

Original

Concordancia en niños entre las resistencias de la vía aérea medidas mediante pletismografía con y sin cierre del ocluser

Olaia Sardón^{a,b,*}, Eduardo G. Pérez-Yarza^{a,b}, Ane Aldasoro^a, Javier Korta^{a,b}, Paula Corcuera^a, Javier Mintegui^a y Jose Ignacio Emparanza^c

^a Sección de Neumología Infantil, Servicio de Pediatría, Osakidetza, Hospital Donostia, San Sebastián, España

^b Departamento de Pediatría, Facultad de Medicina, Unidad Docente de San Sebastián, Universidad del País Vasco, San Sebastián, España

^c Unidad de Epidemiología Clínica (CIBER-ESP), Osakidetza, Hospital Donostia, San Sebastián, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 5 de septiembre de 2009

Aceptado el 2 de enero de 2010

On-line el 24 de febrero de 2010

Palabras clave:

Función pulmonar

Pletismografía

Resistencia específica de la vía aérea

Niños

RESUMEN

Antecedentes: Diversos investigadores han estudiado las resistencias de la vía aérea mediante pletismografía sin cierre del ocluser.

Objetivo: Comprobar la concordancia entre las resistencias totales (sRaw_{TOT}) y las resistencias específicas (sRaw) con la misma técnica (pletismografía) y diferente metodología (con y sin cierre del ocluser) en niños colaboradores.

Material y Métodos: Estudio observacional y transversal de una muestra consecutiva de niños entre 6 y 14 años que acudieron a consultas de Neumología Infantil, desde el 15 de enero hasta el 15 de febrero de 2009. Determinación de sRaw_{TOT}, sRaw y conductancia específica (sGaw) mediante pletismografía (MasterLab V5.1, Viasys[®], Wuerzburg, Alemania) sin cierre del ocluser. En todos se realizaron a continuación las mismas determinaciones con cierre del ocluser. Variables cualitativas: sexo, diagnóstico y tratamiento, y variables cuantitativas: edad, peso, talla, sRaw_{TOT}, sRaw, sGaw y FRcon y sin cierre del ocluser. Análisis de la asociación y concordancia entre sRaw_{TOT}, sRaw y sGaw con y sin cierre del ocluser mediante *t* de Student pareada, método Bland-Altman y diagrama de puntos (Scatter plot).

Resultados: Se incluyeron 36 casos. El 100% realizó las pruebas con éxito. Edad media: 9,91 ± 2,37 años. No hubo diferencias entre sRaw_{TOT}, sRaw ni sGaw con y sin cierre del ocluser. Tampoco hubo diferencias entre la regresión de las medias obtenidas de sRaw_{TOT}, sRaw y sGaw con y sin cierre del ocluser, respecto a la diferencia de las mismas.

Conclusiones: Existe una buena concordancia entre sRaw_{TOT} y sRaw obtenidas por pletismografía con y sin cierre del ocluser.

© 2009 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Differences in Airway Resistances in Children Measured by Plethysmography With and Without Closure of the Occluder

ABSTRACT

Background: There have been several studies that have measured airway resistances using plethysmography without closing the occluder

Objective: To investigate the differences between the total resistances (sRaw_{TOT}) and the specific resistances (sRaw) with the same technique (plethysmography) but different methodology (with and without closure of the occluder) in child subjects.

Material and Methods: An observational and cross-sectional study of a consecutive sample of children between 6 and 14 years old who were seen at the Childhood Pneumology clinics from 15th January to 15th February 2009. Determination of sRaw_{TOT}, sRaw and specific conductance (sGaw) using plethysmography (MasterLab V5.1, Viasys[®], Wuerzburg, Germany) without closing the occluder. The same determinations were then performed with the occluder closed. The qualitative variables were: sex, diagnosis and treatment, and the quantitative variables: age, weight, height, sRaw_{TOT}, sRaw, sGaw and respiratory rate with and without closing the occluder. The results were analysed for association and concordance between sRaw_{TOT}, sRaw and sGaw with and without closure of the occluder using paired Student *t* test, Bland-Altman method and a scatter plot.

Results: Thirty-six cases were included and all (100%) the tests were performed successfully. The mean age was 9.91 ± 2.37 years. There were no differences between sRaw_{TOT}, sRaw or sGaw with and without

Keywords:

Lung function

Plethysmography

Specific airway resistance

Children

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: osardon@euskalnet.net (O. Sardón).

closure of the occluder. Neither were there any differences between the regression of the means obtained for $sRaw_{TOT}$, $sRaw$ and $sGaw$ with and without closure of the occluder.

Conclusions: There is good agreement between the $sRaw_{TOT}$ and $sRaw$ obtained by plethysmography with and without closure of the occluder.

© 2009 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

En los últimos años, han sido numerosos los estudios acerca del desarrollo de nuevas metodologías de la función pulmonar pediátrica, sobre todo orientadas a niños no colaboradores¹. De todas ellas, la pletismografía corporal total continúa siendo el patrón oro en el estudio de la función pulmonar. Mide los diversos volúmenes de gas, como son el volumen residual (VR), la capacidad residual funcional (FRC) y la capacidad pulmonar total (TLC). Además, cuantifica la resistencia total ($sRaw_{TOT}$), la resistencia específica de la vía aérea ($sRaw$), la conductancia y la conductancia específica ($sGaw$)².

La resistencia se define como la relación entre el flujo de aire a través de las vías respiratorias y la presión que se necesita ejercer para producir ese flujo. La $sRaw_{TOT}$ incluye la resistencia de la pared torácica, la del tejido pulmonar y la de la vía aérea. La $sRaw$ es el producto de la resistencia en las vías aéreas por la FRC. Con el crecimiento y el desarrollo, durante la primera década de la vida y en los años sucesivos, las resistencias disminuyen y los volúmenes pulmonares aumentan; sin embargo, la $sRaw$ se mantiene relativamente estable y varía poco con la edad³. Se trata, por tanto, de un parámetro sensible y reproducible para discriminar entre la normalidad y la enfermedad, y también entre patologías con clínica similar⁴.

La pletismografía es una técnica compleja para la que se requiere en general niños colaboradores, es decir, con edades superiores a 6 años. Es necesario introducir al niño sentado en una cabina herméticamente cerrada y hacer que respire a través de una boquilla rígida y un neumotacógrafo. Posteriormente, se cierra el oclisor para determinar los volúmenes de gas. Además, es necesario realizar una compensación del proceso de calentamiento y humidificación del aire, que puede hacerse mediante la maniobra de *panting* (hiperventilación con aumento de la frecuencia respiratoria [FR] entre 90–180 resp/min) o mediante la simulación de *body temperature and barometric pressure at water vapour saturation conditions* (BTPS, 'condiciones de temperatura corporal, presión atmosférica y saturación con vapor de agua')². Los parámetros obtenidos, corregidos bajo condiciones BTPS, pueden hacerse a respiración corriente mediante *heated rebreathing air* (HRB, 'bolsa para reinspiración de aire calentado'), considerado como el patrón oro o con compensación electrónica (CE)³. Actualmente la mayoría de los pletismógrafos realizan la CE de forma automática.

En la década de los 70 Dab et al^{5,6} publicaron por primera vez la simplificación de la técnica para determinar la $sRaw$ mediante pletismografía en una sola maniobra a respiración corriente, sin el cierre del oclisor (lo que impide determinar volúmenes pulmonares) y sin sedación, con buena reproductibilidad. Posteriormente, distintos autores han documentado dicha reproductibilidad en niños menores de seis años, mediante técnica simplificada ajustada bajo condiciones BTPS y CE a una FR entre 30–45 respiraciones por minuto, con máscara facial o pieza bucal y pinza nasal, con y sin adulto acompañante dentro de la cabina^{7,8}.

El objetivo de este estudio ha sido comprobar, al igual que otros investigadores, la concordancia entre las resistencias totales y específicas de la vía aérea obtenidas mediante la misma técnica (pletismografía) y distinta metodología (con y sin cierre del

oclisor), para validar la técnica y el software utilizado en nuestro laboratorio de función pulmonar, para su desarrollo posterior en niños y niñas menores de 6 años.

Material y métodos

Estudio observacional y transversal de una muestra consecutiva de pacientes entre 6–14 años que acudieron a consultas externas de Neumología Infantil desde el día 15 de enero al día 15 de febrero de 2009.

En todos los casos incluidos se realizaron inicialmente determinaciones de la $sRaw_{TOT}$, $sRaw$ y $sGaw$ mediante pletismografía corporal total (MasterLab V5.1, Viasys[®], Wuerzburg, Alemania) sin cierre del oclisor.

De acuerdo con el software de la versión 5.1 (Viasys[®] ISM 2005), se ha considerado $sRaw_{TOT}$ (Ulmer) a la obtenida tras la conexión de los puntos de máxima presión, y la $sRaw$ (Matthys) la calculada por la pendiente a través de toda la respiración. Se introdujo al paciente sentado en la cabina herméticamente cerrada con boquilla y pinza nasal y el cuello ligeramente hiperextendido. Se calculó la $sRaw$ a partir de la relación entre la medida de cambios de flujo respiratorio y los cambios de volumen dentro de la cabina ($sRaw = \Delta V_{cabina} / \Delta V' \times [P_{amb} - P_{H_2O}]$). Durante la realización de la técnica, las curvas de flujo-presión obtenidas se reflejaban a tiempo real en la pantalla del ordenador, lo que permitía al técnico eliminar aquellas curvas con artefactos producidos por el habla, la tos, la deglución, una apnea respiratoria o la producida por un patrón respiratorio irregular. Se exigía a las curvas tener tamaño y forma similar, ser paralelas y estar cercanas al flujo cero. Debía ser utilizada la tangente seleccionada automáticamente por el sistema informático. Las determinaciones de las resistencias totales y específicas se obtuvieron tras calcular la media de 5 determinaciones válidas durante la misma exploración funcional. Las determinaciones se ajustaron bajo condiciones BTPS con CE⁹.

A continuación, en todos los casos incluidos se realizaron las mismas determinaciones con cierre del oclisor, según las recomendaciones ATS/ERS². Se han empleado rangos de FR entre 30–45 respiraciones por minuto. Para garantizar la reproductibilidad de la técnica se han realizado al menos 3 determinaciones de la FRC, con una diferencia menor al 5% entre ellas.

Las variables cualitativas estudiadas han sido el sexo, diagnóstico y tratamiento (representadas en números absolutos y porcentaje). Como variables cuantitativas la edad, peso, talla, $sRaw_{TOT}$ (Ulmer), $sRaw$ (Matthys), $sGaw$ y FR, con y sin cierre del oclisor (representadas como media \pm DE). Se ha estudiado la asociación y la concordancia entre la $sRaw_{TOT}$, $sRaw$ y $sGaw$ en valores absolutos con y sin cierre del oclisor, mediante *t* de Student pareada (media de las diferencias \pm DE), el método gráfico de Bland-Altman y diagrama de puntos (Scatter plot). Así mismo, se ha estudiado la variabilidad entre la FR a la que se realizaron las determinaciones con y sin cierre del oclisor, mediante test de Student pareada (media de las diferencias \pm DE). En todos los casos se ha establecido un nivel alfa de 5%. Se ha empleado el paquete estadístico SYSTAT 9.0[™].

El estudio fue aprobado en el Comité de Ética e Investigación del hospital donde se realizó el estudio. En todos los casos se obtuvo el

consentimiento informado y el permiso de ambos padres y/o tutores para la explotación científica de los datos obtenidos.

Resultados

Se incluyeron 36 casos, distribuidos en 26 (72,22%) varones y 10 (27,78%) mujeres. La edad media fue de $9,91 \pm 2,37$ años (tabla 1). El 100% realizó las pruebas con éxito.

Las determinaciones obtenidas mediante pletismografía con y sin cierre del oclisor, se muestran en la tabla 2. No hubo

diferencias significativas entre la $sRaw_{TOT}$ ($0,001 \pm 0,09$ kPa/s) ($p = 0,26$), la $sRaw$ ($0,006 \pm 0,09$ kPa/s) ($p = 0,13$), la $sGaw$ ($0,017 \pm 0,08$ 1/[kPa/s]) ($p = 0,3$), con y sin cierre del oclisor. Tampoco hubo diferencias significativas entre la regresión de las medias obtenidas de $sRaw_{TOT}$, $sRaw$ y $sGaw$ con y sin cierre del oclisor respecto a la diferencia de las mismas (figs. 1 y 2).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la FR la que se realizaron las determinaciones con y sin cierre del oclisor ($0,88 \pm 2,89$ resp/min) ($p = 0,1$).

Discusión

Diversos investigadores han publicado la metodología para determinar la $sRaw$ mediante pletismografía en una sola maniobra, a respiración corriente, sin el cierre del oclisor y sin sedación.

Klug et al¹⁰ comunicaron una serie de 109 niños con determinación de la $sRaw$ mediante técnica pletismográfica simplificada con mascarilla facial y adulto acompañante dentro de la cabina, con ajustes realizados bajo condiciones BTPS con CE. Describieron una sobreestimación sistemática positiva del 43% en la $sRaw$ respecto de las determinadas con HRB (*heated rebreathing air*) (IC 95% = 30 – 70%) con dependencia significativa y positiva de la frecuencia respiratoria. Su aplicación clínica ha mostrado un incremento significativo de la $sRaw$ en niños asmáticos y en lactantes con sibilancias recurrentes en comparación con los grupos control^{11,12}.

Los resultados del presente estudio son similares a los referidos en la literatura. No hubo diferencias significativas entre la regresión de las medias obtenidas de $sRaw_{TOT}$, $sRaw$ y $sGaw$ con y sin cierre del oclisor respecto a la diferencia de las mismas (figs. 1 y 2). Por tanto, existe entre ellas una buena concordancia y ambas son sustituibles, una por otra, en la práctica clínica diaria. Esto hace posible realizar con garantía las determinaciones de las resistencias totales y específicas de la vía aérea mediante pletismografía corporal total sin cierre del oclisor. En nuestra serie, la población a estudio tenía edades comprendidas entre 6 – 14 años, luego los resultados obtenidos no son directamente extrapolables a la población preescolar. Sin embargo, la buena concordancia obtenida en la determinación de la $sRaw$ con y sin cierre del oclisor, nos ofrece la posibilidad de, en el futuro, determinar la $sRaw$ mediante pletismografía en niños pequeños y en niños no colaboradores sin sedación.

Tabla 1

Características descriptivas de la población a estudio

	n
Diagnóstico	
Asma episódica ocasional	4 (11,11%)
Asma episódica frecuente	8 (22,22%)
Asma persistente moderada	20 (55,56%)
SAHS	4 (11,11%)
Tratamiento	
GCI en monoterapia	8 (22,22%)
ALT en monoterapia	3 (8,33%)
GCI y agonistas β_2 -adrenérgico de larga duración	19 (52,77%)
Sin tratamiento	6 (16,66%)

ALT: antileucotrienos; GCI: glucocorticoides inhalados; SAHS: síndrome de apneas-hipopneas obstructivas del sueño

Tabla 2

Determinaciones obtenidas mediante pletismografía con y sin cierre del oclisor en la población a estudio

$sRaw_{TOT}$ con cierre (media \pm DE) (kPa/s)	$1,37 \pm 0,45$
$sRaw_{TOT}$ sin cierre (media \pm DE) (kPa/s)	$1,37 \pm 0,43$
$sRaw$ con cierre (media \pm DE) (kPa/s)	$1,21 \pm 0,43$
$sRaw$ sin cierre (media \pm DE) (kPa/s)	$1,21 \pm 0,40$
$sGaw$ con cierre (media \pm DE) (1/[kPa/s])	$0,91 \pm 0,29$
$sGaw$ sin cierre (media \pm DE) (1/[kPa/s])	$0,90 \pm 0,28$
FR con cierre (media \pm DE) (resp/min)	$36 \pm 2,8$
FR sin cierre (media \pm DE) (resp/min)	$36,92 \pm 2,52$

DE: desviación estándar; FR: frecuencia respiratoria; kPa/s: kilopascales por segundo; resp/min: respiraciones por minuto; $sGaw$: conductancia específica; $sRaw$: resistencias específicas; $sRaw_{TOT}$: resistencias totales.

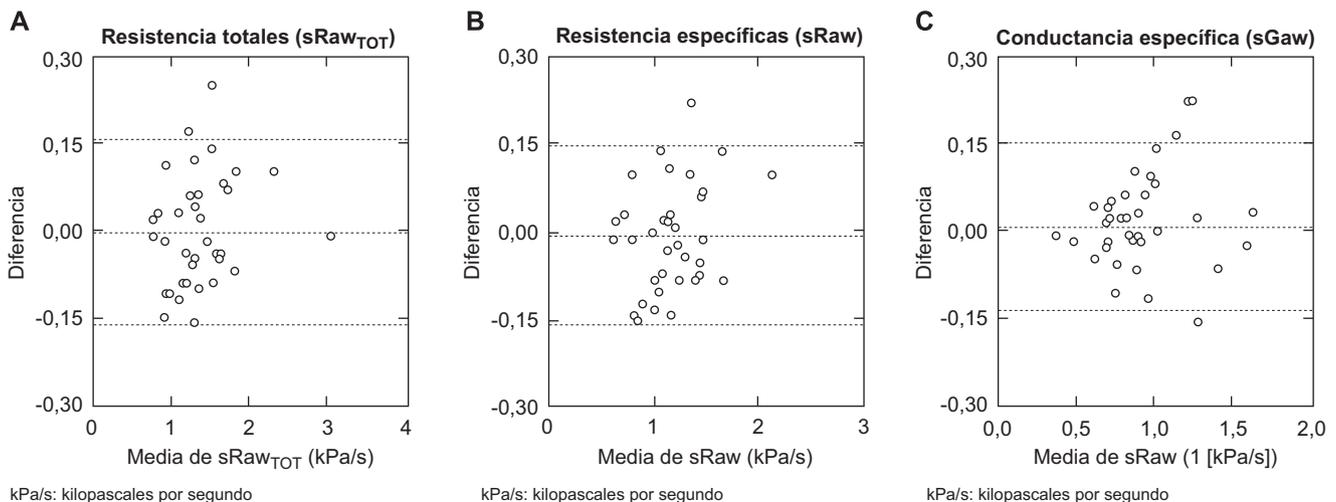


Figura 1. Método gráfico de Bland-Altman. A) No hubo diferencias entre la regresión de las medias de $sRaw_{TOT}$ obtenidas con y sin cierre del oclisor respecto a la diferencia de las mismas. B) No hubo diferencias entre la regresión de las medias de $sRaw$ obtenidas con y sin cierre del oclisor respecto a la diferencia de las mismas. C) No hubo diferencias entre la regresión de las medias de $sGaw$ obtenidas con y sin cierre del oclisor respecto a la diferencia de las mismas.

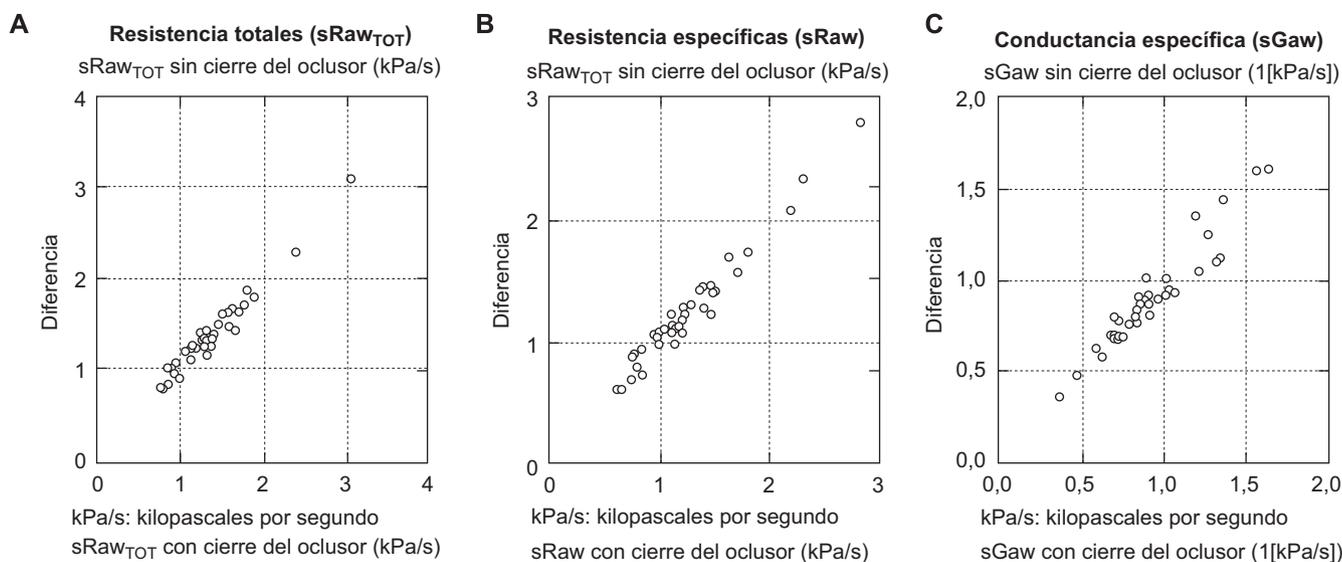


Figura 2. Diagrama de puntos (scatter plot): no hay diferencias significativas para las variables estudiadas (A, B y C) con y sin cierre del ocluser.

En nuestra serie, en el 88,89% de los casos el diagnóstico era asma (asma persistente moderada, 55,56%; asma episódica, 33,33%) y el 83% recibían tratamiento de mantenimiento, la mitad de los mismos con terapia combinada (glucocorticoides inhalados y beta₂-agonistas adrenérgicos de larga duración) con un buen control de la enfermedad (tabla 1). No podemos asumir, y esta es una limitación del presente estudio, cuál hubiera sido la concordancia si los casos hubieran tenido unas resistencias de la vía aérea muy elevadas. Sin embargo, validada la técnica y el software utilizado en nuestra serie, cabe esperar que las medidas obtenidas con y sin cierre de ocluser, aunque más elevadas, fueran igualmente concordantes.

La sRaw es independiente de la talla y del sexo, lo que facilita la interpretación longitudinal de las medidas obtenidas en un mismo individuo a lo largo del tiempo¹³. Se ha descrito su utilidad en la monitorización clínica de enfermedades crónicas (gravedad de la enfermedad y respuesta al tratamiento) como el asma y la fibrosis quística y en el conocimiento del desarrollo pulmonar^{14,15}. Ofrece, además, una importante capacidad discriminativa entre sanos y enfermos. Permite medir la hiperrespuesta bronquial con una sensibilidad (S) del 68%, una especificidad (E) de 93%, un valor predictivo positivo (VPP) de 93% y negativo (VPN) de 69%. Es capaz de cuantificar la respuesta al tratamiento con glucocorticoides inhalados¹⁶ y al tratamiento broncodilatador (S, 66%) (E, 81%), con un VPP del 84% para un punto de corte del 25% de disminución en la sRaw en la prueba de broncodilatación^{9,17}. Sin embargo, no se pueden obviar algunas limitaciones en la determinación de la sRaw mediante técnica pletismográfica simplificada, como son los problemas para la correcta estandarización de la técnica y la variabilidad en los valores de normalidad publicados.

Uno de los problemas más relevantes de la técnica es el patrón respiratorio del paciente, dado que si aumenta la FR aumenta también el flujo, pudiendo pasar de ser laminar a turbulento. Se ha descrito hasta un 50% de aumento de la sRaw con el aumento de la frecuencia respiratoria. Diversos autores han publicado la metodología de la técnica con una FR aproximada recomendada de entre 30–45 respiraciones por minuto, para evitar la sobrestimación dependiente de la misma al realizar los ajustes de las determinaciones bajo condiciones BTPS con CE9¹⁰. En nuestra muestra, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre la FR a la que se realizaron las determinaciones con y sin cierre del ocluser ($0,886 \pm 2,89$ resp/min) (media de las diferencias \pm DE), eliminando por tanto dicho factor de confusión.

Además, existen discrepancias entre los valores de referencia obtenidos bajo condiciones BTPS y HRB3 y los obtenidos bajo condiciones BTPS y CE9. La mayoría de los investigadores recomiendan la obtención de parámetros de normalidad de las resistencias de la vía aérea en cada laboratorio de función pulmonar^{3,9}.

En resumen, la determinación de la sRaw mediante técnica pletismográfica simplificada no es una técnica novedosa. Sin embargo, se trata de una técnica poco utilizada en el estudio rutinario de la función pulmonar pediátrica en nuestro país, que entendemos es por desconocimiento de la misma. En este sentido, señalamos al igual que otros investigadores, que es posible determinar la sRaw mediante técnica pletismográfica sin cierre del ocluser, con una buena concordancia respecto a la obtenida por pletismografía con cierre del mismo. Técnica que nos ofrece la posibilidad de realizar, en el futuro, estudios poblacionales transversales y longitudinales, determinando la sRaw mediante pletismografía en niños pequeños y en niños no colaboradores, sin sedación y con garantías.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Pérez-Yarza EG, Villa JR, Cobos N, Navarro M, Salcedo A, Martín C, et al., en representación del Grupo CANDELA. Espirometría forzada en preescolares sanos bajo las recomendaciones de la ATS/ERS: estudio CANDELA. *An Pediatr (Barc)*. 2009;7:3–11.
- 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.
- Stocks J, Godfrey S, Beardsmore C, Bar-Yishay E, Castile R. ERS/ATS Task Force on Standards for Infant Respiratory Function Testing. European Respiratory Society/American Thoracic Society. Pletismographic measurements of lung volume and airway resistance. *Eur Respir J*. 2001;17:302–12.
- Lowe LA, Simpson A, Woodcock A, Morris J, Murray CS, Custovic A, et al. Wheeze phenotypes and lung function in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005;171:231–7.
- Dab I, Alexander F. A simplified approach to the measurement of specific airway resistance. *Pediatr Res*. 1976;10:998–9.
- Dab I, Alexander F. On the advantages of specific airway resistance. *Pediatr Res*. 1978;12:878–81.
- 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;164:554–9.

8. Lowe L, Murray CS, Custovic A, Simpson BM, Kissen PM, Woodcock A, NAC Manchester Asthma and Allergy Study Group. Specific airway resistance in 3-year-old children: a prospective cohort study. *Lancet*. 2002;359:1904-8.
9. Bisgaard H, Nielsen KG. Plethysmographic measurements of specific airway resistance in young children. *Chest*. 2005;128:355-62.
10. Klug B, Bisgaard H. Measurement of the specific airway resistance by plethysmography in young children accompanied by an adult. *Eur Respir J*. 1997;10:1599-605.
11. Nielsen KG. Plethysmographic specific airway resistance. *Paediatr Respir Rev*. 2006;7S:S17-9.
12. Lowe L, Murray CS, Martin L, Deas J, Cashin E, Poletti G, et al. Reported versus confirmed wheeze and lung function in early life. *Arch Dis Child*. 2004;8:540-3.
13. Klug B, Bisgaard H. Specific airway resistance, interrupter resistance, and respiratory impedance in healthy children aged 2-7 years. *Pediatr Pulmonol*. 1998;25:322-31.
14. 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;169:1209-16.
15. Lum S. Lung function in preschool children: applications in clinical and epidemiological research. *Paediatr Respir Rev*. 2006;1:S30-2.
16. Nielsen KG, Bisgaard H. The effect of inhaled budesonide on symptoms, lung function, and cold air and methacholine responsiveness in 2- to 5-year-old asthmatic children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162:1500-6.
17. Nielsen KG, Bisgaard H. Cold air challenge and specific airway resistance in preschool children. *Paediatr Respir Rev*. 2005;6:255-66.