

**PRUEBAS FUNCIONALES Y COMPLEMENTARIAS**

**UNIDAD PRUEBAS FUNCIONALES RESPIRATORIAS INFANTIL**

**NEUMOLOGÍA PEDIÁTRICA**

Martínez López AB, Toledo del Castillo B, Cobo Elorriaga P, Rodríguez Cimadevilla JL,  
Salcedo Posadas A.

## **ESPIROMETRÍA FORZADA**

### **Definición**

Maniobra que registra el máximo volumen de aire que puede inhalar o exhalar un sujeto por unidad de tiempo. Al relacionar ambas variables, volumen y tiempo, obtenemos como resultado el cálculo de los flujos máximos de aire determinados por las cualidades de la vía aérea del paciente. Mide, por lo tanto, volúmenes dinámicos y flujos forzados, siendo imprescindible una adecuada colaboración del paciente.

### **Indicaciones de la prueba**

La espirometría forzada debe realizarse a todo paciente colaborador, habitualmente mayor de 3-5 años, que consulta por sintomatología respiratoria diversa. Es la prueba fundamental para valorar la función ventilatoria, sobre todo cuando sospechamos patología obstructiva. Para el diagnóstico de patología restrictiva son necesarias otras técnicas suplementarias.

### **Preparación**

No precisa preparación específica salvo que se deberá evitar en lo posible utilizar medicación broncodilatadora en las horas previas para evitar un posible enmascaramiento de los resultados. Es muy útil la explicación anterior a la prueba del porqué se realiza y cómo se va a llevar a cabo. El técnico deberá animar al niño con palabras y lenguaje gestual que inciten a la espiración forzada. Existen programas de incentivación, útiles en niños pequeños poco colaboradores, que estimulan al niño a inspiraciones o espiraciones forzadas bruscas o prolongadas, según se precise.

### **Realización de la técnica**

Con el niño previamente en reposo, sentado con la espalda erguida, se coloca una pinza de oclusión nasal y se le solicita que sujete la boquilla del espirómetro con los dientes, respirando con normalidad y asegurándonos un adecuado sellado de los labios entorno a la boquilla. Tras varias respiraciones normales, se instruye al niño a realizar una inspiración rápida (no forzada) hasta llenar completamente de aire los pulmones, seguida de una espiración enérgica de inicio brusco, exhalando rápidamente la mayor cantidad de aire posible y manteniendo posteriormente el esfuerzo todo el tiempo que sea posible. Se debe completar la prueba con una maniobra de inspiración forzada hasta llegar de nuevo a la posición de inspiración máxima.

Se requiere un mínimo de 3 maniobras correctamente realizadas con un máximo de 8 intentos.

### **Contraindicaciones / Precauciones necesarias**

*Absolutas:* falta de colaboración o imposibilidad de realizar una maniobra correcta.

*Relativas:* parálisis facial, problemas bucales o portadores de traqueostomía.

### **Interpretación básica**

La espirometría debe interpretarse valorando, no sólo las determinaciones absolutas de los flujos y volúmenes obtenidos, sino la forma y trazado de las curvas espirométricas obtenidas. Sus resultados se comparan con unos valores teóricos de referencia.

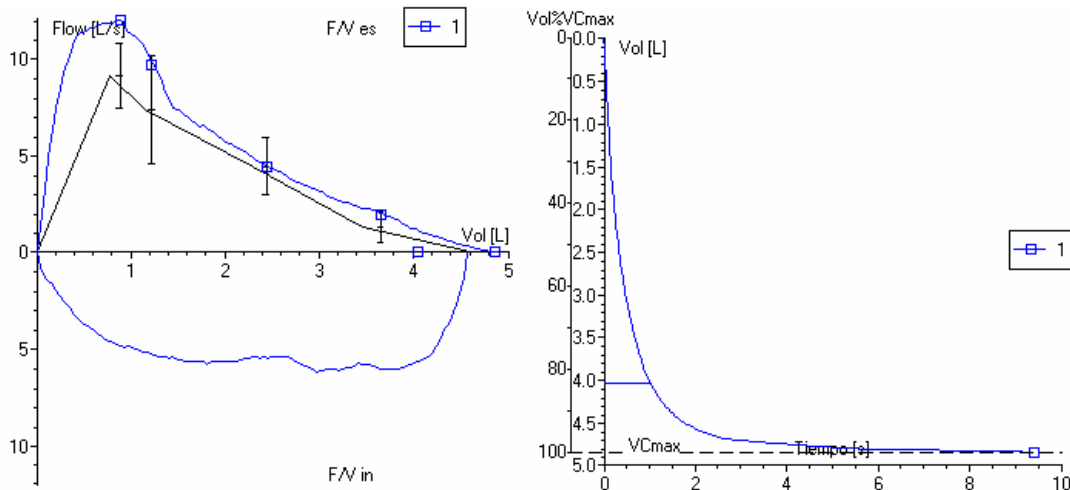
Con la realización de la maniobra de espiración forzada podemos calcular una serie de parámetros relevantes.

- Capacidad vital forzada (FVC): volumen que es capaz de expulsar el paciente durante toda la espiración partiendo de un punto de inspiración máxima. Su valor está disminuido en las patologías restrictivas, y, normal, ligeramente aumentado (por atrapamiento aéreo) o disminuido (por obstrucción grave a la entrada de aire) en la patología obstructiva.
- Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEMS o FEV<sub>1</sub>): volumen que es capaz de expulsar el paciente durante el primer segundo de la espiración partiendo de un punto

de inspiración máxima. Parámetro fundamental en la espirometría forzada que define el grado de obstrucción de la vía aérea. Es dependiente del esfuerzo.

- Relación entre ambas:  $FEV_1/FVC$ : parámetro más sensible para definir si existe o no una obstrucción al flujo aéreo. Consideramos la existencia de obstrucción con cocientes (expresados en porcentaje) menores al 80% (70% en adultos).
- Flujo espiratorio máximo (FEF, PEF o pico flujo): flujo máximo obtenido a lo largo de la maniobra.
- Mesoflujos ( $FEF_{25-75}$ ): flujos obtenidos entre el 25 y el 75% de la FVC. Nos da idea de la resistencia que ofrece la vía aérea de menor calibre.

La espirometría forzada se puede representar en 2 tipos de gráficas (curva volumen/tiempo y curva flujo/volumen). Las curvas ofrecen información visual sobre la calidad técnica de la maniobra, un diagnóstico orientativo según su morfología y permiten seleccionar la maniobra correcta para la extracción de los datos. Para poder interpretar una espirometría forzada debemos asegurarnos que está bien realizada, por este motivo se han propuesto una serie de criterios de aceptabilidad y reproducibilidad. **NUNCA SE DEBE INTERPRETAR UNA PRUEBA MAL REALIZADA.**



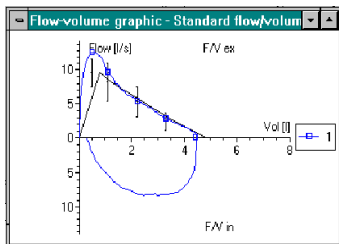
**Curva flujo-volumen**

**Curva volumen-tiempo**

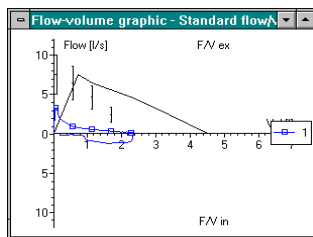
De las tres maniobras seleccionadas como técnicamente correctas, se deben obtener el mejor valor tanto del  $FEV_1$  como de la FVC. El resto de parámetros se obtienen de la mejor curva, definida como la que tenga una mayor suma  $FVC+FEV_1$ .

La comparación de los parámetros espiratorios obtenidos, con los valores teóricamente normales (tablas de edad, sexo, peso y talla), va a generar cuatro patrones básicos:

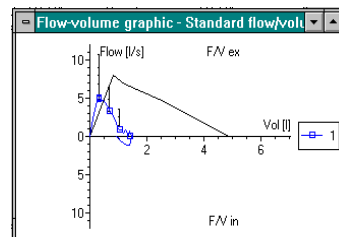
<p><b>PATRÓN NORMAL</b></p>	<p><math>FEV_1/FVC \geq 80\%</math></p> <p><math>FEV_1 \geq 80\%</math> (v. teóricos)</p> <p><math>FVC \geq 80\%</math> (v. teóricos)</p> <p><math>FEV_{25-75} \geq 65\%</math> (v. teóricos)</p>
<p><b>PATRÓN OBSTRUCTIVO</b> (se caracteriza por un incremento de la resistencia de las vías aéreas que se manifiesta por una disminución del flujo espiratorio)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leve</li> <li>• Moderado</li> <li>• Grave</li> </ul> <p>La gravedad viene determinada por los valores de <math>FEV_1</math>.</p> <p>Curva flujo/volumen cóncava en el asa espiratoria.</p>	<p><b><math>FEV_1/FVC \downarrow</math> (&lt; 70-80%)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>FEV_1</math> 60-70%</li> <li>• <math>FEV_1</math> 40-60%</li> <li>• <math>FEV_1 &lt; 40\%</math></li> </ul> <p>FCV normal / un poco <math>\downarrow</math>.</p> <p><math>FEV_{25-75} \downarrow</math></p>
<p><b>PATRÓN RESTRICTIVO</b> (se caracteriza por una disminución de los volúmenes pulmonares)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leve</li> <li>• Moderado</li> <li>• Grave</li> </ul> <p>La gravedad viene determinada por los valores de la FVC.</p> <p>Morfología de la curva normal pero tamaño reducido.</p> <p>Siempre debe ser confirmada la restricción con la pletismografía o dilución de gases.</p>	<p><b><math>FVC \downarrow</math> (&lt; 80%)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FVC 60-80%</li> <li>• FVC 40-60%</li> <li>• FVC &lt; 40%</li> </ul> <p><math>FEV_1/FVC</math> normal o <math>\uparrow</math> (&gt; 75%)</p>
<p><b>PATRÓN MIXTO</b> (coexisten ambos tipos de alteraciones)</p>	<p><b><math>FVC &lt; 80\%</math> y <math>FEV_1 &lt; 80\%</math></b></p> <p><math>FEV_1/FVC &lt; 70-80\%</math></p>



**Patrón normal**



**Patrón obstructivo**



**Patrón restrictivo**

### Validez

Aunque previamente se consideraba el  $FEV_1$  como el *Gold Standard* para el diagnóstico de obstrucción de la vía aérea, las nuevas guías de manejo del asma incluyen el cociente  $FEV_1/FVC$  para evaluar la gravedad y la respuesta al tratamiento. El cociente  $FEV_1/FVC$  es un indicador más sensible de las alteraciones en la función pulmonar.

## Bibliografía

- Sanchís Aldás J, Casan Clarà P, Castillo Gómez J, González Mangado N, Palenciano Ballesteros L, Roca Torrent J. Espirometría forzada. Normativas SEPAR. Disponible en: <http://www.separ.es/publicaciones/normativas.html>.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, van der Grinten CP, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J; ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005; 26:319-38.

## DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES ESTÁTICOS: PLETISMOGRAFÍA Y DILUCIÓN DE GASES (HELIO)

### Introducción

Consideramos volúmenes estáticos aquellos que no se movilizan con la dinámica respiratoria, y son el volumen residual (RV) y las capacidades pulmonares que incluyen el RV, como son, la capacidad pulmonar total (TLC) y la capacidad funcional residual (FRC). Como su determinación no se puede realizar mediante la espirometría (cuantifica volúmenes dinámicos y flujos forzados), se hacen necesarios otros métodos para su cuantificación. La técnica más precisa es la pletismografía corporal, pero también se pueden obtener dichos volúmenes mediante la dilución de gases (He, N<sub>2</sub>). Ambos métodos son propios de laboratorios funcionales de referencia por la complejidad técnica (cabina pletismográfica) y la necesidad de personal cualificado para su realización.

### PLETISMOGRAFÍA CORPORAL

#### Definición

La cámara pletismográfica (ver imagen) permite determinar de forma simultánea el volumen de gas intratorácico, a nivel de capacidad residual funcional (FRC), y la resistencia de las vías aéreas (Raw), así como diferentes parámetros que se derivan de su cálculo. La técnica se basa en la ley de Boyle: en condiciones ideales el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión ( $P \times V = k$ ); por consiguiente, cuando aumenta la presión disminuye el volumen o a la inversa ( $V_1 P_1 = V_2 P_2$ ).

#### Indicaciones

- Determinar los volúmenes pulmonares para distinguir entre un proceso restrictivo y uno obstructivo.
- Diagnóstico y seguimiento evolutivo de la patología pulmonar restrictiva.
- Complemento a la espirometría forzada para tipificar o descartar la existencia de restricción cuando observamos un patrón obstructivo con capacidad vital forzada disminuida, así como determinar la intensidad del atrapamiento aéreo e hiperinsuflación en la enfermedad obstructiva grave.
- Evaluación de la resistencia al flujo aéreo.
- Determinación de la respuesta a broncodilatador y de la hiperrespuesta bronquial en las pruebas de broncoprovocación (ejercicio, metacolina, etc).

## Contraindicaciones

No existen contraindicaciones absolutas para la realización de esta prueba. La existencia de cabinas para lactantes permite el estudio de estos pacientes, aunque la complejidad técnica limita su expansión y su utilidad en la práctica clínica habitual.

## ¿Cómo se realiza la técnica?

Se cierra herméticamente la cabina con el paciente sentado en su interior respirando a través de la boquilla, con pinzas nasales y con las manos apoyadas firmemente en las mejillas y suelo de la boca con el fin de evitar vibraciones.

Primero el paciente debe respirar rápido (jadeo) para realizar automáticamente la medida de las resistencias (presión que necesita hacer el paciente para mover un flujo de aire). Posteriormente se le pide que respire de forma normal (volumen corriente) y a las 3-4 respiraciones en posición de FRC se activa el obturador automático (que el técnico maneja desde el exterior) y se cierra la válvula en posición de FRC, quedando atrapado un volumen que denominamos volumen de gas intratorácico (TGV). Además, el paciente sigue realizando movimientos respiratorios con el tubo cerrado, sin existir flujo de aire. Se asume, que al no existir flujo, los cambios de presión alveolar son iguales a los registrados en la boca y, como la cabina del pletismógrafo es de volumen constante, los incrementos de volumen alveolar son iguales y de signo contrario a los incrementos de volumen del aire situado entre el paciente y las paredes de la cabina y proporcionales a los cambios de presión de dicha cabina. Todos estos cambios se reflejan en un eje de coordenadas en el que las abscisas representan la presión de la cabina y las ordenadas la presión en la boca.

## Interpretación básica

En pacientes con patología obstructiva de la vía aérea, la capacidad funcional residual (CRF) se encuentra aumentada, originando una situación de atrapamiento aéreo e/o hiperinflación estática.

La capacidad pulmonar total aumenta en el enfisema y en menor medida en los procesos obstructivos. Normalmente el patrón de volúmenes con obstrucción es aumento de TLC, RV y FRC y reducción del volumen corriente (VC).

En patologías como: atelectasia lobar o pulmonar, neumonectomía, neumonía, fibrosis y edema pulmonar, patología pleural (neumotórax o derrame), malformaciones de la caja torácica, obesidad e hipotonía de la musculatura inspiratoria, existe una reducción de la TLC, característica fundamental que define el patrón restrictivo (Tabla 1).

## Validación

La especificidad es similar a la espirometría pero su sensibilidad para la obstrucción de la vía aérea central es mayor en la pletismografía.

Tabla 1	CAUSAS DE REDUCCIÓN DE TLC	CAUSAS DE AUMENTO DEL VR
INTRA-PULMONARES	<ul style="list-style-type: none"><li>• Neumonectomía</li><li>• Colapso pulmonar</li><li>• Consolidación</li><li>• Edema</li><li>• Fibrosis pulmonar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Obstrucción de la vía aérea</li><li>• Congestión vascular pulmonar</li><li>• Edad</li><li>• Estenosis mitral</li></ul>

EXTRA- PULMONARES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfermedad pleural <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Derrame</li> <li>○ Engrosamiento</li> <li>○ Neumotórax</li> </ul> </li> <li>• Deformidad de la caja torácica</li> <li>• Debilidad de músculos respiratorios</li> <li>• Obesidad grave</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debilidad muscular</li> </ul>
----------------------	---	--



### TÉCNICA DE DILUCIÓN DE GASES (HELIO)

Disponemos de 2 pruebas estandarizadas: el lavado de Nitrógeno y la dilución de Helio; siendo esta segunda la más utilizada, por requerir un equipo de menor complejidad técnica.

#### Indicaciones

- Determinación de la capacidad funcional residual (FRC).

#### Contraindicaciones

No existen contraindicaciones absolutas para la realización de esta prueba.

Existen contraindicaciones relativas como la hemoptisis de origen desconocido, neumotórax, aneurismas, cirugía reciente oftalmológica, torácica o abdominal, enfermedad cardiovascular inestable, etc.

#### ¿Cómo se realiza la técnica?

Consiste en respirar una mezcla de gas, que incluye una cantidad conocida de helio, contenido en un espirómetro de circuito cerrado, hasta el punto de equilibrio con el gas del pulmón. La concentración inicial de Helio ( $C_1$ ) y el volumen del circuito ( $V_1$ ) se conocen previamente. Volumen final =  $V_1 \times C_1 / C_2$  siendo  $C_2$  la concentración final de He.

Se considera que se logra el equilibrio cuando las lecturas de la concentración de He mediante el cataferómetro son estables durante 30 segundos (variaciones inferiores a 0,02%). Al final de la prueba el paciente realiza una inspiración máxima, registrando la capacidad inspiratoria que, sumada a la capacidad funcional residual, proporciona el valor de capacidad pulmonar total (TLC).

### **Interpretación básica**

Este equilibrio que hemos comentado se alcanza en unos 5-8 minutos en un sujeto sano. El tiempo de equilibrio es superior si existe patología de limitación del flujo aéreo.

La interpretación de los volúmenes estáticos es similar a la mencionada en el apartado de pletismografía.

### **Validación**

En general, los métodos de dilución de gases por respiración única o múltiple tienen como principales desventajas que subestiman el volumen pulmonar en presencia de obstrucción y que son altamente sensibles a fugas del sistema. Su ventaja principal es que no requieren gran esfuerzo y coordinación por parte del paciente (método de respiración múltiple). La pletismografía requiere de un equipo más caro y de mayor cooperación del paciente. La ventaja principal de la pletismografía es ser un método rápido que mide el gas intratorácico y permite mediciones adicionales como la resistencia de la vía aérea.

### **Bibliografía**

- Wanger J, Clausen JL, Coates A, Pedersen OF, Brusasco V, Burgos F, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. Eur Respir J 2005; 26: 511-22.
- Liñán Cortés S, Reverté Bover C, Cobos Barroso N. Estudio de volúmenes y capacidades pulmonares. En: Tratado de Neumología infantil. 2ª edición. N. Cobos y E. G. Pérez-Yarza eds. Ediciones Ergon, 2009: 159-68.

## OSCILOMETRÍA DE IMPULSOS

### Introducción

Técnica de función pulmonar no invasiva que permite medir la impedancia o resistencia global del aparato respiratorio. La impedancia está constituida por dos componentes: la resistencia propia de la vía aérea (R) y la dependiente del tejido pulmonar y la pared torácica, denominada reactancia (X). La impedancia se determina generando pulsos de presión (mediante un altavoz), sobre la respiración normal del individuo (volumen corriente), registrando los cambios en los flujos y las presiones en la boca del paciente. Estas variaciones se expresan mediante la transformación matemática de Fourier en función del espectro de frecuencias generadas por el altavoz (normalmente entre 4 y 35 Hz). Su ventaja fundamental es que requiere poca colaboración por parte del sujeto, puesto que se realiza a volumen corriente y en un tiempo relativamente corto (20-30 segundos).

### Indicaciones de la prueba

Técnica de gran utilidad en el diagnóstico de patología obstructiva en aquellos pacientes incapaces de realizar adecuadamente una espirometría forzada: pacientes sedados y niños pequeños no colaboradores. También puede utilizarse para evaluar la respuesta bronquial en los tests dinámicos, y los beneficios a largo plazo del tratamiento.

### Preparación

Cuando se realiza en niños pequeños, la compañía de los padres puede mejorar la colaboración. Se necesitan 3 minutos de recuperación si se han realizado previamente maniobras de espiración forzada.

### Realización de la técnica

El paciente debe estar sentado con la cabeza en posición neutra o cuello levemente extendido, evitando su flexión, y respirando por una boquilla conectada a un neumotacógrafo que incorpora un altavoz. Se coloca una pinza para oclusión nasal. Durante el procedimiento el paciente debe sujetar firmemente las mejillas y el suelo de la boca con ambas manos para evitar las vibraciones en la vía aérea superior que pueden distorsionar los resultados. Tras verificar un volumen corriente estable comienzan a emitirse por la boquilla oscilaciones con una frecuencia progresivamente mayor, registrándose los volúmenes y presiones obtenidos en la vía aérea. Se deben obtener 3 maniobras aceptables desde el punto de vista técnico. Los datos se representan en función de la frecuencia de los pulsos emitidos (ver imagen).

### Contraindicaciones / Precauciones necesarias

No existen contraindicaciones. La limitación viene dada por la colaboración del paciente

### Interpretación básica

El estudio de la impedancia del aparato respiratorio se centra en los resultados obtenidos para las dos variables referidas:

- Resistencia (R): determinada por la oposición que ofrecen las vías respiratorias al flujo de aire.
- Reactancia (X): determinada por la capacidad de almacenamiento de energía del sistema respiratorio, en estrecha relación con las propiedades elásticas del pulmón

En la práctica clínica se utilizan oscilaciones con frecuencia media, en un rango entre 4 y 35 Hz. Dentro del rango de frecuencias aplicado, la franja que normalmente ofrece una mayor utilidad clínica es la correspondiente a frecuencias más bajas (R5 y X5), puesto que ponen de manifiesto la respuesta de la vía aérea periférica, mientras que los datos obtenidos a mayores frecuencias corresponden al comportamiento de la vía aérea proximal.

Criterios de aceptabilidad: la deglución, la oclusión con la lengua, un sellado inapropiado con la pinza nasal o con la boquilla, la hiperventilación o la respiración irregular pueden ser criterios para desechar los datos obtenidos.

Criterios de reproducibilidad: la variabilidad tanto de la reactancia como de la resistencia para una determinada frecuencia (ej. X5, R5) en las diferentes maniobras aceptadas como técnicamente correctas, no debe sobrepasar el 10% para considerar aceptable la maniobra.

Se debe tomar una media de los valores hallados en las tres maniobras seleccionadas para la lectura de los resultados.

En la patología obstructiva, la resistencia es mayor e inversamente proporcional a la frecuencia, mientras la reactancia disminuye con respecto a los valores correspondientes a su peso y talla (valores teóricos del paciente). En las pruebas de provocación bronquial, caídas en el R5 por encima de 39-40% son necesarias para considerar una prueba broncodilatadora como positiva.

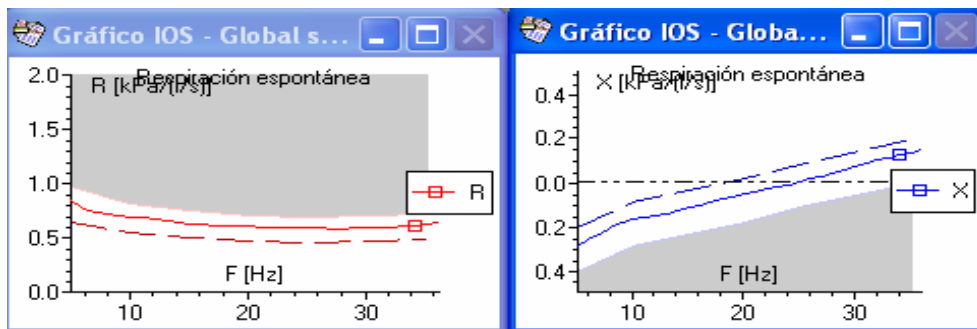
### Validez

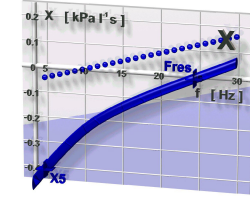
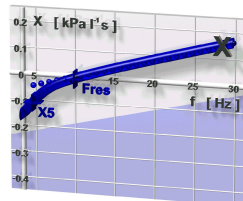
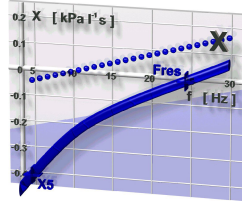
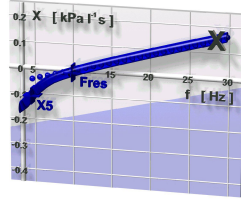
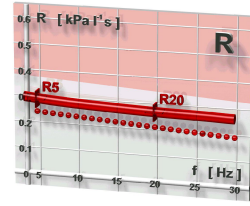
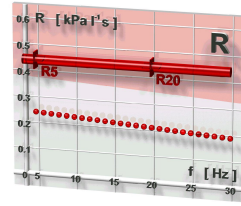
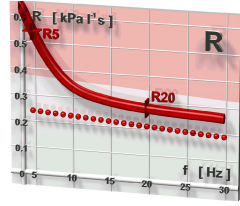
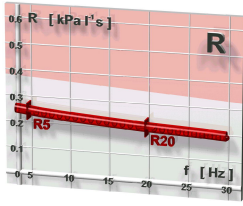
Algunos estudios han sugerido que la oscilometría puede ser una técnica más sensible y efectiva que la espirometría para identificar a niños asmáticos, dado que es capaz de detectar cambios mínimos en el calibre de la vía aérea como respuesta a agentes broncodilatadores y broncoconstrictores. En estudios recientes parece que manifiesta una mayor utilidad en el control del tratamiento a largo plazo y que puede ser más sensible para identificar la obstrucción de la vía aérea periférica.

Hay algunas desventajas evidentes con respecto a la espirometría forzada: los datos que tomamos como valores basales para edad y peso tienen una gran variabilidad en los diferentes estudios, y la resistencia puede reflejar valores distorsionados por la vía aérea superior que son difíciles de detectar. Todavía es una técnica no bien estandarizada en niños, limitando claramente su utilidad clínica.

### Bibliografía

- Hellinckx J, Cauberghe M, De Boeck K, Demedts M. Evaluation of impulse oscillation system: comparison with forced oscillation technique and body plethysmography. Eur Respir J 2001; 18: 564–70.
- Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, Farré R, Hantos Z, Desager K, Marchal F; ERS Task Force on Respiratory Impedance Measurements. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. ERS Task Force. Eur Respir J 2003; 22: 1026-41.





Patrón normal

Obstrucción distal

Obstrucción proximal

Patrón restrictivo

## **MEDIDA DEL PICO FLUJO (PEF) – FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO (FEM)**

### **Introducción**

Llamamos pico-flujo al flujo máximo de aire obtenido durante una espiración forzada partiendo de una inspiración máxima. Además de poder medirlo con un neumotacógrafo, se han diseñado pequeños aparatos portátiles denominados “medidor de pico-flujo”, fáciles de utilizar y transportar, y económicos. Actualmente existen aparatos electrónicos que miden el PEF y el FEV<sub>1</sub>, aunque el coste económico de esta tecnología es mayor que para los medidores convencionales.

### **Indicaciones**

Se ha propuesto la medida del pico-flujo como control diario del grado de obstrucción bronquial en el paciente con pobre percepción de la sintomatología (descenso del PEF basal). Podemos valorar la respuesta a los tratamientos, monitorizar la evolución de una crisis asmática e identificar posibles factores desencadenantes. Con los datos actuales, no se puede asegurar la precisión de estos instrumentos para evaluar el control del asma.

### **Preparación**

Tras una adecuada instrucción, y una vez dominada la técnica, este procedimiento puede realizarse en domicilio, varias veces al día, sin necesidad de supervisión por personal sanitario. El paciente debe recibir instrucciones verbales y escritas detalladas de cómo realizar la monitorización domiciliar mediante pico-flujo y debe supervisarse periódicamente por un técnico o enfermera.

### **Realización de la técnica**

Con el paciente en bipedestación se sitúa el indicador en la posición de 0 y se coloca la boquilla apropiada a la edad del paciente. Se sujeta correctamente el indicador sin interferir la ranura con los dedos ni obstruir los orificios situados en su extremo. Se realiza una inspiración profunda colocando posteriormente los labios alrededor de la boquilla cuidando que no haya escape de aire al soplar, ni se introduzca la lengua en su interior. Se sostiene el medidor horizontalmente y se sopla lo más fuerte y rápido posible, no más de 2 segundos. Se realiza la lectura y se apunta. Se repite la maniobra 2 veces más, anotando el valor más alto en la gráfica diaria. Al menos dos de los tres intentos deben tener diferencias inferiores a 20L/min. Esta medida se debe realizar por la mañana y por la noche o solamente por la mañana, siempre antes de inhalar la medicación. En algunos casos puede utilizarse 20 minutos después de usar el broncodilatador para ver la respuesta.

### **Contraindicaciones / Precauciones necesarias**

No se han descrito contraindicaciones a la realización del procedimiento. Es una técnica segura y no precisa de precauciones previas.

### **Interpretación básica**

El cálculo del porcentaje de cambio de PEF se realiza con el cociente entre el PEF medido y la mejor marca personal (o valor teórico según las tablas de población) del paciente, multiplicando por 100. Se considera que existe un buen control clínico cuando la variabilidad de las medidas del PEF es menor del 20%. Existen graficas de seguimiento con zonas en diferentes colores que avisan de la situación del paciente:

- Zona verde de seguridad: el PEF se mantiene > 80% de su valor teórico. Mantener tratamiento basal.
- Zona ámbar de atención: porcentaje de PEF 50-80%. Precisa tratamiento broncodilatador de rescate y si no mejora consultar con su médico.

- Zona roja de alarma: PEF < 50%. Precisa broncodilatador de acción corta, aumentar la dosis de antiinflamatorios-broncodilatador de acción larga si lo está tomando y acudir a urgencias.

### **Validez (S y E)**

El pico flujo tiene una menor sensibilidad que el FEV<sub>1</sub> para detectar la obstrucción bronquial. Una constricción considerable de la vía aérea periférica puede presentarse con un PEF normal. Por este motivo se recomienda la realización de espirometrías forzadas de forma reglada en laboratorio de función pulmonar. No existe evidencia firme de que la medida del flujo-pico mejore el control del asma en el niño.

### **Referencias**

- <http://www.fisterra.com/material/tecnicas/PeakFlowMeter/PeakFlowMeter.asp>
- <http://www.respirar.org/tfem/tfem-2.htm>

## PRUEBAS BRONCODINÁMICAS: BRONCODILATACIÓN Y BRONCOPROVOCACIÓN

### BRONCODILATACIÓN

#### Definición

Realización de la exploración funcional respiratoria antes y después de la administración de un broncodilatador para valorar la reversibilidad de la obstrucción de la vía aérea.

#### Indicaciones

- Sospecha y/o evidencia clínica de obstrucción al flujo aéreo.
- Valoración del grado de obstrucción (reversibilidad parcial o total).
- Respuesta al tratamiento.
- Control evolutivo.
- Estudios epidemiológicos y ensayos clínicos.

#### Contraindicaciones

No existen contraindicaciones específicas aunque existen ciertas limitaciones como el uso de broncodilatadores en pacientes con ciertas patologías (neumotórax, enfermedad cardiovascular inestable, cirugía reciente, tirotoxicosis, hipertensión, *diabetes mellitus*) o la dificultad en la realización de la maniobra espirométrica por falta de colaboración o imposibilidad real para llevarla a cabo (problemas bucales, hemiparesia facial, intolerancia a la boquilla, etc).

Por otro lado existen factores que disminuyen la respuesta bronquial por lo que es recomendable no haber estado expuesto a los mismos en las horas previas (Tabla 1).

**Tabla 1**

Factores que disminuyen la respuesta bronquial
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Broncodilatadores (entre 8-48 horas)</li><li>▪ Cromonas (entre 8-48 horas)</li><li>▪ Antihistamínicos (3-8 días)</li><li>▪ Modificadores de leucotrienos ((24 horas)</li><li>▪ Comidas con café, chocolate, té (24 horas)</li><li>▪ Corticoides orales o inhalados (no se recomienda retirarlos sistemáticamente aunque disminuyan la respuesta bronquial)</li></ul>

#### ¿Cómo se realiza la técnica?

Se realiza una espirometría forzada basal, posteriormente se administra un broncodilatador ( $\beta_2$ -agonistas inhalados de corta duración como salbutamol (0.4 mgs) o terbutalina) y, por último, se realiza una nueva espirometría a los 20-30 minutos de la inhalación del broncodilatador.

#### Interpretación básica

Un aumento del FEV<sub>1</sub> superior al 12% respecto al valor basal previo indica una respuesta positiva que implica la existencia de reversibilidad de la obstrucción de la vía aérea.

#### Validación (sensibilidad /especificidad)

La prueba broncodilatadora es muy específica pero poco sensible (una prueba positiva confirma hiperrespuesta bronquial, aunque una prueba negativa no descarta su existencia).

## **BRONCOPROVOCACIÓN**

### **Definición**

Realización de la exploración funcional respiratoria antes y después de la exposición a un estímulo broncoconstrictor como medida de hiperrespuesta bronquial (HRB). Los estímulos a aplicar pueden ser inespecíficos (metacolina, adenosina, ejercicio) o específicos (alergenos ambientales u ocupacionales, medicamentos-aspirina).

### **Contraindicaciones**

En niños sintomáticos con una de las relaciones FEV<sub>1</sub>/FVC o FEV<sub>1</sub>/VC menor del 75% o menor del 70% en un niño asintomático, no deben realizarse pruebas de broncoprovocación sino que se practicará un test de broncodilatación.

Hay que tener en cuenta que en caso de positividad a las pruebas de broncoprovocación se debe administrar un agonista beta 2 de acción corta para revertir los síntomas y confirmar la reversibilidad de la obstrucción bronquial.

### **Intervalos entre fármacos o eventos y realización de la prueba**

- Broncodilatadores inhalados de acción corta (12 horas) o prolongada (24 h).
- Broncodilatadores orales (24 h).
- Bromuro de ipratropio (12 h).
- Teofilinas orales de acción corta (24 h) y prolongada (48 h).
- Cromonas (48 h).
- Antihistamínicos H<sub>1</sub> (72 h). Terfenadina-Ceterizina-Loratadina (5 días). Astemizol (30 días).
- Vacunas con virus atenuados (3-6 semanas).
- Infecciones virales respiratorias (6 semanas).
- Humo de tabaco (2 h).
- Ejercicio físico previo (4 h).

## **A. PRUEBA DE METACOLINA**

### **Indicaciones**

- Ayuda diagnóstica en pacientes con clínica sugestiva de asma, espirometría en el margen de referencia y sin respuesta positiva a broncodilatador.
- Marcador del grado de inflamación bronquial en ausencia de otros marcadores más específicos y reproducibles.
- Evidenciar y cuantificar la hiperrespuesta bronquial en otras patologías (EPOC, FQ, SDRA, conectivopatías, DBP etc).

### **Contraindicaciones**

#### **Absolutas**

- Limitación grave al flujo aéreo (FEV<sub>1</sub> < 50% respecto al valor teórico).
- Cardiopatía isquémica o accidente vascular cerebral < 3 meses, arritmia grave.
- Hipersensibilidad a los fármacos utilizados.

#### **Relativas**

- Limitación moderada al flujo aéreo FEV<sub>1</sub> < 60%.
- Incapacidad para realizar una maniobra de espirometría aceptable.
- Agudización del asma. Infección respiratoria reciente 4-6 semanas.
- Limitación para el ejercicio.

## Preparación

Se firma el consentimiento informado tras explicación de la prueba a los padres y enfermo, siendo imprescindible la presencia del médico durante la realización de la prueba y disponer de equipo de resucitación cardiorrespiratoria.

Se realiza interrogatorio, exploración cardiopulmonar con control de constantes basales (FC, FR, saturación basal de O<sub>2</sub> aire ambiente) y se hace la espirometría basal para decidir si se puede iniciar la prueba.

## ¿Cómo se realiza la técnica?

Tras la espirometría basal se comienza con el protocolo de inhalación mediante dosímetro. La primera inhalación se hará con suero fisiológico y si el FEV<sub>1</sub> desciende más del 10% respecto al basal no se puede continuar la prueba; en caso contrario se hacen inhalaciones sucesivas de dosis escalonadas de metacolina con espirometría 120 segundos tras finalizar la inhalación de la dosis. Se finaliza la prueba si el descenso del FEV<sub>1</sub> respecto al FEV<sub>1</sub> postsuero fisiológico es mayor del 20 %, considerándose esta positiva. En ese caso se revierte la broncoconstricción con salbutamol o terbutalina finalizando cuando el FEV<sub>1</sub> sea superior al 90% del basal. Se debe realizar una espirometría de verificación de normalidad 30 minutos tras el broncodilatador.

## Interpretación básica

Basada en PD20 – Dosis acumulada que produce una caída del FEV<sub>1</sub> del 20%.

- |                             |                |
|-----------------------------|----------------|
| - Hiperreactividad grave    | < 0.1 mgrs     |
| - Hiperreactividad moderada | 0.1 a 0.4 mgrs |
| - Hiperreactividad leve     | 0.4 a 1.6 mgrs |
| - Normal                    | > 1.6 mgrs     |

## Validación (sensibilidad /especificidad)

La prueba de metacolina tiene alta sensibilidad y valor predictivo negativo y su negatividad permite excluir asma; su positividad denota hiperreactividad bronquial y el diagnóstico de asma se basará en la clínica y respuesta a tratamiento.

La sensibilidad de esta prueba se ha propuesto como del 98% para el diagnóstico de asma, con una especificidad del 66%.

## B. PRUEBA DE ESFUERZO

### Indicaciones

- Constatar la presencia y gravedad del broncoespasmo inducido por ejercicio.
- Valoración del grado de broncoprotección de un determinado fármaco.
- Estudios epidemiológicos de asma.
- Control del nivel físico en deportistas o profesionales de riesgo.

### Contraindicaciones

- Cifras basales del FVC  $\leq$  70%, FEV<sub>1</sub>  $\leq$  70% o del PEF  $\leq$  60%.
- Presencia de arritmias en el ECG.
- Enfermedades cardiovasculares mal controladas

## **Preparación**

Se debe corroborar que el paciente no ha realizado ningún esfuerzo físico importante ni ha tenido contacto con tabaco por lo menos en las últimas 2-4 horas. No habrá tomado previamente broncodilatadores (entre 8-48 horas), antihistamínicos (3-8 días) o inhibidores de leucotrienos (24 horas). No debe haber padecido infección respiratoria en las últimas 3 semanas, ni haber tenido síntomas de asma en el momento del inicio de la prueba con una exploración cardiorrespiratoria basal dentro de la normalidad.

Se aconseja utilizar ropa ligera y calzado cómodo.

## **¿Cómo se realiza la técnica?**

La prueba de ejercicio en carrera libre mediante cinta rodante se inicia con una espirometría basal. Posteriormente se monitoriza mediante banda torácica la saturación de O<sub>2</sub> y FC. Después comienza la prueba de ejercicio con una inclinación de 10° del tapiz rodante e incremento gradual de la velocidad de 0 a 6 Km/h (5 Km/h en niños más pequeños o poco entrenados) durante los dos primeros minutos. La duración de la prueba es de 6 minutos y se debe alcanzar una FC próxima al 80% de la frecuencia cardíaca máxima que se calcula restando a 210 la edad en años del paciente (generalmente entre 160 y 180 lpm). Se termina el ejercicio suavemente en unos 30 segundos, y posteriormente se hacen espirometrías seriadas a los 5, 10, 15 y 30 minutos. Si existe broncoespasmo y no cede en 30 minutos, se darán broncodilatadores inhalados.

## **Interpretación básica**

Se considera positiva la prueba si el descenso del FEV<sub>1</sub> es mayor del 15% respecto al basal.

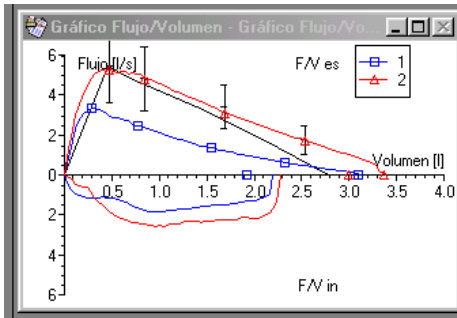
## **Validación (sensibilidad /especificidad)**

Según algunos estudios esta prueba tiene una sensibilidad promedio del 56%, y una especificidad promedio del 93%; aunque otros autores le otorgan mayor sensibilidad (65%) y una especificidad del 61%.

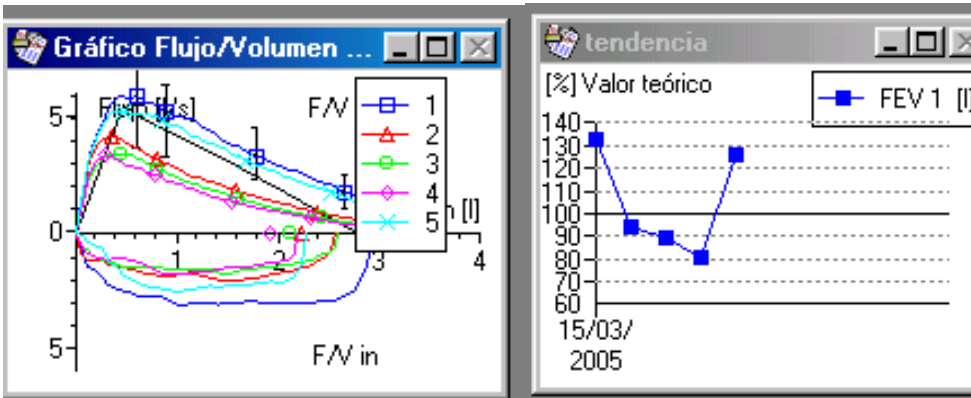
Para algunos grupos, es la prueba de provocación bronquial de mayor especificidad, lo que permite diferenciar a niños asmáticos de portadores de otras patologías pulmonares crónicas que también presentan hiperreactividad bronquial.

## **Bibliografía**

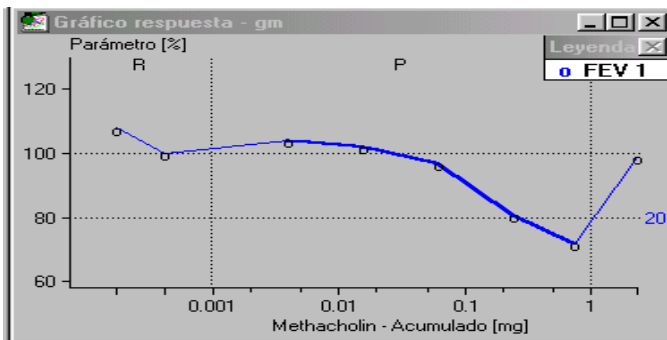
- Liñán Cortés S, Reverté Bover C, Cobos Barroso N. Test broncodinámicos. En: Tratado de Neumología infantil. 2ª edición. N. Cobos y E. G. Pérez-Yarza eds. Ediciones Ergon, 2009: 168-179.
- Asensio de la Cruz O, Cordón Martínez A, Elorz Lambarri J, Moreno Galdó A, Villa Asensi JR. Estudio de la función pulmonar en el paciente colaborador. Parte II An Pediatr (Barc) 2007; 66: 518-30.



Prueba broncodilatadora



Prueba de ejercicio



Prueba de Metacolina

## DIFUSIÓN PULMONAR DE CO (DLCO)

### Definición

Prueba funcional que pretende determinar la integridad de la barrera alveolo-capilar; y por consiguiente, la capacidad pulmonar para realizar un intercambio gaseoso adecuado, siendo la difusión pulmonar de monóxido de carbono una medida directa de dicha capacidad.

### Indicaciones

- Diagnóstico diferencial en patología de carácter obstructivo: enfisema *versus* asma.
- Evaluación de patología que afecta al parénquima pulmonar (enfermedades sistémicas, enfermedades cardiovasculares, iatrogenia por quimioterapia o radioterapia y hemorragia pulmonar).
- Valoración evolutiva y/o respuesta a tratamiento en la patología referida (fibrosis pulmonar, enfisema, etc).

### Contraindicaciones

No existen contraindicaciones absolutas para la realización de esta técnica. Necesaria la colaboración del paciente.

### Preparación /precauciones

Se precisa reposo previo y retirar oxigenoterapia 5' antes de la prueba, si no se puede suspender, entonces debemos tenerlo en cuenta a la hora de interpretar los resultados; no fumar en las 24 horas anteriores a la determinación ni ingerir alcohol en las 4-5 horas previas; así como estar en ayunas de al menos dos horas y no haber recibido broncodilatadores en las últimas 6-12 horas. La prueba se debe hacer en sedestación. Debe realizarse una espirometría previa para conocer, al menos, la capacidad vital del paciente.

### ¿Cómo se realiza la técnica?

Existen diferentes métodos para su determinación (respiración única, estado estable y técnica de reinhalación), pero es el de respiración única el mejor estandarizado y el que tiene una mayor aplicación clínica.

Equipo necesario: se precisa una fuente de gas con concentraciones conocidas de CO (0,3%), helio (10%), oxígeno (21%) y N<sub>2</sub> en equilibrio; un neumotacógrafo para determinar los flujos e, indirectamente, los volúmenes que genera el paciente; y un analizador de gases, integrado generalmente en los equipos informatizados actuales.

Determinación: se realiza una inspiración profunda desde volumen residual hasta un mínimo de un 90% de la capacidad vital, realizada en 2 segundos en sujetos sanos y hasta en 4 segundos en pacientes obstruidos, inhalando el aire de la fuente de gas; posteriormente se mantiene en apnea durante 10 segundos y, tras dicha pausa, se exhala rápido hasta volumen residual.

### Interpretación básica

Se analiza el aire exhalado (500-1000 mL) para CO y helio. Se consideran valores normales entre 80-120 % del valor teórico para cada paciente. Se debe aplicar corrección por cifras de hemoglobina (ecuación de Cotes), cuando sus valores se sitúan fuera del rango de normalidad.

Niños < 15 años y mujeres: DLCO ajustada para Hb = DLCO medida x (9,38 + Hb)/(1,7 x Hb).

Se detecta un aumento de DLCO en las situaciones en que el flujo sanguíneo pulmonar esté aumentado (ejercicio, *shunt* izquierda-derecha, hemorragia pulmonar, y en pacientes asmáticos que generen presión intratorácica negativa elevada durante la inspiración).

La DLCO disminuye con la pérdida de unidades alveolares (enfisema pulmonar), disminución de la llegada de sangre a la unidad alveolo-capilar (anemia, embolia pulmonar, insuficiencia

cardiaca) y en la alteración de la barrera alveolo-capilar (fibrosis intersticial, sarcoidosis, asbestosis, alveolitis extrínseca, edema pulmonar, tabaquismo y enfisema)

En la fibrosis quística, la DLCO aumenta en las fases iniciales debido al hiperaflujo pulmonar y al incremento de la presión negativa inspiratoria, y, posteriormente, disminuye al alterarse la barrera alveolo-capilar e instaurarse el *cor pulmonale*.

### **Validación**

La medición de DLCO posee una elevada sensibilidad pero escasa especificidad.

### **Bibliografía**

- Macintyre N, Crapo RO, Viegi G, Johnson DC, van der Grinten CP, Brusasco V, et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J*. 2005;26:720-35.
- Galdiz B, Gistau C, López de Santamaría E, Peces-Barba G. Capacidad de difusión del monóxido de carbono (DLCO). En: Manual SEPAR de Procedimientos. Módulo 3. Procedimientos de evaluación de la función pulmonar. 2002; pp: 16-36.
- González Mangado N, Rodríguez Nieto MJ, Gómez Seco J. Capacidad de difusión. En: Exploración funcional respiratoria. F García Río, MA Gómez Mendieta. Monografías NeumoMadrid – Vol XVIII/2011. Ediciones Ergon, 2011: 45-58.

## **BRONCOSCOPIA**

### **Introducción**

Prueba que permite visualizar el interior de las vías respiratorias y recoger muestras de secreciones respiratorias, tejido bronquial, pulmonar o ganglios mediastínicos. También tiene una finalidad terapéutica.

### **Indicaciones de la prueba**

#### *Broncoscopia diagnóstica*

- Semiología respiratoria persistente o preocupante: estridor, sibilantes persistentes, tos crónica, hemoptisis, anomalías de la fonación.
- Hallazgos radiológicos pulmonares persistentes de etiología no aclarada: atelectasias persistentes, neumonías recurrentes o persistentes, neumonía que no se resuelve en el paciente inmunodeprimido, neumopatías intersticiales, hiperclaridad pulmonar localizada.
- Patología respiratoria neonatal: complicaciones mecánicas de la ventilación asistida, malformaciones, malacia.
- Situaciones patológicas específicas: tuberculosis pulmonar, fibrosis quística.
- Seguimiento de los pacientes transplantados de pulmón.

*Broncoscopia terapéutica:* extracción de cuerpo extraño, dilatación de estenosis bronquiales, colocación de prótesis tranqueobronquiales, resección de lesiones con láser, extracción de tapones de moco o coágulos, lavado en proteinosis alveolar, intubación traqueal difícil.

### **Preparación**

Es necesario realizar radiografía de tórax, hemograma con plaquetas y pruebas de coagulación antes del procedimiento. El paciente debe estar en ayunas durante el tiempo establecido según su edad (seis horas si < 1 año y ocho horas en niños mayores). Si el niño tiene antecedentes de broncoespasmo, se administrarán broncodilatadores inhalados antes de la prueba. Se realiza sedación y monitorización mediante pulsioximetría y registro de la frecuencia cardiaca. Debemos disponer de una cama en UCIP para control posterior en caso necesario y tener preparados los útiles necesarios para la reanimación cardiopulmonar. Debemos además disponer de una vía intravenosa.

Asimismo, debe explicarse a los padres tanto los hallazgos que esperamos obtener como la forma de realización del procedimiento en sí.

### **Realización de la técnica**

Necesitamos un broncoscopio (diferentes tamaños según la edad) y una fuente de luz así como fuente de oxígeno y toma de aspiración con las conexiones apropiadas. Lidocaína tópica al 1% o 2% para instilación tópica (previene el laringoespasmo y los accesos de tos durante el procedimiento). Debe realizarse en condiciones de sedación o anestesia según los casos

### **Procedimiento**

Introducción del broncoscopio (a través de las fosas nasales o bien a través de mascarilla laríngea o tubo endotraqueal), según las condiciones del paciente y el objetivo de la fibrobroncoscopia.

Si queremos analizar la totalidad de la vía aérea con fines diagnósticos, la broncoscopia debe realizarse en respiración espontánea, a través de las fosas nasales para analizar el movimiento de la vía aérea en condiciones fisiológicas. Debe ser además completa y sistemática para no olvidar ninguna región por explorar.

### **Contraindicaciones / Precauciones necesarias**

Pacientes con compromiso grave de la oxigenación, coagulopatías o diátesis hemorrágica no controlada e inestabilidad hemodinámica.

Son contraindicaciones relativas la presencia de insuficiencia respiratoria grave, hipertensión pulmonar grave o cardiopatías congénitas cianosantes con aumento de vasos colaterales bronquiales, alteraciones de la coagulación no corregidas o tos incoercible durante el procedimiento.

### **Interpretación básica**

Descripción anatómica y funcional, alteraciones acompañantes (acúmulo de secreciones).

### **Validación (Sensibilidad / Especificidad)**

No procede, pues la sensibilidad y especificidad varía según la indicación y otras variables.

### **Bibliografía**

- Pérez Ruiz E, Barrio Gómez de Agüero MI y Grupo de Técnicas de la Sociedad Española de Neumología Pediátrica. Broncoscopia flexible en el niño: indicaciones y aspectos generales. An Pediatr (Barc) 2004;60:354-66.
- Midulla F, de Blic J, Barbato A, Bush A, Eber E, Kotecha S, et al; ERS Task Force. Flexible endoscopy of paediatric airways. Eur Respir J 2003;22:698-708.

## **LAVADO BRONCOALVEOLAR**

### **Introducción**

El lavado broncoalveolar (LBA) es el procedimiento mediante el cual se obtiene información de los componentes celulares y no celulares de la superficie epitelial del tracto respiratorio inferior a través de la instilación y posterior aspiración de líquido en uno o varios segmentos pulmonares.

### **Indicaciones de la prueba**

- Diagnóstico de infección: neumonías graves que no responden al tratamiento o que precisan ventilación mecánica, así como estudio de neumonías nosocomiales.
- Evaluación de infiltrados pulmonares localizados o difusos en niños inmunodeprimidos.
- Diagnóstico de enfermedades pulmonares no infecciosas:
  - o Es diagnóstico en proteinosis alveolar (aspecto lechoso y macrófagos cargados de lípidos y con material extracelular PAS positivo), histiocitosis pulmonar (CD1a +  $\geq 5\%$ ), hemorragia alveolar (tinción de Perls con macrófagos alveolares cargados de hemosiderina).
  - o Hay enfermedades en las que el perfil citológico obtenido de su análisis, puede ser orientativo en el diagnóstico diferencial: neumonitis por hipersensibilidad, neumonía eosinofílica o sarcoidosis...
- Eliminación terapéutica de material acumulado en las vías aéreas.
- Estudios de investigación de enfermedades inflamatorias de la vía aérea como fibrosis quística y asma.

### **Preparación**

Antes de realizar el LBA hay que realizar radiografía de tórax y, a ser posible, una tomografía computarizada (TC) que permitan definir la zona más idónea para llevarlo a cabo. Hay que extraer un hemograma y una coagulación previa y que las cifras de plaquetas sean  $> 60.000$  cél./mL y el tiempo de Quick superior al 50 %.

### **Realización de la técnica**

Consiste en la instilación, y posterior aspiración, de suero fisiológico, a través del canal de trabajo del fibrobroncoscopio, en uno o varios segmentos o subsegmentos pulmonares.

Habitualmente se realiza en el transcurso de una fibrobroncoscopia convencional. Se utiliza suero salino fisiológico a temperatura de 37°C instilando 3 mL/kg, dividido en 3 fracciones iguales, con fracciones máximas de 20 mL. Una vez introducido el broncoscopio en el segmento deseado se instila el líquido a través del canal de aspiración del broncoscopio con una jeringa, inyectando posteriormente aire para evitar que quede líquido en el canal del broncoscopio. Posteriormente se aspira el líquido bien con la misma jeringa con la que se ha introducido o mediante aspiración mecánica a un recipiente colocado en serie con una presión de aspiración de 35-100 mmHg. El lavado es aceptable si se recupera más del 40% del líquido instilado y el líquido contiene pocas células epiteliales.

### **Contraindicaciones / Precauciones necesarias**

Cifras de plaquetas menores a 60.000 cél./mL y tiempo de Quick inferior al 50 %.

Precauciones:

1. La primera fracción de líquido extraída se utiliza para los estudios bacteriológicos,
2. Se evitará la instilación de anestesia tópica en el segmento que va a ser lavado, ya que podría inhibir el crecimiento bacteriano en los cultivos.
3. El LBA se hará antes que otras técnicas (biopsia, cepillado o punción) que podrían provocar hemorragias y falsear los resultados.

## Interpretación básica

Se realiza conteo celular del líquido (válido si > 300 cel/mL), fórmula diferencial de los diferentes tipos celulares y tinción para visualizar gérmenes. Según la sospecha clínica es útil la tinción de PAS (proteínosis alveolar), Perls (hemocromatosis).

En algunas patologías es útil el estudio de poblaciones linfocitarias o algunos marcadores tumorales como la proteína S-100 en caso de histiocitosis X.

Estudios microbiológicos: cultivos cuantitativos, técnicas de inmunofluorescencia, PCR. El aislamiento de patógenos en el líquido del LBA que no se encuentran habitualmente en las vías respiratorias se considera diagnóstico de infección.

Utilidad del lavado broncoalveolar en el diagnóstico de enfermedades pulmonares				
		LBA útil en el diagnóstico diferencial		
LBA diagnóstico	↑ linfocitos T (predominio CD4)	↑ linfocitos T (predominio CD8)	↑ eosinófilos	↑ neutrófilos
Proteinosis alveolar	Enfermedad de Crohn	Neumonitis por hipersensibilidad	Neumonía eosinofílica aguda / crónica	Neumopatías intersticiales
Hemorragia alveolar	Sarcoidosis	Neumonía organizada criptogénica	Síndrome de Churg Strauss	Granulomatosis de Wegener
Histiocitosis X	Artritis reumatoide	Vasculitis	Aspergilosis broncopulmonar alérgica	Enfermedades del colágeno
Neumonía lipídica		Histiocitosis X	Reacciones a fármacos	SDRA
		Neumonitis inducidas por fármacos	Asma	Asma (crisis aguda) Infección

Tomado de Moreno Galdó A. Exploraciones directas. Broncoscopia. Lavado broncoalveolar. Biopsia pulmonar. Esputo inducido. En: Tratado de Neumología Infantil. Cobos N, Pérez Yarza eds. 2º Ed. Ediciones Ergon; 2009. p. 210.

## Validación (Sensibilidad / Especificidad)

No procede, pues la sensibilidad y especificidad varía según la indicación y otras variables.

## Bibliografía

- de Blic J, Midulla F, Barbato A, Clement A, Dab I, Eber E, Green C, et al. Bronchoalveolar lavage in children. ERS Task Force on bronchoalveolar lavage in children. European Respiratory Society. Eur Respir J. 2000;15:217-31.
- Díaz-Agero Álvarez P, Flandes Aldeyturriaga J. Broncoscopia diagnóstica y terapéutica. Monografías de la Sociedad Madrileña de Neumología y Cirugía Torácica. Volumen X. 2007.

## **BIOPSIA / BRONQUIAL / TRANSBRONQUIAL**

### **Indicaciones de prueba**

- Biopsia bronquial: útil en el diagnóstico de cualquier alteración de la pared bronquial (irregularidades de la mucosa, masas). También puede utilizarse para el diagnóstico de enfermedades granulomatosas (tuberculosis o sarcoidosis). Menos frecuente en población pediátrica es su indicación en enfermedades crónicas (micosis) o tumores endobronquiales.
- Biopsia transbronquial: se utiliza para la monitorización de episodios de rechazo agudo en los pacientes trasplantados de pulmón o investigación de infiltrados pulmonares localizados o difusos, con patrón intersticial, alveolar, miliar o nodular fino, tanto en pacientes inmunocompetentes como en inmunodeprimidos o para la evaluación de nódulos pulmonares localizados.

### **Preparación**

Antes de iniciar la prueba es necesario realizar radiografía de tórax, hemograma y pruebas de coagulación. La prueba se realiza con anestesia local y sedación o bien con anestesia general y sedación profunda según los casos. Es útil la mascarilla laríngea.

### **Realización de la técnica**

- Biopsia bronquial: para realizar la *biopsia de lesiones endobronquiales* se coloca el extremo del broncoscopio frente a la lesión. Se introduce la pinza por el canal de trabajo hasta que sobresale algunos milímetros, posteriormente se abre la pinza y se contacta con la lesión, cerrando después la pinza y extrayéndola sin mover el broncoscopio. Se debe intentar obtener 3 a 5 muestras adecuadas. Si previsible sangrado es aconsejable instilar previamente 1-2 mL de adrenalina al 1/20.000. La *biopsia de la mucosa bronquial* se realiza en una carina bronquial segmentaria o subsegmentaria, entre la tercera y la cuarta generación. Se coloca la pinza sobre la carina elegida, se cierra sin una fuerza excesiva y se mantiene unos segundos en esta posición antes de retirarla. Se suele realizar un mínimo de tres biopsias que deben introducirse en formol al 10%.

- Biopsia transbronquial: se introduce el broncoscopio 1-2 cm por encima de la entrada al segmento pulmonar a biopsiar; posteriormente, con ayuda de la fluoroscopia, se introduce la pinza de biopsia hasta notar resistencia o hasta estar próximos a la periferia del pulmón, momento en el cual se retira 1 ó 2 cm y se abre avanzando hasta la posición subpleural con una ligera presión, cerrando la pinza cuando el niño esté en espiración extrayéndola posteriormente con suavidad. Después de cada biopsia debemos lavar con suero fisiológico y comprobar que no hay sangrado. Cuando se finaliza, se debe descartar neumotórax mediante fluoroscopia y, posteriormente, radiografía de control a las 2-4 horas. En el caso de afectación difusa, se realiza la biopsia en el lóbulo inferior derecho, por seguridad y facilidad técnica.

### **Contraindicaciones / Precauciones necesarias**

Absolutas: inestabilidad hemodinámica, diátesis hemorrágica no corregida, hipoxemia refractaria.

Relativas: tos del paciente no controlable durante el procedimiento, alteraciones de la coagulación, hipertensión pulmonar grave.

### **Interpretación básica**

Estudio anatomopatológico.

### **Validación (Sensibilidad / Especificidad)**

No procede, pues la sensibilidad y especificidad varía según la indicación y otras variables.

## **Bibliografía**

- Escribano Montaner A, Moreno Galdó A, Grupo de Técnicas de la Sociedad Española de Neumología Pediátrica. Técnicas fibrobroncoscópicas especiales: lavado broncoalveolar, biopsia bronquial y biopsia transbronquial. *An Pediatr (Barc)* 2005;62:352-66
- Broncoscopia Pediátrica. Pérez Frías J, Pérez Ruiz E, Cerdón Martínez A, Spitaleri G. Ediciones Ergon. 2ª edición. 2008.

## **TORACOCENTESIS**

### **Definición**

Procedimiento para drenar líquido o aire de la cavidad pleural. En este apartado nos referiremos a la toracocentesis como técnica diagnóstica y terapéutica en el manejo de los derrames pleurales.

### **Indicaciones**

La toracocentesis diagnóstica está indicada en los derrames pleurales paraneumónicos con el fin de definir el agente etiológico y distinguir los derrames no complicados de los complicados, ya que ni la clínica ni el estudio radiológico nos lo permiten. También es útil para el diagnóstico de otras patologías como neoplasias, enfermedades inmunológicas o cardiovasculares, hepatopatías, hipoalbuminemia u otras (fármacos, radiación, agentes físicos o ambientales...).

La toracocentesis terapéutica se utiliza para drenar el líquido pleural en caso de compromiso cardiorespiratorio.

### **Contraindicaciones**

Debe valorarse si existe diátesis hemorrágica (corregir previamente las anomalías de la coagulación), enfermedad cutánea en el punto de entrada, o ventilación mecánica con presiones muy elevadas.

### **Preparación /precauciones**

Es deseable realizar la punción con analgesia y sedación, monitorizando la saturación de O<sub>2</sub>. El paciente debe encontrarse sentado en la camilla con los pies colgando y con la mano del lado afecto sobre el hombro opuesto, o sobre la cabeza, para agrandar los espacios intercostales.

Debe realizarse limpieza y asepsia de la zona y anestesiar el espacio intercostal, desde la piel hasta la pleura parietal.

### **¿Cómo se realiza la técnica?**

La zona de punción se decidirá en función de la localización del derrame; lo más declive posible para facilitar la salida del líquido por gravedad. La localización del derrame puede objetivarse mediante percusión y auscultación o, si es posible, mediante ecografía.

El mejor lugar de punción es la línea axilar posterior y base del tórax (5°-7° espacio intercostal, según el nivel del líquido), justo por debajo de la punta de la escápula.

Después de sedar al paciente, colocado en la posición antes indicada, procederemos a realizar una incisión para posteriormente introducir la cánula de plástico perpendicularmente a la pared torácica, con el bisel hacia arriba, sobre el borde superior de la costilla que limita por debajo el espacio intercostal elegido para evitar el paquete vasculonervioso. A medida que se penetra se va aspirando a la vez y se efectúa una ligera rotación de la jeringa para evitar la concordancia de orificios.

A continuación retiraremos la aguja e introduciremos el catéter externo flexible hasta el seno pleural inferior (costofrénico) que conectaremos rápidamente a una llave de tres pasos para evitar la entrada de aire en el espacio pleural.

Una vez colocado el catéter procederemos a evacuar lentamente. En las toracocentesis diagnósticas se debe extraer sólo el líquido necesario para realizar los análisis de laboratorio mientras que en las terapéuticas extraeremos un volumen de líquido suficiente para aliviar la disnea.

Tras la técnica se debe realizar un control radiológico.

## Interpretación básica

En primer lugar, para establecer la causa del derrame, debemos hacer el diagnóstico diferencial entre trasudado y exudado, mediante los criterios de Light, considerando como exudado si cumple alguno de los criterios, considerándose trasudado si no cumple ninguno de ellos (Tabla 1). El aspecto, la histoquímica y determinaciones especiales del líquido pleural (Tabla 2) nos ayudarán también a su diferenciación.

La valoración inicial se realiza con una simple observación del líquido. El líquido pleural normalmente es transparente o ligeramente opaco, el líquido serohemático sugiere la presencia de sangre por trauma, neoplasia o embolismo pulmonar, es turbio o lechoso cuando existe un alto contenido de células o lípidos, tiene aspecto purulento en el caso de empiema, y el olor es fétido si existe infección por anaerobios.

El recuento de leucocitos es obligado para valorar una posible etiología bacteriana, con predominio de neutrófilos. Según los criterios de Sahn también deben incluirse los siguientes parámetros: pH, glucosa, proteínas totales y LDH. Si existe sospecha de patología infecciosa debe realizarse estudio microbiológico con tinciones de Gram, Ziehl, cultivos y antígenos bacterianos (Tabla 3).

**Tabla 1. Criterios de Light**

- Relación proteínas en líquido pleural / proteínas en plasma  $>0,5$
- Relación concentración de LDH en líquido pleural / LDH en plasma  $>0,6$
- Valor de LDH en líquido pleural superior a dos tercios de los máximos considerados normales (450-500 UI/L)

**Tabla 2. Diferencias entre trasudado y exudado**

	Exudados	Trasudados
• Proteínas	$\geq 3$ g / dL	$< 3$ g/dL
• Cociente proteínas pleurales/proteínas séricas	$>0,5$	$\leq 0,5$
• LDH	$> 200$ UI /L	$< 200$ UI/L
• Cociente LDH pleural/sérica	$\geq 0,6$	$< 0,6$
• pH	$< 7,3$	$\geq 7,3$
• Glucosa	$< 60$ mg /dL	$> 60$ mg/dL
• Colesterol	$>60$ mg/dL	$< 60$ mg/dL
• Leucocitos	$> 1000$ / $\mu\text{m}^3$	$< 1000$ / $\mu\text{m}^3$

<b>Tabla 3</b>		
<b>Apariencia del fluido</b>	<b>Prueba indicada</b>	<b>Interpretación de los resultados</b>
<b>Sanguinolento</b>	Hematocrito	<1%: no significativo 1-20%: cáncer, embolismo pulmonar o trauma >50% del hematocrito sanguíneo: hemotórax
<b>Opaco o turbio</b>	Centrifugación Niveles de triglicéridos	Sobrenadante turbio: altos niveles de lípidos > 110 mg/dL: quilotórax 50-110 mg/dL: obtener análisis de lipoproteína > 50 mg/dL y colesterol > 250mg/dL: pseudoquilotórax Presencia de quilomicrones: quilotórax
<b>Olor pútrido</b>	Frotis y cultivo	Posible infección por anaerobios

Tomado de Prieto Valtueña JM, Yuste JR. La clínica y el laboratorio. 21 edición. 2010.

#### **Validación (sensibilidad /especificidad)**

No aplica.

#### **Bibliografía:**

- Asensio de la Cruz O, Blanco González J, Moreno Galdó A, Pérez Frías J, Salcedo Posadas A, Sanz Borrell L y Grupo de Trabajo de Técnicas Especiales en Neumología Pediátrica de la Sociedad Española de Neumología Pediátrica. Tratamiento de los derrames pleurales paraneumónicos. An Esp Pediatr 2001; 54: 272-282
- Villena Garrido V, Ferrer Sancho J, Hernández Blasco L, de Pablo Gafas A, Pérez Rodríguez E, Rodríguez Panadero F, Romero Candeira S, Salvatierra Velázquez A y Valdés Cuadrado L. Área de Técnicas y Trasplante. SEPAR. Diagnóstico y tratamiento del derrame pleural. NORMATIVA SEPAR. Arch Bronconeumol. 2006;42:349-72.

## POLISOMNOGRAFIA

### Introducción

Prueba que realiza un registro simultáneo y continuo de variables neurofisiológicas y cardiorespiratorias durante el sueño.

### Indicaciones de prueba

- Estudio del niño roncador para el diagnóstico diferencial entre ronquido simple y síndrome de apnea-hipopnea obstructiva del sueño (SAHOS).
- Pacientes con faringomalacia o sospecha de obstrucción de vía aérea superior con sintomatología que empeora por la noche.
- Detección y clasificación de las apneas-hipopneas durante el sueño (obstructivas, centrales o mixtas).
- Diagnóstico del síndrome de apnea/hipopnea de sueño (SAHS).
- Trastornos musculares congénitos con riesgo de hipoxemia nocturna debido a insuficiencia respiratoria crónica.
- Otras: niños con alteración del patrón de sueño, somnolencia diurna, hiperactividad-inatención, parasomnias, *cor pulmonale*, retraso del crecimiento o policitemia no explicada por otras causas, drepanocitosis ...

### Preparación

El paciente no necesita ninguna preparación especial.

### Realización de la técnica

Se debe realizar de forma vigilada por personal sanitario entrenado para ello en un Laboratorio de Sueño. Se miden una serie de variables respiratorias y no respiratorias.

#### *Variables respiratorias:*

- Esfuerzo respiratorio torácico y abdominal mediante bandas elásticas torácicas y abdominales que registran el esfuerzo muscular.
- Detección del flujo aéreo naso-bucal: medido por termistor (cambios de temperatura del aire inspirado y espirado) o por cánula naso-bucal (cambios de presión).
- Pulso y saturación de oxígeno por pulsioximetría.
- Ventilación por capnografía.
- Intensidad del ronquido y frecuencia que se detecta mediante el sensor de presión de flujo naso-bucal.
- Presión de CPAP en caso de que el paciente esté en tratamiento con ella y queramos determinar el nivel de presión eficaz.

#### *Variables no respiratorias:*

- Frecuencia y ritmo cardiaco valorado por electrocardiografía.
- Electroencefalograma, electrooculograma, electromiograma submentoniano y del músculo del tibial anterior..
- Posición del paciente durante el sueño.
- Grabación audiovisual.

### Contraindicaciones / Precauciones necesarias

Es una prueba segura. No produce dolor al paciente ni presenta ninguna contraindicación. No necesita sedación

### Interpretación básica

- *Taquipnea.*
- *Apnea obstructiva:* cese del flujo aéreo en nariz y boca durante más de 2 ciclos respiratorios mientras se mantienen los movimientos toraco-abdominales.
- *Apnea central:* cese de flujo aéreo y de los movimientos toraco-abdominales durante más de 2 ciclos respiratorios.
- *Apnea mixta:* apnea que comienza como central y termina como obstructiva.
- *Hipopnea:* reducción del flujo aéreo mayor del 50% que se acompaña de una caída de la saturación de oxígeno  $\geq 3\%$  y/o con un microdespertar.

- *Índice de apnea obstructiva (IAO) o central (IAC)*: número de apneas obstructivas o centrales por hora de sueño.
- *Índice de apneas hipopnea (IAH)*: número de apneas e hipopneas por hora de sueño.
- *Desaturación*: caída de la saturación de oxígeno  $\geq 3\%$ .
- *Índice de desaturación*: número de desaturaciones por hora de sueño.

No hay acuerdo internacional sobre cuántos eventos respiratorios por hora de sueño definen el SAHOS. En la literatura existen diferentes criterios polisomnográficos para definir el SAHOS en pediatría:

- Criterio I: más de una apnea obstructiva por hora de sueño.
- Criterio II: más de cinco apneas o hipopneas por hora de sueño.
- Criterio III: más de una apnea, hipopnea o evento respiratorio relacionado con microdespertar (un incremento gradual de la presión intratorácica negativa al final de la inspiración de al menos 5 cm de H<sub>2</sub>O durante cinco o más ciclos respiratorios, seguidos de un microdespertar o un despertar) por hora de sueño.

La polisomnografía también nos permite cuantificar la gravedad del SAHS:

- Grave: número de eventos respiratorios obstructivos / hora de sueño  $> 10$  (RDI  $> 10$ ) y/o un punto más bajo de saturación de oxígeno  $< 90\%$ .
- Moderado: RDI entre 5-10 y punto más bajo de saturación de oxígeno menor de 90%.

#### **Validación (Sensibilidad / Especificidad)**

No procede.

#### **Bibliografía**

- Consenso Nacional sobre el síndrome de apneas-hipopneas del sueño. Grupo Español de Sueño (GES). El SAHS en la edad pediátrica. Clínica, diagnóstico y tratamiento. Arch Bronconeumol. 2005;41:81-101.
- Iber C, Ancoli-Israel S, Chesson A, Quan SF. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications, 1<sup>st</sup> ed.: Westchester, Illinois: American Academy of Sleep Medicine, 2007.
- Carole L. Marcus, Lee Jay Brooks, Kari A. Draper, David Gozal, Ann Carol Halbower, Jacqueline Jones, Michael S. Schechter, Stephen Howard Sheldon, Karen Spruyt, Sally Davidson Ward, Christopher Lehmann and Richard N. Shiffman. Pediatrics; originally published online August 27, 2012; DOI: 10.1542/peds.2012-1671. <http://pediatrics.aappublications.org/content/early/2012/08/22/peds.2012-1671>

## **POLIGRAFÍA CARDIORESPIRATORIA**

### **Introducción**

Prueba que realiza un estudio de parámetros cardiorespiratorios durante el sueño.

### **Indicaciones de prueba**

- Estudio del niño roncador.
- Pacientes con laringomalacia o sospecha de obstrucción de vía aérea superior con sintomatología que empeora por la noche.
- Detección y clasificación de las apneas durante el sueño (obstructivas, centrales, mixtas).
- Trastornos musculares congénitos con riesgo de hipoxemia nocturna debido a insuficiencia respiratoria crónica.
- Estudio de pacientes con alta o baja probabilidad de padecer un SAHOS. Se dejaría la polisomnografía para pacientes con probabilidad dudosa o con patología concomitante.
- Otras: niños con alteración del patrón de sueño, somnolencia diurna, hiperactividad-inatención, parasomnias, cor pulmonale, retraso del crecimiento o policitemia no explicada por otras causas, drepanocitosis ...
- Riesgo de muerte súbita del lactante.

### **Preparación**

El paciente no necesita ninguna preparación especial.

### **Realización de la técnica**

Se monitorizan durante el sueño los parámetros cardiorespiratorios (saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca, esfuerzo respiratorio (movimientos toraco-abdominales), flujo aéreo oral y nasal y electrocardiograma). En algunos casos se añade un registro audiovisual (posición corporal, despertares y ronquido).

Es posible su realización no vigilada por un técnico e incluso su uso en el mismo domicilio del paciente.

### **Contraindicaciones / Precauciones necesarias**

Es una prueba segura. No presenta ninguna contraindicación.

### **Interpretación básica**

Detecta la frecuencia y tipo de apneas, frecuencia de hipopneas, desaturaciones de oxígeno, ronquido, posición corporal y el índice de apnea-hipopnea. (Ver Polisomnografía).

Se utiliza el tiempo en la cama como denominador de los distintos índices (apneas, hipopneas, desaturaciones), lo que puede producir falsos negativos (si tiempo en la cama mayor que el tiempo de sueño real). No realiza estudio electroencefalográfico por lo que no permite diagnosticar el síndrome de resistencia aumentada de la vía aérea superior.

### **Validación (Sensibilidad / Especificidad)**

Se trata de una técnica validada para el diagnóstico del SAHS en adultos, pendiente de validación en niños. A pesar de presentar algunas limitaciones, se considera una técnica de despistaje adecuada para el estudio del SAHS en la infancia.

Los estudios no vigilados presentan mayor frecuencia de pérdida de datos o resultados equívocos que dificultan el diagnóstico. En los pacientes sintomáticos con un estudio negativo debe realizarse un estudio exhaustivo para comprobar el origen de sus síntomas.

### **Bibliografía**

- De la Hueriga López A, Carreño Beltrán A, González Martínez F, Salcedo Posadas A. Diagnóstico del síndrome de apnea – hipopnea obstructiva de sueño en la infancia. Polisomnografía nocturna. Valor de las pruebas de cribado. Acta Pediatr Esp 2006; 64: 428-32.

## **OXIMETRÍA NOCTURNA**

### **Introducción**

Prueba que consiste en cuantificar la saturación de oxígeno sanguíneo y la frecuencia cardíaca durante la noche.

### **Indicaciones de prueba**

- Prueba orientativa en casos urgentes en que se sospeche SHAOS que tengan que recibir tratamiento urgente. También puede usarse para priorizar los pacientes en lista de espera para realizar polisomnografía. No se utiliza como diagnóstico definitivo de SAHOS.
- Monitorización en pacientes en tratamiento con oxigenoterapia domiciliaria.
- Registro de la saturación de oxígeno en niños con diagnóstico de fibrosis quística y otras neumopatías crónicas (bronquiolitis obliterante, patología intersticial...) como detección precoz del empeoramiento de la enfermedad al iniciarse signos de desaturación nocturna.
- Registro en pacientes con posibilidad de desarrollar SHAOS: enfermedad de células falciformes ó síndromes asociados a obesidad.

### **Preparación**

Se puede realizar de forma ambulatoria u hospitalaria. Previamente a la colocación del oxímetro se debe limpiar la uña en caso de que lleve esmalte puesto que puede haber problemas de medición.

### **Realización de la técnica**

El estudio comienza cuando el niño se duerme. Una vez dormido se coloca el sensor y se enciende el oxímetro comprobando que funciona el medidor y se visualiza la saturación y onda de pulso.

La técnica se realiza mediante un sensor ubicado en el lecho capilar pulsátil formado por una fuente de luz de dos longitudes de onda (roja e infrarroja) y un receptor de luz. Los componentes emisor y receptor deben encontrarse enfrentados entre sí; normalmente el oxímetro suele colocarse en los dedos de manos o pies si bien en caso de neonatos o lactantes puede colocarse en palmas o plantas.

La absorción de la luz por parte de la hemoglobina cambia con el grado de la saturación de oxígeno. El oxímetro mide el cociente entre hemoglobina oxigenada y hemoglobina total y también tiene una sonda digital que mide la frecuencia cardíaca.

### **Contraindicaciones / Precauciones necesarias**

No tiene. Es una prueba indolora. Los valores en pacientes que presentan anemias importantes son poco fiables así como los valores en pacientes en situaciones de hipotensión e hipotermia (puesto que al disminuir la perfusión se dificulta la medición). No es fiable en caso de pacientes con hemoglobinas anormales como carboxihemoglobina o metahemoglobina.

### **Interpretación básica**

Se mide el tiempo total analizado, la saturación media de oxígeno, el número de caídas de saturación < 90%, < 85% y < 80% y su porcentaje en relación al tiempo total de registro. El número de agrupamientos de desaturación < 95% así como el porcentaje del tiempo transcurrido con saturación por debajo del 90 % (CT90).

El límite para considerar significativo un descenso en la saturación arterial de oxígeno oscila entre el 2 y el 5% con respecto al valor basal.

En la actualidad existe un sistema de puntuación de oximetría nocturna que ayuda a decidir la necesidad de tratamiento con adenoamigdalectomía en niños con clínica sugestiva de SAHS y sin otras patologías: Score Mc Gill.

Escala de Mc Gill						
Puntuación Oximetría	Comentario	Criterio			Otros	Recomendaciones
		Nº caídas ≥ 90%	Nº caídas ≥ 85%	Nº caídas ≥ 80%		
1	Normal (no concluyente)	< 3	0	0	Línea basal estable ≥ 95%	Realizar otros estudios de evaluación del sueño
2	SHAOS leve	≥ 3	≤ 3	0	3 o más cluster de desaturación	Incluir en lista de espera de cirugía
3	SHAOS moderado	≥ 3	>3	≤ 3	3 o más cluster de desaturación	Cirugía precoz (2 semanas)
4	SHAOS grave	≥ 3	>3	>3	3 o más cluster de desaturación	Cirugía urgente

Un resultado positivo sirve para identificar a niños con síntomas de SHAOS que precisan intervención; mientras que un resultado negativo no descarta SHAOS y requiere más investigación para confirmar el diagnóstico.

#### **Validación (Sensibilidad / Especificidad)**

La fiabilidad de la prueba depende del criterio empleado para considerarla positiva. Si se requiere un índice de desaturaciones alto para considerarla patológica, la especificidad diagnóstica es mayor pero su sensibilidad disminuye. Si se considera patológica una frecuencia menor de desaturaciones, aumenta la sensibilidad pero disminuye la especificidad.

Hay que tener en cuenta que en el paciente pediátrico los eventos obstructivos frecuentemente no se asocian con desaturaciones significativas y pueden no detectarse por oximetría. Además, existen falsos positivos por movimientos, mala circulación periférica o presencia concomitante de asma, obesidad, patología pulmonar crónica, enfermedades neuromusculares y cardiopatías congénitas cianógenas.

#### **Bibliografía**

- Nixon GM, Kermack AS, Davis GM, Manoukian JJ, Brown KA, Brouillette RT. Planning adenotonsillectomy in children with obstructive sleep apnea: the role of overnight oximetry. *Pediatrics* 2004;113:e19-e25
- Sánchez Armengol A, Capote Gil F, Durán Cantolla J, González Pérez-Yarza E. Síndrome de apneas – hipopneas durante el sueño en niños y adolescentes. En: Tratado de Neumología Infantil. Cobos N, Pérez Yarza eds. 2º Ed. Ediciones Ergon; 2009. p. 969 – 990.

## IONES EN SUDOR

### Introducción

Prueba no invasiva que valora la emisión de iones cloro y sodio en el sudor.

### Indicaciones de prueba

Herramienta fundamental en el diagnóstico de Fibrosis Quística (FQ).

### Preparación

Se debe lavar, limpiar y secar bien la piel antes de realizar el procedimiento. Es difícil de realizar en las primeras 2 semanas de vida por la escasa producción de sudor aunque puede realizarse tras las primeras 48 horas de vida.

### Realización de la técnica

La única prueba validada para la confirmación del diagnóstico de FQ es el test cuantitativo del sudor mediante iontoforesis con pilocarpina realizado por personal experto. Se aplican dos electrodos por debajo de la flexura del codo a los que se les suministra corriente. En cada uno de ellos se pone un sello circular que contiene pilocarpina, para estimular las glándulas sudoríparas; dicha sustancia se va liberando progresivamente recogándose posteriormente el sudor mediante uno de dos procedimientos: papel de filtro o gasa prepesado (Gibson y Cooke) o mediante el sistema de Recolección de Sudor *Macroduct*® que utiliza un disco cóncavo horadado y un tubo espiral de plástico para la recogida. La muestra obtenida se analiza mediante el analizador de Conductividad de Sudor *Wescor Sweat-Chek* que mide la concentración de electrolitos de la muestra (iones de sodio, cloruros, potasio, bicarbonato y lactato) por conductividad eléctrica. Habitualmente se realiza primero este análisis y se consideran valores normales de 0-60 mmol/L, valores límite de 60-80 mmol/L y patológicos > 80 mmol/L. Por ello, todos los valores con conductividad superior a 60 mmol/L deben ser analizados en el laboratorio determinándose la concentración de cloro mediante un cloridómetro para micromuestras mediante "coulometría". Para que los resultados sean fiables se recomienda recoger, al menos, 75 mgs (método Gibson y Cooke) y 15 µl con el *Macroduct*.

### Contraindicaciones / Precauciones necesarias

Pacientes con enfermedades dermatológicas que afecten a antebrazos e impidan tanto la estimulación como la recolección del sudor.

### Interpretación básica

La constatación en dos muestras de concentraciones de cloro en el sudor superiores a 60 mmol/L es indicativa de fibrosis quística y habría que derivar al niño a una unidad de Fibrosis Quística.

La constatación de concentraciones de cloro inferior a 30 mmol/L hace el diagnóstico improbable.

Cifras entre 30 – 60 mmol/L se deben considerar sospechosas y hacen necesario la derivación del paciente a una unidad de Fibrosis Quística para continuar estudio.

### Validación (Sensibilidad / Especificidad)

Una concentración de cloro en el sudor > 60 mmol/L tiene una sensibilidad y especificidad cercanas al 100 %.

Se pueden producir falsos negativos por errores técnicos en la realización de la prueba, baja tasa de sudoración, niños con edema por hipoproteinemia y algunas mutaciones con determinación de cloro dudosa (ej, 3849+ 10 Kb C>T).

Existen falsos positivos en pieles afectas de eccema o contaminadas por cremas; también pueden producirse en entidades muy diferentes a las de FQ no suponiendo ningún problema diagnóstico.

### Bibliografía

- Vázquez Cordero C. Fibrosis quística. Métodos diagnósticos. En: Tratado de Neumología infantil. 2ª edición. N. Cobos y E. G. Pérez-Yarza eds. Ediciones Ergon, 2009: 793-807.

- Vázquez C, Baranda F. Diagnóstico. En: Tratado de Fibrosis Quística. A Salcedo, S Gartner, R Girón, MD García Novo eds. Editorial Justim SL. 2012. Cap. 8: 109-22. ISBN: 978-84-695-0562-5.
- LeGrys VA, Yankaskas JR, Quittell LM, Marshall BC, Mogayzel PJ Jr; Cystic Fibrosis Foundation. Diagnostic sweat testing: the Cystic Fibrosis Foundation guidelines. J Pediatr 2007;151:85-9.

## **ESTUDIO DEL ACLARAMIENTO MUCOCILIAR: Prueba de la sacarina y/o NO nasal o exhalado**

### **Introducción**

Prueba no invasiva empleada como método de cribado de Discinesia Ciliar Primaria (DCP).

### **Indicaciones de prueba**

Pacientes en los que se sospecha DCP (rinitis crónica de comienzo en periodo neonatal, distrés respiratorio en neonato a término sin causa aparente, tos húmeda crónica, *situs inversus*, otorrea prolongada, bronquiectasias de causa no filiada, asma refractaria al tratamiento, infecciones respiratorias recurrentes).

### **Preparación**

La prueba se debe realizar en pacientes que no han presentado infección respiratoria en las 4-6 semanas anteriores.

*Prueba de la sacarina:* tiene que realizarse en niños colaboradores que puedan reconocer el sabor de la sacarina (> 12 años). Durante la prueba el paciente debe permanecer sentado con la cabeza flexionada unos 15 grados hacia delante y no debe estornudar, toser, comer o beber durante su realización.

*NO nasal y/o exhalado:* requiere cierto grado de colaboración pero se puede realizar en niños mayores de 4 años.

### **Realización de la técnica**

*Prueba de la sacarina:* se coloca sacarina en el cornete inferior para que sea transportado hasta alcanzar la lengua y se pueda reconocer su sabor dulce. Se registra el tiempo transcurrido hasta que el paciente nota el sabor dulce de la sacarina y este valor representa la medición del aclaramiento mucociliar nasal.

Si pasados 60 minutos no se percibe el sabor, entonces debe ser colocada la sacarina sobre la lengua para objetivar la capacidad real del paciente en poder reconocer su sabor.

*NO nasal y/o exhalado:* ver prueba correspondiente

### **Contraindicaciones / Precauciones necesarias**

No presenta.

### **Interpretación básica**

*Prueba de la sacarina:* un paciente con discinesia ciliar primaria necesitará más de 60 minutos en identificar el sabor. Una persona sana necesita unos 10 – 20 minutos para identificar el sabor dulce.

*NO nasal:* niveles de NO nasal y exhalado muy disminuidos, < 250 ppb, sugieren DCP aunque tiene que ser confirmado con un test diagnóstico. Un nivel normal o alto puede ayudar a excluir DCP, sobre todo en pacientes con clínica no clásica. En los pacientes con valores de NO nasal > 250 ppb se excluye la enfermedad con un 95% de certeza (*Ver apartado estudio de Inflamación FeNO*).

### **Validación (Sensibilidad / Especificidad)**

Esta prueba no discrimina entre origen congénito o adquirido de la alteración del aclaramiento mucociliar, tampoco determina si el origen de la anomalía reside en la reología del moco o en el cilio (Ej.: fibrosis quística con secreciones viscosas y cilios normales aunque incapaces de propulsar el moco).

## **Bibliografía**

- Barbato A, Frischer T, Kuehni C.E, Snijders D, Azevedo, Baktai G, et al. Primary ciliary dyskinesia: a consensus statement on diagnostic and treatment approaches in children. *Eur Respir J* 2009; 34: 1264–76.
- Velasco González MV, Casanova Macario C, Cobo Costa A. Discinesia ciliar primaria y secundaria. En: *Tratado de Neumología Infantil*. Cobos N, Pérez Yarza eds. 2º Ed. Ediciones Ergon; 2009. p. 991-1006.

## ESTUDIO DEL BATIDO CILIAR, ESTUDIO ULTRAESTRUCTURAL (ME)

### Introducción

Prueba empleada como diagnóstico de discinesia ciliar primaria (DCP).

### Indicaciones de prueba

- Pacientes en los que se sospecha DCP (rinitis crónica de comienzo en periodo neonatal, distrés respiratorio en neonato a término sin causa aparente, tos húmeda crónica, *situs inversus*, otorrea prolongada, bronquiectasias de causa no filiada, asma refractaria al tratamiento, infecciones respiratorias recurrentes).
- Estudio del aclaramiento mucociliar alterado (sacarina, nivel de NO < 250 ppb) o imposibilidad para realizar estudios de aclaramiento mucociliar con clínica sugestiva.

### Preparación

El paciente debe haber estado 4-6 semanas anteriores a la realización del procedimiento libre de infecciones en la vía aérea superior.

Lo ideal sería llevar a cabo el análisis del epitelio respiratorio en las dos horas siguientes de su obtención mediante cepillado de la mucosa o mediante biopsia endobronquial.

### Realización de la técnica

La muestra se puede obtener mediante cepillado del meato inferior (cara lateral del cornete inferior) con un cepillo de citología desechable o estéril. También puede obtenerse mediante biopsia nasofaríngea o bronquial, esta última se realizará en caso de tener que realizar una broncoscopia por otros motivos.

Batido ciliar: una cámara de vídeo digital de alta velocidad se monta en un microscopio convencional y se observa la muestra de epitelio ciliado a una temperatura de 37 °C con un objetivo de 100 aumentos. Los movimientos de los cilios se reproducen en cámara lenta, lo que permite evaluar el patrón de batido ciliar. La frecuencia del golpe también se puede medir mediante la observación directa de los cilios en cámara lenta.

Una de las principales ventajas es que los videos pueden ser almacenados como un registro permanente, esto permite una nueva evaluación si cambia el cuadro clínico.

Estudio ultraestructural: la muestra se procesa para su estudio mediante microscopía electrónica. Se requiere personal experto para examinar los cortes transversales de cilios y analizar los distintos componentes del axonema.

### Contraindicaciones / Precauciones necesarias

Para realizar el cepillado de la mucosa prácticamente no hay contraindicaciones, puede realizarse en preescolares y raramente requiere anestesia o sedación. El cepillado dura 2 – 3 segundos. La obtención de muestra mediante biopsia tiene las contraindicaciones de la biopsia endobronquial (ver apartado correspondiente).

### Interpretación básica

Batido ciliar: motilidad ciliar nula o escasa: frecuencia de batido ciliar < 11 Hz. En la DCP todos los cilios son vistos como discinéticos a cámara lenta. También se ha visto que patrones de ritmo específicos pueden estar relacionados con defectos ultraestructurales particulares; esto es particularmente útil para identificar pacientes que tienen discinesia ciliar por un defecto ultraestructural para el que la frecuencia de batido es normal (defecto microtubular central como transposición o agenesia microtubular central).

Estudio ultraestructural: los defectos hallados en pacientes con DCP consisten en defectos en los brazos de dineína, defectos en los rayos radiados, ausencia del par central de microtúbulos, ausencia de conexiones de nexina, desorientación ciliar, aplasia ciliar...

### **Validación (Sensibilidad / Especificidad)**

Aproximadamente un 10-20% de los pacientes con DCP tienen un estudio ultraestructural normal, por lo que una ultraestructura normal no descarta la enfermedad, siendo el estudio de la frecuencia y batido ciliar el que aporta el diagnóstico definitivo.

### **Bibliografía**

- Barbato A, Frischer T, Kuehni C.E, Snijders D, Azevedo, Baktai G, et al. Primary ciliary dyskinesia: a consensus statement on diagnostic and treatment approaches in children. *Eur Respir J* 2009; 34: 1264–76.
- Velasco González MV, Casanova Macario C, Cobo Costa A. Discinesia ciliar primaria y secundaria. En: *Tratado de Neumología Infantil*. Cobos N, Pérez Yarza eds. 2º Ed. Ediciones Ergon; 2009. p. 991-1006.

## **ESPUTO INDUCIDO**

### **Introducción**

La obtención de una muestra de esputo espontáneo en niños es excepcional, sobre todo en menores de 6 años, puesto que por lo general degluten las secreciones respiratorias. En la práctica clínica puede ser necesaria la obtención de una muestra de secreciones de vías respiratorias bajas evitando procedimientos más invasivos; por este motivo se ha tratado de depurar un método directo, no invasivo, válido y reproducible para inducir la emisión de esputo en niños.

### **Indicaciones de la prueba**

No existen estudios clínicos que determinen una indicación estricta de la técnica de esputo inducido en niños. Su indicación más frecuente en la práctica clínica se dirige a la obtención de muestras bronquiales para estudio microbiológico en pacientes con fibrosis quística, aunque también se utiliza para definir el tipo y magnitud de la inflamación bronquial en el asma o detectar BAAR ante la sospecha de tuberculosis.

### **Preparación**

Se debe intentar mantener unas condiciones ambientales óptimas para que el paciente preste colaboración. Puede ser útil la distracción del niño con juegos puesto que la nebulización puede resultar desagradable.

### **Realización de la técnica**

En primer lugar se administra una nebulización de salbutamol (0.03mL/kg, máximo 1 mL, diluido en 3 mL de suero fisiológico) y posteriormente se esperan 10 minutos antes de administrar una nebulización de cloruro sódico 1M (CINa 5,8%, sin diluir, a temperatura ambiente) con nebulizador ultrasónico o tipo *jet* con determinadas características definidas en la literatura. Tras 15 minutos de nebulización se debe estimular la tos para la obtención del esputo; en caso contrario, se recomienda realizar fisioterapia respiratoria. El adecuado procesado de la muestra es fundamental.

### **Contraindicaciones / Precauciones necesarias**

En general, la técnica es segura en niños mayores de 6 años y tiene una elevada tasa de éxito (68-100%). Puede producir tos, obstrucción de la vía aérea, vómitos y ansiedad. Para garantizar la seguridad del procedimiento, la función pulmonar debe monitorizarse midiendo el FEV<sub>1</sub>. El pretratamiento con un beta agonista mejora la tolerabilidad de la prueba disminuyendo la obstrucción de la vía aérea y mejorando la eficacia en la obtención del esputo. Si durante la nebulización del suero salino hipertónico aparece broncoespasmo, debe suspenderse y administrar un beta-agonista.

### **Interpretación básica**

Se considera un límite superior de recuento de eosinófilos del 2,5% en niños sanos. Los niños asmáticos suelen presentar un recuento de eosinófilos mayor y también un mayor número de células del epitelio bronquial. En la crisis asmática aguda se objetivan un mayor número de eosinófilos, mastocitos y aumento de las proteínas catiónicas de los eosinófilos. Algunos también asocian neutrofilia y aumento de los niveles de IL-8. Los niños que presentan hiperreactividad bronquial asintomática suelen presentar un recuento celular normal. Algunos estudios han sugerido que la terapia con corticoides puede hacer descender la cifra inicial de eosinófilos. En el caso de la fibrosis quística, los pacientes suelen presentar neutrofilia intensa y la muestra recogida se utiliza sobre todo para la detección precoz de gérmenes o para evaluar el tipo de colonización.

## **Validez (S y E)**

La validez de la prueba viene determinada por la patología de base y por los parámetros (recuento celular, estudio de moléculas inflamatorias, estudio microbiológico) que queremos medir.

## **Bibliografía**

- ERS Task Force. "Standardised methodology of sputum induction and processing": Sputum induction, Safety of sputum induction, Methods of sputum processing for cell counts, immunocytochemistry and in situ hybridisation, Analysis of fluid-phase mediators, Clinical applications of assessment of airway inflammation using induced sputum, Sputum induction in children (44s-46s), The use of induced sputum in clinical trials, Future directions. Eur Respir J Suppl. 2002 Sep;37:1s-55s.

## **ESTUDIO DE INFLAMACIÓN: Fracción espirada de óxido nítrico (FeNO)**

### **DEFINICIÓN:**

Medición de óxido nítrico espirado.

El óxido nítrico (NO) es un radical libre, de vida media muy corta, que se produce en las células del endotelio y, mayoritariamente, en las del epitelio bronquial, como consecuencia de la inflamación de la vía aérea.

### **INDICACIONES:**

Valorar la inflamación bronquial de manera no invasiva en el diagnóstico y seguimiento del asma. Podría tener utilidad en el estudio y seguimiento de otras patologías como fibrosis quística, discinesia ciliar, hipertensión pulmonar, EPOC, etc.

### **¿CÓMO SE REALIZA LA TÉCNICA?**

Requerimientos: es necesario disponer de un equipamiento técnico, que en los últimos años se ha simplificado de forma notable, disponiendo en la actualidad de equipos portátiles. Hay dos técnicas básicas de determinación de FeNO, mediante quimioluminiscencia o mediante sensor electroquímico (portátil).

Recomendaciones: se deben tener en cuenta una serie de consideraciones previas como evitar medicación (broncodilatadores, corticoides) o tener conocimiento de las dosis recibidas, mantener ayunas de, al menos, dos horas y evitar ingesta de alimentos ricos en nitratos, no fumar en la hora previa a la determinación, ni realizar ejercicio físico, y hacer la determinación antes de otras maniobras de función pulmonar.

Determinación: el paciente debe estar sentado, realizar una espiración máxima y a continuación una inspiración profunda, próxima a capacidad pulmonar total, por una boquilla que le proporciona al paciente aire sin NO. Posteriormente realiza una exhalación lenta mantenida durante 10 segundos con un flujo constante (50 mL/seg) contra resistencia (para mantener elevado el paladar blando), determinándose los niveles de NO en el gas exhalado. Según la técnica utilizada pueden ser necesarias tres determinaciones válidas, obteniendo el valor final del promedio de las tres maniobras. La muestra puede ser almacenada para su análisis posterior (determinación *off line*) o mediante determinación directa tras la espiración del paciente (técnica *on line*).

### **CONTRAINDICACIONES:**

No se han descrito contraindicaciones, aunque su determinación depende de la colaboración suficiente por parte del paciente, lo que limita su aplicación en el estudio de preescolares.

### **INTERPRETACIÓN BÁSICA**

Los valores de referencia del NO en menores de 12 años son entre 5 y 20-25 ppb, aunque puede haber ligeras variaciones dependiendo del equipo empleado.

La interpretación de los valores patológicos podría basarse en los siguientes criterios:

- Criterio de inflamación bronquial: 20 ppb y superior.
- Criterio de riesgo de reagudización: 49 ppb y superior.

- Criterio de pérdida de control: aumento del 60% del valor respecto a la visita previa (con un valor predictivo positivo del 80%),
- Valores repetidos inferiores a 5 ppb orientarían a otros procesos distintos de enfermedad asmática.

Hay que resaltar que el FENO se encuentra elevado en pacientes asmáticos, pero que este marcador no es específico del asma ya que también puede estar elevado en infecciones víricas de las vías aéreas, rinitis alérgica y dieta rica en nitratos. Así mismo, puede encontrarse disminuido en fumadores, tras ejercicio físico intenso, tras haber realizado pruebas espirométricas, por consumo de alcohol, o por enfermedades como fibrosis quística o discinesia ciliar.

## **VALIDACIÓN**

En situaciones de alta probabilidad de incremento de los valores, como pacientes ingresados por crisis asmática, la sensibilidad para puntos de corte bajos (13ppb) es del 80-87%, mientras que la especificidad es del 85-99%, sin embargo en una población atendida en atención primaria es necesario un corte más alto (46ppb) para alcanzar un valor predictivo positivo del 80%.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- ATS/ERS recommendations for standardized procedures for the online and offline measurement of exhaled lower respiratory nitric oxide and nasal nitric oxide, 2005. Am J Respir Crit Care Med. 2005; 171: 912-30.
- Baraldi E, de Jongste JC on behalf of the Task Force - European Respiratory Society and American Thoracic Society. Measurement of exhaled nitric oxide in children, 2001. Eur Respir J 2002; 20: 223-37.