



Viernes 15 de febrero de 2019

**Taller:
Espirometrías**

Ponentes/monitores:

- **Alberto Bercedo Sanz**
Pediatra. CS Dobra. Torrelavega. Cantabria.
- **Juan Carlos Juliá Benito**
Pediatra. CS Integrado Alzira II. Valencia.

Textos disponibles en
www.aepap.org

¿Cómo citar este artículo?

Bercedo Sanz A, Úbeda Sansano MI, Juliá Benito JC, Praena Crespo M, Grupo de Vías Respiratorias de la AEPap. Espirometría. En: AEPap (ed.). Congreso de Actualización Pediatría 2019. Madrid: Lúa Ediciones 3.0; 2019. p. 359-372.



Comisión de Formación Continua
de los Profesiones Sanitarios de
la Comunidad de Madrid

Espirometría

Alberto Bercedo Sanz

*Pediatra. CS Dobra. Torrelavega. Cantabria.
drbercedo@gmail.com*

M.ª Isabel Úbeda Sansano

Pediatra. CS La Eliana. Valencia.

Juan Carlos Juliá Benito

Pediatra. CS Integrado Alzira II. Valencia.

Manuel Praena Crespo

Pediatra. CS La Candelaria. Sevilla.

Grupo de Vías Respiratorias de la AEPap

CONCEPTO

La medición objetiva de la función pulmonar es, junto con la clínica, el pilar del diagnóstico de asma, siendo la espirometría forzada el método básico para el estudio de la función pulmonar en el niño. Nos permite medir volúmenes y flujos que se generan en el curso de una maniobra voluntaria de espiración 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. 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 necesario para su realización consta de: una báscula y tallímetro; mesa y silla con brazos y respaldo; espirómetro

(de Fleish, de Lilly, de turbina, desechable...); estación meteorológica (termómetro-barómetro-higrómetro), si no lo lleva incorporado el equipo; jeringa de calibración; boquillas no deformables; adaptador pediátrico; filtros; 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. En la actualidad, lo habitual es conectar el espirómetro a un ordenador; por tanto, es necesario este equipo con impresora, el *software* específico para dicho espirómetro y, recomendable, un *software* con incentivos pediátricos.

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, fármacos broncodilatadores (**Tabla 1**), comidas copiosas, ejercicio físico, tabaco y alcohol (si se trata de adolescentes).

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 incorrecto del aparato y las técnicas de limpieza y mantenimiento del sistema. Asimismo, antes de comenzar la espirometría, debe preguntar acerca del estado del paciente y sobre el consumo de medicamentos u otras circunstancias que puedan interferir o contraindicar la prueba en ese momento (**Tabla 2**).

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 tarda 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 las 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 y alcohol en las 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.

COMENTARIOS

DÍA DE LA CITACIÓN

HORA DE REALIZACIÓN

SALA/CONSULTA

Tabla 1. Fármacos que alteran la respuesta bronquial y tiempo que se recomienda suspenderlos antes de realizar la espirometría

Agente farmacológico	Tiempo (en horas)	Comentarios
Agonistas β_2 -adrenérgicos de acción corta inhalados	6-8	
Agonistas β_2 -adrenérgicos de acción corta orales	24	
Agonistas β_2 -adrenérgicos de acción prolongada	12-24	
Anticolinérgicos de acción corta (bromuro de ipratropio)	6	
Teofilinas de acción corta	12	
Teofilinas de acción retardada	36-48	
Cromoglicato	8-12	
Nedocromil	48	
Antihistamínicos	48	Algunos autores aconsejan de 3 a 7 días
Corticoides inhalados		No estrictamente necesario retirarlos
Corticoides orales		No estrictamente necesario retirarlos
Antileucotrienos	24	

*Modificada de Oliva C, et al. y García-Río F, et al.

Tabla 2. Contraindicaciones de la espirometría *

Neumotórax reciente	Cirugía ocular, ORL, cerebral reciente
Enfermedad cardiovascular inestable	Aneurisma torácico, abdominal o cerebral
Hemoptisis reciente de origen desconocido	Cirugía torácica o abdominal reciente
Infecciones respiratorias activas	Traqueostomía
Falta de comprensión o colaboración	Dolor abdominal, náuseas o vómitos
Hipertensión intracraneal	
Desprendimiento de retina	Problemas bucodentales o faciales que dificulten la sujeción de la boquilla
Crisis hipertensiva	Demencia o estado confusional
Infarto de miocardio reciente	Cardiopatías complejas o cianosantes

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

Modificada de Oliva C, et al. y García-Río F, et al.

FASES EN LA EJECUCIÓN DE LA ESPIROMETRÍA

1. Introducción de los parámetros ambientales en el espirómetro: temperatura, humedad, presión atmosférica*.
2. Calibración*.
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.
4. Explicación del procedimiento al paciente.
5. Demostración del procedimiento.
6. Realización de la maniobra.

REALIZACIÓN DE LA MANIOBRA

- Es fundamental crear un ambiente agradable y atractivo para los niños.
- Situar 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 sentado, es aconsejable anotar si se realiza de pie.
- Colocar la pinza de oclusión nasal. En los espirómetros de flujo habitualmente utilizados en los Centros de Salud, su uso no es imprescindible al realizar la maniobra de espiración forzada. Es aconsejable anotar si no se coloca la pinza.
- En función del espirómetro, programa utilizado o preferencias y habilidades del niño se realizará una de las dos técnicas que se describen a continuación:

- Inspirar de forma rápida pero no forzada, cogiendo todo el aire que pueda hasta alcanzar la capacidad pulmonar total (TLC). A continuación, introducir la boquilla, sujetarla 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 volumen residual (RV). Se puede completar la prueba inspirando fuerte hasta alcanzar la TLC.
- Sujetar la boquilla entre los dientes, sellarla con los labios, respirar a volumen corriente durante 2-3 ciclos, después inspirar rápido, pero no forzado, hasta alcanzar la capacidad pulmonar total (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 volumen residual (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.
- 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.

* Muchos de los espirómetros actuales realizan automáticamente las mediciones de los parámetros ambientales e incluso los fabricantes de los espirómetros portátiles de oficina afirman que no necesitan ser calibrados antes de realizar las mediciones. Aun así, es conveniente en estos dispositivos portátiles la calibración periódica, a ser posible diariamente.

PARÁMETROS

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 (**Fig. 1**). 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 (**Fig. 2**). La curva tiene un ascenso rápido, con una pendiente muy pronunciada, hasta que alcanza un pico (pico de flujo espiratorio [PEF]) y luego una caída suave, prácticamente lineal sin irregularidades, hasta cortar el eje del volumen.

Dentro de estas curvas, utilizando la nomenclatura de la European Respiratory Society (ERS) y la American Thoracic Society (ATS) los parámetros más importantes son: FVC (capacidad vital forzada), FEV₁ (volumen espiratorio forzado en el primer segundo), FEV₁/FVC, FEF₂₅₋₇₅ (flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75% de la FVC), PEF (flujo espiratorio pico) y el FET (tiempo de espiración forzada) (**Fig. 3**).

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 FEV₁, ya que en ocasiones el FET de estos niños puede ser tan corto como de un segundo. Deberán tenerse en cuenta los valores de referencia descritos para esta edad.

Algunos autores consideran que el valor del FEV₆ (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 FEV₆ como la relación FEV₁/FEV₆ tienen mayor utilidad en las espirometrías de adultos que en la edad pediátrica, ya que como se ha dicho, los niños, fundamentalmente los más pequeños, suelen finalizar la espiración completa en menos tiempo.

Cuando los flujos espiratorios forzados (FEF₂₅₋₇₅) son bajos con FEV₁, FVC y FEV₁/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

Figura 1. Curva espirométrica volumen-tiempo

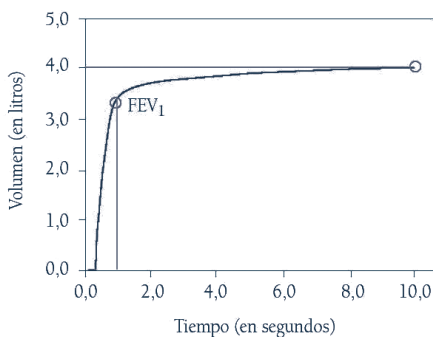


Figura 2. Curva espirométrica flujo-volumen

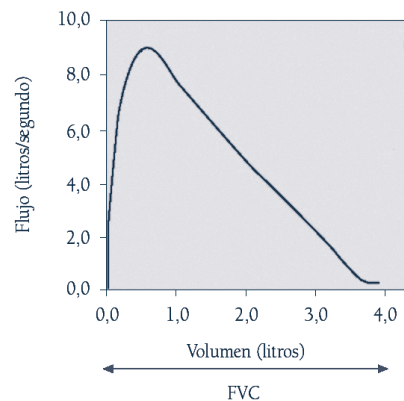
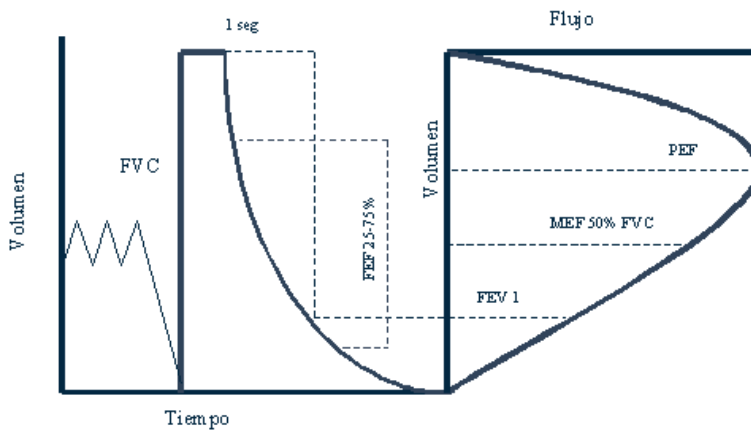


Figura 3. Correlación de los parámetros más utilizados en la espirometría representados en las curvas volumen/tiempo y flujo/volumen



Fuente: con permiso, de Respirar: <http://www.respirar.org/index.php/39-respirar/200-modulo-1-introduccion-conceptos-basicos-espirometros-principales-modelos>

estudio de la espirometría cuando los parámetros anteriores son normales.

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 (VC), obtenida en una maniobra de espirometría lenta.

INTERPRETACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA

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 para considerar una espirometría como correctamente realizada: criterios de aceptabilidad y de repetibilidad.

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 del 5% de la FVC o 0,150 l (en preescolares inferior al 12,5% de la FVC o 0,08 l).
- Tiempo de espiración forzada (FET) ≥ 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.
- Consecución de una meseta al final de la espiración. Esta meseta es fácil de visualizar en la curva volumen/tiempo.

- Otros análisis de las gráficas espirométricas (especialmente en la curva flujo/volumen) que tendrán una forma apropiada, libres de artefactos, sin pérdidas y sin inicio retrasado o finalización prematura. Esta finalización será adecuada cuando se observa que la curva flujo/volumen “aterriza” suavemente y no cae o se interrumpe de forma brusca.
- Los criterios de aceptabilidad para el FEV_1 y FVC deben considerarse separadamente. En el caso del FEV_1 solo en el primer segundo mientras en el caso de la FVC durante toda la maniobra espirométrica.

Criterios de repetibilidad

Una prueba de espirometría forzada en niños requiere un mínimo de 2 maniobras aceptables, sin un máximo recomendado, según los criterios antes descritos. 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 esfuerzo.

Se considera que las maniobras cumplen criterios de repetibilidad cuando:

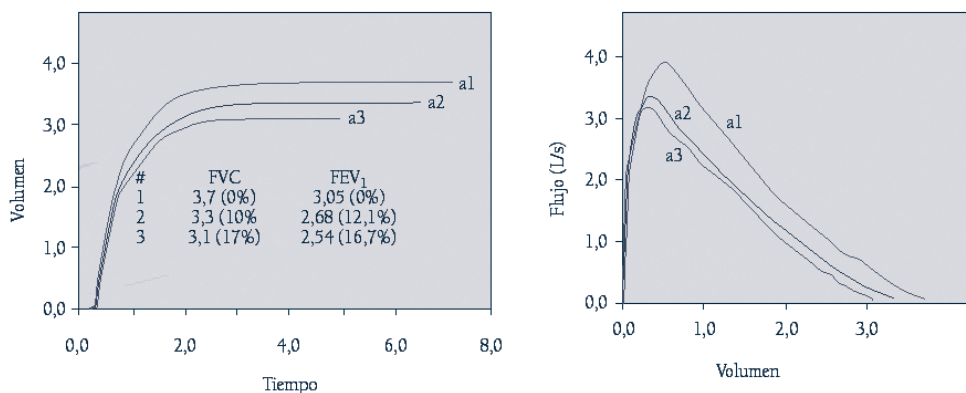
- Los dos mejores valores de FVC no difieren entre sí más de 0,150 l y los dos mejores valores de FEV_1 no difieren entre sí más de 0,150 l (Fig. 4).
- En el caso de que la FVC sea igual o menor de 1 l (habitualmente niños preescolares de 2-6 años), se exige que estas diferencias no sean mayores de 0,100 l o 10% del valor más alto (el que sea mayor de los dos).

Obtención de los parámetros

- Se seleccionarán los mayores valores de FVC y FEV_1 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 + FEV_1 .

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 4. Curvas espirométricas no repetibles



¿CÓMO LEER UNA 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 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 se tiene en cuenta el propio valor obtenido del paciente.

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

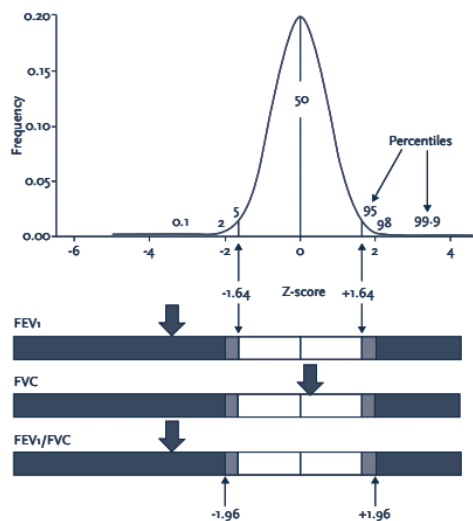
Se consideran valores espirométricos normales en Pediatría:

- FEV_1/FVC mayor de 0,80 (en niños preescolares mayor de 0,90). La última revisión de la GINA (Global Strategy for Asthma Management and Prevention, Global Initiative for Asthma), establece como normalidad el valor mayor de 0,75-0,80 en adultos y adolescentes y mayor de 0,90 en niños y define obstrucción bronquial por debajo de estas cifras.
- FEV_1 y FVC iguales o superiores al 80% de sus valores teóricos.
- FEF_{25-75} igual o superior al 65% de su valor teórico.

Estos valores porcentuales son solo aproximaciones del límite inferior de la normalidad (LIN) que se acerca al percentil 5 o dos desviaciones estándar de los valores teóricos o de referencia. El LIN en la edad pediátrica está alrededor del 80% del valor teórico del FEV_1 , FVC y de 0,75-0,90 según la edad para la relación FEV_1/FVC y aproximadamente el 60-65% para el $FEF_{25-75\%}$. 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 ellos y considerar que la espirometría es normal cuando sus valores son superiores a este.

Los nuevos espirómetros han incorporado 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 o 100% teórico. El rango normal oscilaría entre -1,96 *z-score* a +1,96 *z-score*, correspondiendo el *z-score* de -1,64 al LIN o percentil 5. Así mismo, los *z-scores* ofrecen la oportunidad de interpretar los datos obtenidos independientemente de la edad, talla, sexo y grupo étnico a través de un pictograma (Fig. 5).

Figura 5. Relación entre el percentil y el *z-score* y su uso en un pictograma para interpretar los resultados de la espirometría



Fuente: Stanojevic S, et al.

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 Casan para niños españoles de raza caucásica (rango 6-20 años) o bien, según la disponibilidad del *software* del espirómetro, utilizar los valo-

res de referencia multiétnicos (rango 3-95 años) de la Global Lung Function Initiative (GLI) descritos por Quanjer *et al.* en 2012 y que han solventado las limitaciones étnicas de otros valores de referencia descritos anteriormente en 2008 por Stanojevic *et al.* (rango 4-80 años).

La ventaja de la utilización de las ecuaciones y valores de referencia de GLI-2012 es la aplicación de estas 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 españoles se está desarrollando progresivamente con muy buenos resultados.

Las ecuaciones GLI-2012 así como la aplicación de la calculadora espirométrica muy útil en la consulta diaria se pueden encontrar en el siguiente enlace: <http://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative.aspx>

[ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative.aspx](http://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative.aspx) (Fig. 6).

PATRONES DE ALTERACIONES ESPIROMÉTRICAS

La espirometría forzada permite clasificar las alteraciones ventilatorias (Tabla 3) en:

Tipo obstructivo

- Se caracterizan 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.

Figura 6. Calculadora espirométrica con las ecuaciones de la Global Lung Function Initiative (GLI)-2012 para la consulta diaria

Multi-Ethnic Predicted Values for Pulmonary Function for Ages 3-95 yr | Version 3.3.1 build 5 | © Ph Quanjer, S Stanojevic, J Stocks, T J Cole

Disponible en <http://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative.aspx>

Tabla 3. Clasificación de las alteraciones funcionales ventilatorias

	Patrón obstructivo	Patrón no obstructivo
FVC	Normal o disminuido	Disminuido
FEV ₁	Disminuido	Normal o disminuido
FEV ₁ /FVC	Disminuido	Normal o aumentado

Tipo no obstructivo (restrictivas)

- Se caracterizan por una relación FEV₁/FVC normal o aumentada, con una disminución de la FVC.
- La curva flujo/volumen tiene una morfología casi normal, pero a escala reducida.

Tipo mixto

Coexisten ambos tipos de alteraciones ventilatorias y precisan de técnicas sofisticadas para completar su evaluación funcional.

PRUEBA DE BRONCODILATACIÓN

El test 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. Es imprescindible su realización en el diagnóstico de asma.

Ejecución

1. Realización de la espirometría forzada en situación basal.
2. Administración de un fármaco broncodilatador:
 - a. dosis: salbutamol 400 µg (4 pulsaciones intercaladas por 30 segundos).
 - b. sistema: inhalador en cartucho presurizado (MDI) con cámara de inhalación.

3. Permanecer en reposo durante 10-15 minutos.
4. Realización de la espirometría forzada posbroncodilatador.

Expresión de los resultados

1. La variable espirométrica empleada en la demostración de la reversibilidad es el FEV₁.
2. En la actualidad, se considera que la mejor manera de valorar la respuesta broncodilatadora es el cambio porcentual respecto al valor teórico del FEV₁ ya que este índice no depende de la edad, talla ni del calibre bronquial.

Interpretación

1. Se considera positivo el cambio porcentual del FEV₁ igual o superior al 12% en relación con el valor previo o del 9% en relación con el valor teórico ($\geq 12\%$ o ≥ 200 ml respecto al valor basal en adolescentes y adultos).
2. 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 que trata de demostrar la respuesta obstructiva exagerada generada con el ejercicio físico. En Atención Primaria 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 broncoespasmo inducido por el ejercicio (BIE) 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 con BIE y este se puede presentar en pacientes sin síntomas y otros en cambio con síntomas respiratorios con el ejercicio no tendrán BIE.

Ejecución

1. Realización de la espirometría forzada basal.
2. Carrera libre:
 - a. Duración 6 minutos.
 - b. Intensidad suficiente para alcanzar una frecuencia cardiaca superior al 85% de la frecuencia máxima para su edad (210 – edad en años).
 - c. Finalización brusca.
3. Realización de espirometrías seriadas después del ejercicio.
 - a. Secuencia: iniciar a los 0-2 minutos de cesar el esfuerzo y repetir a los 5, 10, 15 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).
 - b. La máxima broncoconstricción suele ocurrir entre 3 y 15 minutos después de acabar el ejercicio.

Expresión de los resultados

1. La variable espirométrica empleada en el estudio de la hiperrespuesta es el FEV_1 .

2. El resultado se expresa como el cambio porcentual respecto al valor basal del FEV_1 .

Interpretación

1. Habitualmente, se considera positivo el descenso porcentual del FEV_1 tras el ejercicio respecto al valor basal del 12% (>10% en adolescentes y adultos)
2. 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 INFANTIL

- Diagnóstico funcional del asma:
 - Detección del patrón obstructivo.
 - Demostración de la reversibilidad (prueba de broncodilatación).
 - Demostración de la hiperrespuesta bronquial (test de ejercicio).
- Clasificación de la gravedad del asma (**Tabla 4**).
- Clasificación de la gravedad de la agudización del asma (**Tabla 5**).
- Seguimiento evolutivo de la enfermedad y la respuesta al tratamiento farmacológico.

Tabla 4. Clasificación de la gravedad del asma según las características de la función pulmonar

FEV_1 (porcentaje sobre el valor teórico)
Episódica ocasional $\geq 80\%$
Episódica frecuente $\geq 80\%$
Persistente moderada >70 - $<80\%$
Persistente grave $<70\%$

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

FEV ₁ (porcentaje sobre el valor teórico)
Crisis leve $\geq 70\%$
Crisis moderada 70-50%
Crisis grave $\leq 50\%$

Indicaciones de la espirometría

El uso de la espirometría es un indicador de calidad en Atención Primaria para el estudio y seguimiento del asma en Pediatría. Está indicada en:

- La valoración inicial del diagnóstico de asma.
- Después de iniciar el tratamiento, una vez que los síntomas se han estabilizado.
- Durante periodos de pérdida progresiva o prolongada del control del asma.
- 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

Para la higiene y control de la infección, se recomienda la limpieza y desinfección de alto nivel de las membranas y piezas del medidor de flujo, si no son desechables y el paciente inhala del equipo. Si se usan filtros antibacterianos y en función del volumen de pruebas, esta debería ser diaria o un mínimo de 1 vez/semana. En caso de pacientes potencialmente infecciosos, se recomienda limpiarlos a última hora y limpiar y desinfectar después de su uso.

Las piezas del espirómetro se desmontarán siguiendo las instrucciones del fabricante. Las superficies o partes del equipo que no puedan sumergirse se limpiarán

periódicamente, o cuando existen restos de material biológico, con un paño húmedo con detergente y posteriormente aclarar y secar bien. Las pinzas nasales se limpiarán con agua y jabón. Los tubos, las conexiones y las boquillas no desechables se limpiarán sumergiéndolos en agua que contenga un detergente enzimático (compatible con el desinfectante) durante el tiempo que recomiende el fabricante y posteriormente se aclaran con agua tibia.

En el caso del neumotacómetro, es preferible aclarar con agua destilada para evitar el depósito de sales, que sería perjudicial en el cabezal. No se recomienda aclarar la turbina del neumotacómetro debajo del chorro del agua del grifo por su posible deterioro y mal funcionamiento de esta.

Tras la limpieza, se realiza la desinfección sumergiendo las piezas en la solución desinfectante, siguiendo las recomendaciones del fabricante, se aclaran bien con agua destilada y se dejan secar al aire o secar con un secador eléctrico como los utilizados para el cabello. Ejemplos de productos de limpieza son, entre otros, los detergentes enzimáticos Instrunet EZ+[®] o Prolystica[®]. De desinfección: Instrunet Anyoxide 1000[®], Resert XL HD[®], PeraSafe[®], o Instrunet FA Concentrado[®].

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma management and Prevention. Updated 2018. [Fecha de acceso 30 nov 2018]. Disponible en <https://ginasthma.org/2018-gina-report-global-strategy-for-asthma-management-and-prevention/>
- 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;196:1463-72.
- Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Arets HG, 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.
- Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver B, *et al.* Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95 year age range: The global lung function 2012 equations. *Eur Respir J.* 2012;40:1324-43.
 - 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;177:253-60.
 - García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, Del Campo F, Galdiz JB, *et al.* Espirometría. Normativa SEPAR. *Arch Bronconeumol.* 2013;49:388-401.
 - 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.
 - Aurora P, Stocks J, Óliver C, Saunders C, Castle R, Chaziparasidis G, *et al.* London Cystic Fibrosis Collaboration. Quality control for spirometry in preschool children with and without lung disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2004;169:1152-9.
 - 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.
 - Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, *et al.* ATS/ERS Task Force: standardisation of lung function testing: standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26:319-38.
 - 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.
 - 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.
 - Coates AL, Graham BL, McFadden RG, McParland C, Moosa D, Provencher S, *et al.* Spirometry in primary care. *Can Respir J.* 2013;20:13-22.
 - 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;66:222-4.
 - Quanjer PH, Stanojevic S, Stocks J, Cole TJ. Valores de referencia para espirometría multiétnicos para toda edad GLI-2012. Ventajas. Consecuencias. Traducción Arce SC. [Fecha de acceso 30 nov 2018]. Disponible en <https://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative/gli-resources.aspx>
 - Van Dalen C, Harding E, Parkin J, Cheng S, Pearce N, Douwes J. Suitability of forced expiratory volume in 1 second/forced vital capacity vs percentage of predicted forced expiratory volume in 1 second for the classification of asthma severity in adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2008;162:1169-74.
 - Bacharier LB, Stunk RC, Mauger D, White D, Lemanske RF, Sorkness CA. Classifying asthma severity in children: mismatch between symptoms, medication use, and lung function. *Am J Respir Crit Care Med.* 2004;170:426-32.
 - Quanjer PH, Borsboom GJ, Brunekreet B, Zach M, Forche G, Cotes JE, *et al.* Spirometric reference values for white European children and adolescents: Polgar revisited. *Pediatr Pulmonol.* 1995;19:135-42.
 - Morato MD, González E, Empanaza JI, Pérez A, Aguirre A, Delgado A. Valores espirométricos en niños sanos de un área urbana de la Comunidad Autónoma Vasca. *An Esp Pediatr.* 1999;51:17-21.

- González Barcala FJ, Cadarso Suárez C, Valdés Cuadrado I, Leis R, Cabanas R, Tojo R. Valores de referencia de función respiratoria en niños y adolescentes (6-18 años) de Galicia. *Arch Bronconeumol*. 2008;44:295-302.
- 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.
- Casan P. Valores de referencia en la espirometría forzada para niños y adolescentes sanos [tesis doctoral]. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona; 1985.
- 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.
- Quanjer PH, Weiner DJ, Pretto JJ, Brazzale DJ, Boros PW. Measurement of FEF_{25-75%} and FEF_{75%} does not contribute to clinical decision making. *Eur Respir J*. 2014;43:1051-8.
- 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; 57:5-11.
- 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.
- Tse AM, Gold DR, Sordillo JE, Hoffman EB, Gillman MW, Rifas-Shiman SL, et al. Diagnostic accuracy of the bronchodilator response in children. *J Allergy Clin Immunol*. 2013;132:554-9.
- Godfrey S, Springer C, Bar-Yishay E, Avital A. Cut-off points defining normal and asthmatic bronchial reactivity to exercise and inhalation challenges in children and young adults. *Eur Respir J*. 1999;14:659-68.
- Parsons J P, Hallstrand TS, Mastrorarde JG, Kaminsky DA, Rundell KW, Hull JH, et al.; on behalf of the American Thoracic Society Subcommittee on Exercise-induced Bronchoconstriction. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: exercise-induced bronchoconstriction. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187:1016-27.
- Stanojevic S, Quanjer P, Miller MR, Stocks J. The global Lung Function initiative: dispelling some myths of lung function test interpretation. *Breathe*. 2013;9:462-74.
- 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 (Madrid)*. 2015;43:147-56.
- 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 28 nov 2018]. Disponible en http://seguridaddelpaciente.sespa.es/descargas/sespa_limpieza_desinfeccion_esterilizacion.pdf
- Global Lung Function Initiative. [Fecha de acceso 30 nov 2018]. Disponible en <https://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative.aspx>
- Guía GEMA 4.3. Guía Española para el Manejo del Asma. [Fecha de acceso 30 nov 2018]. Disponible en <https://www.gemasma.com/>