

La espirometría: Lo que el anestesiólogo debe saber

Dra. María de los Ángeles Corona-Hernández,* Dr. Enrique Álvarez-Cruz,* Dr. Tomás Segura-Fernández*

*Médicos adscritos al Servicio de Anestesiología del INER.

INTRODUCCIÓN

La función respiratoria se puede valorar desde diferentes aspectos fisiológicos y en forma práctica las podemos dividir en:

- Pruebas que valoran la mecánica ventilatoria.
- Pruebas que valoran el intercambio gaseoso.
- Pruebas que valoran la interacción cardiopulmonar.

Todas ellas son de utilidad en la integración del diagnóstico de la patología pulmonar, desde el punto de vista anestésico nos permite valorar el estado clínico respiratorio, evolución, respuesta a tratamientos, emitir un riesgo perioperatorio, predecir frecuencia y severidad de complicaciones respiratorias y cardiovasculares, dar un pronóstico funcional y en cirugía torácica forma parte de los criterios de operabilidad y resecabilidad.

La espirometría es la prueba más sencilla que valora la mecánica ventilatoria, mide y registra volúmenes y flujos que una persona es capaz de desplazar. Esto depende del calibre de los bronquios, de las propiedades elásticas del tórax, pulmones y de la integridad de los músculos ventilatorios. Es el estándar de oro para medir la obstrucción bronquial (diagnóstico de Asma, EPOC). Existen dos tipos de espirometría simple (Figura 1) y forzada (Figura 2).

John Hutchinson fue su inventor en 1846 posteriormente otros autores hicieron sus propias aportaciones que han permitido, que en la actualidad, la espirometría sea una herramienta de gran valor en la Neumología y otras especialidades.

Espirometría simple: Esta prueba mide volúmenes pulmonares «estáticos», pues la medición de los volúmenes no dependen del tiempo (Figura 1). Su aplicación es básicamente académica. La distribución de los diferentes volúmenes y capacidades dependerá del patrón ventilatorio de cada paciente.

Espirometría forzada: Es una prueba sencilla, accesible y reproducible pero requiere atención y cooperación del paciente al solicitarle un esfuerzo máximo. Su mayor aplicación es en la clínica, pues la medición del flujo depende de la presión elástica tanto del parénquima pulmonar, caja torácica y músculos respiratorios; el flujo de la resistencia de la vía aérea, por tanto esto refleja directamente las alteraciones de las diferentes estructuras que participan. Los patrones funcionales que se pueden identificar son: normal,

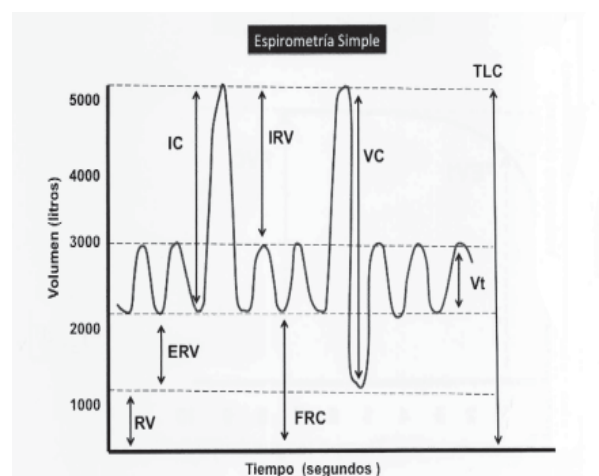


Figura 1. Espirograma que representa una espirometría simple en donde se observa el ciclo ventilatorio, tanto a volúmenes normales como realizando maniobras máximas de inspiración y espiración. Se obtienen cuatro volúmenes: volumen residual (RV), volumen de reserva espiratoria (ERV), volumen corriente (Vt) y volumen de reserva inspiratoria (IRV); cuatro capacidades (suma de dos o más volúmenes): capacidad residual funcional (FRC), capacidad vital (VC) capacidad inspiratoria (IC) y capacidad pulmonar total (TLC).

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/rma>

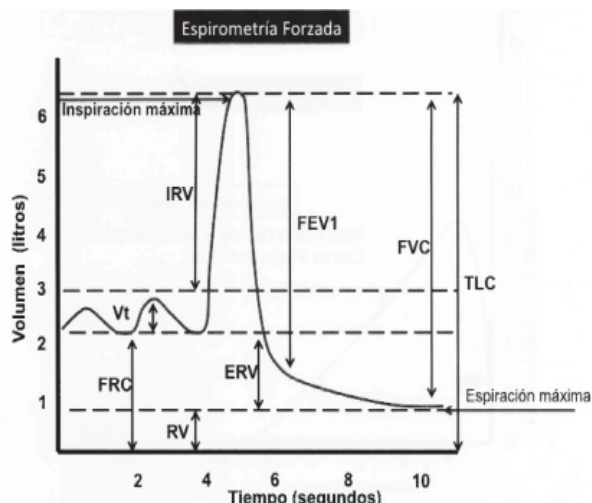


Figura 2. Espiograma normal cronometrado. El paciente en un ciclo ventilatorio inspira y expira un volumen determinado (V_t). Si el paciente inspira el máximo volumen de aire posible (IRV) alcanza entonces su capacidad pulmonar total (TLC). Posterior a ello, realiza una espiración forzada hasta exhalar el máximo volumen de aire posible (FVC). El volumen de aire que queda dentro de los pulmones después de exhalar la FVC se denomina volumen residual (RV). El RV más el volumen de reserva espiratoria (ERV) representan la capacidad funcional residual (FRC) que es el volumen de aire que normalmente existe dentro del tórax en estado de reposo y que representa un reservorio para el intercambio gaseoso.

obstructivo y sugerente de restricción. No existe el patrón mixto en la espirometría.

Se han propuesto diferentes variables para interpretar una espirometría forzada; en la actualidad sólo tres variables son utilizadas para determinar el patrón ventilatorio.

1. Capacidad vital forzada (FVC): es el máximo volumen de aire, exhalado después de una inspiración máxima.
2. Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1): volumen de aire exhalado durante el primer segundo de la FVC.
3. FEV1/FVC: relación expresada en porcentaje, entre el FEV1 con respecto de la FVC.

A partir de este momento nos estaremos refiriendo a la espirometría forzada.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ESPIROMETRÍA FORZADA

La espirometría forzada se puede representar a través de dos curvas: Flujo/volumen (F/V) (Figura 3). Esta curva es de gran utilidad para evaluar el esfuerzo inicial, detectar

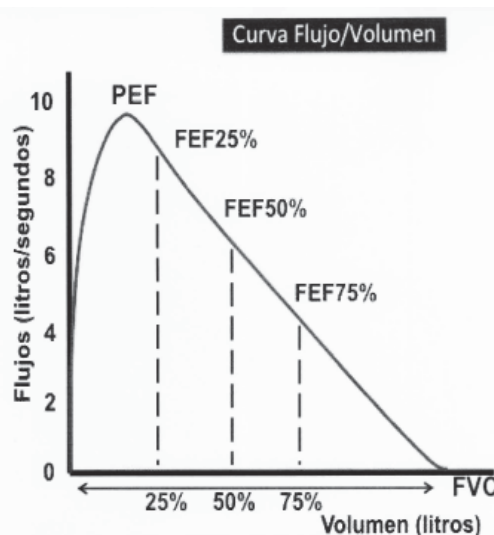


Figura 3. Curva F/V. Presenta el flujo espiratorio en el eje vertical contra el volumen espirado en el eje horizontal; tiene forma triangular. La curva tiene un ascenso muy vertical y termina en un pico del flujo espiratorio *peak expiratory flow* (PEF) que se alcanza antes de los 0.12 seg. de la espiración. En esta curva las principales medidas que se obtienen son PEF y FVC, que es el punto donde la curva corta el eje de las abscisas (volumen). Se determinan flujos instantáneos como son al 25% de la FVC (FEF25%), al 50% (FEF50%) y al 75% (FEF75%).

artefactos, PEF, además se identifican fácilmente los flujos espiratorios (FEF) a diferentes proporciones de la FVC a lo largo de la fase espiratoria. Y la curva volumen/tiempo (V/T) (Figura 4). Es de gran utilidad para determinar el FEV1 y la terminación adecuada de la maniobra; ambas son necesarias.

Una tercera curva que se obtiene de la espirometría a través de un circuito cerrado es el asa flujo/volumen (Figura 5), si al finalizar la espiración se pide al paciente realizar una inspiración máxima, se obtiene en la curva un trazado semicircular inferior que cierra la fase espiratoria, tiene aplicaciones importantes en la práctica clínica, permitiendo detectar alteraciones en la fase inspiratoria y espiratoria.

Valores de referencia

Los valores de espirometría (FEV1, FVC y FEV1/FVC) dependen de varios factores. El tamaño de los pulmones tiene una correlación directa con la talla; una persona de talla grande tendrá pulmones más grandes por lo tanto una CV y el FEV1 mayor que un persona de talla pequeña. Las mujeres tienen pulmones más pequeños que los hombres aunque tengan la misma talla y edad. La edad, conforme la

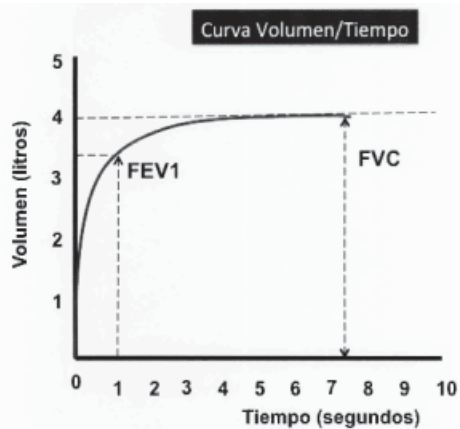


Figura 4. Curva V/T. Representa cambio de volumen en relación al tiempo. El eje horizontal representa el tiempo en segundos, el vertical volumen en litros. En un patrón normal, tiene un inicio rápido de aumento de volumen en el primer segundo, alcanza una transición entre los segundos 1 y 2 hasta una meseta en donde a pesar del paso del tiempo incrementa poco el volumen. En la mayoría de los casos la FVC se alcanza en el segundo 6. De esta curva se obtienen dos medidas principales la FVC que es el punto más elevado de la curva y el volumen espiratorio forzado del primer segundo (FEV1) que es el punto en que una línea paralela al eje de volumen corta la curva, a nivel del primer segundo.

persona envejece, hay un deterioro de la función pulmonar y sobretodo de la resistencia de los bronquios al paso del aire, por lo que disminuyen progresivamente el FEV1, FVC y la relación FEV1/FVC.

Con lo anterior es complejo determinar cuándo una espirometría es normal o anormal, como ocurre con un paciente diabético o hipertenso en el que un valor lo determina. El valor de la espirometría se interpreta en relación con el valor que debería presentar un individuo sano del mismo género, que el paciente, y que tenga las mismas características de edad, peso y talla. Para obtener los valores teóricos o referencia, se estudia una población de sujetos sanos, no fumadores, se elaboran ecuaciones de predicción, en las que el parámetro espirométrico es la variable dependiente, la edad, peso y talla, las variables independientes. Los resultados de la espirometría de un paciente serán comparados con los valores de referencia para poder determinar el patrón ventilatorio.

Indicaciones y contraindicaciones

Se muestran en el cuadro I. En cuanto a las contraindicaciones relativas se valorará riesgo-beneficio. Si el paciente tiene traqueostomía o sonda pleural, no solicitar, pues no se obtendrán datos confiables.

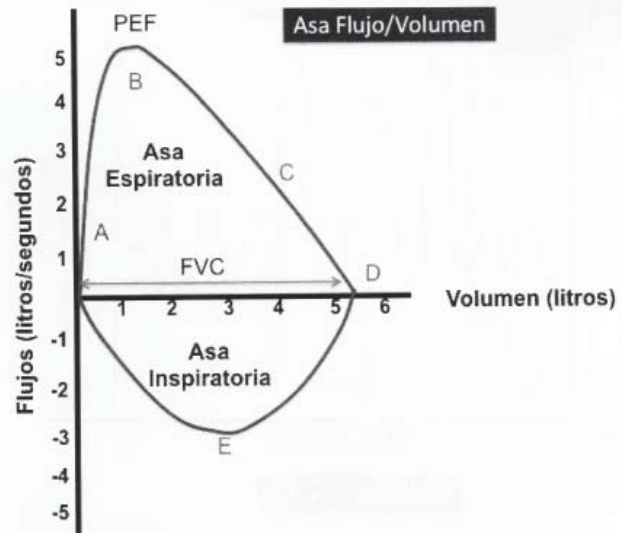


Figura 5. Curva asa flujo/volumen. Se grafica el tiempo en segundos (eje-x) contra el flujo en litros/segundo (eje-y). La fase espiratoria, en forma de triángulo, se muestra por arriba del eje horizontal y por debajo de éste la fase inspiratoria en forma de semicírculo. Una curva de buena calidad muestra un ascenso muy vertical [A], la generación de un flujo máximo, flujo pico o PEF [B], una caída progresiva del flujo [C] conforme avanza el volumen hasta llegar de forma progresiva al flujo cero que coincide con la FVC [E]. La fase inspiratoria es semicircular e iguala el volumen espirado [D]. En esta curva se identifica con facilidad la FVC y el PEF.

INTERPRETACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA FORZADA

Un reporte espirométrico se encuentra conformado de varias partes distribuidos de forma diferente de acuerdo al laboratorio de fisiología respiratoria. Por lo general consta de cuatro partes: (1) Datos demográficos del paciente, (2) Los espirogramas de los tres mejores esfuerzos tanto las curvas F/V como V/T; (3) Datos ambientales y técnicos, (4) Tabla en donde encontramos las diferentes variables numéricas de los tres mejores esfuerzos.

Para interpretar una espirometría es importante tener conocimientos básicos en: (1) Anatomía, (2) Fisiología del aparato respiratorio y (3) Fisiopatología de las diversas enfermedades pulmonares, tomar la siguiente secuencia que permite hacer un análisis metodológico.

1. Criterios de aceptabilidad: consiste en hacer un análisis de la morfología de las curvas F/V y V/T de los tres mejores esfuerzos, buscando intencionadamente los tres siguientes puntos:

- a) **Comienzo aceptable:** se contemplan dos criterios, volumen extrapolado menor del 5% o 100 mL y elevación rápida y vertical en la curva F/V (Figura 6). Esta última es la más utilizada en la práctica clínica. La curva de F/V debe tener forma triangular con inicio abrupto y muy vertical; es altamente dependiente del esfuerzo del individuo.
- b) **La curva libre de artefactos:** La curva F/V es más sensible a detectar los artefactos mientras la curva V/T pueden pasar inadvertidas. Dentro de los artefactos más comunes se encuentran:

1. Terminación prematura (menor de seis segundos en la curva V/T).
2. Tos.
3. Cierre de la glotis.
4. Esfuerzos variables.
5. Exhalaciones repetidas.
6. Obstrucción de boquilla.

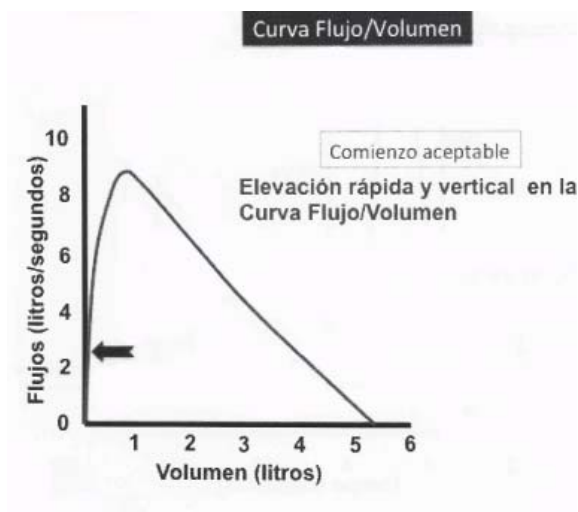


Figura 6.

Cuadro I. Indicaciones y contraindicaciones.

Indicaciones	Contraindicaciones
• Como prueba diagnóstica • Monitorización, vigilancia y control de las enfermedades pulmonares, en tiempo y respuesta terapéutica • Valoración de la incapacidad laboral en industrias con exposición a contaminantes • Estudios epidemiológicos en Salud Pública • Forma parte de la valoración preanestésica del paciente neumópata, al incluirse los criterios de resecabilidad y operabilidad • Tiene un valor pronóstico en la presentación de las complicaciones respiratorias postoperatorias • Tiene valor pronóstico con la mortalidad tanto para las enfermedades pulmonares como no pulmonares, además de permitirnos realizar estrategias perianestésicas para mejorar la función pulmonar	Absoluta • Negación del paciente Relativa (riesgo/beneficio) • Enfermedad cardiovascular aguda o descompensada en los últimos tres meses (IAM) • Insuficiencia cardíaca • Enfermedad cerebrovascular • Neumotórax • Riesgo de hemoptisis • Rotura de aneurisma • Cirugía de tórax, abdomen, ojos, oídos en los últimos tres meses • Infección respiratoria en las últimas dos semanas • Tuberculosis pulmonar activa • Embarazo avanzado o complicado

Cuadro II. Clasificación de la calidad de la prueba.

Grado	Maniobras aceptables	FEV1 y FVC	Interpretación de calidad
A	3	<150 mL	Muy aceptables y muy repetibles (estándar internacional)
B	3	<200 mL	Aceptable y repetible
C	2	<200 mL	Menos aceptable y repetible
D	2	>200 mL	Menos aceptable y variable
E	1		Inadecuada
F	0		Inadecuada

c) **Terminación adecuada capacidad vital forzada (FVC):** para obtener este criterio se observa en la curva volumen/tiempo (V/T) (Figura 7) que no haya cambios >25 mL por al menos un segundo y/o duración de la espiración mayor o igual a seis segundos en los pacientes mayores de 10 años.

2. **Criterios de repetitividad.** Los criterios de repetitividad son básicamente curvas que cumplen el criterio anterior (aceptabilidad) cuyos valores son muy similares entre sí (Figura 8). La repetitividad se obtendrá de la diferencia entre las dos mejores curvas, y que según las diferentes normativas (ATS/ERS 2005) considera que dos curvas son

reproducibles si la diferencia en la FVC y FEV1 entre las dos mejores es menor o igual al 5% o de 150 mL.

3. **Clasificación de la calidad de la prueba:** En la práctica es posible interpretar una espirometría de cualquier grado de calidad, pero cuando la calidad es mala, los resultados son menos concluyentes o son poco confiables (Cuadro II).

4. **Diagnóstico morfológico de las curvas F/V y V/T.** La espirometría sólo hace diagnóstico del patrón obstructivo; el patrón restrictivo sólo es sugestivo; ya que la espirometría no mide el volumen residual (RV). Para medir el VR se requiere una pletismografía.

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.

En la **curva F/V** es similar a la normal, es decir, tiene un ascenso rápido de los flujos, sin embargo no llega al PEF, éste estará disminuido en relación directa con el grado de obstrucción. La última parte de la curva muestra una pendiente muy suave hasta cortar el eje de volumen. Esta última será más larga y cóncava cuanto mayor sea el grado de obstrucción (Figura 9).

En la **curva V/T** 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;

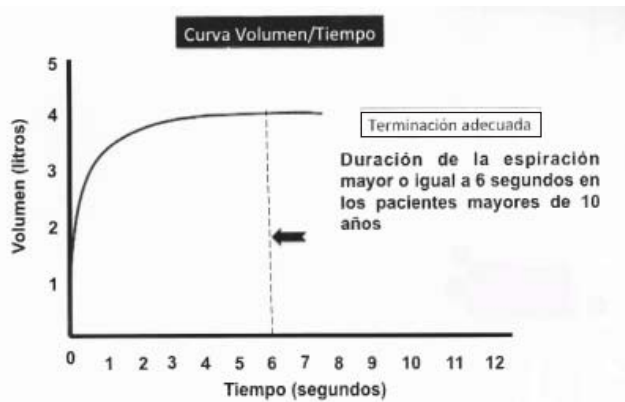


Figura 7.

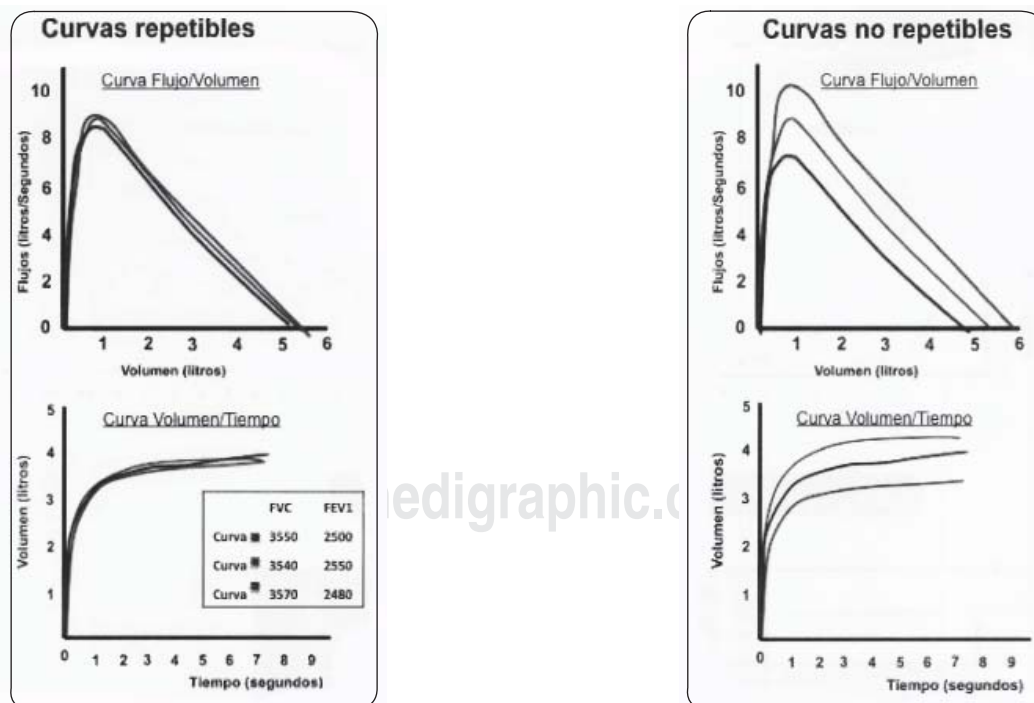


Figura 8.

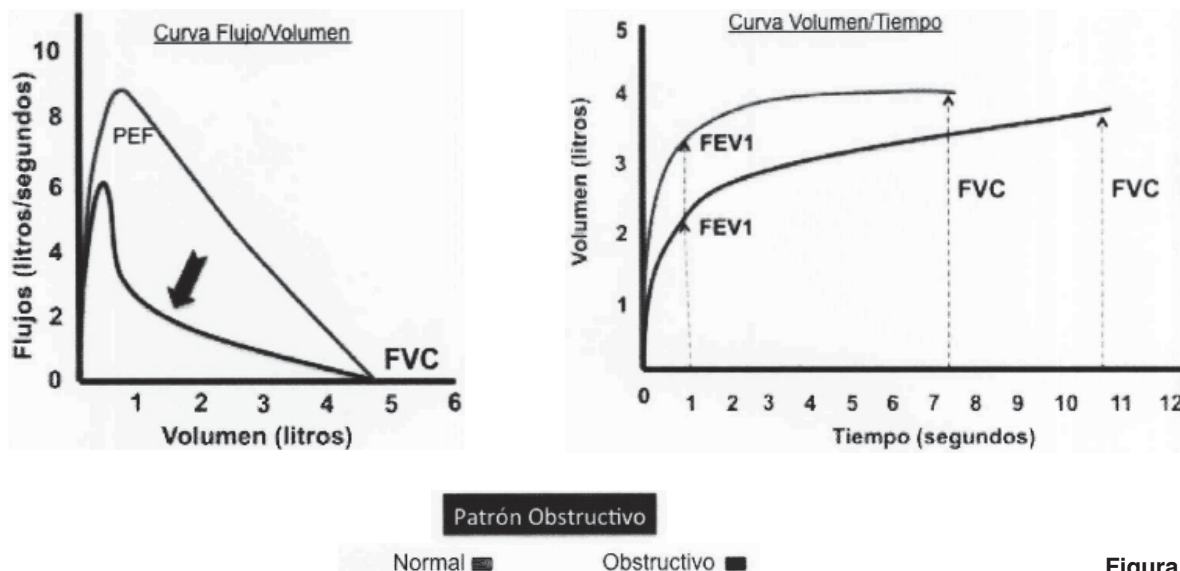


Figura 9.

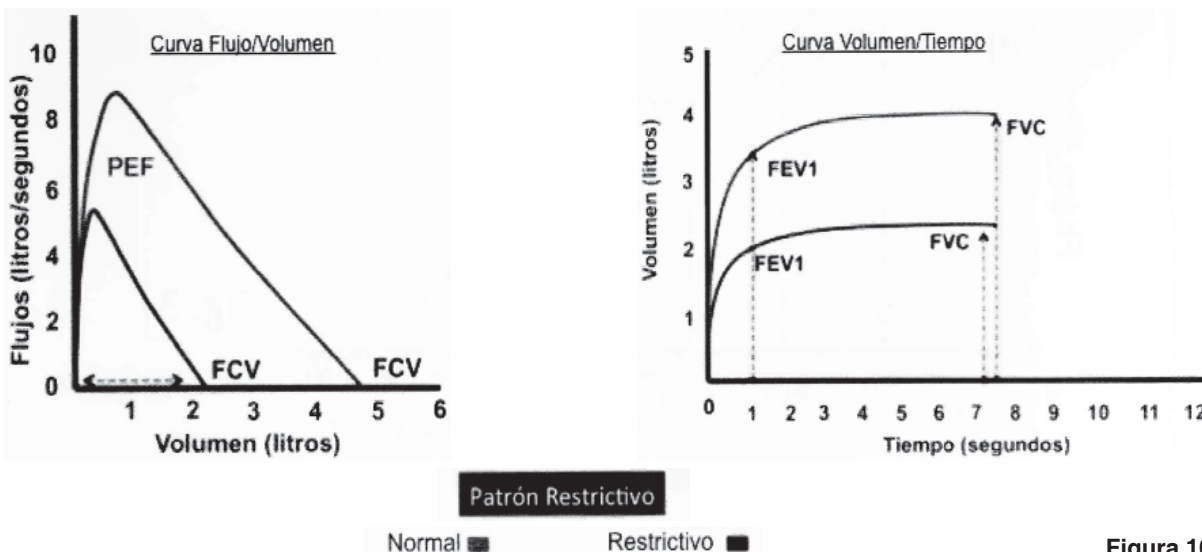


Figura 10.

de igual manera la FVC se alcanza mucho más tarde que en la curva normal (en casos de obstrucción grave puede tardar más de 12 segundos) (Figura 9).

Patrón restrictivo: La restricción supone una incapacidad para mover la misma cantidad de aire que en circunstancias normales. Puede deberse a causas pulmonares. El término de restricción se refiere a pulmones pequeños.

La curva de F/V tiene una forma similar a la normal, pero más picuda, 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 (Figura 10).

La principal característica del patrón restrictivo es la limitación de la FVC, lo que condiciona que el FEV1 se reduzca en parecida proporción. Así pues, la curva de V/T será similar a una normal, pero con volúmenes reducidos; es decir, será como una curva normal «en miniatura» (Figura 10). 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.

Es importante señalar que la espirometría sólo muestra una sospecha clínica del patrón restrictivo, ya que sólo mide el volumen de aire que se desplaza y no el que permanece en los alvéolos (RV), por lo tanto para corroborar el diag-

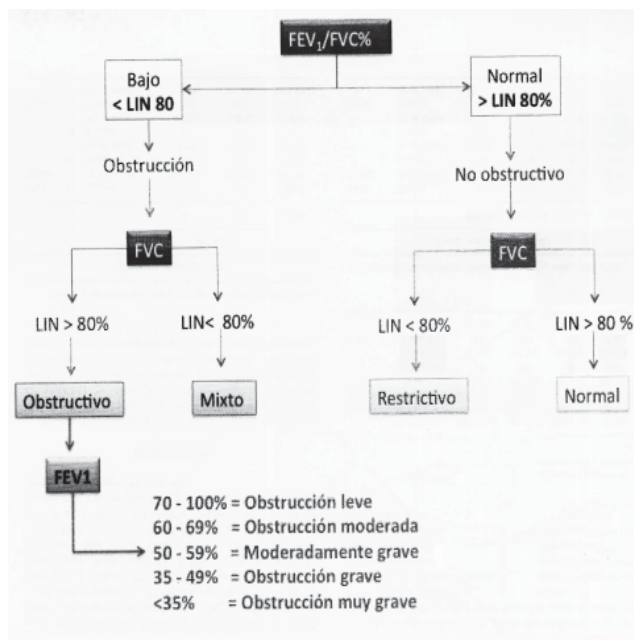


Figura 11.

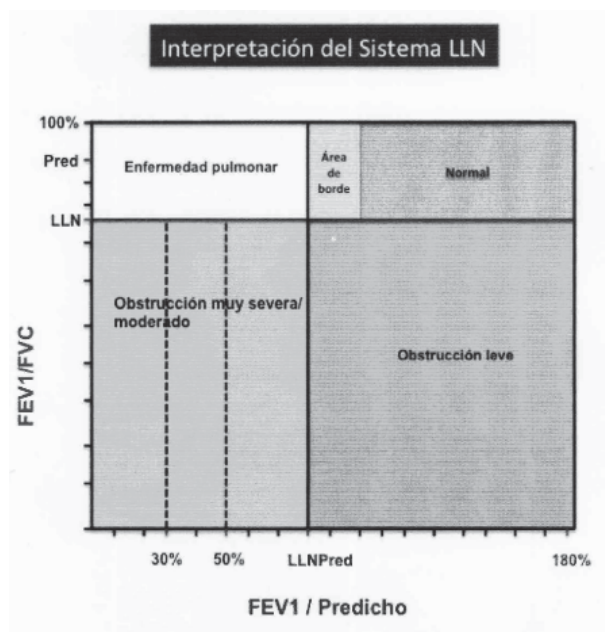


Figura 12.

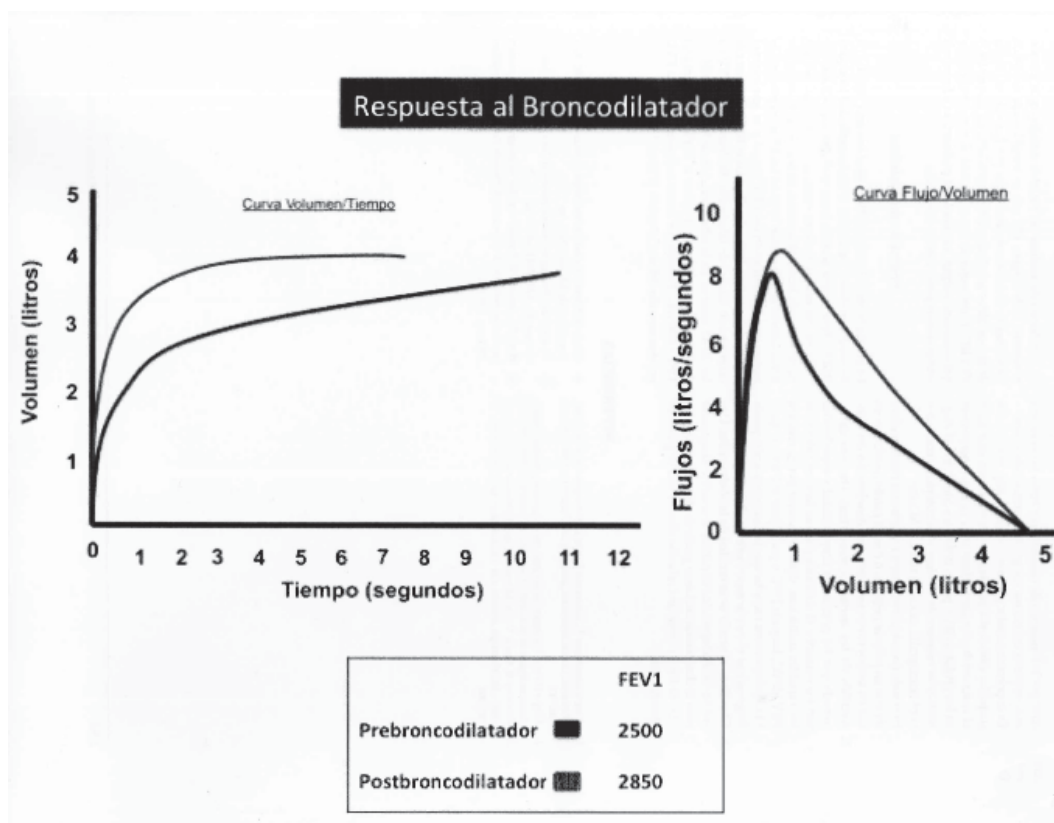


Figura 13

nóstico se requiere de técnicas más complejas como son la pletismografía, placa de tórax, TAC, etc.

Es común que un patrón obstructivo grave se pueda confundir con un pulmón pequeño o con un patrón restrictivo, ya que en ambos existe en común una disminución del flujo.

5. Análisis de las variables numéricas. Una vez determinado que las pruebas de aceptabilidad y repetibilidad son los correctos el siguiente paso es leer los valores de las variables numéricas, debe empezarse por la relación FEV1/FVC, luego la FVC y por último el FEV1 (Figura 11). Es importante recordar que la espirometría sólo puede diagnosticar el patrón espirométrico obstructivo.

6. Clasificar el grado de severidad de la obstrucción. Una vez hecho el diagnóstico de patrón obstructivo el siguiente paso es determinar cuál es el grado de obstrucción (Figura 11). El FEV1 tiene una relación directa con el grado de obstrucción.

Otra forma de analizar las variable numéricas es usando el sistema LLN (Figura 12), que es simplemente un eje de coordenadas dividido en cuadrantes por los valores límite

de las variables estudiadas (FEV1 predicho en porcentaje y FEV1/FVC del mejor de los esfuerzos). Dependiendo de en qué cuadrante caigan los datos del paciente, se ofrece una interpretación junto con los resultados.

Prueba broncodilatadora

La prueba broncodilatadora (PBD) es el test más sencillo de los usados en clínica para medir la hiperreactividad bronquial (HRB). Esta prueba permite hacer el diagnóstico de asma.

Se realiza con el paciente clínicamente estable, sin que hayan utilizado broncodilatadores de acción corta en las seis horas anteriores o de acción larga en las 12 horas previas. Se realiza una determinación del FEV1 basal y se administrará 400 µg de agonistas beta adrenérgicos o 80 µg de anticolinérgicos con cámara de inhalación. Se determina el FEV1 a los 30-45 minutos de la administración de los broncodilatadores. La reversibilidad es positiva si el FEV1 aumenta un 15% - 200 mL. También en forma indirecta mejora la FVC por disminución del aire atrapado (Figura 13).

REFERENCIAS

1. Vargas-Domínguez C, Goicochea-Rangel L, Velázquez-Uncal M y cols. Pruebas de función respiratoria ¿cuál y a quién? *Neumol Cir Tórax*. 2011;70: 101-117.
2. Slinger PD et al. Valoración preoperatoria para extirpación pulmonar. *Clínicas Anestesiológicas de Norteamérica. Anestesia en Técnicas de Tórax*. 2013;19.
3. Company R, García V, San Miguel G, López F. Intercambio pulmonar de Gases. En: *Fisiología aplicada a la Anestesiología*. Ed. Océano/Ergón. 2: 287-308.
4. Ortega GJP, Mikolajczuk JA. Fisiología respiratoria. En el ABC de la Anestesiología Ed. Alfil, 2011, pp. 13-35.
5. Alvarado SE. Pruebas de función pulmonar. En el ABC de la Anestesiología. Ed. Alfil, 2011, pp. 37-42.
6. Hyatt RE, Scalon PD. Pruebas sencillas de esfuerzo. En *Guía práctica para la interpretación de las pruebas de Función Pulmonar*. 3ra. edición, 2009, pp. 105-110.