



Viernes 3 de marzo de 2023

Taller:

**Diagnóstico funcional del asma.
¿Sabemos cómo realizar y cómo
interpretar una espirometría?**

Ponentes/monitores:

- **Alberto Bercedo Sanz**
*Pediatra. CS Los Castros. Santander.
Cantabria.*
- **Isabel Úbeda Sansano**
Pediatra. CS de La Eliana. Valencia.

Textos disponibles en
www.aepap.org

¿Cómo citar este artículo?

Bercedo Sanz A, Úbeda Sansano I, Juliá Benito JC, Praena Crespo M; Grupo de Vías Respiratorias de la AEPap. Diagnóstico funcional del asma. ¿Sabemos cómo realizar y cómo interpretar una espirometría? En: AEPap (ed.). Congreso de Actualización en Pediatría 2023. Madrid: Lúa Ediciones 3.0; 2023. p. 309-324.



Comisión de Formación Continuada
de los Profesionales Sanitarios de
la Comunidad de Madrid

Diagnóstico funcional del asma. ¿Sabemos cómo realizar y cómo interpretar una espirometría?

Alberto Bercedo Sanz

Pediatra. CS Los Castros. Santander. Cantabria.

Isabel Úbeda Sansano

Pediatra. CS de La Eliana. Valencia.

Juan Carlos Juliá Benito

Pediatra. CS República Argentina. Valencia.

Manuel Praena Crespo

Pediatra. CS La Candelaria. Sevilla.

Grupo de Vías Respiratorias de la AEPap

RESUMEN

La medición objetiva de la función pulmonar es, junto con la clínica, el pilar del diagnóstico del asma, siendo la **espirometría forzada** el método básico para el estudio de la función pulmonar en el niño^{1,2}. Es una prueba fisiológica que **mide el volumen máximo de aire que un sujeto puede inspirar y espirar con el máximo esfuerzo**³. Permite medir los **volúmenes y flujos** que se generan en el curso de esta maniobra voluntaria forzada.

Se ha demostrado que es posible realizar una espirometría forzada con garantías en la mayoría de los niños preescolares, siguiendo las recomendaciones publicadas por las guías internacionales, incluso se dispone de valores de referencia en niños españoles para este grupo de edad^{4,5}. El problema es que estos niños precisan mucho más tiempo, personal con una formación específica y programas de animación adecuados. Este es el motivo por el que, hasta el momento, no es factible su realización en Atención Primaria, donde se recomienda a partir de los 5-6 años.

ESPACIO FÍSICO Y EQUIPO NECESARIO

Es importante disponer de un **espacio sin ruidos o elementos de distracción** que permita, al paciente y al técnico responsable de su realización, concentrarse en la maniobra de la espirometría.

El **equipo y material necesario** para su realización^{3,6,7} consta de: una báscula y tallímetro; mesa y silla con apoyabrazos y respaldo; estación meteorológica (termómetro-barómetro-higrómetro), si no lo lleva incorporado el espirómetro; jeringa de calibración; boquillas no deformables; adaptador pediátrico; filtros antibacterianos y antivíricos desechables; transductores (en caso de disponer de espirómetros desechables); pinzas de oclusión nasal; papel de registro u hojas para impresora; medicación broncodilatadora y cámaras de inhalación; espirómetro que cumpla los estándares de calidad (los más utilizados actualmente son los espirómetros de flujo con sensores fijos o desechables, como el neumotacógrafo con resistencia tipo Fleisch y tipo Lilly, que miden la diferencia de presión que se genera al pasar un flujo laminar a través de una resistencia conocida. Otros, con turbina, se basan en la velocidad del giro de las aspas, registrada mediante sensores ópticos, que es proporcional al flujo que pasa a través del dispositivo).

En la actualidad, lo habitual es conectar el espirómetro a un ordenador con impresora que disponga del software específico para dicho espirómetro, y con **incentivos pediátricos** para facilitar la realización de la espirometría en estas edades.

La pandemia COVID-19 ha hecho necesario extremar las medidas de **seguridad necesarias** para la realización de la espirometría en Atención Primaria (AP), debido al riesgo de contagio para el paciente y el técnico por la aerosolización de las secreciones respiratorias, por la tos y por las maniobras de inspiración y espiración forzada^{8,9}. En este contexto es aconsejable adaptar las dimensiones y condiciones de los espacios y salas destinadas a la realización de la espirometría, que deben ser amplios con ventilación adecuada, con suelos y paredes no porosos de fácil limpieza y desinfección, provistos de lavabo y con armarios cerrados y cableado protegido con el fin de minimizar los riesgos de transmisión. Por otro lado, es **recomendable** el uso de pantallas faciales protectoras y mascarillas FFP2 homologadas, por parte del técnico que realiza la espirometría en las condiciones actuales.

CONDICIONES PREVIAS

La espirometría, aunque sencilla de realizar, exige una serie de condiciones mínimas para garantizar la fiabilidad de los parámetros obtenidos del paciente. En primer lugar, antes de realizar la espirometría, coincidiendo con la entrega de la citación es aconsejable dar unas **recomendaciones** verbales y escritas (**Anexo 1**), con el fin de evitar, durante las horas previas, el uso de fármacos broncodilatadores (**Tabla 1**), comidas copiosas, ejercicio físico, o tabaco y alcohol (en caso de los adolescentes)^{3,6,7}.

Además, hay que indagar sobre los posibles **síntomas respiratorios** u otros síntomas de coronavirus y otras infecciones respiratorias, antecedente de contacto estrecho o diagnóstico de COVID-19 en las dos últimas semanas, que se deben preguntar a los padres previamente al día de la prueba para valorar, si es necesario posponer la realización de la espirometría.

Asimismo, el día de la prueba y **antes de comenzar** la espirometría, se debe preguntar de nuevo acerca del estado del paciente y sobre el consumo de medicamentos u otras circunstancias que puedan interferir o contraindicar la prueba en ese momento^{3,6,7} (**Tabla 2**). Si el paciente presentara dolor torácico durante la maniobra, la espirometría debería interrumpirse.

El técnico que va a realizar la espirometría debe haber recibido formación y entrenamiento previo suficiente en la ejecución de la técnica, conocer las medidas de función pulmonar, los criterios de aceptabilidad y repetibilidad, los errores que pueden presentarse al realizar la maniobra, el funcionamiento del aparato y las técnicas de limpieza y mantenimiento del sistema^{6,10-12}.

PASOS PARA REALIZAR LA ESPIROMETRÍA

1. Introducción de los parámetros ambientales en el espirómetro antes de la calibración: temperatura, humedad, presión atmosférica.
2. Muchos espirómetros actuales realizan automáticamente las mediciones de los parámetros ambientales, e incluso los fabricantes de los es-

pirómetros portátiles de oficina afirman que no necesitan ser calibrados antes de realizar las mediciones. Aun así, es conveniente en estos dispositivos portátiles, una verificación periódica de la calibración, a ser posible a diario. La calibración se realiza con al menos 3 ciclos, inyectando y extrayendo el volumen con una jeringa de calibración de 3 litros. Si se utilizan filtros para los pacientes al realizar la espirometría, es recomendable colocar un filtro en línea al hacer la calibración^{3,12}.

3. Introducción de los datos del paciente: peso, talla, sexo, edad, etnia (para obtener los valores de referencia), identificación y motivo por el que se indica la espirometría. Es recomendable, si el software del espirómetro lo permite, introducir la edad en años con un decimal, la talla en centímetros con un decimal y el peso en kilogramos ajustado a 0,5 kilogramos.
4. Explicación del procedimiento al paciente.
5. Demostración del procedimiento.
6. Realización de la maniobra.

Anexo 1. Recomendaciones para el paciente antes de realizar una espirometría

¿PARA QUÉ SIRVE LA ESPIROMETRÍA?

El médico ha solicitado una espirometría, que es una prueba que proporciona una valiosa información sobre la función pulmonar y es parte del diagnóstico y seguimiento del asma.

La espirometría mide la cantidad y velocidad de la salida del aire desde los pulmones. Consiste en expulsar todo el aire que eres capaz de retener en los pulmones, con la mayor fuerza y velocidad posibles. En el asma, como la vía aérea está obstruida, el aire tarde más tiempo en salir que en las personas que no tienen obstrucción (es como expulsar el aire de un tubo estrecho puesto en la boca).

¿CÓMO DEBES PREPARARTE PARA LA PRUEBA?

- Debes evitar, si es posible, la toma del broncodilatador que utilizas habitualmente durante horas previas a la prueba.
- Acudir con ropa cómoda, no muy ajustada, que impida la movilidad.
- No es necesario estar en ayunas, pero es aconsejable evitar una comida copiosa y bebidas gaseosas o con cafeína en las 2 horas previas.
- No hagas ejercicio los 30 minutos antes de la prueba.
- Se recomienda evitar tabaco al menos 1 hora antes y alcohol en las 4 horas previas a la espirometría.
- En caso de haber tomado algún otro medicamento inhalado u oral, o que no te encuentres bien, comunícalo antes de realizar la exploración.

¿QUÉ SÍNTOMAS DEBES COMUNICAR EL DIA ANTERIOR A LA PRUEBA PARA VALORAR SI SE PUEDE REALIZAR LA ESPIROMETRÍA?

- Tos, fiebre, dificultad al respirar, cansancio, malestar general, vómitos, diarrea, dolor abdominal, dolor muscular, dolor de garganta, cefalea, erupciones cutáneas, conjuntivitis, pérdida de olfato, pérdida de gusto y cualquier otro síntoma que consideres.
- En caso de contacto estrecho con otra persona que haya comenzado con síntomas respiratorios o fiebre o contacto estrecho con alguien que haya dado positivo al coronavirus en los últimos 14 días comuníquelo previamente.

COMENTARIOS

Día de la cita

Hora

Sala/Consulta

Tabla 1. Fármacos que alteran la respuesta bronquial y tiempo que se recomienda suspenderlos antes de realizar la espirometría. Modificada de^{3,6,7}

Agente farmacológico	Horas antes	Comentarios
Agonistas β_2 -adrenérgicos de acción corta inhalados (ej. salbutamol)	6-8	
Agonistas β_2 -adrenérgicos de acción corta orales	24	
Agonistas β_2 -adrenérgicos de acción prolongada (ej. formoterol o salmeterol)	24	
Agonistas β_2 -adrenérgicos de acción ultraprolongada (ej. vilanterol)	36	
Anticolinérgicos de acción corta (ej. bromuro de ipratropio)	12	
Teofilinas de acción corta	12	
Teofilinas de acción retardada	36-48	
Antihistamínicos	48	Algunos autores aconsejan de 3-7 días y otros no consideran necesario retirarlos
Corticoides inhalados		No necesario retirarlos
Corticoides orales		No necesario retirarlos
Antileucotrienos	24	Algunos autores no consideran necesario retirarlos

Tabla 2. Contraindicaciones de la espirometría*. Modificada de^{3,6,7}

- Neumotórax reciente
- Traqueostomía
- Enfermedad cardiovascular inestable
- Infarto de miocardio reciente
- Cardiopatías complejas y/o cianosantes
- Hemoptisis reciente origen desconocido
- Crisis hipertensiva
- Hipertensión intracraneal/intraocular
- Aneurisma torácico, abdominal o cerebral
- Cirugía torácica o abdominal reciente (4 semanas poscirugía torácica o abdominal)
- Cirugía ocular y cerebral reciente
- Desprendimiento de retina
- Cirugía ORL: senos y oído medio (1.ª semana tras cirugía de seno o del oído medio, o tras infección)
- Falta de comprensión o colaboración
- Dolor abdominal, náuseas o vómitos
- Problemas bucodentales o faciales que dificulten la sujeción de la boquilla
- Demencia o estado confusional
- Situaciones relacionadas con infección contagiosa y/o activa (respiratoria o sistémica, incluida tuberculosis, hemoptisis, secreciones mucosas significativas, lesiones o sangrado orales)

*Muchas contraindicaciones no son de tipo absoluto y deben valorarse de forma individual.

REALIZACIÓN DE LA MANIOBRA

- Es fundamental crear un **ambiente agradable** y atractivo para los niños.
- Situar al niño en una **postura correcta**. La más recomendada en la bibliografía es sentada, con la **espalda recta** y, aunque en los niños puede realizarse indistintamente de pie o sentado³, es aconsejable anotar si se realiza de pie.
- **El niño y el técnico** que realiza la prueba deben estar **ambos mirando al frente** para evitar el riesgo de contagio de COVID-19 y de otras infecciones respiratorias por emisión de partículas exhaladas. Esta postura debe permitir que el niño pueda visualizar los incentivos de animación en la pantalla del ordenador en caso necesario⁸ (Figura 1).

Figura 1. Posición del niño/adolescente y del técnico que realiza la espirometría para evitar el contagio por emisión de partículas exhaladas⁹.



Imagen tomada de www.aeped.es/sites/default/files/recomendaciones-de-prevencion-de-infeccion-por-coronavirus-en-las-unidades-de-funcion-pulmonar-de-los-diferentes-ambitos-asistenciales-20-mayo-2020-v2.pdf

- En función del espirómetro, programa utilizado o preferencias y habilidades del niño, se realizará una de las **dos técnicas** que se describen a continuación^{3,6}:
 - **Inspirar** de forma rápida pero no forzada, cogiendo todo el aire que pueda hasta alcanzar la TLC (capacidad pulmonar total). A continuación, **introducir la boquilla**, sujetar con los dientes y cerrar los labios en torno a ella y, sin haber realizado una pausa mayor de 2 segundos, efectuar una **espiración enérgica** (soplar rápido y fuerte) de forma continua (para expulsar todo el aire contenido en los pulmones), hasta alcanzar el RV (volumen residual). Se puede completar la prueba inspirando fuerte hasta alcanzar la TLC.
 - **Sujetar la boquilla** entre los dientes, sellar con los labios, **respirar a volumen corriente** durante 2-3 ciclos, después **inspirar rápido**, pero no forzado, hasta alcanzar la TLC. A continuación, sin realizar una pausa mayor de 2 segundos, efectuar una **espiración forzada**, con el máximo esfuerzo y rapidez, de todo el aire contenido en los pulmones hasta alcanzar el RV. Se puede completar la prueba con una inspiración forzada hasta alcanzar la TLC.
- El **técnico** debe de **estimular al niño o al adolescente** con palabras y, sobre todo, con lenguaje gestual y corporal que inciten a realizar una inspiración máxima, a iniciar la espiración de manera brusca, a través de una orden tajante, y a prolongar el esfuerzo espiratorio todo lo posible.

En caso necesario, sujetar al paciente por los hombros para mantener la espalda recta y evitar que se incline hacia adelante durante la maniobra espiratoria.

- Colocar la **pinza de oclusión nasal**. Aunque es recomendable usarla, en los espirómetros de flujo habitualmente utilizados en los Centros de Salud, no es imprescindible si se realiza solo la maniobra de espiración forzada¹³. Anotar si no se coloca la pinza.
- Es fundamental anotar cualquier tipo de incidencia que acontezca durante la prueba.
- Se realizarán un **mínimo de dos o tres maniobras satisfactorias**. Normalmente no se requieren más

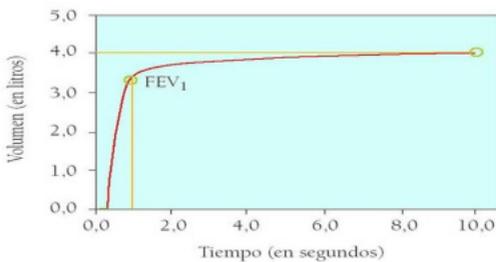
de ocho maniobras, aunque los niños más pequeños pueden llegar a necesitar más, aspecto que hay que tener en cuenta porque requerirá más tiempo de descanso entre las mismas y estimulación por parte del técnico para mantener la colaboración y atención de los niños.

PARÁMETROS QUE VALORAR

Los parámetros que aportan la información esencial para el uso clínico se extraen de las **dos curvas básicas** que se han obtenido de la maniobra: la curva volumen tiempo y la curva flujo-volumen.

La **curva volumen-tiempo** representa el volumen en litros en el eje de ordenadas y el tiempo transcurrido en segundos en el eje de abscisas (**Figura 2**).

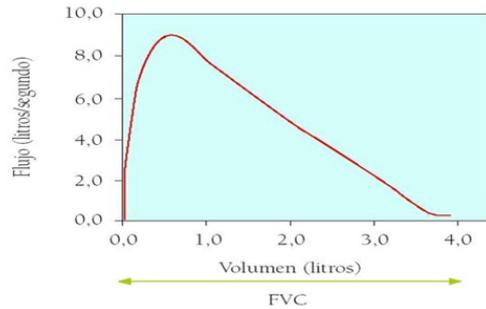
Figura 2. Curva volumen-tiempo de una espirometría



Tiene un inicio con un rápido ascenso, que al final se suaviza hasta alcanzar una fase de meseta, en la que, aunque el niño siga soplando, apenas aumenta el volumen registrado.

La **curva flujo-volumen** representa el flujo de aire en el eje de las ordenadas y el volumen de aire en las abscisas (**Figura 3**). La curva tiene un ascenso rápido, con una pendiente muy pronunciada, hasta que alcanza un pico, llamado pico de flujo espiratorio y luego una caída suave, prácticamente lineal sin irregularidades, hasta cortar el eje del volumen.

Figura 3. Curva flujo-volumen



Dentro de estas curvas, utilizando la nomenclatura de la European Respiratory Society (ERS) y la American Thoracic Society (ATS)³¹⁴, los parámetros más importantes son: la capacidad vital forzada (**FVC**), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (**FEV₁**), el cociente **FEV₁/FVC**, el flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75% de la FVC (**FEF₂₅₋₇₅**), el flujo espiratorio pico (**PEF**) y el tiempo de espiración forzada (**FET**) (**Figura 4**).

Figura 4. Correlación de los parámetros más utilizados en la espirometría representados en las curvas volumen/tiempo y flujo/volumen

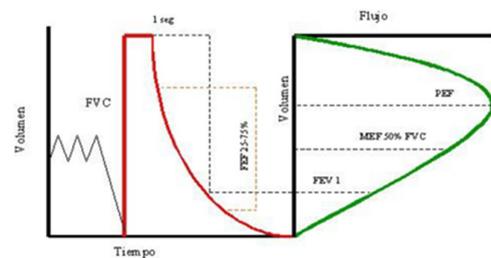


Imagen tomada de www.respirar.org/index.php/39-respirar/200-modulo-1introduccion-conceptos-basicos-espirometros-principales-modelos

Los niños menores de 6 años son capaces de vaciar, en una espiración forzada, su volumen pulmonar total en menos tiempo que los mayores y adultos. En ellos se ha propuesto la inclusión del **FEV_{0,5}** (volumen espiratorio forzado a los 0,5 segundos) o el **FEV_{0,75}**

(volumen espiratorio forzado a los 0,75 segundos) como valores más útiles que el FEV_1 , ya que en ocasiones el FET de estos niños puede ser tan corto como un segundo.

Algunos autores consideran que el valor del FEV_6 (volumen espiratorio forzado a los 6 segundos), es equiparable al de la FVC en aquellos pacientes que precisen más de 6 segundos para exhalar completamente el aire de sus pulmones. Tanto el FEV_6 como la relación FEV_1/FEV_6 tienen mayor utilidad en las espirometrías de adultos que en la edad pediátrica, ya que como se ha dicho, los niños, sobre todo los más pequeños, suelen finalizar la espiración completa en menos tiempo.

Cuando los flujos espiratorios forzados (FEF_{25-75}) son bajos con FEV_1 , FVC y FEV_1/FVC normales, hay que revisar la calidad de la maniobra de espiración forzada y detectar si han existido artefactos o esfuerzo espiratorio submáximo. Habitualmente estos flujos espiratorios forzados no añaden más información diagnóstica en el estudio de la espirometría cuando los otros parámetros son normales, por tanto, no se valoran en la toma de decisiones.

No debe confundirse el cociente FEV_1/FVC con el índice de Tiffeneau, que se define como el cociente entre el FEV_1 y la capacidad vital (CV), obtenida en una maniobra de espirometría simple lenta, no forzada.

INTERPRETACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA

Hay 3 elementos clave para obtener resultados de alta calidad en la espirometría: exactitud y precisión de los aparatos, que el técnico esté entrenado, motivado y sepa estimular al paciente para obtener el máximo rendimiento, y que éste sea capaz de realizar maniobras aceptables y repetibles.

No se debe interpretar una prueba que, por mal realizada, pueda ser capaz de inducir a un error. Se considera necesario cumplir dos tipos de criterios (de aceptabilidad y de repetibilidad)³⁶ para considerar que una espirometría se ha realizado correctamente:

a) Criterios de aceptabilidad

Subjetivos (valoración del técnico):

- El inicio de la espiración, tras la inspiración máxima, ha sido rápido y sin indecisión.
- La maniobra se ha realizado con un esfuerzo adecuado.
- Con espiración continua y sin rectificaciones hasta expulsar todo el aire.
- Sin tos o maniobra de Valsalva o cierre de glotis.
- Sin fugas ni obstrucción en la pieza bucal.

Objetivos:

- Comienzo con volumen extrapolado menor o igual del 5% de la FVC o 0.100 l (en preescolares será inferior al 12,5% de la FVC o 0,08 l).
- Consecución de una meseta al final de la espiración, fácil de visualizar en la curva volumen/tiempo.
- Tiempo de espiración forzada (FET): Según las recomendaciones actuales de la ERS/ATS³, ya no es necesario que se alcance un FET mínimo para considerar la maniobra aceptable. Lo fundamental es que el técnico observe que la espiración ha sido completa y no haya finalizado antes de expulsar todo el aire. Esto también se refleja en la meseta de la curva volumen/tiempo.

De forma orientativa se considera un tiempo espiratorio aproximado ≥ 2 segundos en niños entre 6-8 años, ≥ 3 segundos en niños entre 8-10 años y ≥ 6 segundos en niños mayores de 10 años. En los niños menores de 6 años debe intentarse que la duración de la maniobra no sea inferior a 1 segundo.

- Otros datos a tener en cuenta de las gráficas espirométricas (especialmente en la curva flujo/

volumen) son: deben tener una forma apropiada, libres de artefactos, sin pérdidas y sin inicio retrasado o finalización prematura. En la curva flujo/volumen la finalización será adecuada cuando se observa que la curva “aterriza” suavemente y no cae, o se interrumpe, de forma brusca.

Se necesita un mínimo de 2-3 maniobras aceptables. Los criterios de aceptabilidad para el FEV₁ y FVC deben considerarse por separado y no necesariamente se toman de la misma maniobra. En el caso del FEV₁, solo se tiene en cuenta el primer segundo, mientras que la FVC se valora durante toda la maniobra espirométrica.

b) Criterios de repetibilidad

Una prueba de espirometría forzada en niños requiere un mínimo de 2 maniobras aceptables, según los criterios antes descritos, sin un máximo recomendado. En adolescentes se realizarán un mínimo de 3 maniobras aceptables, con un máximo de 8, dejando entre ellas el tiempo suficiente para que el paciente se recupere del esfuerzo³.

Se considera que las maniobras cumplen criterios de repetibilidad cuando:

- Los dos mejores valores de FVC y los dos mejores valores de FEV₁ no difieren entre sí más de 0.150 l. En la **Figura 5** se muestran ejemplos de maniobras no repetibles.

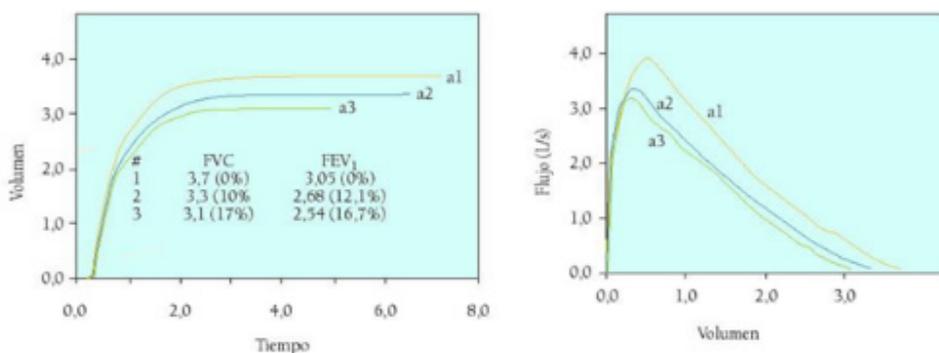
En el caso de que la FVC sea igual o menor de 1 l (habitualmente niños preescolares de 2-6 años), se exige que estas diferencias no sean mayores de 0.100 l o 10% del valor más alto (el que sea mayor de los dos).

c) Obtención de los parámetros

- Se seleccionarán los mayores valores de FVC y FEV₁, de cualquiera de las maniobras aceptables, aunque sus valores no sean de la misma maniobra.
- El resto de los parámetros espirométricos se obtienen de la curva satisfactoria con mayor suma de FVC + FEV₁.

En la actualidad, prácticamente todos los espirómetros evalúan de forma automática la calidad de la maniobra y seleccionan la mejor, aunque se aconseja verificar si la selección es adecuada o realizar la selección de los mejores resultados de forma manual.

Figura 5. Curvas espirométricas no repetibles



LECTURA DE LA ESPIROMETRÍA

Antes de leer una espirometría siempre hay que tener en cuenta la **impresión del técnico** y comprobar, en primer lugar, la **validez de las curvas**.

Tras confirmar que las maniobras realizadas cumplen los **criterios de aceptabilidad y de repetibilidad**, se pasará a valorar los **parámetros espirométricos**, que se expresan porcentualmente respecto a valores de población sana de referencia, excepto para el cociente FEV_1/FVC en el que, a diferencia del resto de parámetros, se tiene en cuenta el propio valor obtenido del paciente. Lo correcto es describirlo como fracción decimal, no se debe expresar como porcentaje del valor de referencia¹⁵.

En el niño, la relación FEV_1/FVC se correlaciona mejor con el grado de obstrucción y la gravedad del asma que el FEV_1 , considerado el patrón oro.

Valores espirométricos en pediatría:

Actualmente existen dos formas de interpretar las espirometrías: el uso de un valor o punto de corte fijo respecto al de referencia, o el de las ecuaciones de la Global Lung Function Initiative (GLI) con el Límite inferior de la normalidad (LIN) y el Z-Score.

- **FEV_1/FVC** se considera normal mayor de **0,80** (en niños preescolares mayor de 0,90). Este cociente es el parámetro que se utiliza para describir un patrón obstructivo, cuando su valor está por debajo de la cifra considerada normal. Sin embargo, no existe un consenso claro sobre cuál es el valor normal.
- La guía Global Strategy for Asthma Management and Prevention, Global Initiative for Asthma (GINA)³, establece como normalidad el valor mayor de 0,75-0,80 en adultos y adolescentes y mayor de 0,90 en niños. Define obstrucción bronquial por debajo de estas cifras. La Guía Española para Manejo del Asma (GEMA)² define la obstrucción ante un cociente de FEV_1/FVC menor de 0,85- 0,9 en niños y menor de 0,7 en adultos. Si se utilizan es-

tos puntos de corte de normalidad fijos (0,85 ó 0,90 para los niños), posiblemente exista una sobrestimación de la obstrucción. Un estudio reciente, con espirometrías realizadas en pacientes de 6-18 años, ha demostrado una sobrestimación de la obstrucción del 57,4% si se utilizan criterios de GINA y del 26,2% según GEMA, al comparar los datos con los valores obtenidos del LIN y el Z-Score, en la misma población¹⁶.

- **FEV_1 y FVC** se consideran normales valores iguales o superiores al **80%** de sus valores teóricos.
- **FEF_{25-75}** es considerado normal el igual o superior al **65%** de su valor teórico.
- Estos valores porcentuales son sólo aproximaciones del **LIN**, que se acerca al percentil 5 o dos desviaciones estándar de los valores teóricos o de referencia. Por tanto y para mayor exactitud, a la hora de interpretar los resultados de la espirometría, **actualmente se aconseja conocer el LIN de los valores de referencia según sexo, edad, etnia y talla para cada uno de los parámetros, y considerar que la espirometría es normal cuando sus valores son superiores a éste**. El LIN en la edad pediátrica está alrededor del 80% del valor teórico del FEV_1 y FVC. Del 0,75-0,90, según la edad, para la relación FEV_1/FVC y de aproximadamente el 60-65% para el FEF_{25-75} .

Los nuevos espirómetros han integrado ya los valores del LIN en su software y han comenzado a incorporar otra forma de expresar los resultados espirométricos y su diferencia con los valores teóricos, que es el número **Z-Score** o número de desviación estándar obtenido. Así, en una distribución normal de los resultados, el promedio de todos los Z-Score sería 0 y correspondería a la media o percentil 50 y al 100% del valor teórico. El rango normal oscilaría entre -1,96 Z-Score a +1,96 Z-Score. Los **Z-Scores ofrecen la oportunidad de interpretar los datos obtenidos independientemente de la edad, talla, sexo y grupo étnico** a través de un pictograma¹⁷ (Figura 6). En el estudio de la función pulmonar se consideran patológicos los valores obtenidos del

Figura 6. Relación entre el percentil y el z-score y su uso en un pictograma para interpretar los resultados de la espirometría¹⁷

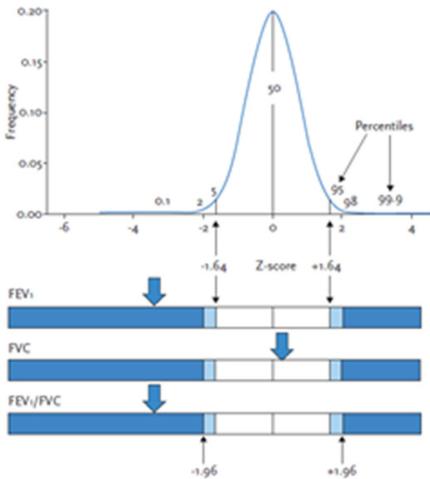


Imagen tomada de <https://breathe.ersjournals.com/content/9/6/462>

paciente, si están por debajo del Z-Score -1,64, que corresponde al LIN o percentil 5.

En nuestro medio, aunque se han descrito valores de función pulmonar en distintas regiones y tramos de

edad, en general se recomienda utilizar los valores de referencia de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR), descritos por Casan, para niños españoles de raza caucásica (rango 6-20 años)¹⁸ o bien, según la disponibilidad del software del espirómetro, utilizar los valores de referencia multiétnicos (rango 3-95 años) de GLI descritos por Quanjer et al.^{19,20} en 2012, con LIN y Z-Score, que han solventado las limitaciones étnicas y ampliado el rango de edad de otros valores de referencia descritos en 2008 ("All ages" rango 4-80 años)²¹.

La ventaja de la utilización de las ecuaciones y valores de referencia de GLI-2012 es la aplicación de las mismas en todas las edades y diferentes grupos étnicos desde la edad preescolar hasta la vida adulta, sin discontinuidad ni saltos, o cambios de los valores de referencia. Su implementación y validación en las diferentes poblaciones, incluidos niños preescolares españoles²², se está implementando con muy buenos resultados. **Para reducir el riesgo de clasificar mal a los pacientes, actualmente se recomienda usar el LIN y Z-Score²³.**

La aplicación de la calculadora espirométrica para las ecuaciones GLI-2012, disponible en la Global Lung Function Initiative²⁴, es muy útil en la consulta diaria para el cálculo de los valores de LIN y Z-Score si no están en el software espirómetro (**Figura 7**).

Figura 7. Calculadora espirométrica con las ecuaciones de la Global Lung Function Initiative (GLI)-2012 para la consulta diaria²⁴

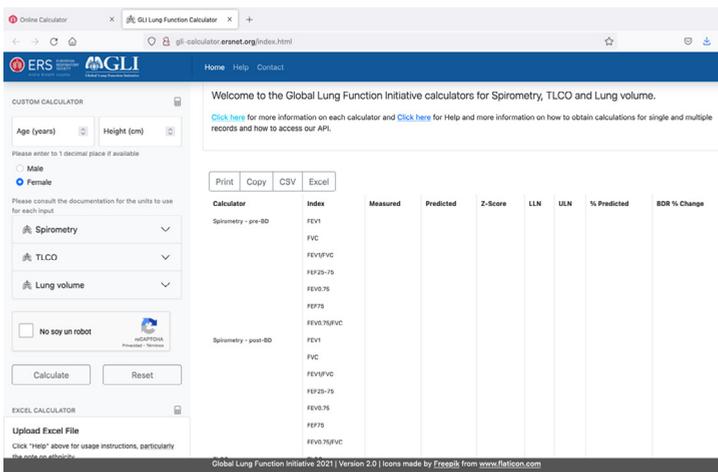


Imagen tomada de www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative/spirometry-tools/online-calculator/

PATRONES DE ALTERACIONES ESPIROMÉTRICAS

La espirometría forzada permite clasificar las alteraciones ventilatorias^{6,7} (Tabla 3) en:

a) Tipo obstructivo:

- Se caracteriza por la disminución de la relación FEV_1/FVC y del FEV_1 , con una FVC normal (o ligeramente disminuida) y un $FEF_{25-75\%}$ también disminuido. En las formas graves se puede producir un descenso mayor de la FVC, conformando un cociente FEV_1/FVC normal.
- En la curva flujo/volumen se aprecia una excavación o concavidad en su asa descendente.

b) No obstructivo (restrictivo):

- Se caracteriza por una relación FEV_1/FVC normal o aumentada, con una disminución de la FVC.
- La curva flujo/volumen tiene una morfología casi normal, pero a escala reducida.

c) Tipo mixto:

- Coexisten ambos tipos de alteraciones ventilatorias. En este caso, se precisan técnicas más sofisticadas para completar su evaluación funcional.

Tabla 3. Clasificación de las alteraciones funcionales ventilatorias^{6,7}

	Patrón obstructivo	Patrón no obstructivo
FVC	Normal o disminuido	Disminuido
FEV_1	Disminuido	Normal o Disminuido
FEV_1/FVC	Disminuido	Normal o Aumentado

PRUEBA BRONCODILATADORA

La prueba de broncodilatación consiste en repetir la espirometría forzada, después de administrar un fármaco broncodilatador, para tratar de demostrar la reversibilidad de la obstrucción al flujo aéreo respecto a la situación basal^{6,7,25}. Es imprescindible su realización en el diagnóstico de asma.

Ejecución:

1. Realizar la espirometría forzada en situación basal.
2. Administrar el fármaco broncodilatador:
 - Dosis: salbutamol 400 μ g (4 pulsaciones intercaladas por 30 segundos).
 - Sistema: inhalador en cartucho presurizado con cámara de inhalación.
3. Permanecer en reposo durante 10- 15 minutos.
4. Realizar la espirometría forzada posbroncodilatación.

Expresión de los resultados:

1. La variable espirométrica empleada en la demostración de la reversibilidad es el FEV_1 .
2. En la actualidad, se considera que la mejor manera de valorar la respuesta broncodilatadora es el cambio porcentual respecto al valor teórico del FEV_1 , ya que este índice no depende de la edad, la talla, ni del calibre bronquial.

Interpretación:

1. En niños se considera positivo cuando el incremento del FEV_1 es $>12\%$ del valor basal, o del 9% en relación con el valor teórico. En adolescentes y adultos se tienen en cuenta dos datos ($FEV_1 \geq 12\%$ y ≥ 200 ml respecto al valor basal).

- La prueba broncodilatadora negativa no excluye el diagnóstico de asma.

TEST DE EJERCICIO

El test de carrera libre es una prueba de broncoprovocación no específica. Trata de demostrar la respuesta obstructiva exagerada generada con el ejercicio físico^{26,27}.

En AP está indicado para la valoración de los síntomas sugerentes de asma relacionados con el ejercicio físico (sibilancias, fatiga, tos, necesidad de pararse para respirar).

El diagnóstico de BIE (broncoespasmo inducido por el ejercicio) debe establecerse por los cambios de la función pulmonar (FEV_1) tras el ejercicio y no en base a los síntomas. Los síntomas descritos anteriormente no son sensibles ni específicos para identificar a aquellos pacientes con BIE. Éste se puede presentar en pacientes sin síntomas y en cambio, otros con síntomas respiratorios con el ejercicio, no tendrán BIE.

Ejecución:

- Realizar la espirometría forzada basal.
- Carrera libre:
 - Duración 6 minutos.
 - Intensidad suficiente para alcanzar una frecuencia cardíaca superior al 85% de la frecuencia máxima para su edad (210 menos la edad en años).
 - Finalización brusca.
- Realización de espirometrías seriadas después del ejercicio.
 - Secuencia: iniciar a los 0-2 minutos de cesar el esfuerzo y repetir a los 5, 10, 15 minutos y, opcionalmente, a los 20 y 30 minutos (salvo que el FEV_1 baje de forma significativa en un tiempo

inferior, momento en el que se suspenderá la prueba y se le administrará un broncodilatador al paciente).

- La máxima broncoconstricción suele ocurrir entre 3 y 15 minutos después de finalizar el ejercicio.

Expresión de los resultados:

- La variable espirométrica empleada para valorar la hiperrespuesta es el FEV_1 .
- El resultado se expresa como el cambio porcentual respecto al valor basal del FEV_1 .

Interpretación:

- Se considera positivo el descenso porcentual del FEV_1 tras el ejercicio, respecto al valor basal, del 12% (>10% en adolescentes y adultos).
- Un test de carrera libre negativo no excluye el diagnóstico de asma inducido por el ejercicio.

ESPIROMETRÍA: UN RECURSO CLAVE EN EL MANEJO DEL ASMA

■ Diagnóstico funcional del asma^{12,28,29}

- Detección del patrón obstructivo.
- Demostración de la reversibilidad (prueba de broncodilatación).
- Demostración de la hiperrespuesta bronquial (test de ejercicio).

■ Clasificación de la gravedad del asma³⁰ (Tabla 4).

■ Clasificación de la gravedad de la agudización del asma³⁰ (Tabla 5).

■ Seguimiento evolutivo de la enfermedad y de la respuesta al tratamiento farmacológico.

Tabla 4. Clasificación de la gravedad del asma según valores de la función pulmonar*. Modificada de³⁰

FEV ₁ (Porcentaje sobre el valor teórico)	
Bien controlada	≥ 80%
Parcialmente controlada	> 70% - < 80%
No controlada	< 70%

*En los niños el cociente FEV₁/FVC se correlaciona mejor con la gravedad del asma que el FEV₁.

Se considera obstrucción si FEV₁/FVC es < 0,85-0,90 o < del LIN.

Tabla 5. Clasificación de la gravedad de la agudización del asma³⁰ según el índice de obstrucción al flujo aéreo (prebroncodilatación)

FEV ₁ (Porcentaje sobre el valor teórico)	
Crisis leve	≥ 70%
Crisis moderada	70-50%
Crisis grave	< 50%

INDICACIONES DE LA ESPIROMETRÍA EN EL ASMA

El uso de la espirometría es un **indicador de calidad** en AP para el estudio y seguimiento del asma en pediatría³¹. Está indicada en:

1. La valoración inicial del diagnóstico de asma.
2. Después de iniciar el tratamiento, una vez que los síntomas se han estabilizado.
3. Durante periodos de pérdida progresiva o prolongada del control del asma.
4. Si el asma está activa con síntomas en el último año o con tratamiento se recomienda al menos una vez al año, o con mayor frecuencia en función de la gravedad y respuesta terapéutica.

LIMPIEZA DEL ESPIRÓMETRO Y ACCESORIOS

La Pandemia COVID-19 ha obligado a extremar las medidas de limpieza y desinfección de los componentes

y accesorios del espirómetro. No obstante, independientemente de la pandemia, se recomienda siempre una **desinfección de alto nivel**³². Esta incluye una limpieza previa con detergente líquido enzimático específico, y una desinfección con un desinfectante antimicrobiano que cumpla la normal UNE EN 14476 de todo el material no desechable que ha estado en contacto con las mucosas del paciente.

Es recomendable el uso de boquillas y filtros antibacterianos y antivíricos desechables. Se debe realizar la limpieza y desinfección de superficies y componentes del espirómetro entre un paciente y otro, o al final de la jornada, según el tipo de material⁸ (**Tabla 6**), respetando los tiempos de ventilación y secado, al menos 15 minutos, y seguir las indicaciones del servicio de salud correspondiente. En caso de pacientes potencialmente infecciosos, se recomienda citarlos a última hora.

Las piezas del espirómetro se desmontarán siguiendo las instrucciones del fabricante. Las superficies o partes del equipo que no puedan sumergirse se limpiarán diariamente, o cuando existen restos de material biológico, con un paño húmedo con detergente enzimático, posterior aclarado y secado y, finalmente, utilizar el desinfectante antimicrobiano. Las pinzas nasales, si son utilizadas, se limpiarán con agua y detergente y posterior desinfectante en caso de no ser desechables. Los tubos, las conexiones y las boquillas no desechables, se limpiarán sumergiéndolos en agua que contenga un detergente enzimático durante el tiempo que recomiende el fabricante y, posteriormente, se aclararán con agua tibia para proceder a la desinfección posterior, dejando secar al aire.

En el caso de usar sensores no desechables, es preferible que estos sean aclarados con agua destilada, no debajo del grifo con agua tibia, para evitar el depósito de sales que podría dañar el neumotacógrafo o la turbina y acarrear un mal funcionamiento posterior.

Ejemplos de productos de limpieza son, entre otros, los detergentes enzimáticos Instrunet EZ+T[®] o Polystica[®]. De desinfección: Instrunet Anyoxide 1000[®], Resert XL HD[®], PeraSafe[®], o Instrunet FA Concentrado[®].

Tabla 6. Recomendaciones de limpieza y desinfección de los puestos de trabajo y equipos de espirometría en los centros de salud. Modificado de⁹

Material	Frecuencia	Limpieza	Desinfección	Notas
Mango del espirómetro y cables expuestos	Después de cada prueba y al final de cada jornada	Paño húmedo con agua y detergente	Viricida aplicado con un paño exclusivo, o toallita desinfectante	No dejar superficie húmeda
Pantalla, teclado, ratón ordenador	Después de cada prueba y al final de cada jornada	Paño húmedo con agua y detergente	Toallita impregnada en alcohol o un limpiador de superficies	Preferiblemente desconectadas
Superficies en contacto con el paciente o en la trayectoria del aire espirado	Después de cada prueba y al final de cada jornada	Toallita impregnada en alcohol,	Toallita desinfectante o un limpiador de superficies	
Tamiz/neumotacógrafo/turbina	Al final de la jornada	Detergente enzimático específico	Desinfectante antimicrobiano que cumpla norma UNE EN 14476	Seguir las instrucciones de los productos de limpieza
Pinzas nasales	Después de cada prueba y al final de cada jornada	Detergente enzimático específico	Desinfectante antimicrobiano que cumpla norma UNE EN 14476	Pueden desecharse
Cámaras espaciadoras, dispositivos de inhalación	Al final de la jornada	Detergente enzimático específico	Desinfectante antimicrobiano que cumpla norma UNE EN 14476	Seguir las instrucciones de los productos de limpieza Los inhaladores pueden limpiarse a nivel inferior si no tienen contacto directo con el paciente

Para más información sobre la desinfección de alto nivel se puede consultar las recomendaciones de prevención de infección por coronavirus en las unidades de función pulmonar de los diferentes ámbitos asistenciales, realizado por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica y la Sociedad Española de Neumología Pediátrica⁸.

BIBLIOGRAFÍA

1. Global initiative for asthma. GINA Report, Global Strategy for Asthma management and Prevention. Updated 2021. [Fecha de acceso 06 oct 2022]. Disponible en <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2021/05/GINA-Main-Report-2021-V2-WMS.pdf>
2. Grupo de trabajo de la Guía Española para el Manejo del Asma. GEMA 5.1 2021. [Fecha de acceso 05 oct 2022]. Disponible en www.gemasma.com

3. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, *et al.* on behalf of the American Thoracic Society and the European Respiratory Society. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2019;200:e70–e88.
4. Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Arets HGM, Aurora P, Bisgaard H, *et al.* An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;175:1304-45.
5. Pérez-Yarza EG, Villa JR, Cobos N, Navarro M, Salcedo A, Martín C, *et al.* Espirometría forzada en preescolares sanos bajo las recomendaciones de la ATS /ERS: estudio CANDELA. *An Pediatr (Barc).* 2009;70:3-11.
6. García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, Del Campo F, Galdiz JB, *et al.* Espirometría. Normativa SEPAR. *Arch Bronconeumol.* 2013;49(9):388-401.
7. Oliva C, Gómez D, Sirvent J, Asensio O. Grupo de técnicas de la Sociedad Española de Neumología Pediátrica. Estudio de la función pulmonar en el paciente colaborador. Parte I. *An Pediatr (Barc).* 2007;66:393-406.
8. Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) y Sociedad Española de Neumología Pediátrica (NEUMOPED). Recomendaciones de prevención de infección por coronavirus en las unidades de función pulmonar de los diferentes ámbitos asistenciales. [Fecha de acceso 06 mar 2022]. Disponible en <https://neumoped.org/recomendaciones-para-la-realizacion-de-pruebas-de-funcion-pulmonar-en-pacientes-pediatricos-durante-la-pandemia-de-sars-cov-2/>
9. World Health Organization. Infection prevention and control during health care when COVID-19 is suspected. [Fecha de acceso 04 mar 2022]. Disponible en <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/342620/WHO-2019-nCoV-IPC-2021.1-eng.pdf?sequence=1>
10. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, *et al.* General considerations for lung function testing. *Eur Respir J.* 2005;26:153-61.
11. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, *et al.* ATS/ERS task force: standardization of lung function testing: interpretative strategies for lung function test. *Eur Respir J.* 2005;26:948-68.
12. Coates AL, Graham BL, Mc Fadden RG, Mc Parland C, Moosa D, Provencher S, *et al.* Spirometry in primary care. *Can Respir J.* 2013;20:13-21.
13. Barbosa da Fonseca T, Solís Gómez B, Almería Gil E, González Peralta N, González Álvarez MI, Villa Asensi JR. ¿Es necesario utilizar pinza nasal para la realización de la espirometría en niños? *Acta Pediatr Esp.* 2008;66:222-24.
14. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, *et al.* ATS/ERS Task Force: standardization of lung function testing. Standardization of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26:319-38.
15. Culver BH, Graham BL, Coates AL, Wanger J, Berry CE, Clarke PK, *et al.* on behalf of the ATS Committee on Proficiency Standards for Pulmonary Function Laboratories Recommendations for a Standardized Pulmonary Function Report. An Official American Thoracic Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;196:1463-1472
16. Hu-Yan Ch, Pérez-Fernández V, Andreu-Rodríguez AL, Andújar-Espinosa R, Valverde-Molina J. Valores de corte de FEV1/FVC para el diagnóstico de obstrucción al flujo aéreo en población pediátrica: estudio PAO (Pediatric Airflow Obstruction). *Arch Bronconeumol.* 2022; 58:T442-T44310
17. Stanojevic S, Quanjer P, Miller MR, Stocks J. The global Lung Function initiative: dispelling some myths of lung function test interpretation. *Breathe.* 2013;9:462-474.

18. Casan P, Roca J, Sanchís J. Spirometric response to a bronchodilator. Reference values for healthy children and adolescents. *Bull Eur Physiopathol Respir*. 1983;19:567-9.
19. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver B, et al. Multiethnic reference values for spirometry for the 3 - 95 year age range: The global lung function 2012 equations. *Eur Respir J*. 2012;40:1324-43.
20. Quanjer PH, Stanojevic S, Stocks J, Cole TJ. Valores de referencia para espirometría multiétnicos para toda edad GLI-2012. Ventajas. Consecuencias. [Fecha de acceso 18 mar 2022] Disponible en <https://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative/gli-resources.aspx>
21. Stanojevic S, Wade A, Stocks J, Hankinson J, Coates AL, Pan H, et al. Reference Ranges for Spirometry Across All Ages. A New Approach. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;177:253-260.
22. Martín de Vicente C, De Mir Messa I, Rovira Amigo S, Torrent Vernetta A, Gartner S, Iglesias Serrano I, et al. Validación de las ecuaciones propuestas por la Iniciativa Global de Función Pulmonar (GLI) y las de Todas las Edades para espirometría forzada en preescolares sanos españoles. *Arch Bronconeumol*. 2018;54:24-30.
23. Haynes JM, Kaminsky DA, Stanojevic S, Ruppel GL. Pulmonary Function Reference Equations: A Brief History to Explain All the Confusion. *Respiratory Care*. 2020;65: 1030-1038.
24. Global Lung Function Initiative [Fecha de acceso 6 mar 2022]. Disponible en <https://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative.aspx>
25. Pardos Martínez C, Fuertes Fernández-Espinar J, Nerín de la Puerta I, González Pérez-Yarza E. Cuándo se considera positivo el test de broncodilatación. *An Esp Pediatr*. 2002;57:5
26. Asensio O, Cordón A, Elorz J, Moreno A, Villa JR. Grupo de técnicas de la Sociedad Española de Neumología Pediátrica. Estudio de la función pulmonar en el paciente colaborador. Parte II. *An Pediatr (Barc)*. 2007;66:518-30.
27. Parsons JP, Hallstrand TS, Mastrorarde JG, Kaminsky DA, Rundell KW, Hull JH, et al. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187:1016-1027.
28. García Merino A. Indicadores de Calidad Asistencial en la atención al niño/a y adolescente con asma. Documentos técnicos del GVR (Publicación DT-GVR-3). [Fecha de acceso 20 mar 2022]. Disponible en <https://www.respirar.org/index.php/grupo-vias-respiratorias/protocolos>
29. Asensi Monzó MT, Castillo Laita JA, Esteller Carceller M. Diagnóstico del asma. El pediatra de Atención Primaria y el diagnóstico del asma. Documentos técnicos del GVR (Publicación DT-GVR-6) [Fecha de acceso 20 mar 2022]. Disponible en <https://www.respirar.org/index.php/grupo-vias-respiratorias/protocolos>
30. Grupo de trabajo de la Guía Española para el Manejo del Asma. GEMA 5.0 2020. [Fecha de acceso 05 mar 2022]. Disponible en www.gemasma.com
31. Ruiz-Canela-Cáceres J, Aquino-Linares N, Sánchez-Díaz JM, García-Gestoso ML, de Jaime-Revuelta ME, Praena Crespo M. Indicators for childhood asthma in Spain, using the Rand method. *Allergol Immunopathol*. 2015;43:147-56.
32. Grupo de trabajo Guía de desinfección y esterilización en Atención Primaria de Asturias. Guía Técnica: Limpieza, desinfección, esterilización. Atención Primaria. 2011. Servicio de Salud del Principado de Asturias. [Fecha de acceso 04 mar 2022]. Disponible en http://seguridaddelpaciente.sespa.es/descargas/sespa_limpieza_desinfeccion_esterilizacion.pdf