**Resistencias pulmonares**

Javier Korta Murua

Sección de Neumología Infantil

Hospital Universitario Donostia

San Sebastián

España

El concepto básico de la patología obstructiva, mayoritaria en los procesos respiratorios en la infancia, es la existencia de un aumento de la resistencia al paso de aire a través de las vías aéreas. La medición de esa resistencia es, en teoría, la más fiable del grado de obstrucción bronquial. Teóricamente, la gran ventaja de medirla es que estaríamos midiendo de forma directa el grado de obstrucción y durante una maniobra más fisiológica, pues se realiza durante la respiración normal. Al contrario, el esfuerzo que se realiza en la espirometría forzada podría, por sí mismo, modificar las condiciones de la vía aérea.

La resistencia se define como el cociente de la diferencia de presión entre dos puntos y el flujo entre los mismos: R= Δ presión/ Δ flujo. Se mide en kPa x L-1 x sg.

Mientras que la resistencia de las vías aéreas (Raw) puede ser medida por pletismografía, la resistencia total del sistema respiratorio (Rtot o Rrs), que es la suma de las resistencias de la pared torácica, tejido pulmonar y vías aéreas, se puede medir con un sistema de interrupción (Rint) o mediante la técnica de la oscilación forzada (Rrs).

La resistencia pulmonar (RL, resistencia del tejido pulmonar y de las vías aéreas) se mide utilizando un balón esofágico que permite estimar la presión pleural.

**Resistencias oscilatorias. Oscilometría de impulsos (IOS)**

La técnica de oscilación forzada permite evaluar la resistencia mecánica del sistema respiratorio (Rrs) de forma no invasiva durante la respiración espontánea. Tiene interés práctico, sobre todo, en pacientes con escaso o nulo grado de colaboración, ya que solo exige que el paciente respire a volumen corriente a través de una pieza bucal o de una mascarilla, sin tener que realizar ningún esfuerzo.

Se utiliza un generador externo de presión que se aplica en la boca del paciente y se miden los cambios de flujo que éste genera en la vía aérea. Concretamente, en el caso de la IOS (una modalidad de la técnica de la oscilación forzada), la técnica consiste en la aplicación de una oscilación de presión de pequeña amplitud en la entrada de la vía aérea y en el cálculo de la impedancia del sistema respiratorio (Zrs) a partir del registro de las señales de presión y flujo. La oscilación de presión se genera mediante un altavoz convencional acoplado a una cámara. El movimiento del cono del altavoz es provocado por una señal sinusoidal generada por el microordenador. La perturbación de presión en el aire de la cámara se transmite al sistema respiratorio por medio de un neumotacógrafo mientras el paciente respira tranquilamente. La señal de presión en la boca se registra con un transductor de presión, y la señal de flujo se obtiene mediante un transductor de presión diferencial acoplado al neumotacógrafo. Ambas señales se acondicionan, se filtran y se introducen en el ordenador para el cálculo de la Zrs. La señal que recoge el neumotacógrafo está compuesta por la que provoca la respiración espontánea del paciente y la que provoca los impulsos del altavoz (Figura 1).



**Figura 1**.- Esquema del método de medida de la impedancia respiratoria por oscilometría forzada de impulsos. a: altavoz; b: ordenador; c: neumotacógrafo; d: transductor de presión en la boca; e:transductor de presión diferencial para medir flujo.

La Zrs mide la oposición del sistema respiratorio al paso de aire y tiene dos componentes: la resistencia (Rrs) y un componente reactivo o reactancia (Xrs). La Rrs depende fundamentalmente del calibre de las vía aéreas centrales mientras que la Xrs viene determinada principalmente por las propiedades elásticas e inerciales de las vías aéreas, tejido pulmonar y tórax. En general, la resistencia va disminuyendo con la frecuencia, mientras que la reactancia va aumentando[[1]](#endnote-1).

Aspectos prácticos de la medición

El niño deberá permanecer sentado, cómodamente, con una pinza en la nariz, respirando a través de una boquilla rígida y sujetando ambas mejillas. En los niños más pequeños se utiliza una mascarilla con una pieza bucal en su interior. El paciente respirará a volumen corriente y cuando la respiración es estable se comienza la medición que durará entre 30-60 segundos. Los impulsos se suceden cada 0,2 segundos, utilizándose unos 150 para el cálculo. El valor que se refleja es el valor medio para cada frecuencia de todos los impulsos[[2]](#endnote-2)[[3]](#endnote-3).

Interpretación de los resultados y aplicación práctica

Mientras que la presión y el flujo se miden en el dominio temporal, el cálculo de las impedancias se efectúa en el dominio frecuencial.

La señal de impulso generada por un altavoz contiene innumerables frecuencias. Para el estudio de la oscilometría de impulsos el rango de frecuencias más útil es el de 5 y 35 Hz. La frecuencia que produce la respiración espontánea está entre 0,2 y 5 Hz.

El análisis de la resistencia y de la reactancia en el espectro de frecuencias puede ayudar a determinar si el aumento de resistencias es producido en las vías centrales o en las distales. Las primeras se comportan funcionalmente como segmentos fijos, no distensibles, mientras que las periféricas están formadas por segmentos bronquiales distensibles (Figura 2).



**Figura 2.-** La impedancia respiratoria consiste en un espectro de resistencias y reactancias. Los parámetros más importantes son R5 (resistencia a 5 Hz), R20 (resistencia a 20 Hz), X5 (reactancia a 5 Hz) y Fres (frecuencia de resonancia: la frecuencia a la que la reactancia es cero).

Distintos autores han estudiado los valores de normalidad para esta técnica, siendo la talla la variable que mejor se relaciona con los valores obtenidos. La resistencia a las diversas frecuencias disminuye con la talla y la edad mientras que la reactancia aumenta[[4]](#endnote-4).

Se considera que R5 está aumentada cuando es mayor de 150% de su valor teórico, lo que sería equivalente a una disminución de un 20% en el FEV1 y un aumento del 50% de la Raw1.

Cuando el patrón de obstrucción es sólo de la vía aérea central o proximal el aumento de Rrs es independiente de la frecuencia de oscilación. En situaciones en que el patrón de obstrucción implica a la vía aérea distal o periférica, la Rrs aumenta a bajas frecuencias de oscilación (R5) y disminuye a altas frecuencias de oscilación (R20).

Esto se explica a causa de la redistribución no homogénea del gas intrapulmonar o cambios en las propiedades de reactividad elástica de la vía aérea periférica. Este fenómeno se conoce como dependencia de las frecuencias.

En los niños preescolares sanos es normal que las resistencias sean dependientes de las frecuencias, Este aumento de la dependencia frecuencial podría estar en relación con artefactos de la vía aérea superior.

Por tanto a frecuencias bajas (5Hz) el valor más reproducible es la R, mientras que a frecuencias altas sería la X. Esta se considera disminuida cuando es inferior al valor predicho para X5-0,2kPa/L/s.

También se ha visto su utilidad en la evaluación de la broncodilatación. Es sensible sobre todo para los valores obtenidos a baja frecuencia, en la obstrucción bronquial. Según algunos autores, sería necesaria una caída de la resistencia a 5Hz del 40% para demostrar una respuesta broncodilatadora[[5]](#endnote-5). También se ha utilizado para evaluar la hiperreactividad bronquial2. Un incremento del 50% respecto al valor basal en R5 tendría una sensibilidad de 0,63 y una especificidad de 0,89 para detectar una caída del 15% del FEV1[[6]](#endnote-6).

Aunque se han publicado valores de referencia, existe una gran variabilidad entre individuos, lo que hace difícil discriminar entre sanos y enfermos y establecer escalas de gravedad. Sin embargo, es útil en el seguimiento de un paciente cuando se comparan evolutivamente varias medidas.

La IOS ha demostrado su utilidad en el diagnóstico de asma[[7]](#endnote-7),[[8]](#endnote-8), habiendo aumentado en los últimos años el interés de esta técnica como herramienta para evaluar la pequeña vía aérea[[9]](#endnote-9). A largo plazo, pudiera ser útil en la evaluación funcional en preescolares asmáticos[[10]](#endnote-10) e incluso, como se ha visto recientemente, para tratar de discriminar el grado de control del asma[[11]](#endnote-11). La resistencia a 5 Hz (R5) reflejaría la obstrucción tanto a nivel proximal como distal, la R20 solo la central o proximal y la diferencia (índice) entre R5 y R20 sería expresión de la pequeña vía aérea únicamente. La X5 refleja también cambios en al grado de obstrucción de la vía distal[[12]](#endnote-12).

**Resistencias por interrupción**

La medida de la resistencia mediante interrupción (Rint), cuantifica la resistencia total del sistema respiratorio. Requiere una mínima colaboración y se realiza a volumen corriente. Se fundamente en la medida de la presión en la boca (Pmo) del paciente inmediatamente después de la breve interrupción producida por un obturador asumiendo que, tras esta interrupción, la vía aérea está abierta y la presión en la boca es equivalente a la presión alveolar, y la medida del flujo (V´) inmediatamente antes de la obturación. Así pues, Rint=Pmo/V´[[13]](#endnote-13).

Es una técnica fácil aunque está limitada al hecho de que depende del rápido equilibrio entre la presión en la boca y la presión alveolar y, en las enfermedades obstructivas, este equilibrio no es rápido y la Rint suele subestirmarse.

Existen unas normas consensuadas para la medición de las propiedades mecánicas del sistema respiratorio mediante las técnicas de oclusión ya que existen diferencias que pueden ser importantes según cuál sea el método empleado para medir la presión en la boca y el momento de la interrupción durante el ciclo respiratorio. El más utilizado es el de la extrapolación posterior lineal (Figura 3)1.



**Figura 3**.Método para determinar la presión de interrupción. Se representa la curva de presión que se produce durante la interrupción en relación al tiempo. La presión de interrupción será Pint=(Pendiente Tint)+P0. Rint=(Pint-Pboca antes de la oclusión/flujo previo a la oclusión)

La mayoría de los niños por encima de los 2 años son capaces de realizar esta técnica adecuadamente13.

Existen diversos trabajos que han estudiado los valores de referencia para el Rint en la población infantil normal[[14]](#endnote-14), que se relacionan inversamente con la talla y la edad[[15]](#endnote-15), pero la gran variabilidad interindividual hace que sea difícil establecer un punto de corte para clasificar un niño como obstruido o no. Aun así, se ha estudiado la respuesta a broncodilatadores en sanos y asmáticos. Según el estudio de Beydon et al[[16]](#endnote-16) puede considerarse una respuesta broncodilatadora como positiva cuando hay una caída la resistencia de un 35%. La Rint parece más útil para detectar una respuesta broncodilatadora que para detectar broncoconstricción durante un test de matacolina.

**Comparación entre distintas técnicas.**

Ambas tienen en común que son rápidas, sencillas de aplicar y no requieren apenas colaboración. La IOS requiere un aparataje más caro y menos portátil que las resistencias por interrupción, pero cualquiera de las dos es más barata y simple que la medición de las resistencias por pletismografía.

Algunos autores, como Klug et al[[17]](#endnote-17), han estudiado las diferencias, observando que el coeficiente de variación intrasujeto era del 11,1% para Raw, 8,1% para Rint, 10,8% para Zrs y 10,2% para Rrs5, siendo la sensibilidad para detectar el broncoespasmo secundario a metacolina el siguiente: sRaw>Xrs5>Rint>Rrs5.

Otros han encontrado buena correlación (r=0,84) entre la conductancia por interrupción y el FEV1 y entre el Rint y la Rrs6(r=0,94), siendo el coeficiente de variación intrasujeto algo mayor para el Rint (11%) que para las Rrs (9%) o el FEV1 (5%)[[18]](#endnote-18).

En niños entre 2-5 años de edad, la medición de la resistencias que mejor discrimina entre asmáticos y sanos es la sRaw medida por pletismografía[[19]](#endnote-19). Algo similar ocurre en el caso de la fibrosis quística, en la que la medición de las resistencias por pletismografía detecta alteraciones tempranas de la función pulmonar que no son detectadas por los otros sistemas de medición (IOS, Rint)[[20]](#endnote-20).

**Bibliografía**

1. Villa Asensi JR, González Alvarez MªI, Almeria Gil E- Resistencias oscilatorias y por interrupción. Difusión pulmonar. En: V Curso sobre la función Pulmonar en el niño. Principios y aplicaciones. Majadahonda (Madrid): Ed Ergon 2005. p. 51-60. [↑](#endnote-ref-1)
2. Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. ERS Task Force. Eur Respir J. 2003; 22: 1026–1041. [↑](#endnote-ref-2)
3. Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Allen JL, Arets HGM, Aurora P, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. Am J Respir Crit Care Med. 2007; 175:1304-1345. [↑](#endnote-ref-3)
4. Dencker M, Malmberg LP, Valind S, Thorsson O, Karlsson MK, Pelkonen A, et al. Reference values for respiratory system impedance by using impulse oscilometry in children aged 2-11 years. Clin Physiol Funct Imaging 2006;26:247-250. [↑](#endnote-ref-4)
5. Hellincks J, De Boeck K, bande-Knops J, van der poel M, Demedts M. Bronchodilator response in 3-6,5 years old healthy and stable asthmatis children. Eur Respir J. 1998;12:438-43. [↑](#endnote-ref-5)
6. Vink GR, Arets HG, van der LJ, van der Ent CK. Impulse oscillometry: a measure for airway obstruction. Pediatr Pulmonol. 2003;35:317-22. [↑](#endnote-ref-6)
7. Song TW, Kim KW, Kim ES, Park JW, Sohn MH, Kim KE. Utility of impulse oscillometry in young children with asthma. Pediatr Allergy Immunol 2008;19: 763-768. [↑](#endnote-ref-7)
8. Jee HM, Kwak JH, Jung da W, Han MY. Useful parameters of bronchial hyperresponsiveness measured with an impulse oscillation technique in preschool children. J Asthma. 2010;47:227-232. [↑](#endnote-ref-8)
9. Meraz EG, Nazeran H, Ramos CD, Nava P, Diong B, Goldman MD, et al. Analysis of impulse oscillometric measures of lung function and respiratory system model parameters in small airway-impaired and healthy children over a 2-year period. Biomed Eng Online. 2011;10:21. [↑](#endnote-ref-9)
10. Galant SP, Nickerson B. Lung function measurement in the assessment of childhood asthma: recent important developments. Curr Opin Allergy Clin Immunol. 2010;10:149-154. [↑](#endnote-ref-10)
11. Shi Y, Aledia AS, Galant SP, George SC. Peripheral airway impairment measured by oscillometry predicts loss of asthma control in children. J Allergy Clin Immunol. 2013;131:718-723. [↑](#endnote-ref-11)
12. Shi Y, Aledia AS, Tatavoosian AV, Vijayalakshmi S, Gallant SP. Relating small airways to asthma control by using impulse oscillometry in children. J Allergy Clin Immunol. 2012;129:671-678. [↑](#endnote-ref-12)
13. Gappa M, Colin AA, Goez I, Stocks J. Passive respiratory mechanics: the occlusion techinques. Eur Respir J. 2001;17:141-148. [↑](#endnote-ref-13)
14. Zurriarain Y, Villa JR, Pastor MD, Almería E. Resistencias por interrupción:valores de normalidad An Esp Pediatr. 2002;53(supl 2): 69-70. [↑](#endnote-ref-14)
15. Klug B, Bisgaard H. Specific airway resistence, interruptor resistance and respiratory impedance in healthy children aged 2-7 years. Pediatr Pulmonol. 1998;25:322-331. [↑](#endnote-ref-15)
16. Beydon N, Pin J, Matran R, Chaussain M, Boule M, Alain B et al. Pulmonary function tests in preschool children with asthma. Am J Respir Crit Care Med 2003;168:640-4 [↑](#endnote-ref-16)
17. Klug B, Bisgaard H. Measurement of lung function in awake 2-4 year old asthmatic children during methacholine challenge and acute asthma: a comparison of the impulse oscillation technique, the interrupter technique and transcutaneous measurement of oxygen versus whole-body plethysmography. Pediatr Pulmonol. 1996;21:290-300. [↑](#endnote-ref-17)
18. Bridge PD, Lee H, Silverman M. A portable device based on the interrupter technique to measure bronchodilator response in school children. Eur Respir J. 1996;9:1368-1373. [↑](#endnote-ref-18)
19. Nielsen KG, Bisgaard H. discriminative capacity of bronchodilator response measured with three different lung function techniques in asthmatic and healthy children aged 2 to 5 years. Am J Respir Crit Care Med. 2001; 164:554-559. [↑](#endnote-ref-19)
20. Nielsen KG, Pressler T, Klug B, Koch C, Bisgaard H. serial lung function and responsiveness in cystic fibrosis during early childhood. Am J Respir Crit Care Med. 2004;169:1209-1216. [↑](#endnote-ref-20)