

# Prueba de broncoprovocación inducida por ejercicio

CARLOS MARTÍN Y ANTONIO MORENO

Unidad de Neumología Pediátrica y Fibrosis Quística. Hospital Universitario Vall d'Hebron. Barcelona. España.  
carl\_zaragoza@yahoo.es; amoreno@vhebron.net

El ejercicio físico es un importante indicativo de salud en la sociedad en que vivimos; en los niños es una parte esencial del juego normal y de su vida diaria. Es recomendable practicar deporte ya desde la infancia de forma regular y continuada, ya que mejora muchos aspectos de nuestra vida, no sólo a nivel orgánico, sino también a nivel psicológico y de las relaciones interpersonales.

A pesar de estas afirmaciones, se sabe desde hace muchos años que el esfuerzo físico puede ser un estímulo broncoconstrictor que afecta a un número considerable de personas (tabla 1). No sólo se considera uno de los estímulos más frecuentes en la aparición de síntomas de los niños afectados de asma (asma inducida por el ejercicio), sino que la broncoconstricción puede aparecer en niños no asmáticos única y exclusivamente al realizar actividad física (broncoespasmo inducido por el ejercicio)<sup>1-6</sup>.

## CONCEPTO Y MECANISMOS FISIOPATOLÓGICOS

El broncoespasmo inducido por el ejercicio se define como la obstrucción bronquial que aparece a los 3-10 min de fina-

**Tabla 1.** Prevalencia de broncoespasmo inducido por el ejercicio

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| Población general           | 9-12%  |
| Deportistas                 | 14-23% |
| Deportistas de climas fríos | 50%    |
| Asmáticos                   | 40-90% |
| Rinitis alérgica            | 35-40% |

lizado un ejercicio físico intenso<sup>1</sup>. Su gravedad está relacionada con la duración e intensidad del ejercicio, la humedad ambiental, la temperatura del aire, el volumen minuto y la condición física de la persona<sup>1,4</sup>.

En su fisiopatología se suman varios hechos: la hiperventilación durante la actividad física produce cambios de temperatura y humedad en la vía aérea, deshidratando y enfriando inicialmente la mucosa que al finalizar el ejercicio se recalienta y rehidrata de nuevo, originando edema y estrechamiento bronquial. Los cambios de osmolaridad en el bronquio activan los mastocitos, liberándose así histamina y leucotrienos, que contribuyen todavía más al broncoespasmo<sup>7</sup>.

## PRUEBA DE ESFUERZO PARA MEDIR EL BRONCOESPASMO INDUCIDO POR EL EJERCICIO

El objetivo de esta prueba es comprobar si tras la realización de un ejercicio se produce una disminución del calibre bronquial, con aumento de la resistencia del paso del flujo aéreo a través de las vías respiratorias, evaluando la función pulmonar antes y después de la realización de un ejercicio determinado.

Su indicación principal en pediatría es llegar a un diagnóstico funcional y determinar el grado de broncoespasmo que se desencadena (tabla 2). Existen otros tipos de pruebas de esfuerzo que se pueden emplear para valorar la tolerancia al ejercicio (prueba cardiorrespiratoria de esfuerzo [ergometría]) o la desaturación durante el ejercicio, en niños con determinadas enfermedades crónicas (fibrosis quística, enfermedades cardiovasculares, enfermedades musculoesqueléticas, etc.)<sup>6</sup>.

### Puntos clave

- El esfuerzo intenso es uno de los estímulos más potentes para provocar broncoespasmo.
- Existen varios métodos estandarizados para demostrar el broncoespasmo inducido por el ejercicio. Los más utilizados son la prueba de carrera libre y la prueba de tapiz rodante.
- El broncoespasmo se demuestra mediante la realización de espirometrías antes y después del ejercicio valorando el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV<sub>1</sub>).
- Se considera anormal una caída del 10% del FEV<sub>1</sub> y diagnóstica de broncoespasmo inducida por el ejercicio una caída del 15%.

**Tabla 2.** Indicaciones y contraindicaciones de la prueba de esfuerzo

| Indicaciones  |
|---|
| 1. Constatar la presencia e intensidad del broncoespasmo inducido por el ejercicio  |
| 2. Valoración del grado de broncoprotección de un fármaco y de su dosis útil para prevenir el broncoespasmo inducido por el ejercicio |
| 3. Valoración a largo plazo de los corticoides inhalados tras un tratamiento continuado   |
| 4. Estudios epidemiológicos de asma y de hiperrespuesta bronquial   |
| 5. Control del nivel físico en deportistas o profesionales de riesgo  |

  

| Contraindicaciones                               |
|--|
| 1. Cifras basales de FEV <sub>1</sub> ≤ 65%      |
| 2. Presencia de arritmias en el ECG              |
| 3. Enfermedades cardiovasculares mal controladas |

ECG: electrocardiograma; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo.

### Preparación previa

Es necesaria una serie de requisitos para su realización<sup>3</sup>:

- Informar del tipo de prueba (véase “Información al paciente para la prueba”).
- No haber padecido infección respiratoria en las 3 semanas previas.
- No haberse medicado previamente con los fármacos broncodilatadores o antiasmáticos descritos en la tabla 3, que pueden reducir el broncoespasmo inducido por el ejercicio.
- Ausencia de síntomas de broncoespasmo, auscultación respiratoria normal, y realización de espirometría forzada técnicamente correcta con cifras basales del volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV<sub>1</sub>) ≥ 65%.
- No haber realizado esfuerzo físico importante 4 h antes, para evitar la aparición de un período refractario.
- El niño o niña deben vestir ropa cómoda de deporte con zapatillas apropiadas para correr y haber realizado una comida previa ligera.

### Tipo de prueba

La prueba se puede realizar en un laboratorio de función pulmonar con un tapiz rodante o un cicloergómetro, o mediante carrera libre.

La prueba de carrera libre en el exterior se considera que es el mejor método para provocar broncoespasmo y el que más induce asma, seguida de la prueba en tapiz rodante, que a su vez obtiene más positividad que con el cicloergómetro<sup>8,9</sup>. Sin embargo, si la prueba de carrera libre se realiza en un espacio interior (p. ej., en un pabellón deportivo o un pasillo de un centro hospitalario) en las mismas condiciones de temperatura y humedad que en el laboratorio de función pulmonar los resultados son equiparables a la prueba con el tapiz rodante<sup>10</sup>.

Las ventajas del método de carrera libre son que no es necesario material especial, por lo que es el método más asequible y barato. Tiene la dificultad, si es exterior, de que las condiciones de hu-

medad y temperatura son variables, pueden influir los alérgenos ambientales y, además, es más complicado controlar la intensidad del trabajo realizado. Se ha visto que cuando se realiza en verano se obtienen un menor número de resultados positivos<sup>9</sup>. La utilización de otros tipos de estímulos, como la natación o andar deprisa, no consigue inducir el broncoespasmo<sup>8</sup>. Por todo ello, las 2 técnicas que son práctica habitual son la prueba de carrera libre y la prueba de esfuerzo con tapiz rodante.

### Carga de trabajo y duración del esfuerzo

Para valorar la carga de trabajo realizada durante el esfuerzo se utiliza la frecuencia cardíaca. Se considera que la frecuencia cardíaca debe llegar como mínimo al 80-90% de la máxima teórica del paciente (220 - edad en años)<sup>2</sup>. La sensibilidad de la prueba aumenta con un esfuerzo más intenso y se obtienen más resultados positivos cuando se alcanza una frecuencia cardíaca máxima del 95% que cuando se llega al 85%<sup>11</sup>. La prueba durará entre 6 y 8 min y deberá tener un inicio y finalización rápidas. Pruebas de menor duración o de más de 8 min obtienen un menor número de resultados positivos<sup>8</sup>.

### Material necesario

Para la realización de la prueba son necesarios un espirómetro, un sistema de medición de frecuencia cardíaca (pulsómetro, pulsioxímetro, electrocardiograma con o sin telemetría), unas pinzas nasales y un tapiz rodante o espacio libre según la prueba a realizar.

### Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales influirán considerablemente en el resultado de la prueba, que será más positiva si el paciente respira aire frío o seco.

El paciente deberá inhalar aire con una humedad ambiental < 50% y una temperatura < 25 °C. La utilización de unas pinzas nasales para conseguir una respiración bucal, evitando la aclimatación nasal del aire inspirado, consigue un estímulo broncoconstrictor mayor<sup>2,3</sup>.

Existen dispositivos comerciales que permiten respirar aire frío (hasta -25 °C) y seco durante el esfuerzo, y que se utilizan en laboratorios especializados<sup>12</sup>.

**Tabla 3.** Fármacos que hay que suspender antes de la prueba de esfuerzo

|   |         |
|---|---------|
| Agonistas β <sub>2</sub> de acción corta      | 8 h     |
| Agonistas β <sub>2</sub> de acción prolongada | 48 h    |
| Agonistas β <sub>2</sub> orales               | 24 h    |
| Anticolinérgicos                              | 24 h    |
| Metilxantinas de acción corta                 | 12 h    |
| Metilxantinas de acción prolongada            | 48 h    |
| Cromoglicato/nedocromil                       | 48 h    |
| Terfenadina, cetirizina, loratadina           | 48-72 h |
| Astemizol                                     | 30 días |
| Corticoides inhalados                         | 12 h    |
| Antileucotrienos                              | 24 h    |

## TÉCNICAS Y METODOLOGÍA

### Prueba de carrera libre

Consiste en realizar una carrera libre durante 6 min en menores de 12 años y 8 min en mayores<sup>4</sup>. Se estimula al niño a que corra a la máxima velocidad posible durante este tiempo. Cuando se ha utilizado para estudios epidemiológicos, se ha estandarizado su realización al aire libre a las 8:30 h de la mañana para intentar tener unas condiciones ambientales más favorables<sup>13</sup>.

El cálculo de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio debería de realizarse mediante telemetría o con un pulsómetro o un pulsioxímetro portátil. En su versión más simple, se puede medir simplemente al acabar el esfuerzo.

#### Metodología

1. Registrar las condiciones ambientales y constantes del paciente.
2. Espirometría forzada basal antes del esfuerzo.
3. Esfuerzo físico.
4. Espirometrías a los 5, 10, 15 min y opcional a los 20 y 30 min postesfuerzo.
5. Valorar los criterios de positividad.
6. Si hay disnea posterior importante o no recupera su función pulmonar basal, se administrará salbutamol inhalado<sup>3</sup>.

### Prueba de esfuerzo con tapiz rodante

Consiste en correr en una cinta sinfín con incremento de pendiente y velocidad. Durante los 2 primeros minutos se realiza un ejercicio progresivo hasta alcanzar el esfuerzo deseado, que se mantiene durante 4 minutos más (hasta 6 min en los mayores de 12 años). Con unas condiciones estándar de una pendiente del 10% y una velocidad de 6 km/hora la mayoría de los niños alcanzan el nivel de esfuerzo deseado independientemente de su tamaño<sup>8</sup>, ya que el trabajo realizado sobre un tapiz rodante es proporcional al peso de la persona. Sin embargo, no en todos los casos ocurre así (el nivel de entrenamiento físico y el peso influyen en este aspecto<sup>4</sup>) y una vez llegados a esta velocidad si no se ha alcanzado la frecuencia cardíaca deseada puede aumentarse más la velocidad o mejor la pendiente<sup>8</sup>. Con una pendiente del 15% se consigue alcanzar casi siempre la frecuencia cardíaca diana.

#### Metodología

1. Registro de condiciones ambientales y de constantes del paciente.
2. Inicio de la prueba con inclinación del 10% y velocidad creciente de 0 hasta 6 km/h durante los 2 primeros minutos.
3. Si no se obtiene la carga de trabajo deseada, aumentar la inclinación hasta el 15%.
4. Se mantiene este ritmo durante los 4 minutos posteriores.
5. Paro en 30 s.
6. Espirometrías forzadas a los 5, 10 y 15 min, y opcional 20 y 30 min tras la prueba.
7. Si hay disnea posterior importante o no recupera su función pulmonar basal, se administrará salbutamol inhalado<sup>3</sup>.

### ¿Cuándo hay que interrumpir el esfuerzo?

Se interrumpirá la prueba antes de finalizarla si se presentan síntomas subjetivos importantes relatados por el paciente



**Figura 1.** Tapiz rodante utilizado para la realización de la prueba de broncoprovocación.

(ahogo, mareo, dolor torácico, dolor en piernas, etc.) o signos observados por el técnico (disnea excesiva, palidez importante, náuseas, desaturación de oxígeno, arritmias cardíacas, etc.) que hagan peligrosa la continuación de la prueba.

### Interpretación de los resultados

Se valora la obstrucción bronquial a través de la espirometría forzada a los 5, 10 y 15 min, y opcionalmente a los 20 y 30 min, en comparación con la basal realizada antes del esfuerzo. Se ha propuesto también expresar los resultados como disminución del porcentaje en relación al valor teórico, para tener en cuenta la función pulmonar basal del niño o niña<sup>7</sup>.

Son necesarias 2-3 maniobras válidas y reproducibles de espirometría forzada en cada determinación. El parámetro más empleado y mejor estandarizado es el FEV<sub>1</sub> y se tiene que escoger en cada determinación el mayor FEV<sub>1</sub> de las maniobras realizadas.

A los 5 min (a veces a los 3 min) se suele observar la mayor caída del FEV<sub>1</sub> (65-70% de los casos), que se produce a los 10 min, aproximadamente, en un 20-25% de los casos y a los 15 y 20 min en el 5%<sup>9</sup>.

Cuando se detecta un descenso de más del 10% de FEV<sub>1</sub>, se suele considerar una respuesta anormal. En un estudio epidemiológico (con la prueba de carrera libre) en el que se incluyó a 435 niños normales (sin historia de sibilancias), la caída del FEV<sub>1</sub> correspondiente a 1,96 desviaciones estándar fue del 15,4%, por lo que se considera el mejor criterio una caída > 15%<sup>13</sup>. Godfrey et al<sup>14</sup> encontraron como punto de corte óptimo el 13% de caída del FEV<sub>1</sub>, con una sensibilidad del 63% y una especificidad del 94%.

Es importante valorar en la interpretación de la espirometría realizada que la caída del FEV<sub>1</sub> se deba a obstrucción bronquial y no a un esfuerzo insuficiente por cansancio (morfología no obstructiva de la curva flujo - volumen, descenso paralelo del FEV<sub>1</sub> y capacidad vital forzada [FVC], sin disminución del cociente FEV<sub>1</sub>/FVC), lo que podría dar lugar a un falso positivo de la prueba.



## PRUEBA DE ESFUERZO EN PREESCOLARES

Se ha realizado con éxito (en un 80% de los casos) la prueba de esfuerzo en niños preescolares (entre 3 y 6 años de edad) mediante el método de carrera libre realizada en un pasillo del centro sanitario y la valoración del resultado mediante la espirometría<sup>15</sup>. Los niños más pequeños no llegan a realizar un esfuerzo de 6 min (suelen parar a los 4 min) y el parámetro más útil en la espirometría es el FEV<sub>0,5</sub> (FEV en los primeros 0,5 s), detectándose la mayor caída del FEV<sub>0,5</sub> a los 3 min del esfuerzo.

## OTROS DIAGNÓSTICOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LA PRUEBA DE ESFUERZO

Aunque el asma es la causa más frecuente de disnea de esfuerzo, deben considerarse otras patologías (tabla 4) ante la presencia de disnea de esfuerzo cuando faltan síntomas y signos típicos asmáticos, o si no se obtiene mejoría con la administración previa de broncodilatadores inhalados, que habrá que diagnosticar mediante otras pruebas específicas<sup>16</sup>. También puede haber falsos negativos relacionados con las condiciones de realización de la prueba (tabla 5) y con su sensibilidad limitada. Una prueba negativa no descarta la presencia de broncoespasmo inducido por el ejercicio.

**Tabla 4.** Causas de disnea de esfuerzo con prueba de broncoprovocación negativa

|  |
|--|
| Mala condición física                      |
| Disfunción de cuerdas vocales              |
| Laringomalacia inducida por esfuerzo       |
| Hiperventilación inducida por el ejercicio |
| Alteraciones del metabolismo muscular      |
| Percepción excesiva de la disnea           |
| Alteraciones del metabolismo muscular      |
| Enfermedad pulmonar o cardíaca oculta      |
| Estenosis traqueal (intra o extratorácica) |

**Tabla 5.** Causas de falsos negativos en la prueba de broncoprovocación por esfuerzo

|  |
|--|
| Insuficiente intensidad del esfuerzo             |
| Ventilación baja debido a carga inadecuada       |
| Temperatura o humedad elevada del aire inspirado |
| Fármacos que atenúen la respuesta bronquial      |

## BIBLIOGRAFÍA



● Importante ●● Muy importante

- **Escribano Montaner A, García Hernández G.** Asma y situaciones especiales. En: Cobos N, Pérez-Yarza EG, editores. Tratado de neumología infantil. Madrid: Ergon; 2009. p. 731-45.
- **Navarro Merino M, Ledesma Benítez I, Pérez Pérez G, Romero Pérez MM.** Test de esfuerzo. En: González Pérez-Yarza E, Aldasoro Ruiz A, Korta Murua J, Mintegui Aramburu J, Sardón Prado O, editores. La función pulmonar en el niño. Principios y aplicaciones. Madrid: Ergon; 2007. p. 69-78.
- **Asensio de la Cruz O, Cerdón Martínez A, Elorz Lambarri J, Moreno Galdó A, Villa Asensi JR.** Estudio de la función pulmonar en el paciente colaborador. Parte II. An Pediatr (Barc). 2007;66:518-30.
- **Crapo RO, Casaburi R, Coates AL, Enright PL, Hankinson JL, Irvin CG, et al.** Guidelines for methacholine and exercise challenge testing-1999. Am J Respir Crit Care Med. 2000;161:309-29.
- Villa Asensi JR. Métodos diagnósticos. En: González Pérez-Yarza E, editor. Diferentes niños, diferentes necesidades. Asma y ejercicio: dependientes o independientes. Madrid: Grupo 2 Comunicación Médica; 2008. p. 23-32.
- Nixon PA, Orenstein DM. Exercise testing in children. Pediatr Pulmonol. 1988;5:107-22.
- Carlsen KH, Carlsen KCL. Exercise-induced asthma. Pediatr Respir Rev. 2002;3:154-60.
- Godfrey S, Silverman M, Anderson SD. The use of the treadmill for assessing exercise-induced asthma and the effect of varying the severity and duration of exercise. Pediatrics. 1975;56 Suppl:893-8.
- Pierson WE, Bierman CW. Free running test for exercise-induced bronchospasm. Pediatrics. 1975;56 Suppl:890-2.
- García de la Rubia S, Pajarón-Fernández MJ, Sánchez-Solis M, Martínez-González Moro I, Pérez-Flores D, Pajarón-Ahumada M. Exercise-induced asthma in children: a comparative study of free and treadmill running. Ann Allergy Asthma Immunol. 1998;80:232-6.
- Carlsen KH, Engh G, Mork M. Exercise-induced bronchoconstriction depends on exercise load. Respir Med. 2000;94:750-5.
- Carlsen KH, Engh G, Mork M, Schroder E. Cold air inhalation and exercise-induced bronchoconstriction in relationship to methacholine bronchial responsiveness different patterns in asthmatic children and children with other chronic lung diseases. Respir Med. 1998;92:308-15.
- Haby MM, Peat JK, Mellis CM, Anderson SD, Woolcock AJ. An exercise challenge for epidemiological studies of childhood asthma: validity and repeatability. Eur Respir J. 1995;8:729-36.
- 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.
- Vilozni D, Bentur L, Efrati O, Barak A, Szeinberg A, Shoseyov D, et al. Exercise challenge test in 3- to 6- year-old asthmatic children. Chest. 2007;132:497-503.
- Abu-Hasan, Tannous B, Weinberger M. Exercise-induced dyspnea in children and adolescent: if not asthma, then what? Ann Allergy Asthma Immunol. 2005;94:366-71.