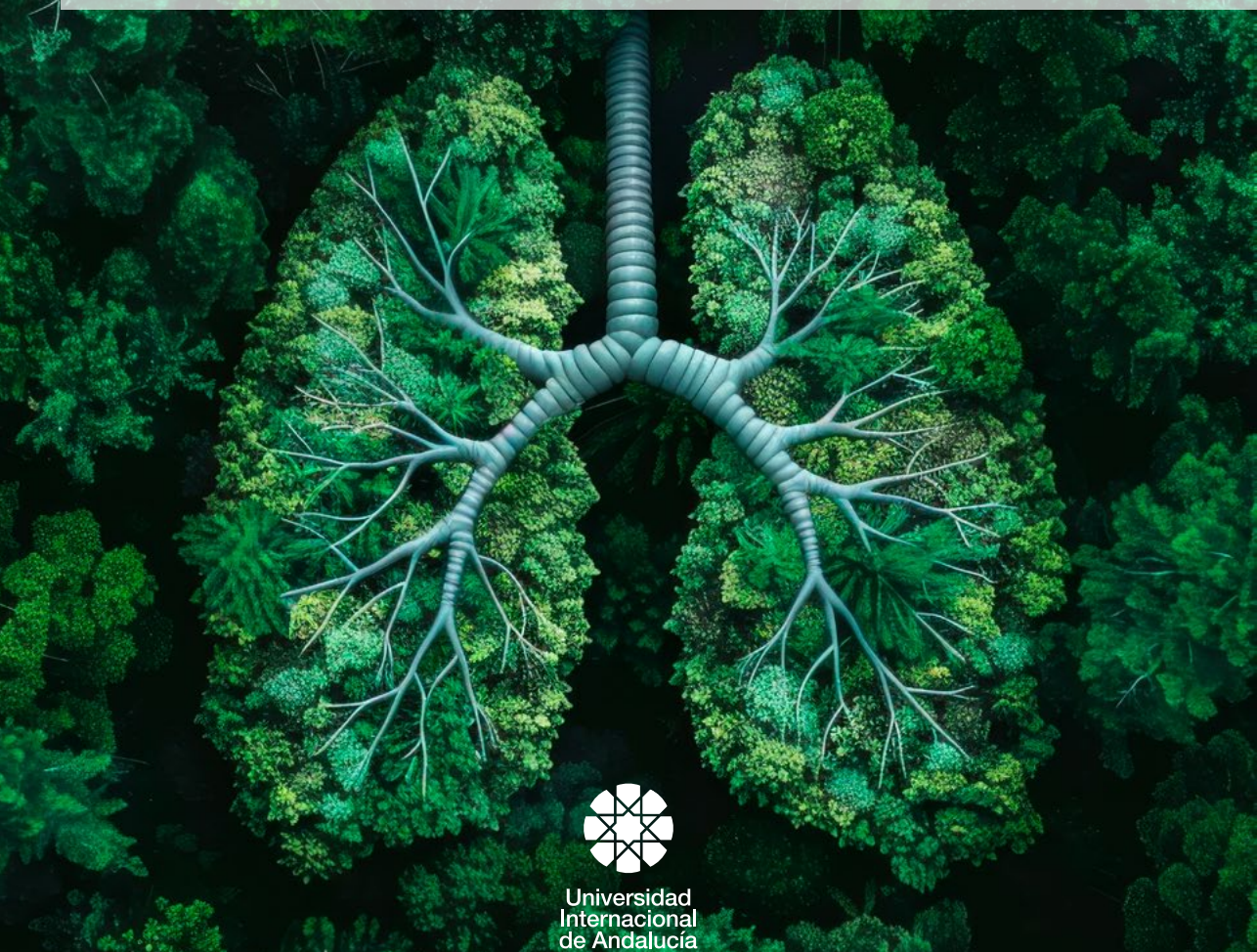
SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA UN CONTROL EFECTIVO DEL ASMA

Manuel Alcántara Villar
(coordinador)



Universidad Internacional de Andalucía

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web)
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

https://doi.org/10.56451/10334/9695

CAPÍTULO 4

APLICABILIDAD CLÍNICA DE LAS PRUEBAS FUNCIONALES RESPIRATORIAS

Gerardo Pérez Chica, Pilar Cano Lucena y M. Carmen Mata López
Servicio de Neumología. Hospital Universitario de Jaén

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Resumen

El capítulo aborda la relevancia clínica de las pruebas funcionales respiratorias, destacando cómo los avances tecnológicos han optimizado el diagnóstico y manejo de enfermedades respiratorias. Herramientas como la espirometría permiten diagnósticos más precisos y personalización de tratamientos. La automatización de procesos, la integración de dispositivos móviles y el uso de telemedicina han facilitado evaluaciones en tiempo real y seguimiento domiciliario, mejorando la calidad de vida del paciente. Además, se describen los criterios para la preparación y ejecución de maniobras, así como los patrones obstructivos, restrictivos y mixtos identificables mediante espirometría.

Palabras clave

Pruebas funcionales respiratorias, espirometría, diagnóstico respiratorio, personalización de tratamientos, automatización de procesos, telemedicina, dispositivos móviles, patrones obstructivos, patrones restrictivos, seguimiento domiciliario.

Abstract

The chapter discusses the clinical relevance of respiratory function tests, emphasizing how technological advancements have optimized the diagnosis and management of respiratory diseases. Tools like spirometry enable more precise diagnoses and personalized treatments. Automation, integration with mobile devices, and telemedicine have facilitated real-time evaluations and home monitoring, improving patient quality of life. Additionally, the chapter outlines criteria for preparing and executing maneuvers, as well as obstructive, restrictive, and mixed patterns identifiable via spirometry.

Keywords

Respiratory function tests, spirometry, respiratory diagnosis, treatment personalization, process automation, telemedicine, mobile devices, obstructive patterns, restrictive patterns, home monitoring.

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

1. Introducción

Desarrollada en el siglo XX, la exploración funcional respiratoria del siglo XXI necesariamente tendrá matices diferenciales. Los avances tecnológicos alcanzados por el desarrollo de la electrónica y de la informática han generado notables cambios en los estudios de función pulmonar. Por ejemplo, la sustitución de los clásicos espirómetros de campana o de fuelle por equipos modernos capaces de medir gradientes de presiones o integrar flujos. Las ventajas derivadas de estos avances técnicos resultan incuestionables, ya que han mejorado la rapidez de los resultados y la precisión de los cálculos. Además, se han simplificado ciertas maniobras, como la medición de flujos mediante espirómetros digitales, eliminando la necesidad de calibraciones manuales frecuentes. De igual modo, el análisis automatizado de las curvas flujo-volumen ha permitido la detección temprana de errores técnicos, facilitando la obtención de resultados reproducibles y fiables. Hoy en día, es posible utilizar ecuaciones complejas de valores de referencia e incluso automatizar parcialmente la interpretación de los resultados. Estudios más recientes, como los reportados en la normativa conjunta de la European Respiratory Society (ERS) y la American Thoracic Society (ATS) del 2022, han mejorado la precisión y fiabilidad de la automatización mediante algoritmos avanzados y sistemas computarizados que permiten un análisis más detallado y accesible para la práctica clínica (ATS/ERS, 2022).

Estos avances han traído consigo otras implicaciones, especialmente en la práctica clínica diaria. La mejora en la rapidez y precisión de las mediciones ha facilitado diagnósticos más tempranos y fiables, optimizando así el manejo de enfermedades respiratorias crónicas como la EPOC y el asma. Además, la posibilidad de realizar estudios en tiempo real permite ajustar tratamientos de manera más eficaz y personalizada, lo que se traduce en una mejor calidad de vida para los pacientes. Por ejemplo, la incorporación de espirómetros portátiles conectados a dispositivos móviles ha simplificado el seguimiento de pacientes con asma y EPOC, permitiendo la evaluación periódica de su función pulmonar desde el domicilio (ENRIGHT, P. 2002).

Por otro lado, el diseño de los laboratorios de función pulmonar se ha transformado, convirtiéndolos en entornos más amigables para los pacientes y facilitando su integración en otras estructuras asistenciales. La simplificación de los procedimientos, como la reducción de maniobras complejas y la automatización de la calibración, ha permitido obtener mediciones más rápidas y en tiempo real, lo que contribuye significativamente a la toma de decisiones clínicas inmediatas. Esto ha

Soluciones prácticas para un control efectivo del asma.
Manuel Alcántara Villar (coordinador). Universidad Internacional de Andalucía, 2025.

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

hecho posible estudiar la función pulmonar de manera más cercana al paciente, evitando procedimientos complicados y descontextualizados de la práctica clínica.

Además, la exploración funcional respiratoria puede realizarse en una variedad de entornos más allá del laboratorio, como en la cabecera del paciente o incluso en su domicilio, cuando sea necesario. Por ejemplo, el seguimiento de un asmático mediante un espirómetro conectado a un microprocesador y un teléfono móvil, la detección temprana de agravamiento en pacientes con EPOC, o el control de la fuerza muscular respiratoria en pacientes neuromusculares son claros ejemplos de cómo los avances tecnológicos permiten una monitorización domiciliaria eficaz. Otro ejemplo lo constituye la telemedicina, donde los resultados de las pruebas funcionales se envían directamente a la historia clínica electrónica del paciente, facilitando la evaluación remota por parte del médico.

A pesar de los cambios experimentados, la exploración funcional respiratoria enfrenta importantes retos en el siglo XXI. Uno de los desafíos es el dramático infradiagnóstico de la EPOC, que en algunos contextos llega al 75% de los casos (GOLD, 2024). Esta situación pone de manifiesto la necesidad de potenciar el acceso a herramientas como la espirometría, especialmente en atención primaria. Para ello, es crucial simplificar los equipos y desarrollar sistemas de monitoreo más robustos, accesibles y fáciles de manejar, que garanticen exploraciones de calidad.

En el presente capítulo nos centraremos principalmente en la espirometría. La espirometría es una herramienta básica en la práctica médica, sin la que difícilmente se puede valorar y tratar gran parte de la patología del aparato respiratorio. Su realización conlleva dificultades y circunstancias especiales que no existen en otras técnicas médicas y que hacen que, si no se efectúan una serie de controles, su realización no tenga resultados válidos. La vigente normativa conjunta de la ERS y la ATS del 2022 describe los estándares actuales para su correcta realización e interpretación, destacando su importancia como herramienta para el cribaje y la valoración inicial de patologías respiratorias (ATS/ERS, 2022).

2. Fundamentos técnicos

Los espirómetros pueden ser de circuito abierto o de circuito cerrado. En los de circuito abierto, el paciente realiza una inspiración máxima hasta capacidad pulmonar total (TLC) de aire ambiental (sin conectar la boca al tubo del espirómetro)

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Tabla 1. Preparación para la espirometría.

RECOMENDACIONES
• No es necesario acudir en ayunas, aunque es aconsejable evitar comidas abundantes. • No fumar al menos en la hora previa. • Se evitará la ingesta de estimulantes o depresores del sistema nervioso central (café, té, alcohol, tranquilizantes, etc.). • No usar en las 6 horas previas broncodilatadores de corta duración (inhaladores con salbutamol, terbutalina o bromuro de ipratropio), agonistas β2 de larga duración en las 12 horas previas (inhaladores con formoterol o salmeterol) y tiotropio inhalador o teofilinas por vía oral en las 36 horas previas, excepto cuando la situación clínica del paciente no lo permita, por indicación expresa del facultativo. • No realizar ejercicio físico vigoroso, al menos 30 minutos antes. • Se recomienda llevar ropa ligera, no ajustada (cuellos, corbatas, fajas) que incomoden y, si es posible, aflojarla para realizar la prueba cómodamente. • Si tiene prótesis dental, comuníqueselo al técnico.

y, a continuación, se conecta al espirómetro para realizar la maniobra espiratoria. Por tanto, el paciente no inhala del espirómetro, por el contrario, en los espirómetros de circuito cerrado, el paciente se conecta al tubo del espirómetro y realiza varias maniobras respiratorias a volumen corriente para, a continuación, realizar una inspiración máxima hasta TLC seguida de una espiración máxima. Por tanto, el paciente está en todo momento conectado al tubo del espirómetro.

Se recomienda no realizar estudios espirométricos a temperaturas ambientales < 17ºC o > 40ºC (AMERICAN THORACIC SOCIETY, 1995). En gran medida, esta recomendación está basada en el tiempo limitado de enfriamiento de los gases en los espirómetros que miden volúmenes (PINCOCK ,1983) y en los problemas para estimar los factores de corrección para los espirómetros que miden flujos *(*HANKINSON, 1994).

3. Preparación previa del paciente

Los pacientes deben evitar determinadas actividades y toma de medicación antes de la maniobra (tabla 1) (GARCIA-RIO, F. 2013). Además, deben permanecer relajados tanto antes como durante la exploración. La decisión de evitar

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Tabla 2. Indicaciones de la espirometría.

CATEGORÍA	RECOMENDACIONES
Visita inicial	• Evaluación de síntomas o signos respiratorios. • Medición del efecto de la enfermedad sobre la función pulmonar. • Cribaje de sujetos en riesgo de enfermedad pulmonar, principalmente: • Fumadores de más de 35 años y al menos 10 paquetes-año. • Persistencia de síntomas respiratorios como disnea, tos, expectoración, sibilancias o dolor torácico. • Exposición laboral a sustancias tóxicas que afectan la función respiratoria. • Evaluación del riesgo de procedimientos quirúrgicos (torácicos o abdominales altos). • Estimación de gravedad y pronóstico en enfermedades que afectan la función respiratoria. • Valoración del estado de salud antes de programas de actividad física intensa. • Examen físico rutinario.
Monitorización	• Evaluación del efecto de intervenciones terapéuticas. • Monitorización del curso de enfermedades respiratorias. • Monitorización de personas expuestas a sustancias potencialmente tóxicas, incluyendo fármacos.
Evaluación de deterioro	• Programas de rehabilitación. • Evaluación de disfunción para seguros médicos y valoraciones legales (seguridad social, peritajes).
Salud pública	• Estudios epidemiológicos. • Derivación de ecuaciones de referencia. • Investigación clínica.

broncodilatadores de acción larga o corta es clínica y depende de lo que esté buscando el clínico. Si el estudio se realiza para diagnosticar resultará útil evitar los broncodilatadores. Por el contrario, si el estudio se realiza para determinar una repuesta terapéutica, puede optarse por no retirar medicación (SEGURA, C. 2017).

4. Indicaciones

En la tabla 2 se detallan las indicaciones a la hora de realizar una espirometría (VAZQUEZ, G. 2011).

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Tabla 3. Contraindicaciones de la espirometría.

CATEGORÍA	CONTRAINDICACIONES
Absolutas	• Inestabilidad hemodinámica. • Embolismo pulmonar (hasta estar adecuadamente anticoagulado). • Neumotórax reciente (2 semanas tras la reexpansión). • Hemoptisis aguda. • Infecciones respiratorias activas (tuberculosis, norovirus, influenza). • Infarto de miocardio reciente (7 días). • Angina inestable. • Aneurisma aorta torácica que ha crecido o de gran tamaño (>6 cm). • Hipertensión intracraneal. • Desprendimiento agudo de retina.
Relativas	• Niños menores de 5-6 años. • Pacientes confusos o demenciados. • Cirugía abdominal o torácica reciente. • Cirugía cerebral, ocular u ORL reciente. • Diarrea o vómitos agudos, estados nauseosos. • Crisis hipertensiva. • Problemas bucodentales o faciales que impidan o dificulten la colocación y sujeción de la boquilla.

5. Contraindicaciones

La realización de la espirometría puede resultar físicamente demasiado exigente para algunos pacientes. En la siguiente tabla (Tabla 3), se exponen las contraindicaciones absolutas y relativas para la realización de dicha maniobra (GARCIA-RIO, F. 2013).

6. Realización de la maniobra

El paciente se debe encontrar cómodo, tranquilo y concentrado. Se colocará sentado en la silla, evitando cruzar las piernas y liberando la presión de aquellas prendas de ropa que puedan oprimir. Se debe evitar la inclinación del paciente hacia delante al espirar.

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Soluciones prácticas para un control efectivo del asma.
Manuel Alcántara Villar (coordinador). Universidad Internacional de Andalucía, 2025.

En caso de no poder realizar la prueba en sedestación, se puede efectuar en decúbito o en bipedestación. En decúbito, los volúmenes pueden ser hasta un 10% inferior a los obtenidos en sedestación (D`ANGELO, E. 1993). Esta diferencia aumenta hasta un 60% en aquellos pacientes con enfermedad diafragmática o neuromuscular. Si la espirometría se realiza en bipedestación, es importante prestar especial atención a la posibilidad de caídas por mareo o síncope. En individuos obesos, se obtienen volúmenes y flujos mayores al realizar la maniobra en bipedestación.

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

Previa a la realización de la espirometría se registrará la talla (cm), el peso (kg) del paciente y la edad (años) (BECKLAKE, M.R.1986). No basta con preguntar los datos, será pesado con ropa ligera y la talla se obtendrá con el sujeto descalzo, cuerpo estirado y cabeza erguida. En caso de una marcada escoliosis u otra deformidad, o si el paciente no puede ponerse en pie, la talla se puede estimar midiendo la distancia máxima entre el extremo de los dedos medios de ambas manos, con las extremidades superiores extendidas al máximo en cruz (CASAN, P. 2002), (MILLER, M.R. 2005). Antes de iniciar la maniobra, siempre se debe colocar la pinza nasal ocluyendo ambos orificios.

El paciente debe estar en reposo al menos 15 minutos antes de la prueba. En este periodo, podrá recibir las explicaciones necesarias sobre el procedimiento que va a realizarse y como ha de colaborar. Es fundamental que el paciente realice una inspiración máxima antes de comenzar la espiración. Debe estimularse verbalmente al paciente para que exhale brusca e intensamente y que continúe manteniendo el esfuerzo a lo largo de toda la maniobra. Se ha observado reducciones del PEF cuando la inspiración es lenta y/o cuando se realiza una pausa de 4 a 6 segundos antes de comenzar la exhalación (D`ANGELO, E. 1993). Es conveniente que la inspiración sea rápida y que el periodo de pausa a inspiración máxima sea de sólo 1 a 2 segundos.

Es fundamental observar al paciente y los registros, curvas flujo-volumen y volumen-tiempo, en tiempo real a lo largo de toda la maniobra, para asegurarse de un esfuerzo adecuado, a la vez que se observa al paciente. Si la paciente nota mareo, debemos detener la maniobra, pues puede ocurrir sincope como

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Soluciones prácticas para un control efectivo del asma.
Manuel Alcántara Villar (coordinador). Universidad Internacional de Andalucía, 2025.

consecuencia de la interrupción prolongada del retorno venoso al tórax. Esto ocurre más frecuentemente en ancianos y en paciente con limitación al flujo aéreo. En estos pacientes se podría realizar maniobras sin FVC. Las prótesis dentarias bien ajustadas no deben retirarse rutinariamente, puesto que contribuyen a conservar la geometría orofaringea y los resultados espirométricos son realmente mejores con ellas colocadas (BUCCA, C.B. 2001).

Para que la maniobra pueda ser correctamente interpretada y tenga valor clínico es imprescindible que cumpla unos criterios de calidad en su realización (aceptabilidad y reproducibilidad).

Si se realiza la técnica de circuito cerrado, el sujeto se colocará la boquilla dentro de la boca, comprobando el cierre labial alrededor de la misma. Se indicará al paciente que realice una espiración máxima forzada, hasta vaciar completamente el volumen.

Posteriormente, se le solicitará al paciente que realice una inspiración rápida y máxima. En este momento, de manera clara y contundente, se le indicará que expulse todo el aire de forma rápida y forzada hasta alcanzar el volumen residual (RV). Al llegar al punto de máxima inspiración, o TLC, el paciente debe iniciar de forma inmediata la espiración, no permaneciendo en dicha situación más de 1 segundo. Si la inspiración es lenta y se realiza una pausa de 4-6 segundos antes de iniciar la espiración, el FEV1 y el PEF serán menores de los obtenidos sin pausa (21). Esta maniobra de espiración forzada no debería tener una duración inferior a los 10 segundos, durante los cuales el técnico indicará de forma continua al paciente que mantenga la expulsión del aire.

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

En la representación gráfica volumen/tiempo (Figura 1), debe observarse una caída brusca inicial, con un trazado posterior en forma de curva con concavidad hacia arriba. El trazado debe ser continuo y la finalización debe ser asintótica y no brusca ni perpendicular. Las recomendaciones vigentes establecen el número máximo de intentos en 8 maniobras y no aconsejan efectuar menos de 3. Para que la espirometría sea considerada válida, deben existir un mínimo de 3 maniobras satisfactorias y al menos 2 de ellas serán reproducibles. Para considerar una maniobra como reproducible se debe cumplir que la diferencia de la FVC y del

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Soluciones prácticas para un control efectivo del asma.
Manuel Alcántara Villar (coordinador). Universidad Internacional de Andalucía, 2025.

FEV_1 entre las dos mejores maniobras resulte inferior a 200 ml o al 5% (CASAN, P. 2002), (GARCIA-RIO, F. 2013) (MILLER, M.R. 2005).

Los criterios para la selección de maniobras son (GARCIA-RIO, F. 2013), (MILLER, M.R.2005), (VAZQUEZ, G. 2011):

- Los trazados no deben contener artefactos. Ocasionalmente pueden aparecer pequeñas melladuras o dientes de sierra en el trazado. Esto es más frecuente con los espirómetros de agua. Ocasionalmente, estas alteraciones se asocian a ciertas patologías como síndromes extrapiramidales.
- Inicio brusco de la maniobra, identificado por un volumen de extrapolación retrógrada menor del 10% de la FVC y de 100 ml.
- Un tiempo de espiración superior a 6 segundos.
- No debe producirse amputación en el final de la espiración.
- La maniobra debe finalizar cuando el cambio de volumen por segundo es inferior a 25 ml.

Hay que evitar una finalización brusca. Se puede considerar la prueba bien finalizada cuando se alcanza una meseta final en la que no se aprecia prácticamente variación en el volumen de aire espirado (flujo < 30mL/s) o el paciente ha hecho una espiración durante un tiempo igual o superior a 6 s. En algunas circunstancias (niños, adultos jóvenes y algunos pacientes con restricción) son aceptables períodos más cortos de espiración.

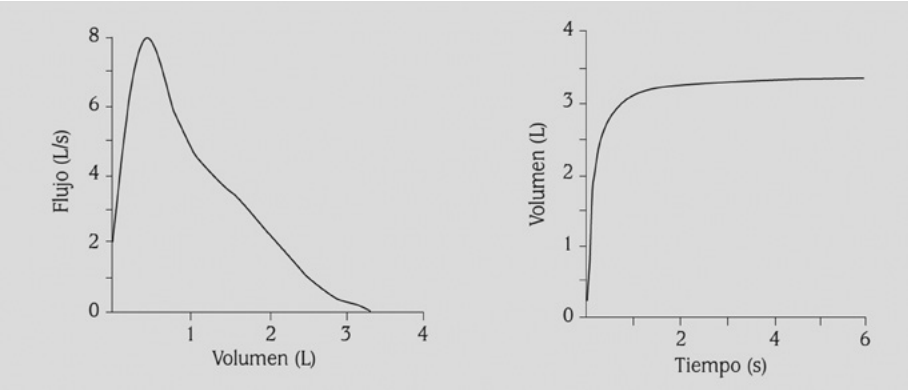
Los criterios para terminación del test son los siguientes:

- El paciente no puede continuar exhalando durante más tiempo.
- La curva volumen-tiempo muestra una meseta obvia. Se considera que la curva muestra una meseta (plateau) cuando no se observan cambios de volumen durante al menos 1 segundo tras un tiempo de exhalación de al menos 6 segundos.
- La espiración forzada es de duración razonable. En los pacientes con obstrucción al flujo aéreo o en los ancianos, frecuentemente son necesarios tiempos de espiración mayores de 6 segundos para alcanzar la meseta.

Las maniobras que no cumplan el criterio de finalización del test satisfactoriamente no deben utilizarse para evaluar el criterio de las tres maniobras aceptables. No obstante, la terminación precoz de la maniobra no es por sí misma una razón para eliminarla, pues la información acerca del FEV_1 puede ser válida.

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Figura 1. Representación gráfica de la espirometría: curva flujo/volumen y volumen/tiempo (tomada de referencia 20).



La morfología de la curva debe estar libre de muescas, melladuras o escalones. La aparición de tos, el cierre de glotis (maniobra de valsalva) que se considera ausencia de flujo o la vacilación en su realización puede originar valores no reales del FEV_1 y FVC. En estos casos debe considerable como no aceptable la maniobra.

Otras anomalías que interfieren en la medida correcta de los flujos y volúmenes, son las fugas a nivel de la boca y la interposición de la lengua o de la dentadura postiza en la boquilla.

7. Criterios de aceptabilidad y reproductibilidad

En la normativa SEPAR de la espirometría (GARCIA-RIO, F. 2013) se recogen los criterios de aceptabilidad de la prueba, y estos hay que considerarlos en su inicio, transcurso y finalización de la misma.

a) El inicio debe ser rápido y sin vacilaciones. El principal criterio de inicio adecuado exige un volumen de extrapolación retrógrada (VBE) inferior a 0,15 l o al 5% de la FVC (0,08 l ó 12,5% FVC en preescolares). Como criterio adicional para valorar el inicio de la maniobra, se puede utilizar el tiempo en alcanzar el flujo espiratorio máximo (PET), que debe ser

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

inferior a los 120 ms. Si es mayor, se indicará al paciente que sople más rápido al inicio.

b) El transcurso de la maniobra espiratoria debe ser continuo, sin artefactos ni evidencias de tos en el primer segundo que podrían afectar el FEV_1. Para verificarlo, debe observarse tanto la gráfica de volumen-tiempo como la de flujo-volumen. En caso de no obtener un transcurso de la maniobra correcto, generalmente debido a tos o a una excesiva presión y cierre de la glotis, se pedirá al paciente que la realice más relajado (sin dejar de soplar fuerte) y que no disminuya la fuerza generada hasta el final de la espiración.

c) La finalización no debe mostrar una interrupción temprana ni abrupta de la espiración, por lo que los cambios de volumen deben ser inferiores a 0,025 l durante ≥1 s. El final "plano" de la maniobra sólo se ve en la curva volumen-tiempo. La maniobra debe tener una duración no inferior a 6 segundos. Los adultos jóvenes pueden tener dificultad para mantener la espiración más de 4 segundos, a veces menos. En estos casos hay que verificar que el final no haya sido abrupto. En niños menores de 6 años, debe intentarse que la duración no sea inferior a 1 s; entre 6 y 8 años, será igual o superior a los 2 segundos y entre los 8 y 10 años, a 3 segundos. En caso de una mala finalización, se pedirá al paciente que no pare hasta que se le indique, aunque le parezca que no sale aire.

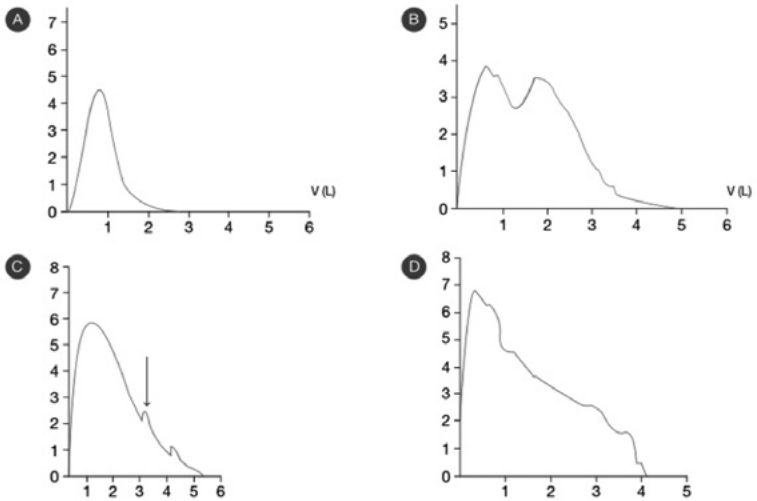
Las maniobras que no cumplan el criterio de finalización del test satisfactoriamente no deben utilizarse para evaluar el criterio de las tres maniobras aceptables. No obstante, la terminación precoz de la maniobra no es por sí misma una razón para eliminarla, pues la información acerca del FEV_1 puede ser válida.

Hay publicaciones que sugieren que la terminación del volumen espiratorio forzado a los 6 segundos (FEV_6) puede sustituir a la FVC, con la ventaja adicional de que requiere un esfuerzo menos prolongado y extenuante (ENRIGHT, P.L. 2002), (SWANNEY, M.P. 2000). No todos los autores están de acuerdo con esto y se ha demostrado que, cuando se sustituye la FVC por el FEV_6, se reduce la sensibilidad de la espirometría para detectar obstrucción al flujo aéreo, sobre todo en ancianos y en pacientes con obstrucción leve (HANSEN, J.E. 2006).

En la Figura 2 se ponen de manifiesto las principales fuentes de error en la realización de una espirometría, visualizados en la curva flujo/volumen.

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Figura 2. Visualización de errores de ejecución de maniobra en la curva flujo/volumen.



a. Inicio tardío de la maniobra espiratoria. b. Doble inspiración. c. Tos en el primer segundo de la espiración. d. Finalización prematura de la espiración.

El criterio de reproducibilidad no debe interpretarse rígidamente ni debe utilizarse como necesariamente indicativo de una mala calidad de las maniobras. Hay que tener en cuenta que algunos asmáticos sufren obstrucción como consecuencia de las maniobras espirométricas forzadas y, lógicamente, los resultados no cumplirán con los criterios de reproducibilidad. Deberíamos aplicar los criterios de aceptabilidad antes que los de reproducibilidad.

Según la normativa SEPAR (GARCIA-RIO, F. 2013) se consideran reproductibles las curvas cuando la diferencia entre las dos mejores VC, IC, FVC y FEV_1 aceptables debe ser inferior a 0,15l. En pacientes con una FVC menor de 1 l, se recomienda utilizar un criterio de repetibilidad< 0,10l. En niños, se considerarán repetibles dos maniobras cuando la diferencia en la FVC y el FEV1 sean <0,10 l ó <10%. Se realizarán un mínimo de tres maniobras aceptables, con un máximo de ocho, dejando entre ellas el tiempo suficiente para que el paciente se recupere del esfuerzo. En niños se acepta un mínimo de 2 maniobras aceptables sin un máximo recomendado.

En la tabla 4 quedan descritos los distintos grados de calidad de la espirometría (GARCIA-RIO, F. 2013), (ATS/ERS2022).

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Tabla 4. Grados de calidad de la espirometría forzada.

GRADO	DESCRIPCIÓN
A	Tres maniobras aceptables (sin errores) y entre las dos mejores FVC y FEV1 una diferencia igual o inferior a 0,15 L.
B	Tres maniobras aceptables (sin errores) y entre las dos mejores FVC y FEV1 igual o inferior a 0,2 L.
C	Dos maniobras aceptables (sin errores) y entre las dos mejores FVC y FEV1 una diferencia igual o inferior a 0,2 L.
D	Dos o tres maniobras aceptables (sin errores) y entre las dos mejores FVC y FEV1 una diferencia igual o inferior a 0,25 L.
E	Una maniobra aceptable (sin errores).
F	Ninguna maniobra aceptable (sin errores).

8. Prueba broncodilatadora

La prueba de reversibilidad de la limitación al flujo aéreo, comúnmente denominada prueba de broncodilatación, consiste en la medición de la función pulmonar antes y después de administrar un broncodilatador de acción rápida. Aunque la prueba tiene utilidad diagnóstica, pronóstica y terapéutica, la asunción de que la respuesta a una única prueba de broncodilatación es adecuada para determinar la reversibilidad y los beneficios terapéuticos de los fármacos es erróneamente simplista ya que un mismo individuo puede presentar diferente respuesta en distintos momentos y según el broncodilatador (GARCIA-RIO, F. 2013).

Como fármaco broncodilatador se debe usar un broncodilatador de acción rápida, por lo que se suele optar por salbutamol o terbutalina. En caso de intolerancia a los agonistas beta-2 adrenérgicos, se podría considerar el empleo de bromuro de ipratropio.

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

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Soluciones prácticas para un control efectivo del asma.
Manuel Alcántara Villar (coordinador). Universidad Internacional de Andalucía, 2025.

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

La respuesta broncodilatadora considera el cambio con respecto a los valores previos, expresado en valor absoluto y en porcentaje. También se ha propuesto expresar la respuesta como porcentaje de cambio con respecto al valor teórico. En pacientes con bajos volúmenes pulmonares, el porcentaje con respecto al previo sobreestima la respuesta, mientras que el cambio en valor absoluto la infraestima (CASAN, P. 2002).

Los tres índices más comunes para evaluar la respuesta broncodilatadora son el porcentaje de cambio sobre el valor basal, el porcentaje de cambio sobre el valor predicho y el cambio absoluto. En la normativa SEPAR sobre la espirometría por su mayor sensibilidad, recomienda utilizar como criterio de reversibilidad una mejoría del FEV_1 o de la FVC ≥12% y ≥0,2 l. (GARCIA-RIO, F. 2013). La recientemente revisada normativa de la espirometría de la sociedad ATS/ERS de 2022 señala que cambio superior al 10% en los valores del FEV_1 o de la FVC sobre el valor previsto indica una respuesta positiva del test (ATS/ERS 2022).

9. Interpretación de los resultados

Los resultados de le espirometría tiene utilidad en el diagnóstico y seguimiento de la patología respiratoria, así como para valorar la gravedad y la progresión en el tiempo de las alteraciones ventilatorias. Por tanto, su interpretación debería ser extremadamente concisa, ya que va a determinar la toma de decisiones clínicas. Los valores deben interpretarse siempre de forma individualizada y teniendo en cuenta la calidad de la maniobra y los comentarios realizados por el personal que efectúa la prueba (AMERICAN THORACIC SOCIETY. 1991), (EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. 1993).

Desde el punto de vista espirométrico, las alteraciones ventilatorias pueden clasificarse en (GARCIA-RIO, F. 2013), (ATS/ERS 2022):

9.1. Patrón obstructivo

La alteración ventilatoria obstructiva se define por una relación FEV1/FVC reducida (menor del LIN). En la práctica clínica, el uso ha impuesto, por su sencillez,

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Soluciones prácticas para un control efectivo del asma.
Manuel Alcántara Villar (coordinador). Universidad Internacional de Andalucía, 2025.

la definición de obstrucción a partir de una relación FEV1/FVC menor del 0,7, aunque este criterio es menos preciso y da lugar a falsos negativos en jóvenes y falsos positivos en ancianos.

En los trastornos obstructivos, la curva flujo-volumen típicamente muestra una morfología cóncava. El cambio más precoz asociado a la obstrucción de la pequeña vía aérea es el enlentecimiento en la porción terminal del espirograma, que se traduce cuantitativamente en una mayor reducción de los flujos instantáneos y mesoespiratorios (FEF25-75%). No obstante, estas alteraciones no son específicas de las enfermedades de la pequeña vía aérea.

En pacientes con patología obstructiva avanzada se pueden encontrar valores de FEV_1 y FVC disminuidos, por lo que el cociente FEV_1/ FVC mejora e incluso puede llegar a normalizarse. En este caso, puede ser útil sustituir la FVC por la VC lenta y calcular el cociente FEV_1/ VC o índice de Tifeneau.

Las enfermedades que pueden producir obstrucción pueden localizarse en la gran vía aérea o central (laringe, tráquea y bronquios fuentes), o bien en la vía aérea periférica (tabla 5):

Tabla 5. Enfermedades obstructivas de la vía aérea (SEGURA, C. 2017).

LOCALIZACIÓN	ENFERMEDADES
Vía aérea central	• Estenosis traqueales post intubación. • Parálisis en aducción de cuerdas vocales. • Compresión de la tráquea por masas o tumores. • Cuerpos extraños.
Vía aérea periférica	• Asma bronquial. • Bronquitis crónica. • Enfisema. • Bronquiolitis obliterante. • Condromalacia.

En la tabla 6 se clasifica la gravedad de las alteraciones ventilatorias obstructivas en función del FEV_1 (AMERICAN THORACIC SOCIETY. 1991), (PELLEGRINO, R. 2005), (GARCIA-RIO, F. 2013).

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Tabla 6. Clasificación de gravedad de las alteraciones ventilatorias obstructivas.

NIVEL DE GRAVEDAD	FEV^1 (% VALOR DE REFERENCIA)
Leve	> 70%
Moderada	60-69%
Moderadamente Grave	50-59%
Grave	35-49%
Muy Grave	< 35%

FEV^1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo.

9.2. Patrón restrictivo

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

Con una espirometría, se debe sospechar la existencia de un trastorno restrictivo cuando la FVC esté reducida, el cociente FEV_1/FVC sea normal y la curva flujo-volumen presente una morfología convexa. Sin embargo, estas alteraciones también pueden ser debidas a un esfuerzo espiratorio submáximo, por lo que una medida aislada de la FVC no resulta suficiente para establecer un diagnóstico de alteración ventilatoria restrictiva. La principal característica del patrón restrictivo es la limitación de la CVF, lo que condiciona que el FEV_1se 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". La curva flujo/volumen es parecida a la normal, pero más estrecha por la disminución de la CVF, lo que le da su característico aspecto picudo. La curva será más estrecha cuanto mayor sea el grado de restricción. El dato característico de la restricción es la limitación de la capacidad vital.

Es conveniente tener en cuenta que una obstrucción severa puede simular una restricción, como consecuencia de la presencia de atrapamiento aéreo. En este último caso, la TLC será normal y, por este motivo, el diagnóstico definitivo de trastorno restrictivo no debe hacerse únicamente mediante espirometria. No obstante, la respuesta al tratamiento puede ayudar a identificar la presencia de atrapamiento aéreo como causa de restricción simulada en el asma.

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Soluciones prácticas para un control efectivo del asma.
Manuel Alcántara Villar (coordinador). Universidad Internacional de Andalucía, 2025.

La restricción torácica (Tabla 7). puede tener su origen a nivel cutáneo, en las estructuras óseas del tórax, en los nervios y músculos que controlan la respiración, en la pleura y el parénquima pulmonar:

Tabla 7. Enfermedades con patrón ventilatorio restrictivo (SEGURA, C. 2017).

CAUSA	PATOLOGÍAS
Rigidez de la piel	• Grandes quemados.
Rigidez de la caja torácica	• Cifoescoliosis. • Toracoplastia. • Espondilitis anquilosante.
Enfermedades de los músculos	• Miastenia gravis. • Polimiositis. • Parálisis diafragmática.
Enfermedades neurológicas	• Síndrome de Guillain-Barré. • Poliomielitis.
Rigidez pulmonar	• Fibrosis pulmonar idiopática. • Neumoconiosis. • Sarcoidosis.
Ocupación alveolar	• Neumonía. • Hemorragia pulmonar. • Edema pulmonar.
Disminución del parénquima	• Neumonectomía. • Lobectomía.
Anormalidades pleurales	• Derrame pleural. • Fibrosis pleural.
Poca movilidad toracoabdominal	• Ascitis. • Dolor torácico.

9.3. Patrón Mixto

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

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Soluciones prácticas para un control efectivo del asma.
Manuel Alcántara Villar (coordinador). Universidad Internacional de Andalucía, 2025.

presencia de un componente restrictivo en un paciente obstructivo no puede inferirse de los resultados de la espirometría aislada, siendo necesaria la confirmación mediante medición de la TLC, ya que el descenso en la FVC puede deberse a hiperinsuflación. En la curva volumen/tiempo podemos decir que la curva del patrón mixto es como una obstructiva "en miniatura", y en la curva flujo/volumen se observará tanto de limitación del flujo aéreo como de restricción. Por lo tanto, en el patrón mixto puede verse: FEV_1/CVF <70%, CVF <80% del valor de referencia y FEV_1 <80% del valor de referencia.

En la figura 3 se aprecian las morfologías típicas de las curvas volumen/tiempo y flujo/volumen en condiciones normales y en un patrón obstructivo o restrictivo.

En la tabla 8 se resumen los distintos tipos de alteraciones ventilatorias definidas por espirometría y volúmenes pulmonares:

Tabla 8. Resumen de los tipos de alteraciones ventilatorias definidas por espirometría y volúmenes pulmonares (ATS/ERS. 2022).

ALTERACIONES VENTILATORIAS	PATRONES
Obstrucción	• FEV1/FVC <5 percentil • Disminución del flujo a bajo volumen pulmonar puede reflejar enfermedad de vías pequeñas • Reducción concomitante de FEV1 y FVC comúnmente debida a bajo esfuerzo o flujo obstructivo • Medición de volúmenes pulmonares absolutos ayuda al diagnóstico e hiperinflación • Medición de la resistencia al flujo aéreo puede ser útil
Restricción	• TLC <5 percentil • Reducción de FVC no prueba restricción, pero puede sugerirla si FEV1/FVC es normal o alto • TLC bajo en prueba de respiración única no es confiable, especialmente con FEV1/FVC bajo • FVC normal generalmente excluye restricción
Mixto	• FEV1/FVC y TLC ambos <5 percentil

FEV^1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; TLC: capacidad pulmonar total.

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Figura 3. Morfología típica de las curvas volumen-tiempo/flujo-volumen, en condiciones normales y en un patrón obstructivo o restrictivo. (VAZQUEZ, G. 2011).

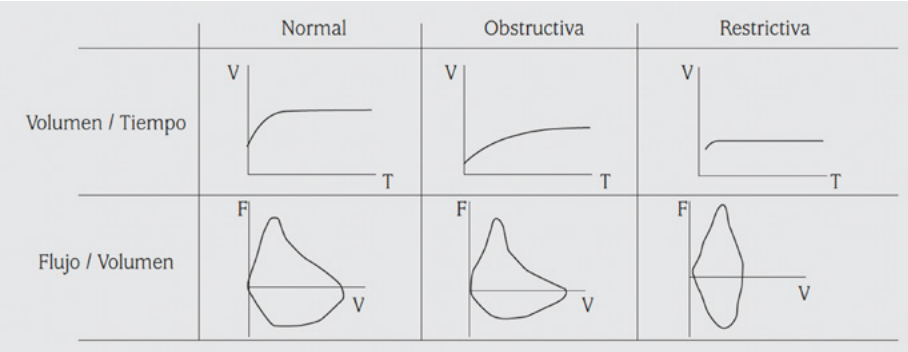
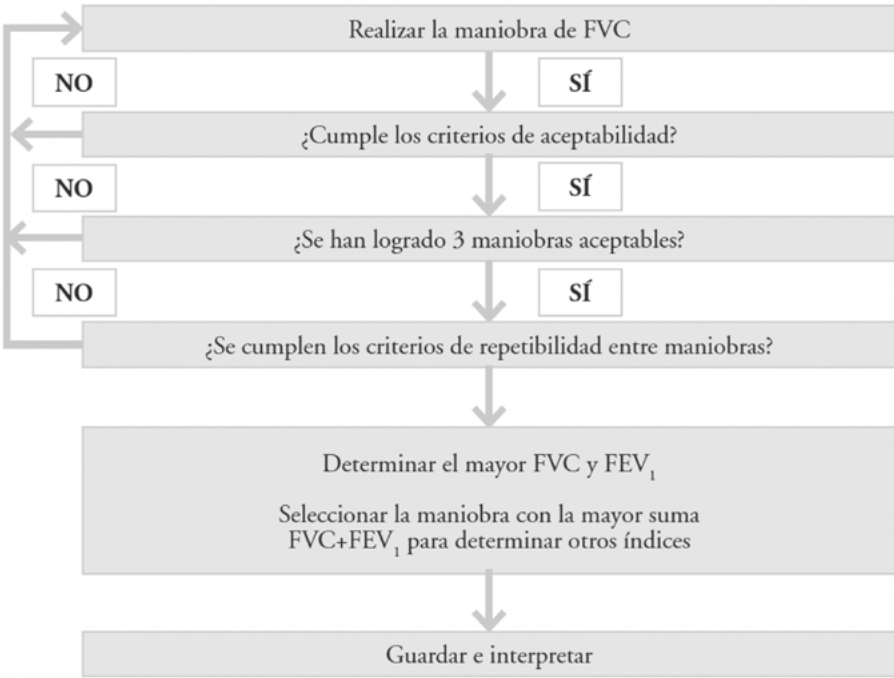


Figura 4. Diagrama de flujo para la aplicación de los criterios de aceptabilidad y repetibilidad (GARCIA-RIO, F. 2013).



ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

En la figura 4 se desarrolla el diagrama de flujo para poder aplicar los criterios de aceptabilidad y repetibilidad en la sistemática de realización de una espirometría.

10. Conclusión

La integración de la exploración funcional respiratoria en la práctica clínica cotidiana es esencial para fortalecer su papel como herramienta clave en la toma de decisiones. Esto incluye seleccionar de manera adecuada las pruebas a realizar según los objetivos clínicos específicos, ya sea confirmar un diagnóstico, evaluar el progreso de un tratamiento, o determinar el pronóstico. Además, es imprescindible priorizar los parámetros más relevantes desde el punto de vista clínico y pronóstico, asegurando que estos datos sean elementos clave en los algoritmos diagnósticos y terapéuticos utilizados por los profesionales de la salud.

11. Bibliografía

1) AMERICAN THORACIC SOCIETY. (1991) *«Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies»*, Am. Rev. Respir. Dis 144, pp. 1202-1218.
2) AMERICAN THORACIC SOCIETY. (1995) *«Standardization of spirometry: 1994 update»*, Am. J. respire. Crit. Care Med. 152, pp. 1107-1136.
3) AMERICAN THORACIC SOCIETY /EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY (ATS/ERS). (2022). «ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests», Eur Respir J 59, pp. 1-26.
4) BECKLAKE, M.R. (1986). *«Concepts of normality applied to the measurement of lung function»,* Am. J. Med. 80, pp.1158-1163.
5) BUCCA, C.B. et al. (2001). «Effect of edentulism on spirometric tests», Am J Respir Crit Care Med 163, pp.1018-1020.
6) CASAN, P. et al. (2002). *«Espirometría»*, Manual SEPAR de procedimientos, Procedimientos de evaluación de la función pulmonar, Madrid, Luzan 5, pp. 4-15.

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Soluciones prácticas para un control efectivo del asma.
Manuel Alcántara Villar (coordinador). Universidad Internacional de Andalucía, 2025.

7) D`ANGELO, E. et al. (1993). *«Dependence of maximal flow-volume curves on time course of predicting inspiration»*, J Appl Physiol 75, pp. 1155-1159.
8) ENRIGHT, P.L. et al. (2002). «The FEV1/FVC6 predicts lung function decline in adult smokers», Respir Med 96, pp. 444-449.
9) EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. (1993) *«Lung volumes and forced ventilator flows»*, Eur. Respir.J. 6 (suppl. 16), pp. 5-40.
10) GARCIA-RIO, F. (2013). *«Normativa sobre la espirometria»*, Respira-Fundación Española del Pulmón-SEPAR, Barcelona, pp. 1-66.
11) GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE (GOLD). (2024) "Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of COPD." GOLD Report.
12) HANKINSON, J.L. et al. (1994). *«BTPS correction for ceramic flow sensors»*, Chest 105, pp.1481-1486.
13) HANSEN, J.E. et al. (2006). *«Should forced expiratory volume in six seconds replace forced vital capacity to detect airway obstruction?»*, Eur Respir J 27, pp. 1244-1250.
14) MILLER, M.R. et al. (2005). *«General considerations for lung function testing»*, Eur Respir J 26, pp.153-161.
15) MILLER, M.R. et al. (2005). *«Standardization of spirometry»*, Eur Respir J 26, pp. 319-338.
16) PELLEGRINO, R. et al. (2005). *«Interpretative strategies for lung function test»*, Eur Respir J 26, pp. 948-68.
17) PINCOCK, A.C., et al. (1983). *«The effect of temperature on recording spirograms»*, Am. Rev. Respire. Dis. 128, pp. 894-898.
18) SEGURA, C (2017). *«Realización e interpretación básica de la espirometria»* en M. Alcántara (coordinador), Formación práctica en Alergología para médicos de Atención Primaria, Sevilla: Universidad Internacional de Andalucía, pp. 77-94.
19) SWANNEY, M.P. et al. (2000). *«FEV6 is an acceptable surrogate for FVC in the spirometric diagnosis of airway obstruction and restriction»*, Am J Respir Crit Care Med 162, pp. 917-919.
20) VÁZQUEZ, G. et al. (2011). *«Espirometría»*, en F. García (coordinador), Exploración funcional respiratoria, Madrid: Editorial Ergon, pp. 14-30.

ISBN: 978-84-7993-427-9 (edición PDF web).
Enlace: http://hdl.handle.net/10334/9571 Licencia de uso: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/