también con PBD.

Este ensayo terapéutico está indicado en:

- Sospecha diagnóstica de asma, cuando se objetiva obstrucción bronquial en la espirometría basal y PBD no significativa.
- Obtener la mejor función pulmonar posible en un paciente de asma, para establecer los objetivos del tratamiento (en ocasiones esto requiere varios meses con dosis altas de corticoides inhalados).
- Evaluación diagnóstica inicial de la EPOC, con el fin de realizar el diagnóstico diferencial con asma, conocer la mejor función pulmonar del paciente y valorar si existe algún grado de reversibilidad de la obstrucción bronquial.

#### PRUEBAS DE PROVOCACIÓN BRONQUIAL

Son técnicas usadas para medir la HRB y permiten valorar la respuesta de la vía aérea a diferentes tipos de estímulos específicos o inespecíficos.

Cuando se aplican algunos agentes de forma inhalada a la vía respiratoria, se provoca una respuesta por parte de ésta que se

conoce con el nombre de *reactividad bronquial*, produciéndose una variación rápida del calibre de la vía, que es posible medir mediante la espirometría.

#### Pruebas de provocación bronquial inespecífica (PBI)

Las pruebas de provocación bronquial inespecífica se utilizan principalmente para tratar de demostrar hiperreactividad bronquial en aquellos pacientes con clínica sugestiva, pero con PBD negativa. Esto sucede a menudo en pacientes con asma: al realizarles la PBD pueden estar pasando por un periodo libre de síntomas, con estabilidad bronquial; mediante las pruebas de provocación bronquial inespecífica pondremos de manifiesto si existe o no hiperreactividad.

#### Test de metacolina

La metacolina es un fármaco con propiedades parasimpaticomiméticas que actúa sobre los receptores colinérgicos de la vía aérea produciendo broncoconstricción.

Esta prueba es el método más estandarizado y de mayor utilidad clínica para la detección y medición de la HRB.

### i

**Prueba de provocación bronquial específica:** se administran algunas sustancias concretas, sospechosas de actuar como antígeno específico; son útiles para aclarar la implicación de un determinado agente en la clínica del paciente.

**Prueba de provocación bronquial inespecífica:** se utilizan agentes farmacológicos como la metacolina o la histamina, o bien agentes físicos como el frío, ejercicio, aire seco, suero hipertónico, etc.; de esta forma se está midiendo la reactividad inespecífica. Tienen especial interés, por su aplicación en clínica, el test de metacolina y el test de esfuerzo.

### Técnica de realización

Se realiza administrando concentraciones crecientes del fármaco mediante un nebulizador (debe asegurarse que el tamaño de las partículas esté entre 1 y 5 micras), realizando una espirometría forzada al cabo de 30-90 segundos de la administración de cada dosis (fig. 3).

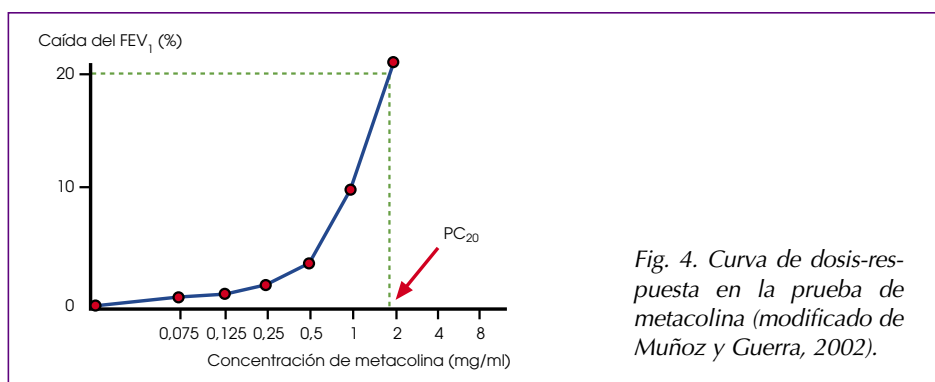
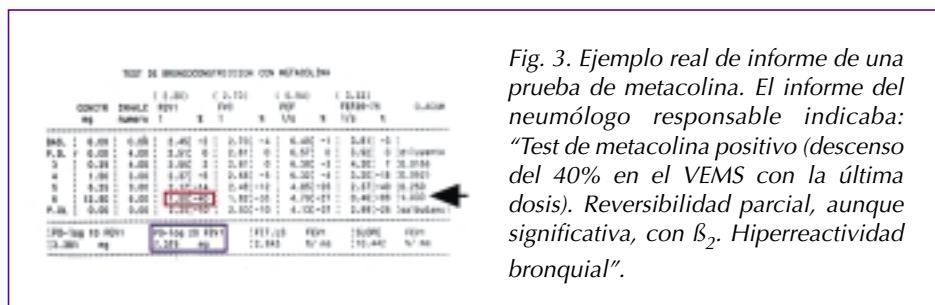
### Interpretación

Se estudia qué concentración de metacolina produce una caída del FEV<sub>1</sub> del 20% o más del valor basal. A esa concentración se la denomina PC<sub>20</sub>, que es la concentración de metacolina en mg/ml que provoca esta respuesta, de tal forma que un paciente será más sensible cuanto menor sea la PC<sub>20</sub>. Valores de

PC<sub>20</sub> superiores a 8 mg/ml se consideran negativos.

Si se utiliza un dosímetro para administrar la metacolina, se determina la dosis que provoca una caída del 20% o más del FEV<sub>1</sub> basal. A esa dosis se la denomina PD<sub>20</sub>. Al igual que en el caso de la PC<sub>20</sub>, un paciente será más sensible cuanto menor sea la PD<sub>20</sub>. Valores de PD<sub>20</sub> superiores a 7,8 μmol hacen que la prueba se considere negativa.

El test de metacolina se representa gráficamente como puede verse en la figura 4 (curva de dosis-respuesta). Se valora la sensibilidad del paciente mediante la PC<sub>20</sub> o la PD<sub>20</sub> (umbral), pero también el grado de reactividad (el paciente es más hiperreactivo cuanto mayor sea la pendiente de la recta a partir del umbral) y si se alcanza o no una respuesta máxima (meseta en la gráfica). Existe una



potencial mayor gravedad cuando el paciente sea más hipersensible, más hiperreactivo y no se detecte respuesta máxima.

Tras finalizar la prueba, se administra un broncodilatador y se valora la reversibilidad del FEV<sub>1</sub>.

#### Usos del test de metacolina

- Diagnóstico de asma en pacientes en los que no se haya demostrado obstrucción reversible de la vía aérea.
- Investigación sobre fisiopatología, patogenia y prevalencia del asma.

#### Test de carrera libre

Es la prueba usada preferentemente en la población infantil, si bien en niños y jóvenes suele hacerse con el medidor de flujo máximo espiratorio y no por medio de espirometría. En adultos se puede realizar en un tapiz rodante o con bicicleta, con el paciente monitorizado.

Se trata de que el paciente realice ejercicio mediante una carrera, y luego medir la función respiratoria durante los 30 minutos posteriores a su finalización.

#### Técnica de realización

Realizar espirometría basal.

Carrera libre (o tapiz o bicicleta) durante 6-8 minutos hasta que el paciente alcance una frecuencia cardiaca del 80% del valor teórico máximo para su edad.

$$\text{Valor teórico} = 220 - \text{edad}$$

Se mide el FEV<sub>1</sub> inmediatamente tras finalizar el ejercicio, y cada 5 minutos durante los 30 minutos siguientes a finalizar el ejercicio.

#### Interpretación

Se usa el FEV<sub>1</sub> para determinar si se produce broncoconstricción. Se considera la prueba como positiva si el FEV<sub>1</sub> postesfuerzo desciende más del 20% del valor basal.

#### Pruebas de provocación bronquial específicas

Son similares a las PBI, pero en este caso se usan alergenios específicos. Son usados en la demostración de posibles inductores de broncoconstricción, sobre todo en el asma laboral.

Son técnicas que deben llevarse a cabo en el hospital porque conllevan un pequeño riesgo para el paciente (figs. 5, 6 y 7).

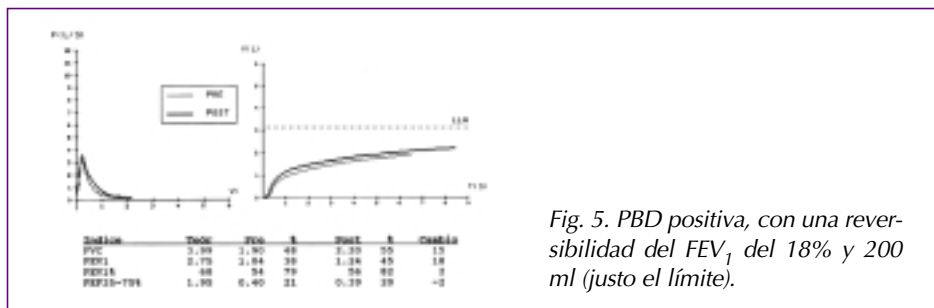


Fig. 5. PBD positiva, con una reversibilidad del FEV<sub>1</sub> del 18% y 200 ml (justo el límite).

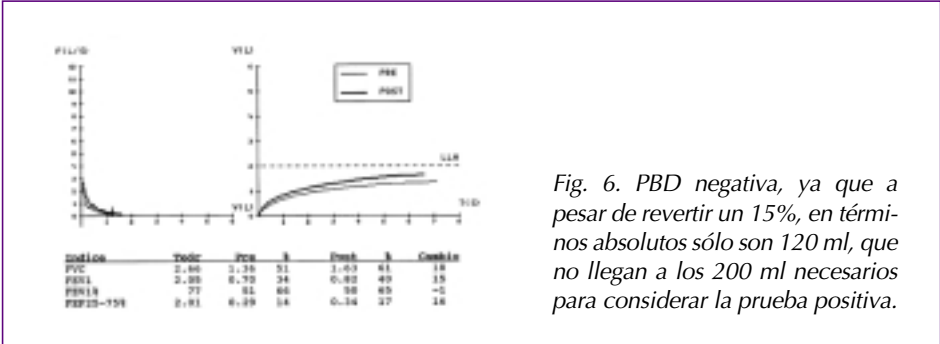


Fig. 6. PBD negativa, ya que a pesar de revertir un 15%, en términos absolutos sólo son 120 ml, que no llegan a los 200 ml necesarios para considerar la prueba positiva.

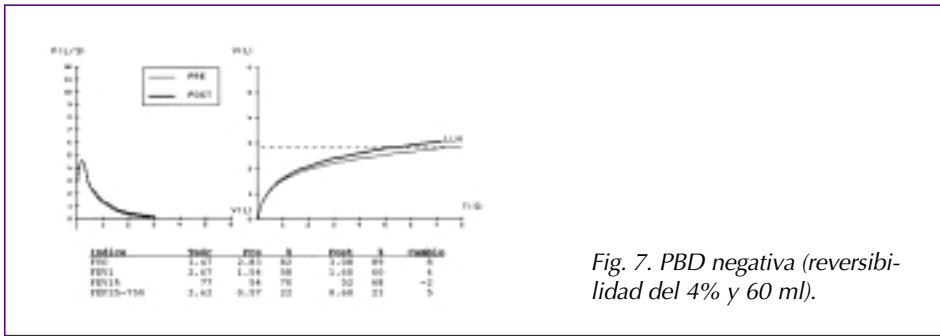


Fig. 7. PBD negativa (reversibilidad del 4% y 60 ml).

# 15

## Casos especiales

En este capítulo vamos a ver casos reales de curvas no aceptables por diferentes motivos (figs. 1-9):

- Mala colaboración.
- Intento de simulación.
- Terminación prematura...

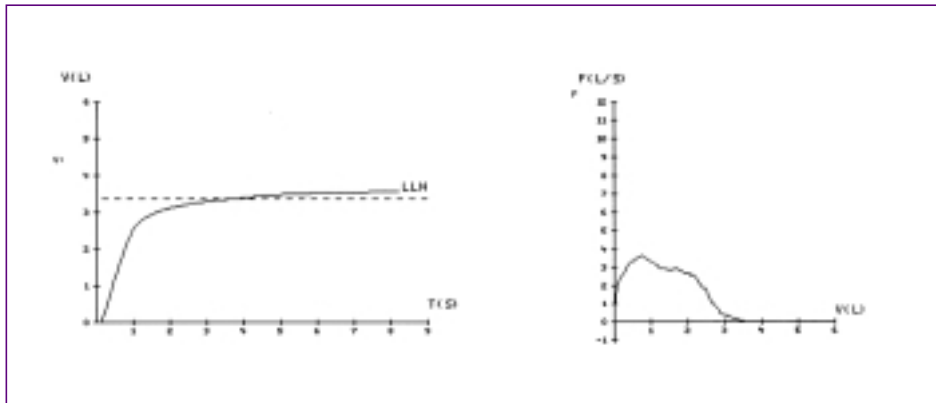


Fig. 1. Curva no aceptable por falta de esfuerzo adecuado. Se ve la curva casi aplanada, y apenas se insinúa el PEF.

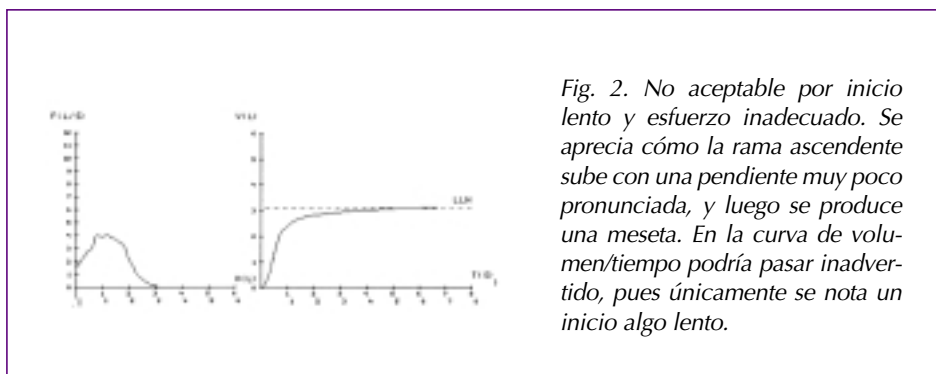


Fig. 2. No aceptable por inicio lento y esfuerzo inadecuado. Se aprecia cómo la rama ascendente sube con una pendiente muy poco pronunciada, y luego se produce una meseta. En la curva de volumen/tiempo podría pasar inadvertido, pues únicamente se nota un inicio algo lento.



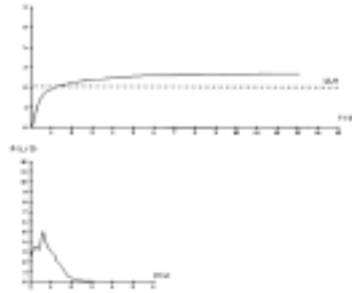


Fig. 3. Curva inaceptable por esfuerzo variable (en concreto, este paciente hace dos esfuerzos). En la curva de volumen/tiempo pasa inadvertido.

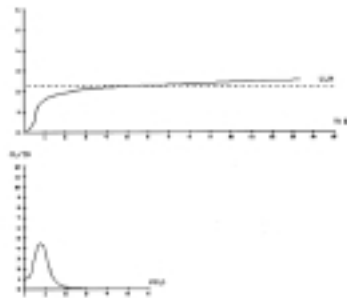


Fig. 4. Curva no aceptable por inicio lento, que se aprecia en ambos tipos de curva. Este inicio hace que el volumen extrapolado supere los límites de aceptabilidad.

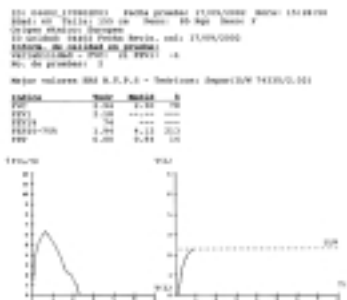


Fig. 5. Terminación prematura de la maniobra. Es tan prematura que no llega ni a un segundo, y por tanto no se puede calcular el FEV<sub>1</sub>.

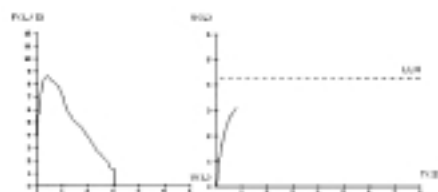


Fig. 6. Curva no aceptable por terminación prematura. Obsérvese la caída brusca en la curva de flujo/volumen.

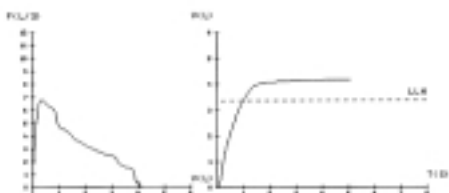


Fig. 7. Cierre de glotis. Obsérvese la brusca caída en la curva de flujo/volumen y el aplanamiento de la curva de volumen/tiempo en la fase de meseta.

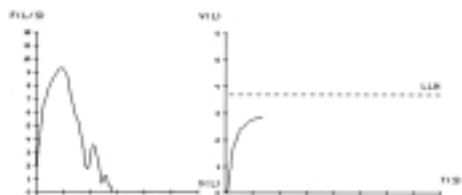


Fig. 8. Tos en el primer segundo, evidente en la curva de flujo/volumen pero casi inapreciable en la de volumen/tiempo. Además, hay terminación temprana de la maniobra.

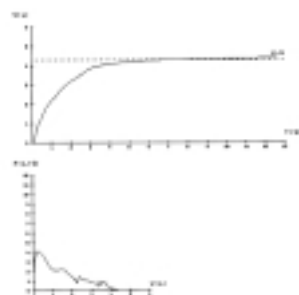


Fig. 9. Intento de simulación, muy evidente en la curva de flujo/volumen. Sin embargo, si se considerase aisladamente la curva de volumen/tiempo, podría pensarse en un patrón obstructivo, tal como deseaba el simulador.

Como hemos señalado anteriormente, la espirometría es únicamente una técnica de apoyo para tratar de confirmar una sospecha clínica; una espirometría aislada, en ausencia de datos clínicos, no permite hacer un diagnóstico.

Debe reseñarse igualmente que una espirometría normal no descarta la existencia de patología; si a pesar de una espirometría normal persiste la sospecha clínica, deben realizarse otras pruebas complementarias para tratar de llegar al diagnóstico (prueba broncodilatadora, pruebas de broncoprovocación, test de difusión de CO, pletismografía, etc.).

#### FORMA DE LEER CORRECTAMENTE UNA ESPIROMETRÍA

Para poder interpretar correctamente una espirometría deben seguirse siempre unos pasos concretos, y en el mismo orden:

- 1.º *Mirar la forma y duración de las curvas:* leer una espirometría sin ver las curvas no sirve para nada, pues puede llevar a interpretar datos no válidos. Se debe mirar si la curva es válida (duración correcta, esfuerzo adecuado, ausencia de artefactos ...) y si es reproducible (ver capítulo 8). Valoraremos igualmente la forma de la curva para ver si nos orienta hacia alguno de los patrones espirométricos.

Para valorar las curvas son útiles tanto las de volumen/tiempo como las de flujo/volumen, aunque aportan mucha más información las de flujo/volumen.

- 2.º *Leer los valores de las variables:* debe empezarse por la relación  $FEV_1/FVC$ , luego la FVC y por último el  $FEV_1$ .

(Véase figura 1, algoritmo de interpretación de la espirometría).

#### INTERPRETACIÓN AUTOMATIZADA DE LA ESPIROMETRÍA

La mayor parte de los actuales espirómetros incorporan un microprocesador que calcula los valores obtenidos y ofrece la posibilidad de obtener una orientación diagnóstica. Para ello utilizan generalmente el llamado *cuadrante de Miller* (fig. 2), que es simplemente un eje de coordenadas dividido en cuadrantes por los valores límite de las variables estudiadas (generalmente,  $FEV_1/FVC$  y FVC). Dependiendo de en qué cuadrante caigan los datos del paciente, se ofrece una interpretación junto con los resultados.

En general es recomendable desactivar esta opción, ya que lo único que hace el espirómetro es analizar los datos numéricos, sin valorar la adecuación de la maniobra ni su validez o reproducibilidad, llevándonos a errores de interpretación si nos fiamos de lo que nos señala el aparato.

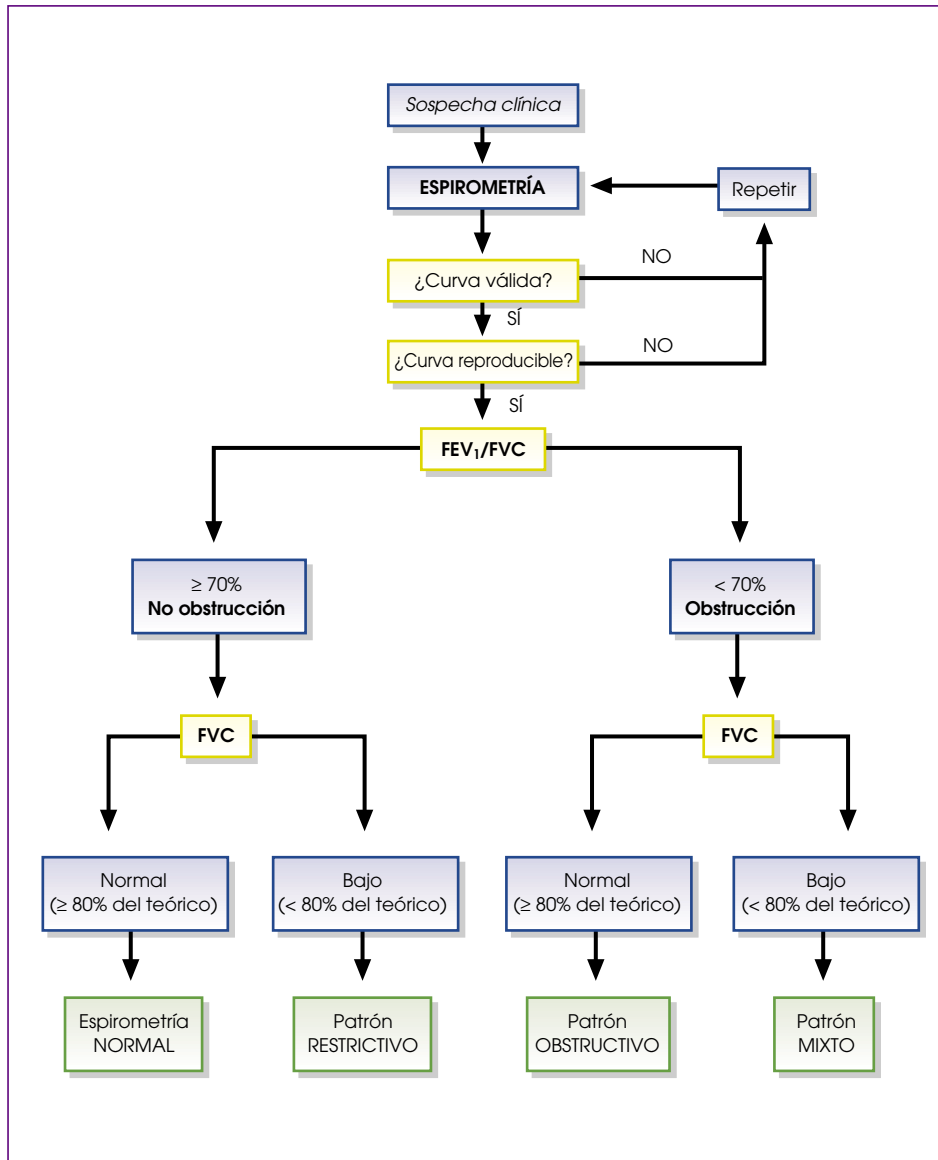


Fig. 1. Algoritmo diagnóstico en la espirometría.

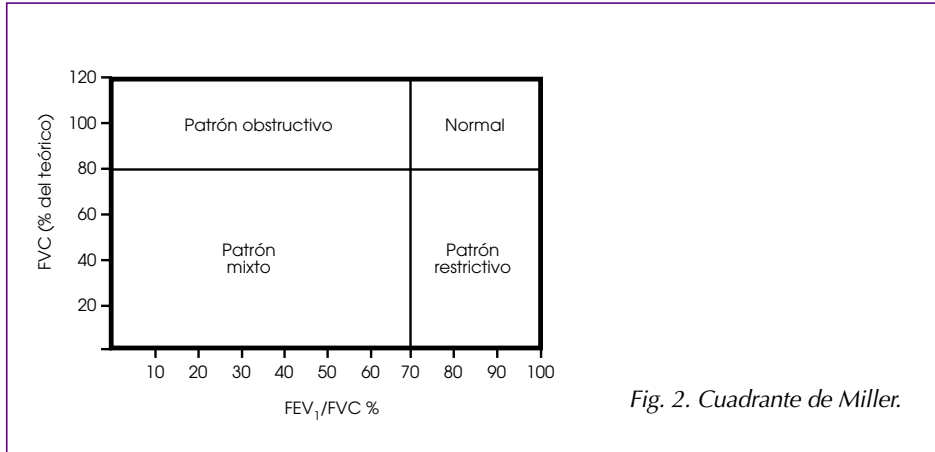


Fig. 2. Cuadrante de Miller.